

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**BİR FOTOVOLTAİK GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİNİN FİZİBİLİTESİ,
KARAMAN BÖLGESİNDE 5 MW'LIK GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ İÇİN
ENERJİ ÜRETİM DEĞERLENDİRMESİ VE EKONOMİK ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mehmet Harun GİRGIN
301071019**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 16 Aralık 2010
Tezin Savunulduğu Tarih : 27 Ocak 2011**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. A. Beril TUĞRUL (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Halit KESKİN (GYTE)
Yrd. Doç. Dr. Z. Fatih ÖZTÜRK (İTÜ)**

OCAK 2011

ÖNSÖZ

Tez çalışmam sırasında bana her zaman yardım ve destek sağlayan ANEL Gruba ve şirketim ANEL Enerji'ye, tez çalışmamın başından sonuna kadar tüm desteğini ve tecrübesini benimle paylaşan ve yüksek motivasyonu ile beni yüreklendiren tez danışmanım Prof. Dr. Sayın A. Beril Tuğrul'a ve bu uzun süreçte hep yanımda olup beni destekleyen Sayın Ayşen Çerik'e en özel teşekkürlerimi sunarım.

Tüm eğitim hayatım boyunca bana inanan, beni destekleyen ve maddi manevi hep yanımda olan annem, babam ve kız kardeşime bana hayat boyu süren destekleri için tüm kalbimle teşekkür ederim.

Aralık 2010

Mehmet Harun Girgin

Makina Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
SEMBOL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. YENİLENEBİLİR ENERJİ.....	5
2.1 Yenilenebilir Enerji Kavramı	5
2.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları	5
2.3 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımının Dünya Üzerindeki Dağılımı	7
3. GÜNEŞ ENERJİSİ	9
3.1 Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları	12
3.1.1 Güneş enerjisi ile ısıtma	13
3.1.1.1 Düzlemsel güneş kolektörleri	13
3.1.1.2 Güneş havuzları	14
3.1.1.3 Vakumlu güneş kolektörleri	15
3.1.1.4 Güneş bacaları	15
3.1.1.5 Güneş mimarisi	15
3.1.1.6 Ürün kurutma ve seralar:	16
3.1.2 Güneş enerjisinden elektrik elde edilmesi	16
3.2 Fotovoltaik Güneş Panelleri	19
3.2.1 Fotovoltaik güneş panellerinin tarihçesi	20
3.2.2 Fotovoltaik etki	21
3.2.3 Fotovoltaik hücre tipleri.....	24
3.2.3.1 Kristal silikon yapılar	24
3.2.3.1.1 Monokristal güneş hücreleri	25
3.2.3.1.2 Polikristal güneş hücreleri	27
3.2.3.1.3 Kristal yapılı güneş panelleri	27
3.2.3.2 İnce film güneş panelleri	29
3.2.3.3 Diğer teknolojiler	32
3.2.4 Fotovoltaik sistem donanımları.....	33
3.2.4.1 Evirici	35
3.2.4.2 Güneş paneli montaj yapıları	39
3.2.4.3 Güneş enerjisi sistem kabloları	46
3.2.4.4 Diğer donanımlar	47
3.3 Dünyada Güneş Enerjisi.....	55
3.3.1 Dünyadaki güneş enerji santralleri.....	58

3.4 Türkiye’de Güneş Enerjisi	59
3.4.1 Hukuki yapı	61
3.4.2 Yasal düzenleme	67
4. ÜLKEMİZDEN BİR GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ	71
4.1 Yatırım Mahiyeti	71
4.1.1 Genel bilgiler	71
4.1.2 Proje gerekçesi	71
4.2 Santral Sahasının Özellikleri	72
4.2.1 Santral sahasının doğal durumu	72
4.2.2 Santral sahasının sosyal durumu	75
4.2.3 Santral sahasının ekonomik durumu	75
4.3 Santral Sahasının Gelişme Planı	77
4.3.1 Gelişmeyi gerektiren sebepler	77
4.3.2 Mevcut tesisler	79
4.3.3 Enerji tüketim değerleri	81
4.3.4 Teklif edilen tesisin özellikleri	81
4.4 Santral Sahasının Güneş Enerjisi Potansiyeli	82
4.4.1 Güneşlilik verileri ve güneşlenme süreleri	82
4.5 Tesisin Kurulacağı Yer Hakkında Bilgiler	94
4.5.1 Meteorolojik özellikler	94
4.5.2 Jeolojik yapı	96
4.5.3 Temel etütleri ve maden yapıları (Zemin mekaniği)	96
4.5.4 Deprem durumu	97
4.5.5 Ulaşım yolu	99
4.6 Kurulacak Tesis	103
4.6.1 Kapasite seçimi	103
4.6.2 Optimum kurulu güç, ünite sayısı ve kapasitesi	103
4.6.3 Transformatör adedi ve tipi	103
4.6.4 Şalt sahası ve sisteme irtibat	103
4.6.5 Yıllık enerji üretimi	108
4.6.6 Birleşik ısı-elektrik santral alternatifi	108
4.6.7 İşletme politikaları	108
4.6.8 İnşaat problemleri	110
4.6.9 Santral binası ve yardımcı tesisler (yeri, tipi)	111
5. GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİNİN ENERJİ ANALİZİ	113
5.1 PVsyst	113
5.2 Karşılaştırılan Sistemler	116
5.3 Enerji Üretim Değeri Karşılaştırmaları	119
5.4 Enerji Üretim Değeri Karşılaştırmaları Sonuçları	128
6. GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİNİN EKONOMİK ANALİZİ	132
6.1 Genel	132
6.2 Finansal Analizde Esas Alınan Kur	132
6.3 Proje Gelirleri	133
6.3.1 Elektrik satış gelirleri	133
6.3.2 Karbon satış gelirleri	136
6.4 Yatırım Maliyeti	139
6.4.1 Mühendislik hizmetleri	139
6.4.2 Makine ve teçhizat	140
6.4.3 Saha’nın hazırlanması, inşaat işleri ve güvenlik giderleri	142
6.4.4 Projenin hazırlığı ve saha gezileri	143

6.4.5 Arazi bedeli	143
6.4.6 Kurulum ve devreye alma	143
6.4.7 Trafo ve enerji nakil hattı	145
6.4.8 Üretim lisans bedeli	146
6.4.9 Beklenmeyen giderler	147
6.4.10 Finansman giderleri	147
6.4.11 Yatırım dönemi genel gideri	148
6.4.12 Toplam yatırım bedeli	148
6.5 Proje Giderleri	152
6.5.1 Faaliyet giderleri	152
6.5.1.1 Personel giderleri	152
6.5.1.2 Bakım, yenileme, işletme giderleri	153
6.5.1.3 Panel temizliği	154
6.5.1.4 Tüm risk sigorta gideri	155
6.5.1.5 Genel beklenmeyen giderler	156
6.5.1.6 Toplam faaliyet giderleri	157
6.5.2 Yıllık lisans bedeli	159
6.5.3 Bağlantı bedeli	160
6.5.4 Faiz giderleri	160
6.5.5 İletim sistemi kullanım ve işletim bedeli	160
6.5.6 Komisyon gideri	162
6.6 Proje Finansmanı	162
6.7 Finansal Analiz	165
6.7.1 İlgili mevzuat ve öngörülen varsayımlar	165
6.7.1.1 Yatırım teşviki	165
6.7.1.1.1 Vergi, resim ve harç istisnası	165
6.7.1.1.2 Katma değer vergisi istisnası	166
6.7.2 Elektrik piyasası kanunu ile sağlanan teşvikler	166
6.7.3 Zarar mahsubu	166
6.7.4 Amortisman	166
6.7.5 Yedek akçe	168
6.7.6 Kar Dağıtımı	168
6.7.7 Vergiler	168
6.7.8 Stopaj ve fonlar	168
6.8 Mali Tablolar	168
6.8.1 Geri ödeme süresi hesabı	168
6.8.2 İç karlılık hesabı (IRR)	169
6.8.3 Geri ödeme süresi hesabı ile ekonomik analiz	170
6.8.4 İç karlılık hesabı (IRR) ile ekonomik analiz	178
6.9 Ekonomik Analiz Sonuçları	180
7. SONUÇ	184
KAYNAKLAR	188
EKLER	200
CV	202

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
AC	: Alternatif Akım
BSMV	: Banka Sigorta Muameleleri Vergisi
CdTe	: Kadmiyum Tellür
CEF	: Karbon Emisyon Faktörü
CIS	: Bakır-İndiyum-Diselenid
DC	: Doğru Akım
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
EC JRC	: Ortak Araştırma Merkezi
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EVA	: Etilen Vinil Asetat
GEPA	: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GES	: Güneş Enerjisi Santrali
GPS	: Küresel Konumlama Sistemi
HES	: Hidroelektrik Santral
HIT	: Saf İnce Katman ile Farklı Bağlantı
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
IRR	: İç Karlılık Oranı
KDV	: Katma Değer Vergisi
KF	: Kapasite Faktörü
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü
KKDF	: Kaynak Kullanımı Destekleme Fonu
MTA	: Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü
NASA	: Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
OG	: Orta Gerilim
OSB	: Organize Sanayi Bölgesi
PMUM	: Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi
PV	: Fotovoltaik
PVGİS	: Avrupa Birliği Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemleri Veri Tabanı
PVPS	: Fotovoltaik Güç Sistemleri
TBMM	: Türkiye Büyük Millet Meclisi
TCDD	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demir Yolları
TCO	: Saydam İletken Oksit Tabaka
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
UYDM	: Ulusal Yük Dağıtım Merkezi
VER	: Karbon Kredisi Fiyatı
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kanunu

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Yenilenebilir enerji kaynakları.....	6
Çizelge 3.1 : Ülkelerce uygulanan güneş elektriği teşvik miktarları.....	56
Çizelge 3.2 : IEA-PVPS ülkeleri yıllara göre PV kurulumu	57
Çizelge 3.3 : Dünya üzerindeki en büyük güneş enerjisi santralleri.....	58
Çizelge 3.4 : Kanun taslağındaki teşvik miktarları.....	69
Çizelge 3.5 : YEK taslağında yer alan yerli katkı payları	69
Çizelge 4.1 : Karaman il gelişmişlik tablosu	76
Çizelge 4.2 : Karaman aylık ve yıllık global ışınım (kWh/m ²).....	85
Çizelge 4.3 : EİE güneş ölçüm istasyonları ve ölçüm periyotları.....	86
Çizelge 4.4 : Karaman ili ışınım değerleri (kWh/m ²).....	88
Çizelge 4.5 : Karaman ili güneşlilik süreleri (Saat).....	89
Çizelge 4.6 : Karaman ili merkez ilçesi aylık toplam global ışınım miktarları (kWh/m ² .ay).....	89
Çizelge 4.7 : Karaman GES sahası Meteonorm verileri.....	91
Çizelge 4.8 : Karaman ili için 4 farklı veri tabanının ışınım değerleri karşılaştırması	92
Çizelge 4.9 : Karaman 1975-2008 yılları arası meteorolojik verileri.....	95
Çizelge 4.10 : Proje sahasında gerçekleşen depremler	99
Çizelge 5.1 : 36 farklı sistem için enerji üretim değerleri	120
Çizelge 5.2 : 36 farklı sistemin kapasite faktörü karşılaştırması	126
Çizelge 6.1 : Elektrik satış değerleri	134
Çizelge 6.2 : Karbon satış gelirleri	137
Çizelge 6.3 : 5 MW Güneş enerjisi santrali makine ve teçhizat maliyetleri.....	141
Çizelge 6.4 : Saha hazırlığı, inşaat işleri ve güvenlik giderleri	142
Çizelge 6.5 : Arazi kiralama bedelleri	144
Çizelge 6.6 : Kurulum ve devreye alma giderleri.....	145
Çizelge 6.7 : Üretim lisansı bedelleri	146
Çizelge 6.8 : Beklenmeyen giderler.....	147
Çizelge 6.9 : Finansman giderleri.....	148
Çizelge 6.10 : Toplam yatırım bedeli	149
Çizelge 6.11 : Toplam proje bedeli	150
Çizelge 6.12 : Personel dağılımı ve ücretler	153
Çizelge 6.13 : Bakım, yenileme, işletme giderleri.....	154
Çizelge 6.14 : Tüm risk sigorta giderleri	155
Çizelge 6.15 : Genel beklenmeyen giderler.....	156
Çizelge 6.16 : Toplam faaliyet giderleri.....	157
Çizelge 6.17 : Yıllık lisans bedeli.....	159
Çizelge 6.18 : Bölgesel iletim sistemi kullanım bedeli tarifesi (TL/MW-yıl).....	161
Çizelge 6.19 : Kredi itfa tablosu	163
Çizelge 6.20 : Amortisman süreleri	166

Çizelge 6.21 : Amortisman bedelleri (Sistem 3.5)	167
Çizelge 6.22 : 36 sistem için geri ödeme süreleri	171
Çizelge 6.23 : Sistem 1.5 için gelir tablosu	174
Çizelge 6.24 : Sistem 1.5 için nakit akışı tablosu	175
Çizelge 6.25 : Sistem 1.5 için finansal analiz tablosu	176
Çizelge 6.26 : 36 farklı sistem için IRR Değerleri	179

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : 1971–2007 Dünya elektrik enerjisi üretimi.....	7
Şekil 2.2 : 2007 Dünya elektrik enerjisi üretimi dağılımı	8
Şekil 3.1 : Güneş enerjisi ve diğer enerji kaynakları ile enerji çeşitlerinden elde edilen enerji miktarlarının karşılaştırması.....	11
Şekil 3.2 : Dünya üzerine düşen güneş ışınlarının dağılımı	11
Şekil 3.3 : Güneşin dünyaya düşme şekilleri.....	12
Şekil 3.4 : Güneş kolektörleri.....	14
Şekil 3.5 : Pasif ısıtma örnekleri.....	16
Şekil 3.6 : Parabolik kolektör yapısı.....	17
Şekil 3.7 : Parabolik kolektör vasıtasıyla ısı ve elektrik eldesi	17
Şekil 3.8 : Merkezi alıcılı güneş enerjisi sistemleri.....	18
Şekil 3.9 : Parabolik çanak kolektörler.....	18
Şekil 3.10 : Güneş paneli sembolü	20
Şekil 3.11 : Kristal yapı	22
Şekil 3.12 : Bir p-n bağlantısının kavramsal gösterimi	23
Şekil 3.13 : Elektron ve delikler arasındaki yayılım.....	24
Şekil 3.14 : Fotovoltaik hücre tipleri	24
Şekil 3.15 : Kristal hücre üretim işlem basamakları.....	25
Şekil 3.16 : Monokristal hücre örnekleri	26
Şekil 3.17 : Kaplamasız ve kaplamalı polikristal hücreler	27
Şekil 3.18 : Kristal tabanlı güneş paneli yapısı.....	28
Şekil 3.19 : Polikristal ve monokristal güneş paneli	29
Şekil 3.20 : Kristal ve ince film üretim karşılaştırması (Sol:kristal- Sağ:ince film) .	30
Şekil 3.21 : Değişik ince film hücre katmanları	31
Şekil 3.22 : İnce film güneş panelleri	32
Şekil 3.23 : Fotovoltaik sistem yapısı.....	34
Şekil 3.24 : Fotovoltaik sistem tek hat şeması.....	35
Şekil 3.25 : Evirici sembolü	35
Şekil 3.26 : Dizi tipi evirici	36
Şekil 3.27 : Merkezi tip evirici ve birleştirici ünite.....	36
Şekil 3.28 : Trafolu evirici içyapısı	37
Şekil 3.29 : Trafosuz evirici içyapısı	38
Şekil 3.30 : Maksimum güç noktası takibi	38
Şekil 3.31 : Güneş enerjisi sistemi arıza oranları	39
Şekil 3.32 : Güneş paneli montaj yapıları.....	40
Şekil 3.33 : Örnek güneş paneli montaj yapısı	41
Şekil 3.34 : Güneş paneli montaj yapısı yük testi.....	41
Şekil 3.35 : Güneş paneli montaj yapısı bükülme testi.....	42
Şekil 3.36 : Ahşap güneş paneli montaj yapısı	42
Şekil 3.37 : Beton bloklar	43

Şekil 3.38 : Beton bloklar ve galvaniz çelik güneş paneli montaj yapısı	43
Şekil 3.39 : Yer vidası örneği	44
Şekil 3.40 : Güneş takip sistemi	46
Şekil 3.41 : Solar kablo.....	47
Şekil 3.42 : Solar konektör	48
Şekil 3.43 : DC devre kesici	48
Şekil 3.44 : DC devre kesici bağlantı şeması	49
Şekil 3.45 : AC devre kesici	50
Şekil 3.46 : Yıldırım koruma donanımları devre şeması.....	50
Şekil 3.47 : 3 fazlı yıldırım koruma ünitesi	51
Şekil 3.48 : Yer üstü kablo taşıyıcısı	51
Şekil 3.49 : Yer altı kablo taşıyıcısı.....	52
Şekil 3.50 : Örnek güneş enerjisi santrali topraklama şeması	52
Şekil 3.51 : Topraklama iletken örnekleri	53
Şekil 3.52 : Topraklama levhası ve çubuğu.....	53
Şekil 3.53 : Trafo	55
Şekil 3.54 : 2009 Dünya güneş paneli kurulum oranları	56
Şekil 3.55 : Turnow-Preilack güneş enerjisi santrali	59
Şekil 3.56 : Avrupa güneş enerjisi haritası	59
Şekil 3.57 : Türkiye ışınım haritası.....	60
Şekil 4.1 : Karaman fiziki haritası	72
Şekil 4.2 : Türkiye deprem bölgeleri haritası	73
Şekil 4.3 : Karaman ili jeolojik yapısı	74
Şekil 4.4 : 2007 Karaman OSB elektrik enerjisi tüketimi	77
Şekil 4.5 : 2008 Karaman OSB elektrik enerjisi tüketimi	78
Şekil 4.6 : 2009 Karaman OSB elektrik enerjisi tüketimi	78
Şekil 4.7 : Son 3 yıllık Karaman OSB elektrik enerjisi tüketimi karşılaştırması	79
Şekil 4.8 : Karaman ve bölgesi enerji nakil hatları ve üretim tesisleri	80
Şekil 4.9 : Karaman ve çevresi enerji üretim tesisleri	80
Şekil 4.10 : Karaman ili enerji tüketim değerleri (2000-2009)	81
Şekil 4.11 : Karaman ili polar güneş yörüngesi.....	83
Şekil 4.12 : Türkiye güneşlilik haritası (PVGIS).....	84
Şekil 4.13 : Karaman ışınım haritası.....	87
Şekil 4.14 : Karaman ışınım ve güneşlenme süreleri	88
Şekil 4.15 : Meteororm işlem basamakları	90
Şekil 4.16 : GES sahası Meteororm verileri grafiksel gösterimi	91
Şekil 4.17 : Karaman aylık global ışınım verilerinin karşılaştırılması	93
Şekil 4.18 : Karaman yıllık global radyasyon verilerinin karşılaştırılması	94
Şekil 4.19 : Karaman 50 m rüzgar hızı ortalaması	95
Şekil 4.20 : Proje sahası jeolojik haritası.....	96
Şekil 4.21 : Türkiye diri fay haritası.....	98
Şekil 4.22 : Proje sahası deprensellik haritası	98
Şekil 4.23 : Proje sahasının bulunduğu bölgedeki karayolu şebekesi	100
Şekil 4.24 : Proje sahasının karayolu uydu görüntüsü.....	100
Şekil 4.25 : TCDD şebekesinde Karaman'ın yeri	101
Şekil 4.26 : Karaman OSB şalt sahası	104
Şekil 4.27 : Karaman OSB trafo merkezi ve bağlantı hatları	105
Şekil 4.28 : Karaman OSB trafo tek hat şeması	107

Şekil 5.1 : PVsyst.....	114
Şekil 5.2 : Suneye	115
Şekil 5.3 : PVsyst, SUNEYE ve METEONORM arasındaki ilişki.....	116
Şekil 5.4 : SMA Tripower 17000 evirici ve 32° sabit montaj yapısı ile.....	121
Şekil 5.5 : Fronius IG Plus 150 evirici ve 32° sabit montaj yapısı ile.....	121
Şekil 5.6 : SMA Tripower 17000 evirici ve tek eksen güneş takip sistemi ile.....	122
Şekil 5.7 : Fronius IG Plus 150 evirici ve tek eksen güneş takip sistemi ile.....	123
Şekil 5.8 : SMA Tripower 17000 evirici ve çift eksen güneş takip sistemi ile	123
Şekil 5.9 : Fronius IG Plus 150 evirici ve çift eksen güneş takip sistemi ile.....	124
Şekil 5.10 : Sistemlerin 25 yıl içerisindeki enerji üretim değişimleri	125
Şekil 5.11 : Kapasite faktörü karşılaştırması	127
Şekil 5.12 : 36 farklı sistemin enerji üretim karşılaştırması	130
Şekil 5.13 : Sistemlerin enerji üretim farklılığı oranları karşılaştırması	131
Şekil 6.1 : Toplam proje bedeli dağılımı	151
Şekil 6.2 : Toplam faaliyet giderleri dağılımı.....	158
Şekil 6.3 : İşletme yılına göre geri ödeme süreleri	181
Şekil 6.4 : 36 farklı sistem için IRR değerleri karşılaştırması.....	183
Şekil 7.1 : Enerji ve ekonomik analiz karşılaştırması.....	186

SEMBOL LİSTESİ

c	: Elektromanyetik bir dalganın hızı
h	: Plank sabiti
ν	: Elektromanyetik bir dalganın frekansı
λ	: Dalga boyu
C	: Kapasitör
S	: Mosfet
L	: Bobin
I_k	: Kısa devre akımı
I_{mpp}	: Maksimum güç noktası akımı
U_{mpp}	: Maksimum güç noktası gerilimi
U_{oc}	: Açık devre gerilimi
P_{mpp}	: Maksimum güç noktası gücü
I_{DCDK}	: Devre kesicinin DC akımı
I_{GPKD}	: Güneş panelinin kısa devre akımı
P_{top}	: Toplam güç
$P_{Türkiye}$: Türkiye toplam kurulu gücü
K_{as}	: Güneş enerjisi üretim tesisi için lisans alacak şirketin asgari sermayesi
K_{byb}	: Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesislerinin birim yatırım bedeli
P_s	: Kurulması planlanan güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisinin kurulu gücü
P_N	: Santral nominal gücü
KF	: Kapasite faktörü
A	: Anapara Ödemesi
F	: Faiz Ödemesi
V	: Vergi Ödemesi
T	: Toplam Kredi Ödemesi
C_n	: Maliyet
B_n	: Fayda,
r	: Faiz oranı
n	: Süre

BİR FOTOVOLTAİK GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİNİN FİZİBİLİTESİ, KARAMAN BÖLGESİNDE 5 MW'LIK GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ İÇİN ENERJİ ÜRETİM DEĞERLENDİRMESİ VE EKONOMİK ANALİZİ

ÖZET

Sanayi devrimi ile birlikte günden güne artan enerji talebi, dünya üzerindeki fosil kaynakların hızla tükenmesine neden olmaktadır. Konvansiyonel enerji kaynaklarına ulaşım sorunları, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını öne çıkarmış ve çevresel sorunlar da bu enerji kaynaklarının kullanımının tercihinde rol oynamıştır. Ancak, günümüzde, çevresel zorunluluktan öte, ülkelerin kendi enerji taleplerini karşılamak için geliştirdikleri stratejiler bağlamında, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı giderek önem kazanmaktadır. Dolayısıyla, son yıllarda tüm dünya ülkeleri enerji bağımsızlıklarını sağlayabilmek için enerji üretim oranları arasında yenilenebilir enerjinin payını arttırmaya çalışmaktadır.

Güneş enerjisi santralleri temiz, yerel ve yenilenebilir özellikleriyle günümüzde giderek önem kazanan enerji üretim tesislerinden biri durumundadır. Bu bağlamda, ileri bir güneş enerjisi üretim tesisi fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışan panelleri içeren tesisler olmaktadır. Bu yüksek lisans tezi kapsamında, Karaman bölgesinde kurulması planlanan 5 MW gücünde 36 farklı fotovoltaik sistemin enerji üretim değerlendirilmesi ve ekonomik analizi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, günümüzde uygulamada kullanılan altı farklı fotovoltaik panel çeşidi, üç montaj yapısı tipi ve iki farklı evirici modeli için enerji üretimi incelemesi gerçekleştirilmiştir. Enerji üretimi incelemesi için PVsyst programı modelleme amaçlı olarak kullanılmış olup meteorolojik veriler için 4 farklı meteorolojik kaynak verisinden yararlanılmıştır. Bununla birlikte, bu yüksek lisans tezi kapsamında, bir güneş enerjisi santralinde kullanılan tüm donanımlar ve güneş enerjisi santralinin kurulacağı bölgenin yapısı ayrıntılı olarak irdelenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, enerji üretimi analizi gerçekleştirilen sistemler için YEK yasa tasarısına göre ekonomik analiz senaryoları gerçekleştirilmiş olup bu senaryolar için Geri Ödeme Süresi hesabı ve İç Karlılık Oranı yöntemleri kullanılmıştır. 36 farklı sistem için yapılan hesaplamalar sonucu, en uygun sistem seçilmiş ve bu sisteme ait tüm finansal değerler gösterilmiştir.

Sonuç olarak, enerji ve ekonomik analizleri gerçekleştirilen sistemler karşılaştırılmış ve bu analizlerin birbirleriyle bağlantısı belirlenmiştir. Böylelikle, mühendislik ve ekonomik açıdan fotovoltaik panelli güneş enerji sistemlerinin birbirlerine göre durumları varyasyonel olarak değerlendirilmiştir.

FEASIBILITY OF A PHOTOVOLTAIC SOLAR POWER PLANT, ENERGY MODELLING AND ECONOMICAL ANALYSIS FOR A 5 MW SOLAR POWER PLANT IN KARAMAN REGION

SUMMARY

Demand for energy is growing every day with the industrial revolution in the world, is caused by depletion of fossil resources quickly. Conventional energy sources, transportation problems, suggested the use of renewable energy resources and environmental issues has done this has played a role in the choice of energy sources. However, today, more than environmental necessity, have developed strategies to meet the demands of the countries in the context of their own energy, renewable energy sources is becoming increasingly important. Therefore, all countries in the world in recent years to provide energy independence is working to increase the share of renewable energy in energy production rates.

Solar power plants, clean, local and renewable energy generation facilities are one of the features currently gaining importance. In this context, an advanced solar photovoltaic manufacturing plant facilities, including policy-based panels are working. Within the scope of this master's thesis, planned to be built in the 5 MW Karaman 36 different assessment and economic analysis of photovoltaic power generation system was carried out. For this purpose, used in practice today, six different types of photovoltaic panels, mounting structure of three types and two different inverter model is implemented for the review of energy production. For energy production study PVsyst program has been used and the meteorological data for the purpose of modeling 4 different meteorological data source were used. However, the scope of this master's thesis, all equipment used in a solar power plant solar power plants will be installed and the structure of the region are examined in detail.

The second part of the study, carried out analysis of energy production systems according to the Turkis Renewable Energy Law draft was held in the economic analysis scenarios, these scenarios account for the Refund Period and Internal Rate of Return methods were used. As a result of the calculations for 36 different systems, and selected the most suitable system for this system, all financial values are shown.

As a result, energy and economic analysis systems are compared in this analysis were connected to each other. Thus, the engineering and economic aspects of photovoltaic solar-panel energy systems are evaluated relative to each other as variational states.

1. GİRİŞ

Enerji, fizik biliminde, öz bir tanımla “iş yapabilme yeteneği” olarak tanımlanmaktadır [1]. Bu çerçevede, termodinamik bilimi geliştirmiş ve enerjiyi, değişikliklere yol açan etken olarak tanımlamıştır [2].

Genel bir tanım olarak ise, bir sisteme eklendiğinde ya da çıkartıldığında sistem parametrelerinden herhangi birinde değişikliğe neden olan etken olarak tanımlanabilmektedir. Görüldüğü gibi, enerjinin tanımı kolay olmasa da, enerji konusunun günümüz insan hayatındaki önemi yadsınamaz bir gerçektir. Bu bağlamda, enerji hayli kapsamlı bir kavram olup, enerji ve enerji ile ilgili değişimler, üzerinde önemle durulması gereken konular arasında yer almaktadır.

Farklı enerji çeşitlerinden bahsedilebilir. Ancak, kaynaklar incelendiğinde farklı sınıflandırmalarla enerji konusunun incelendiği görülmektedir. Enerji çeşitleri olarak; mekanik enerji, elektrik enerjisi, elektromanyetik enerji, kimyasal enerji, nükleer enerji, termal enerji sayılabilir [3]. Bu enerji çeşitleri şu şekilde tanımlanabilir.

Mekanik enerji: Potansiyel ve kinetik enerji olmak üzere iki türdür.

- Potansiyel enerji; maddenin konumu nedeniyle sahip olduğu enerjidir.
- Kinetik enerji; ise maddenin hareketi nedeniyle sahip olduğu enerjidir.

Bu nedenle, mekanik enerjinin depolanmış şekli potansiyel enerji, hareket edebilen şekli ise kinetik enerji olarak da adlandırılmaktadır. Mekanik enerji etkin olarak diğer enerji türlerine dönüştürülebildiğinden yararlı bir enerji türü olarak tanımlanmaktadır [4].

Elektrik Enerjisi: Elektron akışı veya birikmesi sonucu açığa çıkan bir enerji çeşididir. Elektrik enerjisinin hareketli hali elektronların bir iletken boyunca akışı şeklindedir ve yüksek voltajlı iletim hatları kullanılarak büyük miktarlardaki elektrik enerjisi uzak mesafelere taşınabilmektedir.

Elektrik enerjisi ya elektrostatik alan enerjisi veya indüksiyon alan enerjisi şeklinde bulunabilir. Birincisinde, elektronlar bir kapasitörün plakaları üzerinde toplanırken, elektromanyetik alan enerjisi olarak da adlandırılan ikincisinde, elektronların bir indüksiyon bobininden akışı ile bir manyetik alan oluşturulur. Elektrik enerjisi de mekanik enerji gibi diğer enerji şekillerine etkin olarak dönüştürülebilen yararlı bir enerji türüdür [5].

Elektromanyetik Enerji: Elektromanyetik radyasyonun meydana getirdiği bir enerji çeşididir. Herhangi bir kütle ile bağlantılı olmadığı için elektromanyetik radyasyon en saf enerji çeşididir denebilir. Ayrıca, sürekli ışık hızıyla hareket eden tek enerji şeklidir. Elektromanyetik bir dalganın hızı (c); dalga boyu (λ) ile frekansının (ν) çarpımına eşittir ve;

$$E = h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda \quad (1.1)$$

şeklinde hesaplanır. Denklem 1.1’de, h : Plank sabitini göstermektedir.

Elektromanyetik radyasyonlar dalga boyuna veya radyasyon kaynağına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Atom çekirdeğinden yayılan gamma ışınları, elektromanyetik radyasyonun en enerjistik bölgesinde yer alır. Bunun arkasından yörünge elektronlarının uyarılması sonucu açığa çıkan x-ışınları, mor ötesi ışınlar, görünür ışık, kızıl ötesi ışınlar veya termal radyasyon, mikro dalga ve radyo dalgaları gelmektedir [6].

