

**TÜRK HAVA KURUMU ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARINDAN GÜNEŞ
ENERJİSİ POTANSİYELİ VE YEREL YÖNETİMLERDE KULLANIMININ
SWOT ANALİZİ. ÖRNEK: BURSA GÜRSU BELEDİYESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat ÇİFTÇİ

İşletme Anabilim Dalı

İşletme Programı

ARALIK 2015

**TÜRK HAVA KURUMU ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARINDAN GÜNEŞ
ENERJİSİ POTANSİYELİ VE YEREL YÖNETİMLERDE KULLANIMININ
SWOT ANALİZİ. ÖRNEK: BURSA GÜRSU BELEDİYESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat ÇİFTÇİ

1303810183

İşletme Anabilim Dalı

İşletme Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Yıldırım SALDIRANER

Türk Hava Kurumu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü'nün 1303810183 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi, "Murat ÇİFTÇİ", ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARINDAN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ VE YEREL YÖNETİMLERDE KULLANIMININ SWOT ANALİZİ. ÖRNEK: BURSA GÜRSU BELEDİYESİ" başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Danışmanı : Prof. Dr. Yıldırım SALDIRANER
Türk Hava Kurumu Üniversitesi

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Yıldırım SALDIRANER
Türk Hava Kurumu Üniversitesi

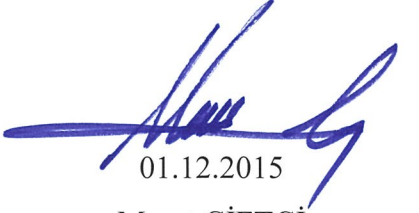
: Prof. Dr. Bülent YEŞİLATA
Harran Üniversitesi

: Yrd. Doç. Dr. Seyithan A. ATEŞ
Türk Hava Kurumu Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 07 Aralık 2015

**TÜRK HAVA KURUMU ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE**

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum, “TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARINDAN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ VE YEREL YÖNETİMLERDE KULLANIMININ SWOT ANALİZİ. ÖRNEK: BURSA GÜRSU BELEDİYESİ” adlı çalışmamın, tarafımdan akademik etik ve kurallara aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım kaynakların kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.


01.12.2015
Murat ÇİFTÇİ

ÖNSÖZ

Yapılan tez çalışması sırasında danışmanlığımı yürüten hocam Prof. Dr. Sayın Yıldırım SALDIRANER ve Türk Hava Kurumu Üniversitesi öğretim üyesi hocalarıma, çalışmanın konusu ve araştırmalarda kaynak sağlayan İller Bankası Genel Müdürlüğü A.Ş. Mekansal Planlama Dairesi Başkanlığı'na, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü' ne, Gürsu Belediyesi'ne ve bütün öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini yanımda hissettiğim aileme ve sevgili eşim Elif ÇİFTÇİ'ye sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca tezin arazi incelemelerinde desteklerini esirgemeyen Gürsu Belediye Başkanı Merhum Cüneyt YILDIZ'a da Allah'tan rahmet dilerim.

Aralık 2015

Murat ÇİFTÇİ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER	v
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
KISALTMALAR	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xiii
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM	3
1. ENERJİ KAVRAMI	3
1.1 Enerji Kaynakları	5
1.2 Yenilenemeyen Enerji Kaynakları	6
1.2.1 Petrol	7
1.2.2 Doğalgaz	8
1.2.3 Kömür	9
1.2.4 Nükleer enerji	11
1.3 Yenilenebilir Enerji Kaynakları	12
1.3.1 Hidrolik enerji	13
1.3.2 Jeotermal Enerji	14
1.3.3 Biyokütle Enerji	16
1.3.4 Dalga Enerjisi	17
1.3.5 Hidrojen Enerjisi	19
1.3.6 Rüzgar Enerjisi	20
1.3.7 Güneş Enerjisi	21
İKİNCİ BÖLÜM	25
2. TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ	25
2.1.1 Türkiye'de Direk Radyasyon Değerleri	28
2.1.2 Türkiye'de direk radyasyon değerlerinin yıl içerisindeki dağılımı	31
2.1.3 Türkiye'de Direk Radyasyon Değerlerinin Bölgelere Göre Gösterilmesi	32
2.2 Difüz Radyasyon Kavramı	36
2.2.1 Türkiye'de difüz radyasyon değerleri	37
2.2.2 Türkiye'de difüz radyasyon değerlerinin yıl içerisindeki dağılımı	39
2.2.3 Türkiye'de Difüz Radyasyon Değerlerinin Bölgelere Göre Gösterilmesi	40
2.3 Yansıyan Radyasyon Kavramı	44
2.4 Toplam Radyasyon Kavramı	45
2.4.1 Türkiye'de Toplam Radyasyon Değerleri	46
2.4.2 Türkiye'de Toplam Radyasyon Değerlerinin Yıl İçerisindeki Dağılımı	49
2.4.3 Türkiye'de Toplam Radyasyon Değerlerinin Bölgelere Göre Gösterilmesi	50
2.5 Güneşlenme Süresi	54
2.5.1 Türkiye'de güneşlenme süresi	55

2.5.2	Türkiye’de Güneşlenme Sürelerinin Yıl İçerisindeki Dağılımı.....	57
2.5.3	Türkiye’de Güneşlenme Sürelerinin Bölgelere Göre Gösterilmesi.....	58
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM		62
3. YEREL YÖNETİMLERDE GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANIMI		62
3.1	Güneş Enerjisi Tarihçesi	62
3.1.1	Türkiye’de Güneş Enerjisinin Gelişiminin Tarihçesi.....	64
3.1.2	Güneş Enerjisi Uygulamalarına Yönelik Çalışmalar.....	65
3.1.2.1	Türkiye’de kurulan güneş evleri	65
3.1.2.2	Güneş pilleri ve uygulamaları	65
3.2	Fotovoltaik Sistemler	66
3.2.1	Fotoelektrik Olayı	67
3.2.2	Fotovoltaik Hücreler (Güneş Pilleri)	67
3.2.3	Fotovoltaik Hücre Tipleri	67
3.2.4	Fotovoltaik Sistem Elemanları	69
3.3	Yerel Yönetimlerde Fotovoltaik Sistemlerin Kullanım Alanları.....	71
3.3.1	Çatı uygulamaları.....	71
3.3.2	Arazi uygulamaları	72
3.4	Gürsu (Bursa) Belediyesi Güneş Enerji Santralinin İncelenmesi	72
3.4.1	Gürsu ilçesi	72
3.4.2	Gürsu İlçesi Güneş Potansiyeli	74
3.4.3	Gürsu belediyesi güneş enerji santrali	75
3.5	103 KW’lık Güneş Enerjisi Santrali Finansal Analizi-Gürsu Belediyesi Örneği.....	79
3.5.1	Toplam Yatırım Maliyeti	80
3.5.2	Finansman maliyeti.....	81
3.5.3	İşletme Bakım-Onarım Giderleri	82
3.5.4	Amortisman Tablosu	82
3.5.5	İşletme Gelir- Gider ve Proforma Gelir Tablosu	84
3.5.6	Geri Ödeme Süresi.....	86
3.5.7	Net Bugünkü Değer (NBD).....	86
3.5.8	İç karlılık oranı (İKO).....	88
3.5.9	103 KW’lık Güneş Enerjisi Santrali Finansal Analizi Sonucu.....	89
3.6	Gürsu Bursa Belediyesi Swot Analizi.....	90
3.6.1	Güçlü Yönler	90
3.6.2	Zayıf Yönler.....	91
3.6.3	Fırsatlar	92
3.6.4	Tehditler.....	92
3.7	Güneş Enerji Sistemleri Yatırımları İçin SWOT Analizi	94
3.7.1	Güçlü Yönler	94
3.7.2	Zayıf Yönler.....	96
3.7.3	Fırsatlar	98
3.7.4	Tehditler.....	100
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM		103
4 SONUÇ VE ÖNERİLER		103
KAYNAKÇA		106
ÖZGEÇMİŞ		112

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1	: Türkiye’de illere göre yıllık ortalama direk radyasyon değerleri.....	29
Tablo 2.2	: Türkiye’de direk radyasyon değerlerinin yıl içerisindeki dağılımı.....	31
Tablo 2.3	: Türkiye’de illere göre yıllık ortalama difüz radyasyon değerleri.....	37
Tablo 2.4	: Türkiye’de difüz radyasyon değerlerinin yıl içerisindeki dağılımı.....	39
Tablo 2.5	: Türkiye’de illere göre yıllık ortalama toplam radyasyon değerleri.....	47
Tablo 2.6	: Türkiye’de toplam radyasyon değerlerinin yıl içerisindeki dağılımı.....	50
Tablo 2.7	: Türkiye’de illere göre yıllık ortalama güneşlenme süresi değerleri.....	55
Tablo 2.8	: Türkiye’de güneşlenme süresi değerlerinin yıl içerisindeki dağılımı.....	57
Tablo 3.1	: Elektrik tüketimi karşılama oranı.	78
Tablo 3.2	: Gürsu belediyesi güneş enerjisi santrali toplam maliyet bilgileri.....	80
Tablo 3.3	: Yabancı kaynağın geri ödeme tablosu.....	82
Tablo 3.4	: Güneş enerji santrali projesi amortisman tablosu.....	83
Tablo 3.5	: Gürsu belediyesi güneş enerji santrali projesi proforma gelir tablosu (TL).	85
Tablo 3.6	: Net nakit girişi ve indirgenmiş gelirler tablosu.	87
Tablo 3.7	: İç karlılık oranı.	89
Tablo 3.8	: Gürsu belediyesi swot analizi.	93
Tablo 3.9	: Güneş enerji sistemleri yatırımları için swot analizi.	101
Tablo 4.1	: Türkiye’nin enerji ithalatı.....	104

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	: Türkiye’de illere göre yıllık ortalama direk radyasyon grafiği	30
Şekil 2.2	: Türkiye’de direk radyasyon değerlerinin yıl içerisindeki dağılımı grafiği.....	32
Şekil 2.3	: Akdeniz bölgesi direk radyasyon değerleri.....	32
Şekil 2.4	: Doğu Anadolu Bölgesi direk radyasyon değerleri	33
Şekil 2.5	: Ege Bölgesi direk radyasyon değerleri.....	33
Şekil 2.6	: Güneydoğu Anadolu bölgesi direk radyasyon değerleri	34
Şekil 2.7	: İç Anadolu bölgesi direk radyasyon değerleri.....	34
Şekil 2.8	: Karadeniz bölgesi direk radyasyon değerleri	35
Şekil 2.9	: Marmara bölgesi direk radyasyon değerleri.....	35
Şekil 2.10	: Türkiye’de illere göre yıllık ortalama difüz radyasyon grafiği	38
Şekil 2.11	: Türkiye’de difüz radyasyon değerlerinin yıl içerisindeki dağılımı grafiği.....	40
Şekil 2.12	: Akdeniz bölgesi difüz radyasyon değerleri.....	40
Şekil 2.13	: Doğu Anadolu bölgesi difüz radyasyon değerleri.....	41
Şekil 2.14	: Ege bölgesi difüz radyasyon değerleri	41
Şekil 2.15	: Güneydoğu Anadolu bölgesi difüz radyasyon değerleri	42
Şekil 2.16	: İç Anadolu bölgesi difüz radyasyon değerleri.....	42
Şekil 2.17	: Karadeniz bölgesi difüz radyasyon değerleri	43
Şekil 2.18	: Marmara bölgesi difüz radyasyon değerleri.....	43
Şekil 2.19	: Yansıma.....	45
Şekil 2.20	: Türkiye’de illere göre yıllık ortalama toplam radyasyon grafiği	48
Şekil 2.21	: Türkiye’de toplam (Global) radyasyon değerleri ile oluşturulan güneş enerjisi atlası	49
Şekil 2.22	: Türkiye’de toplam radyasyon değerlerinin yıl içerisindeki dağılımı grafiği.....	50
Şekil 2.23	: Akdeniz bölgesi toplam radyasyon değerleri	51
Şekil 2.24	: Doğu Anadolu bölgesi toplam radyasyon değerleri	51
Şekil 2.25	: Ege bölgesi toplam radyasyon değerleri	52
Şekil 2.26	: Güneydoğu Anadolu bölgesi toplam radyasyon değerleri	52
Şekil 2.27	: İç Anadolu bölgesi toplam radyasyon değerleri.....	53
Şekil 2.28	: Karadeniz bölgesi toplam radyasyon değerleri	53
Şekil 2.29	: Marmara bölgesi toplam radyasyon değerleri.....	54
Şekil 2.30	: Türkiye’de illere göre yıllık ortalama güneşlenme süresi grafiği	56
Şekil 2.31	: Türkiye’de güneşlenme süresi değerlerinin yıl içerisindeki dağılımı grafiği.....	58
Şekil 2.32	: Akdeniz bölgesi güneşlenme süresi değerleri	58
Şekil 2.33	: Doğu Anadolu bölgesi güneşlenme süresi değerleri.....	59
Şekil 2.34	: Ege bölgesi güneşlenme süresi değerleri	59

Şekil 2.35	: Güneydoğu Anadolu bölgesi güneşlenme süresi değerleri	60
Şekil 2.36	: İç Anadolu bölgesi güneşlenme süresi değerleri.....	60
Şekil 2.37	: Karadeniz bölgesi güneşlenme süresi değerleri	61
Şekil 2.38	: Marmara bölgesi güneşlenme süresi değerleri	61
Şekil 3.1	: Güneş enerjisi potansiyel atlası	74
Şekil 3.2	: Gürsu ilçesi global radyasyon değerleri	74
Şekil 3.3	: Gürsu ilçesi güneşlenme süreleri.....	75
Şekil 3.4	: Gürsu ilçesi PV tipi alan üretilebilecek değerleri.....	75
Şekil 3.5	: 96 kilovatlık ongrid fotovoltaik güneş enerjisi santrali.....	76
Şekil 3.6	: 4 kilovatlık çift eksenli ongrid fotovoltaik güneş enerjisi santrali	77
Şekil 3.7	: 3 kilovatlık mobil güneş evi	78

KISALTMALAR

OECD	: Gelişmekte Olan Ülkeler
AB	: Avrupa Birliği
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
M.Ö	: Milattan Önce
CSIS	: Stratejik Araştırmalar Enstitüsü
THT	: Tetrahidroteofen
TBM	: Tersiyer bütülmerkaptan
HES	: Hidroelektrik santraller
kWh	: Kilowattsaat
W	: Watt
KW	: Kilowatt
NASA	: Amerikan Uzay Araştırma Enstitüsü
GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GSMH	: Gayrisafi Milli Hasıla
UEDAŞ	: Uludağ Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
IPARD	: Avrupa Birliği Katılım Öncesi Yardım Aracı Kırsal Kalkınma Programı
NBD	: Net Bugünkü Değer
İKO	: İç Karlılık Oranı
A.O.S.M.	: Ağırlıklı Ortalama Sermaye Maliyeti
TW	: Terawatt
MWp	: Megawatt Power
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
KWp	: Kİlowatt Power
GW	: Gigawatt
MWt	: Megawatt Termal

ÖZET

TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARINDAN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ VE YEREL YÖNETİMLERDE KULLANIMININ SWOT ANALİZİ. ÖRNEK: BURSA GÜRSU BELEDİYESİ

ÇİFTÇİ, Murat

Yüksek Lisans, İşletme Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Yıldırım SALDIRANER

Aralık 2015, 112 Sayfa

Günümüzün en temel sorunlarından birisi enerji sorunudur. Bu sorunun çözülmesi için ülkeler kendi öz kaynaklarını kullanmanın yanı sıra büyük oranda da dış kaynaklar kullanmaktadır. Ülkemiz de enerji alanında büyük oranda dışa bağımlıdır ve bu durum ekonomik açıdan da büyük bir yük oluşturmaktadır.

Enerji ihtiyacının karşılanması için çeşitli kaynaklar bulunmaktadır. Bu kaynaklar içerisinde yenilenebilir enerji kaynakları daha çevreci olması nedeniyle her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Ülkemiz coğrafi konumu itibariyle yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi açısından son derece verimli bir bölgede bulunmaktadır. Bu potansiyelin kullanılması, enerjide büyük oranda dışa bağımlı olan ülkemize ekonomik olarak fayda sağlayacaktır.

Yerel yönetimler, kamu hizmetinin sunulduğu ve bu amaç doğrultusunda elektrik tüketiminin yoğun olduğu alanlardır. İçme suyu pompaları, atık su arıtma tesisleri, park ve sokak aydınlatmaları gibi elektrik tüketimi yüksek olan birçok tesisin bulunduğu belediyeler ekonomik olarak sorunlar yaşamaktadırlar. Yerel yönetimlerin kuracağı güneş enerjisi santralleri ile yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması ve belediyelerin kazanç sağlaması mümkündür.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin sahip olduğu güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesi ve yerel yönetimlerde güneş enerjisi kullanımının önemini anlatmaktır.

Bu kapsamda ÷lkemizin genel olarak güneş enerjisi potansiyeli incelenmiş ve Gürsu Belediyesi güneş enerji santrali örneği detaylı olarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji kaynakları, güneş enerjisi, yerel yönetim, belediye, Gürsu Belediyesi.

ABSTRACT

THE POTENTIAL OF SOLAR ENERGY AS A RENEWABLE ENERGY SOURCE IN TURKEY AND THE SWOT ANALYSIS OF ITS USE IN LOCAL GOVERNMENTS. CASE: BURSA GÜRSU MUNICIPALITY

ÇİFTÇİ, Murat

Master, Department of Management

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Yıldırım SALDIRANER

December 2015, 112 Pages

One of the main problems today is the energy problem. To solve this problem, countries use their own internal resources as well as external sources are used to a greater extent. Our country is largely dependent on external sources in energy field and this constitutes a major burden in economic terms.

There are various sources to meet the energy needs. Among these, renewable energy sources gain more importance every day because of being more environmental friendly. Considering the geographical location, our country is located in an extremely efficient region in terms of solar energy among renewable sources. Using this potential will provide economic benefits to our country which is largely external dependent in energy field.

Local authorities are the areas of high electricity consumption since they provide public services. Municipalities which have high electricity consumption facilities such as drinking water pumps, waste water treatment plants, parks and street lighting are experiencing economic problems. By establishing solar power plants by local authorities, use of renewable energy sources can be increased, resulting in that municipalities will gain economic benefits.

The purpose of this study is determination of the solar energy potential that Turkey has and to explain the importance of solar energy use in local authorities. In this context, the overall solar potential of our country has been examined and as a

case study solar power plant feasibility of the Gürsu Municipality was analyzed in detail.

Keywords: Renewable energy sources, solar energy, local authorities municipality, Gürsu Municipality.

GİRİŞ

Ülkemizin her geçen sene giderek artan enerji ihtiyacının karşılanabilmesi için mevcut kaynakların verimli bir şekilde değerlendirilmesi son derece büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılabilmesi için birçok çalışma yapılmaktadır. Ülkemizin bulunduğu coğrafi konum itibariyle güneş enerjisinden yararlanabileceği büyük bir potansiyel bulunmaktadır.

Güneş enerjisinden elektrik üretilmesi, ülkemizde son yıllarda giderek artan bir talep görmektedir. Fotovoltaik paneller yardımıyla elde edilen elektrik enerjisi, enerji nakil hattına verilerek ülke çapında enterkonnekte ağa katılmakta ve elektrik enerjisi talebinin karşılanmasını sağlamaktadır. Bunun yanı sıra enerji nakil hatlarının bulunmadığı yerlerde izole sistemler kurularak, hattan bağımsız bir şekilde elektrik ihtiyacının karşılanmasında da kullanılmaktadır. Elektrik üretimi esnasında herhangi bir atık ürün çıkarmayan, işletmesi ve bakımı son derece kolay olan fotovoltaik sistemlerin kurulumu da giderek artmaktadır.

Belediyelerin, kamu hizmeti sunarken en önemli giderlerinden birisini elektrik tüketimleri için ilgili dağıtım şirketlerine ödedikleri faturalar oluşturmaktadır. İçme suyu pompaları, atık su arıtma tesisleri, park ve sokak aydınlatmaları gibi elektrik tüketimi yüksek olan birçok aboneliği bulunan belediyelerin bu kapsamda finansal açıdan büyük bir sıkıntı yaşadığı bilinmektedir.

Belediyeler tarafından güneş enerji santrali kurulması ve burada üretilen elektriğin enerji nakil hattına verilmesi mümkündür. Gerekli izinlerin alınması ile birlikte kurulan tesiste üretilen elektrik enerjisi, belediyenin tükettiği elektrik enerjisi ile mahsuplaşmak amacıyla kullanılabilir. Aynı zamanda fazla üretilen enerjinin satışı yapılarak gelir elde edilebilir.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin sahip olduğu güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesi ve yerel yönetimlerde güneş enerjisi kullanımının önemini anlatmaktır.

Bu kapsamda ÷lkemizin genel olarak g÷neş enerjisi potansiyeli GEPA verileri ışığında değerlendirilmiş ve Bursa G÷rsu Belediyesi g÷neş enerji santrali örneği detaylı olarak incelenmiştir.

Bu çalışmada, yerel yönetimler için g÷neş enerji santralleri ile ilgili SWOT analizi yapılmış ve sonuçları ortaya konmuştur.

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAVRAMI

Günümüzde küresel olarak tüm ülkelerin ihtiyaç duyduğu enerji, tam anlamıyla geçerlilik kazanmış bir ölçüt olmamakla beraber, ülkelerin gelişmişlik düzeylerini gösteren önemli bir kriterdir. Özellikle sanayileşme yolunda ucuz, bol ve temiz enerji ihtiyacı içindeki ülkeler, enerji üretiminin üzerinde hassasiyetle durmaktadır. Enerji kelimesi, eski Yunan dilindeki $\epsilon\nu$ = aktif ve $\epsilon\rho\gamma\omicron\nu$ = iş sözcüklerinden meydana gelmiş ve bu nedenle “işe dönüştürülebilir potansiyel” anlamında bir kavram anlamına geldiği söylenebilmektedir (Kaltschmitt, 2007: 2).

Bu tanımlamalar ışığında enerji kısaca iş yapabilme yeteneği olarak ifade edilmektedir. Endüstriyel anlamda toplumunun refahını artırma amacıyla enerji, ilgili mühendislik kollarının tümünün ilgisini çeken önemli bir kavram olarak nitelendirilmektedir. İktisadi olarak ülke ekonomilerinin büyüklükleri, nihai olarak üretilen ürünün miktarı ile ölçülmektedir. Buna göre iktisat kuramı doğrultusunda, üretim faktörlerinin mal ve hizmet üretim sürecine yönlendirilmesi sonucunda, çıktı olarak nitelendirilen ürünü ortaya çıkmaktadır. İktisadi olarak bu üretim sürecindeki enerji girdisinin önemi son zamanlara kadar görmezden gelinen bir husus olmuştur (Ersoy, 2010). Oysaki enerji, bir ülkenin gelişme sürecinde kritik bir element olarak kabul edilmektedir. Enerji, ekonomik ve sosyal kalkınma için gerekli olan ana girdilerden birini meydana getirmekte ve artan nüfus, şehirleşme, teknolojinin yayılması, refahın yükselmesi ile birlikte enerji tüketimi de artmaktadır. Enerji tüketimi ve nihai enerji arzı, ekonomik ve sosyal kalkınmayı destekleyen sürdürülebilir gelişme yaklaşımı ile birlikte minimum seviyede maliyet ve bunun minimum seviyede doğa üzerindeki yıkıcı etkisi ana hedeflerdir (Bezir vd. 2009).

21. yüzyılda en çok gündeme gelen kelimelerden birisi olan küreselleşme, farklı kültürlerdeki insanların birbirleriyle olan etkileşimlerinin dünya genelinde

yoğun bir hal alması sonucu meydana gelen zaman-mekan yakınlaşmasını göstermektedir. Günümüz ekonomilerinde küresel ağın sürekliliği büyük ölçüde ekonomi ile devam ettirilmektedir. Bu sebeple 21. Yüzyılın en mühim gündem maddesini küreselleşme oluşturmuş ve devletlerin yıllık bazdaki üretim-tüketim rakamları ülkelerin gelişmişlik seviyesini belirleyen ana kıstaslardan biri olmuştur. Gelişmişlik, sürdürülebilir kalkınmada önemli bir yeri olan enerjinin, yeterli kalitede ve miktarda, zamanında, güvenilir, ekonomik koşullarda ve çevresel faktörler göz önünde bulundurularak elde edilmesi ile gerçekleşebilir. Tüm ülkelerin artan nüfuslarıyla birlikte üretim ve hizmet alanlarında kullandığı enerjiye olan ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Bu taleple birlikte sınırlı olan enerji kaynakları tükenmektedir. Hatta zaman içerisinde petrol, kömür ve doğal gaz gibi rezervleri zamanla tükenecek olan enerji kaynaklarının yerine geçecek olan alternatif enerji kaynaklarının da mevcutta belirlenen rezervleriyle yeterli olmadığı bilinmektedir (Akbulut,2008). Geleneksel ekonomilerin önemini anlayamamasına rağmen, modern sanayi ekonomileri ihtiyaç duyulan enerjinin önemini anlayıp, yeni arayışlar içerisine girmişlerdir. Sanayileşen ekonomilerin OECD ülkelerinde kişi başına düşen enerji seviyesine yaklaşımları ile birlikte daha çok küresel enerji kullanımı kaçınılmaz olacaktır (Moriarty vd. 2009).

İnsanların hayati gereksinimlerinin giderilmesi, ekonomik ve beşeri gelişimin sürdürülebilir hale getirilmesinde önem arz eden enerji; sanayi, konut ve ulaştırma gibi sektörlerin temelidir. Buna karşılık enerji; insan hayatı için bu kadar önem arz etmesine rağmen çeşitli nedenlerden ötürü de çevrenin kirlenmesine sebep olmaktadır. Gerek çevrim, gerek taşınım ve gerekse de tüketim aşamalarında meydana gelen bu olumsuz etki, nüfus artışının ve sanayinin gelişmesinin doğrultusunda etkisini arttırmaktadır (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004). Bu yapısıyla sadece ülke içi değil, sınır ötesine de ulaşan bu durum, ekolojik denge üzerinde ciddi bir tehdit yaratmaktadır ve yenilenebilir enerji kaynaklarını daha da önemli hale getirmektedir. Dolayısıyla günümüzde enerji konusunda ön plana çıkan iki önemli sorundan ilki, global iklim değişikliğine yol açan fosil kökenli yakıtların etkin olmayan kullanımı, diğeri ise ülkeler arası çatışmalara neden olan enerji temini problemidir. Dünya nüfusu ile birlikte bu nüfusun daha sağlıklı, daha iyi yaşam koşulları için arzuları büyüdükçe, devamlı, temiz ve doğa açısından sürdürülebilir birincil enerji üretim gereksinimleri giderek artan bir eğilim göstermektedir.

Ortalama tahminler, talebin bugün 12 TW'dan, (%85'i fosil yakıtlardan oluşmaktadır) yüzyılın ortasına kadar 45 TW'nun üstüne çıkmasını göstermektedir. Dünyanın azalan enerji kaynakları ve yetersiz enerji altyapısı bu kadar büyük bir talebin karşılanabilmesinden kuşku duymak için birçok sebep ortaya koymaktadır. Enerji ihtiyaçlarındaki eğilimler üzerinde yapılan birçok tahmin, yoğun nüfusa sahip Çin gibi gelişmekte olan ekonomilerden sanayi tipi ekonomilere ilerleyen belirli ülkelerde enerji talebinin artması ve mevcut enerji modellemesi üzerine bir baskı ortaya çıkmasının muhtemel olduğunu göstermektedir. Bir tarafta bu bağımlılığa diğer tarafta mevcut modelin eleştirilmesine karşı, Avrupa Birliği de bu alanda aktif bir rol oynamaktadır. Kazakistan, Azerbaycan ve Türkmenistan'ın yataklarında oldukça fazla petrol ve doğal gaz rezervi bulunmaktadır. Bu ülkelerdeki kaynaklar Türkiye ve Ege denizinden geçen yeni bir boru hattı ile Avrupa'ya bağlanmıştır. Bu, Türkiye'nin stratejik öneme sahip Avrasya olarak adlandırılan bölgede önemli bir role sahip olduğunu göstermektedir. Çünkü Türkiye Avrasya dünyası ve stratejik enerji ulaşım yollarının merkezinde bulunmaktadır. Böylece Türk enerji politikası, Avrasya'da bulunan tedarikçilerle Avrupa'da bulunan tüketiciler arasındaki tüm enerji ticaretinde hayati derecede önemli bir rol oynamaya başlamıştır (Albayrak, 2011).

1.1 Enerji Kaynakları

Enerji kaynakları, özelliklerinin değiştirilip, değiştirilmemesine bakılarak "birincil enerji kaynakları" ve "ikincil enerji kaynakları" olarak iki gruba ayrılır. Doğada buldukları haliyle, kullanılabilen kaynaklar, birincil enerji kaynaklarıdır. Birincil kaynakların belirli işlemlerden geçirilmesi sonrasında meydana gelen enerji ise, ikincil enerji kaynaklarıdır (Gezer, 2013).

Petrol, kömür, doğalgaz, nükleer enerji yenilenemeyen enerji kaynaklarıdır. Bu kaynaklar kullanıldıkça tükenme tehlikesi ile karşı karşıyadır. Yenilenebilir enerji ise doğanın kendi çevrimi içinde, her gün aynı şekilde bir önceki gün gibi mevcut olabilen enerji kaynağı olarak ifade edilmektedir. Hidrojen, rüzgar, güneş, jeotermal, biyo-kütle, dalga-gel git ve hidrolik yenilenebilir enerji kaynakları olarak bilinmektedir. Bu kaynakların içinde güneş insanlığın doğuşundan beri son derece güvenilir ve çevre kirliliği oluşturmayan sonsuz bir enerji kaynağıdır. Bitkiler, dünyanın oluşumundan beri güneş enerjisini fotosentez olayında kullanıp biyo-kütle

enerjisine dönüştürmektedir. Eski çağlardan bu yana insanlar da bu enerjiyi önceleri ateş şeklinde ısı enerjisine, daha sonra ısıyı, elektrik enerjisine çevirmeyi öğrenmişlerdir. Dünyamızdan kilometrelerce uzak olan güneşin nükleer yakıtlar haricinde ki tüm kaynakların ana kaynağı olduğunu söyleyebiliriz. Aynı zamanda sadece dünyamıza değil diğer gezegenlere de enerji aktarabilen sonsuz sayılabilecek bir yeterliliği vardır. Güneşin içerisinde hidrojen atomunun helyum atomuna döndüğü füzyon tepkimeleri sürekli olarak gerçekleşmekte ve meydana gelen kütle farkından dolayı ısı enerjisi açığa çıkmaktadır. Oluşan bu ısı enerjisi ile yeryüzünün ihtiyacı olan enerji talebinin tamamı karşılanabilir. Hatta güneşten yayılan enerjinin neredeyse %1-2'si rüzgar enerjisine çevrilir. Bu sebeple rüzgar enerjisini kinetik enerjiye dönmüş güneş enerjisi olarak da adlandırabiliriz (Uğurlu, 2006). Ayrıca biyo-kütle enerjisi enerji kaynakları içerisinde önemli potansiyele sahip bir enerji kaynağıdır. Ana bileşenleri karbonhidrat bileşikleri olan bitkisel ve hayvansal kaynaklı atıklar biyo-kütle enerji kaynağı, bu atıkların kullanımı sonucu meydana gelen enerji ise biyo-kütle enerjisi olarak tanımlanmaktadır (Uğurlu, 2006). Metan gazı, hayvansal ve bitkisel organik atık maddelerin çürütülmesi sonucu meydana gelir ve çevreye son derece zararlıdır. Fakat meydana gelen metanın depo edilip ve arıtılması sonrasında yanması sağlanarak enerji elde edilebilmektedir. Bu şekilde elde edilen enerji kaynağı biyogaz enerjisidir. Jeotermal enerjinin kaynağı dünyanın alt tabakalarında mevcuttur ve bu enerji türüne termal enerji de diyebiliriz. Jeotermal enerjinin eski tarihe bakıldığında su ve yeryüzü ısınmasında, tıbbi amaçlı tedavilerde ya da pişirme amacıyla kullanıldığını görmekteyiz. Enerji kaynaklarının bilinçsiz kullanımı doğada onarılamaz tahribatlara neden olmaktadır. Bazı enerji kaynakları yenilenebilir olsa bile bu kaynaklardan enerji elde etmek için kullanılan araçlar doğayı olumsuz etkiler. Hangi enerji kaynağı kullanılırsa kullanılsın sonuçta bu kaynakların tasarruflu kullanımı her zaman için önem taşımaktadır (Kalyoncu ve ark., 2009).

1.2 Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

Yenilenemeyen enerji kaynakları temelinde karbon olan ve kullanıldıkça rezervleri tükenen doğalgaz, petrol, kömür gibi hayvan ve bitki fosillerinin çözünmesiyle oluşan enerji kaynaklarıdır. Bu kaynakların kullanımı kömürle başlamış olsa da günümüzde en çok kullanılan petroldür. Petrolün en çok kullanıldığı

alanlar ise ulaştırma, sanayi ve enerji sektörleridir. Yenilenemeyen enerji kaynakları arasında son dönemlerde popülaritesini artıran bir diğer kaynak da doğal gazdır. Bu kaynakların tüketilmesiyle meydana gelen başlıca problem sera gazı salımı yoluyla çevreye verdiği olumsuz etkidir. Enerji elde edilmesi için oluşan yanma sırasında kimyasal olarak açığa karbondioksit (CO₂) ve karbonmonoksit (CO) gazları çıkmaktadır. Bu gazlar, yeryüzünde yaşayan canlıların sağlığı için olumsuz etkilere sahip olmasının yanı sıra, yaydıkları sera gazı etkisiyle atmosferin ve dünyanın ısısının yükselmesine yol açarak önemli derecede tehlikeler oluşurmaktadır.

Dünyadaki fosil enerji kaynakları toplam rezerv olarak yaklaşık 900 milyar ton Eşdeğer Petrol (TEP) civarındadır. Günümüzde fosil kökenli yakıtların dünyada bilinen rezerv dağılımları petrol eşdeğeri olarak %68 oranında kömür, %18 oranında petrol ve %14 oranında doğal gaz olarak bilinmektedir. Fosil yakıtların sık kullanımı beraberinde sorunları da getirmiştir. En önemli sorun fosil yakıtların tükenebilen kaynaklar olmasıdır. Milyonlarca yılda oluşan fosil yakıtların doğal olmayan yollardan üretilmesi imkânsızdır. Bunun yanı sıra fosil yakıtların kimyasal bileşiminin büyük bir çoğunluğunu karbon ve hidrojen elementleri oluştururken kükürt, yanmayan maddeler ve radyoaktif elementler de kimyasal bileşimde oransal olarak az miktarda bulunurlar. Fosil yakıtların yanma tepkimesiyle meydana gelen Karbondioksit (CO₂) ve Sülfat (SO₂) gazlarının yanı sıra, tepkime sonucu radyoaktif elementler ve kül de oluşur. CO₂ gazının atmosfere salımı sera etkisine ve sera etkisi sonucu atmosfer sıcaklığında artışa neden olurken, SO₂ gazının salımı ise asit yağmurlarına sebep olduğundan bitki örtüsü ve canlılar zarar görür (Atılgan, 2009: 68). Dünya enerji kullanımında önemli bir yere sahip olan odun, kömür, petrol ve doğal gazın yanmalarıyla ana yan ürün olarak çıkan karbondioksit sera etkisine sebep olan önemli bir etmenddir (Kalkan, M, 2011: 5).

1.2.1 Petrol

Petrolün latince adı “petroleum” dır. “Petroleum” türkçe karşılığı petrollü taş anlamına gelir ve hidrokarbon olarak da bilinen kompleks kimyasal yapısı olan bir maddedir. Petrolün insanlar tarafından kullanılmaya başlanması M.Ö. dönemlere kadar uzanmaktadır (Gezer, 2013).

Doğada bulunan petrole ham petrol ya da işlenmemiş petrol denir. Ham petrolün rafinelerde arıtılması ve işlenmesi sonucunda benzin, dizel, gazyağı, fueloil

ve motorin gibi yakıtlar elde edilmektedir. Petrolün hangi şartlarda ve nasıl meydana geldiği tam olarak bilinmemektedir. Yapılan araştırmalarda milyonlarca yıl önce denizlerle kaplı olan yerküre içerisindeki binlerce bitki ve hayvan artıklarının çürümesi ile petrolün ham maddesinin oluştuğu düşünülmektedir. Bu artıkların üzerinin, yerkürenin tabanında birikmesi ve zaman içerisinde deniz sularının çekilmesiyle kum ve toprakla kapanmış olabileceği ve daha sonra ise yerin altında oluşan sıcaklık ve basıncın etkisiyle petrolün oluşmuş olabileceği kanaatine varılmıştır. Milyonlarca yıl süren oluşum sonucunda yerin altında sıkışan petrol, bazı durumlarda yerkabuğundaki çatlaklardan kendine yol bularak dışarı çıkarak havuzları ve katran çukurlarını oluşturmakta bazı durumlarda ise yerin altındaki geçirgen tabakalarda birikerek rezervuar olarak bilinen yerlerde birikmektedir (www.bilgiustam.com/petrolun-olusumu-tarihcesi-ve-kullanim-alanlari/17.10.2015).

Petrol dünyada ilk kez Çin tarafından 4. yüzyılda ısıtma ve aydınlanma amacı ile kullanılmıştır (Bayraç, 2005). Petrolün insanoğlu tarafından kullanılmaya başlanması M.Ö. dönemlere kadar uzanmaktadır. 1850'li yıllardan sonra ticari olarak petrolün bulunup, arıtılması ve işlenmesi sonucu kullanımını yaygınlaştırmıştır. Petrol veya hangi tür enerjiden söz edilirse edilsin, yahut enerji adına hangi tez yazılırsa yazılsın değinilmeden, en azından kıyaslanmadan geçilemeyecek bir parametre haline gelmiştir (Klare, 2005: 45).

Gelişen sanayi ve ekonomilerin enerji ihtiyaçları gittikçe artacak ve bunu bugün itibari ile en kolay şekilde petrolden temin edeceklerdir ve petrol bu devrimin en temel ögesi durumundadır. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi 2013 Enerji Raporunda hızlı sanayileşme ile birlikte enerji talebinin 2030'a kadar %38 oranında artacağı tahmin edilmiş ve talep edilen enerji miktarının 12 milyar ton petrol eşdeğerinden 16.7 milyar ton petrol eş değerine ulaşması ön görülmüştür. Bu artışın gelişmekte olan ülkelerde ki enerji ihtiyacından kaynaklanacağı raporda belirtilmiştir (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 2013: 67).