Kimyasal Enerji: İki veya daha fazla atomun veya molekülün elektron alış verişi ile birleşerek daha kararlı bir bileşik oluşturması sonucu açığa çıkan veya yutulan enerjiye kimyasal enerji denir. Kimyasal tepkimeler enerji üretiliyorsa “ekzotermik” enerji tüketiliyorsa “endotermik” tepkime olarak adlandırılmaktadır. Yakıtlar en önemli kimyasal enerji depolarıdır ve kimyasal enerji de sadece depolanmış halde bulunmaktadır [7].

Nükleer Enerji: Nükleer enerji, atom çekirdeği ve atomu ilgilendiren etkileşimler sonucu açığa çıkabilen bir enerji çeşididir. Genel olarak üç tip nükleer tepkime gerçekleşmektedir. Bunlar;

- Radyoaktif bozunum
- Çekirdek parçalanması (filyon) ve
- Çekirdek birleşmesi (füzyon) tepkimeleridir.

Radyoaktif bozunum, kararsız bir çekirdeğin tanecik ve enerji yayılımı ile daha kararlı bir yapıya dönüşmesi olayıdır. Çekirdek parçalanması (filyon); günümüz konvansiyonel nükleer reaktörlerde gerçekleşen ana tepkimedir. Bu tepkimede ağır çekirdek nötron bombardımanı ile daha küçük parçalara ayrılarak büyük ölçüde enerji açığa çıkar.

Füzyon tepkimesinde ise, küçük çekirdekler uygun şartlar altında birleşerek daha kararlı bir yapı oluştururlar ve bu sırada büyük ölçekte enerji açığa çıkar [8].

Termal Enerji: Atomik veya moleküler titreşim sonucu oluşan bir enerji çeşididir. Diğer bütün enerji çeşitleri tamamen ısı enerjisine dönüştürülebilmektedir; ancak, ısının diğer enerji türlerine dönüşümü termodinamiğin ikinci kanununa göre sınırlıdır. Bu nedenle ısı, kalitesi düşük bir enerji çeşididir [9].

Dünyadaki mevcut enerji kaynaklarının çoğu güneş kaynaklıdır ve genel olarak iki sınıfta toplanabilir. Bunlar;

1. Yeryüzüne dış uzaydan gelen yenilenebilir enerji kaynakları ve
2. Yeryüzünde depolanmış halde bulunan yenilenemeyen enerji kaynaklarıdır [10].

2. YENİLENEBİLİR ENERJİ

2.1 Yenilenebilir Enerji Kavramı

Sanayi devrimi ile birlikte günden güne artan enerji talebi, dünya üzerindeki fosil kaynakların hızla tükenmesine neden olmaktadır. Önceleri ganimet ve toprak için yapılan savaşların yerini enerji için yapılan savaşlar almaya başlamıştır. Özellikle arka arkaya gelen 1. ve 2. Dünya savaşları ile ardından 1974 yılında ortaya çıkan petrol krizi dünya ülkelerini önemli ölçüde etkilemiştir. Bu tarihten sonra, artış yönünde ivme kazanan petrol fiyatları, enerji ekonomisini önemli ölçüde yönlendirmektedir. Dolayısıyla, özellikle 1974 petrol krizinden sonra, farklı enerji kaynaklarının değerlendirilmesi önemle gündeme gelmiş bulunmaktadır [11].

Konvansiyonel enerji kaynaklarına ulaşım sorunları, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını öne çıkarmış ve çevresel sorunlar da yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının tercihinde rol oynamıştır. Ancak, günümüzde, çevresel zorunluluktan öte, ülkelerin kendi enerji taleplerini karşılamak için geliştirdikleri stratejiler bağlamında, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı giderek önem kazanmaktadır. Dolayısıyla, son yıllarda tüm dünya ülkeleri enerji bağımsızlıklarını sağlayabilmek için enerji üretim oranları arasında yenilenebilir enerjinin payını arttırmaya çalışmaktadırlar.

2.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji; adından da anlaşılacağı gibi, kendini tekrar eden, bir başka deyişle yenilenen ve dünya ve güneş var oldukça bitmeyecek enerji anlamına gelmektedir [12]. Yenilenebilir enerji kaynakları Çizelge 2.1'deki gibi sınıflandırılabilir [13].

Çizelge 2.1 : Yenilenebilir enerji kaynakları

	Yenilenebilir Enerji Kaynakları	Kaynak
1	Güneş Enerjisi	Güneş
2	Rüzgar Enerjisi	Rüzgar
3	Dalga Enerjisi	Okyanus ve Denizler
4	Biyokütle Enerjisi	Biyolojik artıklar
5	Jeotermal Enerji	Yer altı suları
6	Hidrolik Enerji	Nehirler
7	Hidrojen Enerjisi	Su ve Hidroksitler

Fosil yakıtlar içindeki karbon, havadaki oksijen ile birleşerek tam yanma halinde CO₂ veya yarım yanma halinde CO gazlarını ortaya çıkarmaktadır. Yine yakıt içerisinde eser miktarda bulunan kurşun, kükürt gibi elementler yanma sıcaklığında oksijen ile birleşerek insan sağlığı açısından önemli tehdit oluşturan bileşikler (SO_x, PbO, NO_x...) oluşturmaktadır. Bu yanma ürünleri, atmosfere bırakılmakta ve atmosfer içerisinde birikmektedir. Fotosentez, çürüme gibi tabii dönüşümler bu birikime engel olabilse de, aşırı yakıt tüketimi birikim miktarının artmasına neden olmaktadır. Atmosfer içinde biriken yanma gazları güneş ve yer arasında tabii olmayan katman meydana getirmekte, insan ve bitki hayatı üzerinde negatif etkiye neden olmaktadır. Sera Etkisi (Isı enerjisinin karbondioksit gibi gazlar tarafından emilip atmosferde alıkonmasıyla ortaya çıkan ısı artışı) olarak da bilinen bu etki ve insan sağlığı bugün önemle üzerinde durulan olgulardır [14].

Sera etkisini azaltmak için Kyoto Protokolü adı verilen, sera etkisi yaratan gazların salınımını sınırlamayı ve azaltmayı hedefleyen uluslararası bir anlaşma hazırlanmıştır. Bu protokol, 11 Aralık 1997 tarihinde Japonya'nın Kyoto kentinde düzenlenen bir zirvede oluşturulmuş olup 9 Mayıs 1992'de New York'da kabul edilen, "İklim Değişikliğine Yönelik Birleşmiş Milletler Çerçeve Sözleşmesi'nin belirlediği ilkelere dayanmaktadır.

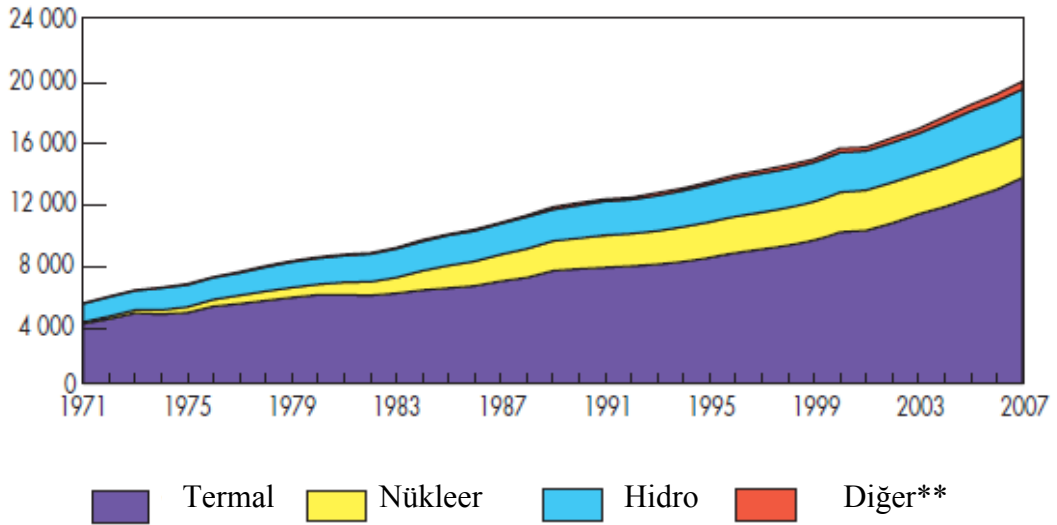
Protokol'e taraf olan devletler; başta ulusal ekonomilerinin ilgili sektörlerinde enerji etkinliğini iyileştirmeye ve sera etkisi yaratan gazların salınımını sınırlamaya ve azaltmaya yönelik önlemler almakla, karbondioksit ve metan gibi sera gazı etkisi yaratan gazların salınımında 2012 yılına kadar, 1990 yılındaki düzeyinden toplam % 5,2 oranında bir azalma sağlamakla yükümlü olduklarını kabul etmektedir [13].

2009 yılının Aralık ortalarında Kopenhag'da yapılan ve 193 ülkenin katıldığı iklim zirvesinin sonucunda ise, Kyoto kıstaslarını daha da ileri götürmek üzere iyi niyet sözleşmeleri yapılmıştır. Kopenhag'daki toplantının ardından Kyoto protokolünün son bulacağı 2012 sonrası için çalışmaların hızlandırıldığı belirtilmektedir.

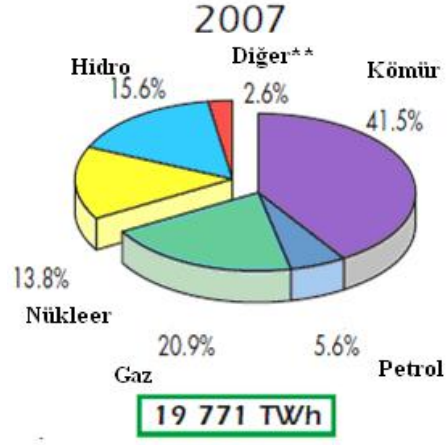
2.3 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımının Dünya Üzerindeki Dağılımı

Yenilenebilir enerji kaynaklarının son yıllarda kullanımının arttığı gözlemlenmektedir. Bunun sonucunda da, bu kaynakların dünya elektrik tüketimindeki oranı gün geçtikçe artmaktadır. Şekil 2.1'de 1971'den 2007 senesine kadar dünya üzerindeki elektrik enerjisi kaynaklarının tüketiminin değişimi görülmektedir [15].

Şekil 2.2'de ise 2007 senesinde Dünya elektrik üretimindeki dağılım verilmiştir. Şekillerde, Diğer** olarak adlandırılan değerler Rüzgar, Güneş, jeotermal ve biyoyakıtlar tarafından üretilen elektrik oranlarını yansıtmaktadır [15].



Şekil 2.1 : 1971–2007 arası Dünya elektrik enerjisi üretimi



Şekil 2.2 : 2007 yılı Dünya elektrik enerjisi üretimi dağılımı

3. GÜNEŞ ENERJİSİ

Bilindiği üzere, Güneş ve çevresindeki gezegenlerden oluşan güneş sistemi dünya için temel bir enerji kaynağıdır. Özellikle, Güneşin dünya üzerinde yaşayan canlılar için vazgeçilmez bir kaynak olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Bugün kullanılan çeşitli enerji kaynaklarının büyük kısmı, Güneşin sebep olduğu olaylar sonucu ortaya çıkmakta veya çıkmış bulunmaktadır. Güneş enerjisi ile dünya aydınlatılabilmekte; yağışlar ile su döngüsü sağlanabilmekte ve en önemlisi de, fotosentez ile canlı yaşam sürdürülebilmektedir. Dünyamız için hayati öneme sahip bu yıldızdan endüstriyel manada enerji üretimi de sağlanabilmektedir.

Güneş, çapı 1.400.000 km (dünya çapının yaklaşık 110 katı), kütlesi 2×10^{30} kg (dünya kütlesinin yaklaşık 330.000 katı) olan bir yıldızdır ve kendi eksenini etrafında dönmektedir. Güneşin merkezinde, temelde hidrojen çekirdeklerinin kaynaşmasıyla füzyon reaksiyonu meydana geldiği ve sıcaklığın yaklaşık olarak 15-16 milyon °C 'a kadar ulaştığı bilinmektedir. Bu bağlamda, Güneşin yaklaşık % 90'ının hidrojenden oluştuğu belirtilmektedir [16].

Güneşin korunda, hidrojen çekirdekleri füzyon yaparak helyum çekirdekleri oluşmakta ve bu tepkime sonucunda büyük bir enerji ortaya çıkmaktadır. Güneşin toplam ışıması $3,8 \times 10^{26}$ J/saniye olduğundan, güneşte bir saniyede yaklaşık 600 milyon ton proton, yani hidrojen tüketilmektedir. Bu sayı ilk bakışta ürkütücü gibi gelse de, Güneşin kütlesi ve bu kütleinin % 90'ına yakın kısmının protonlar oluştuğu düşünülürse, Güneşteki hidrojen yakıtının tüketilmesi için daha, yaklaşık 5 milyar yıllık bir süre olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu yönüyle Güneşin, insanlık için tükenmez bir enerji kaynağı olduğu belirtilmektedir [17].

Dünyaya ulaşan güneş enerjisi, Güneşin daha serin (yaklaşık 6000 °K) ve birkaç yüz kilometrelik dar bir üst bölgesinden gelmektedir. Bu bölge, düşük yoğunlukta iyonlanmış gazlardan oluşmakta ve görünür ışığı pek geçirmeyen bir bölge olarak tanımlanmaktadır. Bu bölgedeki atomlar, sıcaklıklarıyla orantılı olarak ışıma yapmakta ve böylece bu bölgenin ışımasına yol açmaktadırlar.

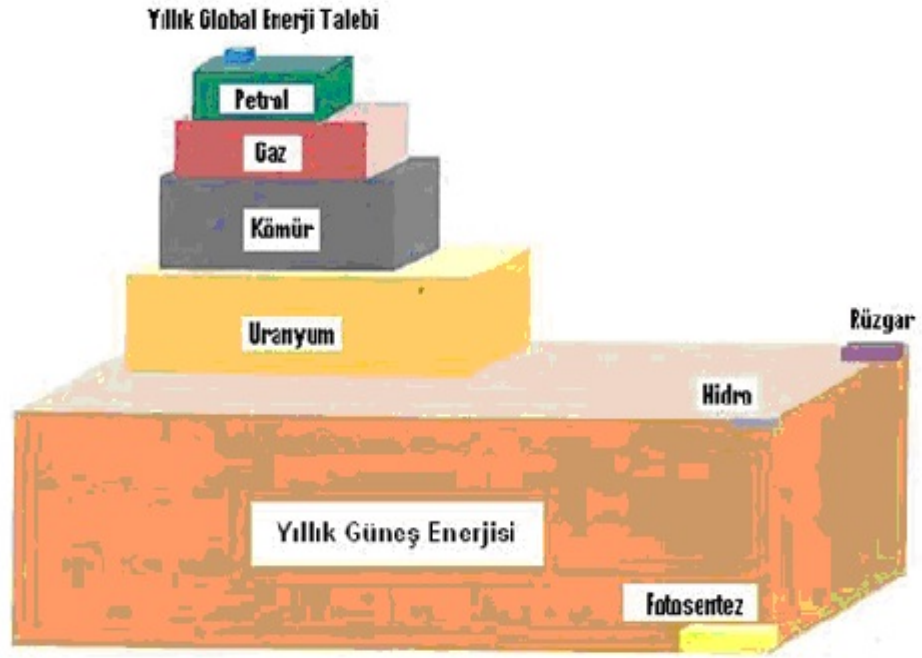
Dünya, Güneşten yaklaşık 150 milyon km. uzakta bulunmaktadır. Dünya hem kendi çevresinde hem de Güneş çevresinde eliptik bir yörüngede dönmektedir. Bu yönüyle, dünyaya güneşten gelen enerji, hem günlük olarak değişmekte, hem de yıl boyunca değişmektedir. İlave olarak, Dünyanın kendi çevresindeki dönüş eksenini, Güneş çevresindeki yörünge düzlemiyle 23,5° lik bir açı yaptığından, yeryüzüne düşen güneş şiddeti yıl boyunca değişmekte ve mevsimler de böylece oluşmaktadır.

Dünyaya, Güneşten saniyede, yaklaşık 4×10^{26} J'lük enerji, ışınlarla gelmektedir. Güneşin yaydığı toplam enerji göz önüne alındığında, bu hayli küçük bir değerdir. Ancak, bu miktar dahi, dünyada insanoğlunun bugün için kullandığı toplam enerjinin yaklaşık 15-16 bin katıdır. Dünyaya gelen güneş enerjisi çeşitli dalga boylarındaki ışınlarından oluşmakta ve Güneş-Dünya arasını yaklaşık 8 dakikada aşarak dünyaya ulaşmaktadır. Işınlar saniyede 300.000 km'lik bir hızla, bir başka deyişle ışık hızıyla yol almaktadırlar.

Atmosfer dışına, güneş ışınlarına dik bir metrekare alana gelen güneş enerjisi, *Güneş Değişmezi (S)* olarak adlandırılmakta olup bunun değeri $S=1373 \text{ W/m}^2$ dir. Bu değer, tanım gereği, yıl boyunca değişmez alınabilir. Çünkü her zaman, gelen güneş ışınlarına dik yüzey göz önüne alınmalıdır. Ancak, Dünyanın, Güneş çevresindeki yörüngesi bir çember olmayıp bir elips olduğundan, yıl boyunca bu değerinde % 3,3 'lük bir değişim söz konusudur. Yeryüzüne bu enerjinin soğurma ve yansıma olaylarından dolayı 832 W/m^2 lik kısmı ulaşmaktadır [13].

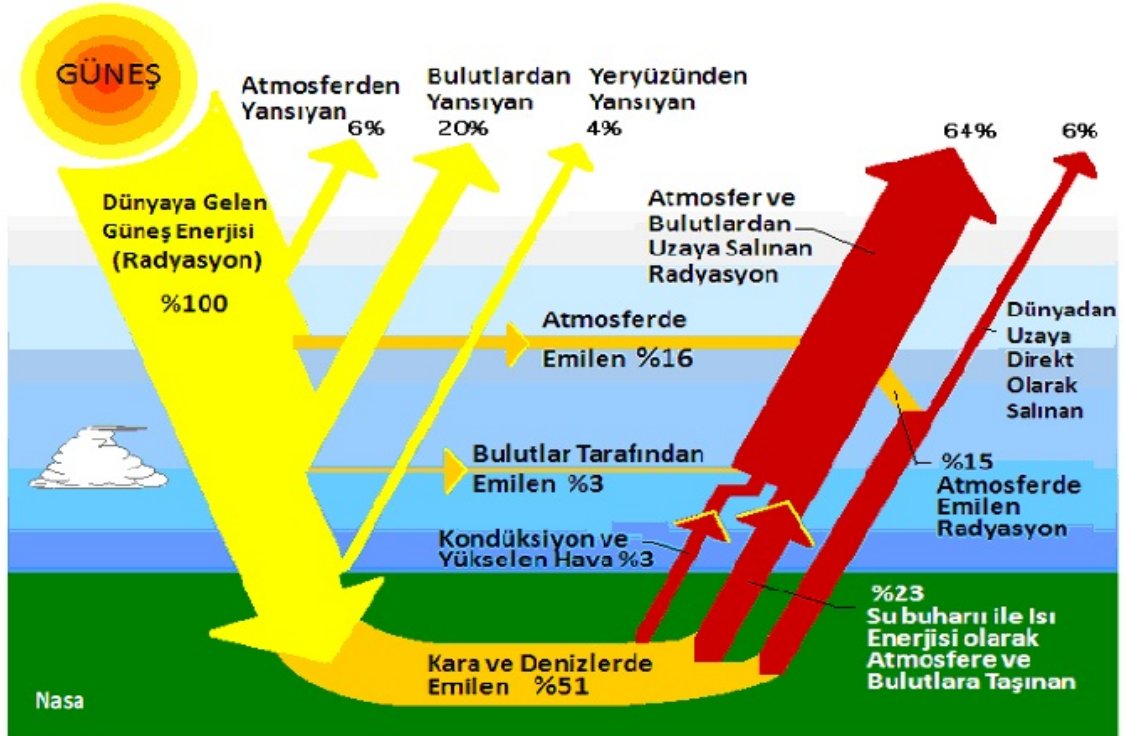
Yaklaşık bir saat içerisinde dünyaya ulaşan güneş enerjisi miktarının, yıllık küresel enerji talebini karşılayacak boyutta olduğu hesaplanmaktadır. Ancak, düşük yoğunluğa sahip olması, kesintiye uğrayabilmesi ve mevcut teknolojiye sahip verimlilik gibi sorunlar nedeniyle güneş enerjisinin henüz yeterli oranda kullanıma sunulamadığı söylenebilir. Şekil 3.1'de dünyaya ulaşan yıllık güneş enerjisi miktarı ile diğer enerji kaynaklarından veya diğer enerji çeşitlerinden elde edilen enerji miktarı ve yıllık küresel enerji talebinin grafiksel karşılaştırılması sunulmaktadır [18].

Dünya üzerine düşen güneş enerjisinin tamamının yararlı enerjiye dönüşmediği bilinmektedir. Bu ışınların bir bölümü atmosfer tarafından soğurulurken bir bölümü bulutlardan geri yansımaktadır.



Şekil 3.1 : Güneş enerjisi ve diğer enerji kaynakları ile enerji çeşitlerinden elde edilen enerji miktarlarının karşılaştırması

Şekil 3.2'de Dünya üzerine düşen güneş ışınlarının dağılımı görülmektedir [19].



Şekil 3.2 : Dünya üzerine düşen güneş ışınlarının dağılımı

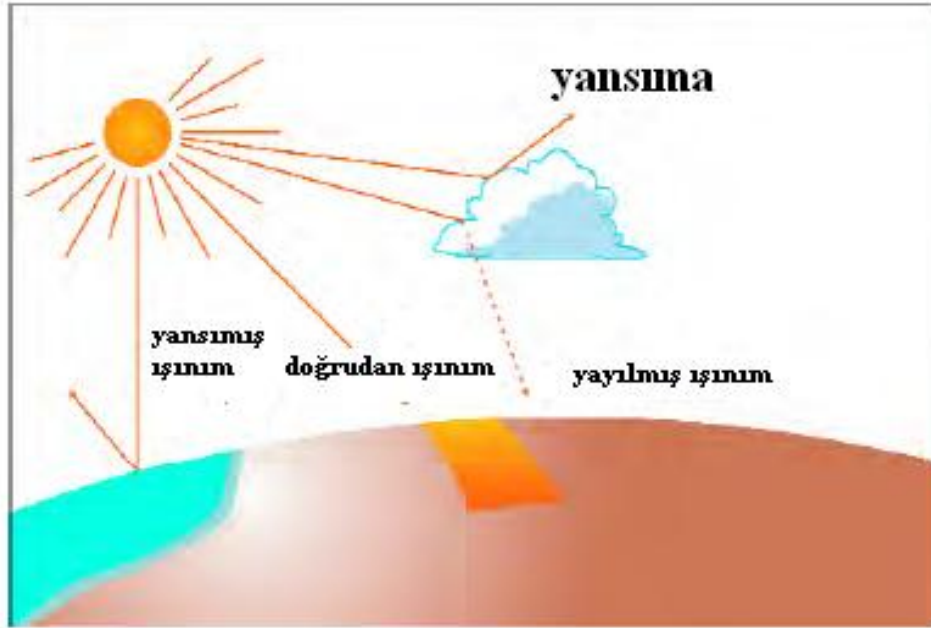
Güneş enerjisi ile ilgili hesaplamalar yapılırken, güneş ışınının dünyaya düşme şekline göre değişik şekillerde isimlendirilmektedir. Bunlar;

Doğrudan Işınım: Bu ışınım değeri, güneşten doğrudan olarak alınan ışınımı tanımlamaktadır. Özellikle yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemleri ve güneş enerjisinden ısı eldesi hesaplarında kullanılmaktadır.

Yayılmış Işınım: Bu ışınım değeri ise, Güneşin dünya atmosferinden geçerken dağılmasıyla oluşmakta ve atmosferden yansıyan ışınım ile yer yüzeyinden yansıyan ışınım miktarını içermektedir.

Küresel Işınım: Doğrudan ve yayılmış ışınımın toplamı olup, özellikle fotovoltaik sistem hesaplamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır [20].

Değişik ışınların dünyaya düşüş şekline göre sınıflandırılmasına ilişkin yapı Şekil 3.3'de gösterilmektedir [21].



Şekil 3.3 : Güneşin dünyaya düşme şekilleri

3.1 Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları

Güneş enerjisi temel olarak iki amaç için kullanılabilir. Bu amaçlardan ilki güneş enerjisini kullanarak ısı eldesi, ikincisi ise güneş enerjisini kullanarak elektrik eldesi olarak betimlenmektedir. Bu iki amaç için farklı teknolojiler kullanılmakta ve günden güne bu teknolojilerin verimlilikleri artmaktadır [22].

3.1.1 Güneş enerjisi ile ısıtma

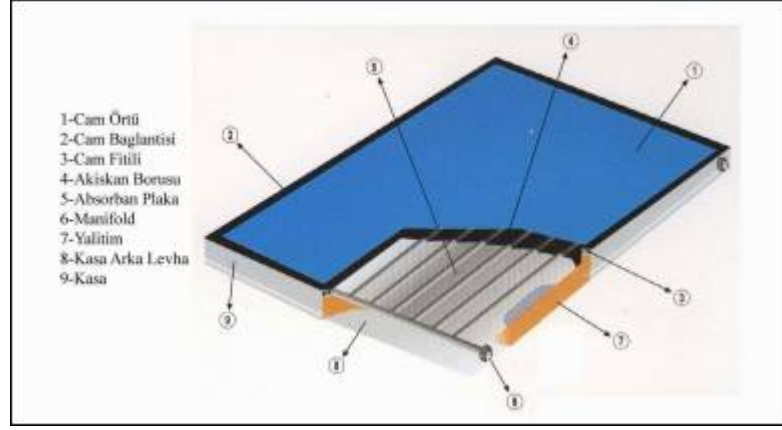
Tarihsel kaynaklar incelendiğinde güneş enerjisi ile ısınmanın ve/veya ısıtmanın tarihinin çok eskilere dayandığı görülebilmektedir. Neredeyse ilk insandan bu yana, insanoğlunun, Güneşi bir ısıtıcı olarak kullandığı söylenebilir. Teknolojinin gelişimiyle, güneş ısıtıcılarının yapısı da değişmiş ve değişik düzenekler oluşmuştur. Kullanılan teknolojik düzenekler, gerek duyulan ısının yoğunluğuna göre basit düzeneklerden karmaşık olanlarına kadar değişebilmektedir. Bununla beraber, genel olarak, güneş kolektörleri yöntemiyle toplanan ısı enerjisinin bir akışkan yoluyla gereken ortama aktarılması esasına dayanan yöntemle çalışmaktadırlar [23].

Çok yüksek sıcaklıklara gerek duymayan sistemler için düzlemsel veya vakumlu tip güneş kolektörleri kullanılabilir. Bununla birlikte, pasif ısıtma teknolojileri gibi değişik uygulamaların da günlük yaşamda örnekleri görülebilmektedir.

3.1.1.1 Düzlemsel güneş kolektörleri:

Bu tip kolektörler güneş enerjisini toplayan ve bir akışkana ısı olarak aktaran çeşitli tür ve biçimlerdeki aygıtlardır. Düzlemsel güneş kolektörleri en çok evlerde sıcak su ısıtma amacıyla kullanılmaktadır. Ulaştıkları sıcaklık 70 °C civarındadır. Düzlemsel güneş kolektörleri, üstten başlayarak alta doğru, camdan yapılan üst örtü, cam ile absorban plaka arasında yeterince boşluk, metal veya plastik absorban plaka, arka ve yan yalıtım ve bu bölümleri içine alan bir kasadan oluşmaktadır. Absorban plakanın yüzeyi genellikle koyu renkte olup bazen seçiciliği artıran bir madde ile kaplanmaktadır. Kolektörler, yörenin enlemine bağlı olarak Güneşi maksimum alacak şekilde, sabit bir açıyla yerleştirilmektedirler.

Güneş kolektörlü sistemler tabii dolaşım ve pompalı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu sistemler, ev içi kullanımlarının yanı sıra, yüzme havuzları ve sanayi tesisleri için de sıcak su sağlanmasında kullanılabilirler. Bu konudaki Ar-Ge çalışmaları süregitmekle birlikte, bu sistemler tamamen ticarileşmiş durumdadırlar. Dünya genelinde kurulu bulunan güneş kolektörü alanının 30 milyon m²'nin üzerinde olduğu düşünülmektedir. En fazla güneş kolektörü bulunan ülkeler arasında Çin, ABD, Japonya, Avustralya, İsrail ve Yunanistan gösterilmektedir. Türkiye de, 7,5 milyon m² kurulu kolektör alanı ile dünyanın önde gelen ülkelerinden biri konumundadır [24]. Şekil 3.4'te bir güneş kolektörü şematik olarak görülmektedir [25].



Şekil 3.4 : Güneş kolektörleri

3.1.1.2 Güneş havuzları

Güneş havuzları, tuzlu suyun kaynama noktasının altındaki sıcaklıklarda Güneş enerjisinin toplanmasını ve depolanmasını sağlayan üniteler olarak tanımlanmaktadır. Havuzun birim alanından kazanılan enerji, aynı depolama sıcaklığında çalışan düzlemsel kolektörle kıyaslandığı zaman, havuzun düşük maliyet ve büyük ısı depolama kapasitesi gibi avantajları belirtilmektedir. Bununla birlikte havuzların çatılar üzerine ve yüksek eğimli yerlere kurulamaması gibi kısıtlamaları da bulunmaktadır. Küçük havuzların toprağa karşı izole edilememesi de verimi düşürür.

Bu uygulamada yaklaşık 5-6 metre derinlikteki suyla kaplı havuzun siyah renkli zemini, güneş ışınımını yakalayıp 90 °C sıcaklıkta sıcak su elde edilmesinde kullanılabilir. Bu sıcak su, bir eşanjöre pompalanarak, doğrudan ısı olarak yararlanılabileceği gibi, Rankin çevrimi ile elektrik üretiminde de kullanılabilir.

Güneş havuzlarında genellikle kullanılan tuzlar, sodyum klorür ve magnezyum klorürdür. Güneş havuzları işletme kolaylıkları ve imalatındaki kolay teknolojiden dolayı kullanışlı olarak nitelendirilir. Biyolojik organizmaların kontrolü ve havuzun temizliği genellikle yüzme havuzuna benzer. Güneş havuzundan ısıyı çekmek için akışkanı pompalamak gerekirken, toplama ve depolama tamamen pasiftir. Yüksek buharlaşma olan bölgelerde, havuzun su seviyesinin eksilmesini önlemek için havuz, su ile takviye edilir. Bu amaç için deniz suyu ve birçok göl suları, düşük tuz içerdiğinden kullanılabilir [26].

3.1.1.3 Vakumlu güneş kolektörleri

Bu tip sistemlerde, vakumlu cam borular ve gerekirse absorban yüzeyine gelen enerjiyi artırmak için metal ya da cam yansıtıcılar kullanılmaktadır. Vakumlu güneş kolektörlerinin çıkışları daha yüksek sıcaklıkta olduğu için (100-120 °C), düzlemsel kolektörlerin kullanıldığı yerlerde ve ayrıca yiyecek dondurma, bina soğutma gibi daha geniş bir yelpazede kullanılabilirler [27].

3.1.1.4 Güneş bacaları

Bu yöntemde güneşin ısı etkisinden dolayı oluşan hava hareketinden yararlanılarak elektrik üretilmektedir. Güneş bacalarının çalışması hidroelektrik santrallere benzetilebilir. İkiside elektrik üretimini türbinler sayesinde gerçekleştirmektedir.

Hidroelektrik santrallerinde türbinler su yardımıyla dönerken; güneş bacalarında türbinler hava akışı sayesinde dönmektedir. İkisinde de elektrik üretim maliyetleri, bakım onarım maliyetleri ve işletim maliyetleri düşüktür.

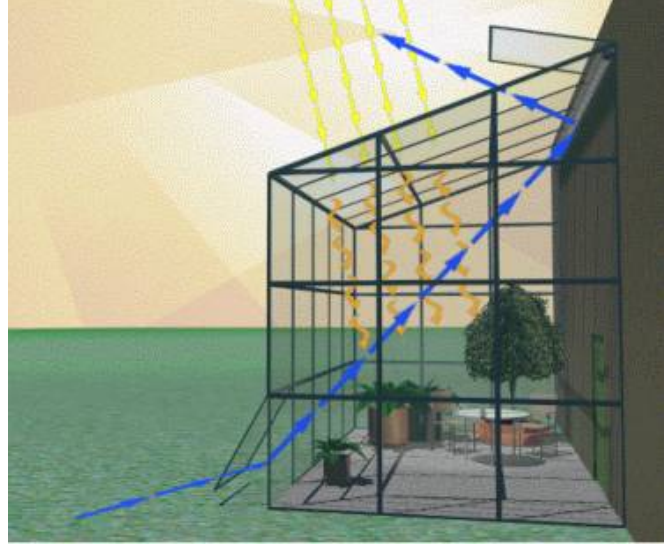
Güneşe maruz bırakılan şeffaf malzemeyle kaplı bir yapının içindeki toprak ve hava daha çok ısınmaktadır. Isınan hava yükseleceği için, çatı eğimli yapılar, hava akışı hayli yüksek bir bacaya yönlendirilirse baca içinde yüksek hızda hava akışı oluşmaktadır. Baca girişine yerleştirilebilecek bir yatay rüzgâr türbini ile bu akış elektriğe çevrilebilmektedir. Bu tip uygulamalar için değişik güçlerde tesisler kurulabilmektedir. Ancak, dünya üzerinde deneysel bir kaç sistem dışında uygulaması bulunmamaktadır [28].

3.1.1.5 Güneş mimarisi

Güneş mimarisi, yüzyıllardır kullanılan bir uygulama çeşididir. Toplumların yaşadıkları bölgenin meteorolojik yapısına göre konutlarını şekillendirdikleri ve güneşin enerjisinden en verimli şekilde yararlanmaya çalıştıkları bilinmektedir. Konutların yapı ve tasarımında yapılan değişikliklerle ısıtma, aydınlatma ve soğutma gibi uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Pasif olarak doğal ısı transfer mekanizmasıyla güneş enerjisi toplanabilir, depolanabilir ve hatta bu depolanan enerjinin dağıtımı yapılabilir. Ayrıca güneş kolektörleri, güneş panelleri gibi aktif güneş enerjisi donanımları da güneş mimarisinin örnekleri arasında yer alabilmektedir [29].

3.1.1.6 Ürün kurutma ve seralar

Bilindiği üzere, Güneş, Dünyamıza enerji olarak birçok değişik şekilde etki edebilmektedir. Bunlardan birisi de güneşin ısıtma etkisidir. Güneşin ısıtma etkisi sayesinde özellikle kırsal yörelerde toplanan ürünler kurutulabilmekte ve saklanabilmektedir [24]. Şekil 3.5’de pasif ısıtma örnekleri görülmektedir [30].

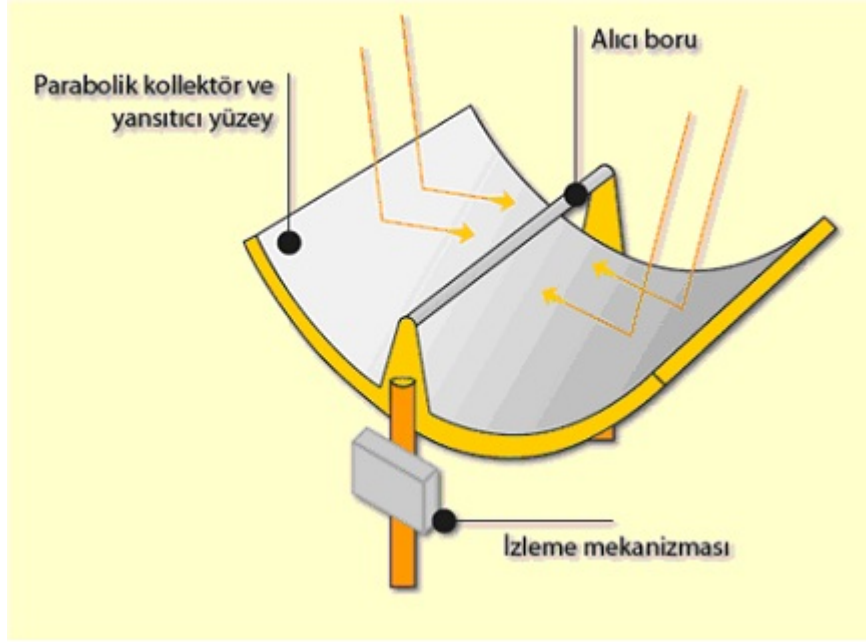


Şekil 3.5 : Pasif ısıtma örnekleri

3.1.2 Güneş enerjisinden elektrik elde edilmesi

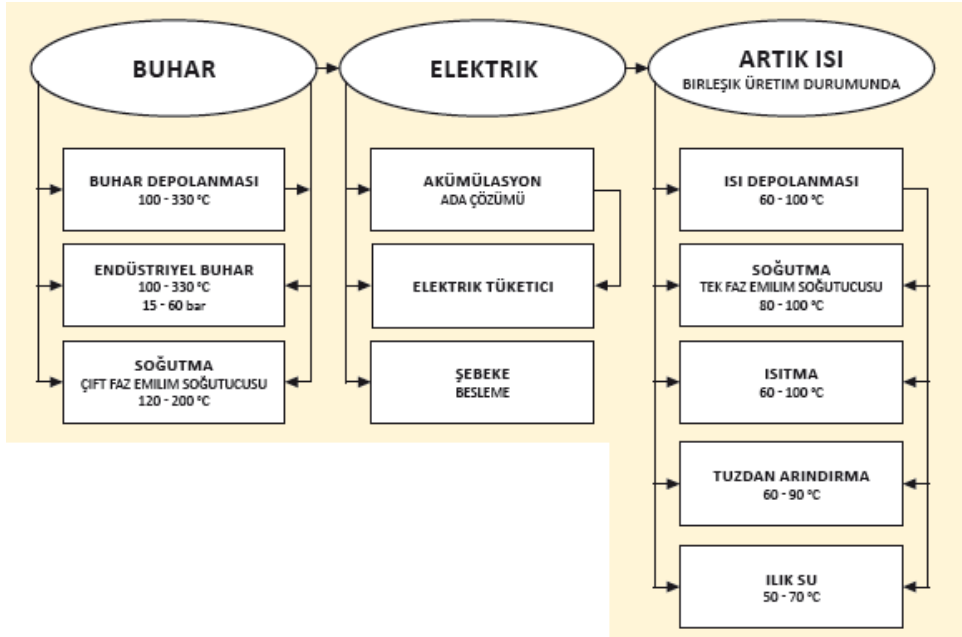
Güneş enerjisinden elektrik elde edilmesi, temel olarak 2 farklı teknoloji ile sağlanabilmektedir. Bunlardan ilki, bu çalışmanın da konusu olan ışığın doğrudan elektrik enerjisine çevrilmesi prensibiyle çalışan fotovoltaik sistemler, ikincisi ise yüksek sıcaklık ilkesi ile çalışan yoğunlaştırıcı sistemlerdir.

Yoğunlaştırıcı sistemler, birincil enerji kaynağı olarak güneş enerjisini kullanan elektrik üretim sistemleridir. Bu sistemler temelde güneşten ısı elde eden sistemlerle aynı yöntemle çalışmakla birlikte, güneş enerjisini toplama yöntemleri, bir başka deyişle, kullanılan kolektörler bakımından farklılık göstermektedirler. Toplama elemanı olarak parabolik oluk kolektörlerin kullanıldığı güç santrallerinde; çalışma sıvısı, kolektörlerin odaklarına yerleştirilmiş olan absorban boru içerisinde dolaştırılmaktadır. Daha sonra, ısınan bu sıvıdan eşanjörler yardımı ile kızgın buhar elde edilmektedir. Parabolik çanak kolektörler kullanılan sistemlerde de, ya aynı yöntem kullanılmakta ya da merkeze yerleştirilen bir motor (Stirling) yardımı ile doğrudan elektrik üretilmektedir [31]. Şekil 3.6’da parabolik kolektör yapısı görülmektedir [32].



Şekil 3.6 : Parabolik kolektör yapısı

Parabolik kolektör vasıtasıyla elektrik eldesi sağlayan güneş enerjisi sistemlerinden buhar eldesi ve atık ısı da sağlanabilmektedir. Şekil 3.7’de parabolik kolektörler vasıtasıyla elde edilebilen yüksek sıcaklık değerleri sistem içerisinde kullanılan akışkan buhar fazına geçiş yapabildiği gösterilmektedir [32]. Bu sayede parabolik kolektörlerden elektrik eldesi dışında ısıtma ve soğutma için buhar veya ön ısıtma işlemleri için atık ısı elde edilebildiği görülmektedir.



Şekil 3.7 : Parabolik kolektör vasıtasıyla ısı ve elektrik eldesi

Merkezi alıcılı sistemlerde ise, güneş ışınları düzlemsel aynalar (heliostat) yardımı ile alıcı adı verilen ısı değiştiricisine yansıtılmaktadır. Alıcıda ısıtılan çalışma sıvısından, konvansiyonel yollarla elektrik elde edilmektedir [33].

Şekil 3.8’de merkezi alıcılı güneş enerjisi sistemi görülmektedir [34]. Şekil 3.9’da ise parabolik çanak kolektörler görülmektedir [35].



Şekil 3.8 : Merkezi alıcılı güneş enerjisi sistemleri



Şekil 3.9 : Parabolik anak kolektörler

Güneş termal güç santrallerinin tasarımında dikkate alınması gereken en önemli parametreler olarak aşağıdakiler gösterilmektedir;

- Güneş enerjisi ve iklim değerlendirmesi
- Değişkenlerin optimizasyonu
- Bölge seçimi

Santralin tesis edileceği ideal bölge seçilirken ise, aşağıdaki kriterlerin göz önünde bulundurulmasının gerekli olduğu belirtilmektedir. Bölgenin;

- Yıllık yağış miktarının düşük olması,
- Bulutsuz ve sisli bir atmosfere sahip olması,
- Hava kirliliğinin olmaması,
- Ormanlık ve ağaçlık bölgelerden uzak olması,
- Rüzgâr hızının düşük olması [36]

istenmektedir.

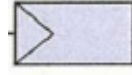
3.2 Fotovoltaik Güneş Panelleri

Güneş panelleri, yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken maddeler olarak tanımlanmaktadır. Fotovoltaik güneş hücrelerinin yüzeylerinin genellikle kare, dikdörtgen, daire şeklinde olduğu bilinmektedir. Güneş hücrelerinin boyutlarının çoğunlukla 125 x 125 mm veya 156 x 156 mm olduğu gözlemlenmektedir. Hücrelerin kalınlıklarının ise son yıllarda gittikçe azaltılmaya başlandığı literatür araştırmalarında ve üretici firmaların raporlarında görülebilmektedir. Günümüzde üretici firmaların raporları incelendiğinde ise kalınlıkların 0,15-0,2 mm arasında olduğu görülebilmektedir [37].

Güneş panellerinin fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışmaları bilinmektedir. Fotovoltaik ilke, hücrelerin üzerlerine ışık düştüğü zaman hücrelerin uçlarında elektrik gerilimi oluşması olarak tanımlanabilmektedir [38].

Güneş hücresinin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir. Güneş hücreleri, mekanik olarak elektrik üreten cihazların aksine hareketli parçalar olmadığından teorik ömürleri sonsuz olarak tanımlanmaktadır.

Çok sayıda güneş hücresi birbirine paralel ya da seri bağlanarak güç çıkışı arttırılabilir. Bu yapıya güneş paneli ya da fotovoltaik panel adı verilmektedir. Güneş panelleri talep edilen güce bağlı olarak seri ya da paralel bağlanabilirler. Böylece birkaç Watt'lık küçük enerji üreteçlerinden dev enerji santrallerine kadar sistemler oluşturulabilir. Güneş panellerinin çıkışından doğru akım elde edilir [39]. Güneş panelleri şekil 3.10 'daki sembol ile tanımlanmaktadır [40].



Şekil 3.10 : Güneş paneli sembolü

3.2.1 Fotovoltaik güneş panellerinin tarihçesi

Güneş enerjisi, yüzyıllar boyunca insanoğlu tarafından değişik şekillerde kullanılsa da güneş enerjisinden elektrik elde edilmesi için gereken ilk çalışmaların 19. yüzyılın ortalarında başladığı görülmektedir. İlk kez 1839 yılında Fransız bilim adamı Becquerel, elektrolit içerisine daldırılmış elektrotlar arasındaki gerilimin, elektrolit üzerine düşen ışığa bağımlı olduğu gözlemleyerek Fotovoltaik olayını bulmuştur [41]. Katılarda benzer bir olayın ise ilk olarak selenyum kristalleri üzerinde 1876 yılında G.W. Adams ve R.E. Day tarafından gösterildiği bilinmektedir. Literatür taramalarında 1914 yılında fotovoltaik hücrelerin verimliliğinin % 1 olduğu gözlemlenmektedir. 1954 yılında ise Chapin, Fueller ve Pearson adındaki üç Amerikalı bilim adamının silikon güneş hücresi üzerinde % 6 verimlilik değerine ulaştığı ve güneş enerjisinden elektrik enerjisine dönüşümü ticarileştirme başarısına ulaştıkları belirtilmektedir [42].

Fotovoltaik güç sistemleri için dönüm noktası olarak kabul edilen bu tarihi izleyen yıllarda araştırmalar ve ilk tasarımlar, uzay araçlarında kullanılacak güç sistemleri için yapılmıştır. Fotovoltaik güç sistemlerinin 1960'ların başından beri uzay çalışmalarının güvenilir kaynağı olduğu bilinmektedir [43].

1970'li yılların başlarına kadar, güneş panellerinin uygulamaları sınırlı kaldığı gözlemlenmektedir. Güneş panellerinin yeryüzünde de elektriksiz güç sistemi olarak kullanılabilmesine yönelik araştırma ve geliştirme çabaları 1954'lerde başlamış olmasına karşın, gerçek anlamda ilgi 1973 yılındaki "1. petrol bunalımını" izleyen yıllarda olmaktadır.

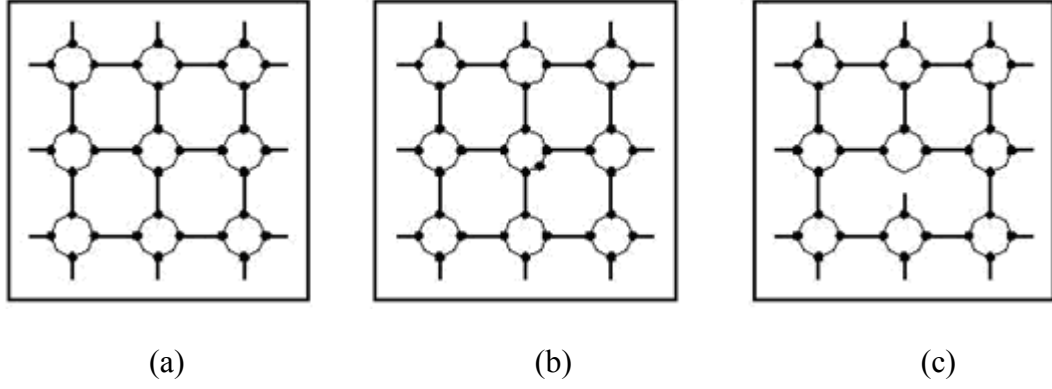
Amerika’da, Avrupa’da ve Japonya’da büyük bütçeli ve geniş kapsamlı araştırma ve geliştirme projeleri başlatılmış bununla birlikte uzay çalışmalarında kendini ispatlamış silikon kristaline dayalı güneş panellerinin verimliliğini artırma çabaları ve alternatif olmak üzere çok daha az yarı iletken malzemeye gerek duyulan ve bu neden ile daha ucuza üretilebilecek ince film güneş panelleri üzerindeki çalışmalara hız verilmiştir [44].

3.2.2 Fotovoltaik etki

Klasik güneş hücrelerinde yarı iletken devre elemanlarının yapımında kullanılan silisyumun kullanıldığı bilinmektedir. Silisyum (Si) atomlarının dış kabuklarında dörder valans elektronu bulunmaktadır. Bu tipten bir malzemenin, içindeki yabancı atomlardan arıtıldıktan sonra gerektiği şekilde kristalleştirilirse düzgün bir kristal yapı meydana getireceği belirtilmektedir (has yarıiletken). Bu kristal yapıda bir Si atomunda, her valans elektronunun en yakın dört komşu Si atomu ile ortaklaşa kullanılmasının sonucu olarak komşu atomlar arasında bağlayıcı kuvvetler oluşur. Her atomu komşusuna bağlayan bu elektron çifti veya kovalent bağ Şekil 3.11’de gösterilmiştir. Isıl uyarma ile bu elektronlar yerlerinden koparak “serbest elektron” haline geçebilirler. Kristal yapı içinde rastgele dolaşan bu elektronlar bir elektriksel alan uygulandığında, bu alana zıt yönde yani negatif uçtan pozitif uca doğru sürüklenerek bir elektrik akımı akmasına sebep olmaktadır [39].

Isıl uyarma ile yerinden kopan bir elektronun bu yerden ayrılması ile meydana gelen elektron noksanlığı, o yerde bir pozitif yükün bulunması şeklinde yorumlanarak bazı olayların açıklanması kolaylaştırılmış olunur. Bu pozitif yüke “delik” adı verilmektedir. Delikler de komşu atomlardan çalınan elektronlarla doldurularak kristal yapı içinde rastgele hareket ederler. Bir elektriksel alan uygulandığında delikler de alanın belirlediği yönde yani pozitif uçtan negatif uca doğru sürüklenerek bir akım akmasına sebep olurlar. Deliklerle elektronların, alanının etkisi altında hareket yönleri zıt olduğu halde taşıdıkları yükler de zıt işaretli olduğundan, akıttıkları akım aynı yönde ve pozitiften negatife doğrudur.

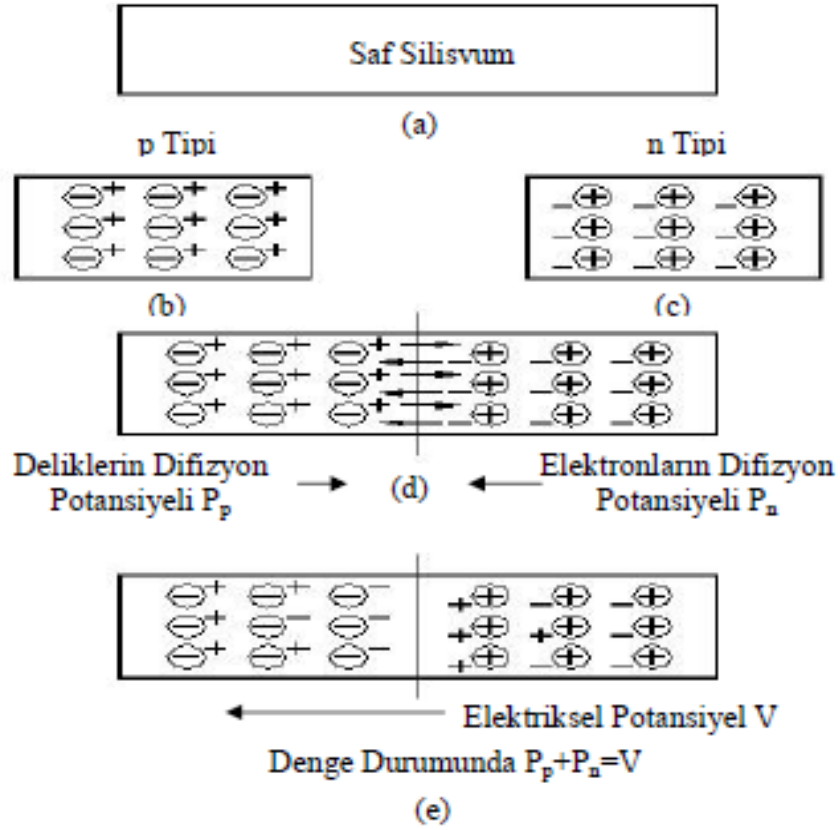
Şekil 3.11’de (a) şeklinde saf silisyumun kristal yapısı, (b) şeklinde fosfor katkılanmış silisyumun kristal yapısı (n tipi), (c) şeklinde ise bor katkılanmış silisyumun kristal yapısı gösterilmektedir [44].



Şekil 3.11 : Kristal yapı

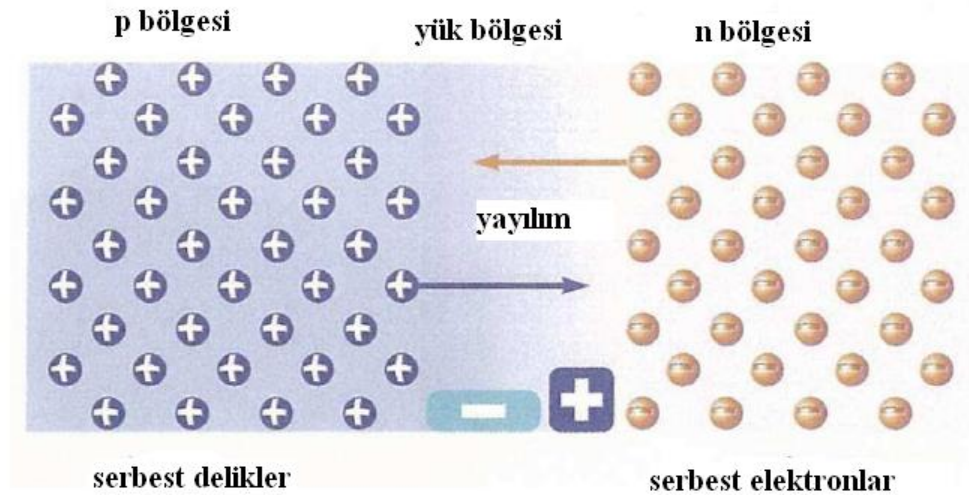
Düzgün kristal yapıya sahip bir has yarı iletkene dış yörüngelerinde beşer valans elektronu bulunan yabancı atomları (P, As,..) katılırsa bu “katkı atomları” kristal yapıya, dört dış yörünge elektronları ile komşu atomlara bağlanarak yerleşirler. Açıkta kalan beşinci elektronlar kolaylıkla ait oldukları atomun çevresinden ayrılarak yapı içinde rastgele dolaşabilen birer “serbest elektron” haline geçerler. Bu yolla ortaya çıkan serbest elektronların sayısı, yapıya katılan 5 valans elektronlu atomların sayısı kadardır. Birer elektronlarını serbest bırakarak kristal yapıya yerleşmiş olan bu atomlar yerleri belirli ve sabit olan +1 pozitif yüklü iyonlar olarak yapı içinde kalırlar. Kristal yapı içinde bu serbest elektronlarla, hareketsiz pozitif iyonlardan başka, yarı iletken atomlardan ısıl uyarma sonucu kopan elektronlarla, bunların kopması ile ortaya çıkan delikler de vardır. Bu durumda içine 5 valans elektronlu yabancı atomlar katılmış bir yarı iletken akım taşıyıcısı olarak çok sayıda elektron ve az sayıda da delik bulunacağı gözlemlenebilir. Çoğunlukta bulunan taşıyıcıları ve bu taşıyıcılar negatif yüklü olduğu için bu tip bir yarı iletken “n tipi yarıiletken” olarak tanımlanmaktadır.

Has yarıiletkene dış yörüngesinde üçer valans elektronu bulunan yabancı atomlar (Al, B,..) katılırsa bu atomların kristal yapıya yerleşebilmeleri için yakınlarındaki yarıiletken atomlarından birer elektron almaları gerekmektedir. Böylece, kendileri yapı içinde yerleri belirli ve sabit olan birer negatif iyon haline geçerlerken aldıkları elektronlardan kalan delikler pozitif yükler olarak kristal içinde rastgele dolaşmaya başlarlar. Bu yapı Şekil 3.12’de gösterilmektedir. Böylece ortaya çıkan pozitif akım taşıyıcıları ısıl uyarma ile doğmuş olan serbest elektron ve deliklere eklenirler ve bu defa pozitif taşıyıcılar çoğunlukta olduğu için bu tip bir yarı iletken p tipi yarı iletken olarak adlandırılır [39].



Şekil 3.12 : Bir p-n bağlantısının kavramsal gösterimi

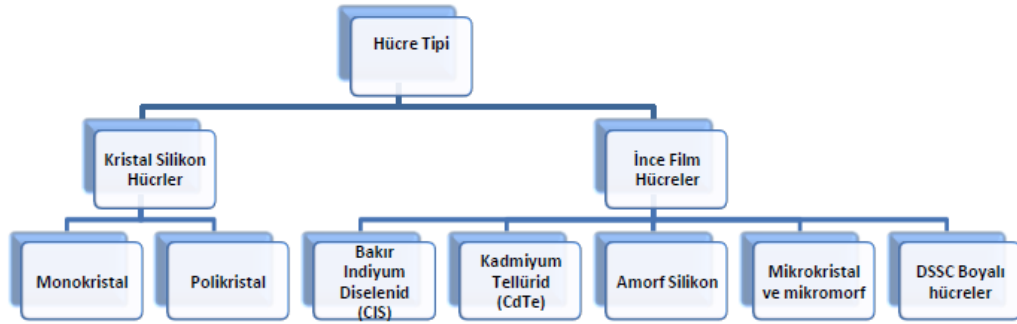
Bir yarı iletken parçasının bir bölgesi p tipi, diğer bölgesi ise n tipi olacak şekilde katkılanırsa p tipi bölgede çok sayıda bulunan delikler n tipi bölgeye doğru ve n tipi bölgede çok sayıda bulunan elektronlar p tipi bölgeye doğru yayılmaya başlayacaktır. Hareket edebilen taneciklerin yüksek yoğunlukta buldukları yerden alçak yoğunlukta buldukları yerlere doğru bu şekilde yayılmaları olayına difüzyon adı verilmektedir. Bu yük hareketi Şekil 3.13’de belirtildiği üzere P_n ve P_p difüzyon potansiyelleri ile gösterilebilir [46]. Difüzyon başladıktan sonra p bölgesinin n bölgesi ile birleştiği bölgede negatif yük fazlalığı, n bölgesinin p bölgesine yakın kısımlarında ise pozitif yük fazlalığı olduğu görülmektedir. Bunun sonucu olarak bölgelerin temas kısmına yakın yerlerde bir elektrik alanı oluşur. Bu alan difüzyon ile doğru orantılı olarak artış gösterir. Bir süre sonra, alan tarafından elektron ve delik difüzyonunun engellendiği görülmektedir. Denge kurulduktan sonra p-n fonksiyonunun yapısı tamamlanmış olur. Bir p-n fonksiyonunda herhangi bir dış elektrik alan yardımı olmadan sürekli bir makroskopik elektrik alanı mevcuttur. [45]



Şekil 3.13 : Elektron ve delikler arasındaki yayılım

3.2.3 Fotovoltaik hücre tipleri

Fotovoltaik hücreler temel olarak kristal silikon hücreler (C-Si) ve ince film hücreler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Şekil 3.14’te fotovoltaik hücre tipleri sınıflandırılmıştır [47]. 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 [48].



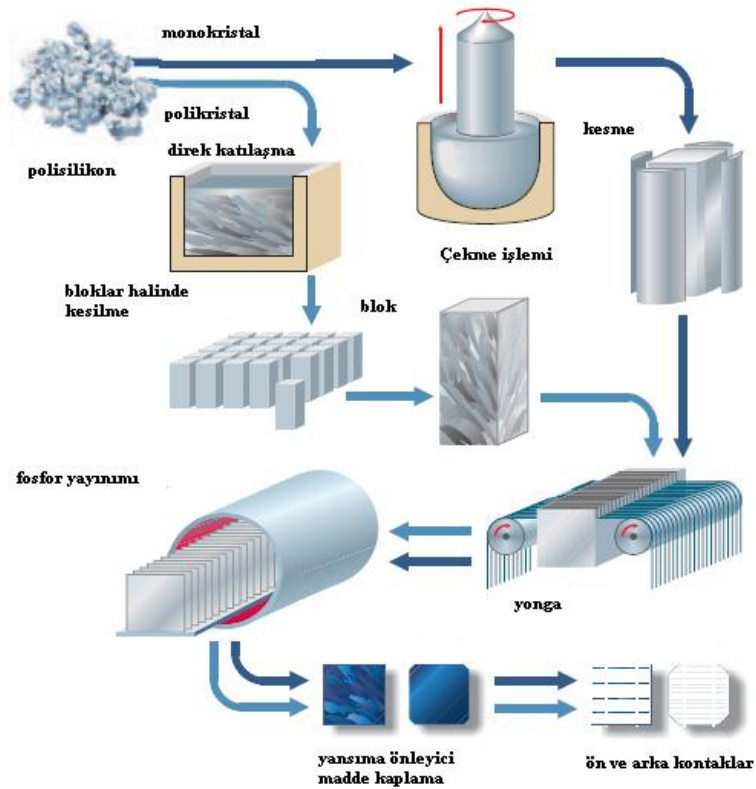
Şekil 3.14 : Fotovoltaik hücre tipleri

3.2.3.1 Kristal silikon yapılar

Kristal silikon yapılu hücrelerin en önemli ham maddesi silisyum olarak tanımlanmaktadır. Silisyum atomunun optik, elektriksel ve yapısal özelliklerinin uzun süre değişmemesi ve silisyum üretim teknolojisinde ulaşılan seviye bu malzemenin en popüler malzeme olarak öne çıkmasını sağlamaktadır. Öte yandan saf kristal üretiminin oldukça zor ve pahalı bir teknolojiyi gerektirdiği bilinmektedir. Silisyum oksijenden sonra yeryüzünde en çok bulunan element olmasına rağmen

güneş hücresinde kullanılabilmesi için bir takım işlemlerden geçmesi gerekmektedir. Öncelikle silisyumun doğada saf kimyasal formda bulunmaması nedeniyle, yüksek sıcaklık gerektiren ısıl işlemlerin uygulanması yoluyla silikon dioksit (kuartz) bileşiminden ayrılması gerekmektedir. Daha sonra elektronik uygulamalar için gerekli saflığa ulaşabilmesi için metalürjik silikonun saflığı artırılmaktadır. Sonuç olarak elde edilen yüksek kalite ve saflıktaki silikon, güneş hücrelerinin üretiminde kullanılmaktadır [49].