1.2.2 Doğalgaz

Doğal gaz, yer yüzeyinin altında kayaların gözeneklerinde kompres yani sıkışmış halde ya da petrol rezervlerinin üzerinde gaz fazında büyük kütleler halinde bulunur. Doğal gaz; metan, etan, propan, bütan ve karbondioksit karışımından oluşan renksiz, kokusuz ve yoğunluğu havadan düşük olan bir gazdır. Tabii halde

kokusuz olan doğal gaza olası bir sızıntı veya kaçak durumunda fark edilebilmesi için THT (tetrahidroteofen) veya TBM (tersiyer bütülmerkaptan) maddeleri katılır. Doğal gaz karışımının içinde %95 den daha fazla oranda bulunan metan gazı 4 hidrojen ve 1 karbon atomundan oluşur. Metan molekülü kimyasal yapısı en basit ve karbon oranı en düşük olan hidrokarbon gazıdır. İçerdiği kimyasal özelliğiyle yanma reaksiyonu için uygundur ve %100 yanma gerçekleşmesi nedeniyle duman, is, kurum ve kül gibi yanma reaksiyonu sonucu oluşan maddeler oluşmaz. Doğal gaz ısıl değerinin yüksek olması nedeniyle yakıtlar arasında en verimli olanıdır. Sahip olduğu yüksek ısıl veriminden dolayı ekonomiktir. İçerdiği düşük karbon oranı nedeniyle sera etkisi yapan ve insan sağlığı için son derece zararlı olan karbondioksit emisyonu diğer yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan oranların çok altındadır (www.nukte.org/dogalgazenerjisi, 19.09.2015).

Farklı kimyasal maddelerin ana kaynağı olan doğal gaz dünyada harcanan enerjinin büyük bir kısmını karşılamaktadır. Doğal gazın tarihi yüzyıllar öncesine dayanır. Tarihi araştırdığımızda doğal gazın ilk defa M.Ö. 900 – M.Ö 1000 yılları arasında Çin bölgesinde kullanıldığını görmekteyiz. Taşınması, işlenmesi ve stoklanması kolay olan doğal gaz yaygın olarak 1790 yılında İngiltere'de kullanılmaya başladı. Doğal gaz kullanımını boru hattı nakliyle 1920'lerde artmış 2. Dünya savaşını takip eden dönemde ise daha hızlı bir şekilde ivmelenmiştir. Doğal gazdan enerji üretimi uygulamaları ilk defa Amerika'da başladı. 1900lü yılların yarısında enerji tüketiminin yaklaşık %10'u doğalgazdan karşılanmaktaydı, günümüzde ise tüketilen enerjinin %24'lük kısmı doğal gazdan karşılanmaktadır. Doğal gaz rezervlerinin yaklaşık 70 yıl sonra tükeneceği tahmin edilmektedir. Bilinen doğal gaz rezervleriyle petrol rezervleri aynı miktardadır (www.nukte.org/dogalgaz enerjisi, 19.09.2015).

1.2.3 Kömür

Kömür oksijenle kimyasal tepkimeye girerek yanabilen tortul organik bir kayadır. Kömür ana elementi olan karbonun yanı sıra hidrojen, oksijen, azot ve kükürt gibi elementlerin bileşiminden meydana gelir. Başka kaya tabakalarının içerisinde damar halinde çok uzun yıllar (milyonlarca yıl) birçok etkenlerin (ısı, basınç ve mikrobiyolojik vb.) etkisi ile oluşmuştur. Kömürün oluşumu, nebatların bataklık alanlarda birikerek tabakaların değişime uğraması ile meydana gelmiştir. Bu

tabakalar üzerine çeşitli çökeltiler birikerek, arzın hareketleri ile derinliklere gömülmüştür. Derinliklerde bulunan bu nebatlar; artan ısı ve basıncın etkisi ile fiziksel ve kimyasal değişikliğe uğrayarak kömüre dönüşürler. Bu işlem milyonlarca yıl içinde gerçekleşmiştir. Kömürler organik olgunluklarına göre Linyit, Altbitümlü, Kömür, Bitümlü kömür ve Antrasit tiplerine ayrılırlar. Linyit ve Altbitümlü kömürlerin bir kısmı diğer kömür tiplerine göre daha yumuşak ve kırılğan bir yapıya sahiptir. İçerdikleri yüksek nem oranları ve kimyasal bileşiminde bulunan düşük karbon oranları Linyit ve Altbitümlü kömürlerin en belirgin özelliğidir. Antrasit ve Bitümlü kömürler ise Linyit ve Altbitümlü kömürlere göre daha sert ve parlak yapıya sahiptirler. Bu tip kömürlerin en belirgin özelliği ise içerdikleri düşük nem oranı ve kimyasal yapısında bulunan yüksek karbon oranıdır. Kömürlerin meydana geldiği süreler 15 milyon ile 400 milyon yıl arasında değişir. Daha eski zamanlarda oluşmaya başlayan kömürler çoğunlukla daha kalitelidir. Kömür dünyada bulunan fosil yakıtların oluşmaya başladığı yıllardan daha eski zamanlarda oluşmaya başlamış ve yeryüzüne çıkarılıp işlenmesi düşük maliyetlerde olan güvenilir bir fosil yakıt türüdür. Günümüzde Dünyanın birçok ülkesinde kömür üretimi yapılmaktadır. Petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıt türleri Dünyanın dar bir bölgesinde bulunurken, kömür madeni rezervleri daha geniş coğrafyalara yayılmıştır. Kömür kullanım, stoklama ve taşıma açısından en güvenilir fosil yakıt türüdür. Dünya'nın birçok bölgesinde kömürün üretilmesi hammadde olarak kömür temininde de emniyeti sağlamaktadır. Hammaddesi kömür olan termik santrallerde üretilen elektriğin ekonomik ve piyasada rekabet edebilir seviyelerde olmasından dolayı dünyada üretilen elektriğin %40'ı kömürden sağlanmaktadır (www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2F Documents%2FSayfalar%2FK%C3%B6mür%2F+C3%BCr+Nedir-.pdf, 17.09.2015).

Mevcut kömür rezervlerinin yaklaşık 1 trilyon ton ve dünyanın gelecekteki 150 yıllık enerji ihtiyacını karşılayabilecek kapasitede olduğu tahmin edilmektedir. Yaklaşık 1 trilyon tonluk bu rezerv Amerika ve Rusya başta olmak üzere dünyanın birçok ülkesine dağılmıştır. Dünyadaki enerji ihtiyacının %12'sini sağlayan kömür, petrol ve doğalgaz gibi küresel bir yakıt olmaktan ziyade yerel ve ulusal açıdan önemi olan bir yakıttır (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 2004).

1.2.4 Nükleer enerji

Nükleer enerjinin temelinde yatan atom kelimesi eski Yunanca'dan gelmekte ve kelime anlamı olarak parçalanmaz anlamında kullanılmaktadır. Tüm minerallerin en küçük yapı taşı olan atom, mineralin karakterini belirlemektedir. Atom, bir çekirdek ve onu saran yörüngede bulunan negatif yüklü elektronlardan oluşup, atom reaktörleri veya nükleer santraller denilen tesislerde bu atom çekirdeklerinin parçalanması (fizyon) veya birleştirilmesi (füzyon) yöntemlerinin sonucunda nükleer enerji elde edilmektedir. Nükleer enerji ekonomik olarak ülkeler için önemlidir. Bu önemin en belirgin nedenleri; doğal rezervlerinin çok yaygın olması, ulaşım, mekân ısıtılması ve diğer ekonomik faaliyetlerde kolaylıkla kullanılabilir olması ve çabuk bir şekilde sanayide uygulanabilir hale gelebilmesidir (Temurçin, 2003).

Nükleer enerji, farklı iki türde santral aracılığıyla üretilebilen bir enerji kaynağıdır. Bunlardan ilki füzyon reaktörleri olurken diğer tip santraller ise fizyon reaktörleri olarak adlandırılmaktadır. Füzyon reaktörleri çoğunlukla en hafif iki element niteliğindeki helyum ve hidrojen elementlerini kullanmaktadır. Kısaca bu iki elementteki izotopların ayrıştırılması sonucu ortaya çıkarılan bu enerji tipi, yüksek potansiyeline rağmen füzyon reaksiyonunun sonucunda ortaya çıkan yüksek sıcaklığın kontrol altında tutulabilmesi için günümüz teknolojik ürünleri yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle yeni ar-ge çalışmalarının yapıldığı bu alanda çok maliyetli ve özel bir teknolojinin yaklaşık olarak 40-50 yıl içinde geliştirilmesi öngörülmektedir. Şu an ki durumda yoğun risk ihtiva eden bu tip füzyon reaktörlerinin, uygun teknolojik atılımlarla gelecekte insanlığın ihtiyaç duyacağı enerjiyi yüz yıllarca yıl boyunca karşılayabileceği ve özellikle gelişmiş ülkeler tarafından dikkate alındığı bilinmektedir. Diğer bir tip reaktör tipi olan fizyon reaktörlerinde ise uranyum ve toryum gibi iki ağır elementin parçalanmasına bağlı olarak enerji üretimi söz konusudur. Ancak düşük yoğunlukta olan ve endüstriyel düzeyde ekonomik olmayan bu enerji türünün en önemli dezavantajı ise reaktörde bulunan atık yakıtların senelerce güvenilir ve emniyetli bir şekilde saklanma sorunudur. Reaktöre konulan yakıtın sadece %1'inin yakılmakta olduğu ve geri kalan kısmının kül olduğu bu süreçte yüksek oranda radyoaktif olan bu atıkların uzun dönemde emniyetli bir şekilde saklanması zorunludur. Günümüzde ileri teknolojilerle güvenli hale getirilen bu süreçte ortaya çıkan atıklar da camlama, kurşun zırh ve tuz mağaralarına saklama gibi çeşitli şekillerde koruma altına

alınmaktadır. Nükleer enerji, yapısı gereği temiz, güvenilir, kesintisiz ve bilinen bir teknoloji olmasına rağmen birçok ülkede yoğun kamuoyu tepkisine neden olmaktadır (Ferguson, 2007: 3).

Normal çalışma şartlarında çevreyi hiçbir şekilde kirletmeyen nükleer santraller, zararlı gaz salınımına ve kül oluşumuna neden olmamaktadır. Bir nükleer santral, fosil yakıt tüketen bir santrale nazaran gündelik atıklar bakımından yok denecek kadar az atık meydana getirmektedir. Ayrıca meydana gelen atıklar da kurşun, civa ve arsenik gibi zehirli atıklara kıyasla daha az zehirlidir ve zaman geçtikçe radyoaktivitesi giderek azalmaktadır. Toplumlarda nükleer enerjiye karşı olan söz konusu olumsuz tepkilerin temelinde nükleer enerji üretimine karşı yatan endişe ve korkunun yanında nükleer enerjinin barışçıl olarak kullanılamayacağına olan genel tutum da nükleer gücün göz ardı edilmesindeki nedendir. Normal şartlarda çevreye hiçbir zararı olmayan bu enerji türünde en korkulan unsur, olası bir kaza sonucunda çevreyi temizlenemez bir şekilde kirletme ihtimalidir. Geçmişte iki önemli kazaya yol açan nükleer enerji, sonuçları itibariyle farklı iki vaka olarak değerlendirilmektedir. Buna göre tüm önlemlerin eksiksiz olarak alındığı “Three Miles Island” reaktöründe meydana gelen kaza neredeyse hiçbir olumsuz sonuç doğurmamış olmakla beraber özensiz olarak dizayn edilmiş ve eksik önlemlerin alındığı “Çernobil” kazası, insanlık tarihi açısından ortaya koyduğu sonuçları itibariyle bir facia olarak değerlendirilmektedir. Atom bombasıyla özdeşleştirilen bu güç sayesinde 1 gr. U235 izotopu 2.5 ton kömürle eşdeğer enerjiyi sağlamakta ve bu nükleer enerjinin yaklaşık 200 yıl boyunca devam edeceği varsayılmaktadır (Albayrak, 2011).

1.3 Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji, ekosistemin kendi dengesi içinde kendini sürekli yenileyebilen ve kullanımından sonraki günlerde de aynen var olabilen enerji kaynağıdır. Dışarıdan müdahale olmadan, kendiliğinden oluşan veya farklı türlere çevrilebilen enerjilere doğal enerji denilmektedir. Enerjiyi türlerine göre ayırırken; depo edilebilirliğine, kullanılabilirliğine, ekonomikliğine ve çevreyi tahrip edip etmediğine bakılmaktadır (Özdemir, 2012: 20-24).

Yenilenebilir enerji doğadan sürekli ve tekrarlamalı olarak ulaşılabilen, kaynağında herhangi bir azalma söz konusu olmayan enerji türüdür. Diğer enerji

kaynaklarına göre daha çevrecidirler. Yenilenebilir enerjinin avantajlarının yanı sıra önemsenmeyecek derecede dezavantajları da vardır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarına göre düşük enerji akım yoğunluğu dezavantaj olmasına rağmen yenilenebilir enerji kaynaklarının sonsuz olması bu olumsuzluğu ortadan kaldırmaktadır. Düşük kaynak maliyeti ve kaynağa ulaşımın geniş bir coğrafyada olması yenilenebilir enerji kaynaklı sistemleri cazip hale getirirken, sistemlerde kullanılan makine ve ekipmanların pahalı olması yenilenebilir enerji için bir diğer dezavantajdır. Ülkemiz üretim yapabilecek bilgi birikimine sahip olmasına rağmen, özellikle Avrupa ülkelerinden ithalat yaparak yatırım maliyetlerini artırmakta ve yenilenebilir enerji kullanımında olması gereken kapasite kullanım oranının çok gerisinde kalmaktadır (Özdemir, 2012: 20-24).

Yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talep çevreye verdiği neredeyse sıfıra yakın zarardan dolayı gün geçtikçe artmaktadır. Küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliği ve Kyoto Protokolü çerçevesinde ülkelerin enerji politikalarında mevcut enerji kaynaklarına alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi büyüktür. Avrupa Birliği ülkelerinin birincil enerji tüketimi içindeki yenilenebilir enerjinin oranını arttırma çabalarına rağmen günümüzde yenilenebilir enerjinin üretimdeki payı istenilen seviyeler ulaşamamıştır. Genel anlamda yenilenebilir enerji kaynaklı üretim geleneksel üretim yöntemlerine göre daha pahalı ve kurulum maliyeti büyük sermaye gerektirmektedir. Yapılan bir takım araştırmalarda bazı yenilenebilir enerji kaynaklarının verimliliği konusu tam bir netlik kazanamamıştır (Yorkan, 2009). Petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil enerji kaynaklarının belirli bir dönem sonunda tükeniyor olması rüzgar, güneş ve akarsu gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji üretimindeki payının artmasını zorunlu hale getirmiştir (Elmas, 2012).

1.3.1 Hidrolik enerji

Hidroelektrik santraller (HES) belirli bir yükseklikteki suyun potansiyel enerjisini elektriğe dönüştürürler. Akışkan durumdaki suyun sahip olduğu enerjinin büyüklüğünü debi ve net düşü yüksekliği belirler. Yüksek debide su taşıyan nehirlerde veya net düşü yüksekliği fazla olan yerlerde suyun türbinlenmesi sonucu büyük kapasitelerde enerji elde edilir. Cebri boru vasıtasıyla hidroelektrik santrale giren su önce kanatçıklara çarparak türbinin yüksek devirlerde dönmesini sağlar. Bu işlemde suyun potansiyel ve kinetik enerjisi mekanik enerjiye dönüşür. Türbinde

bulunan mil ya da şaftın jeneratörü tahrik etmesiyle de mekanik enerji elektrik enerjisine dönüşür. Hidroelektrik santraller;

- 1- Temiz enerji kaynağı olan su ile çalışmaları,
- 2- Çevreye herhangi bir karbon salımının olmaması,
- 3- Yatırımın tamamının yerli teknolojiyle yapılabilir durumda olması,
- 4- Amortisman süresinin uzun olması (yaklaşık 50 yıl),
- 5- İşletme bakım-onarım maliyetlerinin düşük olması,
- 6- Bulunduğu bölgede iş hacminin ve olanaklarının artması,
- 7- Kırsal alanda sosyoekonomik hayatı hareketlendirmeleri açısından yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yere sahiptir (www.eie.gov.tr/ yenilenebilir/h_hidrolik_nedir.aspx, 18.09.2015).

1.3.2 Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, 1974 yılındaki Petrol Krizi sonrasında gündeme gelen yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Bu kaynağın yerli ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olması, ülkelerin enerji dış alımının azaltılmasında; kullanımında ortaya çıkan düşük miktardaki sera gazı ise, çevresel olumsuzlukların kabul edilebilir bir seviyeye indirilmesinde katkı sağlamaktadır (Gezer, 2013). 5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Mineralli Sular Kanununun 3. Maddesinde açıklandığı gibi jeotermal kaynak; jeolojik yapıya bağlı olarak yerkabuğu ısısının etkisiyle sıcaklığı devamlı olarak bölgesel atmosferik yıllık ortalama sıcaklığın üzerinde olan, etrafındaki sulara nazaran daha fazla miktarda erimiş madde ve gaz içerebilen doğal olarak oluşan veya oluşturulan su, buhar ve gazlar ile yeraltına insan düzenlemeleri aracılığıyla gönderilerek yerkabuğu veya kızgın kuru kayaların ısısı ile ısıtılarak su, buhar ve gazların olduğu yerleri, ifade eder denmektedir (Resmi Gazete: 03/06/2007 tarih ve 5686 Sayılı Kanun).

Diğer bir ifade ise jeotermal enerji, yer kabuğunun metrelerce altında sıcak kaya ve akışkanların ısısının tabakaları zayıflatıp geçerek yeryüzeyine çıkmasıyla oluşan enerjidir. Kısaca jeotermal enerji, jeotermal kaynaklardan doğrudan ya da dolaylı her türlü yararlanmayı içermektedir (www.jeotermaldernegi.org.tr, 02.10.2015).

Kaynağın yenilenebilmesini sağlayan ve aynı zamanda jeotermal akışkanı oluşturan suların meteorik kökene sahip olmaları ve yeraltı haznelerini devamlı

beslemeleridir. Buradan yola çıkarsak beslenme üzerinde kullanım söz konusu olmadığı sürece kaynakların tükenmesi mümkün değildir (Koçak,2001). Jeotermal rezervuarlar; yağmur, kar, deniz ve magmatik suların gözenekli kayaç kütlelerini beslemesi sonucu oluşurlar ve beslenme üretim değerlerinin dışına çıkmadığı, jeolojik koşulların korunduğu ve reenjeksiyon işleminin yapıldığı sürece yenilenebilirliğini ve sürdürülebilirliğini kaybetmeyeceklerdir (Reenjeksiyon, yeraltından alınan jeotermal akışkanın kullanım işlemi bittikten sonra tekrar yeraltına yani ana kaynağına enjekte edilip geri gönderilmesidir.) (Dağıstan, 2006: 74). Reenjeksiyonla yerkabuğına gönderilen akışkan, uygun sıcak kayaçlar ve magma katmanına yakın yerlerde tekrar ısınıp jeotermal enerji amaçlı yeryüzünde kullanıma hazır hale gelir ve bu döngü sayesinde yenilenebilir olma özelliğine sahiptir (Gürsoy, 2004: 135).

Jeotermal enerji, (kentsel) ısıtma maksadıyla İzlanda'nın Reykjavik şehrinde ilk kez 1930'larda kullanılmıştır. Önce turistik bir otelde sıcak su temin etmek amacıyla Yeni Zelanda da 1949 yılında sığ sondajlara başlanmış, ardından 1954'te 200 MW kapasiteli bir santral kurularak elektrik üretimine geçilmiştir. 1960'lı yıllarda Amerika, Meksika ve Japonya'da da santraller kurulmuş böylece jeotermal enerji kullanımında dünyaya yayılmaya başlanılmıştır (Demirel, 1996: 61). Doğal yeraltı ısı kaynaklarından gelen enerjinin kullanımı hızla artmaktadır. Yer altından çıkan suyun sıcaklığı belirli bir değerden yüksek ise jeotermal enerjiden elektrik üretimi gerçekleştirilir. Dünyadaki toplam elektrik kurulu gücü 8912 MW olup yıllık üretilen elektrik enerjisi 72,6 milyar kWh'dır. Elektrik dışı kullanım ise 27825 MWt'dır. Bu ise, 4,9 milyon konutu ısıtmaya eşdeğerdir. Elektrik üretimi için kullanılan jeotermal enerjide, dünya sıralamasında ilk 5te olan ülkeler; ABD, Filipinler, İtalya, Meksika ve Endonezya'dır. Çin, Japonya, ABD, İzlanda ve Türkiye ise jeotermal ısı ve kaplıca konusundaki uygulamalarıyla ilk 5te yer alan ülkelerdir (Dağıstan, 2006: 74).

Türkiye'de bilinen 1000'in üzerinde jeotermal enerji kaynağı bulunmaktadır ve bu kaynaklar jeolojik yapı nedeniyle Batı Anadolu'da yoğunlaşmıştır. Bunu sırası ile Marmara, İç Anadolu, Karadeniz, Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgeleri izlemektedir. Jeotermal enerji açısından Avrupa'da birinci, dünyada yedinci sırada yer alan Türkiye'de kaynakların doğru kullanılması enerji ithalatını ve petrole olan bağımlılığı azaltacaktır. 2010 yılı itibarıyla 16 milyar kWh/yıl elektrik üretme kapasitesi ve/veya potansiyeli olan ülkemizde aynı yıl itibarıyla üretim hedefi 4

milyar 112 kWh/yıldır. Bu sayılar, elde olan jeotermal kaynakların yeterli derecede değerlendirilemediğine işaret etmektedir. Türkiye’de üretilebilecek maksimum Jeotermal Enerji 31.500 mWh’dır. Bu miktardaki enerji gücü ile 5 Milyon ev ısıtılabilir. Bu ısıtma giderleri elektrikten 110 defa, fueloil’den 60 defa, doğal gazdan 38 defa ve kömürden 30 defa daha ekonomiktir. Bununla birlikte jeotermal enerji sistemlerin güvenilirliği, emniyeti ve elastikliği yüksektir. Jeotermal enerji sistemleri %96 oranında yüksek verimle çalışabilmekte ve yıl boyunca zaman farkı gözetmeksizin faaliyet sürdürebilmektedirler. Bir avantajı da diğer sistemlerle karşılaştırıldığında inşaat süresinin çok kısa olmasıdır (Özçep ve Karabulut, 2003: 45).

1.3.3 Biyokütle Enerji

Biyo-kütle, hammaddesi bitki ve hayvan kökenli atıklarla ev ve sanayideki organik atıklardan oluşan bir enerji türüdür. Bitkisel ve hayvansal kökenli ürün ve atıkların farklı işlemlerle çürütmesi sonucu elde edilen enerji biyo-kütle enerjisidir. Fosil kökenli yakıtların oluşmasında da benzer işlem gerçekleşirken aradaki en temel fark fosil kökenli kaynakların dışarıdan bir müdahale olmadan yıllar boyu devam eden sürekli basınç ve yüksek ısıya maruz kalıp kendiliğinden parçalanma işleminin gerçekleşmesidir. Günümüzde biyo-kütle organik atıkların işlenmesi yoluyla konvansiyonel üretim tekniğinde çalışan yakıt tiplerine dönüştürülüp kullanılmaktadır (Edward, 2000: 67). Bu nedenden dolayı dünyanın birçok bölgesinde odun, tarım ve orman ürünleri, organik atıklar, deniz bitkileri, kamusal, evsel ve endüstriyel artıklar tesislerde toplandıktan sonra gerekli proseslere tabi tutulmaktadır. Biyo-kütle enerjisi elde ediminde kullanılan atıklar bilimsel yöntemlere göre işlemlere tabi tutulmadığı takdirde olumsuz etkiler doğurabilmektedir. Özellikle ağaç, bitki vb. orman ürünlerinin sadece enerji elde etmek amacıyla bilinçsizce yok edilmesi öncelikle çevreye ve birçok doğal kaynağa zarar vermektedir.

Biyo-kütle enerjisi esas olarak bitkisel ve hayvansal atıklar olmak üzere iki ana atıktan meydana gelir. Bitkisel atıklara dayalı biyo-kütle, fotosentez yapan bitkilerin güneş enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürmesi ile meydana gelir. Fotosentez yapan bitkilerin yapraklarında bulunan klorofil güneş ışınlarını emerek atmosferde bulunan karbondioksit ile birleştirir ve karbon-hidrojen oranı yüksek olan bileşikler oluşturur.

Hayvansal kaynaklı biyo-kütleyi hayvan atıkları dışkıları (tezek) oluşturmaktadır. Hayvansal ve bitkisel atıklardan meydana gelen biyo-kütle yanma tepkimesi gerçekleştirdiği zaman büyük miktarlarda enerji açığa çıkarır. Yanma ürünü olarak oluşan karbondioksitin fotosentez yoluyla bitkiler tarafından tekrar kullanımı bir döngü sistemi meydana getirir ve döngü neticesinde de yenilenebilir enerji açığa çıkar. Diğer enerji kaynaklarında olduğu gibi biyo-kütle enerjisinin de temelinde güneş vardır (Yerebakan, 2009: 225).

Yenilenebilir enerji kaynağı olan biyo-kütle önümüzdeki yıllarda zamanla tükenmeye başlayacak olan fosil yakıtların alternatifi olabilecek kapasiteye sahiptir. Biyo-kütlenin içeriğinde bulunan kaynakların yanma reaksiyonu vermesi sonucu açığa çıkan karbondioksit gazı fotosentez yapan bitkiler tarafından kullanıldığı için çevreye az zarar veren bir kaynak olarak da nitelendirilebilir (The National Academies Press, 2009).

1.3.4 Dalga Enerjisi

Dalga enerjisi direk olarak dalga yüzeyinden veya yüzey altındaki dalga basınçlarından elde edilir. Dalgalar toprak ve suyun sıcaklık farkından dolayı oluşan basınç farkını dengelemek için oluşan rüzgarın deniz veya okyanus üzerinde meydana gelmesiyle oluşur. Rüzgar dünyadaki birçok bölgede sürekli dalgalar meydana getirecek şekilde sürekli sabit rejimde eser. Deniz veya okyanuslarda oluşan dalga hareketinin potansiyeli çok büyüktür. Dalga enerjisinden elektrik üreten makineler dalganın oluşturduğu yüzey hareketinden veya sahip olduğu basınçtan enerji üretir. Dalga enerjisi potansiyelinden faydalanmak için farklı teknolojiler geliştirilmiştir. Uygun teknolojilerin bazılarında ekonomik anlamda uygulamaya geçmesi için deneme ve testler yapılmaktadır. Su yüzeyine yakın yerlerde kurulumu öngören dalga teknolojileri, etkileştikleri, uyum sağladıkları dalgaya ve dalgadan elde ettikleri enerji çeşidine göre farklılık gösterirler. Dalga enerjisi üzerine yapılan araştırmalarla birlikte aşağıda bahsedilen teknolojik gelişmelere ulaşılması amaçlanmaktadır. Sonlandırıcı makineler dalga hareketine dik olacak şekilde montajlanır ve bu hareketi yansıtarak veya yakalayarak enerji üretir. Bu makineler denize çok yakın kıyı bölgelerine kurulmak için geliştirilmiştir. Titreşen su sütunu sonlandırıcı makinenin farklı bir modelidir. Titreşen su sütununda su yüzeyin alt kısmında ve yukarı tarafında basınçlı hava olan bir hazneye girer. Dalga hareketinin

oluşmasıyla haznede bulunan su sürekli aşağı ve yukarı yönde hareket ederek piston görevi görür ve havayı türbine doğru itmeye başlar. Noktasal soğurucu dalga hareketiyle beraber birbirleriyle entegre şekilde çalışmaya başlayan parçaları olan yüzey bir yapıdır. Elektromekanik ya da hidrolik enerji çeviricilerinin tahriklenmesi bağlantılı hareket sayesinde olur. Azaltıcılar dalganın hareket yönüne paralel yönde montajlanan ve uzun çok parçalı yapılardan su yüzeyinde bulunan makinelerdir. Makine boyunca dalgaların oluşturduğu su yüzeyindeki potansiyel fark parçaların bağlantı yerlerinden hareket etmesine sebep olur ve bu hareket hidrolik pompalara ya da diğer çeviricilere iletilir. Yüksekte bulunan makinelerin su depoları deniz veya okyanusun seviyesini geçen dalgalar tarafından doldurulur. Su yükselme hareketinden sonra yer çekimi kuvvetiyle beraber deniz seviyesine doğru iner. Depoyu dolduran suyun potansiyel farkı bir enerji yaratır ve bu enerji türbinleri hareket ettirir. Özel imalat olan açık deniz tekneleri kıyıya yakın yerlerde meydana gelen dala hareketinin enerjisini depo ederler. Su yüzeyinde bulunan bu yapılar dalgaları türbinden geçirip ve denize tekrar bırakarak elektrik enerjisi üretirler (www.eie.gov.tr/teknoloji/dalga_enerjisi.aspx, 16.09.2015).

Dalgaların oluşturduğu gücün yoğunluğu diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazladır (10-15 defa daha fazla). Bulunduğu bölgenin güneşlenme verilerine bağlı olarak değişiklik gösterse de ortalama günlük güneş enerjisi yoğunluğu 100 W/m^2 'dir. Güneş enerjisinden faydalanmada yüzey alanı faktör olduğundan yüzey alanı örnek verilirse; optimum şartlarda 1 KW elektrik üretmek için 10 metrekarelik bir alan gereklidir. Aynı miktarda üretimi rüzgar enerjisinden sağlamak için 2 metrekarelik bir alan gereklidir (1-5 veya 1-10). Dalga enerjisinde ise 1 metrekarelik bir alanda bu büyüklükte bir üretim gerçekleştirilir. Okyanuslarda meydana gelen dalga gücünün yüzde biri bile dünya enerji ihtiyacının beş katı büyüklüğüne sahiptir (Thorpe, 1999). Dalga enerjisi pozitif anlamda önemli paylara sahiptir. Güç kaynağının asla tükenmemesi ve fazla olması, fosil yakıtlara olan zorunluluğu, küresel ısınmayı, asit yağmurlarını, çevre kirliliğini dolaylı olarak azaltması, iş imkanları sunması, elektrik hattının olmadığı yerlere enerji sağlaması, deniz suyunun arıtılması sonucu kullanılabilir duruma gelip ihtiyacı olan bölgelere pompayla basılması ve sahillerin korunması gibi konulara yeni bir bakış açısı getirmektedir. Bununla birlikte; deniz dalgasından enerji üretimi projelerinde birtakım kriterler bulunmaktadır. Her dalga boylarından faydalanmak için bir

sistemin geliştirilememesi, deniz araçlarının geçtiği rotalar, askeri ve savunma tatbikatları, deniz ürünleri avlanma bölgeleri, su altında bulunan altyapı gereçleri (boru, kablo gibi) gibi faktörler dalga enerjisinden elektrik üretimi etüt ve çalışmalarında göz önünde bulundurulması gereken önemli etkenlerdir (Future Offshore, 2002).

1.3.5 Hidrojen Enerjisi

Hidrojen 1500'lerde bulunmuş, 1700'lerde yanma etkisi keşfedilmiş, dünyanın en basit yapıda ve en çok bulunan elementi olup, rengi ve kokusu olmayan, yoğunluğu havadan 14.4 kat az ve tamamen zehirsiz olan bir gazdır. Güneş ve diğer gezegenlerin termonükleer reaksiyona vermiş olduğu ısının yakıtı hidrojen olup, kainatın temel enerji kaynağıdır. Hidrojen (H₂) gazı tipik olarak yaklaşık -253°C'de gaz fazından sıvı fazına geçer ve bu halde depolanmaktadır. Sıvı hidrojen gaz halindeki hacminden 1/700 oranda daha az yer kaplar. Hidrojen mevcut yakıtlar arasında en yüksek ısıl değere sahiptir (Üst ısıl değeri 140.9 MJ/kg, alt ısıl değeri 120,7 MJ/kg). 1 kg hidrojen 2,1 kg doğal gaz veya 2,8 kg petrolün vermiş enerji miktarıyla aynı enerji vermektedir. Fakat ürettiği birim enerji başına kapladığı hacim fazladır. Su hidrojenin bileşiminde bulunduğu en bilinen maddedir. Hidrojen kaynaklı enerji üretim tesislerinde atık ürün olarak çevreye su veya su buharı verilir. Hidrojen petrolle kıyaslandığında ortalama 1,33 kat daha verimlidir. Hidrojenin ısı veya patlama enerjisi gerektiren alanlarda kullanımı sırasında küresel ısınmaya ve sera etkisine neden olacak herhangi bir karbon salımı yoktur. Hidrojen gazı çeşitli metotlarla üretilebildiği gibi su, güneş enerjisi veya onun türevleri olarak kabul edilen rüzgâr, dalga ve biyo-kütle ile de elde edilebilmektedir. Yapılan araştırmalar hidrojenin maliyetinin diğer yakıtlara göre 3 kat daha fazla olduğunu ve maliyetin azalmasıyla birlikte hidrojenin kullanımının artacağını tespit etmektedir. Ayrıca, anlık veya yıllık zamanlarda oluşan fazla elektriğin hidrojen olarak depo edilmesi günümüzde olası bir seçenek olarak düşünülebilir. Bu şekilde depolanan enerjinin aktif bir şekilde kullanılabilmesi örneğin toplu taşıma için yakıt piline dayalı otomotiv sektörünün ilerlemesine bağlıdır (www.eie.gov.tr/teknoloji/h_enerjisi.aspx, 18.09.2015).

Çevreye zarar vermeden dünyanın artan enerji talebini karşılayabilecek ve sürdürülebilirlik anlamında ülkelere katkı sağlayabilecek olan en üst seviye

teknolojinin hidrojen enerjili sistemler olduğu günümüzde bütün bilim dünyası tarafından ifade edilmektedir. Hidrojen enerjisinin insan ve çevre sağlığına zarar verecek hiçbir olumsuz yan etkisi yoktur. Bazı insanlar 20. Yüzyılın enerji taşıyıcısı olarak elektriği görürken 21. Yüzyılda ise bu insanlara göre hidrojen elektrik taşıyıcısı olacaktır. Hidrojen yerelde üretilen, nakliyesi güvenli ve kolay, taşıtlardan ısınmaya, sanayiden evlerimize kadar her platformda faydalanabileceğimiz bir enerji kaynağıdır. Hidrojen içten yanmalı motorlarda doğrudan kullanımının yanı sıra ateşlenme olmadan da yanabilme özelliğine sahip bir kaynaktır. Fakat dünyadaki teknoloji hidrojeninin yakıt olarak kullanıldığı yakıt pili teknolojisi doğrultusunda ilerlemektedir (www.eie.gov.tr/teknoloji/h_enerjisi.aspx, 18.09.2015).

1950'lerin sonlarına doğru NASA tarafından uzay teknolojileri uygulamalarında yer bulan yakıt pilleri, son zamanlarda yoğunlukla ulaştırma alanı olmak üzere sanayi ve hizmet alanlarında umut verici bir şekilde uygulamaya geçmiştir. Yakıt pilleri, dizüstü bilgisayarlar, mobil cihazlar için kullanılabildiği gibi elektrik enerjisi tesisleri için de uygun güç sağlayıcılardır. Düşük miktardaki emisyon oranları ve yüksek verimliliğinden dolayı ulaştırma sektöründe de geniş bir uygulama alanına sahiptir (www.eie.gov.tr/teknoloji/h_enerjisi.aspx, 18.09.2015).

1.3.6 Rüzgar Enerjisi

Rüzgar temelde güneş enerjisinin bir türevidir. Güneşten gelen ısının atmosferde sebep olduğu sıcaklık farkları, dünyanın coğrafik yapısı ve kendi etrafında dönme hareketiyle birlikte büyük bir hava akışı meydana getirir. Güneşin ısıttığı havanın yoğunluğu azalır ve bu azalmayla birlikte hava yükselmeye başlarken oluşan boşluğu soğuk hava kütlesi kaplar. Bu hava hareketleri neticesinde de rüzgarlar meydana gelir. Rüzgarın enerji üretmek amaçlı kullanımı çok eski zamanlardan beri insanların bilmiş olduğu bir yöntemdir. Arpa, buğday, çavdar gibi tarımsal ürünlerin öğütülmesinde ve su ihtiyacı için açılan kuyulardan su çekmek amacıyla faydalanılan rüzgar enerjisinin tarihi araştırmalar sonucunda ilk kez M.Ö 3000'lerde yelkenli gemilerde kullanıldığı bulunmuştur. Ulaşım ve ticari amaçlı yelkenli gemilerin sayısının artmasından sonra M.Ö 200 yılında ilk rüzgar değirmeni İran bölgesinde icat edilmiş ve Ortadoğu bölgesinde yayılmıştır (Yerebakan, 2009: 75).

Ortadoğu'da gelişim gösteren rüzgar değirmenleri teknolojisinin Avrupa ile buluşması ise 12. yüzyıla kadar gecikmiştir. Avrupa ile tanışmasından sonra ise Kuzey Amerika taraflarında tercih edilen enerji kaynağı olma durumunu uzun bir müddet sürdürmüştür. 1800'lerde Avrupa, Kuzey Amerika ve özellikle Hollanda'da binlerce yel değirmeni çalışırken 1900'lü yılların başlarında yel değirmeni sayısı sekiz milyonu aşmıştır. Günümüzde ise rüzgar enerjisi daha önemli bir amaca hizmet etmektedir. Sanayileşen dünyayla birlikte artan elektrik talebini karşılamak için verimliliği her geçen gün artan rüzgar türbinleri vardır. Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi ilk defa J. Semeaton tarafından ortaya konulmuş ve Danimarka 1890'da rüzgar enerjisinden elektrik üreten bir santral kurmuştur (www.alternaturk.org/ruzgar_yer.php, 06.10.2015).

1930'lara gelindiğinde Avrupalı birçok sanayici küçük kapasitelerde rüzgar türbinleri üretilen kırsal alanlarda ve özellikle geçimini zirai faaliyetlerden sağlayan yerlerde kullanımının artmasını sağlamıştır. 1940-1950 yılları arasında döneminde batma tehlikesiyle yüzleşen rüzgar türbini sektörü 1970'lerde gelişen petrol krizleri ve yaşanan enerji sıkıntısı nedeniyle yeniden cazibe kazanmıştır. 1980'li yıllarda Amerika öncülüğünde gelişen teknolojik ilerlemelerle beraber gelişen rüzgar türbinleri, ticari ve kar maksatlı şehir şebekelerine entegre olmuştur. 1990'lara gelindiğinde ise küresel ısınmayla birlikte artan çevre dostu enerji uygulamalarında önemli bir yere sahip enerji kaynağı olarak gündeme gelmiştir. Almanya, Danimarka ve Hollanda gibi birçok Avrupa ülkesi tarafından küresel ısınma ve sürdürülebilirlik kapsamında rüzgar türbinlerinin sahip olduğu rol önemsenmiştir (www.alternaturk.org/ruzgar_yer.php, 06.10.2015).

1.3.7 Güneş Enerjisi

Başlıca yenilenebilir enerji kaynağı aynı zamanda fosil ve hidrolik enerjinin de asıl kaynağı olan ve yaydığı yüksek miktardaki ısı ve ışık enerjisi yoluyla, karanlık ve soğuk yerkürenin hem ısınması hem de aydınlanmasında çok önemli bir işleve sahip olan güneştir. Güneşte hidrojenin helyuma dönüşmesi sonucu ortaya çıkan büyük bir enerjinin milyonlarca yıl daha devam etmesi nedeniyle güneş dünyamız için sonsuz bir enerji kaynağı olarak düşünülebilir. Güneş'in bu sonsuz kaynak özelliğinden yararlanmakta gecikilmiş olsa da, yürütülen çalışmalar gelecek için umut verici niteliktedir. Dünyaya güneş ışınlarıyla 170 milyar MW'lık enerji

ulaşmaktadır. Bu miktar, dünyada kullanılan enerji miktarınının 15-16 bin katıdır. Bugün dünyaya gelen güneş enerjisinden faydalanmada iki farklı yöntem kullanılmaktadır. İlki ısı enerjisine çevirme, ikincisi ise güneş enerjisinden elektrik üretimidir (İstemi, 2004: 36).