Şekil 3.15’de kristal yapıli hücrelerin üretim basamakları gösterilmektedir [50].



Şekil 3.15 : Kristal hücre üretim işlem basamakları

Şekil 3.14’de de görülebileceği üzere kristal hücreler kendi aralarında monokristal ve polikristal olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

3.2.3.1.1 Monokristal güneş hücreleri

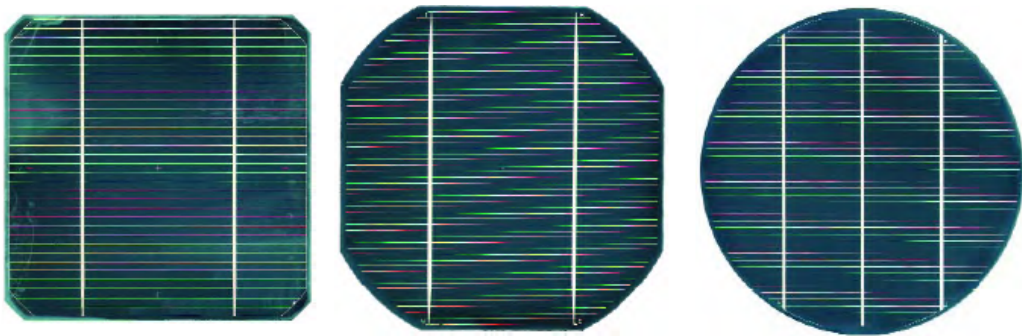
Güneş hücresi üretim teknikleri arasında en eski ve en pahalısı olmasına rağmen, mevcut hücre çeşitleri arasında halen en yüksek verimlilik değerine sahip hücreler olarak monokristal yapıli hücreler gösterilmektedir. Piyasada mevcut monokristal hücrelerin verimlilik değerleri ortalama % 15-% 18 arasında değişkenlik göstermekle

birlikte son yıllarda ticarileşmiş % 20-% 22 verimlilikte monokristal hücrelerin de kullanılmaya başlandığı gözlemlenmektedir.

Monokristal silikon üretiminde “Czochralski Metodu” olarak bilinen bir üretim metodu kullanılmaktadır. Çok yüksek sıcaklıklarda işlem gerektiren bu metotla, 300 mm çapında tek kristalli ve birkaç metre boyunda silikon silindirler oluşturulmakta ve bu silindirler gerek dairesel formda gerekse dörtgen veya çokgen şekilde pahlanarak 0,15-0,2 mm kalınlığında dilimlenmektedirler. Sonuçta ortaya çıkan plakaların p tabakası hazır olmakla birlikte, n tabakası da fosfor difüzyonuyla oluşturulmaktadır. Ön ve arka kontak noktaları da bağlanınca hücrenin elektrik akım yolu ortaya çıkmış olmaktadır. Son olarak, hücrenin üzerine düşen güneş ışınlarının yansımalarının engellenmesi amacıyla ön yüzey yansıma önleyici malzeme ile kaplanarak, hücre üretimi sonlanmış olmaktadır. Bu metodun, transistör ve entegre üretiminde kullanıldığı bilinmektedir. Bu bağlamda bilinen en güvenilir üretim yöntemi olduğundan yaygın olarak kullanılmaktadır.

Monokristal hücrelerin yapıları homojendir ve renkleri karakteristik olarak koyu maviden siyaha doğru değişir. Monokristal hücreler 4 inç, 5 inç ve 6 inç gibi boyutlara sahip olabilirler. Bununla birlikte şekilleri dairesel, kare ve yarı köşeli olabilir. Şekil 3.16’da değişik monokristal hücreler gösterilmektedir [51].

Monokristal hücre üretiminde en önemli sorunlardan birisinin yüksek malzeme kaybı olduğu belirtilmektedir. Özellikle, ısıl işlem sonrası yapılan dilimlemede yüksek hacimlerde kayıp yaşanmaktadır. Bu sorunun giderilmesi için çalışmalar yapılmaktadır [52].

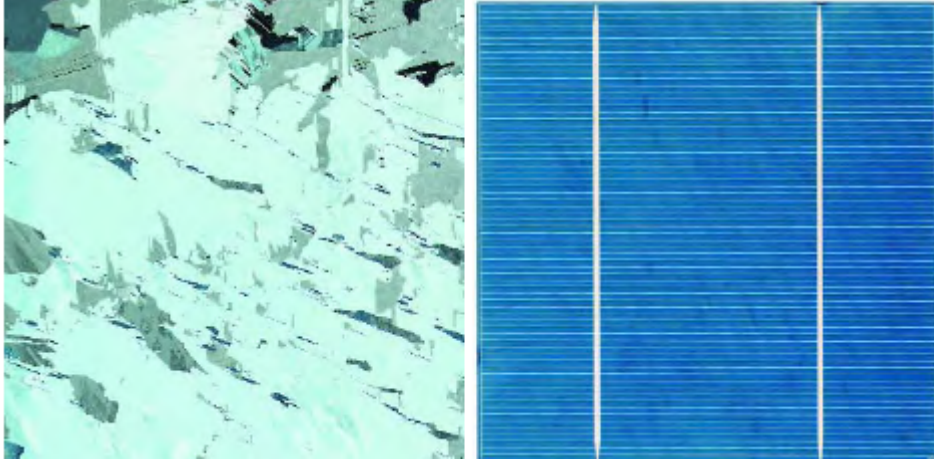


Şekil 3.16 : Monokristal hücre örnekleri

3.2.3.1.2 Polikristal güneş hücreleri

Çok kristalli (Polikristal) silisyumun üretilmesinde en çok kullanılan yöntem “dökme” yöntemi olarak belirtilmektedir. Polikristalli silisyumda başlangıç malzemesi monokristalli silisyumda olduğu gibi hazırlanmaktadır. Aranan saflık derecesi de benzer seviyelerde olmaktadır. Erimiş yarı iletken kalitesindeki silisyumun, kalıplara dökülerek soğumaya bırakılmasıyla elde edilen bloklar kare şeklinde kesilmektedir. Polikristal hücrelerde, verimlilik % 14-% 17 seviyelerine düşmektedir. Ancak, üretim metodu monokristal hücrelerde olduğu kadar hassasiyet gerektirmediğinden üretim maliyetlerinin daha düşük olduğu bilinmektedir [52].

Polikristal hücrelerin yapıları çok kristallidir ve ışığın yansımalarıyla bu kırılmalar gözlemlenebilir. Yansımayı engelleyen anti reflektif kaplamadan ötürü rengi mavi iken kaplamasız hücre gümüş rengindedir. Şekil 3.17’de kaplamasız ve kaplamalı iki polikristal hücre gösterilmektedir [52].



Şekil 3.17 : Kaplamasız ve kaplamalı polikristal hücreler

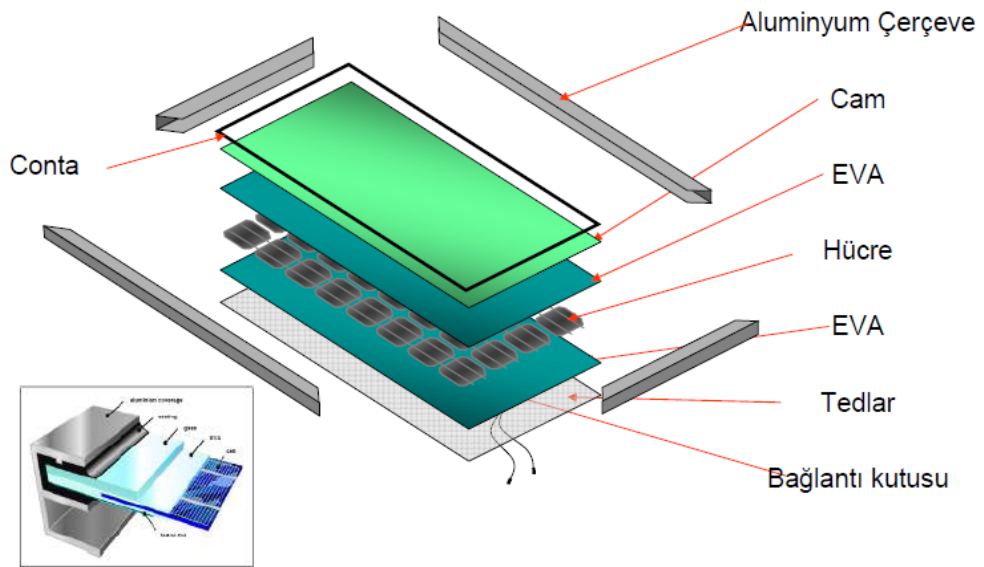
3.2.3.1.3 Kristal yapıli güneş panelleri

Monokristal ve polikristal hücreler, hücre üretiminin ardından birbirlerine seri veya paralel bağlanarak monokristal ve polikristal güneş panellerini oluşturmaktadırlar. Hücre çeşidinden bağımsız olarak hücreden panel elde edilme işlemi benzer olarak kabul edilmektedir.

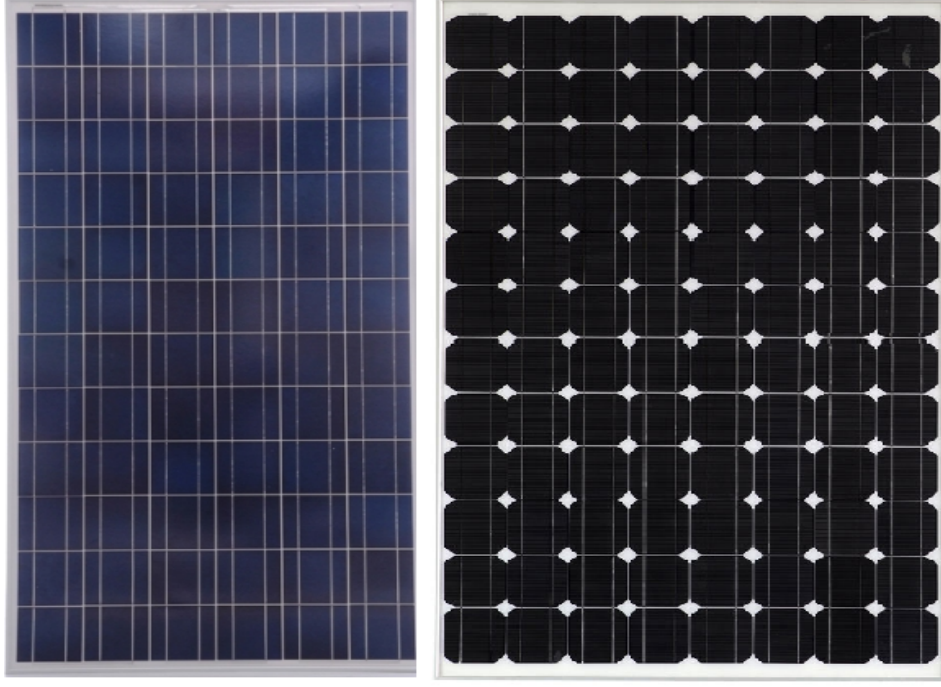
Hücreler, istenilen akım, gerilim ve güç değerlerine ulaşmak için seri ve paralel olarak birbirlerine bağlanabilmektedir. Kristal yapıli güneş panellerinde hücreler birbirlerine genellikle robotlar vasıtasıyla lehimlenmektedirler. Hücrelerin

birbirlerine lehimlenmesinin ardından hücreler önce soğurma özelliği çok yüksek olan temperlenmiş camın üzerine serilmiş olan EVA olarak adlandırılan etilen vinil asetat üzerine yerleştirilmekte ve burada son birleştirme işlemleri yapılmaktadır. EVA, hücreleri dış etkenlere karşı koruyan bir polimer malzeme olarak tanımlanmaktadır. Hücreler ön ve arka yüzeylerinden EVA ile kaplanmaktadır. Bu kaplama şekli sandviç olarak tanımlanabilir. Ardından EVA'nın üstüne TEDLAR olarak adlandırılan arka kılıf serilmektedir. Bu malzemenin, güneş panelinin dış ortamda daha uzun süre kalabilmesine olanak sağladığı ve UV ışınları, yüksek sıcaklık ve nem gibi birçok dış etkene karşı koruma etkisi bulunduğu belirtilmektedir [53].

Cam, EVA ve arka kılıf tarafından koruma altına alınan kristal hücreler, özel laminatörler içerisinde belirli bir süre yüksek sıcaklık ve basınç altında bekletildikten sonra hücreler, koruyucu malzemeler tarafından sarılmaktadır. Laminasyon işleminin ardından gölgelenme etkilerini en aza indirmek için kullanılan atlama (by-pass) diyotları içeren bağlantı kutusu panele yerleştirilir ve alüminyum çerçeve işlemi tamamlanır. Bu işlemlerin tamamlanmasının ardından güneş panelleri bir güç üretici halini almaktadır. Şekil 3.18'de bir kristal tabanlı güneş panelinin katmanları görülürken [54] , Şekil 3.19'da ise sırasıyla bitmiş halde polikristal ve monokristal güneş panelleri görülmektedir [55].



Şekil 3.18 : Kristal tabanlı güneş paneli yapısı



Şekil 3.19 : Polikristal ve monokristal güneş paneli

3.2.3.2 İnce film güneş panelleri

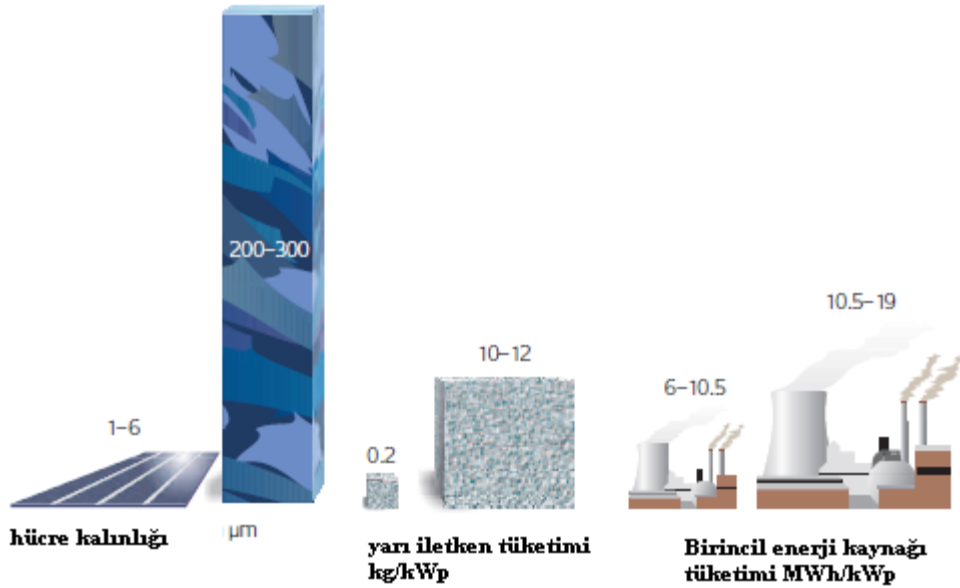
1990'lı yılların ortalarından itibaren fotoaktif yarı iletken malzemenin cam ve benzeri geniş yüzeyler üzerine ince film şeklinde kaplanması yöntemi, güneş hücre üretiminde yeni bir model getirmiş ve farklı karakteristik özelliklere sahip hücrelerin üretilmesine imkân sağlamıştır. Bu alanda yapılan araştırma ve geliştirme çalışmaları güneş hücresi üretiminde kullanılacak birçok yarı iletken malzemenin düşük maliyetlerde cam, metal ya da plastik folyo gibi tabakalar üzerinde geniş yüzeylere kaplanabileceğini göstermektedir [56].

İnce film fotovoltaik malzeme genellikle çok kristalli malzemelerden seçilmektedir. Başka bir deyişle ince film yarı iletken malzeme, büyüklükleri mikrometreden nanometreye değişen damarlardan oluşmaktadır. Yarı iletken malzemenin elektriksel, optiksel ve yapısal özellikleri her damar içerisinde fotovoltaik uygulamalar için çok uygun olsa da, damarlar arası sınırlar da yer alan mikro düzeydeki yapısal kusurlar, çok kristalli malzemede karşılaşılan en önemli problem olarak göze çarpmaktadır. Optik özellikleri uygun seçilen bir yarı iletken malzemede milimetrenin binde biri kadar bir kalınlık içerisinde güneş ışınlarının tümüne yakın bir kısmı soğurulabilmektedir. Dolayısı ile ince film fotovoltaik malzemede kalınlık, silisyum

yapılı güneş hücrelerine göre çok daha azdır. Ayrıca ince film yarı iletken, istenen bir biçimde çok farklı malzeme üzerinde ve geniş yüzeylere kaplanabilmektedir.

İnce film üretiminde metot olarak buhar çözünümü, katod saçınımı ve elektrolitik banyodur. Kullanılan malzemeler ise amorf silikon, bakır-indiyum-diselenid (CIS) ve kadmiyum tellür (CdTe) olarak belirlenmiştir. Bu malzemelerin yüksek ışık soğurma oranı nedeniyle teorik olarak 1 mikronluk bir kalınlığın bile enerji üretimi için yeterli olduğu belirtilmektedir. Bu bağlamda ince film güneş panelleri için kristal panellerle karşılaştırma yapıldığında çok daha az malzeme ve üretimi için çok daha az enerji sarfiyatı gereksiniminin ortaya çıktığı belirtilmektedir [57].

Şekil 3.20’de ince film güneş panelleri ile kristal tabanlı güneş panellerinin üretiminde kullanılan malzeme ve enerji tüketimi karşılaştırması gösterilmektedir. Buna göre ince film güneş panellerinde kristal tabanlı güneş panellerine göre 50-60 kat daha az yarı iletken malzeme kullanıldığı ve yaklaşık olarak yarı yarıya daha az enerji harcandığı gözlemlenmektedir [58].

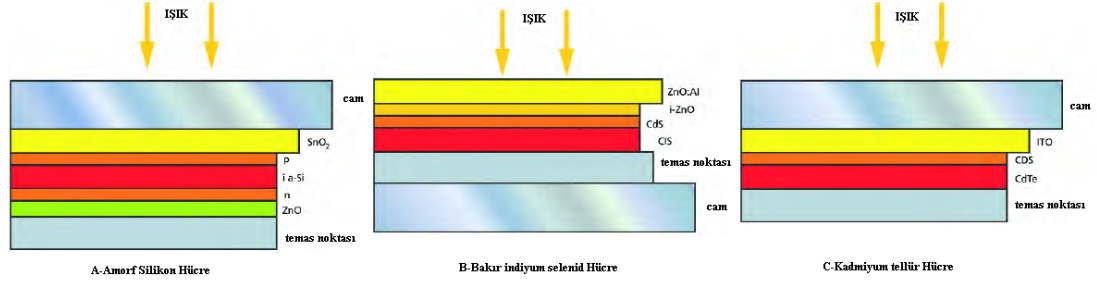


Şekil 3.20 : Kristal ve ince film üretim karşılaştırması (Sol:kristal- Sağ:ince film)

İnce film güneş panellerinde, arka elektriksel bağlantı, saydam olmayan bir metal kaplama ile gerçekleştirilmektedir. Güneş ışığını doğrudan alan ön yüzey bölgesinde ise bağlantı TCO adı verilen saydam iletken oksit tabaka sayesinde sağlanmaktadır. Tipik saydam iletken oksit tabakası malzemeleri, çinko oksit (ZnO), kalay oksit (SnO₂), ve indiyum kalay oksit (ITO) olarak tanımlanmaktadır. Saydam iletken oksit tabaka kaplama işleminin ince film üretiminde önemli bir yeri olduğu

belirtilmektedir. Bu bağlamda bu işlemin üretim maliyetlerinin de en büyük bölümlerinden birisi olduğu üretici firmalar tarafından açıklanmaktadır [59].

Şekil 3.21’de değişik ince film güneş panellerinin hücre katmanları gözlemlenmektedir [58].



Şekil 3.21 : Değişik ince film hücre katmanları

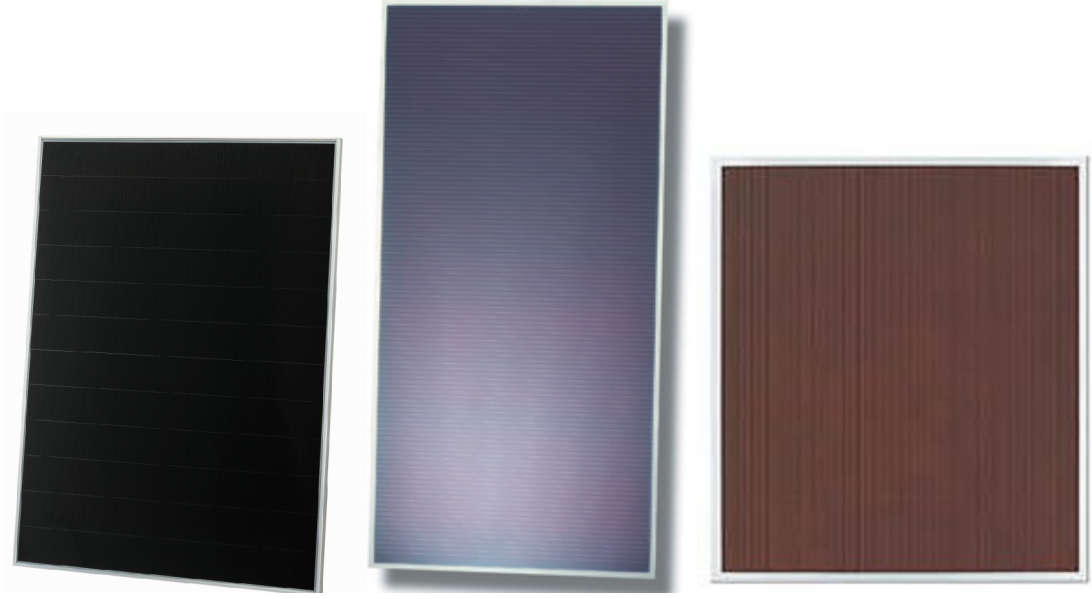
İnce film güneş panelleri son yıllarda ticarileşmelerine rağmen pazar paylarını hızlı bir şekilde arttırdıkları görülmektedir [60].

Özellikle silikon yarı iletken malzemelerin en büyük sorunlarından biri olan sıcaklıkla verim düşümü ince film güneş panellerinde nispeten daha azdır. Bu bağlamda ince film güneş panellerinin yıl boyunca sıcaklık ortalamalarının fazla olduğu coğrafyalarda tercih sebebi olmaya başladıkları görülmektedir.

Bununla birlikte güneş panellerinin vermiş olduğu standart 25 yıl garanti süresi ile ilgili olarak ince film güneş panelleri için kullanıcılar ve uygulayıcıların birtakım soru işaretleri olduğu gözlemlenmektedir. Keza, en eski ticarileşmiş ince film güneş panelinin saha şartlarındaki ömrünün henüz 15 yılı bile bulmaması ve de özellikle ince film güneş panellerinde yıllara bağlı verim oranı düşümünün yüksek olması (degradasyon) uzmanlar tarafından ince film güneş panellerine kuşkuyla yaklaşılmasına neden olmaktadır [61].

Her ne kadar ince film güneş panelleri watt başına maliyet oranı olarak kristal yapıli güneş panellerine oranla daha düşük olsalar da verimlerinin daha düşük olması sebebiyle, sistemin diğer donanımlarının kullanımını arttırmaları sebebi ile toplam sistem maliyetinde ince film güneş panelli bir sistem ile kristal yapıli güneş panelli bir sistemin eşit olabildiği belirtilmektedir.

Şekil 3.22’de sırasıyla Sharp, Firstsolar ve Bosch firmalarına ait amorf silikon, kadmiyum tellür ve mikromorf ince film güneş panelleri gösterilmektedir [62].



Şekil 3.22 : İnce film güneş panelleri

3.2.3.3 Diğer teknolojiler

Güneş enerjisi endüstrisinde araştırma geliştirme çalışmalarının devam ettiği bilinmektedir. Geleneksel güç sistemlerine göre oldukça düşük seviyelerde olan verimliliğin artırılması, değişken güneş koşullarında performans kayıplarının azaltılması ve maliyetlerin düşürülmesi adına sürekli yeni hammadde ve/veya üretim yöntemlerinin geliştirildiği raporlardan görülebilmektedir. Kristal silikon hücrelere alternatif olarak ince film teknolojisinin geliştirilmesi sonrasında, üçüncü nesil olarak adlandırılan yeni nesil hücre araştırmalarında önemli gelişmeler kaydedildiği belirtilmektedir. Yapılan açıklamalara göre bu çalışmalarda odak noktası, geleneksel metotlarla üretilen hücrelerin maliyetlerini aşağı çekerken hücre verimini yukarı çıkarmaktır.

Bu kapsamda, önemli çalışmalardan bir tanesi çok düşük maliyetli organik fotovoltaiik hücreler olarak dikkat çekmektedir. Ancak bu hücre tipinde henüz ticari verimlilik değerlerine ulaşılabilirdiğine dair bir açıklama yapılmamıştır [63].

Organik hücreler gibi, tamamen yeni hammadde türlerinin kullanımını gündeme getiren teknolojilerin yanı sıra, mevcut malzemelerin farklı birleşim/üretim teknikleri ile uygulandığı ve yüksek performans üreten hücre tipleri de geliştirilmektedir. Bu çalışmalar arasında mikromorf tandem ve HIT (Saf ince katman ile farklı bağlantı) performans değerleri ile öne çıkmaktadır.

HIT güneş hücreleri, geleneksel kristal ve ince film güneş hücrelerinin birleşiminden oluşmaktadır. HIT terimi bu melez hücreye verilen İngilizce adın kısaltmasıdır. Bu hücreyi katkısız ince film tabakayla bağ yapan kristal ve amorf silikon oluşturmaktadır. Kristal hücrelere göre HIT hücrelerinin sıcaklıktan kaynaklanan verim kayıpları daha az olmaktadır ve üretim esnasında daha az enerji ve ham madde tüketmektedirler.

Hücre şekilleri, 104 mm x 104 mm boyutunda pahlanmış kare olup ve kalınlıkları 0,2 mm'e kadar düşebilmektedir. Hücre verimlilikleri % 19-% 20 civarlarındayken panel verimliliği de % 16-% 17'dir. Hücre yapıları homojendir ve hücreler koyu mavi hatta neredeyse siyah renktedir [64].

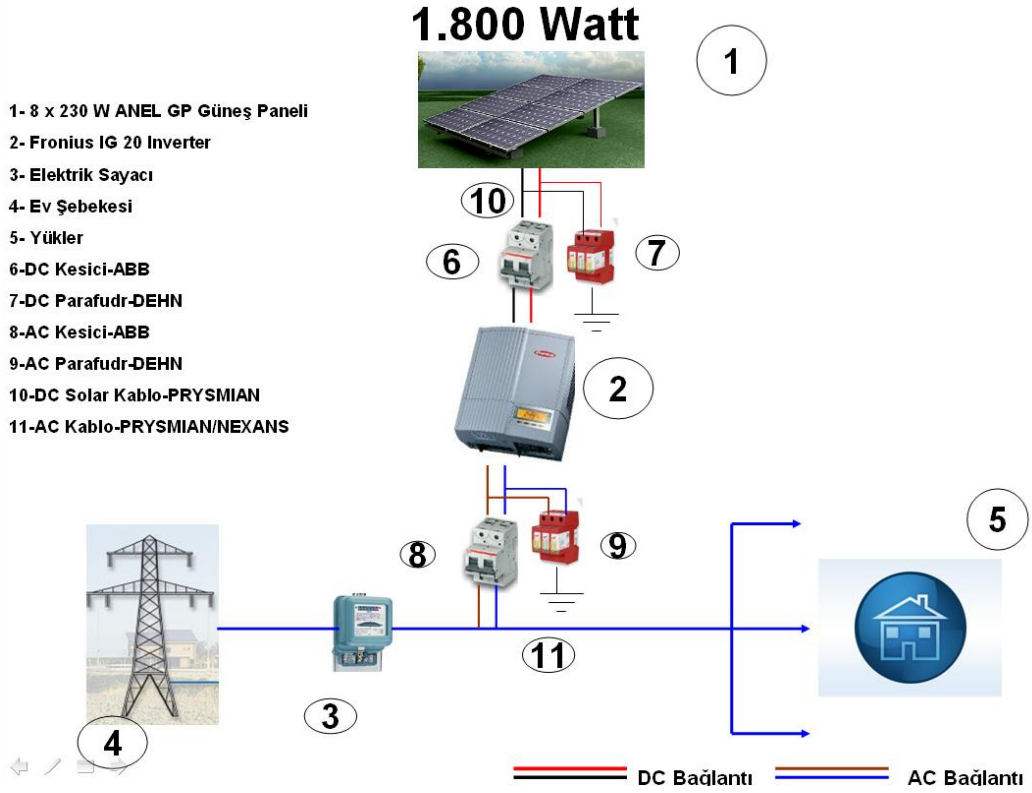
Tandem güneş paneli ise güneş ışınını daha fazla soğurabilmek amacıyla değişik enerji aralığına sahip birden fazla güneş panelinin üst üste eklenmesiyle oluşmaktadır. Birden fazla güneş panelinin üst üste eklenmesiyle, gelen ışınım spektrumuna daha duyarlı bir yapı oluşmaktadır ve geleneksel güneş hücrelerine göre daha fazla ışın absorbe edilebilmektedir. Mikromorf adı, amorf ve mikrokristal silisyumun kombinasyonundan gelmektedir. Dolayısıyla mikromorf güneş panelinde üstte bulunan a-Si:H tabakası düşük dalga boylarını soğurmaktadır, altta bulunan μ -Si:H tabakası daha yüksek dalgaboylarını soğurmaktadır. Mikromorf tandem güneş panelinin yaklaşık kalınlığı 2-3 μ m civarında olmaktadır [65].

3.2.4 Fotovoltaik sistem donanımları

Güneş enerjisi sistemlerinin içerisinde güneş panelleri dışında değişik donanımlar da kullanılmaktadır. Güneş panelleri yapıları gereği doğru akım ürettikleri için sanayi veya evlerde kullanılan alternatif akımın bir takım dönüştürme işlemleri ile elde edilmesi gerekmektedir. Bu dönüştürme işlemi gerçekleştirilirken sistem içerisinde birçok donanım kullanılmaktadır. Bu donanımların, sistemin güvenilirliğini arttırmak, sistem verilerini izleyebilmek, uzaktan kontrol sağlayabilmek gibi amaçlarla çeşitlendirilebileceği belirtilmektedir.