Güneşten gelen enerjiyi ısı enerjisine çevirme yönteminde “toplaçlar” direkt olarak elektriğe dönüştürme yönteminde ise “güneş pilleri” kullanılmaktadır (Demir, 2001:1). Günümüz teknolojik gelişmeleri ve ekonomik şartlarında, güneş enerjisinin ve özellikle güneş enerjisinden elektrik üretiminin önemi artmıştır (Mazı, 2003). Dünyada pek kullanılmayan, ancak gelecekte enerji talebinin giderilmesine katkı sağlayabilecek en büyük enerji kaynağı olarak değerlendirilen güneş enerjisinden elektrik elde edilmesi, doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki farklı yöntem ile gerçekleştirilir. Bu enerjiyle ısıtmadan soğutmaya çok değişik ısı etkisinin kullanıldığı uygulamaların yanında farklı teknolojiler ile elektrik enerjisi oluşumu da meydana getirilmektedir (Örgen, 2006). Fotovoltaik hücreler (PV hücreler-güneş hücreleri) gürültü yapmayan, çevreyi kirletmeyen, herhangi bir hareketli mekanik aksama gerek duymayan, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir (Örgen, 2006). Dünyamıza bir günde gelen güneş enerjisi, güneşin toplam saldıdığı enerjinin yaklaşık 10 milyarda biridir. Bunun değeri, $1,5 \times 10^{22}$ J yani 15 000000 katrilyon joule’dür. (Bir Joule, bir kibritin yanması ile ortaya çıkan ısı enerjisinin yaklaşık binde biridir.) Dünyaya bir yılda düşen güneş enerjisi yaklaşık 200 trilyon ton kömüre eşdeğerdir (Bu değer, günümüzde dünyada kullanılan toplam enerjinin 15-16 bin katına karşılık gelir.) Tek başına senede Türkiye’ye düşen güneş enerjisi miktar olarak 80 milyar ton petrole denk gelmektedir. Dünyamız için geçerli olan durum ise çıkarılabilecek fosil yakıt kaynakları rezervlerinin yaklaşık olarak 15-20 katına denk geldiğidir (Demir, 2001: 1).

İnsanoğlu dünyada var olduğundan beri güneş enerjisinin önemini fark etmiş ve uzun yıllar fazla bir teknik geliştirmeden bu enerjiden faydalanmıştır. Sözelimi, tarımsal ürünlerin ve etin kurutulmasında kullanılmıştır. Güneşten teknik olarak yararlanmada hep güneş enerjisinden ısı enerjisi elde etme, baştaki düşünce olmuştur. Bu yönüyle güneş enerjili ısı sistem uygulamaları güneşten teknik olarak faydalanmanın en eski yöntemidir ve günümüzde de önemini korumaktadır (Demir, 2001: 1). Günümüzde güneş enerjisinden faydalanmanın temel amacı, mevcut

birincil kaynak fosil yakıtların verimli ve ölçülü kullanımına yardımcı olmaktadır. Güneş enerjisinin ağırlıklı olarak kullanıldığı üç alan aşağıda sıralanmıştır:

1- Isıtma amaçlı ve yapıların ısıtılmasında güneş enerjisinin kullanılması,

2- Kaynağı güneş olan elektrik santrallerinin ve elektriğe dönüştürülüp de kullanılan güneş enerjisi geliştirilerek genişçe bir alanı kaplayan içbükey yüzeyler ile sadece bir noktayı hedef alan güneş ışığı sayesinde çok büyük bir ısı meydana gelir. Bu ısı termik düzeneklerde kullanılır ve ısınan akışkanın buharlaşmasıyla tahriklenen jeneratörlerle ya da güneş pillerini kullanarak güneş ışığından direkt (fotovoltaik hücreler) elektrik elde edilmektedir.

3- Geleceğin yakıtı olacağı düşünülen, hidrojenin sudan üretilmesinde güneş enerjisinin kullanılmasıdır (elektroliz yöntemi; suyu özel katalizörle güneşte hidrojen ve oksijene ayırıştırarak hidrojenin yakıt olarak kullanılması şeklindeki yöntemdir.). Elektroliz, elektrik akımı yardımıyla, bir sıvı içinde çözünmüş kimyasal bileşiklerin ayrıştırılması işlemi olarak tanımlanmaktadır) ile güneş enerjisinden hidrojen gazı elde edilmesi ve elektrik üretimi mümkündür (Cebeci, 2006: 67-68). Açık alanda 100 m² alana sahip çatıya günlük 80-100 litre benzine eşdeğer güneş enerjisi düşmektedir (Çolak vd, 2005: 56). Güneş enerjisinden doğrudan elektrik enerjisine dönüştürmek amacı ile fotovoltaik sistemler (güneş pili sistemi) kullanılır. Bu sistemlerde güneşin ışınlarının dik gelme açısını takip eden mekanizma sayesinde sabit açılı güneş enerjisi sistemlerine göre daha fazla güneş enerjisi elde edilir. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisinden yararlanılan güneş santralleri (genellikle elektrik enerjisi üretmek için); güneş enerjisini direk olarak elektrik enerjisine çeviren güneş gözelerinin, kullanım alanları giderek artmaktadır. Önceleri kol saatleri, hesap makineleri gibi küçük sistemlerde kullanılan güneş gözeleri, gün geçtikçe daha yaygın kullanım alanları bulmuşlardır. Güneş gözeleri ilk defa büyük kapasitelerde uzay araçlarına enerji temin etme amacıyla kullanılmıştır. Uygulama alanının artması ile fiyatları da azalmıştır. Bugün bu gözelerle çalışan arabalar, güneş uçağı, elektrik üretim santralleri vs. bulunmaktadır (İstemi, 2004: 36).

Sıcak su ihtiyacını güneş enerjisinden sağlamada İsrail %65, Güney Kıbrıs %95, Kuzey Avustralya %40 oranıyla dünyada güneş enerjisini ısıtma amaçlı kullanan örnek ülkelerdendir. Güneş enerjisinden yararlanmada öncü ülkeler: Japonya, Almanya, ABD'dir. Kurulu fotovoltaik (doğrudan elektrik üretimi) gücü en fazla olan 4 ülke; Almanya, Japonya, İtalya ve ABD, aynı zamanda en fazla güneş

pili üretilen (Dünya üretiminin %90'ı) ülkelerdir (DPT, 2001). Hesap makinelerinde kullanılmakta olan fotopillerin %80'inden fazlasını üretmekte olan ülke Japonya'dır (Cebeci, 2006: 67).

Güneş enerjisinin daha yaygın ve verimli kullanılabilmesi, bunun yanında daha düşük maliyetle üretilmesi amacıyla ar-ge (araştırma geliştirme) çalışmaları son 20 yılda yoğunlaşmıştır ve çalışmalara devam edilmektedir.

Günümüzde, güneş enerjisi ısı teknolojisinden, yoğun olarak sıcak su üretiminde yararlanılmaktadır. Bu alanda ileri ülke konumunda olan Çin, dünyada sıcak su üreten sistemlerin (düzlemsel güneş toplayıcıları) kullanımında %50'lik bir paya sahip bulunmaktadır. Bu ülkeyi, %5,8 ile Türkiye ve %4,5 ile Japonya takip etmektedir. Güneş enerjisiyle sıcak su üretiminin, diğer enerji kaynaklarına göre daha düşük maliyetle gerçekleştirilmesi bu teknolojiyi, özellikle Çin ve Türkiye gibi ülkeler açısından daha kullanılabilir hale getirmektedir (IEA, 2007). Fotovoltaik sistem teknolojisinde öncü ülke Japonya olmasına rağmen son zamanlarda Almanya'nın yaptığı çalışmalar ve verdiği teşvikler dünyada Almanya'yı bu pazarın lideri haline getirmiştir. Güneş pili kullanımında ilk üç ülke %46,6'lık oranla Almanya, %33,5 oranla Japonya ve %12 oranla ABD'dir. 2000li yılların başında tam 100.000 çatıya güneş pili yerleştirilmesine yönelik bir çalışma Almanya'da gerçekleştirilmiş; benzer bir uygulamayı Japonya (10.000 ev) da hayata geçirmiştir (Üçgül vd., 2006: 43).

İKİNCİ BÖLÜM

TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ

Güneş enerjisinin kaynağı 4 hidrojen atomunun 1 helyuma dönüşmesi tepkimesinde meydana gelen enerjidir. 4 hidrojen atomunun 4,032 birim ağırlığında olduğu, 1 Helyum atomunun 4,003 birim ağırlığında olduğu düşünülüğünde aradaki fark olan 0,029 birim ağırlığın Einstein'ın madde-enerji teorisine göre enerjiye dönüştüğü kabul edilmektedir. Güneşte sürekli ve doğal yollarla meydana gelen tepkimeler sonucunda her saniyede 564 milyon ton hidrojen, 560 milyon ton helyuma dönüşmekte ve tepkimede kütle farkı olarak ortaya çıkan 4 milyon ton kütleye karşı $3,86 \times 10^{26}$ J enerji açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan bu enerji ışınım şeklinde uzaya dağılmaktadır. $1,785 \times 10^{47}$ J toplam enerji kapasitesine sahip olan güneş milyonlarca yıl ışımaya devam edeceğinden dünya için tükenmeyen bir enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir. Yapılan hesaplamalara göre dünyanın çapıyla aynı büyüklükteki dairesel alan üzerine düşen güneş gücü 178 trilyon KW dır. Dünyaya bir yılda tükettiği enerjinin 20 bin katı güneş enerjisi gelmektedir (Varınca ve Varank, 2005). 1970'lerden sonra güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar tüm dünyada hız kazanmış, ilerleyen teknoloji ile birlikte güneş enerjisi sistemleri maliyet bakımından düşmeye başlamış, aynı zamanda güneş enerjisi çevreye zararı olmayan temiz bir enerji kaynağı olarak kabul edilmiştir (Varınca ve Varank, 2005).

Küresel enerji talebinde, enerji kaynakları arasından güneş enerjisi kaynağının önemi, gün geçtikçe daha fazla anlaşılmakta ve enerji talebinin karşılanmasında önemli bir paya sahip olduğu düşünülmektedir. Uluslararası Enerji Ajansının yapmış olduğu çalışmalarda 2050'ye gelindiğinde dünyadaki elektrik enerjisi talebinin yaklaşık %11'inin güneş enerjisinden karşılanacağı düşünülmektedir (ISPRES, 2009).

Bu konuda yapılan çalışmaların olumlu sonuçlar doğurması ile gelişmiş ülkeler güneş enerjisinden ısı enerjisinin kullanımının yanında güneş enerjisinin elektrik enerjisine çevrimini, toplamda GW'lar seviyesine çıkarmışlardır. İtalya, Almanya, Çek Cumhuriyeti ve diğer AB ülkeleri güneş enerjisi sektöründe ana merkez olmaya başlamış ve toplamda 5,6 GW lık kurulu güç ile dünyanın %77 lik güneş enerjisi kurulu gücüne sahiptirler. Bu oranı daha üst seviyelere çıkarmak için alternatif kurulum saha fizibilite çalışmalarını devam ettirmektedirler. Güneş enerjisi potansiyeli açısından değerlendirildiğinde Türkiye'de ki potansiyel İspanya haricindeki diğer Avrupa ülkelerinden yüksektir. Yapılan ölçümler ve araştırmalar ülkemizin ortalama 1000 – 1450 kWh/m² yıl oranlarında güneş enerjisinden faydalanabilme potansiyeli olduğunu göstermektedir. Ülkemizin sahip olduğu bu potansiyel enerji tükettiği enerjinin 10.000 katından fazladır (Gümüş ve Tüzün, 2009: 301-320).

Güneş enerjisi hayatımızın birçok alanında ihtiyaç duyulan enerjinin teminin de kullanılmakta ve hayatımızı kolaylaştırmaktadır. Güneş enerjisi ile birlikte konut ve iş yerlerinin iklimlendirilmesi (ısıtma-soğutma) yapılmakta, yemek pişirme, sıcak su temin edilmesi ve yüzme havuzu ısıtılmasında yaygın bir şekilde kullanılmakta; tarımsal teknolojide ise, sera ısıtması ve tarım ürünlerinin kurutulmasında kolaylık sağlamaktadır. Sanayide ise, güneş ocakları, güneş fırınları, pişiricileri, deniz suyundan tuz ve tatlı su üretilmesi, güneş pompaları, güneş pilleri, güneş havuzları, ısı borusu uygulamaları gibi sanayinin birçok alanında görmekteyiz. Ulaşım sektöründe ise iletişim araçlarında, sinyalizasyon ve otomasyonda, elektrik üretiminde kontrollü olarak kullanılmaktadır. Kullanım alanları giderek gelişen teknoloji sayesinde hızla artmaya devam etmektedir. Güneş enerjisi teknolojileri metot, makine-ekipman ve teknolojik seviye açısından çok farklılık göstermektedir. Fakat çeşitliliği iki temel grupta toplayabiliriz.

1-) Isıl Güneş Teknolojileri: Bu sistemin birincil görevi ısı elde etmektir. Bu ısı direk olarak kullanılabilceği gibi elektrik ihtiyacının karşılanması için elektrik üretiminde de kullanılmaktadır (Gönüllü ve Varınca, 2006).

2-) Güneş Pilleri: Diğer bir adı Fotovoltaik piller olan yarı-iletken malzemeler güneş ışığını doğrudan elektriğe çevirerek elektrik ihtiyacının giderilmesi için kullanılmaktadır (Gönüllü ve Varınca, 2006).

Güneş enerjisi potansiyeli ölçümü 3 ana değer üzerinden değerlendirilmektedir. Bunlar direk radyasyon, difüz radyasyon ve yansıyan radyasyon değerleridir. Bu üç değerın bileşimi ile toplam radyasyon değeri hesaplanır.

2.1 Direk Radyasyon Kavramı

Direkt radyasyon, atmosferde veya yeryüzünde etkileşimde bulunmadan direkt olarak yüzeye gelen radyasyon bileşenidir. Çoğu zaman belli bir yüzeye gelen radyasyonun büyük bir kısmını direkt gelen radyasyon bileşeni oluşturur.

Bir alana gelen toplam direkt radyasyon (Dir_{tot}), o alana ait güneş görüş haritasındaki tüm sektörlerden gelen direkt radyasyonun ($Dir_{\theta,\alpha}$) toplamı ile elde edilir.

$$Dir_{tot} = \sum Dir_{\theta,\alpha} \quad (1)$$

Bir güneş görüş sektöründen, sektör alanı ağırlık merkezi (θ) zenith açısı ve (α) azimut açısı ile direkt radyasyon ($Dir_{\theta,\alpha}$) aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$Dir_{\theta,\alpha} = S_{Const} * \beta^{m(\theta)} * SunDur_{\theta,\alpha} * SunGap_{\theta,\alpha} * \cos(AngIn_{\theta,\alpha}) \quad (2)$$

Yukarıdaki formülde;

S_{Const} değeri, dünyanın güneşe olan ortalama uzaklığında atmosferin dışına gelen sabit güneş radyasyonu değerini ifade eder ve bu değer 1367 Wm^2 'dir. Bu değer Dünya Radyasyon Merkezinin (World Radiation Center) belirlemiş olduğu evrensel bir sabittir.

β , geçirgenlik katsayısıdır. β değeri, yeryüzüne gelen farklı dalga boylarındaki güneş radyasyonunun (elektromanyetik dalga) ortalama dalga boyu dikkate alınarak ve güneşten yeryüzüne gelen en kısa (direkt) yol dikkate alınarak belirlenmektedir.

$m(\theta)$, zenit izdüşümü mesafesine göreceli olarak hesaplanmış nispi optik izdüşümü mesafesidir (bakınız 3 no.lu formül)

$SunDur_{\theta,\alpha}$: her bir gökyüzü sektörünün güneşlenme süresini ifade eder (sektöre güneş ışınlarının geldiği süre). Ufka yakın gökyüzü alanlarının denk geldiği ve sektörün kısmen güneş gördüğü sürelerin hesabı için küresel geometri algoritmaları kullanılmaktadır.

$SunGap_{\theta,\alpha}$: Her bir güneş görüş sektörünün boşluk (görüşe kapalılık) katsayısıdır.

$AngIn_{\theta,\alpha}$: Gökyüzü sektörünün alansal ağırlık merkezi ile yüzeyin yatay ekseninin birbirleri ile yaptığı açığı ifade eder (Bakınız 4 no.lu formül)

Nisbi optik mesafe ($m(\theta)$), güneşin zenit açısı ile deniz seviyesinin üzerindeki yükseklik kullanılarak hesaplanmaktadır, ancak 80 dereceden küçük zenit açıları için aşağıdaki formül kullanılır.

$$m(\theta) = \text{EXP}(-0.000118 * \text{Elev} - 1.638 * 10^{-9} * \text{Elev}^2) / \cos(\theta) \quad (3)$$

Formülde;

θ : güneşe göre hesaplanan zenit açısını,

Elev: deniz seviyesinden daha yüksek olan yükseklik değerini (metre) ifade eder.

Yüzeyin yönünün (eğim oryantasyonu) etkisi, radyasyonun geliş açısının ($\text{AngInSky}_{\theta,\alpha}$: angle of incidence) kosinüsü alınarak hesaplanır. Işına maruz kalan yüzeyin gökyüzü sektörü ile yaptığı açı (geliş açısı) ($\text{AngInSky}_{\theta,\alpha}$ değeri), aşağıdaki formülde yer aldığı üzere sektörün alansal ağırlık merkezine göre alınan zenit ve azimut açıları kullanılarak hesaplanır.

$$\text{AngIn}_{\theta,\alpha} = \text{acos}[\text{Cos}(\theta) * \text{Cos}(G_z) + \text{Sin}(\theta) * \text{Sin}(G_z) * \text{Cos}(\alpha - G_a)] \quad (4)$$

Formülde;

G_z yüzeyin zenit açısını,

G_a yüzeyin azimut açısını ifade eder.

(80° dereceden büyük zenit açılarında kırılım hesabı yapılmaktadır) (Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü Verileri, erişim tarihi: 05.06.2015).

2.1.1 Türkiye’de Direk Radyasyon Değerleri

Türkiye’de illere göre yıllık ortalama direk radyasyon değerlerini gösteren değerler Tablo 2.1’de verilmiştir. Buna göre en yüksek değer 3,50 kWh/m²-gün ile Hakkari’de iken en düşük değer 1,77 kWh/m²-gün ile Kırklareli’ndedir.

Tablo 2.1: Türkiye’de illere göre yıllık ortalama direk radyasyon değerleri (Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası Verileri).

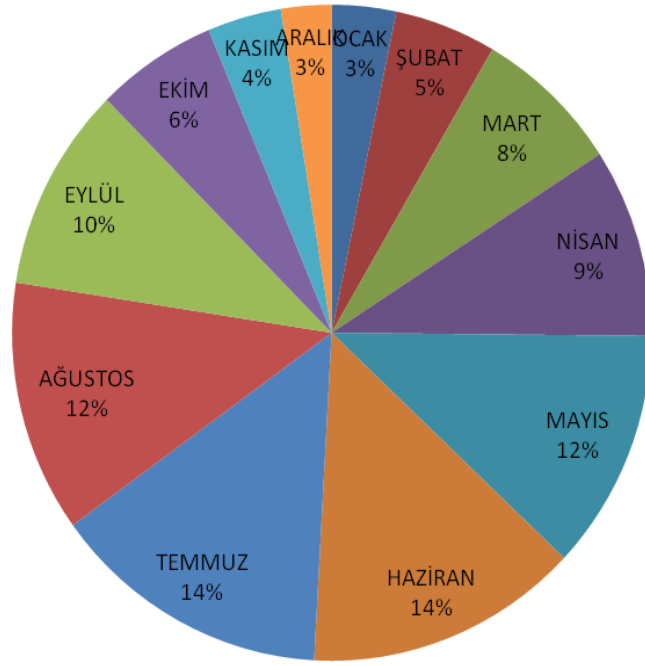
İL	ORTALAMA (kWh/m ² -gün)	İL	ORTALAMA (kWh/m ² -gün)	İL	ORTALAMA (kWh/m ² -gün)
HAKKARİ	3,50	MUŞ	3,10	ÇANKIRI	2,61
NİĞDE	3,45	ŞANLIURFA	3,09	KARS	2,60
KARAMAN	3,43	ELAZIĞ	3,08	AMASYA	2,54
VAN	3,42	AĞRI	3,07	GİRESUN	2,53
AKSARAY	3,38	DİYARBAKIR	3,07	ÇANAKKALE	2,53
MERSİN	3,36	İZMİR	3,06	BİLECİK	2,51
KONYA	3,35	BİNGÖL	3,06	BURSA	2,46
ADANA	3,31	BATMAN	3,06	ORDU	2,42
NEVŞEHİR	3,30	MARDİN	3,04	BOLU	2,41
KAYSERİ	3,28	UŞAK	3,04	TRABZON	2,39
ISPARTA	3,28	MUĞLA	3,04	RİZE	2,32
OSMANİYE	3,23	TUNCELİ	3,03	SAMSUN	2,27
BURDUR	3,22	YOZGAT	3,00	KARABÜK	2,26
ŞIRNAK	3,21	MANİSA	2,96	KASTAMONU	2,23
K.MARAŞ	3,21	SİVAS	2,96	YALOVA	2,22
ANTALYA	3,17	KIRIKKALE	2,95	ARDAHAN	2,21
KIRŞEHİR	3,17	ERZİNCAN	2,92	SAKARYA	2,21
BİTLİS	3,16	IĞDIR	2,90	DÜZCE	2,20
DENİZLİ	3,15	ANKARA	2,88	ARTVİN	2,18
HATAY	3,14	KÜTAHYA	2,84	SİNOP	2,16
AFYON	3,13	ESKİŞEHİR	2,82	KOCAELİ	2,13
ADIYAMAN	3,13	ERZURUM	2,82	ZONGULDAK	2,09
GAZİANTEP	3,12	BAYBURT	2,74	BARTIN	2,06
AYDIN	3,11	GÜMÜŞHANE	2,67	TEKİRDAĞ	2,01
SİİRT	3,11	BALIKESİR	2,66	İSTANBUL	1,95
KİLİS	3,11	ÇORUM	2,66	EDİRNE	1,94
MALATYA	3,11	TOKAT	2,66	KIRKLARELİ	1,77

2.1.2 Türkiye’de direk radyasyon değerlerinin yıl içerisindeki dağılımı

Direk radyasyon değerleri bölgelere göre değişiklik göstermekle beraber yıl içerisinde de farklı değerlerde olmaktadır. Türkiye geneline baktığımızda en yüksek direk radyasyon değerleri ortalamalarının Haziran, Temmuz aylarında olduğu görülmektedir. Yaz aylarında, diğer aylara kıyasla direk radyasyon değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Türkiye’deki 81 ilin aylık ortalamaları üzerinden yapılan değerlendirme ile oluşturulan ve direk radyasyon ortalama değerlerinin yıl içerisindeki dağılımını gösteren tablo Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.2: Türkiye’de direk radyasyon değerlerinin yıl içerisindeki dağılımı (GEPA verileri).

Ay	Ortalama (kWh/m ² -gün)
Ocak	1,099
şubat	1,739
Mart	2,512
Nisan	3,142
Mayıs	4,011
Haziran	4,674
Temmuz	4,781
Ağustos	4,189
Eyll	3,413
Ekim	2,075
Kasım	1,263
Aralık	0,862



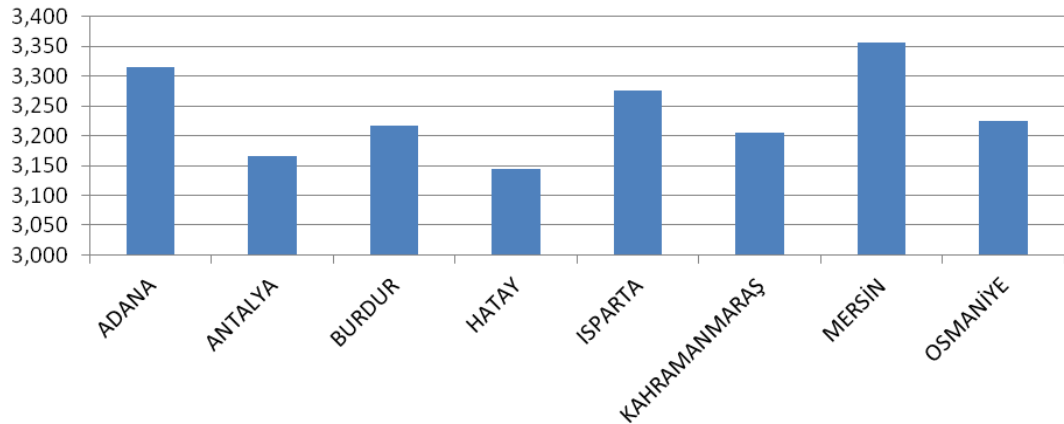
Şekil 2.2: Türkiye’de direk radyasyon değerlerinin yıl içerisindeki dağılımı grafiği (GEPA Verileri).

2.1.3 Türkiye’de Direk Radyasyon Değerlerinin Bölgelere Göre Gösterilmesi

2.1.3.1 Akdeniz bölgesinde direk radyasyon değerleri

Akdeniz Bölgesi’nde bulunan 8 ilin ortalama direk radyasyon değeri 3,238’dir. En yüksek direk radyasyon değeri 3,357 kWh/m²-gün ile Mersin’de, en düşük direk radyasyon değeri ise 3,144 kWh/m²-gün ile Hatay’dadır.

DİREK RADYASYON

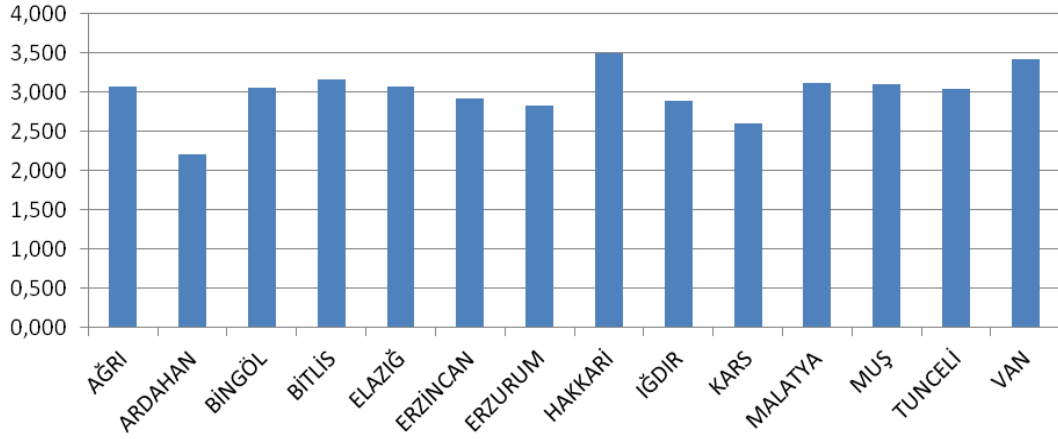


Şekil 2.3: Akdeniz bölgesi direk radyasyon değerleri (GEPA verileri).

2.1.3.2 Doğu Anadolu bölgesinde direk radyasyon değerleri

Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan 14 ilin ortalama direk radyasyon değeri 2,998'dir. En yüksek direk radyasyon değeri 3,496 kWh/m²-gün ile Hakkari'de, en düşük direk radyasyon değeri ise 2,212 kWh/m²-gün ile Ardahan'dadır.

DİREK RADYASYON

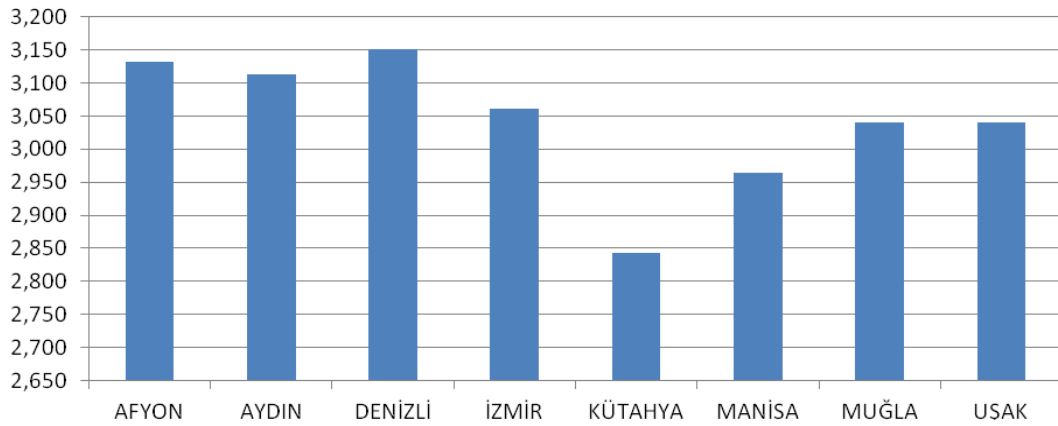


Şekil 2.4: Doğu Anadolu Bölgesi direk radyasyon değerleri (GEPA verileri).

2.1.3.3 Ege Bölgesinde direk radyasyon değerleri

Ege Bölgesi'nde bulunan 8 ilin ortalama direk radyasyon değeri 3,043 kWh/m²-gün dir. En yüksek direk radyasyon değeri 3,151 kWh/m²-gün ile Denizli'de, en düşük direk radyasyon değeri ise 2,843 ile kWh/m²-gün Kütahya'dadır.

DİREK RADYASYON

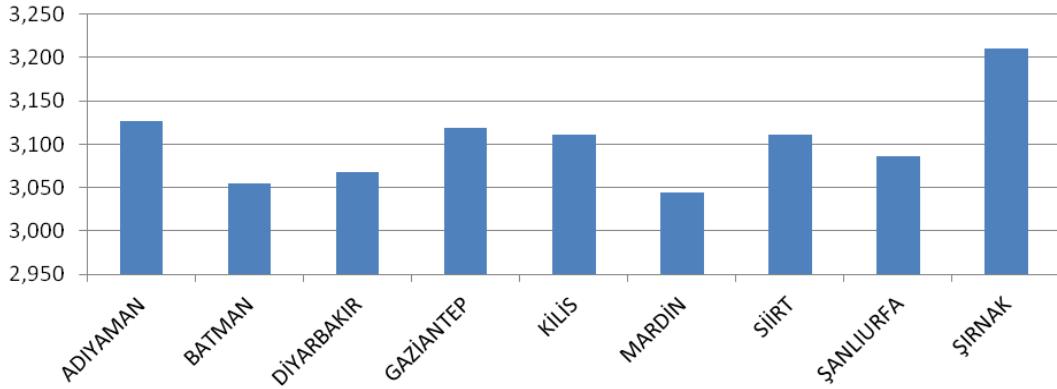


Şekil 2.5: Ege Bölgesi direk radyasyon değerleri (GEPA verileri).

2.1.3.4 Güneydoğu Anadolu bölgesinde direk radyasyon değerleri

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan 9 ilin ortalama direk radyasyon değeri 3,104 kWh/m²-gün dir. En yüksek direk radyasyon değeri 3,211 kWh/m²-gün ile Şırnak'ta, en düşük direk radyasyon değeri ise 3,044 kWh/m²-gün ile Mardin'dedir.

DİREK RADYASYON

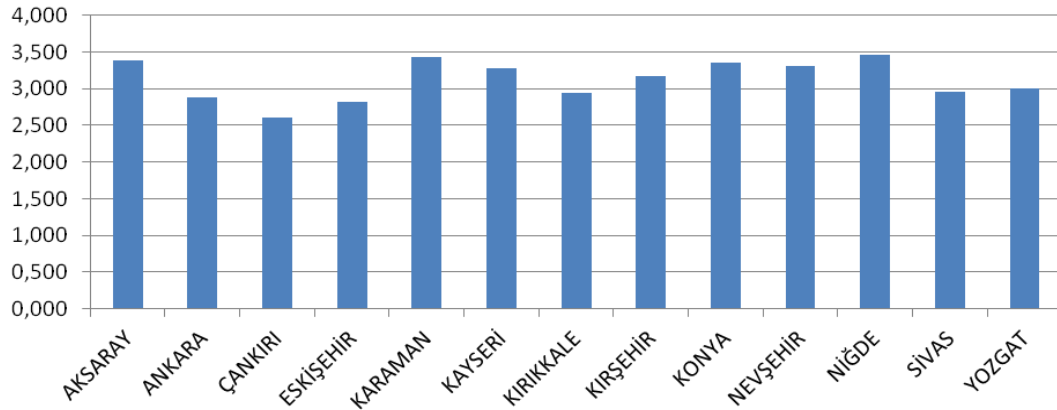


Şekil 2.6: Güneydoğu Anadolu bölgesi direk radyasyon değerleri (GEPA verileri).

2.1.3.5 İç Anadolu bölgesinde direk radyasyon değerleri

İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan 13 ilin ortalama direk radyasyon değeri 3,121 kWh/m²-gün dir. En yüksek direk radyasyon değeri 3,454 kWh/m²-gün ile Niğde'de, en düşük direk radyasyon değeri ise 2,608 kWh/m²-gün ile Çankırı'dadır.

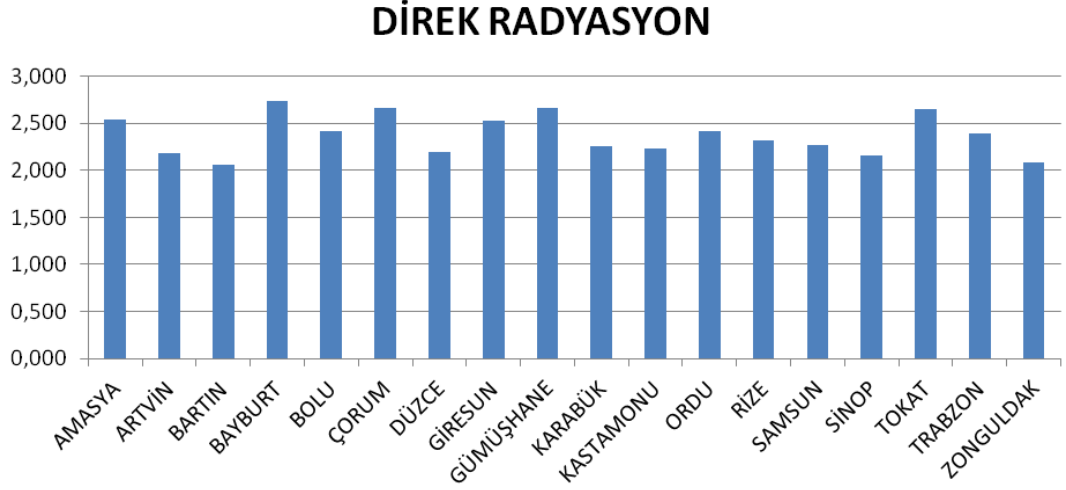
DİREK RADYASYON



Şekil 2.7: İç Anadolu bölgesi direk radyasyon değerleri (GEPA verileri).

2.1.3.6 Karadeniz bölgesinde direk radyasyon değerleri

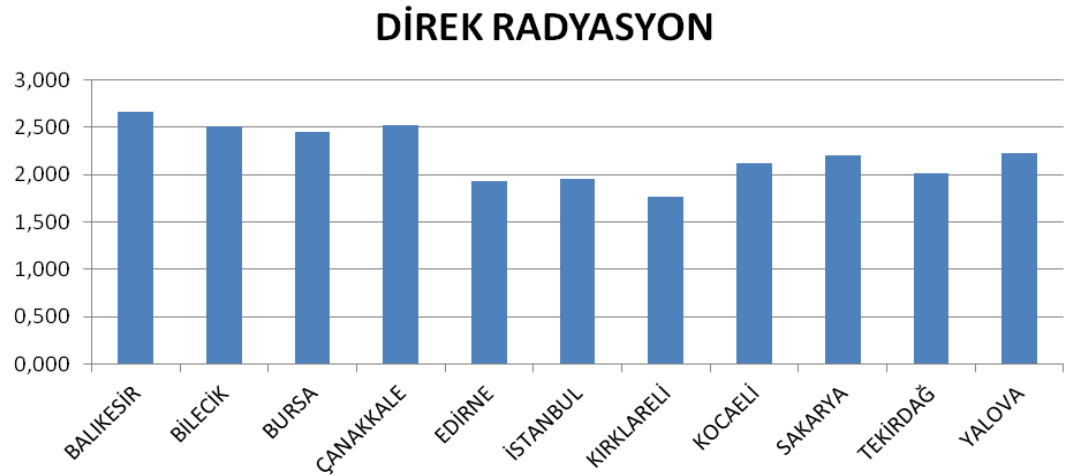
Karadeniz Bölgesi'nde bulunan 18 ilin ortalama direk radyasyon değeri 2,376 kWh/m²-gün dir. En yüksek direk radyasyon değeri 2,737 kWh/m²-gün ile Bayburt'ta, en düşük direk radyasyon değeri ise 2,059 kWh/m²-gün ile Bartın'dadır.



Şekil 2.8: Karadeniz bölgesi direk radyasyon değerleri (GEPA verileri).

2.1.3.7 Marmara bölgesinde direk radyasyon değerleri

Marmara Bölgesi'nde bulunan 11 ilin ortalama direk radyasyon değeri 2,217 kWh/m²-gün dir. En yüksek direk radyasyon değeri 2,664 kWh/m²-gün ile Balıkesir'de, en düşük direk radyasyon değeri ise 1,769 kWh/m²-gün ile Kırklareli'ndedir.



Şekil 2.9: Marmara bölgesi direk radyasyon değerleri (GEPA verileri).

2.2 Difüz Radyasyon Kavramı

Difüz radyasyon ise güneşten gelen ışınların saçılarak ve dağılarak yeryüzüne gelen kısmıdır. Her bir gökyüzü sektörünün zamana göre difüz radyasyon değerleri (Dif), sektörün alansal ağırlık noktası, görüşe kapalılık oranı ve ışın geliş açıları kullanılarak aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$Dif_{\theta,\alpha} = R_{glb} * P_{dif} * Dur * SkyGap_{\theta,\alpha} * Weight_{\theta,\alpha} * \cos(AngIn_{\theta,\alpha}) \quad (5)$$

Formülde;

R_{glb} : Global normal radyasyon değerini (Bakınız 6 no.lu formül)

P_{dif} : normal radyasyon akışının saçılma oranını ifade eder (Genel olarak çok açık gökyüzü koşullarında bu değer “0,2”dir, çok kapalı (çok bulutlu) gökyüzü koşullarında ise bu değer 0,7 dir.

Dur : Hesap zaman aralığını ifade eder (ne kadar sürede bir zamanın ilerletilerek radyasyon hesabının yapılacağı)

$SkyGap_{\theta,\alpha}$: gökyüzü sektörünün açıklık-kapalılık oranını (sektörün görüşe açıklık oranını)

$Weight_{\theta,\alpha}$: sektörün difüz radyasyon oranını (diğer tüm sektörler için) (Bakınız 6 ve 7 no.lu formüller)

$AngIn_{\theta,\alpha}$: yeryüzündeki alanın gökyüzü sektörünün alansal ağırlık merkezine göre yaptığı ışın geliş açısını ifade eder.