Şekil 3.23'de [66] belirtildiği üzere, güneş enerjisinden elektrik eldesi sağlayan sistemlerde, güneş panellerinden elde edilen doğru akım, güneş ışınımına ve yüksek sıcaklıklara dayanıklı özel solar kablolar ile taşınarak doğru akım kesicilerine ulaşır. Güneş panellerinin oluşturduğu her bir paralel kol üzerinde bulunan doğru akım kesicilerinin sistemin güvenilirliğini arttırdıkları bildirilmektedir. Sistem

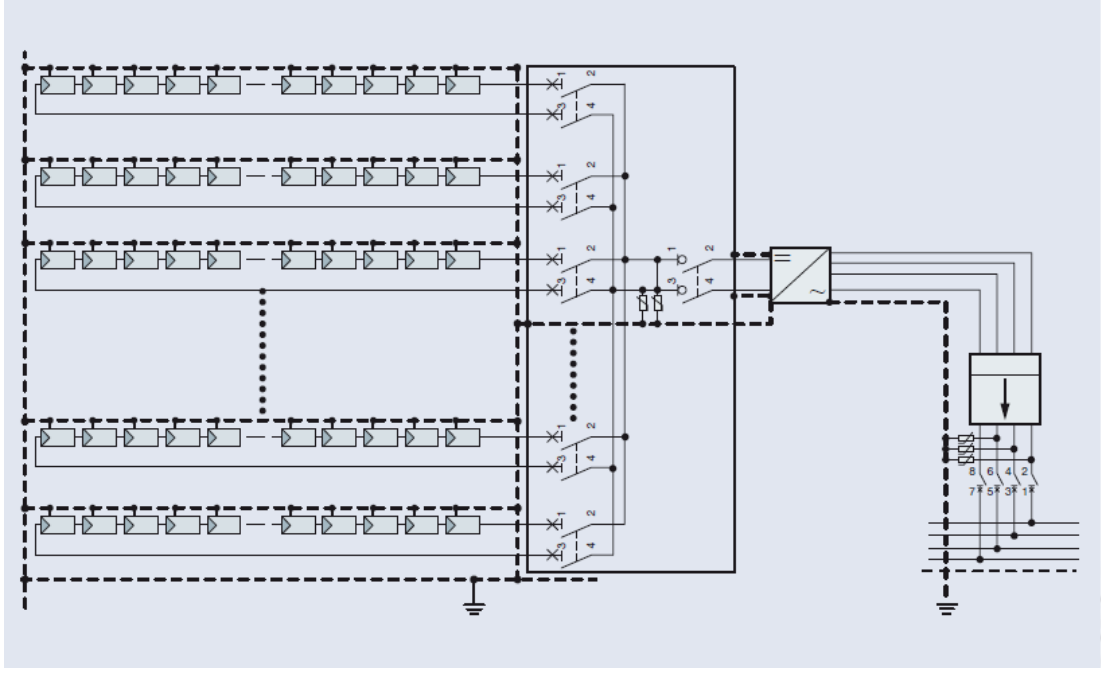
içerisinde oluşabilecek yüksek gerilim seviyelerine önlem olarak sistemin doğru akım bölümüne doğru akım kesicilerine paralel olarak fotovoltaiik sistemler için özel olarak tasarlanmış olan parafudr üniteleri yerleştirilmektedir.



Şekil 3.23 : Fotovoltaiik sistem yapısı

Kesicilerin çıkışına ise güneş enerjisi sistemlerinin kalbi olarak tanımlanan evirici ünitesi bağlanmaktadır. Eviricilerin genel olarak güneş panellerinden elde edilen doğru akımı alternatif akıma çevirdiği bilinmektedir. Güneş enerjisi sistemlerinde bulunan eviriciler şebeke ile paralel çalışma özelliğine sahip olduklarından düzenli olarak şebekeyi kontrol ederek kendilerini şebekeye entegre ederler. Bu özelliklerinden dolayı güneş enerjisi sistemlerinde kullanılan eviricilere şebekeye entegre evirici tanımlaması yapılmaktadır. Alternatif akıma dönüştürülen enerji uygun alternatif akım kesicisi ve parafudr ile şebekeye bağlanır. Güneş enerjisi sistemlerinde önemli olarak adlandırılan bir diğer kısım ise topraklama birimidir. Güneş enerjisi sistemlerinde kullanılan tüm donanımların topraklanması önerilmektedir.

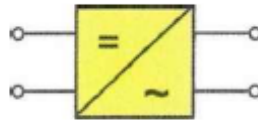
Şekil 3.24'te modüler bir güneş enerjisi sisteminin tek hat şeması gösterilmekte olup sistem içerisinde kullanılan tüm donanımların simgesel gösterimine yer verilmiştir [67].



Şekil 3.24 : Fotovoltaik sistem tek hat şeması

3.2.4.1 Evirici

Eviriciler, güneş enerjisi sistemlerinin kalbi olarak tanımlanmaktadır. Güneş enerjisi sistemleri içerisinde kullanılan eviriciler şebeke ile paralel çalışmaktadırlar. Eviricilerin, şebekeden gelen gerilim ve frekans seviyelerine göre kendi çıkış gerilim ve frekanslarını ayarlayarak şebeke ile paralel çalıştıkları bilinmektedir. Bu sayede bağlı oldukları elektrik hattına (bina, sanayi tesisi, enerji santrali) güneş panellerinden gelen enerjiyi iletebilirler [68].



Şekil 3.25 : Evirici sembolü

Eviriciler genel olarak Şekil 3.25'deki sembol ile gösterilmektedir [69].

Güneş enerjisi sistemlerinde kullanılan eviriciler genel olarak ikiye ayrılabilirler.

Bunlar,

Dizi tip evirici

Merkezi tip evirici

olarak tanımlanmaktadır.

Dizi tip eviriciler genellikle 1 kW ile 15 kW güç aralığında yer almaktadır. Bu tip eviricilerin çıkışları birbirine paralel bağlanarak sistem gücünün arttırılabildiği belirtilmektedir. Dizi tipi eviriciler genel olarak güneş panellerinin yakınına yerleştirilir ve güneş panellerinden çekilen solar kablolar doğru akım kesicisi ve parafudr ünitesine bağlanarak dizi tipi eviricisine bağlanır. Şekil 3.26'da bir dizi tip evirici gösterilmektedir [70].



Şekil 3.26 : Dizi tipi evirici

Merkezi tip eviriciler ise genel olarak 30 kW ile 1,25 MW aralığında yer almaktadır. Bu tip eviricilere güneş panelleri birleştirici üniteler aracılığıyla bağlanır ve bu tip eviriciler genel olarak trafo odası gibi bağımsız bir odaya yerleştirilirler [71]. Şekil 3.27'de merkezi tip evirici ve birleştirici ünite gösterilmektedir [72].



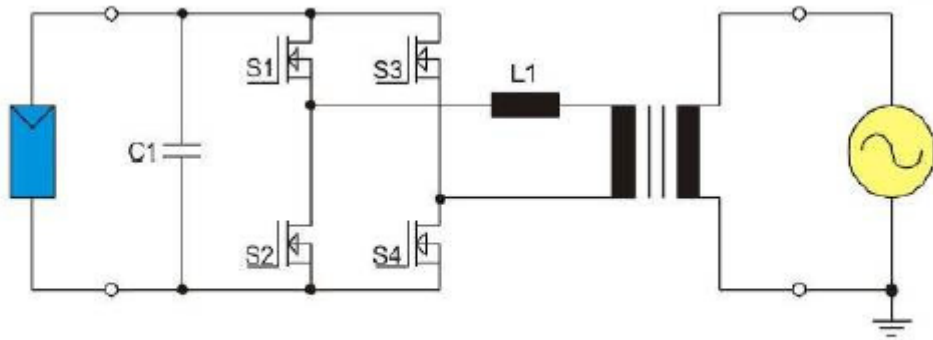
Şekil 3.27 : Merkezi tip evirici ve birleştirici ünite

Eviriciler yapılarına göre de ikiye ayrılabilirler. Bunlar

- Trafolu eviriciler
- Trafosuz eviriciler

olarak adlandırılmaktadır.

Trafolu eviricilerin güneş enerjisi sistemlerinde uzun yıllardır kullanıldıkları bilinmektedir. Bu tip eviriciler içlerinde trafo buldukları için galvanik olarak doğru akım ünitesi ile alternatif akım ünitesi arasında izolasyon sağlamaktadırlar. Ayrıca elektromanyetik etkilere karşı da koruma sınıfları üst düzeydedir. Bununla birlikte eviricilerin içinde bulunan trafonun kayıpları yüzünden bu tip eviricilerin doğru akımdan alternatif akıma dönüştürme verimlilikleri daha düşüktür. Trafolu eviricilerin verimlilikleri % 91 ile % 95 arasında değişmekte olduğu değişik evirici üreticileri tarafından bildirilmektedir [69].

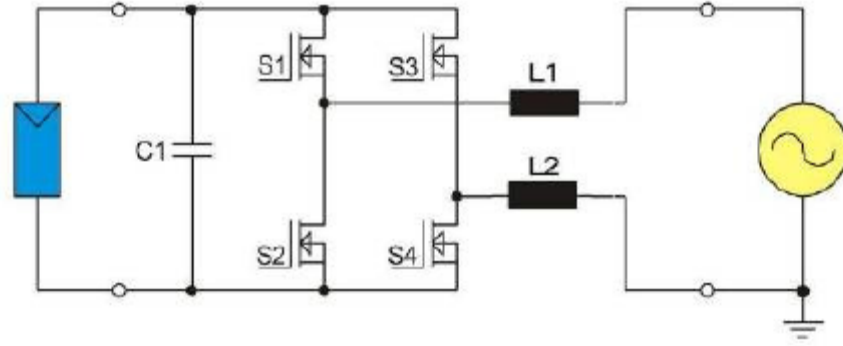


Şekil 3.28 : Trafolu evirici içyapısı

Şekil 3.28'de gösterilen C= Kapasitör, S= Mosfet ve L= Bobin elemanları olarak tanımlanmaktadır ve şekil bir trafolu eviricinin içyapısını göstermektedir [69].

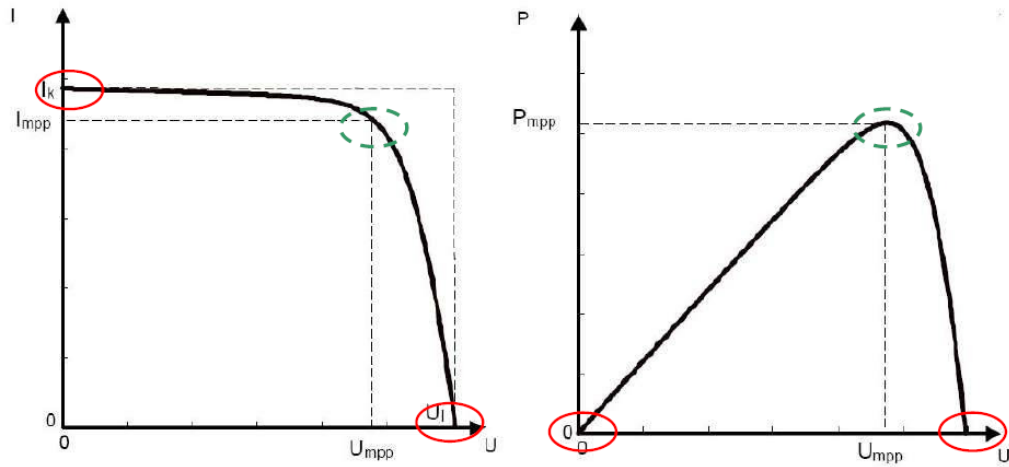
Trafosuz eviriciler ise yapıları gereği içlerinde trafo buldurmeyen eviriciler olarak tanımlanmaktadır. Bu yapıda doğru akım ile alternatif akım arasında bir yalıtım bulunmadığı için harici güvenlik donanımları kullanılması gerekebilir. Trafosuz eviricilerin içinde trafo bulunmadığından bu eviriciler hem daha hafif hem de daha küçük yapıda olurlar. Bununla birlikte trafolu eviricilere göre verimlerinin daha yüksek olduğu belirtilmektedir. Değişik evirici üreticilerinden ve analizlerden alınan verilere göre trafosuz eviricilerin verimleri % 95 ile % 98 arasında değişmektedir [73].

Şekil 3.29'da bir trafosuz eviricinin içyapısı gösterilmektedir [69].



Şekil 3.29 : Trafosuz evirici iç yapısı

Eviricilerde bulunan en önemli özelliklerden birisi olarak maksimum güç noktası takip özelliği gösterilmektedir. Güneş panelleri, iklim koşullarına göre gerilim ve akım değerlerini değiştirdikleri için eviriciler en yüksek verimliliğe ulaşabilmek için sürekli olarak güneş panellerinin maksimum gerilim ve akım değerlerini takip ederler. Takip ile birlikte evirici, akım ve gerilimin en uygun olduğu yerdeki güç çıkışını, çıkışına yansıtır.



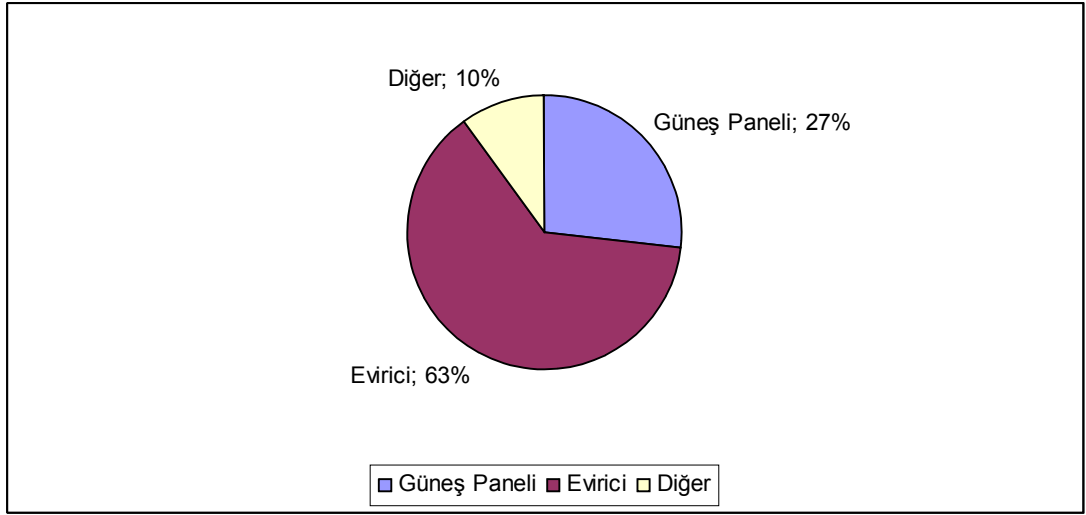
Şekil 3.30 : Maksimum güç noktası takibi

Şekil 3.30 da gösterilen I_k = kısa devre akımını, U_k = kısa devre gerilimini, I_{mpp} = maksimum güç noktası akımını, U_{mpp} = maksimum güç noktası gerilimini ve P_{mpp} = maksimum güç noktası gücünü tanımlamaktadır [69].

Eviriciler, 1 fazlı, 2 fazlı ve 3 fazlı olabilirler. Genel bir kural belirtilmemekle birlikte çoğu Avrupa ülkesinde fazlar arasında dengesizlik yaratmamak için tek bir faza en fazla 4,6 ile 5 kW'a kadar bağlantı yapılabildiği belirtilmektedir [69].

Dünyanın en büyük güneş enerjisi araştırma enstitüsü Fraunhofer enstitüsünde 1997 yılında yapılan bir araştırmaya göre güneş enerjisi sistemlerinde en fazla sorunun eviricilerde görüldüğü gözlemlenmiştir. Şekil 3.31’de de bu çalışmadaki sonuçlar özetlenmiştir [74].

Dolayısıyla güneş enerjisi sistemlerinde eviricilerin seçiminin önemli olduğu görülmektedir. Evirici üreticilerinin garanti sürelerini arttırarak ve kalite standartlarını yukarıya çekerek bu sorunları gidermeye çalıştıkları gözlemlenmektedir. Genel olarak eviriciler 5 yıl ürün garantisi ile birlikte gelmesine karşın uzatılabilir garantilerle eviricilerin garanti süresi 20 yıla kadar uzatılabilmektedir.

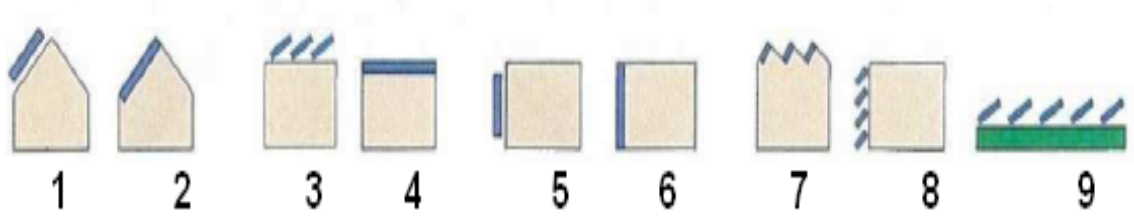


Şekil 3.31 : Güneş enerjisi sistemi arıza oranları

3.2.4.2 Güneş paneli montaj yapıları

Güneş panelleri, binalar, sanayi tesisleri ve açık araziler gibi yerlere kurulabilirler. Panellerin yerleşimi için özel olarak tasarlanmış yapılar kullanılmaktadır. Bu yapıların galvanizli çelik, alüminyum, paslanmaz çelik, ahşap, kompozit gibi malzemelerden üretildikleri gözlemlenmektedir.

Güneş panellerinin yerleştirileceği bölgeye göre montaj yapılarının açılı belirlenmekte olup güneş panelleri bu yapıların üstüne yerleştirilmektedir. Bu sayede panellerin yıl boyunca güneşten maksimum enerjiyi toplayacağı hesaplanmaktadır.



Şekil 3.32 : Güneş paneli montaj yapıları

Güneş paneli montaj yapılarının çok farklı şekillerde olabilmektedir. Şekil 3.32’de güneş panelleri için kullanılabilen 9 farklı montaj yapısı görülmektedir [75].

Bu montaj yapıları,

Çatı için

1. Çatı örtüsü üzerine ek bir yapı ile,
2. Çatı örtüsü olarak
3. Teras çatıda testere dişi
4. Teras çatı örtüsü

Cephe için

5. Cephe yüzeyine ek bir strüktür ile
6. Cephe kaplama malzemesi olarak

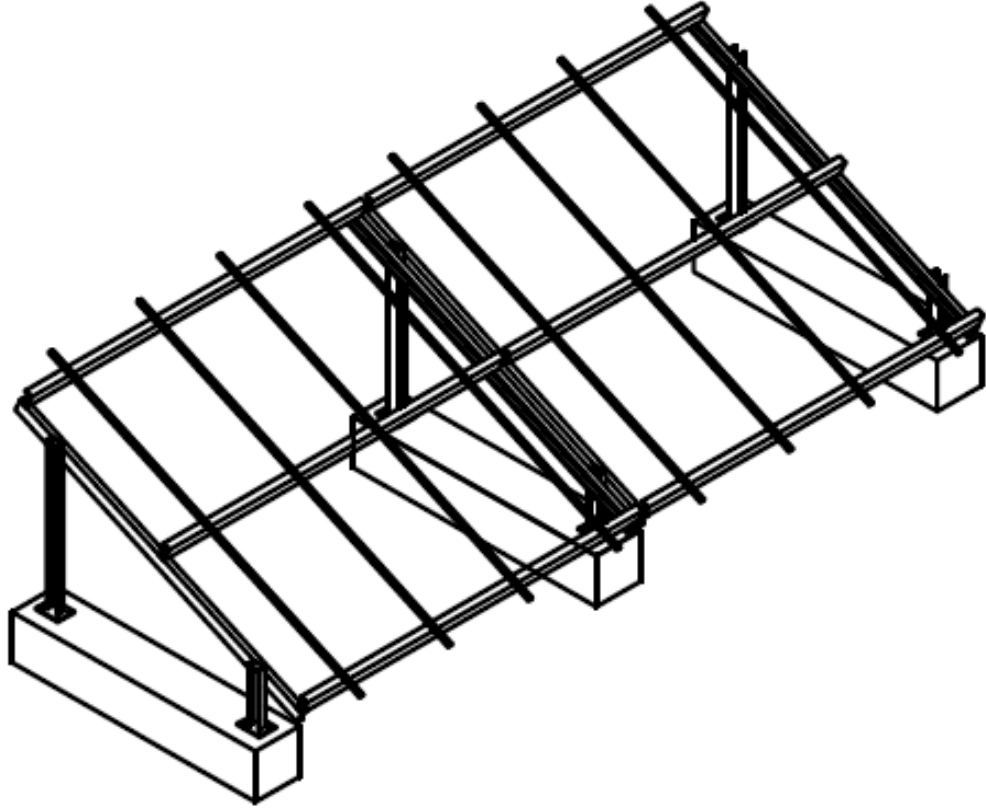
Farklı yapı bölümleri için

7. Parapet
8. Güneş kırıcılar

Bağımsız sistemler için

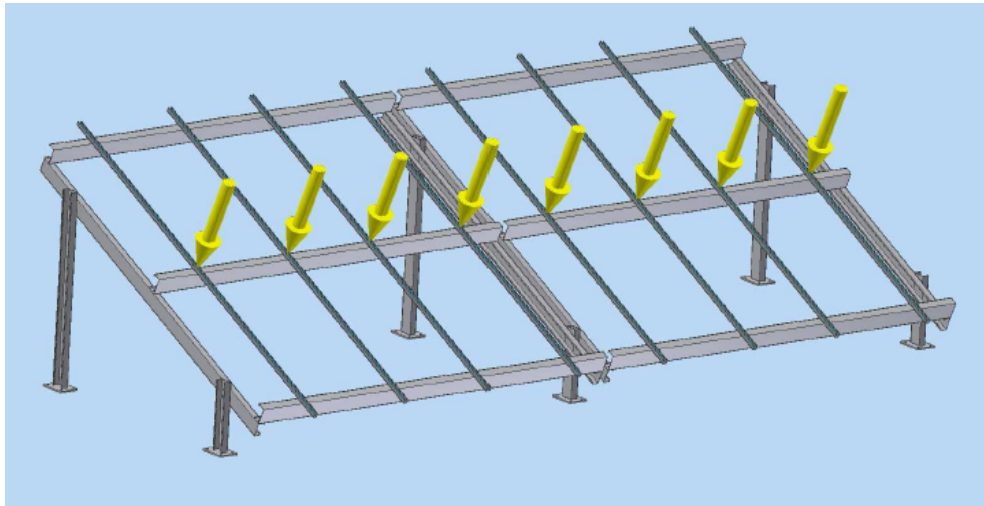
9. Toprak zemin üzerine olarak tanımlanmaktadır.

Güneş panelleri için montaj yapıları kurulumlar yapılmadan önce belirlenmektedir. Şekil 3.33’de toprak zemin üzerine kurulacak bir montaj yapısı gösterilmektedir [76].

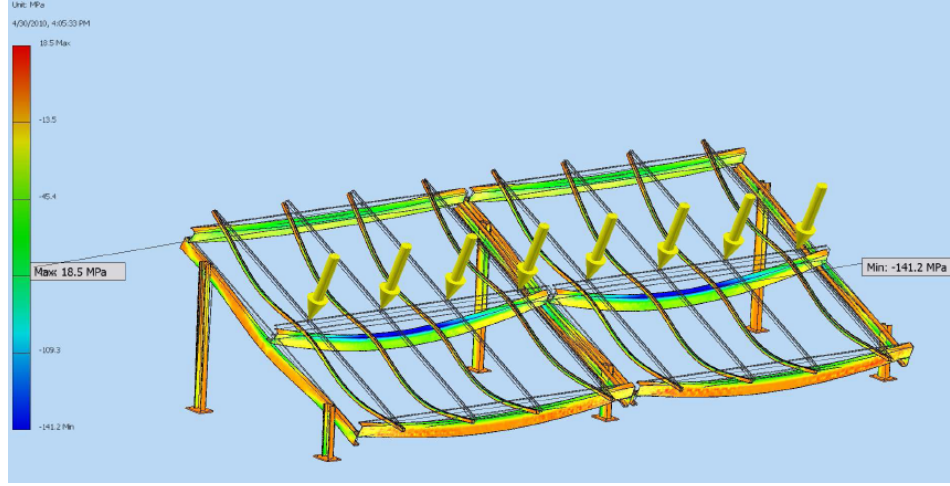


Şekil 3.33 : Örnek güneş paneli montaj yapısı

Bununla birlikte gerçekleştirilecek olan montaj yapısının bölgenin iklim koşullarına göre (rüzgâr yükü vb.) modellenmesi ve dayanıklılık raporlarının da hazırlanması gerekmektedir. Şekil 3.34 ve 3.35'te montaj yapıları için yapılan yük ve bükülme testleri görülmektedir [76].



Şekil 3.34 : Güneş paneli montaj yapısı yük testi



Şekil 3.35 : Güneş paneli montaj yapısı bükülme testi

Güneş paneli montaj yapıları modülerdir ve kolaylıkla genişletilebilirler. Bu yapılar için genel olarak alüminyum ve galvanize çelik kullanılmaktadır. Bununla birlikte özel bazı uygulamalar için ahşap veya kompozit montaj yapılarının da kullanıldığı kayıt altına alınmıştır. Şekil 3.36’da bir ahşap montaj yapısı gösterilmektedir [77].



Şekil 3.36 : Ahşap güneş paneli montaj yapısı

Güneş paneli montaj yapıları için önemli hususlardan birisi de yapının zemin ile bağlantısı olarak gösterilmektedir. Günümüzde, güneş enerjisi sistemlerinin yapımında, yapının zemine bağlantısı için ticarileşmiş 2 farklı bağlantı şekli bulunmaktadır. Bunlardan birincisi ve daha yaygın olanı beton blokların kullanımınıdır. Beton bloklar zeminin yapısına bakılmaksızın hemen her türlü zemin

yapısında güneş paneli montaj yapılarını zemine bağlama amaçlı olarak kullanılabilir. Şekil 3.37 ve 3.38’de beton blokların kullanımı görülmektedir [78].

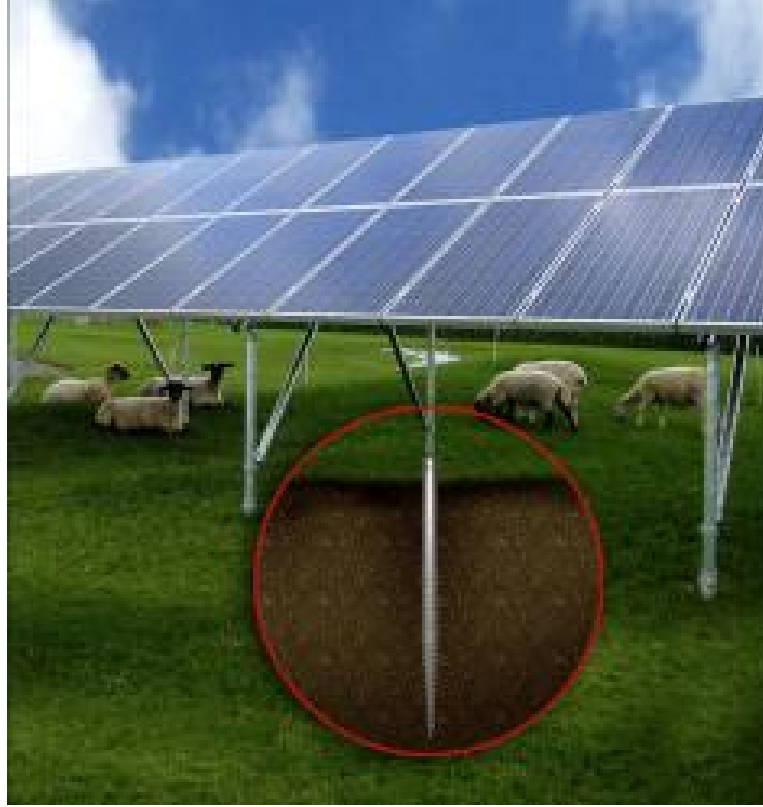


Şekil 3.37 : Beton bloklar



Şekil 3.38 : Beton bloklar ve galvaniz çelik güneş paneli montaj yapısı

Diğer bağlantı şekli ise yer vidası olarak adlandırılan ve genel olarak kullanımı zeminin yapısına bağlı olan bağlantıdır. Yer vidalarının kullanımı daha kolay ve montajı daha kısa sürede tamamlanmasına rağmen zeminin yapısına bağlı olarak kullanımlarının sınırlanması en büyük dezavantajları olarak görülmektedir. Yer vidaları genel olarak düz ve kayalık olmayan yumuşak zeminlerde kullanılmaktadır. Şekil 3.39’da bir yer vidası örneği gösterilmektedir [79].



Şekil 3.39 : Yer vidası örneği

Güneş paneli montaj yapılarının güneş enerjisi santralının kurulacağı yere bağlı olarak değişik açılarda yerleştirildiği belirtilmektedir. Paneller, santralin kurulacağı yerin enlemine bağlı olarak genellikle 20° ile 45° açıları arasında sabit olarak yerleştirilirler. Panellerin yerleştirildiği bu açı güneş enerjisi santralının enerji üretimini ve verimini doğrudan etkilediğinden hesaplamalarda önemli bir yer tutar. Bu yüksek lisans tezinin konusu olan 5 MW gücündeki güneş enerjisi santralının ekonomik fizibilitesinin hesaplamaları içerisinde güneş paneli montaj yapılarının açıları da hesaplanacaktır. Hesaplamalar yapılır iken 5. bölüm altında ayrıntılı olarak anlatılan PVsyst programı kullanılacaktır.

Güneş enerjisi santrallerinde, güneş panellerinin sabit açı ile yerleştirilmediği uygulamalar da görülmektedir. Bu uygulamalarda güneşi tek eksenli (X) veya iki eksenli (X ve Y) izleyebilen güneş takip sistemleri üzerine güneş panelleri yerleştirilmektedir. Güneş takip sistemlerinin genel olarak iki farklı şekilde güneşi takip ettiği görülmektedir. Bunlardan bir tanesi güneş takip sistemi üzerine yerleştirilen güneş ışınımı ölçen sensörler vasıtasıyla gerçekleştirilirken, diğerinde ise sistemin kurulacağı yerin GPS koordinatları güneş takip sisteminin hafızasına girilerek yıl boyunca güneşi otomatik olarak takip etmesi sağlanır. Güneş takip sistemleri tek eksenli veya iki eksenli olmalarına bağlı olarak güneş enerjisi santrallerinin enerji üretimini büyük ölçüde arttırmaları. Yapılan araştırmalara ve santrallerden elde edilen bilgilere göre güneş enerjisi santralının kurulduğu enleme bağlı olarak küçük değişiklikler göstermesine rağmen tek eksenli güneş takip sistemlerinin yılsonunda güneş enerjisi santralının enerji üretimini % 20 ile % 25 arasında arttırdığı gözlemlenirken, bu rakamın çift eksenli güneş takip sistemlerinde % 38'lere kadar ulaştığı gözlemlenmektedir [80].

Güneş takip sistemlerinin enerji üretimine olan büyük artışı gözlemlenirken aynı zamanda beraberinde getirdiği dezavantajların da göz önünde tutulması gerekliliği belirtilmektedir. Şöyle ki, güneş enerjisi santrallerinin diğer enerji üretim santrallerine karşı en büyük avantajlarından biri olan hareketli parça içermeme özelliği, güneş takip sistemlerinin santralin bir parçası olması ile ortadan kalkmaktadır. Bu bağlamda, güneş takip sistemi kullanan güneş enerjisi santrallerinin yıllık bakım- onarım maliyetlerinde bir miktar artış gözlemlenmesinin kaçınılmaz olduğu güneş enerjisi santral geliştiricileri tarafından belirtilmektedir. Bununla birlikte güneş takip sistemleri geleneksel sabit açılı güneş enerjisi montaj yapılarına göre daha maliyetli oldukları için yılsonunda elde edilecek artış ile ilk yatırımda maliyetinde meydana gelecek artışın karşılaştırılması ve fizibilitenin buna göre gerçekleştirilmesi gerekliliği uzmanlar tarafından sıkça dile getirilmektedir. Bu yüksek lisans tezinin kapsamında da 5 MW'lık güneş enerjisi santrali için hesaplanacak optimum sabit açılı montaj yapısının yanı sıra tek eksenli ve çift eksenli montaj yapıları ile de fizibilite çalışmaları gerçekleştirilecektir. Şekil 3.40'da çift eksenli bir güneş takip sistemi görülmektedir [81].



Şekil 3.40 : Güneş takip sistemi

3.2.4.3 Güneş enerjisi sistem kabloları

Güneş panelleri yapıları gereği güneş ışığından elektrik elde etmeyi sağlayan üreteçler olarak tanımlanmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı güneş panelleri ve bunlara bağlı diğer donanımlar güneş ışınlarına maruz kalmaktadır. Özellikle güneş panellerini birbirine bağlayarak daha yüksek güç elde etmeyi sağlayan kabloların güneş ışınlarından ve yüksek sıcaklıklardan etkilendikleri belirtilmektedir. Güneş enerjisi sistemlerinin çalışma ömürlerinin 25 yıldan fazla olduğu göz önüne alınırsa bu sistemleri birbirine bağlayan kabloların da en az bu şartları sağlamaları gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte yıllar içinde oluşabilecek yıpranmalardan dolayı kablo kayıplarının en aza indirilmesi için güneş panellerini birbirine bağlayan kabloların özel yapıda olması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda güneş enerjisi sektörünün gelişimiyle birlikte kablo üreticileri bu sistemler için özel kablolar imal etmeye başlamışlardır. Bu tip kabloların genel özellikleri güneş ışınlarının zararlı etkilerine ve yüksek sıcaklıklara karşı gösterdikleri dayanıklılık olarak gösterilmektedir ve DC elektrik taşımaktadırlar. Güneş enerjisi sistem kabloları genel olarak $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasındaki sıcaklık koşullarında çalışmalarını sürdürebilmektedir. Bu tarz kablolar genel olarak “Solar Kablo” adı verilmektedir. Şekil 3.41’de solar kablolar gösterilmektedir [82].



Şekil 3.41 : Solar kablo

Bu özelliklerine ek olarak güneş enerjisi sistem kablolarının yangın tehlikesi ve kimyasal etkilere karşı da korumalı olduğu üretici firmalarca belirtilmektedir [83].

Güneş enerjisi sistemlerinde, evirici sonrası AC elektrik taşınmaktadır. Eviriciler ile bağlantı kutuları veya yükseltici transformatörler arasında kullanılan kabloların genel olarak yeraltından veya bina içerisinden taşındığı belirtilmektedir. Bu bağlamda ülkelerin elektrik tesisat yönetmeliğine bağlı olarak taşınacak akım değerleri hesaplanarak uygun kablolar seçilir. Genel olarak NYY veya NYM kablolar güneş enerjisi sistemlerinde tercih edilmektedir. Kablolar genel olarak çok damarlı olup tek faz ve çok fazlı sistemlere göre ayrı kullanılmaktadır [84].

Bu tip kabloların genel özellikleri olarak 70 °C'ye kadar çalışabilmeleri ve gerilim değerlerinin 300 V ile 1000 V aralığında olduğu gösterilmektedir [85].

3.2.4.4 Diğer donanımlar

Güneş enerjisi sistemlerinde güneş panelleri, eviriciler, montaj yapıları ve kablolar ek olarak sistem içerisinde çok büyük yer tutmasa da sistemin güvenilirliğini ve performansını belirleyen diğer donanımların da olduğu görülmektedir. Bu donanımlar genel olarak konektör, devre kesici, yıldırım koruma donanımları, kablo taşıyıcıları, topraklama donanımları ve trafolar olarak adlandırılmaktadır.

Konektörler, solar kablo olarak adlandırılan güneş enerjisi sistem kablolarında bağlantı elemanı olarak kullanılmaktadır. Bu bağlamda solar kablolarında olduğu gibi bu bağlantı elemanlarının da güneş ışınlarına ve yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklı olması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte bu konektörler dış ortam koşullarında çalışacakları ve birer bağlantı elemanı oldukları için su geçirmez özellikte olmaları gerektiği belirtilmektedir. Şekil 3.42’de solar konektörler gösterilmektedir [86].



Şekil 3.42 : Solar konektör

Devre kesiciler, güneş enerjisi sistemlerinin hem DC hem de AC kısımlarında kullanılmaktadır. DC kısımdaki devre kesici üniteler hem ayırma hem de koruma özelliklerine sahiptir. DC sistemlerdeki kısa devre ile çalışma akımları arasındaki farkın çok küçük olması sebebiyle DC kesiciler, AC kesicilere göre çok daha özel olarak tasarlanmaktadır. DC kesiciler, güneş panelleri ile evirici arasındaki bağlantının kesilmek istendiği durumlarda ayırıcı donanımlar olarak kullanılabilirler gibi oluşabilecek herhangi bir hata durumunda da otomatik olarak kesici özelliği gösterip bağlı olduğu güneş paneli grubunu koruma altına alırlar. DC kesicilerin hesaplaması yapılırken

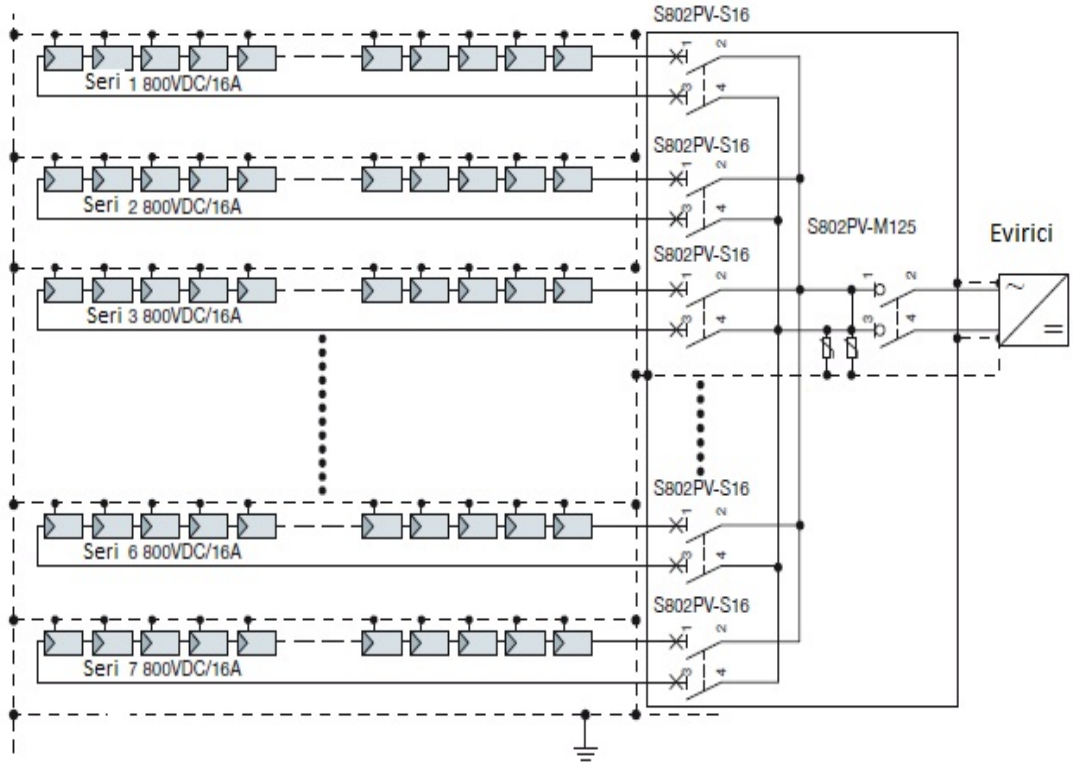
$$I_{DCDK} = 1,25 * I_{GPKD} \quad (3.1)$$

formülü kullanılır [87]. Formülde I_{DCDK} , devre kesicinin DC akımını belirtirken, I_{GPKD} ise güneş panelinin kısa devre akımını göstermektedir. 1,25 katsayısı ise sistemin güvenlik katsayısı olarak alındığı belirtilmektedir. Şekil 3.43’de güneş enerjisi sistemleri için DC devre kesicisi üniteleri görülmektedir [88].



Şekil 3.43 : DC devre kesici

DC devre kesici üniteleri özellikle üç veya daha fazla paralel kol bulunan sistemlerde büyük önem gösterirler. Gölge ve benzeri etkenlerden dolayı oluşabilecek hatalar dolayısıyla bir kol üzerinde oluşabilecek ters akımın diğer paralel kollardaki sistemleri etkileyebileceği belirtilmektedir. Dolayısıyla bu özellikteki sistemlerde DC devre kesicilerinin daha büyük bir önem taşıdığı uzmanlarca belirtilmektedir. Şekil 3.44’de görülen devre şemasında her bir kol için bir DC devre kesici kullanılmakta olup tüm kesicileri kontrol etmek için evirici öncesi bir ana kesici de sisteme dahil edilmiştir [89].



Şekil 3.44 : DC devre kesici bağlantı şeması

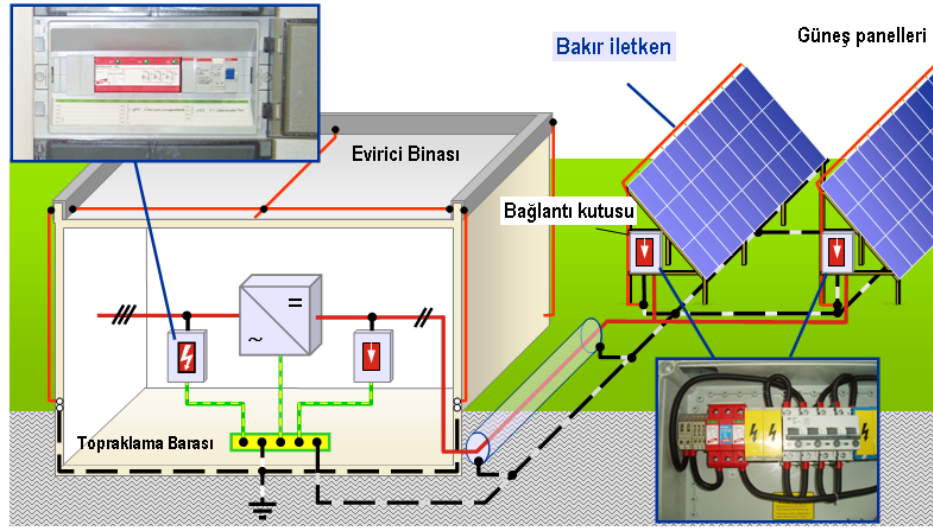
AC devre kesici üniteleri ise eviricinin tek faz veya çok faz olmasına göre değişiklik gösterirler. Güneş enerjisi sistemleri enerji üretici sistemler oldukları ve enerji üretim değerleri hızlı bir şekilde değişebildiği için sistem içerisinde kullanılan donanımların da değişim hızına cevap verebilmesi istenmektedir. Bu bağlamda güneş enerjisi sistemlerinde kullanılan AC devre kesici ünitelerin de hızlı tip devre kesici üniteleri arasından seçildiği belirtilmektedir. Şekil 3.45’de böyle bir devre kesici gösterilmektedir [90].



Şekil 3.45 : AC devre kesici

Güneş enerjisi sistemleri açık alanlara kuruldukları için yıldırım gibi doğa olaylarına maruz kalabilmektedir. Yıldırımın oluşturabileceği etkileri en aza indirgeyebilmek amacıyla güneş enerjisi sistemleri içerisinde yıldırım koruma donanımları önemli bir rol oynar. Güneş enerjisi sistemlerinde, yıldırım koruma donanımları Şekil 3.46'da görüldüğü gibi hem DC kısımda hem de AC kısımda kullanılırlar [91].

Yıldırım Koruma Devre Şeması



Şekil 3.46 : Yıldırım koruma donanımları devre şeması

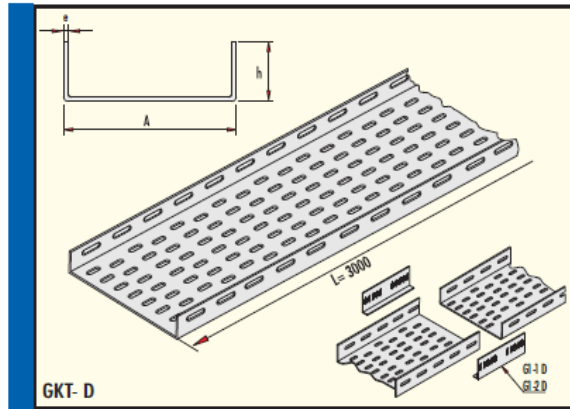
Yıldırım etkisi, çok yüksek seviyede gerilimlere yol açtığı için güneş enerjisi sistemlerinde büyük hasarlara yol açtığı bilinmektedir. Güneş enerjisi sistemlerinin güvenilirliğini arttırmak ve santrallerin enerji üretim süresini uzatarak verimliliğini arttırmak amacıyla yıldırımdan koruma sistemlerinin hemen tüm güneş enerjisi santral ünitelerinde kullanıldığı belirtilmektedir. Bununla birlikte güneş enerjisi santrallerinin çalışma süreleri boyunca sigortalanabilmeleri için de sigorta şirketlerinin yıldırım koruma sistemlerini ön şart olarak yatırımcılara sürdüğü bilinmektedir [92].



Şekil 3.47 : 3 fazlı yıldırım koruma ünitesi

Yıldırım koruma ünitelerinin yıldırımdan hasar gördüklerinde değiştirilebilir kartuşları sayesinde çok kısa bir süre içerisinde yeniden devreye alınabildikleri üretici firmalar tarafından belirtilmekte olup [92] Şekil 3.47’de 3 fazlı bir yıldırım koruma ünitesi gösterilmektedir [93].

Güneş enerjisi sistemlerinde sistem donanımlarından bir diğeri ise kablo taşıyıcılarıdır. Kablo taşıyıcıları hem yer üstü hem de yer altında kullanılan güneş enerjisi sistem kablolarını taşımakta kullanılırlar. Yer üstü kablo taşıyıcılarında genel olarak delikli tip kablo kanallarının kullanıldığı güneş enerjisi firmaları tarafından belirtilmektedir. Şekil 3.48’de yer üstü kablo taşıyıcıları gösterilmektedir [94].



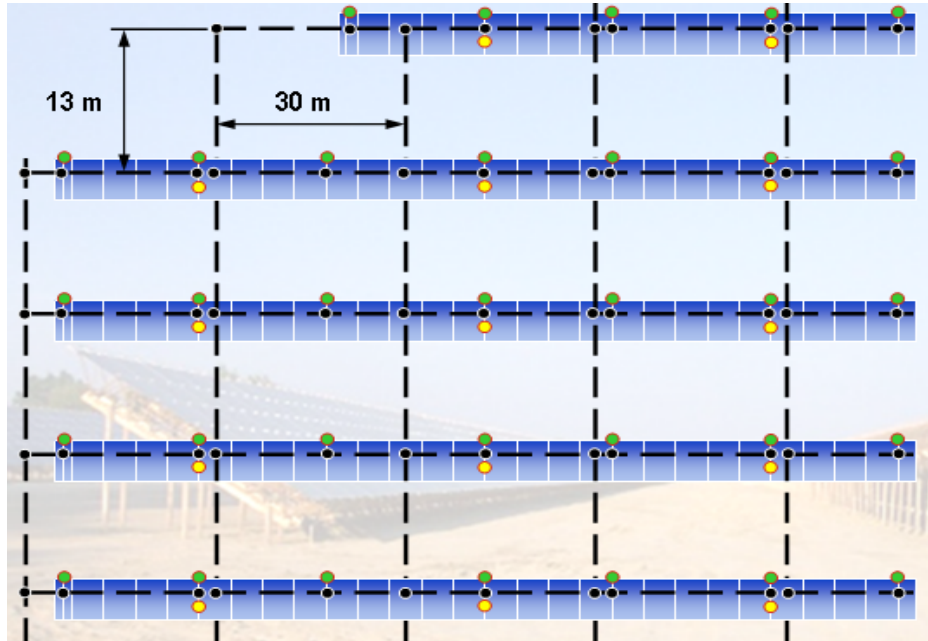
Şekil 3.48 : Yer üstü kablo taşıyıcısı

Yeraltı kablo taşıyıcıları ise genellikle polietilen malzemeden üretilmekte olup üreticiler tarafından yüksek basınca ve yüklere karşı dayanıklı oldukları ifade edilmektedir. Bununla birlikte bu tip kablolar rahat taşınabilmesi ve döndürülebilmeleri için esnek ve hafif olarak üretilmektedir [95]. Şekil 3.49’da yer altı kablo taşıyıcıları görülmektedir [95].



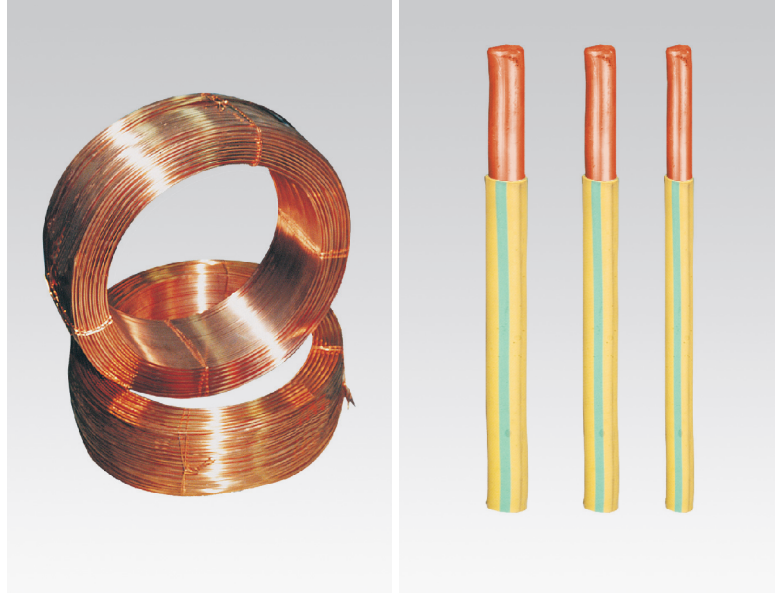
Şekil 3.49 : Yer altı kablo taşıyıcısı

Topraklama üniteleri, tüm sistemlerde olduğu gibi güneş enerjisi sistemlerinde de büyük önem taşımaktadır. Güneş enerjisi santrallerinde santralin kurulacağı yere faraday kafesi tarzında bir topraklama sisteminin kurulması ve güneş enerjisi santralin bu topraklama sisteminin üzerine kurulması önerilmektedir. Topraklama sisteminde önemli olanın ise güneş enerjisi santralinde kullanılan tüm donanımların bu kafese irtibatlandırılmasıdır. Topraklama kafesinin boyutları bölgeden bölgeye değişiklik gösterebilmekle birlikte toprak direncinin yüksek olduğu bölgelerde sıklığın artırılması tavsiye edilmektedir. Şekil 3.50'de 30 x 13 m sıklığında bir topraklama kafesi görülmektedir [91].



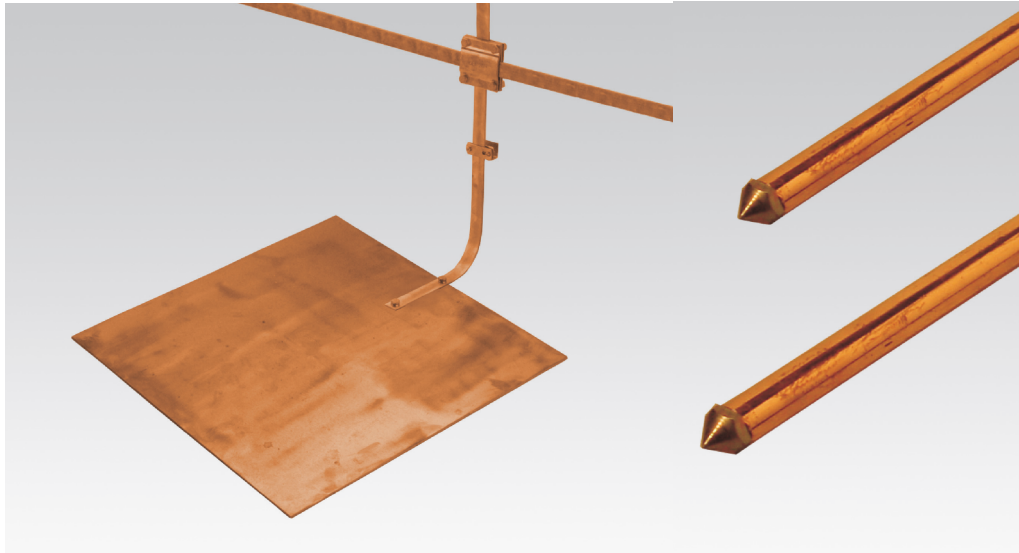
Şekil 3.50 : Örnek güneş enerjisi santrali topraklama şeması

Topraklama elemanı olarak genellikle bakır veya alüminyum kullanılmaktadır [96]. Şekil 3.51’de topraklama iletkenleri gösterilmektedir [97].



Şekil 3.51 : Topraklama iletken örnekleri

Topraklama iletkenleri ile birlikte topraklama plakaları, topraklama çubukları gibi diğer topraklama donanımları da topraklama sisteminin içinde yer almakta olup Şekil 3.52’de bu donanımlar görülmektedir [97].



Şekil 3.52 : Topraklama levhası ve çubuğu

Bilindiği üzere, güneş enerjisi sistemlerinde yer alan eviricilerin çıkış gerilimleri alçak gerimi sınıfı olan 1000 VAC’nin altında yer almaktadır. Bununla birlikte, büyük güçlerdeki güneş enerjisi santrallerinin şebeke bağlantısının yapılabilmesi için alçak gerilim sınıfı uygun görülmemektedir. Bu uygunsuzluğun nedenlerinden birisi

oluşabilecek kayıplar olarak gösterilirken, diğeri ise bağlantı noktasındaki gerilim değerlerinin uyumsuzluğu olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenlerden dolayı güneş enerjisi santrallerinde şebeke bağlantısının gerçekleştirilebilmesi için evirici çıkışları belirli bir gerilim seviyesine yükseltilmektedir [98].

22.01.2003 tarih, 25001 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Elektrik Piyasası Şebeke Yönetmeliğinin İletim Sistemine Bağlantı Esasları başlıklı 5'inci maddesinde "TEİAŞ'ın bir dağıtım barasına veya bu baraya bağlı dağıtım sistemine bağlanacak toplam kurulu güç 50 MW'ı geçemez. Bu gücün 50 MW'ı geçmesi durumunda bağlantı iletim seviyesinden yapılır. 10 MW'ın altındaki üretim tesisleri için müstakil fider tahsisi yapılamaz" ifadesi yer almaktadır [99].

Buna göre bir güneş enerjisi santralının gücü 50 MW'ı geçmediği durumlarda güneş enerjisi santrali iletim seviyesi olan orta gerilim seviyesinden şebekeye bağlanabilecektir. 50 MW'ın üzerinde bir güce sahip olan güneş enerjisi santralleri ise şebekeye dağıtım seviyesi olan yüksek gerilim seviyesinden bağlanabilecektir.

Bu yüksek lisans tezi kapsamında incelenecek olan güneş enerjisi santralının kapasitesi 5 MW olacağı için güneş enerjisi santrali şebekeye orta gerilim seviyesinden bağlanacaktır. Türkiye'de orta gerilim şebekesi gerilim değeri 4 değişik seviyede bulunmaktadır bu seviyeler 30, 15, 10.5 ve 6.3 kV olarak belirlenmiştir. 30 kV'luk seviye ise 31,5, 33 ve 34,5 kV olarak ayrılmaktadır [100]. Bununla birlikte teze konu olan bölgedeki orta gerilim seviyesi 31,5 kV olarak gösterilmektedir.

Türkiye'deki şebeke bağlantı mevzuatları gereği enerji üretim tesisleri 50 MW'lık güç değerine kadar orta gerilim hatlarına bağlantı yapabilmektedir. Bu bağlamda, bu yüksek lisans tezinin konusu olan 5 MW'lık güneş enerjisi santrali içerisinde kullanılacak olan yükseltici trafonun da sekonder tabakası orta gerilim hattına uygun olacak yapıda olacaktır. Güneş enerjisi santrallerinde enerji satışı trafo çıkışında gerçekleştirildiği için santral içerisinde kullanılan güneş panelleri ve eviriciler kadar trafoların da yüksek öneme sahip olduğu belirtilmektedir. Bu yüksek lisans tezinin konusu olan Karaman il sınırları içerisinde gerçekleştirilecek 5 MW'lık güneş enerjisi santralinde OG seviyesi 31,5 kV olduğu için santral içerisinde bu gerilim seviyesine uygun trafo kullanılacaktır. Güneş enerjisi santrali fizibilite çalışmalarında 2 adet 2500 kVA'lık trafo kullanılacak olup Şekil 3.53'te trafolar gösterilmektedir [101].



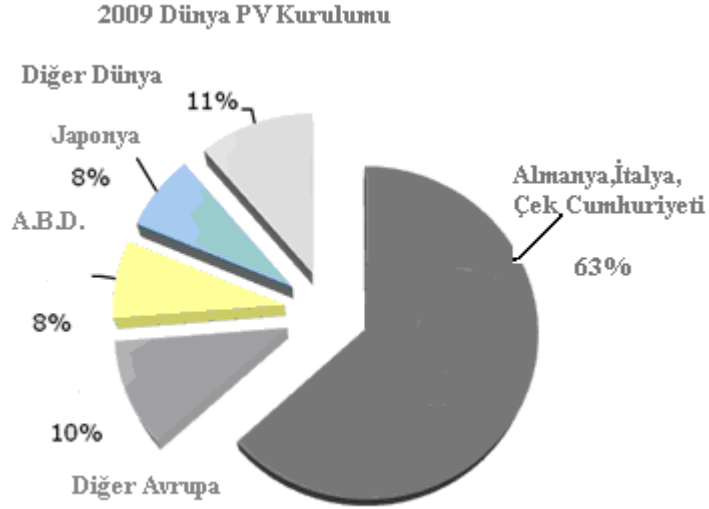
Şekil 3.53 : Trafo

3.3 Dünyada Güneş Enerjisi

Dünya üzerinde güneş enerjisi sektörü gün geçtikçe gelişmektedir. Güneş enerjisinden güneş panelleri yardımıyla elektrik elde edilmesinde özellikle son 5 yıl içerisinde büyük bir artış görülmektedir [102]. Güneş enerjisi üzerine yatırım yapan ülkeler günümüzde daha çok Avrupa kıtasında yer alırken son birkaç yıl içerisinde Japonya, Çin, Kore, ABD ve Avustralya'nın da yatırımlarını arttırdığı görülmektedir. Dünya güneş paneli pazarında, Almanya'nın liderliğini sürdürdüğü gözlemlenmektedir. 2008 yılında arttırılan teşvikler sonucu İspanya, Almanya'yı 2008 yılı içinde yapılan yatırımlarda geçmiş bulunmaktadır. Ancak 2009 senesinde İspanya hükümeti tarafından fotovoltaik sistemlere getirilen sınırlandırma dolayısıyla Almanya yeniden liderliğe yükselmiştir.

Resmi olmayan açıklamalara göre 2009 yılı içerisinde dünya üzerinde kayıt altına alınan 6,43 GW'lık şebekeye bağlı kurulum bulunmaktadır. Bununla birlikte, dünya fotovoltaik pazarı 38 milyar dolarlık bir ciro yakalamıştır [103].

Şekil 3.54'de dünyadaki güneş panelleri kurulumlarının ülkelere göre dağılımına ilişkin bir grafik görülmektedir [103].



Şekil 3.54 : 2009 Dünya güneş paneli kurulum oranları

2009 yılında Şekil 3.54'ten de görülebileceği gibi Avrupa'da Almanya dışında Çek Cumhuriyeti ve İtalya'da da yatırım miktarı büyük olmuştur. Bu bölgelerde yatırımların artmasının sebeplerinden en büyüğü olarak hükümetler tarafından verilen teşvik (feed-in-tariff) oranlarının yüksek olması gösterilmektedir. Güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisinin fiyatı hâlihazırda geleneksel enerji kaynaklarıyla elde edilen elektrikten daha yüksek olduğu için devletler güneş enerjisini desteklemek adına bir takım teşvik mekanizmaları geliştirmiştir. Bazı ülkeler için devletlerin uyguladığı teşvik oranı Çizelge 3.1'de gösterilmiştir [104].

Çizelge 3.1 : Ülkelerde uygulanan güneş elektriği teşvik miktarları

ÜLKE	Çatı Uygulaması Tarife €	Yer Kurulumu Tarife €	Cephe Kaplama Tarife €	Süre
Almanya	0,4	0,3194		20
Avusturya	0,2998	0,2998	0,2998	12
Bulgaristan	0,386	0,386	0,386	25
Çin	0,3619	0,2103		20
Çek Cumhuriyeti	0,4925	0,4925		20
Fransa	0,328	0,328	0,6018	20
Hollanda	0,32	0,32		15
İngiltere	0,35	0,33	0,47	25
İspanya	0,34	0,32		25
İsrail	0,29	0,29		20
İtalya	0,372	0,29		20
Japonya	0,39	0,39	0,39	15
Kore	0,325	0,2476		20
Portekiz	0,32	0,32		20
Slovakya	0,2774	0,2774		12
Yunanistan	0,4	0,4		20

Bu teşvik mekanizmalarının, ülkeler içinde yenilenebilir enerji kullanımı oranını arttırdığı gibi ülke içinde istihdam artışına neden olduğu da belirtilmektedir. Güneş enerjisi teknolojisine ve bilgi birikimine sahip olan ülkelerin teknolojinin gelişimiyle birlikte bu bilgi birikimlerini dünyanın diğer ülkelerine pazarladıkları gözlemlenmektedir. Çizelge 3.2’de IEA-PVPS ülkelerindeki yıllara göre PV kurulumu görülmektedir [102].