Global normal radyasyon değeri (R_{glb}) ise kısmen görüşe kapalı sektörler dahil tüm sektörlerden gelen ve ışın geliş açılarına göre ile düzeltilmemiş direkt radyasyon değerlerinin toplanması ile elde edilir. Bu değer daha sonra $1-P_{dif}$ olarak hesaplanan direkt radyasyon oranı ile düzeltilir:

$$R_{glb} = (S_{Const} \sum(\beta^{m(\theta)})) / (1 - P_{dif}) \quad (6)$$

Düzenli (uniform) gökyüzü difüz modeli seçeneğinde ise $Weight_{\theta,\alpha}$ değeri aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Weight_{\theta,\alpha} = (\cos\theta_2 - \cos\theta_1) / Div_{azi} \quad (7)$$

Formülde;

θ_1 ve θ_2 : gökyüzü sektörünün zenit açıları min. ve maks. açı aralığıdır

Div_{azi} : Gökyüzü haritasında azimut açılara göre sektörlerin dilim adedini ifade eder.

Standart kapalı (overcast) gökyüzü modelinde $Weight_{\theta,\alpha}$ değeri aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{Weight}_{\theta,\alpha} = (2\cos\theta_2 + \cos^2\theta_2 - 2\cos\theta_1 - \cos^2\theta_1) / 4 * \text{Div}_{\text{azi}} \quad (8)$$

Yeryüzündeki alana gelen toplam difüz güneş radyasyonu (Dif_{tot}), tüm gökyüzü sektörlerinden alana gelen güneş radyasyon değerlerinin (Dif) toplamı olarak hesaplanır.

$$\text{Dif}_{\text{tot}} = \sum \text{Dif}_{\theta,\alpha} \quad (9)$$

(Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü Verileri, erişim tarihi: 05.06.2015)

2.2.1 Türkiye’de difüz radyasyon değerleri

Türkiye’de illere göre yıllık ortalama difüz radyasyon değerlerini gösteren değerler Tablo 2.3’de verilmiştir. Buna göre en yüksek değer 1,951 kWh/m²-gün ile Ardahan’da iken en düşük değer 1,436 kWh/m²-gün ile Hakkari’dedir.

Tablo 2.3: Türkiye’de illere göre yıllık ortalama difüz radyasyon değerleri (GEPA verileri).

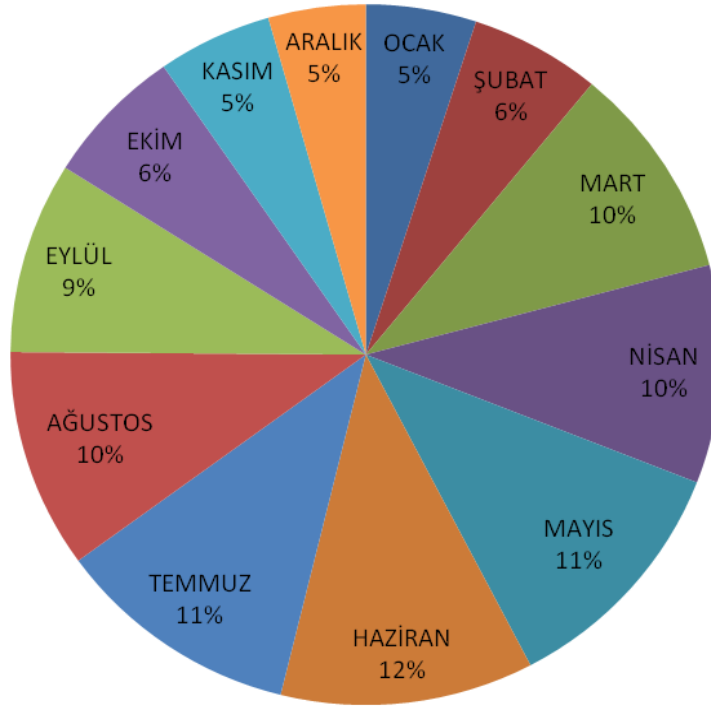
İl	Ortalama (kWh/m ² -gün)	İl	Ortalama (kWh/m ² -gün)	İl	ORTALAMA (kWh/m ² -gün)
Ardahan	1,951	Zonguldak	1,834	Denizli	1,816
Artvin	1,902	Bilecik	1,834	Osmaniye	1,816
Kars	1,894	Gaziantep	1,833	Aydın	1,813
Rize	1,876	Sakarya	1,833	Diyarbakır	1,811
Samsun	1,866	Uşak	1,831	İzmir	1,811
Bayburt	1,866	Burdur	1,830	Bitlis	1,810
Ordu	1,863	Malatya	1,828	Isparta	1,808
Gümüşhane	1,862	Kütahya	1,828	İstanbul	1,806
Giresun	1,862	Kocaeli	1,827	Adana	1,806
Trabzon	1,861	Tunceli	1,827	Mardin	1,804
Erzurum	1,858	Balıkesir	1,825	Nevşehir	1,803
Amasya	1,854	Bartın	1,825	Kırşehir	1,803
Bolu	1,852	Adıyaman	1,824	Batman	1,803
Tokat	1,849	Bingöl	1,824	Kayseri	1,803
Antalya	1,847	Eskişehir	1,824	Konya	1,802
Kastamonu	1,847	Manisa	1,823	Aksaray	1,792
Erzincan	1,846	Yozgat	1,822	Niğde	1,791
Muğla	1,845	Mersin	1,821	Siirt	1,789
Karabük	1,844	Kahramanmaraş	1,821	Tekirdağ	1,783
Düzce	1,843	Muş	1,819	Çanakkale	1,780
Çorum	1,842	Şanlıurfa	1,819	Şırnak	1,777
Çankırı	1,838	Afyon	1,818	Ağrı	1,758
Sivas	1,838	Hatay	1,818	Edirne	1,713
Sinop	1,838	Karaman	1,818	Kırklareli	1,701
Yalova	1,837	Elazığ	1,818	Van	1,668
Bursa	1,836	Kırkkale	1,818	Iğdır	1,477
Kilis	1,835	Ankara	1,818	Hakkari	1,436

2.2.2 Türkiye’de difüz radyasyon değerlerinin yıl içerisindeki dağılımı

Difüz radyasyon değerleri bölgelere göre değişiklik göstermekle beraber yıl içerisinde de farklı değerlerde olmaktadır. Türkiye geneline baktığımızda en yüksek difüz radyasyon değerleri ortalamalarının Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında olduğu görülmektedir. Yaz aylarında, diğer aylara kıyasla difüz radyasyon değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Türkiye’deki 81 ilin aylık ortalamaları üzerinden yapılan değerlendirme ile oluşturulan ve difüz radyasyon ortalama değerlerinin yıl içerisindeki dağılımını gösteren tablo Tablo 2.4’de verilmiştir.

Tablo 2.4: Türkiye’de difüz radyasyon değerlerinin yıl içerisindeki dağılımı (GEPA verileri).

Ay	ORTALAMA(kWh/m ² -gün)
Ocak	1,094
Şubat	1,295
Mart	2,157
Nisan	2,188
Mayıs	2,481
Haziran	2,514
Temmuz	2,427
Ağustos	2,201
Eylül	1,922
Ekim	1,394
Kasım	1,135
Aralık	0,966

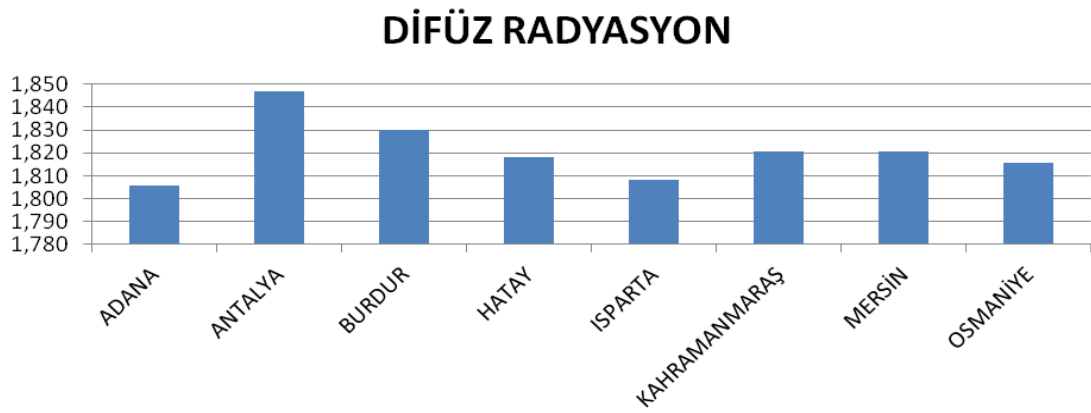


Şekil 2.11: Türkiye’de difüz radyasyon değerlerinin yıl içerisindeki dağılımı grafiği (GEPA verileri).

2.2.3 Türkiye’de Difüz Radyasyon Değerlerinin Bölgelere Göre Gösterilmesi

2.2.3.1 Akdeniz bölgesinde difüz radyasyon değerleri

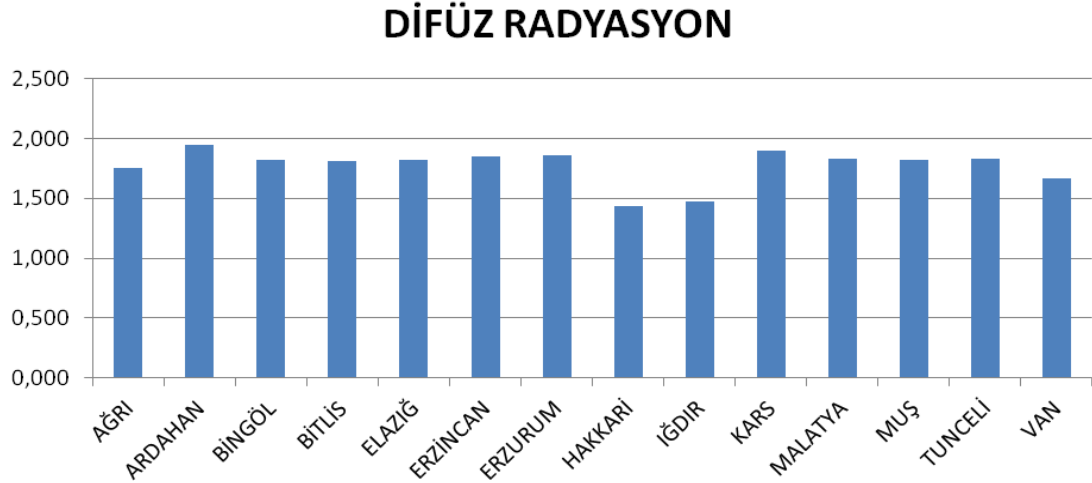
Akdeniz Bölgesi’nde bulunan 8 ilin ortalama difüz radyasyon değeri 1,821 kWh/m²-gün dir. En yüksek difüz radyasyon değeri 1,847 kWh/m²-gün ile Antalya’da, en düşük difüz radyasyon değeri ise 1,806 kWh/m²-gün ile Adana’dadır.



Şekil 2.12: Akdeniz bölgesi difüz radyasyon değerleri (GEPA verileri).

2.2.3.2 Doğu Anadolu bölgesi difüz radyasyon değerleri

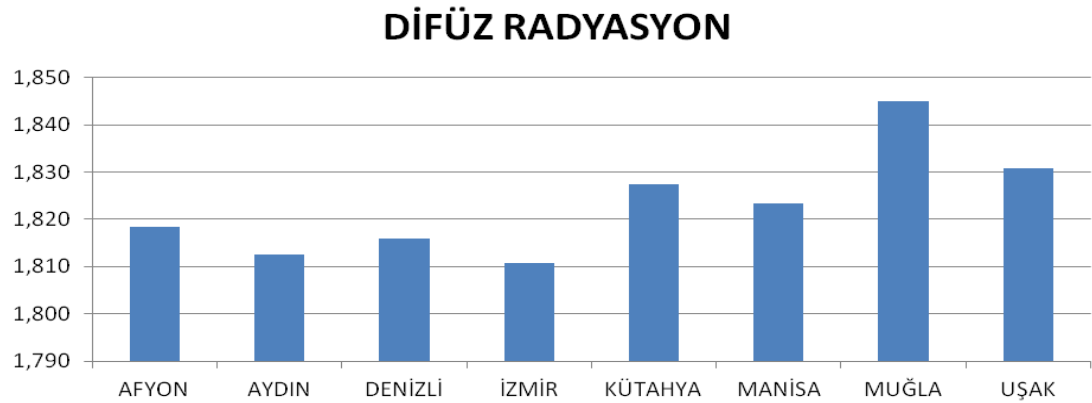
Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan 14 ilin ortalama difüz radyasyon değeri 1,772 kWh/m²-gün dir. En yüksek difüz radyasyon değeri 1,951 kWh/m²-gün ile Ardahan'da, en düşük difüz radyasyon değeri ise 1,436 kWh/m²-gün ile Hakkari'dedir.



Şekil 2.13: Doğu Anadolu bölgesi difüz radyasyon değerleri (GEPA Verileri).

2.2.3.3 Ege bölgesi difüz radyasyon değerleri

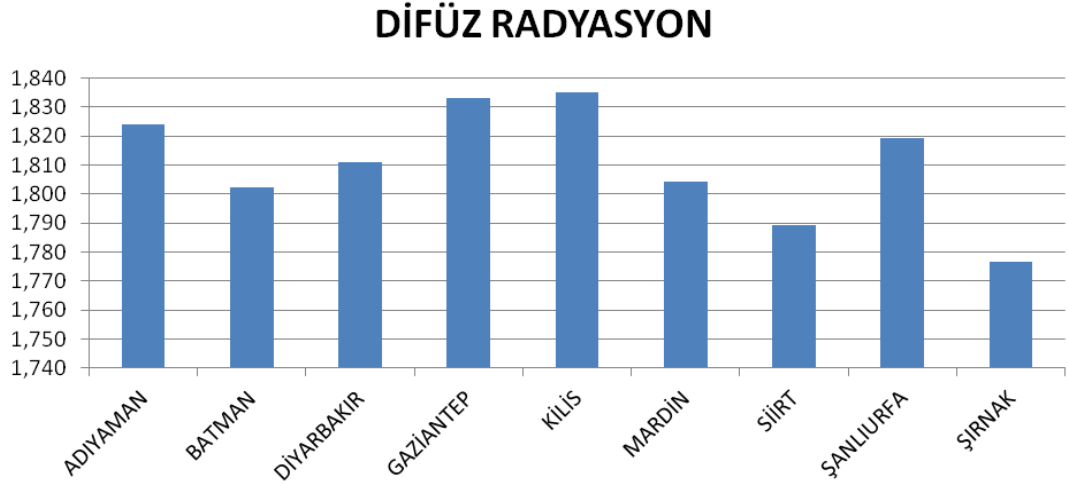
Ege Bölgesi'nde bulunan 8 ilin ortalama difüz radyasyon değeri 1,823 kWh/m²-gün dir. En yüksek difüz radyasyon değeri 1,845 kWh/m²-gün ile Muğla'da, en düşük difüz radyasyon değeri ise 1,811 kWh/m²-gün ile İzmir'dedir.



Şekil 2.14: Ege bölgesi difüz radyasyon değerleri (GEPA verileri).

2.2.3.4 Güneydoğu Anadolu bölgesi difüz radyasyon değerleri

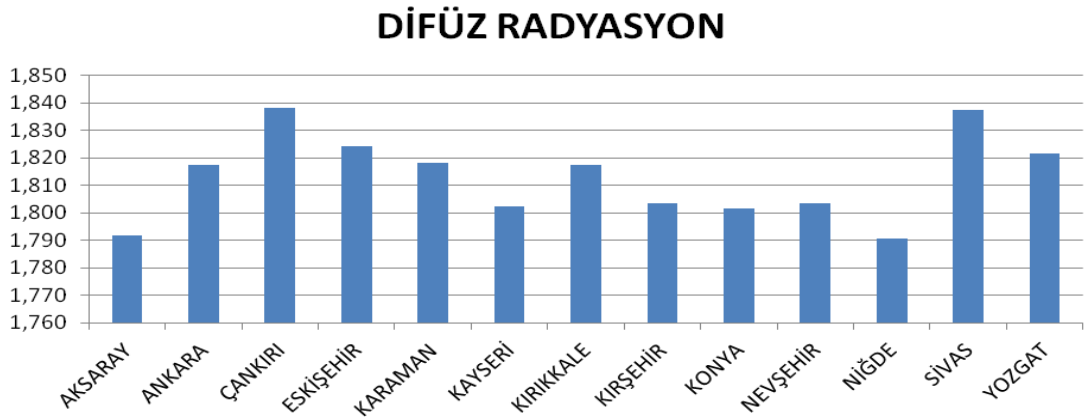
Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan 9 ilin ortalama difüz radyasyon değeri 1,811 kWh/m²-gün dir. En yüksek difüz radyasyon değeri 1,835 kWh/m²-gün ile Kilis'te, en düşük difüz radyasyon değeri ise 1,777 kWh/m²-gün ile Şırnak'tadır.



Şekil 2.15: Güneydoğu Anadolu bölgesi difüz radyasyon değerleri (GEPA Verileri).

2.2.3.5 İç anadolu bölgesi difüz radyasyon değerleri

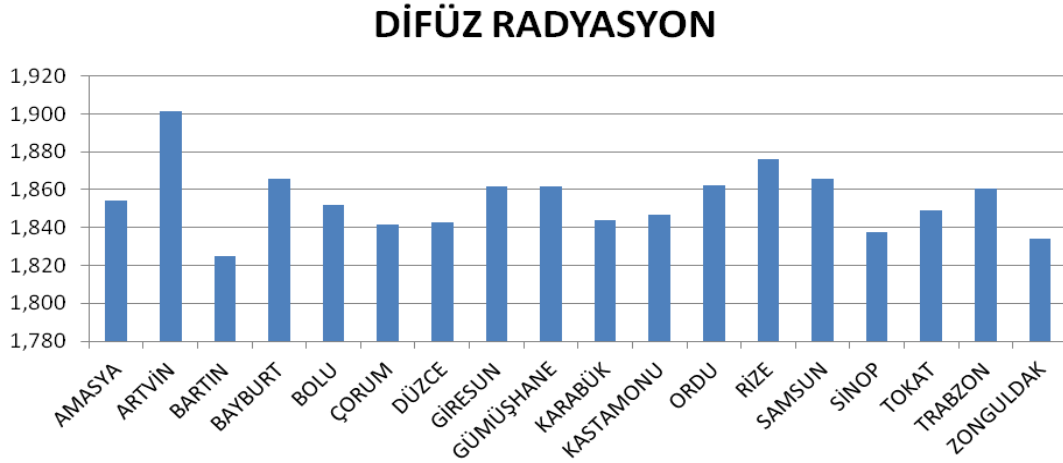
İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan 13 ilin ortalama difüz radyasyon değeri 1,813 kWh/m²-gün dir. En yüksek difüz radyasyon değeri 1,838 kWh/m²-gün ile Çankırı ve Sivas'ta, en düşük difüz radyasyon değeri ise 1,791 kWh/m²-gün ile Niğde'dedir.



Şekil 2.16: İç Anadolu bölgesi difüz radyasyon değerleri GEPA verileri).

2.2.3.6 Karadeniz bölgesi difüz radyasyon değerleri

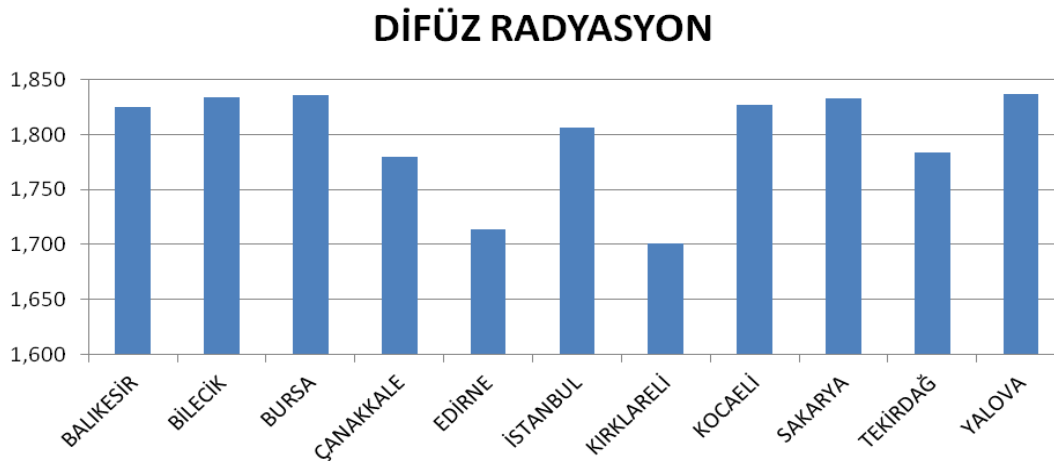
Karadeniz Bölgesi'nde bulunan 18 ilin ortalama difüz radyasyon değeri 1,855 kWh/m²-gün dir. En yüksek difüz radyasyon değeri 1,902 kWh/m²-gün ile Artvin'de, en düşük difüz radyasyon değeri ise 1,825 kWh/m²-gün ile Bartın'dadır.



Şekil 2.17: Karadeniz bölgesi difüz radyasyon değerleri (GEPA Verileri).

2.2.3.7 Marmara bölgesi difüz radyasyon değerleri

Marmara Bölgesi'nde bulunan 11 ilin ortalama difüz radyasyon değeri 1,798 kWh/m²-gün dir. En yüksek difüz radyasyon değeri 1,837 kWh/m²-gün ile Yalova'da, en düşük difüz radyasyon değeri ise 1,701 kWh/m²-gün ile Kırklareli'ndedir.



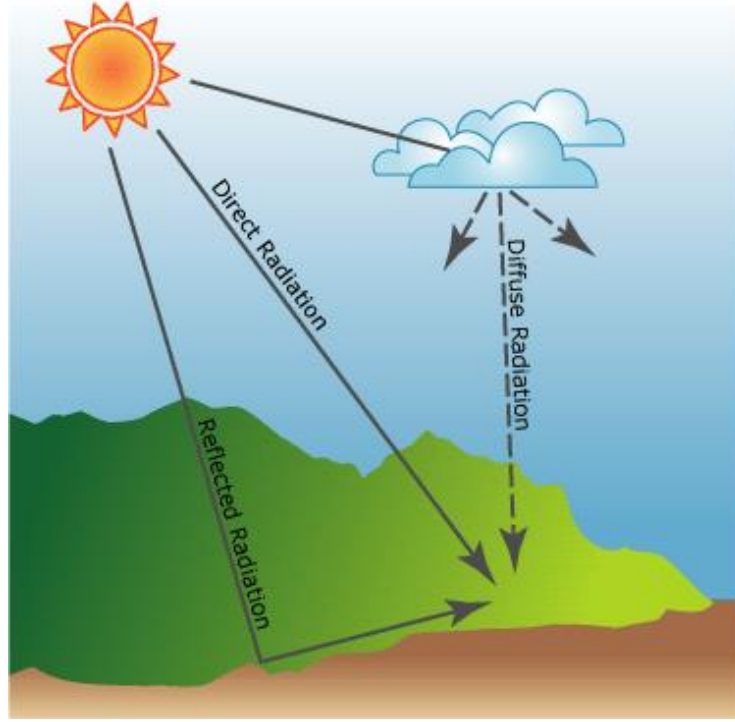
Şekil 2.18: Marmara bölgesi difüz radyasyon değerleri (GEPA verileri).

2.3 Yansıyan Radyasyon Kavramı

Yansıma, diğerk bir söyleniş şekli ile Albedo, genel olarak güneş ışığının yansıtma kapasitesi için kullanılır. Albedo, her nesnede aynı özellikte yansıma gerçekleştirmediğı gibi cismin yüzey dokusuna, rengine ve alanına bağılı olarak farklılık gösterir.

Yeryüzüne güneş ışınlarının bir kısmı yüzey tarafından emilirken, bir kısmı da Şekil 2.19'da gösterildiğı gibi yüzeyden bulunduğu ortama yansır. Yüzeyin şekline bağılı olarak yansıyan miktarda değışiklikler olur. Doğal bitki örtüsü, toprak ve su, yüzeyine gelen güneş ışınlarının %90'ından fazlasını emer ve geri kalan kısmını yansır. Albedo, taze yağan karda gelen güneş radyasyonunun %80'ini yansıtılabilmektedir. Kış mevsiminde kar yüzeyindeki yansımalarından dolayı, yansıyan radyasyon miktarında artış olmaktadır. Kumdan ise yaklaşık %25 oranında yansıyan güneş radyasyonu, özellikle deniz kenarlarındaki plajlarda yüksek miktarlarda ultraviyole radyasyon değıerlerinin görölmesine neden olur (www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/ozonuv/UVRadyasyonuEtkileyenFaktorler.pdf 26.10.2015).

Yansıma her cisme ve şekle bağılı olarak değışkenlik göstermektedir. Dolayısıyla net bir şekilde hesaplanma metotları olmamakla berabere çeşitli yaklaşımlar mevcuttur. Bu yaklaşımlarla farklı yüzeyler için çeşitli yansıma değıerleri elde edilebilmektedir. Genellikle belli bir yüzeye gelen radyasyonun büyük bir kısmını direkt gelen radyasyon bileşeni oluşturur. Toplam global radyasyon değıeri direkt, difüz ve yansıyan radyasyon bileşenlerinin toplamını ifade eder. Toplam radyasyon miktarı içerisinde difüz radyasyon değıeri büyük bir orana sahiptir. Yansıyan radyasyon bileşeni ise sadece çok yüksek yansıtma özelliğı olan alanlarda dikkate alınır, bu alanlar göl gibi büyük su alanlarının çevresi, pürüzlölüğü az olan büyük çöl alanları, sürekli kar yüzeyi olan alanlar vb. alanlardır. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nün hazırlamış olduğı GEPA'da toplam radyasyon değıeri hesaplanırken yansıyan radyasyon değıerlerini etkisi çok küçük olduğı için sadece direk ve difüz radyasyon değıerleri kullanılmıştır. Sonuç olarak bu çalışmada GEPA verilerine dayanarak hazırlandığı için toplam radyasyon değıerleriyle ilgili yapılan çalışmada yansıyan radyasyon etkisi gösterilmemiştir.



Şekil 2.19: Yansıma (www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/ozonuv/ UVRadyasyonuEtkileyenFaktorler.pdf).

2.4 Toplam Radyasyon Kavramı

Dünyamızın yegâne enerji kaynağı olan güneş radyasyonu aynı zamanda dünyamızda biyolojik ve fiziksel süreçlerin oluşumunda anahtar rol oynamaktadır.

Yeryüzüne gelen güneş radyasyonunu etkileyen faktörler ilgili yüzeyin;

- 1) Topoğrafik özellikleri, kısaca yüksek, eğim, bakı ve gölgelenme özellikleri,
- 2) Gün içerisinde ve yıl içerisinde güneşe göre zamansal konumu,
- 3) İlgili yüzeyi kapsayan iklim özellikleridir (yüzeyde ve atmosferdeki sıcaklık, bulutluluk, yağmur ve kar yağıışı, nem, v.b.)

Güneş radyasyonu yüzeye 3 farklı şekilde gelmektedir.

- 1) Direkt radyasyon, atmosferde veya yeryüzünde etkileşimde bulunmadan direkt olarak yüzeye gelen radyasyon bileşenidir.
- 2) Atmosferdeki bulutlardan, toz gibi pek çok partiküllerden saçılarak yüzeye ulaşan radyasyon difüz (saçılan), (Diffuse) radyasyon bileşenidir.
- 3) Yansıyan (reflected) radyasyon ise, yüzeye başka yüzeylerden yansarak gelen radyasyon bileşenidir.

Sonuçta bir yüzeye gelen toplam (global) radyasyon, direkt gelen, saçılarak gelen ve yansarak gelen radyasyon bileşenlerinin toplamı olarak ifade edilir.

Genellikle belli bir yüzeye gelen radyasyonun büyük bir kısmını direkt gelen radyasyon bileşeni oluşturur. Toplam radyasyon miktarı içerisinde saçılarak gelen radyasyon ise kalan kısmın neredeyse tamamıdır. Yansıyan radyasyon bileşeni ise sadece çok yüksek yansıtma özelliği olan alanlarda dikkate alınır, bu alanlar göl gibi büyük su alanlarının çevresi, pürüzlülüğü az olan büyük çöl alanları, sürekli kar yüzeyi olan alanlar v.b. anlardır.

Güneş radyasyonu hesabında kullanılan model ve formüller Paul M. Rich (Rich 1990, Rich et al. 1994) tarafından hazırlanarak yayınlamış ve daha sonra Pinde F_u 'nun katkısı ile (Fu ve Rich, 2000, 2002) yeniden düzenlenmiştir.

Güneş radyasyonu hesabı yapılan yüzeyin içerdiği her bir alan için direkt, difüz ve toplam (global) radyasyon değerleri ayrı ayrı hesaplanmaktadır.

Alana ait global radyasyon değeri ($Global_{tot}$) tüm güneş görüş ve gökyüzü sektörlerinden hesaplanan direkt (Dir_{tot}) ve difüz (Dif_{tot}) radyasyon değerlerinin toplanması ile elde edilir.

$$Global_{tot} = Dir_{tot} + Dif_{tot}$$

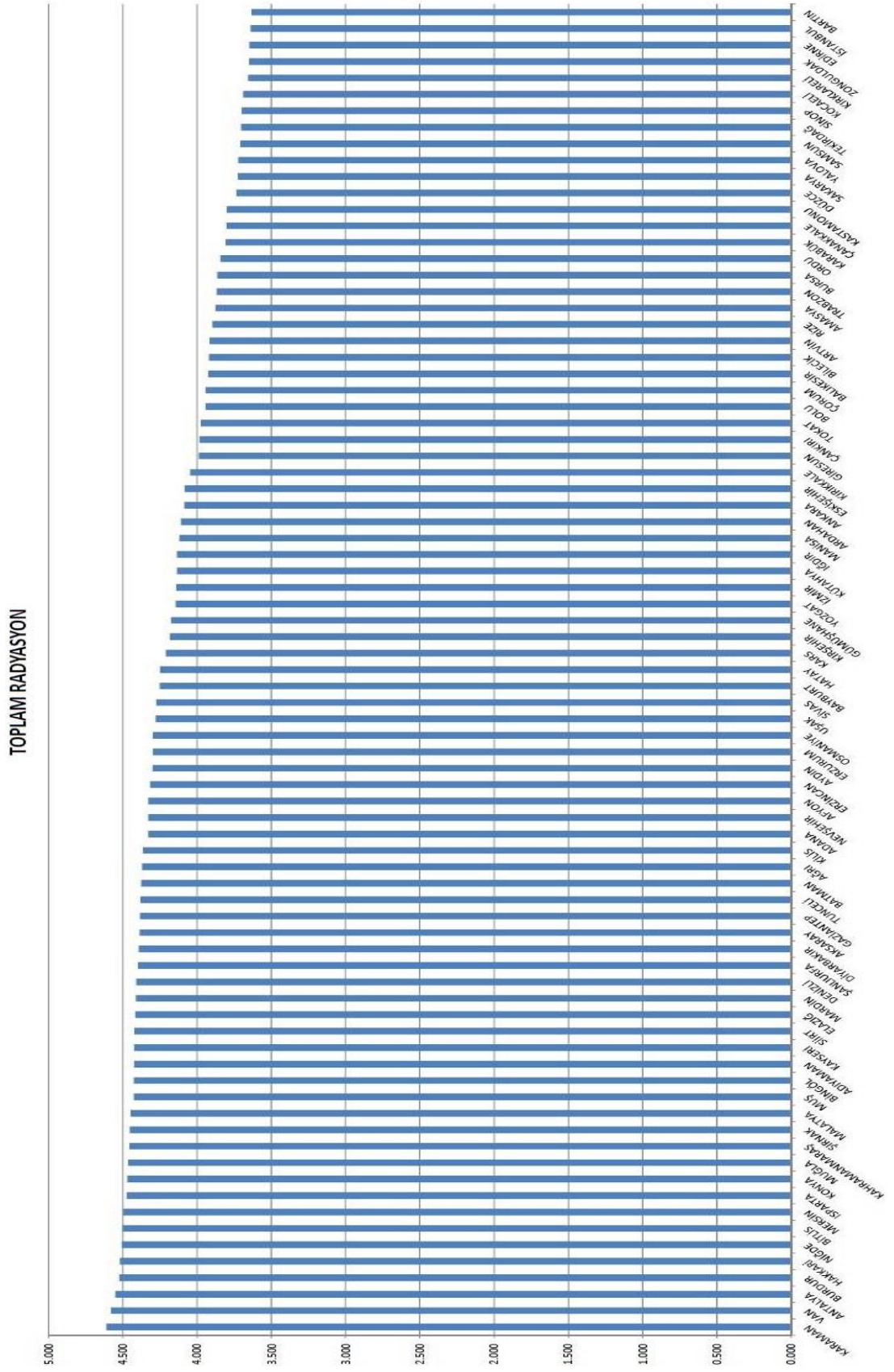
(Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü Verileri, erişim tarihi: 05.06.2015).

2.4.1 Türkiye’de Toplam Radyasyon Değerleri

Türkiye’de illere göre yıllık ortalama toplam radyasyon değerlerini gösteren değerler Tablo 2.5’de verilmiştir. Buna göre en yüksek değer 4,612 kWh/m²-gün ile Karaman’da iken en düşük değer 3,635 kWh/m²-gün ile Bartın’dadır.

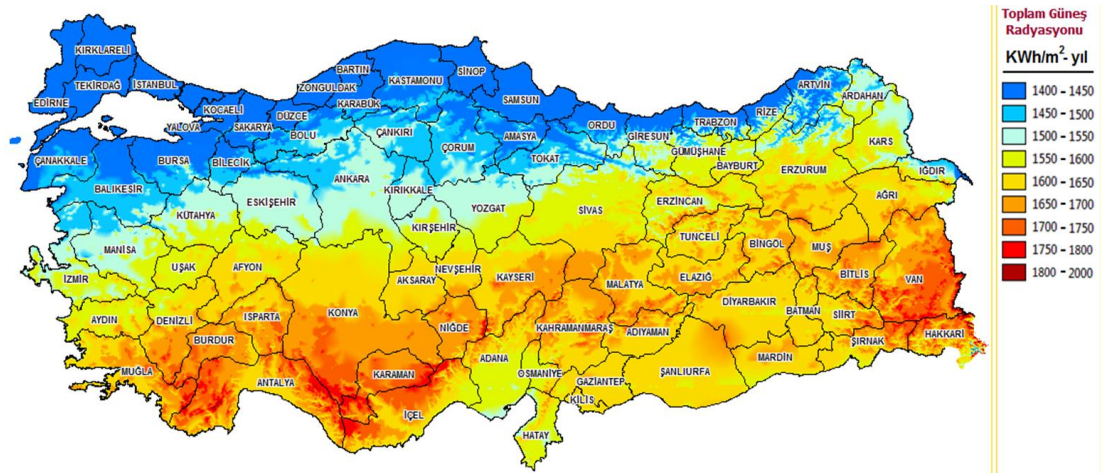
Tablo 2.5: Türkiye’de illere göre yıllık ortalama toplam radyasyon değerleri (GEPA verileri).

İl	ORTALAMA (kWh/m ² -gün)	İl	ORTALAMA (kWh/m ² -gün)	İl	ORTALAMA (kWh/m ² -gün)
Karaman	4,612	Batman	4,378	Çankırı	3,986
Van	4,583	Ağrı	4,371	Tokat	3,977
Antalya	4,553	Kilis	4,366	Bolu	3,945
Burdur	4,526	Adana	4,331	Çorum	3,945
Hakkari	4,522	Nevşehir	4,331	Balıkesir	3,926
Niğde	4,509	Afyon	4,330	Bilecik	3,922
Bitlis	4,503	Erzincan	4,320	Artvin	3,917
Mersin	4,498	Aydın	4,300	Rize	3,899
Isparta	4,475	Erzurum	4,299	Amasya	3,878
Konya	4,471	Osmaniye	4,299	Trabzon	3,870
Muğla	4,465	Uşak	4,281	Bursa	3,864
Kahramanmaraş	4,458	Sivas	4,276	Ordu	3,843
Şırnak	4,455	Bayburt	4,254	Karabük	3,809
Malatya	4,449	Hatay	4,251	Çanakkale	3,803
Muş	4,428	Kars	4,213	Kastamonu	3,801
Bingöl	4,428	Kırşehir	4,184	Düzce	3,737
Adıyaman	4,426	Gümüşhane	4,175	Sakarya	3,727
Kayseri	4,425	Yozgat	4,147	Yalova	3,723
Siirt	4,424	İzmir	4,141	Samsun	3,710
Elazığ	4,418	Kütahya	4,137	Tekirdağ	3,705
Mardin	4,414	Iğdır	4,137	Sinop	3,700
Denizli	4,412	Manisa	4,122	Kocaeli	3,692
Şanlıurfa	4,398	Ardahan	4,109	Kırklareli	3,657
Diyarbakır	4,395	Ankara	4,088	Zonguldak	3,650
Aksaray	4,389	Eskişehir	4,085	Edirne	3,649
Gaziantep	4,387	Kırıkkale	4,049	İstanbul	3,641
Tunceli	4,383	Giresun	3,989	Bartın	3,635



Şekil 2.20: Türkiye’de illere göre yıllık ortalama toplam radyasyon grafiği (GEPA verileri).

Aşağıda gösterilen haritada mavi ile belirlenen bölgeler güneş radyasyonunun az olduğu bölgeleri göstermektedir. Koyu maviden kırmızı renge doğru güneş radyasyonu artmakta ve haritada gösterilmektedir. Haritada da görüldüğü gibi mavi olan alanlar ülkemizin çok az bir bölümünü göstermekte sarı ile kırmızı ağırlıklı bir haritamız olduğunu görmekteyiz. Bu da bize ülkemizin güneş radyasyonu açısından oldukça zengin bir ülke olduğunu göstermektedir. Güneş radyasyonu güneyden kuzey bölgelere doğru gidildikçe azalmaktadır.



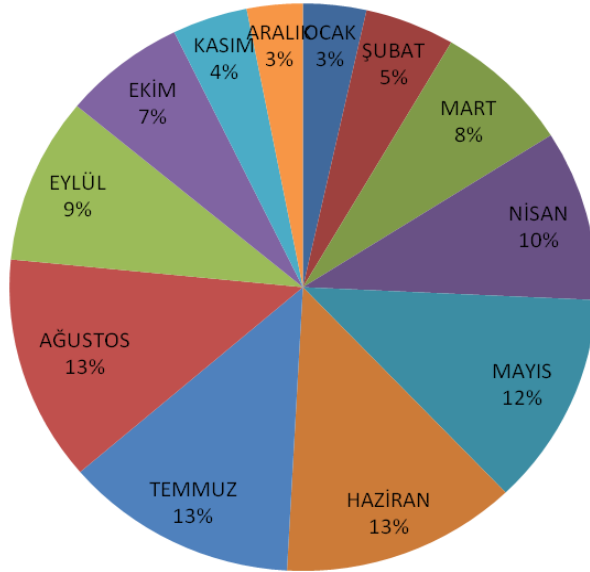
Şekil 2.21: Türkiye’de toplam (Global) radyasyon değerleri ile oluşturulan güneş enerjisi atlası (GEPA verileri).

2.4.2 Türkiye’de Toplam Radyasyon Değerlerinin Yıl İçerisindeki Dağılımı

Toplam radyasyon değerleri bölgelere göre değişiklik göstermekle beraber yıl içerisinde de farklı değerlerde olmaktadır. Türkiye geneline baktığımızda en yüksek toplam radyasyon değerleri ortalamalarının Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında olduğu görülmektedir. Yaz aylarında, diğer aylara kıyasla toplam radyasyon değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Türkiye’deki 81 ilin aylık ortalamaları üzerinden yapılan değerlendirme ile oluşturulan ve toplam radyasyon ortalama değerlerinin yıl içerisindeki dağılımını gösteren tablo Tablo 2.6’da verilmiştir.

Tablo 2.6: Türkiye’de toplam radyasyon değerlerinin yıl içerisindeki dağılımı (GEPA Verileri).

Ay	Ortalama (kWh/m ² -gün)
Ocak	1,737
Şubat	2,471
Mart	3,781
Nisan	4,849
Mayıs	6,066
Haziran	6,490
Temmuz	6,413
Ağustos	6,413
Eylül	4,722
Ekim	3,371
Kasım	2,071
Aralık	1,537



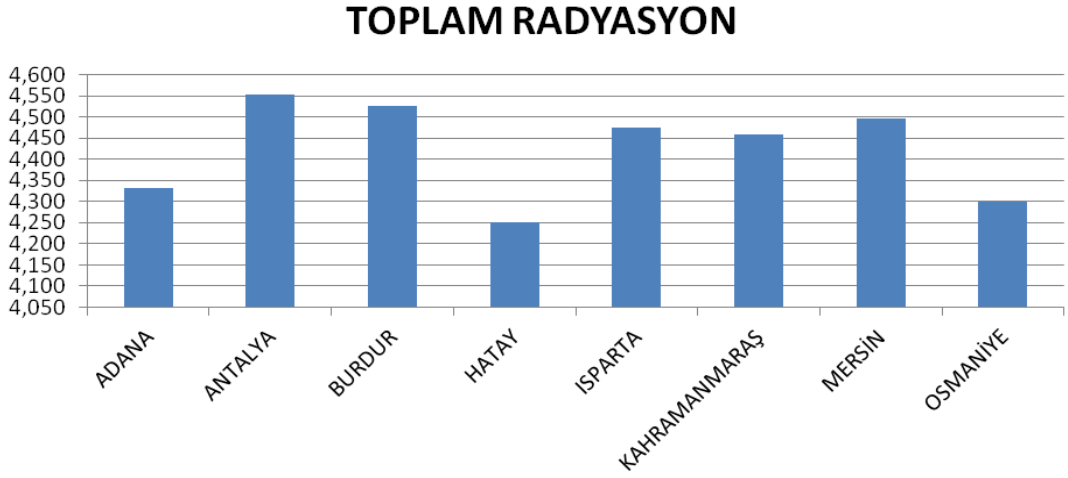
Şekil 2.22: Türkiye’de toplam radyasyon değerlerinin yıl içerisindeki dağılımı grafiği (GEPA verileri).

2.4.3 Türkiye’de Toplam Radyasyon Değerlerinin Bölgelere Göre Gösterilmesi

2.4.3.1 Akdeniz bölgesinde toplam radyasyon değerleri

Akdeniz Bölgesi’nde bulunan 8 ilin ortalama toplam radyasyon değeri 4,424 kWh/m²-gün dir. En yüksek toplam radyasyon değeri 4,553 kWh/m²-gün ile

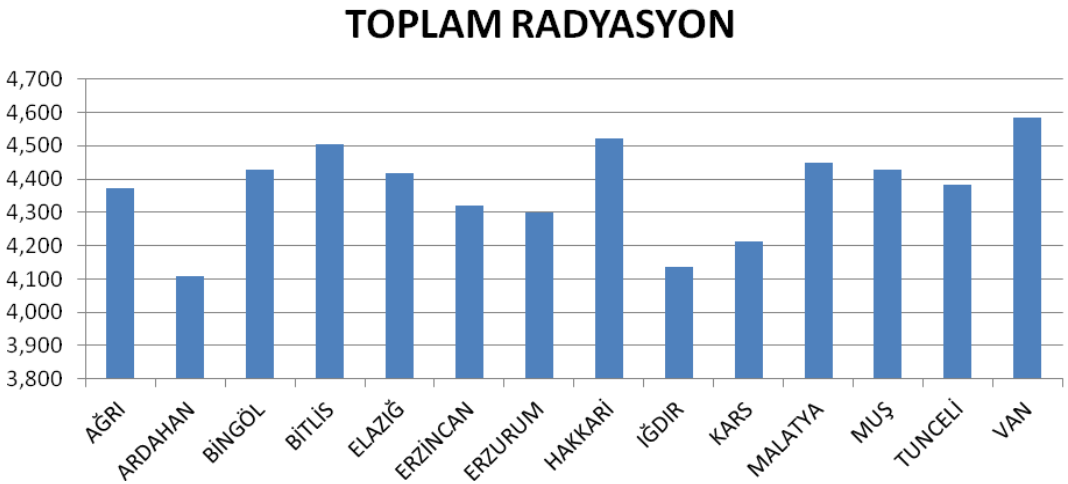
Antalya’da, en düşük toplam radyasyon değeri ise 4,251 kWh/m²-gün ile Hatay’dadır.



Şekil 2.23: Akdeniz bölgesi toplam radyasyon değerleri (GEPA verileri).

2.4.3.2 Doğu Anadolu bölgesinde toplam radyasyon değerleri

Doğu Anadolu Bölgesi’nde bulunan 14 ilin ortalama toplam radyasyon değeri 4,369 kWh/m²-gün dir. En yüksek toplam radyasyon değeri 4,583 kWh/m²-gün ile Van’da, en düşük toplam radyasyon değeri ise 4,109 kWh/m²-gün ile Ardahan’dadır.



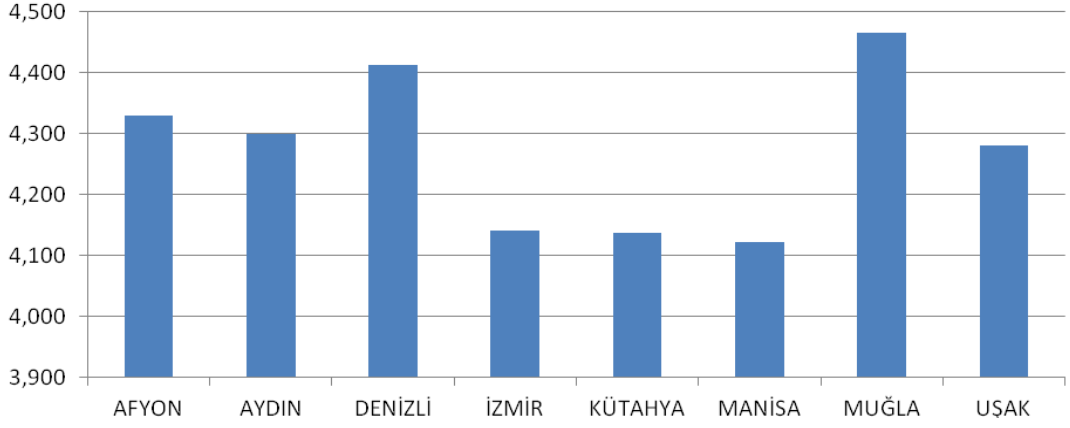
Şekil 2.24: Doğu Anadolu bölgesi toplam radyasyon değerleri (GEPA Verileri).

2.4.3.3 Ege bölgesinde toplam radyasyon değerleri

Ege Bölgesi’nde bulunan 8 ilin ortalama toplam radyasyon değeri 4,273 kWh/m²-gün dir. En yüksek toplam radyasyon değeri 4,465 kWh/m²-gün ile

Muğla’da, en düşük toplam radyasyon değeri ise 4,122 kWh/m²-gün ile Manisa’dadır.

TOPLAM RADYASYON

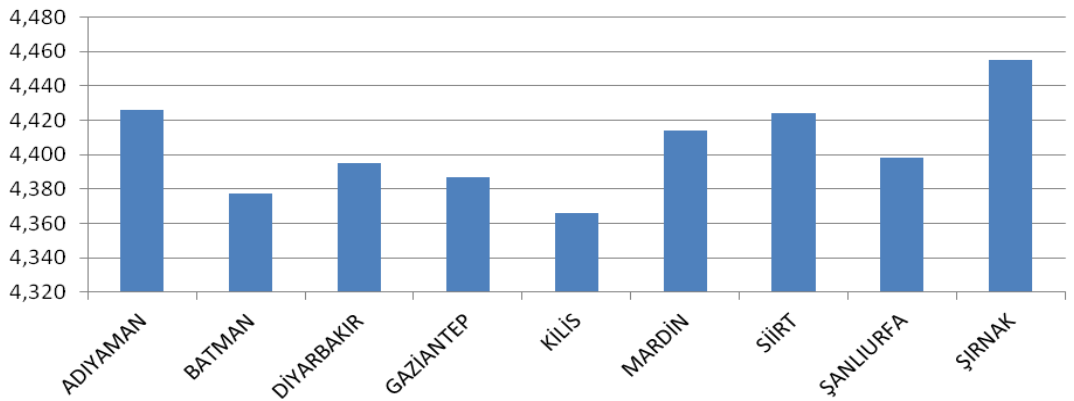


Şekil 2.25: Ege bölgesi toplam radyasyon değerleri (GEPA verileri).

2.4.3.4 Güneydoğu Anadolu bölgesinde toplam radyasyon değerleri

Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde bulunan 9 ilin ortalama toplam radyasyon değeri 4,405 kWh/m²-gün dir. En yüksek toplam radyasyon değeri 4,455 kWh/m²-gün ile Şırnak’ta, en düşük toplam radyasyon değeri ise 4,366 kWh/m²-gün ile Kilis’tedir.

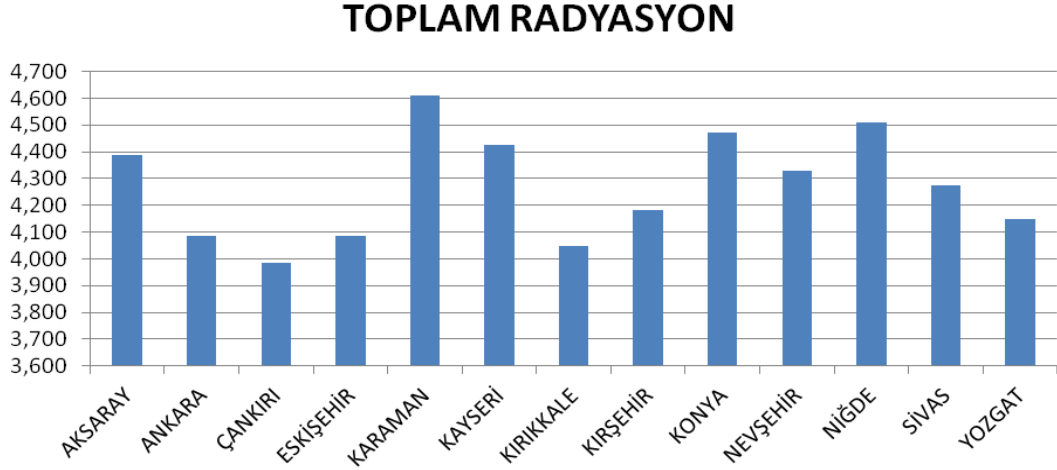
TOPLAM RADYASYON



Şekil 2.26: Güneydoğu Anadolu bölgesi toplam radyasyon değerleri (GEPA verileri).

2.4.3.5 İç Anadolu bölgesinde toplam radyasyon değerleri

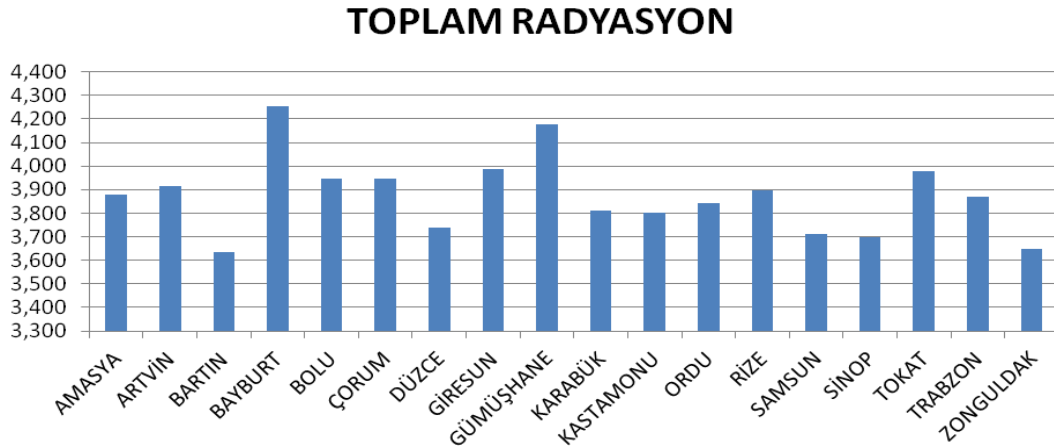
İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan 13 ilin ortalama toplam radyasyon değeri 4,273 kWh/m²-gün dir. En yüksek toplam radyasyon değeri 4,612 kWh/m²-gün ile Karaman'da, en düşük toplam radyasyon değeri ise 3,986 kWh/m²-gün ile Çankırı'dadır.



Şekil 2.27: İç Anadolu bölgesi toplam radyasyon değerleri (GEPA verileri).

2.4.3.6 Karadeniz bölgesinde toplam radyasyon değerleri

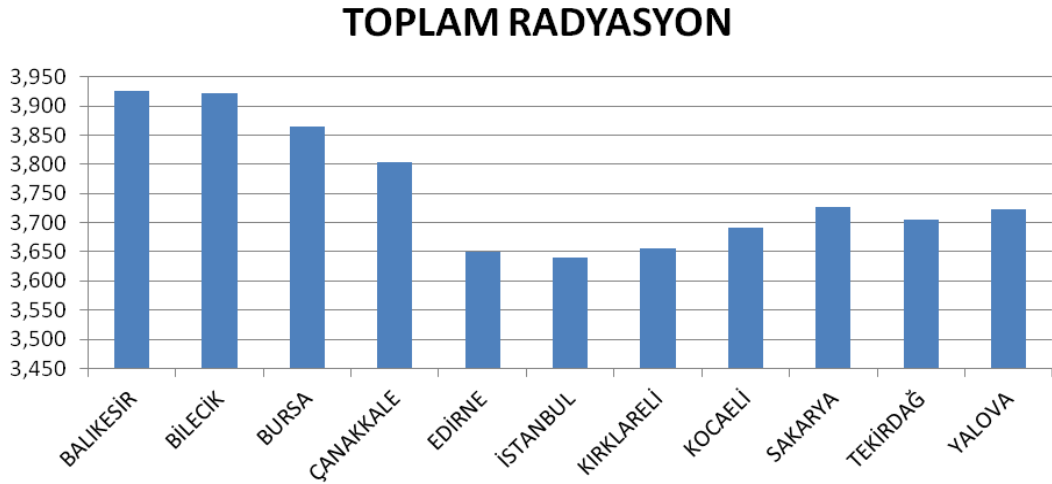
Karadeniz Bölgesi'nde bulunan 18 ilin ortalama toplam radyasyon değeri 3,874 kWh/m²-gün dir. En yüksek toplam radyasyon değeri 4,254 kWh/m²-gün ile Bayburt'ta, en düşük toplam radyasyon değeri ise 3,635 kWh/m²-gün ile Bartın'dadır.



Şekil 2.28: Karadeniz bölgesi toplam radyasyon değerleri (GEPA verileri).

2.4.3.7 Marmara bölgesinde toplam radyasyon değerleri

Marmara Bölgesi'nde bulunan 11 ilin ortalama toplam radyasyon değeri 3,755 kWh/m²-gün dir. En yüksek toplam radyasyon değeri 3,926 kWh/m²-gün ile Balıkesir'de, en düşük toplam radyasyon değeri ise 3,641 kWh/m²-gün ile İstanbul'dadır.



Şekil 2.29: Marmara bölgesi toplam radyasyon değerleri (GEPA verileri).

2.5 Güneşlenme Süresi

Güneşlenme süresinin kısa tanımı, bir bölgedeki güneşin gökyüzünde görülebildiği süreye denilir. Bu sürenin uzun olması güneşten alınacak enerjinin arttığının, ısınmanın yüksek olduğunu gösterir. Dünyamızın şeklinden dolayı dönenceler ve çevresinde güneşlenme süresi daha fazladır. Kutuplarda ise güneşlenme süresinin uzun olduğu yaz mevsiminde güneş ışınları eğik açıyla gelmekte ve bu da düşük sıcaklık miktarlarına neden olmaktadır.

Güneşlenme süresini etkileyen 3 faktör bulunmaktadır. Bu faktörleri bulutluluk, baki ve gündüz süresi olarak sıralayabiliriz. Gökyüzünün bulutlarla kaplı olma oranına bulutluluk denir. Bulutluluğun aşırı olması güneşten gelen ışınların yeryüzüne düşmesini engeller ve sıcaklığı düşürücü etkiye neden olur. Bulutluluk ve nemin fazla olduğu ekvator da fazla ısınma önlenmektedir.

Dünyada güneşe bakan tepeler bakmayan tepelere göre daha sıcak ve daha uzun güneşlenme sürelerine sahiptir.

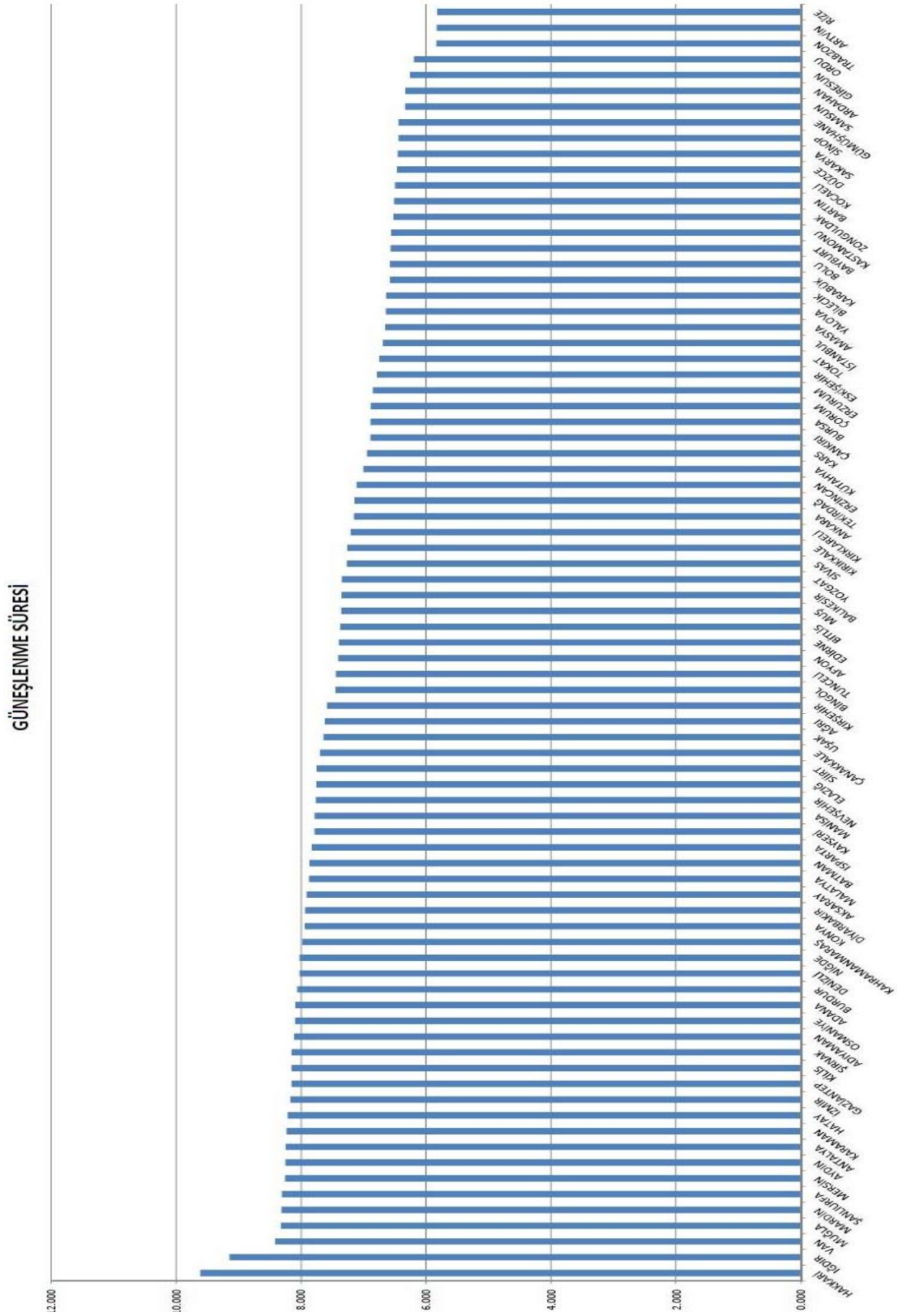
Ülkemizde yazın güneşlenme süresinin fazla olması ve güneş ışınlarının kış mevsimine göre daha dik gelmesi ısınmayı artırıcı etki yapar (www.ders-notlari.com/2015/02/ guneslenme-suresi-nedir.html, 15.04.2015).

2.5.1 Türkiye’de güneşlenme süresi

Türkiye’de illere göre yıllık ortalama güneşlenme süresi değerlerini gösteren değerler Tablo 2.7’de verilmiştir. Buna göre en yüksek değer 9,616 ile Hakkari’de iken en düşük değer 5,825 ile Rize’dedir.

Tablo 2.7: Türkiye’de illere göre yıllık ortalama güneşlenme süresi değerleri (GEPA verileri).

İl	Ortalama (saat)	İl	Ortalama (saat)	İl	Ortalama (saat)
Hakkari	9,616	Isparta	7,830	Bursa	6,889
Iğdır	9,148	Kayseri	7,787	Çorum	6,883
Van	8,412	Manisa	7,784	Erzurum	6,855
Muğla	8,328	Nevşehir	7,767	Eskişehir	6,785
Mardin	8,313	Elazığ	7,755	Tokat	6,749
Şanlıurfa	8,312	Siirt	7,749	İstanbul	6,696
Mersin	8,257	Çanakkale	7,698	Amasya	6,650
Aydın	8,255	Uşak	7,640	Yalova	6,645
Antalya	8,247	Ağrı	7,620	Bilecik	6,643
Karaman	8,239	Kırşehir	7,587	Karabük	6,583
Hatay	8,216	Bingöl	7,453	Bolu	6,578
İzmir	8,177	Tunceli	7,443	Bayburt	6,570
Gaziantep	8,155	Afyon	7,409	Kastamonu	6,561
Kilis	8,154	Edirne	7,396	Zonguldak	6,524
Şırnak	8,152	Bitlis	7,372	Bartın	6,511
Adıyaman	8,114	Muş	7,362	Kocaeli	6,496
Osmaniye	8,096	Balıkesir	7,359	Düzce	6,466
Adana	8,093	Yozgat	7,351	Sakarya	6,456
Burdur	8,067	Sivas	7,270	Sinop	6,440
Denizli	8,027	Kırkkale	7,258	Gümüşhane	6,438
Niğde	8,026	Kırklareli	7,204	Samsun	6,338
K.maraş	7,983	Ankara	7,157	Ardahan	6,333
Konya	7,941	Tekirdağ	7,144	Giresun	6,261
Diyarbakır	7,938	Erzincan	7,111	Ordu	6,196
Aksaray	7,909	Kütahya	7,005	Trabzon	5,837
Malatya	7,874	Kars	6,949	Artvin	5,829
Batman	7,865	Çankırı	6,890	Rize	5,825



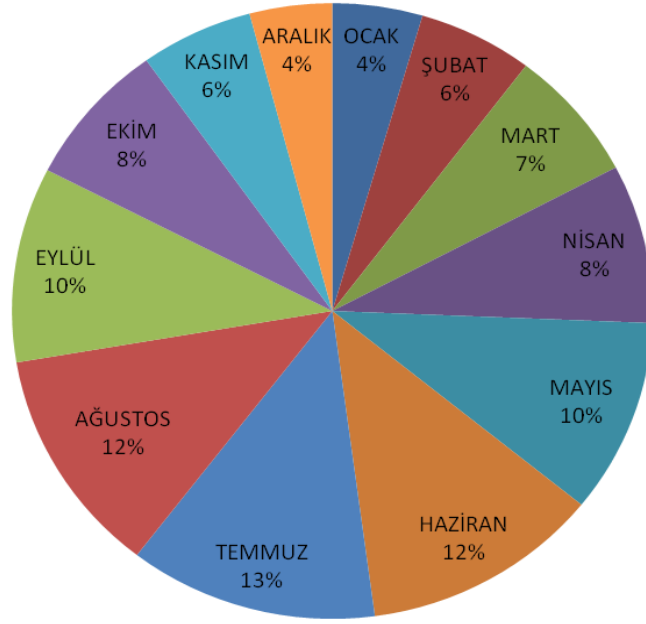
Şekil 2.30: Türkiye’de illere göre yıllık ortalama güneşlenme süresi grafiğı (GEPA verileri).

2.5.2 Türkiye’de Güneşlenme Sürelerinin Yıl İçerisindeki Dağılımı

Güneşlenme süresi değerleri bölgelere göre değişiklik göstermekle beraber yıl içerisinde de farklı değerlerde olmaktadır. Türkiye geneline baktığımızda en yüksek güneşlenme süresi değerleri ortalamalarının Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında olduğu görülmektedir. Yaz aylarında, diğer aylara kıyasla güneşlenme süresi değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Türkiye’deki 81 ilin aylık ortalamaları üzerinden yapılan değerlendirme ile oluşturulan ve güneşlenme süresi ortalama değerlerinin yıl içerisindeki dağılımını gösteren tablo Tablo 2.8’de verilmiştir.

Tablo 2.8: Türkiye’de güneşlenme süresi değerlerinin yıl içerisindeki dağılımı (GEPA verileri).

Ay	Ortalama (saat)
Ocak	4,029
Şubat	5,125
Mart	6,147
Nisan	7,371
Mayıs	9,018
Haziran	10,673
Temmuz	11,132
Ağustos	10,509
Eylül	9,045
Ekim	6,704
Kasım	5,043
Aralık	3,692

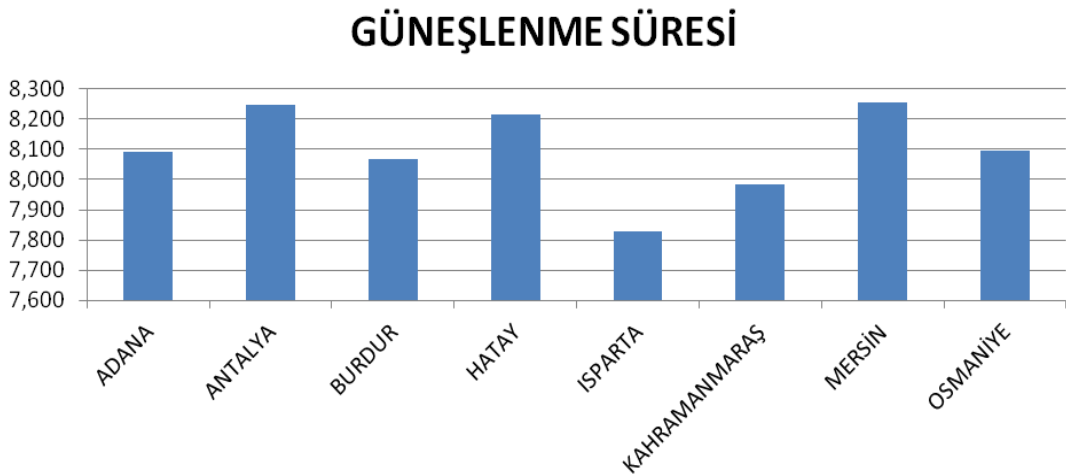


Şekil 2.31: Türkiye’de güneşlenme süresi değerlerinin yıl içerisindeki dağılımı grafiği (GEPA verileri).

2.5.3 Türkiye’de Güneşlenme Sürelerinin Bölgelere Göre Gösterilmesi

2.5.3.1 Akdeniz bölgesinde güneşlenme süresi

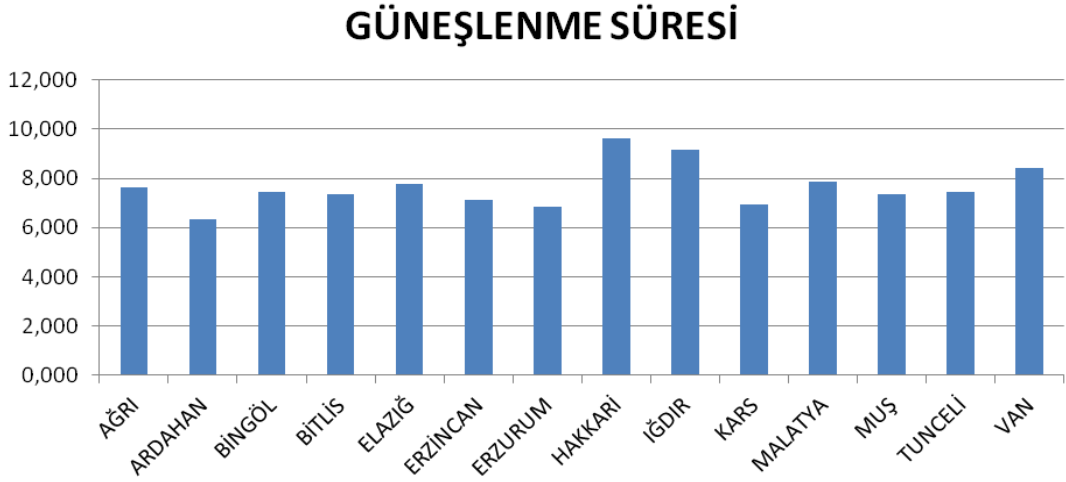
Akdeniz Bölgesi’nde bulunan 8 ilin ortalama güneşlenme süresi değeri 8,098 saat dir. En yüksek güneşlenme süresi değeri 8,257 saat ile Mersin’de, en düşük güneşlenme süresi değeri ise 7,830 saat ile Isparta’dadır.



Şekil 2.32: Akdeniz bölgesi güneşlenme süresi değerleri (GEPA verileri).

2.5.3.2 Doğu Anadolu bölgesinde güneşlenme süresi

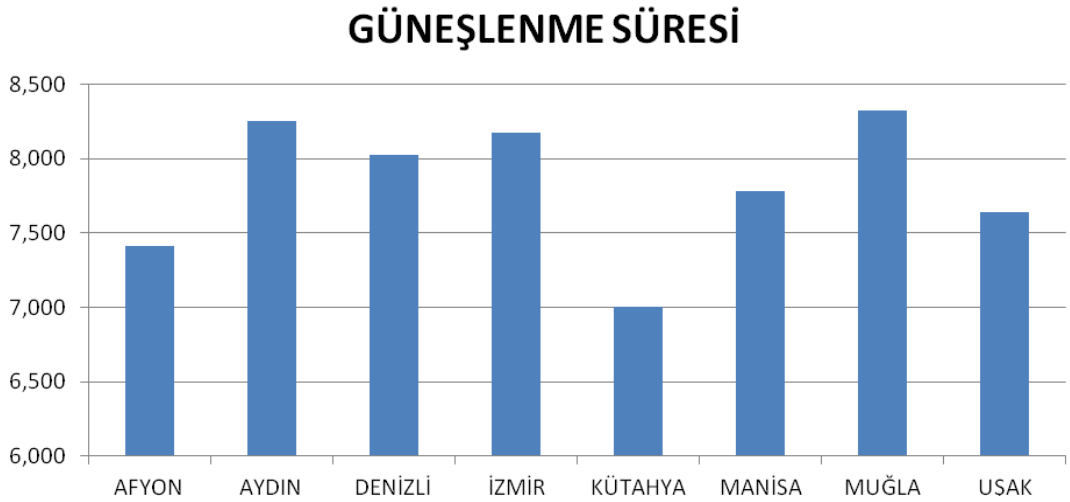
Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan 14 ilin ortalama güneşlenme süresi değeri 7,664 saat dir. En yüksek güneşlenme süresi değeri 9,616 saat ile Hakkari'de, en düşük güneşlenme süresi değeri ise 6,333 saat ile Ardahan'dadır.



Şekil 2.33: Doğu Anadolu bölgesi güneşlenme süresi değerleri (GEPA verileri).

2.5.3.3 Ege bölgesinde güneşlenme süresi

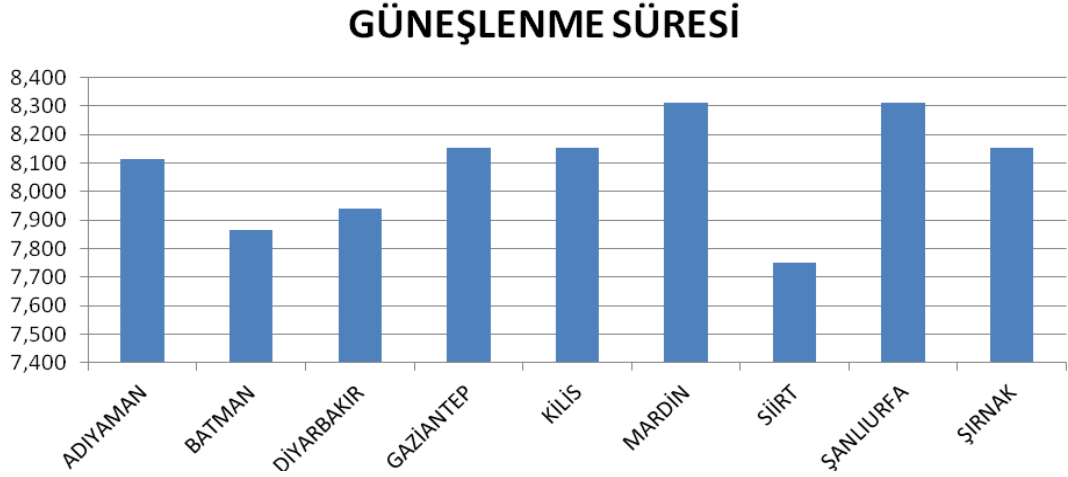
Ege Bölgesi'nde bulunan 8 ilin ortalama güneşlenme süresi değeri 7,828 saattir. En yüksek güneşlenme süresi değeri 8,328 sat ile Muğla'da, en düşük güneşlenme süresi değeri ise 7,005 saat ile Kütahya'dadır.



Şekil 2.34: Ege bölgesi güneşlenme süresi değerleri (GEPA verileri).

2.5.3.4 Güneydoğu Anadolu bölgesinde güneşlenme süresi

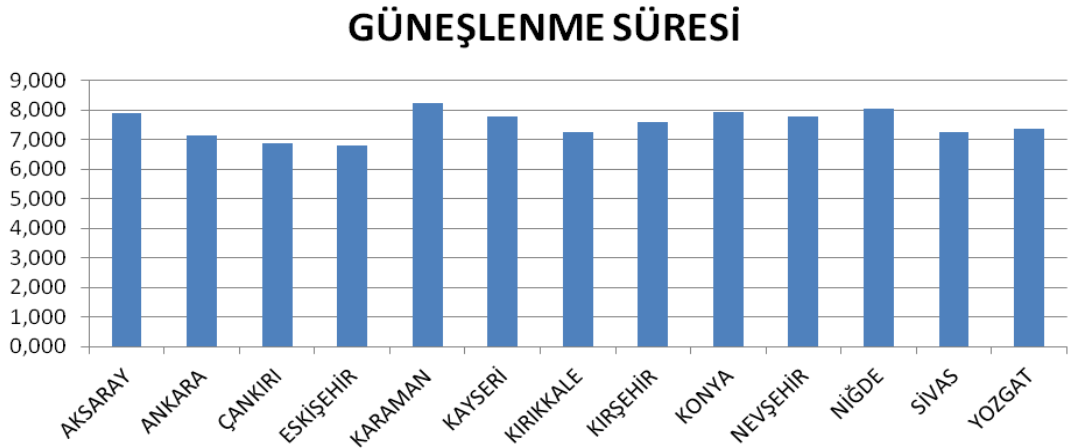
Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan 9 ilin ortalama güneşlenme süresi değeri 8,084 saattir. En yüksek güneşlenme süresi değeri 8,313 saat ile Mardin'de, en düşük güneşlenme süresi değeri ise 7,749 saat ile Siirt'tedir.



Şekil 2.35: Güneydoğu Anadolu bölgesi güneşlenme süresi değerleri (GEPA verileri).

2.5.3.5 İç Anadolu bölgesinde güneşlenme süresi

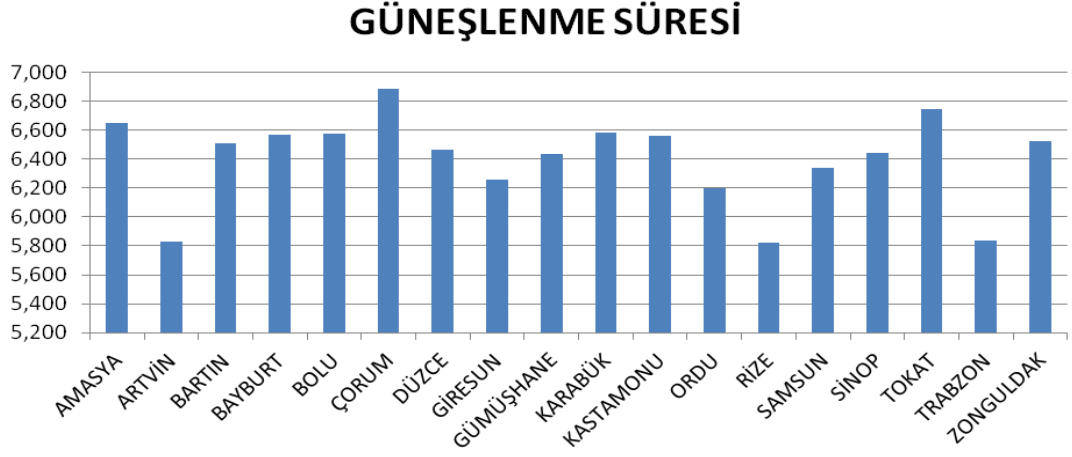
İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan 13 ilin ortalama güneşlenme süresi değeri 7,536 saattir. En yüksek güneşlenme süresi değeri 8,239 saat ile Karaman'da, en düşük güneşlenme süresi değeri ise 6,785 saat ile Eskişehir'dedir.



Şekil 2.36: İç Anadolu bölgesi güneşlenme süresi değerleri (GEPA verileri).

2.5.3.6 Karadeniz bölgesinde güneşlenme süresi

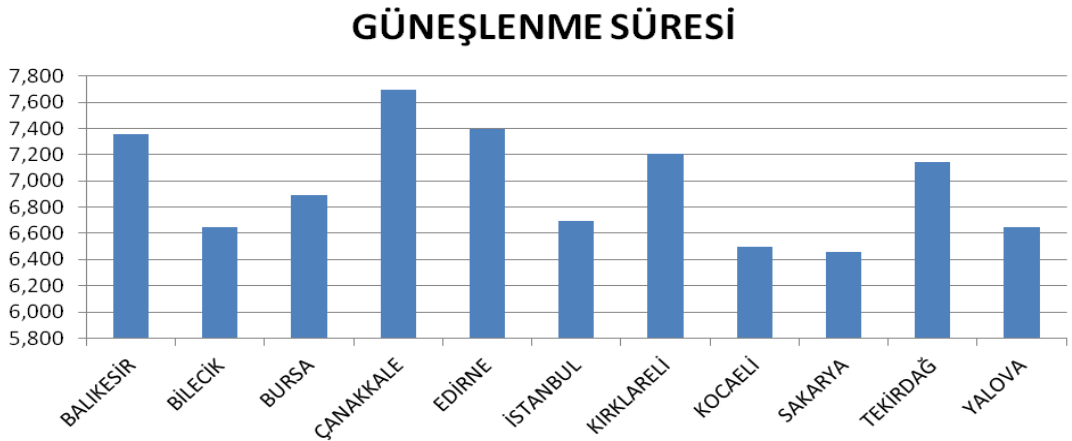
Karadeniz Bölgesi'nde bulunan 18 ilin ortalama güneşlenme süresi değeri 6,402 saattir. En yüksek güneşlenme süresi değeri 6,883 saat ile Çorum'da, en düşük güneşlenme süresi değeri ise 5,825 saat ile Rize'dedir.