Çizelge 3.2 : IEA-PVPS ülkeleri yıllara göre PV kurulumu

Ülke/Alan	Yıllar																	Oranlar	
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2008 Kurulumu	2008 ile 2007	2008	2008				
ABD	100.1	117.3	139.8	167.8	212.2	278.2	378.0	479.0	624.0	630.5	1172.5	842.0	41.2%	67%					
Kanada	4.5	5.8	7.2	8.8	10.0	11.8	13.9	16.7	20.5	23.8	32.4	6.8	28.8%	0.2%					
Meksika	12.0	12.8	13.8	15.0	16.2	17.1	18.2	18.7	19.7	20.8	21.8	1.0	5.0%	0.2%					
Toplam Kuzey Amerika	116.6	136.0	159.9	191.6	238.4	304.1	408.1	514.4	664.2	677.0	1226.7	849.7	38.9%	61.1%					
Australya	2.9	3.7	4.9	6.1	10.3	16.8	21.1	24.0	25.8	27.7	30.2	2.5	9.0%	0.2%					
Danimarka	0.5	1.1	1.5	1.5	1.6	1.9	2.3	2.7	2.9	3.1	3.2	0.1	4.4%	0.1%					
Filandiya	2.2	2.4	2.6	2.7	3.1	3.4	3.7	4.0	4.1	4.4	4.9	0.5	12.8%	0.1%					
Fransa	7.8	9.1	11.3	13.9	17.2	21.1	26.0	33.0	43.8	75.2	121.2	48.0	61.1%	0.9%					
Almanya	63.8	60.4	113.7	194.6	278.0	431.0	1044.0	1910.0	2883.0	3883.0	5489.0	1500.0	37.5%	40.9%					
İtalya	17.7	18.5	19.0	20.0	22.0	28.0	30.7	37.5	50.0	120.2	488.2	388.0	281.2%	3.4%					
Hollanda	8.5	9.2	12.8	20.5	28.3	48.9	49.5	51.2	52.7	54.3	65.9	1.8	2.9%	0.4%					
Norveç	5.4	5.7	6.0	6.2	6.4	6.8	6.9	7.3	7.7	8.0	8.3	0.3	4.4%	0.1%					
Portekiz	0.8	0.8	1.1	1.2	1.7	2.1	2.7	3.3	3.8	16.2	68.2	60.0	274.3%	0.5%					
İspanya	8.0	9.1	12.1	15.7	20.5	27.0	37.4	57.7	118.2	630.2	1281.2	2881.0	422.2%	24.5%					
İsviçre	2.4	2.8	2.8	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.8	6.2	7.9	1.7	27.3%	0.1%					
Yeni Zelanda	11.5	13.4	15.3	17.8	19.5	21.0	23.1	27.1	29.7	38.2	48.2	10.0	27.8%	0.3%					
Türkiye	0.2	0.3	0.4	0.8	0.9	1.3	1.8	2.3	2.9	3.3	4.0	0.7	21.2%	0.1%					
Birlik Kurulumu	0.7	1.1	1.9	2.7	4.1	5.9	8.1	10.9	14.0	17.9	21.4	3.5	19.8%	0.2%					
Toplam Batı Avrupa	118.8	148.1	205.0	335.8	414.0	612.3	1288.4	2172.8	3220.4	4883.8	1814.8	4816.3	62.3%	71.5%					
İtalya	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.9	1.0	1.3	1.8	2.3	0.5	27.5%	0.1%					
Japonya	183.4	208.8	380.2	482.8	688.8	888.8	1182.0	1421.9	1708.5	1818.8	2148.8	280.0	12.0%	16.0%					
Kore	3.0	3.5	4.0	4.8	5.4	6.0	6.5	13.5	34.7	77.8	381.8	274.0	383.1%	2.8%					
Australya	22.5	23.3	29.2	33.8	39.1	43.8	52.3	60.8	70.3	82.5	100.5	18.0	21.8%	0.7%					
Toplam Diğer	189.2	237.8	369.8	481.8	681.8	911.8	1183.7	1487.1	1814.8	2081.8	2802.8	522.8	26.1%	18.4%					
Toplam IEA PVPS**	395.6	519.9	728.8	989.0	1334.3	1828.2	2681.2	4184.3	5698.5	7957.4	13444.9	5187.5	69.0%	100.0%					

3.3.1 Dünyadaki güneş enerji santralleri

Dünya üzerindeki kurulu güneş enerjisi gücü Çizelge 3.2’de gösterildiği gibi günden güne artış göstermektedir. Bu artışta güneş enerjisi sistemlerine verilen teşvik ile birlikte güneş enerjisinden elde edilen elektriğin maliyetinin de günden güne düşmesinin önemli bir rol oynadığı belirtilmektedir.

IEA’nın 2008 raporlarına göre 2008 yılı sonunda dünya üzerindeki kurulu güneş enerjisi sistemi 13,44 GW [103] olarak belirtilmektedir. Bununla birlikte 2009 yılı içerisindeki resmi olmayan açıklamalara göre devreye alınan 6,43 GW’lık kurulu güçle birlikte dünya üzerindeki güneş enerjisi sistemlerinin kurulu gücünün yaklaşık 20 GW olduğu belirtilmektedir [104].

Güneş enerjisi santrallerinin modüler oldukları ve göreceli olarak büyük alanlar kapladıkları için kurulu güçlerinin ortalama 1 ile 10 MW arasında değiştiği bilinmekte olup Dünya üzerindeki birçok güneş enerjisi santralının kurulu gücünün 1 ile 10 MW arasında değiştiği görülmektedir [105]. Bu yüksek lisans tezinde de 5 MW’lık bir güneş enerjisi santrali incelenecektir.

Bununla birlikte dünya üzerinde 10 MW’dan büyük kurulu güce sahip güneş enerjisi santralleri de bulunmaktadır. Bu santrallerden bazıları Çizelge 3.3’de görülebilmektedir [106].

Çizelge 3.3 : Dünya üzerindeki en büyük güneş enerjisi santralleri

Sıra	Kurulu Güç(MW)	Kurulduğu Yer	Kurulduğu Tarih
1	60	Olmedilla/İSPANYA	2008
2	54	Straßkirchen/ALMANYA	2008
3	53	Turnow-Preilack/ALMANYA	2009
4	50	Puertollano/İSPANYA	2008
5	46	Moura/PORTEKİZ	2008
6	45	Köthen/ALMANYA	2010
7	42	Finsterwalde/ALMANYA	2009
8	40	Brandis/ALMANYA	2008
9	34,5	Trujillo/İSPANYA	2008
10	34	Arnedo/İSPANYA	2008

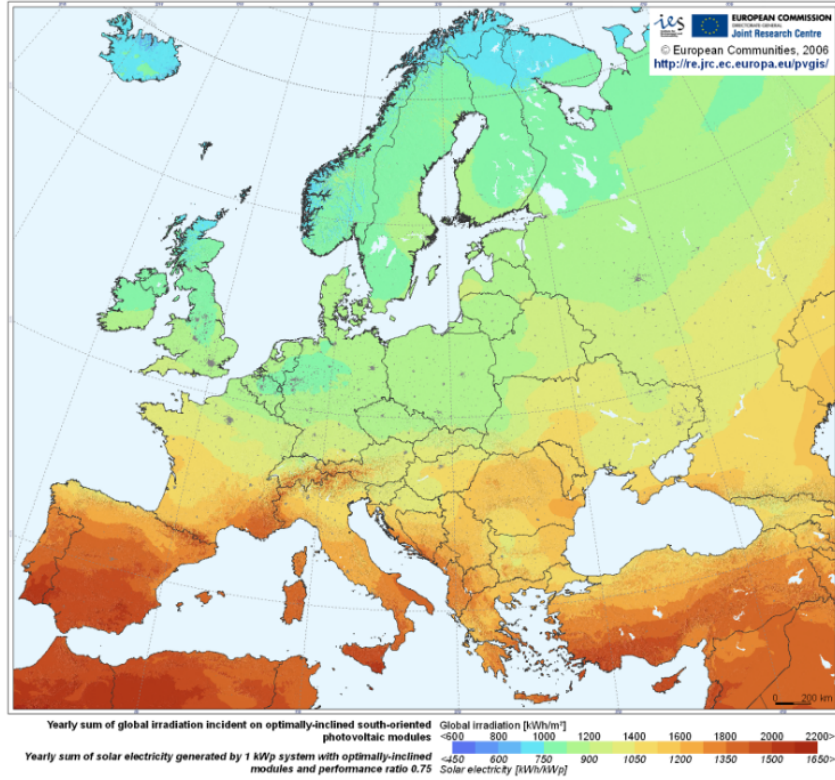
Şekil 3.55’de dünyanın en büyük 3. güneş enerjisi santrali olan Turnow-Preilack’taki 53 MW kurulu güce sahip güneş enerjisi santrali görülmektedir [107].



Şekil 3.55 : Turnow-Preilack güneş enerjisi santrali

3.4 Türkiye’de Güneş Enerjisi

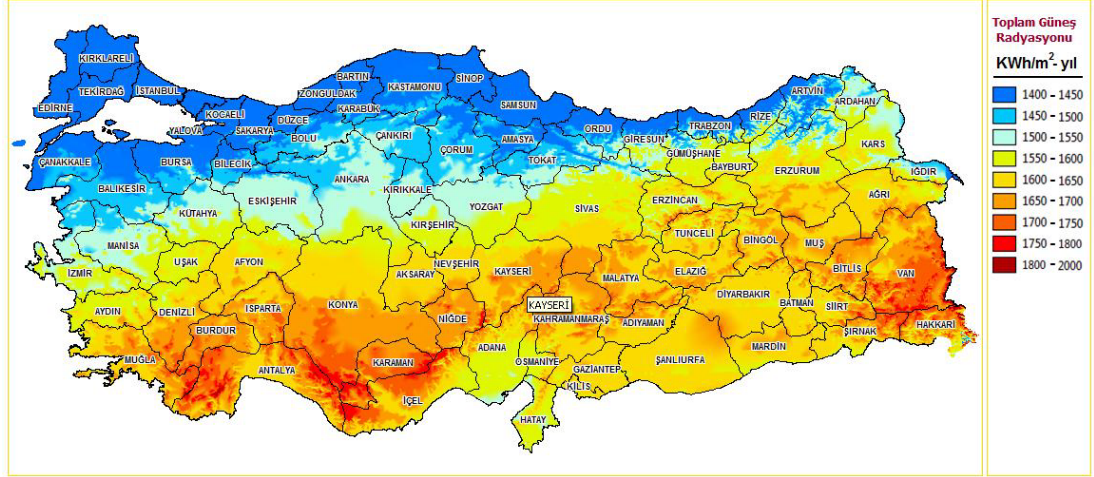
Türkiye, birçok Avrupa ülkesi ile karşılaştırıldığında güneş enerjisi ortalaması bakımından yüksek değerlere sahiptir. Bu değerler Şekil 3.56’da görülebilmektedir [108].



Şekil 3.56 : Avrupa güneş enerjisi haritası

Şekil 3.56'da görüldüğü üzere Türkiye, Güney İspanya ve Güney İtalya ile birlikte Avrupa'daki en güneşli bölgelerinden birisidir.

Türkiye'nin bölgeleri içerisinde ise Şekil 3.57'de görüldüğü üzere Orta Anadolu, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri güneş enerjisi sistemleri için daha uygun bölgeler olarak gösterilmektedir [109].



Şekil 3.57 : Türkiye ışınım haritası

Türkiye, her ne kadar güneşli bir ülke olsa da Türkiye'de güneş enerjisi sektörüne uygulanan teşvik miktarlarının diğer ülkeler ile kıyaslandığında çok düşük olduğu gözlemlenmektedir. 10.5.2005 tarihinde kabul edilen 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” (YEK)‘una göre içinde güneş enerjisini de barındıran yenilenebilir enerji kaynaklarına verilecek teşvik miktarı 5 € cent’ten az, 5,5 € cent’ten fazla olamaz şeklinde tanımlanmıştır [110].

Çizelge 3.1’de gösterilen diğer ülkelerde uygulanan teşvik miktarlarına bakıldığında ise bu rakamın güneş enerjisi sistemleri için oldukça düşük bir rakam olduğu görülebilmektedir. Bununla birlikte, Temmuz 2009’da Sanayi, Ticaret, Enerji, Tabii Kaynaklar, Bilgi ve Teknoloji Komisyonunda yenilenebilir enerji kaynakları için yeni bir teşvik kanunu hazırlanmış olup, kanun komisyondan geçmiş ancak meclis görüşmelerinde beklemeye alınmıştır. Buna göre, güneş enerjisine verilecek destek oranı ilk 10 yıl için 25 € cent, ikinci 10 yıl içinse 20 € cent olarak belirlenmiştir.

Türkiye’de güneş enerjisi sistemlerine uygulanan teşvik miktarının düşüklüğüne rağmen “Uluslararası Enerji Ajansı” IEA’nın alt çalışma grubu olan “Fotovoltaik Güç Sistemleri” çalışma grubu PVPS tarafından 2009 yılı içerisinde yapılan bir

çalışmaya göre Türkiye’de resmi olmayan rakamlara göre 5 MW kurulu güç olduğu belirtilmektedir [111].

Çalışmada, bu kurulu gücün büyük bölümünün şebeke bağlantısından uzak, elektrik ihtiyacı olan yerlerde kurulduğu da belirtilmektedir. Bununla birlikte ülkemizde, güneş enerjisi sistemlerinin yaygınlığını arttıracak gelişmeler de yaşanmaya başlanmıştır. Bunlardan önde geleni, güneş enerjisi sistemlerinin önemli parçaları olarak kabul edilen güneş panelleri [112] ve eviricilerin [113] Türkiye’de üretilmeye başlanması olarak gösterilmektedir. Güneş paneli üreticisi ANEL Grup 2010’da başladığı 15 MW/yıl üretimi kapasitesini 2011 yılında 75 MW’a çıkarmayı planlamaktadır. Güneş paneli üretim tesisinde yaklaşık 35 kişi istihdam edilmektedir ve tesis üç vardiya olarak çalışmasını sürdürmektedir.

Bu yüksek lisans tezi kapsamında da, Türkiye’de ileriki yıllarda kurulabilecek bir güneş enerjisi santralinin analizleri yapılacaktır.

3.4.1 Hukuki yapı

Türkiye’de, elektrik piyasası faaliyetleri, 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile düzenlenmektedir. Kanun 20/2/2001 tarihinde Türkiye Büyük Millet Meclisi’nde kabul edilmiş olup, 3/3/2001 tarih ve 24335 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir [114].

4628 sayılı kanunun, birinci maddesinde; “Elektrik üretimi, iletimi, dağıtımı, toptan satışı, perakende satışı, perakende satış hizmeti, ithalat ve ihracatı ile bu faaliyetlerle ilişkili tüm gerçek ve tüzel kişilerin hak ve yükümlülüklerini, Elektrik (Enerji) Piyasası Düzenleme Kurumunun kurulması ile çalışma usul ve esaslarını ve elektrik üretim ve dağıtım varlıklarının özelleştirilmesinde izlenecek usulü kapsar” ifadesi kullanılmaktadır.

Kanun uyarınca, elektrik piyasası faaliyetlerinden bir tanesi olan üretim faaliyetlerinde uyulması gereken usul ve esaslar da, 4628 sayılı kanun ve ikincil mevzuatla düzenlenmektedir. Üretim faaliyeti de dâhil olmak üzere tüm piyasa faaliyetleri lisansa tabi olup, faaliyet gösterecek tüzel kişilerin, 6762 sayılı Türk Ticaret Kanunu hükümlerine göre anonim şirket veya limited şirket olarak kurulması, anonim şirketlerin sermaye piyasası mevzuatına göre borsada işlem görenler dışındaki hisselerinin nama yazılı olması gerekmektedir.

Özel sektör üretim şirketlerinin toplam piyasa payı kanunla sınırlandırılmaktadır. İlgili kanun hükmü uyarınca, bir gerçek kişinin veya özel sektör tüzel kişinin kontrol ettiği üretim şirketleri aracılığıyla sahip olacağı toplam kurulu güç P_{top} (MW), bir önceki yıla ait yayımlanmış $P_{Türkiye}$ (MW) Türkiye toplam elektrik enerjisi kurulu gücünün % 20'sini geçmemektedir. Güncel TEİAŞ verilerine göre toplam kurulu gücün 45,334 MW olduğu göz önüne alındığında [115], herhangi bir özel sektör tüzel kişinin kontrol edebileceği kurulu güç üst limiti;

$$P_{top} = 0,2 * P_{Türkiye} \quad (3.2)$$

ifadesinden bulunulacağı üzere; halen 9.066 MW olarak hesaplanabilmektedir.

Elektrik piyasasında her faaliyet ve söz konusu faaliyetlerin birden fazla tesiste yürütülecek olması durumunda her tesis için ayrı lisans almak gerekliliği belirtilmektedir. Bu bağlamda, birden fazla üretim tesisi kurulmak istenmesi durumunda her tesis için ayrıca lisans almak gerekmektedir. Ayrıca, kanunen lisans devri yasaklanmış olduğu için, her bir lisansın farklı bir tüzel kişilik için alınması, gerekli olması durumunda üretim lisansının bir başka tüzel kişiliğe devrinde kolaylık sağlayacak olmaktadır. Üretim lisansı, bir defada en az 10 en fazla 49 yıl için verilmektedir. Kanun, üretim şirketlerinin kontrol oluşturmaksızın dağıtım şirketleri ile iştirak ilişkisi kurabilmesine imkân tanımaktadır.

Elektrik Piyasası Kanunu'nda 2007 yılında 5627 sayılı kanunla eklenen madde ve 2008 yılı içerisinde 5784 sayılı kanunla yapılan değişiklik uyarınca; kurulu gücü azami 500 kW olan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri lisans alma ve şirket kurma yükümlülüğünden muaf tutulmaktadır [116].

Ancak, bu tüzel kişilerin ürettikleri ihtiyaç fazlası enerjiyi sisteme vermeleri halinde uygulanacak teknik ve mali usul ve esasları belirleyecek yönetmelik henüz yayımlanmamıştır. Konu ile ilgili yönetmelik çalışmalarının EPDK ve TEDAŞ tarafından yapıldığı kamuoyu ile paylaşılmıştır [117].

2001 yılı sonrasında piyasanın özel sektöre açılması ile birlikte çeşitli sorunların ortaya çıktığı görülmektedir. Bunlardan bir tanesi teknik ve mali açılardan yetkin/yeterli olmayan firmaların sadece ticaret amaçlı lisans başvurusunda bulunmaları olup bu durum çok sayıda lisans verilmesine rağmen devreye alınan kapasitelerin aynı oranda gerçekleşmemesine yol açmıştır. Bu durumu önleyebilmek için kanunda bazı değişikliklere gidilmiştir. Bunlardan bir tanesi 2007 yılında

uygulamaya konulan ek fıkra ile üretim tesisleri için lisans başvurusunda teminat zorunluluğu getirilmesi, bir diğeri ise üretim tesisi yatırımlarının mevzuat çerçevesinde belirlenen süreler içerisinde gerçekleştirme şartı getirilmesi olmuştur [118].

Gerekli teminat sağlanmadan lisans başvurusu kabul edilmemektedir. Mevzuat uyarınca belirlenmiş sürelerde tamamlanmayan tesislerin lisansları ise iptal edilmekte ve ilgili tüzel kişi üç yıl süreyle lisans başvurusundan men edilmektedir. Teminat miktarları ile ilgili esaslar ekonomik analiz bölümünde sunulmaktadır.

Elektrik Piyasası Kanunu'nda üretim tesisleri için önemli diğerk hususlar, 9/7/2008 tarih ve 5784 sayılı kanun ile eklenen geçici maddeler içerisinde yer almaktadır. Kısa dönemde gerekli arz kapasitesinin yeterli bir yedekle oluşturulması amacıyla yürürlüğe konulan bu uygulamalar kapsamında, 31/12/2012 tarihine kadar işletmeye girecek üretim lisansı sahibi tüzel kişilere aşağıdaki teşvikler uygulanmaktadır.

İşletmeye giriş tarihinden itibaren beş yıl süreyle iletim sistemi sistem kullanım bedellerinden yüzde elli indirim yapılmakta, üretim tesisleri yatırım döneminde, üretim tesisleri ile ilgili yapılan işlemler ve düzenlenen kağıtlar damga vergisi ve harçtan müstesna tutulmaktadır.

Güneş enerji santrali kurulum ve işletmesi ile ilgili genel hükümleri içeren bir diğerk kanun da 10.5.2005 tarihinde kabul edilen 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” (YEK Kanunu)'dur [116]. Bu kanunda yenilenebilir enerji kaynakları; “hidrolik, rüzgar, güneş, jeotermal, biokütle, biyogaz, dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi fosil olmayan enerji kaynakları” şeklinde tanımlanmaktadır.

YEK Kanunu, kamu veya hazine arazilerini, yenilenebilir kaynakların kullanımı ve verimliliğini etkileyecek imar düzenlemelerini yasaklayarak bir bakıma koruma altına almaktadır. Kanunun getirdiği önemli yeniliklerden bir tanesi, enerji ticaretinde kaynak türünün belirlenebilmesi ve takibi için sertifikasyon uygulamasıdır. Kanun uyarınca, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üreten tüzel kişiye Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi (YEK Belgesi) verilecektir.

YEK Kanunu, kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji üretim ve ticaretinde bir kısım düzenleme ve teşvikler getirmiştir. Bu düzenleme ve teşvikler aşağıda özetlenmektedir;

- Perakende satış şirketlerine, işletmede on yılını tamamlamamış olan YEK belgeli üretim tesislerinden kanunda tanımlanan usul ve esaslar doğrultusunda enerji alım şartı getirilmiştir.
- Bu kapsamda satın alınacak enerjiye, EPDK'nın belirlediği bir önceki yıl Türkiye ortalama elektrik toptan satış fiyatı uygulanması kararlaştırılmıştır. Bu fiyat, 5 Euro cent/kWh'dan az, 5,5 Euro cent/kWh'dan fazla olamaz şartı getirilmiştir.

Yukarıda açıklanan perakende şirketlerin satın alma yükümlülüğü, diğer bir deyişle YEK belgeli tesisler için getirilen 10 yıllık alım garantisinden faydalanabilmek için üretim tesisinin 31/12/2011 tarihinden önce devreye girmesi gerekliliği belirtilmektedir. Ancak, bu sürenin gerekli başvurular ile iki sene daha uzatılabileceği ile ilgili bir ek madde de bulunmaktadır.

Kanun kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi için getirilen bir başka teşvik de, Orman veya Hazine'nin özel mülkiyetinde veya Devletin hüküm veya tasarrufu altında bulunan bir taşınmazın kullanılması durumunda, YEK belgeli tesislerin ulaşım yolları ve şebekeye bağlantı noktasına kadar olan enerji nakil hatlarından yatırım dönemi ve işletme döneminin ilk on yılında izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma izni bedellerine % 85 indirim uygulamasıdır. Bu teşvikten faydalanmak için de 2011 yılı sonuna kadar devreye alınma şartı bulunmaktadır. Ancak, bu sürenin gerekli başvurular ile iki sene daha uzatılabileceği ile ilgili de bir ek madde bulunmaktadır.

Yatırım ve uzun vade planları ile ilgili olabilecek bir diğer kanun maddesi, güneş panelleri ve odaklayıcı üniteler kullanan elektrik üretim sistemleri kapsamında yapılacak araştırma ve geliştirme çalışmaları ve imalat yatırımlarının Bakanlar Kurulu kararı ile teşviklerden yararlandırılabilmesi hususudur.

Güneş enerjisi santrali kurulumu ve üretim lisansı ile ilgili genel mevzuat hükümleri için incelenmesi gereken bir diğer döküman da, Lisans Yönetmeliği'dir. Yönetmelik, 04/08/2002 tarih ve 24836 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girdikten sonra çok sayıda değişiklik ve eklemelere maruz kalmıştır [119].

Lisans yönetmeliği, üretim lisansı sahibi tüzel kişiler için iştegal edebilecekleri faaliyetleri; üretim tesisinin kurulması, işletmeye alınması, elektrik enerjisi üretimi, elektrik enerjisi ve/veya kapasitenin müşterilere satışı olarak belirlemektedir. Ayrıca,

üretim şirketlerinin, kontrol oluşturmaksızın dağıtım şirketleri ile iştirak ilişkisine girebilecekleri belirtilmektedir. Yönetmelik hükümleri uyarınca, üretim şirketlerinin bu sayılanlar dışında herhangi bir faaliyette bulunmaları mümkün olmamaktadır.

Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisleri, Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi'ne (PMUM) yük alma ve yük atma tekliflerinin verilmesi ile Ulusal Yük Dağıtım Merkezi (UYDM) tarafından verilen yük alma ve yük atma talimatlarına uygun hareket edilmesi yükümlülüklerine tabi tutulmamaktadır. Güneş enerjisi santrali (GES) lisans sahipleri, diğer üretim şirketleri gibi, yıllık planlı bakımlarını TEİAŞ'a bildirmek ve planlı bakımlar ile mücbir sebepler dışında üretim tesislerini çalışır halde tutmak mecburiyetindedir.

GES için kurulacak şirketin lisans alabilmesi için şirket asgari sermayesinin, üretim tesisi için EPDK tarafından öngörülen yatırım bedelinin en az % 15'ine karşılık gelen miktarda olması gerekmektedir. EPDK tarafından Hazine Müsteşarlığı Genel Yatırım ve Finansman Kararnamesi çerçevesinde belirlenen ve Amerikan Doları'nın yıl ortalaması değerindeki değişimlere göre güncellenen kaynak bazında birim yatırım tutarı tablosuna göre güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesislerinin birim yatırım bedeli 4.200.000 TL/MW olarak verilmektedir. Bu değer baz alınarak, kurulması planlanan 5 MW kurulu güce sahip güneş enerjisi üretim tesisi için lisans alacak şirketin asgari sermayesi için;

$$K_{as} = K_{byb} * P_s \quad (3.3)$$

ifadesi kullanılabilir. Burada;

K_{as} : Güneş enerjisi üretim tesisi için lisans alacak şirketin asgari sermayesi

K_{byb} : Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesislerinin birim yatırım bedeli

P_s : Kurulması planlanan güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisinin kurulu gücü

Denklem 3.3 kullanılarak, halen güneş enerjisi üretim tesisi için lisans alacak şirketin asgari sermayesinin 3.150.000 TL olması gerektiği hesaplanmaktadır. Asgari sermayenin lisans uygundur kararından sonra gerekli miktarı sağlayacak düzeye getirilmesi mevzuat açısından uygun bulunmaktadır.

Kurulması planlanan GES için lisans yönetmeliği uyarınca EPDK tarafından uygun bulunan lisans tamamlama süresinin lisansa derç edilmesi gerekmektedir.

Bu süre, inşaat öncesi süre ve inşaat süresi olmak üzere iki ayrı süreçte belirlenmektedir. 20/11/2008 tarih ve 1855 sayılı kurul kararı uyarınca, planlanan 5 MW kurulu gücündeki güneş enerjisine dayalı elektrik üretim santrali için inşaat öncesi dönem 16 ay, inşaat dönemi 16 ay olmak üzere toplam 32 aylık bir tesis tamamlama süresi belirlenmiştir. Bu süre içerisinde mücbir sebep harici tesis tamamlanamaz ise lisansın iptali dahil çeşitli yaptırımlar uygulanabileceği belirtilmektedir [120].

Lisans başvurusunda lisans bedelinin % 1'inin yatırılması gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kullanması nedeniyle planlanan GES için kalan % 99'luk kısım, lisans yönetmeliği hükümleri uyarınca ödenmeyecektir. Ayrıca, lisansa derç edilen tesis tamamlama yılını takip eden ilk sekiz yıl içerisinde de yıllık lisans bedeli ödenmeyecektir.

Lisans yönetmeliği gereği lisans sahibi tüzel kişiler üretim tesislerini, doğal afetler, yangın ve kaza gibi riskleri kapsayan bir "varlık tüm risk" sigortası ile teminat altına almakla yükümlü kılınmaktadır.

Üretim lisansı sahibi tüzel kişilerin raporlama yükümlülükleri de bulunmaktadır. Bu kapsamda, GES projesi tamamlanıncaya kadar gerçekleştirilen faaliyetlerle ilgili olarak her yılın Ocak, Mayıs ve Eylül ayları içerisinde EPDK'ya ilerleme raporu sunulacaktır.

Üretim lisansı sahipleri, Elektrik Piyasası Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği uyarınca piyasa katılımcısı kabul edilmekte olup, piyasa işletmecisi olan Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi'ne kayıt yaptırmaya zorunlulukları bulunmaktadır. Kayıt tamamlanmaması durumunda sisteme enerji verişler tahakkuk ettirilmeyecek ve ödeme alınamayacak, sistemden enerji çekişi durumunda ise usulsüz elektrik enerjisi tüketimine ilişkin mevzuat hükümleri uygulanacaktır denmektedir. Kayıt işleminde tüm piyasa katılımcıları, kurum tarafından onaylanmış tip Piyasa Katılım Anlaşması'nı imzalayarak piyasa işletmecisine sunmaktadır. Üretim lisansı sahiplerinin, üretim tesislerinin geçici kabulleri yapılarak tesislerin enerjilendirilmesinden önceki 15 iş günü içerisinde tüzel kişilik kayıtlarını tamamlayacak şekilde piyasa işletmecisine başvuruda bulunması gerekmektedir.

Ayrıca, piyasa katılımcılarının sisteme verdikleri ve sistemden çektikleri elektrik enerjisinden sorumlu oldukları uzlaştırmaya esas veriş-çekiş birimlerini belirlemek ve kendi adlarına kayıt ettirmekle yükümlü kılınmaktadır. Bu yükümlülük altında, lisanslı tüm üretim tesisleri uzlaştırmaya esas veriş-çekiş birimi olarak kabul edilmektedir.

Dengeleme mekanizmasına katılacak piyasa katılımcıları için de dengeleme birimlerinin tanımlanması ve kayıt ettirilmesi şartı bulunmaktadır. Ancak, yönetmelik uyarınca güneş enerjisine dayalı üretim tesisleri dengeleme birimi olma yükümlülüğünden muaf tutulmaktadır. Lisans sahibi tüzel kişinin talebi ve sistem işletmecisinin uygun bulması halinde bu santraller de dengeleme birimi olabilmektedir [121].

3.4.2 Yasal düzenleme

Çeşitli başlıklar altında özetlenen bir takım teşviklerin güneş enerjisi kaynaklı elektrik üretim projelerini ekonomik kılabacak yeterliliğe sahip olmadığı belirtilmektedir. YEK kanununda bir takım değişiklikler yapılabilmesi için yapılan çalışmalarla; “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun Teklifi”, Sanayi, Ticaret, Enerji, Tabii Kaynaklar, Bilgi ve Teknoloji komisyonunda kabul edilmiş ancak meclis görüşmeleri aşamasına geçilememiştir. Kanun teklifinin komisyonda kabul edildiği şekli ile aşağıdaki yenilikleri getirdiği görülmektedir [122].

- Mevcut kanunda 31/12/2012 tarihine kadar işletmeye girecek tesislere verilen alım garantisi, 31/12/2015’e öncesinde işletmeye girecek tesisleri kapsayacak şekilde düzenlenmektedir.
- YEK destekleme mekanizmasına dahil olan tesisler, dahil oldukları yıl içerisinde mekanizma dışına çıkamamaktadır.
- 31/12/2015 tarihinden sonraya devreye girecek tesisler için uygulanacak fiyatlar EPDK tarafından belirlenecektir.
- Her bir fatura dönemi için PMUM toplam YEK bedeli ve her bir tedarikçinin alması gereken miktarları ilan edecektir.