Şekil 2.37: Karadeniz bölgesi güneşlenme süresi değerleri (GEPA verileri).

2.5.3.7 Marmara bölgesinde güneşlenme süresi

Marmara Bölgesi'nde bulunan 11 ilin ortalama güneşlenme süresi değeri 6,966 saattir. En yüksek güneşlenme süresi değeri 7,698 saat ile Çanakkale'de, en düşük güneşlenme süresi değeri ise 6,456 saat ile Sakarya'dadır.



Şekil 2.38: Marmara bölgesi güneşlenme süresi değerleri (GEPA verileri).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

YEREL YÖNETİMLERDE GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANIMI

3.1 Güneş Enerjisi Tarihçesi

Güneş enerjisi sektöründeki ilk buluşlar 18. ve 19. Yüzyıllarda ortaya çıkmıştır. Dünyadaki ilk güneş kollektörü 1767 yılında İsviçreli Horace De Saussure tarafından yapılmıştır. 1839'da Fransız bilim adamı Alexandre-Edmund Becquerel iki metal plaka arasındaki meydana gelen elektrik akımı üzerine yaptığı bilimsel çalışmalarında fotovoltaiik etkiyi saptamıştır.

Fotovoltaiik etkinin bulunmasından sonra bilim dünyası farklı yöntemler geliştirerek fotovoltaiik etkinin basit bir şekilde kullanılması amacıyla çeşitli araştırmalarda bulunmuşlardır. 1873'de selenyumun fotoiletken yapıda olduğu İngiliz bilim adamı Willoughby Smith tarafından keşfedilmiştir. 1877'e gelindiğinde ise yine İngiliz bilim adamları W.G. Adams ve R.E. Day tarafından selenyumun katı halindeki fotovoltaiik etkisi incelenerek bu konuyla ilgili bir bilimsel makale yayımlanmıştır. Amerikan bilim adamı Charles Fritts selenyumu çok ince bir altın katmanıyla kaplayarak dünyada ilk defa çalışan güneş pilini 1884'de icat etmiştir (www.dektmk.org.tr/upresimler/GUNES.pdf, erişim tarihi 08.09.2015).

Fransız bilim adamı Auguste Mouchout, sanayi devriminde kömürün kullanımıyla ilgili yaşadığı zamanın çok ötesinde yorumlar yapmış ve kömürün sınırlı bir kaynak olduğunu belirterek alternatif enerji kaynakları hakkında araştırmalar yapmıştır. Mouchout, 1860'da geliştirdiği bir cihaz sayesinde suyun kaynaması için gerekli olan ısıyı güneş enerjisinden elde etmiş ve kaynama sonucu oluşan buharla bir türbini çalıştırmıştır. Bu sistem dünyada güneş enerjisiyle çalışan ilk sistemdir (www.dektmk.org.tr/upresimler/GUNES.pdf, erişim tarihi 08.09.2015).

Fransız bilimci Charles Tellier güneş enerjisi üzerine yaptığı araştırmaları ile ilk yoğunlaştırmasız, yansıtmasız güneş makinesini tasarlamıştır (www.dektmk.org.tr/upresimler/GUNES.pdf, erişim tarihi 08.09.2015).

Tellier'den sonra güneş enerjisi üzerine araştırmalar Avrupa kıtasından Amerika kıtasına doğru kaymıştır. Güneş enerjisinin ticari amaçlı kullanımına yönelik çalışmalar ilk defa ABD'de yürütülmüştür. Boston'lu Aubrey Eneas güneş makinesi üzerine çalışmalarına 1892 yılında başlamış ve 1900 yılına geldiğinde dünyadaki ilk güneş enerjisi şirketini (The Solar Motor Co.) oluşturarak çalışmalarını 1905 yılına kadar devam ettirmiştir (www.dektmk.org.tr/upresimler/GUNES.pdf, erişim tarihi 08.09.2015).

Fotovoltaik güneş enerjisi üzerine araştırmalar da yoğun bir şekilde aynı dönemde artmıştır. Albert Einstein'ın 1905'de yazdığı ve kendisine 1921 Nobel Fizik Ödülü'nü kazanmasını sağlayan Fotoelektrik Etki hakkındaki makalesi bu konudaki önemli dönüm noktalarından birisidir (www.dektmk.org.tr/upresimler/GUNES.pdf, erişim tarihi 08.09.2015).

1970'lerde baş gösteren petrol krizi, petrol ambargosu ve çevre kirliliği, temiz ve yenilenebilir enerjiyi dünyanın gündemi haline getirmiştir. Yenilenebilir enerjinin dünyanın gündemine taşınmasına paralel olarak güneş enerjisi teknolojisindeki ilerlemeler sonucu maliyetlerin düşmesi ve verimliliğinde artmasıyla birlikte bu konudaki araştırmalar tekrar ivme kazanmıştır (www.dektmk.org.tr/upresimler/GUNES.pdf, erişim tarihi 08.09.2015).

İklim değişiklikleriyle birlikte küresel ısınma ve karbon salınımlarının indirgenmesi konularının gündem yaratmasıyla beraber temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan eğilim daha da fazla artmıştır. Bu olayları takiben ilk sanayi tipi enerji üretimini 1984'de ABD'de Luz Co gerçekleştirmiştir. 2000'li yıllara gelindiğinde ise güneş enerjisi üzerine yapılan çalışmalar ve yatırımlar hızlı bir şekilde artış göstermeye devam etmiştir. Fotovoltaik panel üretimi büyük bir ilerleme kaydetmiş ve 2006 yılında dünyadaki fotovoltaik panel üretimi yapan tesislerin kurulu gücü 2.520 MWp seviyesine gelerek 12 Milyar Euro'luk pazar büyüklüğüne ulaşmıştır. Güneş enerjisi sektörünün geleceğine yönelik yapılan ekonomik analiz ve tahminler neticesinde sektör büyüklüğünün 2010 yılında 40 milyar Euro'ya ulaşacağı tahmin edilmektedir (www.dektmk.org.tr/upresimler/GUNES.pdf, erişim tarihi 08.09.2015).

3.1.1 Türkiye'de Güneş Enerjisinin Gelişiminin Tarihçesi

Güneş enerjisi, tarım ürünlerini kurutmada, evlerde kış aylarında ısıtma ve sıcak su elde edilmesi amacıyla ve fotovoltaik paneller yardımıyla elektrik üretmede kullanılmaktadır. Ülkemizde 1960'lı yıllarda güneş enerjisi ilk defa alternatif enerji kaynağı olarak gündeme gelmiş ve bazı girişimciler ve üniversitelerde yapılan tez araştırmaları ile güneş enerjisi konusundaki çalışmalar hayata geçmiştir.

1975 yılında güneş enerjisi temalı ilk ulusal kongre İzmir'de düzenlenmiştir. Pasif sistem güneş enerjisi uygulaması ise Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde (ODTÜ) 1975'de inşa edilmiştir.

ODTÜ, İTÜ, Yıldız Teknik ve Ege Üniversiteleri güneş enerjisi alanında yoğun çalışmalar gerçekleştirmektedir. Türkiye'de ilk ve tek olan Güneş Enerjisi Enstitüsü Ege Üniversitesi çatısı altında 1979'de oluşturulmuş ve kurulduğu günden günümüze kadar çalışmalarını sürdürmüştür (www.gunessistemleri.com/tarihsel.php, erişim tarihi 06.09.2015).

TÜBİTAK'ın bir kuruluşu olan Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü (MBEAE) güneş enerjisi konusundaki çalışmaları 1980'lerden itibaren sürdürmektedir. MBEAE, güneş enerjili düşük sıcaklık uygulamaları ve sanayinin ısıtma talebinin modellenmesiyle ilgili projelere ve araştırmalara 1977 ile 1985 yılları arasında öncelikli olarak destek vermiştir. TÜBİTAK'ın bir diğer kuruluşu olan Ankara Elektronik Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü güneş pillerinin tasarımı ve üretimiyle ilgili faaliyetlere destek vermektedir (www.gunessistemleri.com/tarihsel.php, erişim tarihi 06.09.2015).

Uluslararası Güneş Enerjisi Derneği Türkiye Şubesi (International Solar Energy Society Turkey Branch UGET-TB) 1992'den buyana ülkemizde çalışmalarını sürdürmektedir. Devlet Meteoroloji Enstitüsü (DME) 2000'lerden itibaren sayıları gittikçe artan istasyonlardaki iklimsel verilerin kayıt altına alınması, analiz edilmesi ve elde edilen bilginin paylaşılması konusunda aktif olarak faaliyetini sürdürmektedir (www.gunessistemleri.com/tarihsel.php, erişim tarihi 06.09.2015).

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) de güneş enerjisi ile suyun ısıtılması, aktif ve pasif mahal ısıtma ve fotovoltaik hücre konusundaki çalışmalara olanak sağlamaktadır. YEGM başlıca rüzgar ve güneş enerjisi olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının ülkemizde geliştirilmesinden sorumludur. Geçmiş dönemde yenilenebilir enerji kaynaklarıyla ilgili ağırlıklı olarak araştırma ve

projelerin tanıtımı üzerinde çalışan YEGM son dönemde ülkemizdeki yenilenebilir enerji kaynaklarının tespitinde ve potansiyelinin belirlenmesi yönündeki çalışmalara önem vermiştir (www.gunessistemleri.com/tarihsel.php, erişim tarihi 06.09.2015).

3.1.2 Güneş Enerjisi Uygulamalarına Yönelik Çalışmalar

3.1.2.1 Türkiye'de kurulan güneş evleri

Güneş enerjisi konutların ısıtma yüküne büyük bir oranda etki eder. Türkiye'de güneş enerjisinin binaların ısıtma yüküne olan etkisi yapılan analizlere incelenmiştir. Ülkemizde bazı üniversiteler ve enstitüler dışında pasif güneş enerjisi sistemleri hakkında çok fazla araştırma ve çalışma yapılmamıştır. Üniversite ve enstitülerin yapmış olduğu tesisler şunlardır;

- 1) 96,6 m² kapalı alana sahip iki katlı güneş evi ODTÜ'de 1975 yılında inşa edilmiştir.
- 2) 33 m² Çukurova Güneş Evi 1981'de inşa edilmiştir.
- 3) Maden Tetkik Arama'nın bünyesinde ise fotovoltaik piller ile çalışan sistemler mevcuttur.
- 4) Oturma alanı 3000 m² olan güneş evi de Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü bünyesinde 1986 yılında kurulmuştur (www.gunessistemleri.com/tarihsel.php, erişim tarihi 06.09.2015).

3.1.2.2 Güneş pilleri ve uygulamaları

Ülkemizde güneş pilleri üzerine çalışmalar 1980'lerde ele alınmıştır. Güneş piline entegre olarak çalışan ısı pompasının kurulumu ilk defa Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Laboratuvarında yapılmıştır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nin 1983 yılında başlamış olduğu araştırmalar neticesinde güneş pilleriyle güç üreten laboratuvar ölçeğindeki ilk santral Didim Araştırma Laboratuvarında 1998 yılında kurulmuştur. 1990'lı yılların son zamanlarında güneş piliyle ilgili araştırmalar artmış ve Kahramanmaraş, Afyon, Göcek bölgelerine 50 KWp kurulu gücünde dört adet tesis inşa edilmiştir.

2000'li yıllarla birlikte güneş pili üzerine yapılan çalışmalar yoğunluk kazanmış ve 100 KWp gücündeki bir tesis Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bulunan

Berke Barajı'nın bazı makine ekipmanlarının enerji ihtiyaçlarını karşılamak üzere kurulmuştur.

Türkiye bulunduğu coğrafi konumuna göre güneş enerjisi potansiyeli açısından oldukça zengin bir yapıya sahiptir. Yıllık ortalama güneşlenme süresi 2640 saat olan ülkemizdeki metrekareye düşen ortalama güneş enerjisi miktarı 290 watt'dır (www.gunessistemleri.com/tarihsel.php, erişim tarihi 06.09.2015).

3.2 Fotovoltaik Sistemler

Fotovoltaik sistemler elektriğin güneş ışığıyla elde edilmesi olarak tanımlanabilir. Güneş pili sistemleri olarak da adlandırılan bu sistemler birbirine bağlanmış fotovoltaik panellerden oluşur ve güneş enerjisini günlük yaşantımızda kullanılabilir elektrik enerjisine dönüştürür.

Fotovoltaik sistemler şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız sistemler olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Şebekeye bağlı bir fotovoltaik sistem genel olarak güneş panelleri, invertör ve elektrik sayacından oluşur. Şebekeden bağımsız sistemlerin tasarımında ise güneşin olmadığı zamanlardaki elektrik tüketiminin temini amacıyla şarj edilebilen batarya ve şarj kontrol cihazı sisteme monte edilir. Şebekeden bağımsız sistemlerde herhangi bir şebeke bağlantısı olmayacağı için elektrik sayacına ihtiyaç duyulmaz (Gazibey, 2012).

Optimum şartlarda tasarlanmış bir fotovoltaik sistem düşük güneş ışığı altında megawatlarca elektrik üretebilir. Fotovoltaik sistemler bakım-onarım masrafları hariç herhangi bir işletme ücreti, enerji kaynağı, yüksek desibelde gürültü yapan makine gerektirmez ve çevrede herhangi bir olumsuzluğa sebep olmadan sadece güneş ışığı ile elektrik üretimi yapabilir. Fotovoltaik sistemlerde üretilen elektrik DC (doğru akım) dir. Bu elektrik;

- 1) DC akımla çalışan cihazlarda
- 2) İleride faydalanmak üzere DC depo edilerek
- 3) AC'ye (alternatif akım) çevrilerek AC ile çalışan cihazlarda kullanılır (Keleş, 2008).

3.2.1 Fotoelektrik Olayı

Fotoelektrik olay ilk defa 1839 yılında gözlenmiştir ve 1887 yılında Alman bir fizikçi olan Heinrich Hertz tarafından belgelenmiştir.

Metal bir yüzeye ışık kaynağı (daha genel ifadeyle elektromanyetik ışınım) geldiğinde yüzeyden elektron koparılabilir. Bu şekilde yörüngesinden koparılan elektronlar da fotoelektronlar olarak adlandırılır. İletkenler üzerinde meydana gelen elektrik akımı atomların yörüngesinden koparılan elektronlarının hareket etmesi sonucu oluşur. Atom numarası büyük olan atomlar da fotoelektrik olayının meydana gelme ihtimali daha yüksektir (Baykal, 2007).

3.2.2 Fotovoltaik Hücreler (Güneş Pilleri)

Güneş pilleri, yüzey alanına gelen güneş ışığını direkt olarak elektrik enerjisine çeviren yarı iletken maddelerdir. Yüzey alanı genelde dikdörtgen olmak üzere kare veya daire biçiminde tasarlanan güneş pillerinin alanları ortalama 100 cm^2 olup kalınlıkları ise üretimi en fazla ve hücresinin ana maddesi silisyum olan güneş pillerinde $0.2 - 0.4 \text{ mm}$ aralığındadır. Güneş pillerinin çalışmasındaki temel olay fotovoltaik prensibidir, yani yüzeyine güneş ışığı geldiği zaman potansiyel fark bir diğer adıyla elektrik gerilimi meydana gelir. Kısacası pillerin ürettiği elektriğin ana kaynağı yüzey alanına gelen güneş ışığıdır. Coğrafi konumuna göre 1 m^2 'ye düşen güneş enerjisinin miktarı yılda 800 kWh ile 2600 kWh arasında değişir. Bu enerji, güneş pilinin özelliğine ve verimine göre %5 ile %70 arasında bir oranda elektrik enerjisine dönüştürülebilir. Toplam gücü artırmak için birden fazla güneş pilinin paralel ya da seri bir şekilde bağlantısı yapılır. Bu şekilde meydana gelen yapıya güneş pili paneli veya fotovoltaik panel adı verilir. Güneş pillerinde olduğu gibi bu panellerde paralel ya da seri bir şekilde bağlanarak fotovoltaik bir dizi oluşturulur (Karamanav, 2007).

3.2.3 Fotovoltaik Hücre Tipleri

Güneş hücrelerini silisyum esaslı güneş kristal silikon hücreleri ve ince film güneş hücreleri şeklinde iki ana gruba ayırmak mümkündür. Günümüzde kristal silikon hücreler yaklaşık %93 pazar payı ile en yaygın kullanılan teknolojidir. Diğer taraftan, ince film teknolojisi de son yıllarda büyük gelişim göstermiş ve pazar payını

hızla arttırmıştır. Diğer taraftan üzerinde laboratuvar araştırmaları devam eden GaAs ve çeşitleri, kristal silisyum ince film hücreleri, organik ve nanokristal güneş hücreleri de yüksek verimliliğe sahip olmalarına rağmen maliyetlerindeki yüksek rakamlardan dolayı pazarda çok geniş yere sahip değildirler (Keleş, 2008).

3.2.3.1 Kristal silisyum güneş hücresi

Kristal silikon yapılı hücrenin hammaddesi silisyumdur. Silisyum atomunun kimyasal ve elektriksel niteliklerini uzun zaman koruması ve silisyum üretim teknolojisindeki ilerlemeler bu hammaddenin hücre üretimindeki kullanılabilirliğini artıran etkenlerdir. Bununla beraber saf kristal üretimi oldukça zor ve maliyetli bir işlemdir. Oksijenden sonra dünyada en fazla miktarda olan element silisyum olsa da doğal halde saf halde bulunmaması nedeniyle hücre üretimi prosesinde kullanılabilmesi için saflaştırma işlemi yapılmalıdır. Saflaştırma için yüksek miktarlarda enerji gereksinimi olan ısıl işlem uygulanarak silikon dioksit (kuvars) (SiO_2) bileşiğinden ayrılması ve diğer proseslerle de saflık derecesinin artırılması gerekmektedir. Kristal güneş hücreleri mono kristal ve poli kristal diye ikiye ayrılır (Çolak, 2010).

1) Monokristal hücre: Güneş hücresi üretim metotları içinde en eski ve en maliyetli olmasına rağmen, mevcut hücre tipleri içerisinde halen en yüksek verimlilik değerinin monokristal yapılı hücrelere ait olduğu bilinmektedir. Monokristal hücrelerin verimlilik değerleri ortalama %15 - %18 aralığındadır ve son yıllarda yapılan verimliliği arttırıcı çalışmalarla daha ekonomik hale gelen %20 - %22 verimlilik değerlerine sahip monokristal hücreler de üretime geçmiştir (Girgin, 2011).

2) Polikristal hücre: Monokristal hücrenin verim değerinin yüksek olmasına karşın üretim maliyetlerinin pahalı olması bir diğer alternatif olan polikristal hücrenin üretimine zemin hazırlamıştır. Çok kristalli (Polikristal) silisyumun üretimi aşamasında en çok kullanılan işlem “dökme” işlemidir. Mono ve polikristal hücre üretiminde de silisyumun istenilen saflık derecesi hemen hemen aynı olmaktadır. Polikristal hücrelerde, verimlilik %14 - %17 aralığındadır. Polikristal hücre üretimi monokristalin üretimine göre daha kolay ve ucuzdur (Girgin, 2011).

3.2.3.2 İnce film güneş hücreleri

Kristal hücrelere göre en büyük artıları üretimin seri olması, maliyetinin düşük ve daha az enerji ile imal edilebilmeleridir. İnce film güneş hücrelerinde fotovoltaik malzeme cam, metal ve plastik folyo gibi ucuz malzemelerle kaplanmıştır. Işığı absorbe etme özelliği oldukça yüksektir. İnce film hücresi için kullanılan malzeme genel olarak; Amorf Silisyum, Kadmiyum Tellür ve Bakır İndiyum Diselenid olmak üzere 3 çeşittir (Sayın ve Koç, 2011: 93).

1) Amorf Silisyum: Bu hücrelerin güneşi soğurma özelliği çok iyidir. İlk olarak 1981'de yılında kullanılmıştır. Laboratuar şartlarında %15 civarında verimlilik gösterse de gerçek koşullarda yani güneş ışığı altında bu değere ulaşamamaktadır. Bu olumsuz özelliğine rağmen düşük miktarlardaki enerji gereksinimleri için en yaygın şekilde kullanılan güneş pili (Sayın ve Koç, 2011: 93).

2) Kadmiyum Tellür: Soğurma katsayıları yüksektir ve geniş yüzey alanlı üretimleri yapılabilir. Bu pillerin en büyük eksisi verimliliklerinin uzun zaman zarfında istenilen seviyelere ulaşamamış olmasıdır (Sayın ve Koç, 2011: 93).

3) Bakır İndiyum Diselenid: Selenyum, bakır ve indiyum elementlerinden üretilir. %18'i bulan verimliliklerine karşın ortalama kullanım süresi olan 20 yıl boyunca verimlilik çok fazla düşmekte ve %10'un altında kalmaktadır (Sayın ve Koç, 2011: 93).

3.2.4 Fotovoltaik Sistem Elemanları

Fotovoltaik enerjisi sistemlerinin içerisinde güneş panelleri dışında farklı makine ekipmanları kullanılmaktadır. Fotovoltaik panellerde üretilen elektrik doğru akımdır, fakat sanayi ve evlerde alternatif akım kullanılmaktadır. Doğru akımın alternatif akıma dönüşümünün sağlanması sistem içerisinde birçok ekipman kullanılmaktadır. Bu ekipmanların yanı sıra sistemin güvenilirliğini arttırmak, sistem verilerini kaydedip takip edebilmek ve uzaktan kontrol ve müdahale gibi amaçlarla da farklı donanımlar kullanılmaktadır (Girgin, 2011).

3.2.4.1 Eviriciler

Eviriciler fotovoltaik sistemlerde güneş panelleriyle birlikte en önemli donanım olarak kabul edilebilir. Bu tür sistemlerde kullanılan eviriciler şebekeyle birlikte

paralel çalışırlar. Şebekeden aldığı gerilim ve frekans değerlerine göre kendi frekans ve çıkış gerilimlerini dengeleyerek şebeke ile uyumlu bir şekilde çalışır. Fotovoltaik sistemde üretilen enerji bağlı oldukları enerji nakil hattına zarar vermeden eviriciler sayesinde iletebilir (Girgin, 2011).

3.2.4.2 Güneş paneli montaj yapıları

Fotovoltaik sistemler genelde açık arazi olmak üzere çatı üzeri, otopark ve sanayi tesisleri gibi alanlarda kurulabilir. Güneş panellerinin montajı için özel olarak tasarlanmış konstrüksiyonlar kullanılmaktadır. Bu konstrüksiyonların yapımında genelde malzeme olarak alüminyum, çelik ya da galvanizli çelik kullanılır. Fotovoltaik sistemin kurulacağı bölgeye göre uygun montaj elemanlarının açıları belirlenir ve paneller açılı bir şekilde montajı yapılan bu yapıların üzerine yerleştirilir. Paneller genelde sistemin kurulduğu bölgeye göre 20 ile 45 derece arasında sabit açıda monte edilir (Girgin, 2011).

3.2.4.3 Güneş enerjisi sistem kabloları

Fotovoltaik sistemlerin ömrünün 25 yıl olduğu kabul edilirse bu sistemi birbirine bağlayan kabloların da ömrünün en az 25 yıl olması gerekmektedir. Üretilecek akım değerlerine bağlı olarak kablonun kesitleri hesaplanır ve uygun kablo seçilir. Fotovoltaik sistemlerde kullanılan kabloların genel özellikleri güneşten gelen zararlı ışınlara ve yüksek sıcaklığa karşı dayanıklılık gösterebilmeleridir. Bu kablolar genel olarak + 40°C ile -120°C sıcaklık aralığında çalışmaktadırlar (Girgin, 2011).

3.2.4.4 Diğer donanımlar

Fotovoltaik sistemlerde yukarıda bahsedilen ekipmanların dışında çok önemli yer tutmayan fakat sistemin güvenliğini ve performansını etkileyen diğer donanımlar da vardır. Bu donanımlar genel olarak konektör, devre kesici, yıldırımdan koruma amaçlı paratoner, kabloları taşıyan taşıyıcı elamanlar, topraklama ekipmanları ve sistemin gerilimini şebekenin gerilimine yükselten trafolar olarak adlandırılabilir (Girgin, 2011).

3.3 Yerel Yönetimlerde Fotovoltaik Sistemlerin Kullanım Alanları

Yerel yönetimlerin en önemli sorunlarından birisi enerji ihtiyacının finansman boyutudur. Yerel yönetimler kullanmış oldukları enerji giderlerinin karşılanmasında önemli sorunlarla karşı karşıya kalmaktadırlar. Hatta kurmuş oldukları birçok tesisin enerji giderlerinin yüksek maliyetlerle işletilmesinden dolayı tesisleri çalıştıramaz hale gelmişlerdir. Bu yüzden yerel yönetimler enerji giderlerini en aza indirmek için yeni arayışlar içerisine girmişleridir. Yenilenebilir enerji son yıllarda, ilk tercihleri arasında yer almakta bu konuda araştırmalar yapılmaktadır.

Yerel yönetimlere ait tesislerin elektrik ihtiyacının karşılanması ve üretilen ihtiyaç dışı elektrik enerjisinin şebekeye satılması yoluyla ek gelir elde edilmesi hedeflenmektedir. Üretilen enerji ihtiyaçtan fazla olduğu durumlarda, belediyelere ayrı bir kazanç sağlayarak yapmış oldukları yenilenebilir enerji yatırımlarının finansmanına destek olmaktadır. Yenilenebilir enerjinin kullanım alanlarını iki gruba ayırabiliriz.

- 1- Çatı Uygulamalar
- 2- Arazi Uygulamaları

3.3.1 Çatı uygulamaları

Belediye binası ve yerel yönetimlere ait diğer tüm binalar, aynı zamanda pazaryeri çatılarına güneş enerjisi panelleri kurarak elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilmektedirler. Bu sayede atıl olarak kullanılan çatılar değerlendirilmiş olup, kurulacak tesis için ayrı bir arsa arayışı içerisine girilmemiş olur. Bina üzerinden bulunan güneş enerjisi panellerinin en önemli avantajı ise bu tür binaların yerleşim yerinde olmasından dolayı üretilen elektrik enerjisinin sisteme aktarılması daha kolay olmaktadır. Sisteme aktarımı sağlayan trafo merkezlerine daha yakın konumda bulunması yeni bir trafo bina yapım maliyetini ortadan kaldırmaktadır. Son yıllarda yeşil bina tasarımları ile yerel yönetimler yapmış oldukları binaları, güneş enerjisi panellerine uygun eğimlerde yapmakta, hatta bina yapım esnasında panellerin yerleşimi yapılmaktadır. Bu sayede her binanın kendi elektrik enerjisini üretebilme imkanı doğmaktadır.

3.3.2 Arazi uygulamaları

Yerel yönetimlerin görevlerinin başında sınırları içerisinde yaşayan insanların içme ve kullanma sularının temini ve atık suların arıtılması gelmektedir. Kurulan bu tesislerin elektrik ihtiyacı yerel yönetimler açısından adeta karşılanması çok zor maliyetler oluşturmaktadır. Bu yüzden yapılan bu tesis tasarımlarında arazi alanlarının yenilenebilir enerji tesisi kuracak şekilde tasarlanmaları gerekmektedir. Kurulacak olan yenilenebilir enerji tesisi ile mevcut olan tesisin enerji ihtiyacının karşılanması hedeflenmektedir. Bu sayede çevre halkına daha ucuz içme ve kullanma suyu temin edilebilmekte, aynı zamanda belediyenin finansmanına destek olunmaktadır. Atık suların çevreye verdiği zararı en aza indirmek için kurulan birçok atık su arıtma tesisi yüksek elektrik giderlerinden dolayı işletilememekteyken yenilenebilir enerji ile bu tesisler aktif hale getirilmektedirler.

3.4 Gürsu (Bursa) Belediyesi Güneş Enerji Santralinin İncelenmesi

3.4.1 Gürsu ilçesi

Gürsu ilçesi, Bursa kent merkezinin 15 km uzağında kuzeydoğu bölümünde yer almaktadır. Enlem ve boylam olarak, 40'ıncı kuzey enlemi ile 28–30 doğu boylamları arasındadır. Bursa-İnegöl-Ankara Karayolu'na yakın alanda Bursa Ovası'nın doğu bölümü üzerinde konumlanmıştır. Gürsu doğusunda İnegöl, batısında Yıldırım ve Osmangazi, kuzeyinde Gemlik, güneyinde Kestel ilçeleri ile komşudur. İlçenin yüzölçümü 11.300 hektar olup, rakımı 100 metredir (www.gursu.bel.tr/tarihce.html, erişim tarihi 10.08.2015).

Gürsu İlçesi'nin nüfusu 1950 yılından beri artış göstermektedir. 1950 yılında 3.422 olan İlçe merkezi nüfusu 1960 yılında 3.964 kişiye, 1970 yılında 4.970 kişiye, 1980 yılında 8.755'e, 1990'da 12.730'a ve 2000'de ise 28.000 kişiye ulaşmıştır. Bu sürede Kestel İlçe merkezi 1.892 kişiden 44.194 kişiye, Bursa kent merkezi de 103.812 kişiden 2.125.140 kişiye yükselmiştir (<http://www.gursu.bel.tr/tarihce.html>, erişim tarihi 10.08.2015).

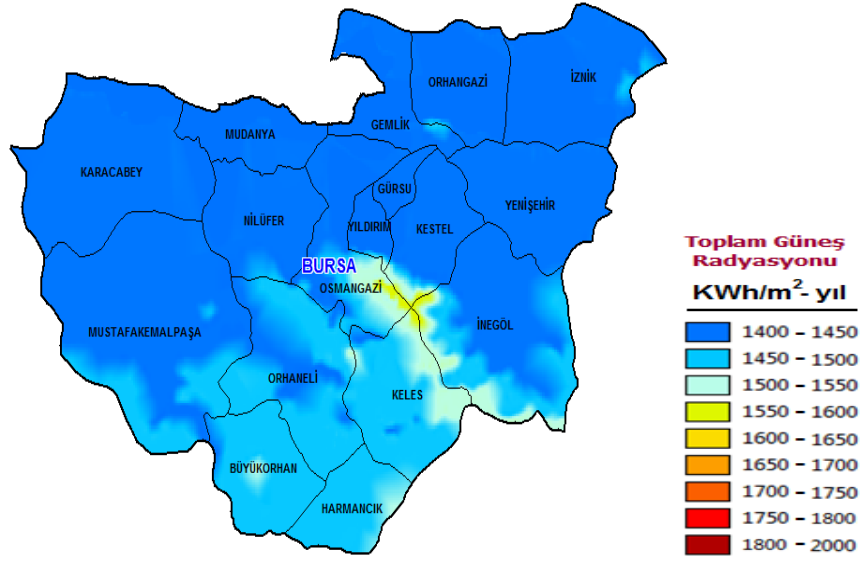
Gürsu İlçesi Bursa Ovası'nın doğu bölümünde yer alan çok değerli ve verimli tarım arazileri üzerinde kurulmuştur. Verimli tarım arazileri ilçeyi tarımsal yerleşim birimi olarak gelişmeye sevk etmiş ve uzun yıllar ilçe ekonomisini tarıma dayalı

bırakmıştır. 1980'li yıllar ile birlikte ülkemizde ve Bursa ölçeğinde sanayileşme hareketlerinin hız kazanması ile birlikte öncelikli tarımsal sanayi bölgede yer edinmiştir. Gürsu İlçesi'nin lojistik anlamda konumunun uygun olmasından dolayı Bursa-İnegöl-Ankara Karayolu ve civarında ağırlıklı olarak tekstil sektörü olmak üzere çeşitli endüstriyel kuruluşlar yer almaya başlamıştır. Bölgede sanayinin yerleşmesi ile beraber ekonomik durumda değişmeler olmuş ve sektörel dağılım farklılaşmaya başlamıştır. Eskiden tarımsal faaliyetlere bağlı olan ekonomik yapı, zamanla sanayi sektöründe de büyük bir yer kaplamıştır. Sanayi ile birlikte hizmet sektörü gelişmeye başlamıştır (<http://www.gursu.bel.tr/tarihce.html>, erişim tarihi 10.08.2015).

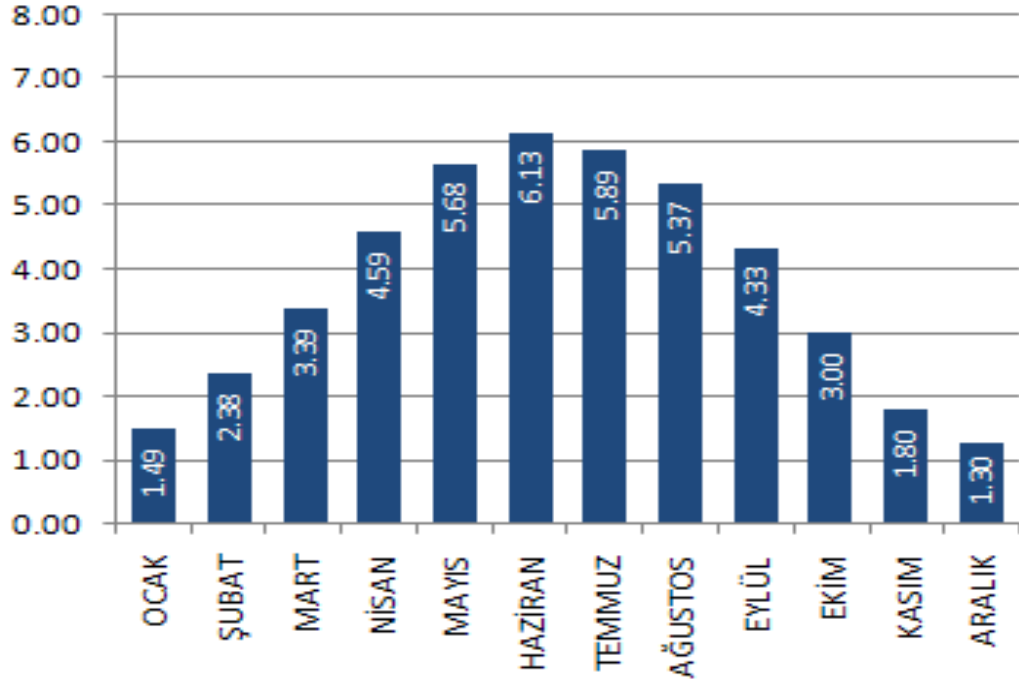
Gürsu ilçesi sınırlarında kalan arazilerin toplam büyüklüğü 113.000 hektardır. 113.000 hektarlık alanın %46,6'lık bölümü orman alanlarından oluşmaktadır. Orman alanlarının ise %42,8'lik kısmını kültür arazileri kaplamaktadır. Bu arazilerin %72,2 si sulu geri kalan kısmı ise su olmayan tarım arazisi kapsamındadır. Kültür arazilerinin sulanabilir olan kısmı toplam arazi içinde %30,9 yer kaplar. Yerleşim alanı, yol alanı ve kanallar gibi alanlar da %10,3 yer kaplamaktadır. İlçede çayır ve otlak gibi araziler yok denecek kadar azdır ve %1'den az bir yer kaplar (www.gursu.gov.tr/default_B0.aspx?content=329, erişim tarihi 10.08.2015).

Gürsu İlçesi'nin 2001 yılı itibarıyla hayvansal gelirler hariç tarım sektöründeki GSMH'sı (geliri) 26 Milyon TL'dir. Hayvansal gelirler de dahil edildiğinde gelir 28 Milyon TL'ye ulaşmaktadır (<http://www.gursu.bel.tr/tarihce.html>, erişim tarihi 10.08.2015).

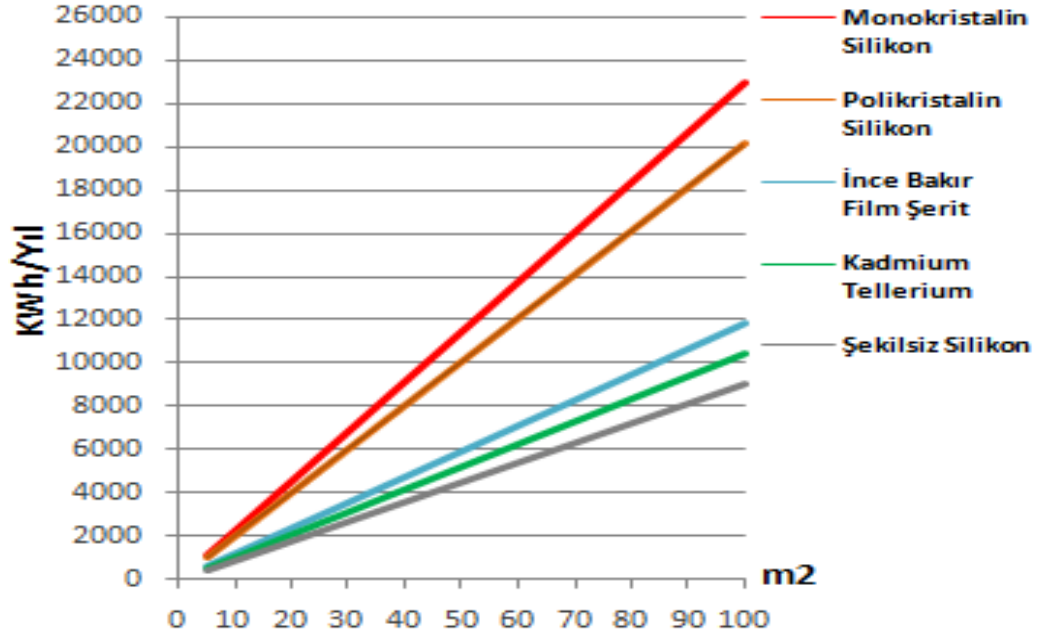
3.4.2 Gürsu İlçesi Güneş Potansiyeli



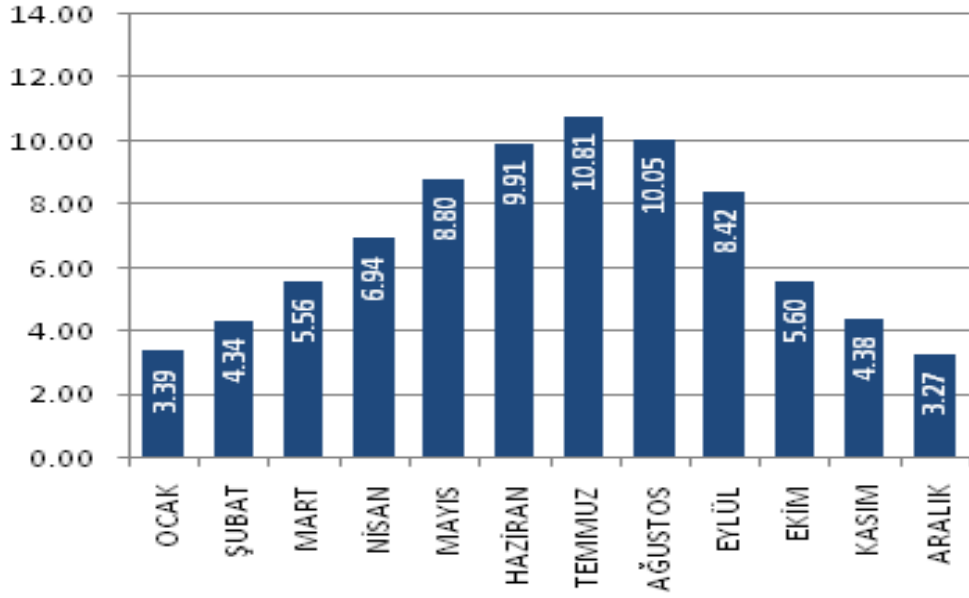
Şekil 3.1: Güneş enerjisi potansiyel atlası (GEPA verileri).



Şekil 3.2: Gürsu ilçesi global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün) (GEPA verileri).



Şekil 3.3: Gürsu ilçesi güneşlenme süreleri (saat) (GEPA verileri).



Şekil 3.4: Gürsu ilçesi PV tipi alan üretilebilecek değerleri.

3.4.3 Gürsu belediyesi güneş enerji santrali

Neden Gürsu belediyesi sorusunun en önemli cevabı, proje kapsamında ortaya konan en iyi uygulama örneği olan orta gerilimden şebekeye bağlanan yerel yönetimin yapmış olduğu ilk lisanssız üretim tesisi olmasıdır. Tesis, 103 kWh elektrik enerjisi üretim kapasitesinde, ileri teknolojik özellikler içeren eko-yenilikçi bir yatırım olan “ONGRİD FOTOVOLTAİK GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ” dir.

Tesis üç farklı bölgede kurulmuş, her biri güneş enerjisi uygulamalarının farklı alanda kullanımını göstermektedir. Bu santraller 96 KW sabit açılı zemin montajlı güneş tarlası, 4 KW Çift Eksen çalışan Trackerli ve 3 KW sabit açılı çatı montajlı uygulamalardan oluşmaktadır. Tamamından elde edilen enerji sisteme toplu olarak satılmakta, belediyenin toplam enerji gideri ile mahsuplaştırılmaktadır.

Hayata geçirilen birinci uygulamada; Belediyenin kurmuş olduğu sabit eksenli güneş tarlası 96 KW kurulu güce sahiptir. Bölgede bulunan sanayi tesislerine örnek olacak şekilde tasarlanmış olan bu tesisin asıl amacı hızla büyüyen sanayi yatırımcılarının çevreci üretim yapmalarını teşvik ederek enerji ihtiyacının kendi imkanları ile karşılanması yönünde yatırımcılara yön vermektir. Bunun yanında güneş santrali kurmak isteyen girişimcilere sistemi tanıtarak ilçeye vizyon kazandırmaktır. Şekil 3.10'da kurulmuş olan 96 kilovatlık güneş tarlasına ait görsel bulunmaktadır.



Şekil 3.5: 96 kilovatlık ongrid fotovoltaik güneş enerjisi santrali (Gürsu Belediyesi, erişim tarihi: 05.05.2015).

İkinci uygulamada; sabit açılı sistemlere göre %40 daha verimli çalışan “ÇİFT EKSEN TRACKERLİ FOTOVOLTAİK SU POMPAJ SİSTEMİ” kurulmuştur. Bu sistemin en önemli özelliği güneş ışığı yönünde 360 derece dönerek enerji üretiminde

artış göstermesidir. Güneş açısını takip ederek elektrik üreten bu çalışma ile kent merkezindeki park ve rekreasyon alanlarının sulama sorununun çözülmesi hedeflenmektedir. Yapılan bu uygulama ile; Gürsu ovasının tarım alanlarının sulamasında kullanılan enerji ihtiyacının güneş enerjisi ile karşılanabileceği gösterilerek tarım çalışanlarına yön vermesi hedeflenmektedir. Şekil 3.11’de kurulmuş olan 4 kilovatlık çift eksenli Ongrid Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santrali ait görsel bulunmaktadır.



Şekil 3.6: 4 kilovatlık çift eksenli ongrid fotovoltaik güneş enerjisi santrali (Gürsu Belediyesi, 05.05.2015).

Üçüncü uygulamada ise; İhtiyaç duyduğu tüm elektrik enerjisini güneşten sağlayan örnek 3 kilovatlık “MOBİL GÜNEŞ EVİ” kurulmuştur. Bu örnek proje evinde bir evin ihtiyaç duyduğu tüm elektrikli cihazlar sergilenmekte ve çatısında bulunan fotovoltaik paneller sayesinde cihazların ihtiyaç duyduğu elektrik üretilerek şebekeye verilmektedir. Bu uygulamanın ilçede mevcut konut sahiplerine ve inşaat firmalarına örnek olarak tüm konutlarda yaygınlaşması amaçlanmaktadır. Şekil 3.12’de kurulmuş olan 3 kilovatlık Mobil Güneş evine ait görsel bulunmaktadır.



Şekil 3.7: 3 kilovatlık mobil güneş evi (Gürsu Belediyesi, 05.05.2015).

İlk yıl 3 tesisten elde edilen enerji ile belediyenin toplam elektrik giderlerinin %40'ı güneş enerjisinden karşılanmaya başlanmış ve Gürsu Belediyesine ait 103 KW'lık güneş enerjisi santralının belediyenin elektrik tüketimini yıllar itibariyle karşılama oranı Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1: Elektrik tüketimi karşılama oranı.

Yıllar	Üretim (kWh)	Tüketim (kWh)	Karşılama Oranı (%)
1	143.804	359.510	40,00
2	143.085	359.510	39,80
3	142.370	359.510	39,60
4	141.658	359.510	39,40
5	140.949	359.510	39,21
6	140.245	359.510	39,01
7	139.543	359.510	38,81
8	138.846	359.510	38,62
9	138.152	359.510	38,43
10	137.461	359.510	38,24
11	136.773	359.510	38,04

Tablo 3.1 (Devam): Elektrik tüketimi karşılama oranı.

12	136.090	359.510	37,85
13	135.409	359.510	37,66
14	134.732	359.510	37,48
15	134.058	359.510	37,29
16	133.388	359.510	37,10
17	132.721	359.510	36,92
18	132.058	359.510	36,73
19	131.397	359.510	36,55
20	130.740	359.510	36,37
21	130.087	359.510	36,18
22	129.436	359.510	36,00
23	128.789	359.510	35,82
24	128.145	359.510	35,64
25	127.504	359.510	35,47

Belediye yapmış olduğu bu çalışmaları yürütebilmek, geliştirebilmek ve daha büyük yatırımlar yapabilmek için kendi bünyesinde “Enerji Birimi” kurmuş bununla birlikte ilçeye yeni bir iş istihdamı yaratmıştır. Kurulmuş olan bu birimle birlikte enerji üretimi noktasında daha profesyonel çalışmalar yapılması hedeflenmektedir.

3.5 103 KW’lık Güneş Enerjisi Santrali Finansal Analizi-Gürsu Belediyesi Örneği

Belediyelere model oluşturması amacıyla Bursa Gürsu Belediyesine ait işletmede olan 103 KW’lık güneş enerjisi santralinin finansal analizi yapılarak, proforma gelir tablosu oluşturulmuş, geri dönüş süresi, net bugünkü değer ve iç karlılık oranı hesaplanmıştır. Hesaplanan bu sayısal veriler neticesinde güneş enerji santrali kurmak isteyen yerel yönetimlerin yatırımın mali analizini görmeleri hedeflenmiştir. Bu şekilde yapacakları yatırımların ortaya çıkaracağı sonuçlar görünerek daha etkin projeler hazırlanacak, ülke ekonomisine ve aynı zamanda yerel yönetimin kendi bütçesine etkisi hesaplanabilecektir. Yapılan bu analizin yatırım maliyeti ve finans kaynağı temini Gürsu Belediyesinden alınmış olup diğer tablo ve

analiz çalışmaları oluşturulan excel tabanlı programda, mevcut formüllerle hazırlanmıştır.

3.5.1 Toplam Yatırım Maliyeti

Gürsu Belediyesinin yapmış olduğu tesisin yapılan finansal analizinde yatırım maliyeti %50'si yabancı kaynaklı %50'si Bursa, Eskişehir, Bilecik Kalkınma Ajansından hibe olarak karşılanmıştır.

Tablo 3.2'de 103 KW kapasiteli güneş enerjisi santrali projesinin ana yatırım kalemleri ve bu kalemlerin içerikleri özetlenmiştir. Toplam yatırım maliyeti Sistem kurulum maliyeti, Elektrik, tesis, arazi ve kamulaştırma maliyeti 3 ana başlıkta toplanmıştır. Bu projede de belediyeye ait arsa bulunduğu için arazi ve kamulaştırma maliyeti bulunmamaktadır. Tablo 3.2'de de görüldüğü gibi toplam proje maliyeti 300.00,00 TL'dir.

Tablo 3.2: Gürsu belediyesi güneş enerjisi santrali toplam maliyet bilgileri.

Malzeme/İşin Adı	Birimi	Miktarı	Tutarı
Sistem Kurulumu Maliyeti			
Birinci Uygulama PV Panel, İnverter, Senkronizasyon Sistemi, Arazinin Hazırlanması ile Sistem Kurulumu (96 kilovatlık Ongrid Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santrali)	€/KW	980	
PV Kurulu Güç	KW	96	
Birinci Uygulama Sistem Kurulum Maliyeti	€		94.080*
İkinci Uygulama PV Panel, İnverter, Senkronizasyon Sistemi, Arazinin Hazırlanması ile Sistem Kurulumu (4 kilovatlık Çift eksenli Ongrid Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santrali)	€/KW	1330	
PV Kurulu Gücü	KW	4	
İkinci Uygulama Sistem Kurulum Maliyeti	€		5.320*
Üçüncü Uygulama PV Panel, İnverter, Senkronizasyon Sistemi, Arazinin Hazırlanması ile Sistem Kurulumu (3 kilovatlık Mobil Güneş Evi)	€/KW	1200	
PV Kurulu Gücü	KW	3	
Üçüncü Uygulama Sistem Kurulum Maliyeti	€		3.600*
Toplam	€		103.000
	TL	103.000*2,6	268.000

Tablo 3.2 (Devam): Gürsu belediyesi güneş enerjisi santrali toplam maliyet bilgileri.

Elektrik Tesisleri Maliyeti			
Birinci Uygulama OG ENH, Trafo ve AG Pano Keşfi	TL	Adet	9.000
İkinci Uygulama OG ENH, Trafo ve AG Pano Keşfi	TL	Adet	3.000
Üçüncü Uygulama OG ENH, Trafo ve AG Pano Keşfi	TL	Adet	3.000
Birinci Uygulama ENH Yapımı	TL	Maktuen	6.000
İkinci Uygulama ENH Yapımı	TL	Maktuen	2.000
Üçüncü Uygulama ENH Yapımı	TL	Maktuen	2.000
Birinci Uygulama diğer Elektrik Tesisleri Proje ve Yapımı (Topraklama, Kamera, Paratoner vb.)	TL	Maktuen	5.000
İkinci Uygulama diğer Elektrik Tesisleri Proje ve Yapımı (Topraklama, Kamera, Paratoner vb.)	TL	Maktuen	1.000
Üçüncü Uygulama diğer Elektrik Tesisleri Proje ve Yapımı (Topraklama, Kamera, Paratoner vb.)	TL	Maktuen	1.000
Toplam	TL		32.000
Arazi Ve Kamulaştırma Maliyeti			
Belediyesince çözüleceğinden ilave maliyet hesaplarına dâhil edilmemiştir.	TL		0,00
Toplam	TL		0,00
Tesis kurulum maliyeti			
Sistem kurulumu maliyeti	TL	1	268.000
Elektrik tesisleri maliyeti	TL	1	32.000
Arazi ve kamulaştırma maliyeti	TL	1	0
Toplam maliyet	TL		300.000

* Gürsu Belediyesi'nin santrali kurduğu tarihte Avro 2,6 TL olarak alınmıştır.

3.5.2 Finansman maliyeti

Yatırımın %50'sinin yabancı kaynaklı olması durumunda oluşacak olan geri ödeme tablosu Tablo 3.3'de gösterilmiştir. Yapmış olduğum araştırmalarda banka kredi oranlarının ortalaması alınarak yıllık faiz oranı ve süresi belirlenmiştir. Toplam yatırım tutarı 300.000,00 TL olan projenin 150.000,00 TL'lik kısmının kredi şeklinde finanse edileceği düşünülmektedir. Kredi geri ödeme tablosu ile proje için kullanılan banka kredisinin yıllık anapara, faiz ve toplam ödeme planı çıkarılmıştır. Yıllık %7 faiz oranı ve kredinin geri ödemesi 10 yıl olacak şekilde oluşturulan tabloya göre yıllık ödeme miktarı 20.900,00 TL olduğu görülmüştür. 150.000,00

TL'lik kredi için 10 yılın sonunda toplam 58.995,00 TL faiz ödemesi yapılacağı hesaplanmıştır.

Tablo 3.3: Yabancı kaynağın geri ödeme tablosu.

Yıllar	Masraf	Ana Para	Faiz	Toplam Ödeme	Kalan Borç
1		10.739,75	10.159,77	20.900	139.260
2		11.516,13	9.383,40	20.900	127.744
3		12.348,63	8.550,90	20.900	115.395
4		13.241,31	7.658,21	20.900	102.154
5		14.198,53	6.701,00	20.900	87.956
6		15.224,94	5.674,58	20.900	72.731
7		16.325,56	4.573,97	20.900	56.405
8		17.505,73	3.393,80	20.900	38.899
9		18.771,22	2.128,30	20.900	20.128
10		20.128,19	771,33	20.900	0
TOPLAM		150.000	58.995	208.995	

3.5.3 İşletme Bakım-Onarım Giderleri

Tesisin çalıştırılması için Belediyenin mevcut olanakları kullanılacaktır. İşletme bakım ve onarım giderleri için toplam kurulum maliyetinin %0,5' i oranında bir miktar öngörülmüştür. Hazırlanmış olduğum 25 yıllık proforma gelir tablosunda işletme bakım onarım giderlerinin her yıl yüzde 5 oranda artacağı varsayılmıştır (www.dektmk.org.tr/pdf/enerji_kongresi_11/81.pdf erişim tarihi 06.09.2015).

3.5.4 Amortisman Tablosu

Her ürünün olduğu gibi güneş enerjisi santrallerinin de bir yıpranma payı vardır. Güneş enerjisi yatırımlarının çok uzun bir geçmişi olmadığı için yapılan ar-ge çalışmalarında ortalama ömrünün 25 yıl olduğu saptanmıştır. Tesisin daha uzun ömrünün olabilmesi için bakım ve onarım sağlıklı ve düzenli bir şekilde uzman kişiler tarafından yapılmadığıdır. Bu sayede ar-ge çalışmalarında ortaya çıkarılan 25 yıl kavramı gerçeğe uygun hale getirilecektir. 213 sayılı Vergi Usul Kanuna göre Güneş enerjisi santrallerinin amortisman hesabında faydalı ömür olarak minimum 10 yıl

yani minimum %10 yıpranma payı kullanılması zorunludur. Ar-ge çalışmalarını baz aldığımızda 213 sayılı Vergi Usul Kanunundaki kriterlerin sağlanmış olduğu görülmektedir. Yapılan hesaplarda bu yıpranma payının düşürülmesi için ekonomik ömrü 25 yıl olan tesise ait amortisman tablosu oluşturulmuştur.

Tablo 3.4: Güneş enerji santrali projesi amortisman tablosu.

Toplam Yatırım Bedeli			300,000
KDV (-)			0
Sigorta (-)			0
Kamulaştırma (-)			0
İşletme Sermayesi (-)			0
Amortismana Esas Alınan Miktar			300,000
Amortisman			12,000
Yıllar	Amortisman	Yıllar	Amortisman
1	12,000	14	12,000
2	12,000	15	12,000
3	12,000	16	12,000
4	12,000	17	12,000
5	12,000	18	12,000
6	12,000	19	12,000
7	12,000	20	12,000
8	12,000	21	12,000
9	12,000	22	12,000
10	12,000	23	12,000
11	12,000	24	12,000
12	12,000	25	12,000
13	12,000		

3.5.5 İşletme Gelir- Gider ve Proforma Gelir Tablosu

Şebeke bağlantılı lisanssız elektrik santrallerinin şüphesiz ki en önemli geliri elektrik satışından gerçekleşmektedir. Gürsu Belediyesinin santralının üretim kapasitesi yılda 143.804 kWh'dır. Panel üreticilerinin verilerine göre panel hücre verimliliği her yıl %0,5 azalmaktadır. Bu azalmayla birlikte üretilen enerji miktarı da doğru orantılı bir şekilde düşmektedir. Tabloda kurulmuş olan tesisin, 25 yıllık periyotta elektrik üretimi miktarının her yıl %0,5 azaldığı varsayımı ile her yılın üretim miktarı ayrı ayrı gösterilmiştir.

Üretilen enerjinin tamamı mahsuplaşacağı için (tüketilen enerji üretilen enerjiden daha fazla) işletme gelirleri hesaplanırken elektrik birim satış fiyatı olarak belediyenin ortalama enerjiye ödediği fiyat olan 36 kuruş/kWh baz alınmıştır.

Enerji üretiminin her yıl ortalama %0,5 azalacağı, işletme giderlerinin ve elektrik satış fiyatının her yıl %5 enflasyon oranında artacağı varsayılarak hesaplanan Proforma Gelir Tablosu yatırımın 25 yıllık ekonomik ömrü göz önüne alınarak hazırlanmış ve Tablo 3.5'de yapılan tüm gelir ve gider hesapları sunulmuştur. Yapılan tesisin enerji üretimi ile kazanılan gelirin her yıl artış göstermesi tesisin ekonomik açıdan yapılabilirliğini doğrulamaktadır.

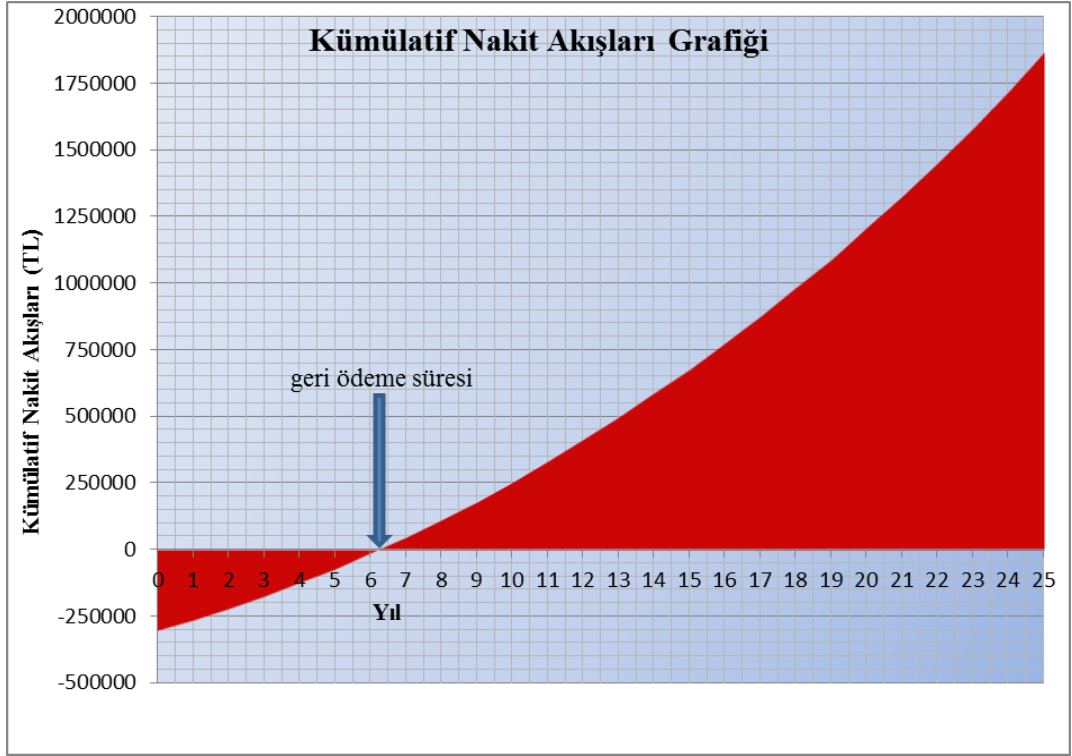
Tablo 3.5: Gürsu belediyesi güneş enerjii santrali projesi proforma gelir tablosu (TL).

Yıllar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Proje Gelirleri	51.769,44	54.086,12	56.506,48	59.035,14	61.676,96	64.437,01	67.320,56	70.333,16	73.480,57	76.768,82	80.204,23	83.793,37	87.543,12
Birim Satış Fiyatı (mahsuplaşma)	36,00	37,80	39,69	41,67	43,76	45,95	48,24	50,66	53,19	55,85	58,64	61,57	64,65
Enerji Tüketimi (kWh)/Yıl	359.510,00	359.510,00	359.510,00	359.510,00	359.510,00	359.510,00	359.510,00	359.510,00	359.510,00	359.510,00	359.510,00	359.510,00	359.510,00
Enerji Üretimi (kWh)/Yıl	143.804,00	143.084,98	142.369,56	141.657,71	140.949,42	140.244,67	139.543,45	138.845,73	138.151,50	137.460,74	136.773,44	136.089,57	135.409,13
Proje Giderleri	13.500,00	13.575,00	13.653,75	13.736,44	13.823,26	13.914,42	14.010,14	14.110,65	14.216,18	14.326,99	14.443,34	14.565,51	14.693,78
Arazi Kirası	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
İşletme Giderleri	1.500,00	1.575,00	1.653,75	1.736,44	1.823,26	1.914,42	2.010,14	2.110,65	2.216,18	2.326,99	2.443,34	2.565,51	2.693,78
Amortisman Gideri.	12.000,00	12.000,00	12.000,00	12.000,00	12.000,00	12.000,00	12.000,00	12.000,00	12.000,00	12.000,00	12.000,00	12.000,00	12.000,00
Finansman Gideri	10.565,59	9.704,26	8.844,09	7.921,73	6.932,70	5.872,16	4.734,97	3.515,56	2.208,01	805,93			
Vergi Öncesi Kar	27.703,85	30.806,86	34.008,64	37.376,97	40.921,01	44.650,42	48.575,45	52.706,95	57.056,38	61.635,91	65.760,89	69.227,86	72.849,34
Vergi (*)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Net Kar	27.703,85	30.806,86	34.008,64	37.376,97	40.921,01	44.650,42	48.575,45	52.706,95	57.056,38	61.635,91	65.760,89	69.227,86	72.849,34
Yıllar	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Proje Gelirleri	91.460,68	95.533,54	99.829,56	104.296,93	108.964,22	113.840,37	118.934,73	124.257,06	129.817,56	135.626,90	141.696,20	148.037,10	
Birim Satış Fiyatı (mahsuplaşma)	67,88	71,28	74,84	78,58	82,51	86,64	90,97	95,52	100,29	105,31	110,57	116,10	
Enerji Tüketimi (kWh)/Yıl	359.510,00	359.510,00	359.510,00	359.510,00	359.510,00	359.510,00	359.510,00	359.510,00	359.510,00	359.510,00	359.510,00	359.510,00	
Enerji Üretimi (kWh)/Yıl	134.732,08	134.058,42	133.388,13	132.721,19	132.057,58	131.397,29	130.740,31	130.086,61	129.436,17	128.788,99	128.145,05	127.504,32	
Proje Giderleri	14.828,47	14.969,90	15.118,39	15.274,31	15.438,03	15.609,93	15.790,43	15.979,95	16.178,94	16.387,89	16.607,29	16.837,65	
Arazi Kirası	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
İşletme Giderleri	2.828,47	2.969,90	3.118,39	3.274,31	3.438,03	3.609,93	3.790,43	3.979,95	4.178,94	4.387,89	4.607,29	4.837,65	
Amortisman Gideri.	12.000,00	12.000,00	12.000,00	12.000,00	12.000,00	12.000,00	12.000,00	12.000,00	12.000,00	12.000,00	12.000,00	12.000,00	
Finansman Gideri													
Vergi Öncesi Kar	76.632,20	80.583,64	84.711,17	89.022,62	93.526,19	98.230,44	103.144,30	108.277,11	113.638,62	119.239,01	125.088,91	131.199,45	
Vergi (*)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Net Kar	76.632,20	80.583,64	84.711,17	89.022,62	93.526,19	98.230,44	103.144,30	108.277,11	113.638,62	119.239,01	125.088,91	131.199,45	

* Mahsuplaşmadan elde edilen gelir vergiden muaf tutulmuştur.

3.5.6 Geri Ödeme Süresi

Bu yöntem ile yatırım projesinin kurulum maliyetinin kaç yıl içinde geri kazanılacağı hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu değer yatırımcı için önemlidir. Bu süre yatırımcının belirlemiş olduğu süre ile kıyaslandığında kabul edilebilir düzeyde veya daha az ise proje kabul edilir, aksi halde ret edilir. Bu yöntem projenin karlılığından ziyade likiditesi hakkında fikir vermektedir. %50 yabancı kaynak ve %50 hibe finansman kullanımını inceleyen hesaplama yöntemi olarak hazırlanan proforma gelir tablosu (nakit akış tablosu) nakit akışının kümülatif pozitif değere geçtiği süre projenin geri dönüş süresi olarak kabul edilmiştir.



Şekil 3.8: Kümülatif nakit akışları grafiği.

Şekil 3.13’de verilen kümülatif nakit akışları grafiğine göre yatırımın geri dönüş süresi 6,2 yıldır.

3.5.7 Net Bugünkü Değer (NBD)

Bir yatırımın net bugünkü değeri (NBD), belli bir iskonto oranından hesaplanan işletme gelir ve giderlerinin ve proje maliyetinin toplamıdır. Bu toplam

pozitif ise proje “ kabul edilebilir” negatif ise “kabul edilemez” olarak düşünülür. Bu durumda $NBD > 0$ olması esas alınır. Birden fazla proje üzerinde çalışılıp aralarından seçim yapılacağı durumlarda ise NBD’i büyük olan proje seçilmelidir. $NBD = 0$ olması durumunda işletme gelirlerinin işletme gider ve yatırım maliyetini ancak karşıladığı anlaşılır (Demirbugan, M., 2008).

$$NBD = \sum_{t=0}^n \frac{Bt}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{Ct}{(1+r)^t} \quad (\text{Denklem 3.1})$$

NBD yukarıdaki formül yardımı ile hesaplanabilir. Bu formülde

$Bt = t$ yılındaki nakit girişi;

$Ct = t$ yılındaki nakit çıkışı;

$n = 1,2,3,\dots,n$ yıl

$r =$ iskonto oranı olarak kullanılır.

Iskonto oranı NBD’i büyük açıdan etkilemektedir. Iskonto oranı, aslında yatırımdan beklenen verim oranını göstermekte diyebiliriz. Bu proje için iskonto oranı %7 yabancı kaynak maliyeti ve %9,8 öz kaynak maliyetinin ağırlıklı ortalaması alınarak %8,4 olarak alınmıştır. %8,4 iskonto oranı için hesaplanan net bugünkü değer Tablo 3.6’da gösterilmektedir. (Demirbugan, M., 2008).

Tablo 3.6: Net nakit girişi ve indirgenmiş gelirler tablosu.

Yıllar	Net Kar	Amortisman	Net Nakit Girişi	İndirgenmiş Gelirler
1			-300.000	-276.752,77
2	27.704	12.000	39.704	33.788,90
3	30.752	12.000	42.752	33.563,69
4	33.959	12.000	45.959	33.285,09
5	37.332	12.000	49.332	32.959,63
6	40.881	12.000	52.881	32.593,26
7	44.617	12.000	56.617	32.191,38
8	48.548	12.000	60.548	31.758,89
9	52.686	12.000	64.686	31.300,25
10	57.043	12.000	69.043	30.819,48
11	61.630	12.000	73.630	30.320,24
12	65.761	12.000	77.761	29.539,95
13	69.228	12.000	81.228	28.465,86
14	72.849	12.000	84.849	27.430,80
15	76.632	12.000	88.632	26.433,36
16	80.584	12.000	92.584	25.472,16

Tablo 3.6 (Devam): Net nakit girişi ve indirgenmiş gelirler tablosu.

Yıllar	Net Kar	Amortisman	Net Nakit Girişi	İndirgenmiş Gelirler
17	84.711	12.000	96.711	24.545,89
18	89.023	12.000	101.023	23.653,29
19	93.526	12.000	105.526	22.793,13
20	98.230	12.000	110.230	21.964,23
21	103.144	12.000	115.144	21.165,45
22	108.277	12.000	120.277	20.395,71
23	113.639	12.000	125.639	19.653,94
24	119.239	12.000	131.239	18.939,14
25	125.089	12.000	137.089	18.250,31
26	131.199	12.000	143.199	17.586,52
				NBD=392.118

3.5.8 İç karlılık oranı (İKO)

İKO net bugünkü değeri sıfıra eşitleyen rakamdır.

$$\text{İKO} = \left(\sum_{t=0}^n \frac{Bt}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{Ct}{(1+r)^t} \right) \quad (\text{Denklem 3.2})$$

Yukarıdaki formülle İKO hesaplanır. Başlangıçta bir rakam verilerek NBD hesaplanır ve bulunan değer pozitifse NBD=0 oluncaya kadar İKO ya verilen değer artırılarak tekrar hesaplama yapılır. NBD negatif çıkarsa İKO azaltılarak NBD=0 oluncaya kadar tekrar hesaplama yapılır. Bulunan İKO değeri projeden beklenen karlılık oranından yüksekse proje onaylanır. Birden fazla proje arasında seçim yapılacaksa İKO'nı büyük olan proje seçilmelidir (Demirbugan, M.A., 2008).

Bu proje için Tablo 3.7'de Excel yardımıyla hesaplanan %19 İKO değeri referans değeri projenin ağırlıklı ortalama sermaye maliyeti olan %8,4'ün iki katından fazla olması projenin oldukça karlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.7: İç karlılık oranı.

Yıllar	Net Kar	Amortisman	Net Nakit Girişi	İndirgenmiş Gelirler
1			-300.000	-252.156,64
2	27.704	12.000	39.704	28.049,87
3	30.752	12.000	42.752	25.386,63
4	33.959	12.000	45.959	22.938,42
5	37.332	12.000	49.332	20.695,44
6	40.881	12.000	52.881	18.646,55
7	44.617	12.000	56.617	16.779,87
8	48.548	12.000	60.548	15.083,18
9	52.686	12.000	64.686	13.544,21
10	57.043	12.000	69.043	12.150,94
11	61.630	12.000	73.630	10.891,70
12	65.761	12.000	77.761	9.668,32
13	69.228	12.000	81.228	8.488,76
14	72.849	12.000	84.849	7.453,10
15	76.632	12.000	88.632	6.543,78
16	80.584	12.000	92.584	5.745,41
17	84.711	12.000	96.711	5.044,43
18	89.023	12.000	101.023	4.428,98
19	93.526	12.000	105.526	3.888,61
20	98.230	12.000	110.230	3.414,17
21	103.144	12.000	115.144	2.997,61
22	108.277	12.000	120.277	2.631,87
23	113.639	12.000	125.639	2.310,75
24	119.239	12.000	131.239	2.028,82
25	125.089	12.000	137.089	1.781,28
26	131.199	12.000	143.199	1.563,94
				NBD=0
				İKO=%19

3.5.9 103 KW'lık Güneş Enerjisi Santrali Finansal Analizi Sonucu

Dünya genelinde enerji yatırımları için, geri dönüşüm süresi 10 yıldan az olan projeler doğru yapılan yatırım olarak kabul edilmektedir. Enerji sektöründeki yatırımların ortak özellikleri aşağıda sıralanmıştır;

- 1- Geri dönüşüm sürelerinin uzun olması,
- 2- Uzun olan geri dönüşüm süresine rağmen sürdürülebilir pazar ortamının olması,

3- Birim başına düşünülduğünde, birim ürün başına düşen karlılık oranlarının çok yüksek olmasıdır.

Bu fizibilite çalışmasında ele alınan 103 KW lık Güneş Enerjisi Santrali yatırımındaki sonuçlar, dünya genelindeki enerji sektörü yatırımları ile karşılaştırıldığında genel özelliklerine göre bakıldığında uygun sonuçlar vermektedir. Fizibilite sonucunda yatırım finansal açıdan değerlendirildiğinde dikkate alınan temel hususlar ve sonuçları aşağıda sıralanmıştır:

- 1- Yatırımın net bugünkü değerinin pozitif (NBD= 392.118 TL) çıkmış olması,
- 2- Yatırım maliyetinin %50'inin öz kaynak, %50 hibe ile karşılanmış olması,
- 3- İç karlılık oranının ağırlıklı ortalama sermaye maliyetinden büyük olması (İç karlılık oranı = %19>A.O.S.M.= %8,4)
- 4- Yatırımın 6,2 yıl içerisinde yatırım maliyetinin karşılanarak geri dönüşünün olması,

Dikkate alınan bu sonuçlar itibariyle bu yatırım Belediyeler için model oluşturabilecek nitelikte bir modeldir.

3.6 Gürsu Bursa Belediyesi Swot Analizi

Belediye yetkilileri (Belediye Başkanı, Mali Hizmetler Müdürü, Fen İşleri Müdürü ve Çalışanları, Enerji Birimi Yetkilisi ve Çalışanları) ile sistemin düşünce aşamasından kurulumuna, kurulumundan enerji üretimine, üretimden sisteme verilmesine kadar olan tüm süreçler incelenmiştir. Bu süreçlerde yaşanan tüm iş akışları değerlendirilmiş olup bu değerlendirmeler eşliğinde Gürsu Belediyesine ait SWOT analizi oluşturulmuştur.

3.6.1 Güçlü Yönler

Gürsu'da Güneş enerjisinin, herhangi bir ulaşım harcaması olmaksızın her yerde sağlanabilmesi. Sistem kurulduktan sonra üretilen enerji ana trafoya bağlantı yapılarak sisteme aktarılabilir. Kurulan güneş enerjisi tesisi trafoya yakınlığı nedeni ile ayrıca enerjiyi iletmek için harcaması yapılmaması,

1. 3 tesisten elde edilen enerji ile belediyenin toplam elektrik giderlerinin %40'ı güneş enerjisinden karşılanmaya başlamıştır. Tesisin üretime

- başlaması ile birlikte belediyenin enerji giderlerinin üretilen enerjinin ilgili elektrik dağıtım şirketiyle mahsuplaşılması ile azalmasının sağlanması,
2. Park ve rekreasyon alanlarının sulama ve aydınlatma enerji ihtiyacının 4 kilovatlık trackerli çift eksenli sistem ile çözümlenmesi,
 3. Gürsu Belediyesinin yapmış olduğu araştırmalar ve fizibiliteler neticesinde konuyu potansiyel yatırımcılara ve girişimcilere sunduğu rehberlik hizmetleri verebilecek seviyede bilgilenmiş olması. (Belediyenin bu yatırımı gerçekleştiren ilk kurum olması ve süreçleri iyi bilmesi),
 4. Belediyeye ait bu iş için uygun 2 dönüm arazisinin olması. Arazi maliyetinin ayrıca oluşmamış olması,
 5. Gürsu'daki konut ve sanayi yapılarının elverişli olması. İlçede ki konut ve sanayi yapıları çevresinde enerji ihtiyacını giderebilmek için kurulacak tesise ait uygun arazilerinin bulunması ve binaların çatılarının sisteme uyumlu hale getirilecek şekilde olması,
 6. Belediyenin üzerinde durduğu önemli konulardan birisi de doğa ve çevre sağlığıdır. Güneş enerjisi sistemleri temiz hava, temiz çevre için yegane alternatif enerji kaynağı olması belediyenin misyonuna destek olması.

3.6.2 Zayıf Yönler

1. Gürsu'da güneş enerjisi verimliliğinin diğer bölgelerimize nazaran düşük olması,
2. Güneş enerjisinin yoğunluğu az olması ve sürekli olmaması. Gürsu ilçesinde de istenilen anda istenilen yoğunlukta bulunamaması,
3. Belediye bütçesinin bu tür yatırımlar için sınırlı olması, Yapılan yatırıma özel bütçede herhangi bir kalem ayrılmamış olması, kurulacak tesis için finansal ihtiyacın bulunmasında yaşanan zorlukların olması,
4. Kamuoyunun bu tür yatırımlara israf gözüyle bakması. Yerel yönetimlerin Belediye Başkanları seçimle başa geldiği için yapılan tüm yatırımlarda kamuoyunun düşüncesine önem verilmesi.

3.6.3 Fırsatlar

1. GEPA haritasına göre ulusal düzeyde düşük verimliliğe sahip Bursa ilinin dahi yatırım konusunda bizden 1.000 kat önde olan Almanya ya göre 2 kat daha verimli olması,
2. Ongrid sistemle ilgili yönetmelik ve tebliğlerdeki eksikliklerin düzeltilmesinde belediyenin öncelik yapmış olması, Ongrid, yüksek gerilimden elektrik üreten ilk tesis olup, bundan sonra Ankara TEDAŞ'a başvuru yapılacak projelere TİP proje olarak model oluşturmuş olması,
3. Uygulanabilirliğin yüksek olması: bu konuda yapılacak çalışmalara Gürsu ilçesinde hiç yapılmamış olmasından dolayı bölgenin bu konuya ilginin fazla olması,
4. Sektörle ilgili teşvik mekanizmalarının cazip hale gelmesi. Devletin ilgili kurumlarının sunduğu hibe destekleri. Özellikle İPARD kapsamında açılması beklenen büyük bütçeli hibe teklif çağrılarını ile projenin yarısının karşılanması,
5. Bursa'nın bir sanayi kenti olması, Sanayicilerin fabrikalardaki ve atölyelerde enerji sarfiyatının yüksek olmasından dolayı enerji yatırımlarına yeterli ilginin olması.

3.6.4 Tehditler

1. TEDAŞ Genel Müdürlüğünün proje ile ilgili inceleme ve onay sürecinin uzun sürmesi, Yenilenebilir enerji ile ilgili yönetmelik, tebliğ ve diğer ilgili mevzuatların TEDAŞ, TEİAŞ ve dağıtım firmaları tarafından yorumlanmasında farklılıklar bulunmaktadır. Bu da süreci çok ciddi uzatabilmekte ve gereksiz yatırım maliyetlerine sebebiyet vermektedir. Bu açıdan bu kurumların bir araya getirilerek izlenecek yol haritası netleştirilmesi ve mevzuatlardaki yoruma açık/boş noktalar süratle giderilmelidir. Bunun yanında; dağıtım firmalarının kurumsal yapısı ilgili mevzuatlar çerçevesinde gözden geçirilmeli ve eksikliklerin giderilmesi,
2. Elektrik dağıtım şirketinin belediyeyi kamu kurumu olarak görmediği için, elektrik üretimi aşamasında, üretilen enerjiyi sisteme bağlamada yaşanan

zorlukların olması, UEDAŞ'dan bağlantı anlaşmasına çağrı mektubu 2 ay gecikmeli alınabilmesi,

3. Kamuoyunun, işletmelerin ve kamu kurumlarının istenen bilgi ve bilinç düzeyinde olmaması,
4. Dikkat edilmediği takdirde görüntü kirliliğine yol açabilecek olması ve çevre halkı tarafından tepki çekebilme ihtimalinden dolayı yapılan projeye ayrıca görsellik kazandırma zorunluluğunun olması.

Tablo 3.8: Gürsu belediyesi swot analizi.

Güçlü Yönler	Zayıf Yönler
Üretilen enerjinin sisteme iletim harcaması olmaması	Gürsu ilçesinin güneş verimliğinin düşük olması
Elektrik giderlerinin %40'ı güneş enerjisinden karşılanması	Belediyenin bu tür yatırımlar için bütçesinin sınırlı olması
Park ve rekreasyon alanlarının sulama sorununun giderilmesi	Bilimsel verilerde ki değişkenlikler
Gürsu belediyesinin güneş enerjisi sisteminde uzmanlaşması	Kamuoyunun düşüncesinin olumsuzluğu
Belediyeye ait bu iş için uygun 2 dönüm arazisinin olması	
Ülkemizde bu sektörün alt yapısının gelişmeye başlaması	
Gürsu'daki konut ve sanayi yapılarının elverişli olması	
Doğaya ve çevreye destek olması	
Fırsatlar	Tehditler
Bursa ilinin coğrafi konumu	Çok ağır seyreden bürokrasi
Sistemle ilgili yönetmelik ve tebliğlerdeki eksikliklerin tespiti	Bağlantı anlaşmasındaki gecikmeler
Uygulanabilirliğin yüksek olması	Kamuoyunun ve kurumların bilinçsizliği
İPARD hibe desteği	Görsellik kazandırma zorunluluğunun olması
Bursa'nın bir sanayi kenti olması	

3.7 Güneş Enerji Sistemleri Yatırımları İçin SWOT Analizi

Ülkemizde Yerel Yönetimlerin enerji giderlerinin toplam enerji giderindeki payı azımsanamayacak kadar fazladır. Bu çerçevede yerel yönetimlerin enerji ihtiyaçlarını yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılayabilmesi için İller Bankası A.Ş. teknik ve finansal danışmanlık hizmeti vermektedir.

Bu amaçla; İller Bankası bünyesinde kurulan Yenilenebilir Enerji Kaynakları Müdürlüğü GES, RES, HES, Biyogaz, Jeotermal ve benzeri yenilenebilir enerji kaynaklı projeler için ön fizibilite/fizibilite etütleri yapmak, yaptırmak ve elektrik projeleri hazırlamaktadır. Yerel yönetimlerin projeleri için uygun kredileri kullanılmakta ve ayrıca hibe kaynakları konusunda bilgilendirme çalışmaları ve danışmanlık hizmetlerini yürütmektedir.

Yerel Yönetimler, Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu (TKDK)'nin Yenilenebilir Enerji Sektöründe vereceği 94 milyon avroluk hibe (IPARD-II) programdan faydalanmak amacıyla güneş enerjisi projesi için Mayıs-Kasım 2015 ayları arasında İller Bankası'na başvurmuş ve fizibilite çalışmalarına devam edilmektedir. Enerji tüketimleri sonucu ağır bir yük altına giren yerel yönetimler, bu giderlerini karşılamak için Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına yönelmektedirler. Yerel Yönetimlerin içinde buldukları coğrafi koşullar, sahip oldukları varlıklar (arsa, bina, spor tesisleri, fabrika vs.), mali (kredibilitesi) ve teknik yeterliliklerini ortaya koyabilmek için mahallinde görüşmeler yapılarak söz konusu unsurlar gözden geçirilmektedir. Daha sonra buradan elde edilen sonuçlara göre o yerel yönetim için en uygun proje geliştirilmektedir. Bu teknik destek kapsamında, Belediye ile görüşmeler yapılarak proje hakkında ki olumlu ya da olumsuz düşünceler kayıt edilmektedir.

Alınan bu bilgiler sayesinde Güneş Enerji Santralleri için SWOT analizi yapılmış, bu sonuçlar ışığında değerlendirmelerde bulunulmuştur.

3.7.1 Güçlü Yönler

1. Güneş enerjisi bitmesi imkansız gibi gözükken bir enerji kaynağıdır. Güneşten gelen enerji 10 dakika tutulsa tüm dünyanın bir yıllık enerji ihtiyacının karşılanacağını tezi savunulmaktadır. Güneş enerjisinin sonsuz bir enerji kaynağı olduğu düşünülebilir.

2. Güneş enerjisi, katışıksız bir enerji türüdür. Çevre ve insan sağlığı açısından gaz, duman, toz, karbon veya kükürt gibi zararlı maddeleri içermemektedir.
3. Diğer enerji kaynaklarına göre kurulumu daha kolaydır. Diğer enerji kaynaklarına göre daha kısa sürede ve daha az teknik destekle kurulabilmektedir. Yerel yönetimlerin kısıtlı personel kadrolarına ayrıca yeni bir kadro ihtasına gerek kalmadan kendi personeli ile bunu gerçekleştirebilirler. 1 MW'lık bir sistemin kurulumu normal koşullar altında altı ay gibi kısa bir sürede tamamlanabilmekte ve enerji üretimine geçilebilmektedir.
4. Enerji üretim maliyetleri çok düşüktür. Üretim esnasında tesis bakımı ve koruması haricinde herhangi bir üretim maliyeti yok denecek kadar azdır. Kısıtlı bir bütçeye sahip olan belediyelerin üretim için ayrı bir bütçe ayırmalarına gerek kalmamaktadır.
5. Yenilenebilir enerji kaynakları ile kurulmuş olan elektrik enerjisi üretim tesislerinden üretilen elektriğin ihtiyaç fazlası kısmı YEK Kanununa ekli I sayılı Cetvelde yer alan fiyattan 10 yıl süreyle satın alınma garantisi kapsamında devlete satılabilmektedir.
6. Ülkemizde bu sektörün alt yapısı gelişmeye başlamakta ve kalifiyeli eleman sayısı özel sektör ve üniversiteler tarafından arttırılmaya çalışılmaktadır. Yerel yönetimlerin kalifiyeli eleman ihtiyaçları rahatlıkla giderilebilmektedir.
7. Yerel yönetimler imar uygulama çalışmaları sırasında Güneş enerjisi kurulumunda ihtiyaç olacak arazi ihtiyacını Düzenleme Ortaklık Payı (DOP) çerçevesinde karşılayabilmektedirler. Ayrı bir maliyet oluşturmamaktadır. Bir megavatlık bir sistem için yirmi (20) dönüm araziye ihtiyaç duyulmaktadır. İstenilen üretim miktarı artıkça veya azaldıkça ihtiyaç duyulan arazi doğru orantılı olarak değişmektedir.
8. Temiz hava, temiz çevre için yegane alternatif enerji kaynağı olması. Belediyenin görevleri arasında çevre temizliği olmasından dolayı yapılan tesisin çevreye zararlı emisyonlara, atmosferik ısınmaya, asit yağmurlarına veya doğal bitki örtüsüne olumsuz bir etkisi bulunmamaktadır.
9. Güneş enerjisi potansiyeli birçok Avrupa ülkesinin toplam potansiyelinden yüksektir. Yerel yönetimlerin enerji giderleri bütçelerinde geniş bir yer

tutmaktadır. Ülkemizin güneş enerjisi potansiyeli incelendiğinde bu ihtiyaçlarını güneş enerjisi ile karşılayabilecek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bu potansiyel yerel yönetimlerin sadece enerji ihtiyaçlarını karşılamakta kalmayıp, ciddi anlamda kaynak oluşturabilecek bir yatırım haline getirilebilir.

10. Belediyelerin devlet kuruluşu olmasından dolayı yenilenebilir enerji kaynakları yatırımlarına çok fazla olmasa da devlet katkısından faydalanabilme imkanı bulunmaktadır. Kalkınma Bakanlığı Bölgesel kalkınma planları çerçevesinde Güneş enerjisi kurulumlarında belirli oranlarda hibe verebilmektedir. Belediyelerin yapmış oldukları bu tür projelere finansal destek bulabilmeleri özel sektör yatırımcılarına göre daha fazladır. Projenin %50 maliyetini kalkınma bakanlığından hibe olarak karşılanmıştır.
11. İller Bankası Yenilenebilir enerji üzerine yapılan çalışmalarda uygun vade ve faiz oranlarında kredi verebilmektedir. Bu kredi olanağından sadece yerel yönetimler faydalanabilmekte, Bu krediler özel sektör yatırımcılarına kapalıdır.

3.7.2 Zayıf Yönler

1. Türkiye'deki yerel yönetimlerin bölgesel farklılıklarından dolayı güneş enerjisi potansiyeli farklılık göstermektedir. Bu farklılıktan kaynaklanan enerji verimliliği farkları oluşmakta, yapılan yatırımların geri dönüşüm süreleri değişmektedir.
2. Güneş enerjisinin yoğunluğu azdır ve sürekli değildir. Enerji üretimi güneş enerjisinin yoğunluğu ile orantılıdır. Yerel yönetimlerin kurulum yapacakları arazileri güneş enerjisinin yoğunluğunun fazla olduğu alanlardan seçebilme imkanları kısıtlı olup, istenilen alanlarda araziye sahip olunamamaktadır.
3. Bilimsel verilere çok fazla uygun olmayan değişken güneşlenme süreleri oluşmaktadır. Bilimsel verilerin daha gerçekçi olabilmesi için yapılan ar-ge çalışmalarının daha uzun süreli olması gerekmektedir. Yapılan uzun süreli arge çalışmaları yerel yönetimlerin yapacakları yatırımları geciktirmektedir.

4. Enerji yatırımlarıyla ilgili aşırı düzeydeki bürokrasinin var olması, yerel yönetimlerin yapacakları yatırımları oldukça zorlaştırmaktadır. Kurulum aşamasına ve kurulumdan sonra üretilen enerjinin sisteme aktarılması için yapılan bürokratik engellerin çok fazla olması, yerel yönetimlerin yapacakları yatırımlardan vazgeçilmesine neden olmaktadır.
5. Yerel yönetimlerin bütçesinin bu tür yatırımlar için sınırlı olmasıdır. Finansman yetersizliğini ortaya çıkarmaktadır. Yapılan yatırımlar için istenilen oranda ve istenilen ölçekte kaynak bulanamamaktadır.
6. Kamuoyunun bu tür yatırımlara israf gözüyle bakması yerel yönetimlerin bu tür yatırımların yapılmasını engellemektedir. Bölgede yaşayan insanların başka sorunları varken böyle bir yatırıma ayrılacak bütçenin gereksiz olduğu düşünülmektedir. Ülkemizin bu konuda bilinçlendirip, enerji sorunun yenilenebilir enerji kaynakları ile giderilebileceğinin farkına varılması gerekmektedir.
7. Yapılan güneş enerjisi panellerinin hücrelerinin ülkemizde üretilmemesi aynı zamanda yerli üretime tam anlamı ile geçilememiş olunması yatırımların maliyetlerini yükseltmektedir. Her yerel yönetimin bu tür yatırımları yapabilmesi için sektörün kurulum maliyetlerinin düşürülmesi gerekmektedir.
8. Üretilen enerjinin tamamının depolanmaması önemli sorunları beraberinde getirmektedir. Üretilen enerjinin depolanabilmesi için kurulacak akü sistemlerinin çok yüksek maliyetlerle yapılması bu tür yatırımların bütçesini yükseltmektedir.
9. Kurumlar arası uyuşmazlıklar var olması yapılacak yatırımları zorlaştırmaktadır. Enerji şirketleri ya da diğer kurumlar yerel yönetimlerin bu tür yatırımlarına özel destek vermeleri gerekmektedir. Şahıs veya özel sektör yatırımcılardan daha ayrıcalıklı olması gerektiği düşünülmektedir. Yerel yönetimlerin bir devlet kurumu olduğu göz ardı edilememelidir.
10. Devletin yerel yönetimlere sağlamış olduğu sübvansiyonların artırılması gerekmektedir. Düşük faizli kredi, vergi iadesi veya muafiyeti gibi teşviklerin istenildiği oranda olmaması yapılacak yatırımların ertelenmesine neden olmaktadır.

11. Yerel yönetimler bu tür çalışmalar için ar-ge çalışmalarına çok fazla yer vermemektedirler. Bilinçsiz yapılan yatırımların beklenen oranda enerji üretememesi hayal kırıklığı oluşturmaktadır. Eksik yapılan ar-ge çalışmalarının çıkardığı sonuçlar diğer çevresinde yatırım yapmayı düşünen yerel yönetimlerin yatırımlarından vazgeçmesine neden olmaktadır.

3.7.3 Fırsatlar

1. Ülkemizin coğrafi konumu bu tür yatırımları ön plana çıkarmaktadır. GEPA haritasına göre ulusal düzeyde güneş enerjisi verimliliklerinin farklılıkları oluşsa bile yatırım konusunda bizden 1.000 kat önde olan Almanya ya göre ülkemizde en az güneş alan bölgenin bile 2 kat daha verimli olması yerel yönetimlerin yapacakları yatırımlarda en önemli fırsat olarak görülmektedir. Her bölgedeki yerel yönetim bu tür yatırımları yapabilecek seviyede güneşlenme süresine sahiptir. Mevcut potansiyelin tam olarak kullanılması halinde Türkiye'deki belediyeler kendi enerji ihtiyaçlarını karşılayabileceklerdir.
2. Uygulanabilirliğin yüksek olması ve bu konuda yapılacak çalışmalara bölgenin ihtiyacının olması, yerel yönetimlerin güneş enerjisinden enerji ihtiyacını karşılamasına karar vermede öncelik oluşturmaktadır.
3. Fotovoltaik güneş enerji sistemi ekipmanları ülkemizde üretilmeye başlanmıştır. Kullanılacak malzemelerin üretiminin çoğalması, fiyatlarının ve yatırım maliyetlerinin her geçen yıl düşmesini sağlamaktadır. Bu durum yerel yönetimlerin ilerleyen yıllarda yatırımlarını arttırabilecektir.
4. Sektörle ilgili teşvik mekanizmalarının cazip hale gelmesi. Devletin ilgili kurumlarının sunduğu hibe destekleri. Özellikle IPARD (Avrupa Birliği Katılım Öncesi Yardım Aracı Kırsal Kalkınma Programı) kapsamında açılması beklenen büyük bütçeli hibe teklif çağrılarının olması yerel yönetimlerin fizibilite çalışmalarına hız vermesini sağlamıştır.
5. Ülkemizdeki sanayinin hızla büyümesi ile birlikte, enerji sarfiyatı her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle enerji ihtiyacının giderilmesinde yenilenebilir enerji yatırımlarına ilginin fazlaşmasını sağlamıştır.

6. Dünyada ve ülkemizde çevreye olan duyarlılığının artması yerel yönetimlerin enerji yatırımlarını güneş enerjisi sistemlerine yöneltmiştir. Doğanın ekolojik dengesine zarar vermemesi temiz enerji kaynağı olan güneş enerjisine olan yatırımları güçlendirmiştir.
7. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğünün 2015 yılı içerisinde 10 KW kadar olan yatırımlar için tip proje geliştirerek TEDAŞ proje onay süreçlerinden muaf tutacak olması küçük çaplı, yerel yönetimlerin kısmı enerji ihtiyaçlarını karşılamada güneş enerjisini kullanmalarını sağlayacaktır. Çıkacak bu yönetmelik sayesinde bürokrasiyi ve küçük ölçekli yatırımların maliyetini düşüreceğinden özellikle konut sektöründe ve kısmı enerji ihtiyaçlarının giderilmesinde önemli gelişmeler sağlayacağı beklenmektedir.
8. Ülkemizin güneş enerjisinden yararlanmasında ki zenginliği yabancı yatırımcıların bu sektördeki yatırımlar için ülkemize ilgisini arttırmaktadır. Yabancı yatırımcıların yerel yönetimlerle irtibata geçerek yatırımlarına yerel yönetimleri dahil etme isteğini ortaya çıkarmıştır.
9. Yerel yönetimlerin en fazla kullandığı fosillerle üretilen enerji gibi herhangi bir yakıt masrafı olmamakta, aynı zamanda ham madde arayışı içine girilmesine gerek kalmamaktadır.
10. Kurulacak olan tesislerde yerel yönetimlerin bilinçli personel bulup çalıştırması zordur. Güneş enerjisi güvenilir bir kaynaktır, meydana gelebilecek kazalar sadece kurulma ve bakım işleri ile ilgili olabilmektedir. Bu yüzden istenilen güvenlik ihtiyacı kısmı olacaktır.
11. Ülkemizin en önemli sorunlarından birisi olan işsizlik için yeni bir alan oluşturmaktadır. Yerel yönetimlerin sınırları içerisinde yaşayan insanlara istihdam sağlama imkanı vermektedir.
12. Yapılabilecek güçlü yatırımlarla belediyelerin şehir aydınlatmasına ayırdığı ve bütçede ciddi yer tutan enerji giderini yenilenebilir enerji ile karşılayabilme imkanı sağlayacaktır. Sokak lambalarına özel güneş enerjisi panelleri üretilmekte, gün içerisinde almış olduğu güneş enerjisini gece aydınlatmasında kullanabilme olanağı sağlanabilecektir.

3.7.4 Tehditler

1. Çok ağır seyreden bürokrasi. Özellikle TEDAŞ Genel Müdürlüğünün proje inceleme ve onay sürecinde çok yetersiz kalması. Yapılan görüşmeler neticesinde 600'e yakın dosyanın sırada bekliyor olması, proje onay sürecinin 5-6 ay sürmesi bu projeler içinde yerel yönetimlere öncelik verilmiyor olması, yapılacak yatırımların gecikmesinde en önemli sorunlarından birisidir.
2. Dağıtım firmalarının süreçte yatırımlara destek olmak olması büyük problemleri beraberinde getirmektedir. Bu tür yatırımlara rakip gözüyle bakması başvurularla ilgilenmemesi veya yönetmeliklerde dahi istenmeyen isteklerde bulunması yerel yönetimlerin yatırımlara olan ilgisini gün geçtikçe azaltmasından korkulmaktadır.
3. Ülkemizin bu alanda bakir bir Pazar olması sebebiyle yurtdışından özellikle ekonomik krizde olan Yunanistan gibi ülkelerdeki tesislerden sökülen ikinci el veya düşük kalitede ürünlerin ülkemize girmeye başlaması yerel yönetimlere satma çalışmaları ile ülkemizi teknoloji çöplüğüne dönüştürülmesine neden olabilir.
4. Kamuoyunun, işletmelerin ve kamu kurumlarının istenen bilgi ve bilinç düzeyinde olmaması bilinçsiz yatırımları beraberinde getirebilme sorununu çıkarabilir. Maddi problemi olmayan yerel yönetimlerin bilinçlendirilerek yatırımlarını yapması sağlanmalıdır.
5. Dikkat edilmediği takdirde görüntü kirliliğine yol açabilecek olması nedeniyle yapılan tesislerin peyzaj düzenine dikkat edilmediği takdirde yerel yönetimler kamuoyundan olumsuz eleştirilere maruz kalabilir.
6. Piyasada çantacı diye tabir edilen ve yeterli teknik kapasiteye sahip olmayan firmaların EPC firması olarak sektöre girmeye başlaması yerel yönetimlere yapılabilmesi düşük vaatlerin projelerini başarısızla sonuçlandıracaktır.
7. Yapılan tesislerin garanti süreleri laboratuvar ortamlarında ki ar-ge çalışmalarına göre 25 yıl olarak belirlenmiştir. Fakat teknolojinin yeniliğinden dolayı bu süredeki belirsizlikler devam etmektedir. Yerel yönetimler kuracakları bu tesislerin ne kadar süre ile enerji üreteceğini tam

olarak bilememekte ve bu konuda ki belirsizliklerden dolayı yatırım yapmakta kararsız kalmaktadırlar.

8. 5146 Sayılı Yenilenebilir Enerjileri Düzenleyen Kanunun yürürlüğe girmesine rağmen sektörde karşılaşılan pek çok yasal zorluk henüz aşılamamıştır. Lisansız üretim yapan tesislere devlet 10 yıl alım garantisi vermektedir. 10 yıl sonrası hala netleşmemiştir. Bu yüzden yerel yönetimler yapılacak olan yenilenebilir enerji yatırımlarının kapasite artırımına gitmemektedirler.
9. Alternatif enerji kaynakları doğa olaylarından etkilenmektedir. Dünyadaki iklim değişiklikleri ve iklimlerdeki dengesizlik kurulan güneş enerjisi tesislerini olumsuz etkileyebilmesinden endişe edilmektedir.

Tablo 3.9: Güneş enerji sistemleri yatırımları için swot analizi.

(S) Güçlü Yönler	(W) Zayıf Yönler
Güneş enerjisinin sınırsız bir enerji kaynağı olması	Yerel Yönetimlerin Bölgesel Farklılıkları
Güneş enerjisi, temiz bir enerji türü	Güneş enerjisi yoğunluğu azlığı
Diğer enerji kaynaklarına göre kurulum kolaylığı	Bilimsel verilerde ki değişkenlikler
Enerji üretim maliyetlerinin çok düşüklüğü	Bürokratik engellerin var olması
Üretilen enerjinin fazlasının satabilmesi	Finansman yetersizliği
Ülkemizde bu sektörün alt yapısının gelişmeye başlaması	Kurulum maliyetinin yüksek olması
Alternatif enerji kaynağı olması	Üretilen enerjinin depolanma sorunu
Güneş enerjisi potansiyelinin yüksekliği	Kurumlar arası uyumsuzluklar
Kısmi devlet katkısından faydalanabilme imkanı.	Devletin sağladığı muafiyetlerin azlığı
İller bankasının Yerel yönetimlere fizibilite, kredi imkanları	ARGE çalışmalarının yetersizliği

Tablo 3.9 (Devam): Güneş enerji sistemleri yatırımları için swot analizi.

(O) Fırsatlar	(T) Tehditler
Ülkemizin coğrafi konumu	Çok ağır seyreden bürokrasi
Uygulanabilirliğin yüksek olması	Enerji dağıtım firmalarının yatırımlara destek olması
Fotovoltaik sitemlerin parçalarının üretilebilmesi	Düşük kaliteye rağbetin olması
İPARD hibe desteği	Bilinçsiz yatırımların varlığı
Her geçen gün ilginin artması	Kurulan tesislerde çevre düzenine önem verilmemesi
Çevreye olan duyarlılığının artması	Firmaların teknik yetersizliği
10 KW'a kadar enerji üretiminin serbest bırakılması	Sistemin enerji üretim süresinde ki belirsizlik
Yabancı yatırımcıların ülkemize ilgisi	Alım garanti süresinin kısalığı
Sistemin ham madde ihtiyaç duymadan çalışabilmesi	Dünyada ki iklim kaymaları
Kurulacak sistemin güvenilirliği	Santrallerin faaliyete geçirilmesindeki gecikmeler
Yeni bir iş istihdamı oluşturması	
Şehir aydınlatmasında kullanılabilmesi	

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Enerji, insanların yaşamlarını idame ettirmeleri için kullanımı, sürdürülebilirliği içinde üretimi zorunlu olan bir ihtiyaçtır. Toplumların refah düzeylerinin yükseltilmesinde önemli rolü olan enerji, ülkelerin ekonomik ve sosyal kalkınmalarındaki en önemli göstergelerden biridir. Bu yüzden ülkelerin gelişmişlik seviyeleri belirlenirken kişi başına üretilen-tüketilen enerji miktarı da önemli bir parametre olarak göz önüne alınmaktadır.

Dünyadaki birçok savaş küresel ekonomideki gücü belirleyen enerji ihtiyacı yüzünden ortaya çıkmaktadır. Bu ihtiyaç artan nüfus, şehirleşme, gelişen teknoloji ve sanayi ile ülkelerin birinci önceliği olmaya devam etmektedir. Öncelikle elektrik enerji ihtiyacının giderilmesi, ülkelerin yeni arayışlar içine girmesine neden olmaktadır. Ülkeler birincil enerji kaynaklarını, hammadde ihtiyacı başta olmak üzere birçok olumsuz nedenden dolayı terk etmekte, yenilenebilir enerji kaynakları üzerinden enerji üretimine geçmeyi hedeflemektedir. Enerji ihtiyacı Türkiye içinde yıllardır büyük bir sorun teşkil etmekte ve gün geçtikçe bu sorun daha da büyümektedir. Ülkemizin enerji ihtiyacını kendi imkanları ile giderememesi dışa bağımlılığındaki payını arttırmakla birlikte ithalat grafiğimizin de yükselmesine neden olmaktadır. Ülkenin son 10 yıllık (2005-2014 dönemi) enerji ithalatı aşağıdaki tabloda gösterilmiştir;

Tablo 4.1: Türkiye'nin enerji ithalatı (www.aa.com.tr/tr/tag/458293--turkiyenin-enerji-ithalati-azaldi).

Yıl	İthalat (Milyar dolar)
2014	54,9
2013	55,9
2012	60,1
2011	54,1
2010	38,5
2009	29,9
2008	48,3
2007	33,9
2006	28,5
2005	21,2
Toplam	425,4

Yukarıdaki grafikte de görüldüğü gibi son 10 yılda yapılan enerji ithalatı için ülkemizde toplamda 425,4 milyar dolar civarlarında büyük bir pay ayrılmış, her geçen yıl büyüyen enerji ihtiyacından dolayı ithalatımız hızlı bir şekilde artmaya devam etmiştir. İthalatımızdaki bu artışı acilen alınacak önlemlerle en aza indirmeyi hedeflememiz gerekmektedir. Bu yüzden ülkemizin her noktasında yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanılması için acil projeler üretilmeli ve bu projelerin hayata geçirilmesi gerekmektedir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığının yürütmüş olduğu 2011-2023 yıllarını kapsayan İklim Değişikliği Eylem Planı doğrultusunda çalışmalar sürdürülmekte, bu planının anahtarının yenilenebilir enerji olduğu kabul edilmektedir. Bu dönemde yenilenebilir enerjinin toplam “enerji üretimindeki payının yüzde 30' a yükseltilmesi ve ekonomimizin enerji yoğunluğunun yüzde 20 azaltılması” hedeflenmektedir. Bu çalışmaların başında yerel yönetimlere verilebilecek desteklerin payının önemli seviyelere çıkarılması hedeflenmektedir. Yerel yönetimlerin enerji ihtiyacı azımsanamayacak derecede olduğu görülmekte hedeflenen seviyenin yakalanması için yerel yönetimlerin desteklenmesi gerekmektedir. Bunun yanında bazı yerel yönetimlerin, su ve kanalizasyon arıtma tesislerinin elektrik faturalarını ödemekte zorluk yaşadıkları ve bazı durumlarda bu tesisleri işletemedikleri aşikârdır. Bu sayede büyük yatırımlar ile kurulmuş yapılan bu tesislerin istenilen seviyelerde

çalışması sağlanabilecek, atıl, beton yığını görüntüsünden kurtulacaktır. Yerel yönetimlere verilecek destekle kurumların küçük ölçekli yenilenebilir enerji için %100 oranında hibeden yararlanması önerisi için haklı bir gerekçe oluşturmaktadır. Yerel yönetimler temel hizmetlerini vatandaşa sunarken, maliyetlerinin azaltılması sağlanacaktır. Yenilenebilir enerji sektörü hızlı bir biçimde gelişmekte ve uygun yatırım ile ilgili yerlere başvuran yerel yönetime ayrıcalık verilip, öncelik tanınmalıdır. Bu sayede yenilenebilir enerji konusunda yapılmakta olan yatırımların miktarı dikkate alındığında, toplam enerji üretiminde temiz enerjinin payını arttırabiliriz. Bu çerçevede, kendi yenilenebilir enerji tesislerinin kurulumu için söz konusu yerel yönetimleri desteklemek, bir yandan bu idarelerin operasyonlarına katkı sağlarken bir yandan da doğanın korunması için önemli bir adım olacaktır. 81 il dikkate alındığında tüm illerimizde bulunan yerel yönetimlerin ve buna bağlı tüm belediyelerin güneş enerjisinden faydalanma imkânının olduğu görülmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan, güneş enerjisi Avrupa’da ön planda olup, ülkemizdeki enerji ihtiyacının karşılanmasındaki payı yok denecek kadar azdır. Ülkemizin coğrafi konumu dikkate alındığında güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimde potansiyelinin çok yüksek olduğu gözükmemektedir. Bu potansiyel ile ülkemizin enerji sorunun büyük bir bölümünün halledilebileceği teorik olarak mümkün gözükmemektedir. Enerji kaynaklarının ilerleyen zamanda bitme olasılığı da düşünülürse teknolojik gelişimi çok hızlı, hammadde ihtiyacı olmayan, ekonomik olarak düşük yatırımlarla oluşturulabilecek, çevreye zarar vermeyen, istihdam yaratabilme özelliğine sahip, birçok dünya ülkesinin istemiş olduğu yüksek potansiyele sahip güneş enerjisine gereken teşvik ve yatırımların ülkemizde en kısa sürede yapılması gerekmektedir.

Yapmış olduğum SWOT analizimin asıl amacı dünyada önemi giderek artan yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisini, iç ve dış etkenleri açısından değerlendirerek, Türkiye’de ki yerel yönetimlerin içerisinde bulunduğu enerji sorunun çözümünde öneriler sunmaktır.

KAYNAKÇA

- Akbulut, G., “Küresel Değişimler Bağlamında Dünya Enerji Kaynakları, Sorunlar ve Türkiye”, *C.Ü Sosyal Bilimsel Dergisi*, Cilt:2, No:1, 2008, ss.117-137.
- Albayrak, B. (2011) Elektrik Enerjisi Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynakları Ve Finansmanı: Bir Uygulama, Kadir Has Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Finans-Bankacılık Doktora Programı Doktora Tezi, İstanbul.
- Baykal S, Yeni Tip Gama Dedektörleri ve İz Sürme Tekniği, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara,2007.
- Bayraç, H. Naci: Uluslararası Petrol Piyasasının Ekonomik Analizi, *Finans-Politik ve Ekonomik Yorumlar*, Sayı: 499, Yıl: 42, Sayfa: 6-20, Ekim 2005.
- Bezir, Ç.B., Öztürk M ve Özek N., “Renewable Energy Market Conditions and Barriers in Turkey”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, 2009, s. 1428-1436.
- Cebeci, M. “Bölgemizin Enerji Kaynakları ve Enerji Projeksiyonu”, Güneydoğu Anadolu Bölgesi Enerji Forumu 2005, 2-3 Aralık 2005, *Bildiriler Kitabı*, TMMOB EMO Diyarbakır Şubesi, Diyarbakır, 2006, s.67.
- Cebeci, M. “Bölgemizin Enerji Kaynakları ve Enerji Projeksiyonu”, a.g.e, s.67-68
- Çolak Ş Ç, Fotovoltaik Paneller Yardımı ile Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretiminin Maliyet Analizi ve Gelecekteki Projeksiyonu, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2010
- Çolak, İ.; Bayındır, R.; Demirbaş, Ş.; Ergen, H.; “Alternatif Enerji Kaynaklarının Kullanımı”, III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, *Bildiriler Kitabı*, 19-21 Ekim 2005, TMMOB, TÜBİTAK, Mersin Üniversitesi, Mersin, 2005, s.56.
- Dağıstan, H. “Yenilenebilir Enerji ve Jeotermal Kaynaklarımız”, Türkiye 10. Enerji Kongresi, Dünya’da ve Türkiye’de Enerji-Uygulamalar ve Sorunlar Cilt-1, 27-30 Kasım 2006, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, İstanbul, 2006.

- Demir, İ.; *Güneş Enerjisinin Isıl Uygulamaları*, Temiz Enerji Vakfı, Ankara, 2001.
- Demirbugan, M. Alper., Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesinde Net Bugünkü Değer (Nbd) ve İç Karlılık Oranı (İko) Yöntemlerinin Karşılaştırılması Afyon Kocatepe Üniversitesi, *İ.İ.B.F. Dergisi* (C.X,S II, 2008)
- Demirel, Z.; “*Jeotermal Enerjinin Ülkemiz İçin Önemi ve Yasal Durumu*”, Birlik Haberleri, Türk Mühendisler ve Mimarlar Odaları Birliği Yayını, Yıl:23, Kasım 1996, s.61.
- Dinçer, F., Türkiye’de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi Potansiyeli - Ekonomik Analizi ve AB Ülkeleri ile Karşılaştırmalı Değerlendirme. *KSU Mühendislik Dergisi*, 14 (1), 2011 8 *KSU. Journal of Engineering Sciences*, 14 (1), 2011
- DPT, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Komisyonu Raporu, DPT Yayını, Ankara, 2001.
- Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi 2013 Enerji Raporu, Ankara, Ocak 2014
- Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Türkiye’de Enerji Dinamikleri, Ankara, Aralık 2004, Poyraz Ofset s.2
- Edward, C. S., *Prospects for Sustainable Energy, A Critical Assessment*, Cambridge University Press, UK, 2000, p.67
- Elmas, B., (2012) Ortadoğu’daki Enerji Kaynaklarının Önemi ve Türkiye Üzerinden Taşınması ile Türkiye’nin Kazandığı Jeopolitik Konum, Atılım Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uluslararası İlişkiler Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Ergün, S. (2005). Türkiye Enerji Sektöründe Verimlilik Göstergeleri, Küreselleşmenin Enerji Sektöründe Yapısal Değişim Programı ve Enerji Politikaları, Elektrik Mühendisleri Odası, 5. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı. Ankara.
- Ersoy, A. Y., “Ekonomik Büyüme Bağlamında Enerji Tüketimi”, *Akademik Barış Dergisi*, İktisat ve Girişimcilik Üniversitesi, Celallabat Kırgızistan, 2010.
- Ferguson, Charles D. Nuclear Energy Balancing Benefits and Risks Csr No. 28, USA: *Council On Foreign Relations*, April 2007.
- Future Offshore, A Strategic Framework For The Offshore Wind Industry, *Department of Trade Industry*, 2002.

<http://www.gunessistemleri.com/tarihsel.php>, erişim tarihi 06.05.2015.

<http://www.gursu.bel.tr/tarihce.html>, erişim tarihi 10.08.2015.

http://www.gursu.gov.tr/default_B0.aspx?content=329, erişim tarihi 10.08.2015.

<http://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/ozonuv/UVRadyasyonuEtkileyenFaktorler.pdf> erişim tarihi 26.10.2015.

<http://www.nukte.org/dogalgazenerjisi>, erişim tarihi 19.09.2015.

http://www.srsolartech-tr.com/menu_detay.asp?id=144, 05.06.2015.

IEA, 2007 (Heating); International Energy Agency (IEA)., Renewables for Heating and Cooling, Renewable Energy Technology Deployment Publications, Paris, 2007.

ISPRES 2009, Research and Development on Renewable Energies A Global Report on Photovoltaic and Wind Energy, December, 2009.

İstemi, Ü. *Enerji Gündemi ve Sorunlarımız*, TMMOB, EMO Yayını, Ankara, 2004.

Jeotermal Kaynaklar ve Mineralli Sular Kanunu. <http://www.jeotermaldernegi.org.tr>, erişim tarihi 02.10.2015.

Kalkan M, (2011) Türkiye’de Enerji Politikaları ve Enerji Özelleştirmeleri, Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.

Kaltschmitt, M., Streicher, W., Wiese, Andreas., *Renewable Energy Technology, Economics and Environment*, New York: Springer Berlin Heidelberg, 2007.

Karamanav M, Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Sakarya, 2007

Keleş Ö C, Türkiye’de Binalarda Enerji Verimliliği Açısından Fotovoltaik Sistemlerin Kullanılmasına Yönelik Bir İnceleme, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul,2008

Klare, M.T., (2005); *Kaynak Savaşları*, Devin Yayıncılık, Ocak, İstanbul.

Koçak, A., “Türkiye’de Jeotermal Enerji Aramaları ve Potansiyeli”, Türkiye III. Enerji Sempozyumu, 5-6-7 Aralık, ‘Küreselleşmenin’ Enerji Sektöründe Yapısal Değişim Programı ve Ulusal Enerji Politikaları, TMMOB, EMO, Aralık 2001, Ankara.

Limitsiz Enerji, Erişim: <http://www.limitsizenerji.com/temel-bilgiler/yenilenebilir-enerji-kaynaklari>

Liquid Transportation Fuels from Coal and Biomass, technological Status Costs and Environmental Impacts, The National Academies Press, USA, 2009, p.50

Mazı, F., (2003) ‘Küresel Isınma Avrupa Birliği ve Türkiye’, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara,

Moriarty, P., ve Honnery, D., “What Energy Levels Can the Earth Sustain?”, *Energy Policy*, 37, 2009, s.2470. ss.2469-2474

Örgen, U., (2006) “Türkiye’de Çevresel Güvenlik Bağlamında Sürdürülebilir Enerji Politikaları”, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara.

Özçep, F., Karabulut, S., Jeotermal Enerji Olanakları ve Yararlanma, Ölçü Mühendislikte, Mimarlıkta ve Planlamada. Nisan 2003, s.45.

Özdemir, F. Ö. Yenilenebilir Enerji Kavramı ve Ülkemizdeki Durumu, *Gencay Dergisi*, Aralık 2012.

Resmi Gazete: 3/06/2007 tarih ve 5686 Sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Mineralli Sular Kanunu.

Sayın, S., Koç, İ., Güneş Enerjisinden Aktif Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik (Pv) Sistemler Ve Yapılarda Kullanım Biçimleri, *S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg.*, c.26, s.3, 2011

TC. Çevre ve Orman Bakanlığı, *Çevre Atlası*, Ankara, 2004.

Temurçin, K., “Nükleer Enerji ve Tartışmalar Işığında Türkiye’de Nükleer Enerji Gerçeği” *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 2003, 1(2).

Thorphe, T. W., A Brief Review of Wave Energy, A report produced for The UK Department of Trade and Industry, UK, May 1999.

Üçgöl, İ., Şenol, R., Acar, M, “Güneş Pillerinin Dünü, Bugünü ve Geleceğe Bakış”,
Mühendis ve Makine Dergisi, Cilt: 47, Sayı: 560, Eylül 2006.

Varınca K. B., Gönüllü, M. T., Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi 21-23 Haziran 2006, Esogü, Eskişehir

Varınca, K. B., Varank, G., “Güneş Kaynaklı Farklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Kıyaslanması ve Çözüm Önerileri”, Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, İçel, 24–25 Haziran 2005.

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü Verileri, erişim tarihi: 05.06.2015.

Yerebakan, M., *Mikro Enerji Santralleri*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2008, s.225 (<http://www.ito.org.tr/itoyayin/0019355.pdf>, erişim tarihi 11.10.2015)

Yorkan, A., “Avrupa Birliği’nin Enerji Politikası ve Türkiye’ye Etkileri”, Bilge Strateji, Cilt 1, Güz 2009. Erişim (2.10.2015) http://bilgestrateji.com/makale/BS2009-1/Avrupa_birliginin_enerji_politikasi_ve_turkiyeye_etkileri.pdf

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Murat ÇİFTÇİ
Doğum Yeri ve Tarihi : Samsun/1982
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon) : 0506 921 90 40
e-posta : murat_ciftci55@hotmail.com

EĞİTİM DURUMU

Lise : Samsun İmam-Hatip Lisesi -1999
Lisans : Ahmet Yesevi Üniversitesi -2013
Yüksek Lisans : Türk Hava Kurumu Üniversitesi

İŞ TECRÜBESİ

2005 / 2008 Ordu/Kızılelma Belediyesi
2008 / 20...İller Bankası Genel Müdürlüğü

YABANCI DİL

İngilizce