- Fotovoltaik santrallerde ihtiyaç fazlası elektriğin şebekeye verilmesi durumunda, aylık 3,000 kWh'ten az enerji için 35 Eurocent/kWh, 3,000 ile 6,000 kWh arasında enerji için 30 Eurocent/kWh birim fiyat uygulanacaktır.
- Üretim tesislerinde kullanılacak elektromekanik aksamın yurt içinde imal edilmesi durumunda, tesisin işletmeye girişinden itibaren 5 yıl süreyle yerli katkı payı uygulanacaktır.
- Şebekeye verilen gücün lisansta belirlenmiş gücü aşmaması ve tanımlı sınırlar içerisinde kalması kaydıyla ek kapasite kurulabilecektir.
- YEK kapsamındaki üretim tesisleri 10 yıl süreyle sistem kullanım bedelini % 90 indirimli ödeyeceklerdir.
- Lisans başvurularının değerlendirilmesi ve bağlantı görüşünün oluşturulmasında yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerine öncelik tanınacaktır.
- 31/12/2015 tarihine kadar devreye alınacak tesislerden, ulaşım yollarından ve şebekeye bağlantı noktasına kadarki dağıtım şirketine devredilecek olan da dâhil enerji nakil hatlarından yatırım ve işletme dönemlerinin ilk 15 yılında izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma izni bedellerine % 85 indirim uygulanacaktır.
- Milli park, tabiat parkı, tabiat anıtı ile tabiatı koruma alanlarında, muhafaza ormanlarında, yaban hayatı geliştirme sahalarında, özel çevre koruma bölgelerinde, içme ve kullanma suyu koruma alanlarında ilgili Bakanlığın, doğal sit alanlarında ise ilgili koruma bölge kurulunun olumlu görüşü alınmak kaydıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretim tesisi kurulmasına izin verilebilecektir.
- Kanun kapsamındaki üretim tesisleri için 29/06/2001 tarih ve 4706 sayılı Hazineye Ait Taşınmaz Malların Değerlendirilmesi ve Katma Değer Vergisi Kanununda Değişiklik Yapılması Hakkındaki Kanun'un Ek 2. Maddesi hükümleri uygulanmayacaktır.

Komisyonda kabul edilen taslakta yer alan teşvik fiyatları Çizelge 3.4'te, YEK taslağında yer alan yerli katkı payları ise Çizelge 3.5'de verilmektedir [123].

Çizelge 3.4 : Kanun taslağındaki teşvik miktarları

I Sayılı Cetvel		
Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	İşletmedeki ilk 10 yıl için (Euro cent/kWh)	İşletmedeki ikinci 10 yıl için (Euro cent/kWh)
a. Hidroelektrik üretim tesisi	7	-
b. Karada rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi	8	-
c. Denizde rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi	12	-
ç. Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	9	-
d. Fotovoltaik güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	25	20
e. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	20	18
f. Biyokütleyle dayalı üretim tesisi (çöp gazı dahil)	14	8
g. Dalga, akıntı, gel-git enerjisine dayalı üretim tesisi	16	

Çizelge 3.5 : YEK taslağında yer alan yerli katkı payları

II Sayılı Cetvel		
Tesis Tipi	Yurt içinde gerçekleşen imalat	Yerli Katkı İlavesi (Euro cent/kWh)
A- Hidroelektrik üretim tesisi	1- Türbin	1,0
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	0,8
B- Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Kanat	0,6
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	0,8
	3- Türbin kulesi	0,5
	4- Rotor ve nasele guruplarındaki mekanik aksamın tamamı (Kanat grubu ile jeneratör ve güç elektroniği için yapılan ödemeler hariç.)	1,0
C- Fotovoltaik güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	1- PV panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekaniği imalatı	0,6
	2- PV modülleri	1,0
	3- PV modülünü oluşturan hücreler	3,0
	4- İnvörtör	0,5
	5- PV modülü üzerine güneş ışınını odaklayan malzeme	0,4
D- Yoğunlaştırılmış güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Radyasyon toplama tüpü	2,0
	2- Yansıtıcı yüzey levhası	0,5
	3- Güneş takip sistemi	0,5
	4- Isı enerjisi depolama sisteminin mekanik aksamı	1,0
	5- Kulede güneş ışınını toplayarak buhar üretim sisteminin mekanik aksamı	2,0
	6- Stirling motoru	1,0
	7- Panel entegrasyonu ve güneş paneli yapısal mekaniği	0,5
E- Biyokütle enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Akışkan yataklı buhar kazanı	0,6
	2- Sıvı veya gaz yakıtlı buhar kazanı	0,3
	3- Gazlaştırma ve gaz temizleme gurubu	0,5
	4- Buhar veya gaz türbini	1,5
	5- İçten yanmalı motor veya stirling motoru	0,7
	6- Jeneratör ve güç elektroniği	0,4
	7- Kojenerasyon sistemi	0,3
F- Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Buhar veya gaz türbini	1,0
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	0,5
	3- Buhar enjektörü veya vakum kompresörü	0,5

Bu yüksek lisans tezi kapsamında da TBMM gündeminde olan YEK taslağındaki taslak teşvik fiyatları ile gerekli hesaplamalar yapılacaktır.

85/9799 karar numarası ve 16.8.1985 tarihli TEAŞ ve TEDAŞ dışındaki kuruluşlara elektrik enerjisi üretin tesisi kurma ve işletme izni verilmesi esaslarını belirleyen yönetmelik'in 15.08.1995 tarihinde yayımlanan EK.1'ine göre güneş enerjisi elektrik santrali fizibilite raporunda yer alması gereken ana başlıklar [124] EK-A'da gösterilmektedir.

Bu yüksek lisans tezi kapsamında da fizibilite çalışması, yönetmelikte belirtildiğı gibi gerçekleştirilecektir.

4. ÜLKEMİZDEN BİR GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ

Bu tezin konusu olan güneş enerjisi santralının kurulu gücü 5 MW olarak planlanmıştır. Güneş enerjisi santrali'nin kurulumu için güneş enerjisi potansiyeli yüksek olduğu belirlenen Karaman ili seçilmiştir.

4.1 Yatırım Mahiyeti

Karaman sınırları içerisine yapılacak olan yatırımın mahiyeti güneş enerjisinden elektrik üreten enerji üretim tesisi olacaktır. Tesis, güneş enerjisinden elektrik üretmek için, güneş enerjisinden elektriğe doğrudan dönüşüm yapan fotovoltaik teknolojiyi kullanacaktır.

4.1.1 Genel bilgiler

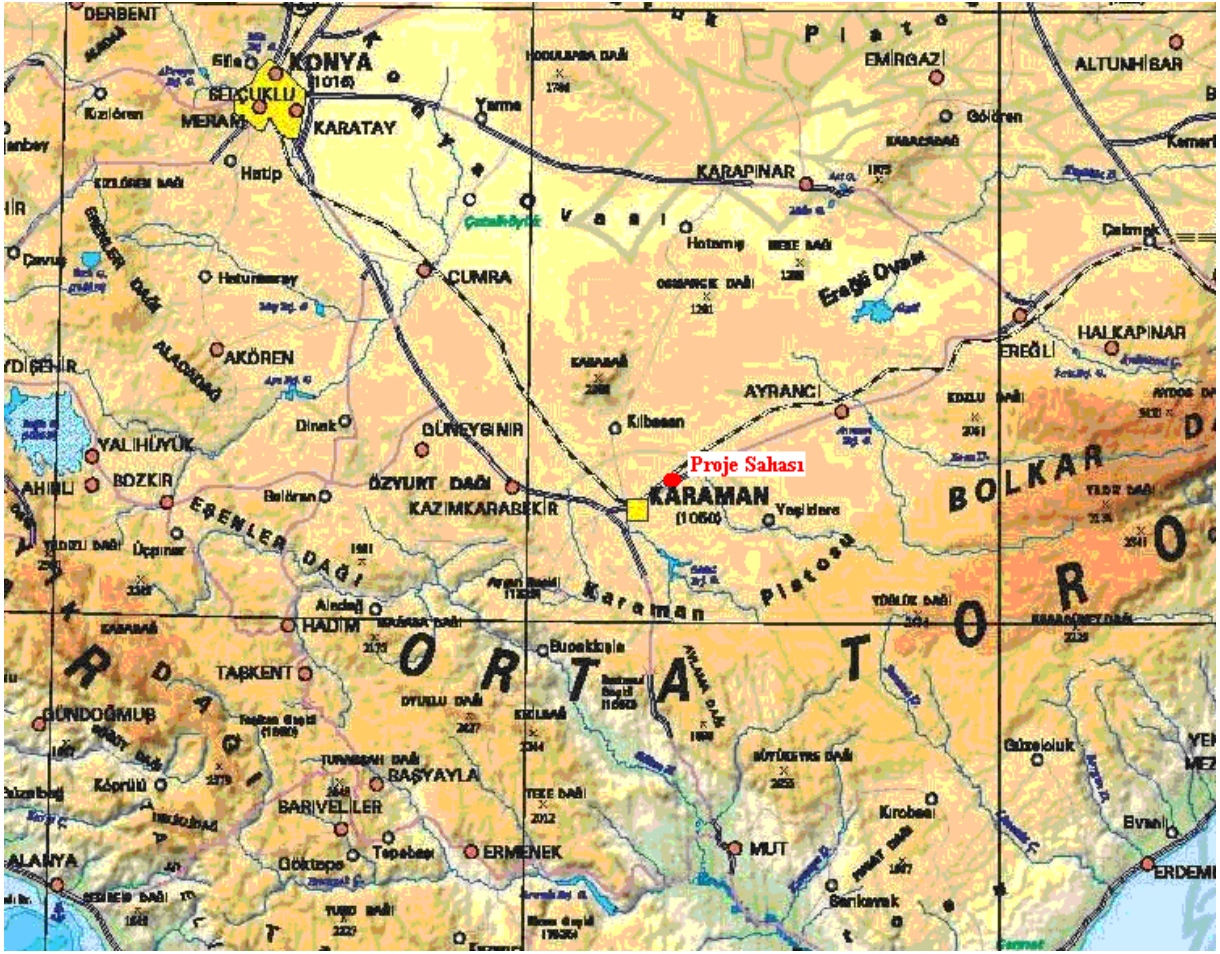
5 MW kurulu güce sahip olacak olan güneş enerjisi santralının 3.2. bölümde belirtilen fotovoltaik ilke ile doğrudan elektrik üretmesi planlanmaktadır. Güneş enerjisi santrali şebeke ile paralel çalışacak olup güneş ışımının yeterli olduğu süre zarfında elektrik enerjisi üretimi sağlayacaktır.

4.1.2 Proje gerekçesi

Kurulması planlanan 5 MW gücündeki güneş enerjisi santralının kurulma amacı şebekeye doğrudan elektrik enerjisi satmaktır. Güneş enerjisi santralinden elde edilecek enerji Karaman şehri içindeki OSB trafo merkezine gönderilecek ve buradan tüketicilere dağıtılacaktır. Yatırımcı için üreteceği her kWh enerji için devletin belirlediği teşvik rakamlarından (25 ve 20 € cent) alacağı ödemediği dolaylı cazip olan yatırım, devlet için ise hem bölgede yaratacağı iş gücü, hem Karaman bölgesinin artan enerji ihtiyacının doğrudan il sınırları içerisinde enerji üreten bir tesisten karşılanması dolayısıyla iletim ve taşınım kayıplarının azalması hem de azaltılan CO₂ salınımı bakımından cazip olmaktadır.

4.2 Santral Sahasının Özellikleri

Güneş enerjisi santralının kurulacağı bölge Karaman ili sınırlarındadır. Karaman, İç Anadolu Bölgesi'nin güneyinde, Konya-İçel-Antalya illeri arasında bulunan önemli bir ticaret, kültür ve sanat merkezidir. M.Ö.8000'lerden itibaren iskan edilen Karaman ve yöresi, yeraltı şehirleri, mağaraları, inanç merkezleri gibi turistik çekiciliklerinin yanı sıra yaylaları ve doğal güzellikleri, zengin el sanatları örnekleri ile de bilinmektedir [125]. Güneş enerjisi santrali kurulumu için seçilen Karaman, yıl boyunca en fazla güneş ışınımı alan bölgelerden biridir. Karaman fiziki haritası Şekil 4.1'de gösterilmektedir [126].



Şekil 4.1 : Karaman fiziki haritası

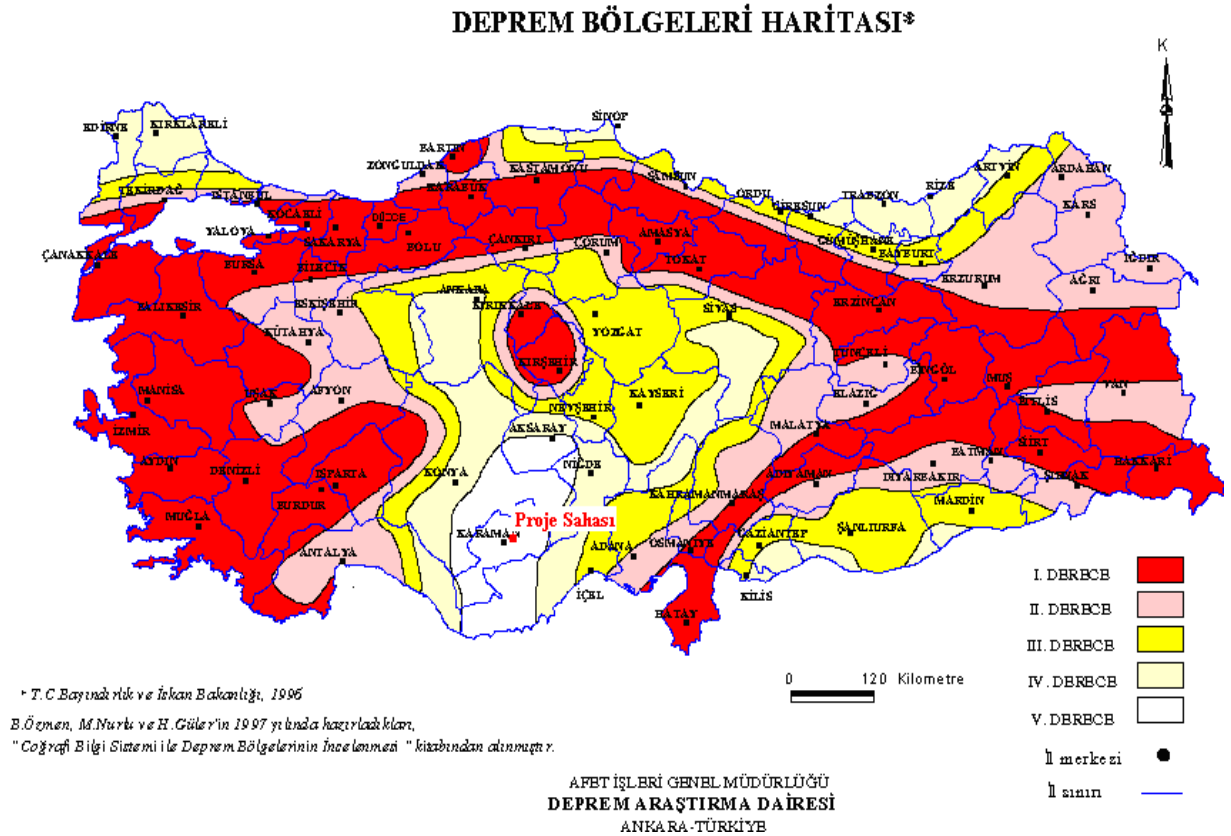
4.2.1 Santral sahasının doğal durumu

Karaman, 37.11 kuzey enlemleri, 33.15 doğu boylamları arasında İç Anadolu bölgesinin güneyinde yer almaktadır. Kuzeyinde Konya, güneyinde Mersin, doğusunda Ereğli,

güneydoğusunda Silifke, batısında ise Antalya yer almaktadır. Deniz seviyesinden yüksekliği 1.033 metre ve yüzölçümü 9.590 km²'dir. Karaman genelde ova görünümünde olup ova, merkez ilçenin kuzeyinde yer alırken yüzölçümü ise 1.400 km²'dir. Ovanın doğu ve güney bölümü alüvyonlu toprakla batı ve kuzey batı bölümü kolüvyol toprakla kaplıdır [127].

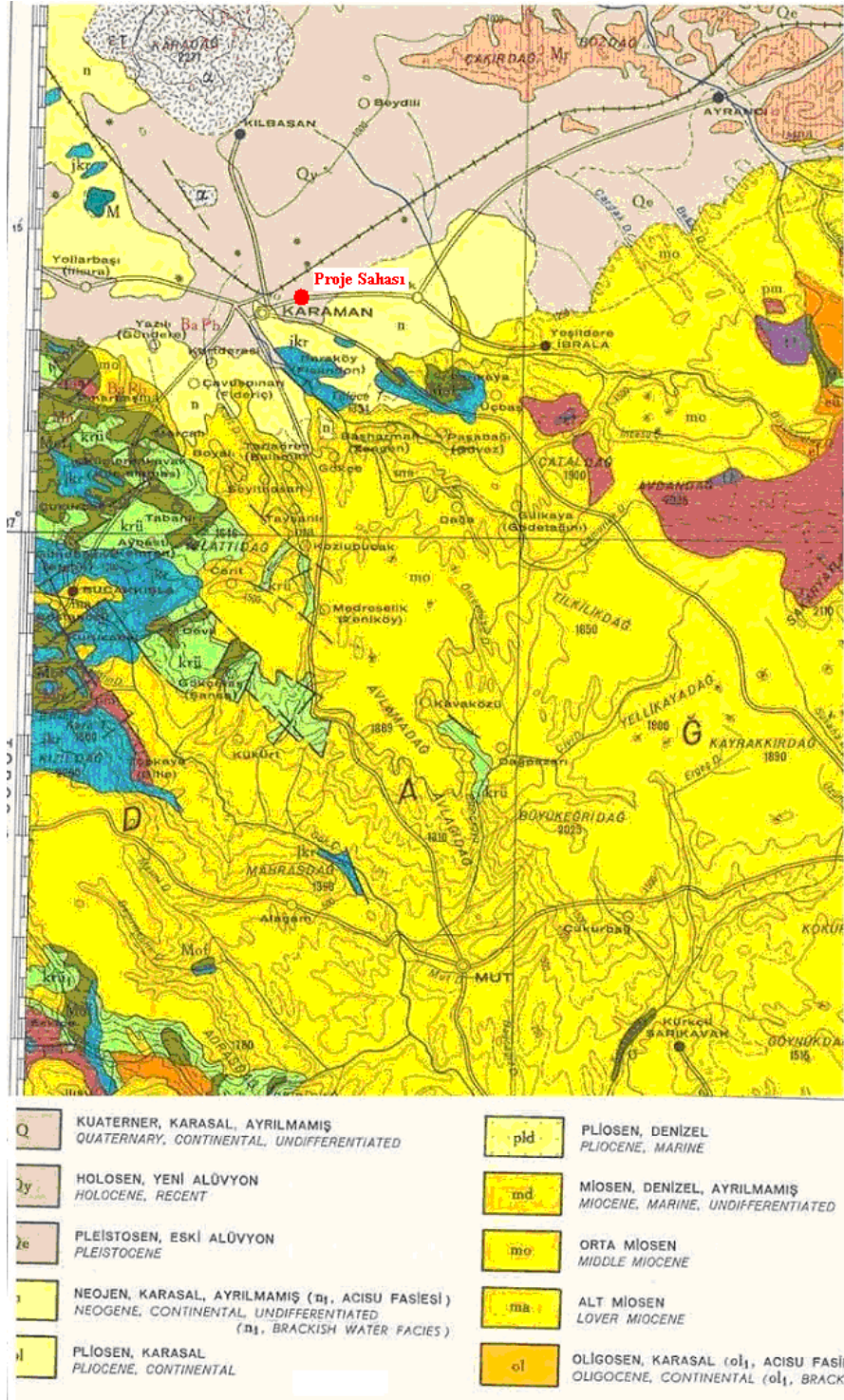
Karaman'da egemen olan iklim yapısı, genelde yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlı olan karasal iklim yapısıdır. Yani, İç Anadolu'nun temel iklim yapısı, burada da görülmektedir. Ancak, ilin batı ve güneyinde, Orta Toros Dağları'nın Göksu ve kolları tarafından derin bir şekilde yarıldığı vadi tabanlarında, yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçen Akdeniz iklim özellikleri de görülür. Yağış genellikle kış ve ilkbahar aylarında yağmur ve kar şeklindedir. Son yılların yağış ortalaması 350 mm'dir. İlde görülen karasal iklim özelliklerinin sonucu, bitki örtüsü olarak da bozkır türü bitki topluluğu görülmektedir. Bu nedenle, il topraklarının % 34'ü, yani 320.772 hektarlık alan, çayırılık ve meradır [128].

Karaman bölgesi depremsellik özelliği bakımından çok sakin bir bölgedir. Şekil 4.2'de de görülebileceği gibi Karaman ili 5. derece deprem sınıfına girmektedir [129].



Şekil 4.2 : Türkiye deprem bölgeleri haritası

Karaman'ın jeolojik yapısı daha çok karasal pliosen olarak adlandırılan yumuşak kırıntısız kara yapılarından oluşmaktadır. Şekil 4.3 'de Karaman iline ait jeolojik yapı görülmektedir [130].



Şekil 4.3 : Karaman ili jeolojik yapısı

4.2.2 Santral sahasının sosyal durumu

Karaman, merkez il nüfusu 106.000 dir. İlçeler ve köylerle birlikte ise toplam nüfus 243.000 olmaktadır. Yüzölçümü bakımından Türkiye genelinde 34. olan şehir merkez ilçe nüfusu bakımından 27 ilden büyüktür. Karaman ili kültürel açıdan çok gelişmiş bir ildir. Türkçenin başkenti olarak tanınan Karaman ayrıca kültürel tarihi taşınmazlar açısından da önemli bir konumdadır. Çevresinde, M.Ö. 10 bin yılından günümüze kadar birçok uygarlığa ait yerleşme yerleri ve kalıntılar bulunmaktadır. Ayrıca Karaman ili Karamanoğullarına yaklaşık 230 yıl başkentlik etmiştir. Bu nedenle birçok İslami devir yapısı bulunmaktadır. Bunlar içerisinde özellikle Mevlana'nın annesinin mezarının bulunduğu Akteke cami ve Yunus Emre cami ile türbesinin ayrı bir önemi vardır [131].

4.2.3 Santral sahasının ekonomik durumu

Zengin bir tarihe ve kültüre sahip olan Karaman; coğrafi konum ve stratejik özelliği dolayısıyla çok büyük bir öneme haizdir. İç Anadolu'yu Akdeniz'e bağlayan karayolu ve demiryolunun buradan geçmesi, ayrıca tarihi ipek yolu üzerinde bulunmasının, Karaman'ın bugünkü ekonomik hayatı üzerinde büyük etkileri vardır.

Karaman'ın genelde ekonomik yapısı tarım başta olmak üzere, hayvancılık, ticaret ve sanayiye dayanır. Son yıllarda, köylerden şehre büyük kitleler halinde göç olaylarının olması, Karaman'ı sanayi ve ticarete yönelik bir ekonomik faaliyete yönlendirmiştir. Sanayinin alt yapısı için gerekli küçük ve büyük organize sanayi bölgesinin tamamlanması, Karaman ekonomisi için büyük önem taşımaktadır. Sanayide devlet yatırımı ise oldukça sınırlıdır.

Karaman sanayisinde son yıllarda büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu gelişmelerde özel sektörün payının büyüklüğü görülmektedir. Karaman il merkezinde çalışan nüfusun % 25'inin küçük sanayi kesiminde istihdam edildiği belirtilmektedir.

Karaman ili, İç Anadolu bölgesinde hububat, bakliyat üretim ve ticareti konusunda en önemli merkezlerden biridir. Meyvecilikte, özellikle elma yetiştiriciliği bakımından Türkiye'de ilk sıradadır. Son yıllarda sulanabilir arazinin çoğalması, özellikle tarıma dayalı un, bulgur, bisküvi, gofret v.b. endüstri kollarının doğmasını hazırlamıştır. Karaman Organize Sanayi Bölgesinin de devreye girmesiyle özellikle bisküvi ve gofret üretiminde ülke içindeki en büyük üretim merkezlerinden birisi haline gelmiştir. Bu da şehirdeki enerji tüketimini günden

güne arttırmaktadır. Karaman iline ait il gelişmişlik tablosu Çizelge 4.1’de gösterilmektedir [132].

Çizelge 4.1 : Karaman il gelişmişlik tablosu

Sosyo-ekonomik Gelişmişlik Sıralaması (2003) (81 il içinde)35						
DEĞİŞKEN	YIL	BİRİM	KARAMAN	İÇ ANADOLU BÖLGESİ	TÜRKİYE	SIRA (81 il içinde)
DEMOGRAFİK GÖSTERGELER						
1 Toplam Nüfus	2000	Kişi	243.210	11.608.868	67.803.927	68
2 Şehirleşme Oranı	2000	Yüzde	57,53	69,25	64,90	33
3 Yıllık Ortalama Nüfus Artış Hızı	1990-2000	Binde	12,24	15,78	18,28	39
4 Nüfus Yoğunluğu	2000	Kişi/Km2	27	63	88	76
5 Doğurganlık Hızı	2000	Çocuk Sayısı	2,77	2,54	2,53	32
6 Ortalama Hanehalkı Büyüklüğü	2000	Kişi	4,34	4,42	4,50	59
İSTİHDAM GÖSTERGELERİ						
7 Tarım İşkolunda Çalışanların Toplam İstihdama Oranı	2000	Yüzde	65,01	46,81	48,38	31
8 Sanayi İşkolunda Çalışanların Toplam İstihdama Oranı	2000	Yüzde	11,14	10,55	13,35	21
9 Ticaret İşkolunda Çalışanların Toplam İstihdama Oranı	2000	Yüzde	5,39	8,90	9,67	50
10 Mali Kurumlar İşkolunda Çalışanların Toplam İstihdama Oranı	2000	Yüzde	1,43	4,01	3,11	42
11 Ücretli Çalışanların Toplam İstihdama Oranı	2000	Yüzde	28,76	45,07	43,52	51
12 Ücretli Çalışan Kadınların Toplam İstihdama Oranı	2000	Yüzde	5,24	8,52	8,81	32
13 İşverenlerin Toplam İstihdama Oranı	2000	Yüzde	1,45	2,53	2,61	40
EGİTİM GÖSTERGELERİ						
14 Okur Yazar Nüfus Oranı	2000	Yüzde	89,72	90,32	87,30	16
15 Okur Yazar Kadın Nüfusun Toplam Kadın Nüfusuna Oranı	2000	Yüzde	84,95	84,96	80,62	15
16 Üniversite Bitirenlerin Okul Bitirenlere Oranı	2000	Yüzde	5,64	10,31	8,42	49
17 İlköğretim Okullaşma Oranı	2000-2001	Yüzde	89,36	92,95	98,01	53
18 Liseler Okullaşma Oranı	2000-2001	Yüzde	33,49	41,58	36,92	42
19 Meslek Liseleri Okullaşma Oranı	2000-2001	Yüzde	17,25	21,69	20,49	51
SAĞLIK GÖSTERGELERİ						
20 Bebek Ölüm Oranı	2000	Binde	48,00	41,77	43,00	21
21 Onbin Kişiye Düşen Hekim Sayısı	2000	Kişi	9	17	13	33
22 Onbin Kişiye Düşen Diş Hekimi Sayısı	2000	Kişi	2	3	2	25
23 Onbin Kişiye Düşen Eczane Sayısı	2000	Adet	3	3	3	31
24 Onbin Kişiye Düşen Hastane Yatağı Sayısı	2000	Hastane Yatağı	12	26	23	65
SANAYİ GÖSTERGELERİ						
25 Organize Sanayi Bölgesi Parsel Sayısı	2000	Parsel	207	16.399	28.726	25
26 Küçük Sanayi Sitesi İşyeri Sayısı	2000	Adet	728	17.106	81.302	44
27 İmalat Sanayi İşyeri Sayısı	2000	Adet	23	1.620	11.118	51
28 İmalat Sanayi Yıllık Çalışanlar Ortalama Sayısı	2000	Kişi	5.069	148.070	1.130.488	38
29 İmalat Sanayi Kurulu Güç Kapasite Miktarı	2000	Beygir Gücü	26.756	1.711.732	13.478.078	53
30 Fert Başına İmalat Sanayi Elektrik Tüketimi	2000	Kws	267	348	550	34
31 Fert Başına İmalat Sanayi Katma Değeri	2000	Milyon TL	142	251	350	31
TARIM GÖSTERGELERİ						
32 Kırsal Nüfus Başına Tarımsal Üretim Değeri	2000	Milyon TL	3.123	1.410	1.124	2
33 Tarımsal Üretim Değerinin Türkiye İçindeki Payı	2000	Yüzde	1,21	18,81	100,00	33
İNŞAAT GÖSTERGELERİ						
34 Daire Sayısı	2000	Adet	55.882	2.783.819	16.235.830	57
35 Borulu Su Tesisatı Bulunan Daire Oranı	2000	Yüzde	95	96	97	47
MALİ GÖSTERGELER						
36 Gayri Safi Yurt İçi Hasıla İçindeki Payı	2000	Yüzde	0,34	16,96	100,00	57
37 Fert Başına Gayri Safi Yurt İçi Hasıla	2000	Milyon TL	1.752	1.820	1.837	26
38 Banka Şube Sayısı	2000	Adet	18	1266	7786	69
39 Fert Başına Banka Mevduatı	2000	Milyon TL	258	1.347	939	48
40 Toplam Banka Mevduatı İçindeki Payı	2000	Yüzde	0,10	24,57	100,00	59
41 Toplam Banka Kredileri İçindeki Payı	2000	Yüzde	0,07	21,29	100,00	68
42 Kırsal Nüfus Başına Tarımsal Kredi Miktarı	2000	Milyon TL	88	192	138	44
43 Fert Başına Sınai, Ticari Ve Turizm Kredileri Miktarı	2000	Milyon TL	57	489	392	58
44 Fert Başına Belediye Giderleri	2000	Milyon TL	53	90	82	40
45 Fert Başına Genel Bütçe Gelirleri	2000	Milyon TL	87	449	464	57
46 Fert Başına Gelir Ve Kurumlar Vergisi Miktarı	2000	Milyon TL	38	198	165	53
47 Fert Başına Kamu Yatırımları Miktarı	1995-2000	Milyon TL	195	276	248	33
48 Fert Başına Teşvik Belgeli Yatırım Tutarı	1995-2000	Milyon TL	2.776	2.002	2.668	21
49 Fert Başına İhracat Miktarı	1995-2000	ABD Doları	339	407	2.249	32
50 Fert Başına İthalat Miktarı	1995-2000	ABD Doları	190	1.345	3.967	39
ALTYAPI GÖSTERGELERİ						
51 Kırsal Yerleşmelerde Asfalt Yol Oranı	2000	Yüzde	77,10	60,74	45,23	18
52 Yeterli İçme Suyu Götürülen Nüfus Oranı	2000	Yüzde	92,44	94,90	84,98	32
53 TCK Asfalt Yol Oranı	2000	Yüzde	97,07	95,80	91,28	28
DİĞER GÖSTERGELER						
54 Onbin Kişiye Düşen Özel Otomobil Sayısı	2000	Adet	544	884	652	27
55 Onbin Kişiye Düşen Motorlu Kara Taşıtı Sayısı	2000	Adet	1408	1.288	1.056	12
56 Fert Başına Elektrik Tüketim Miktarı	2000	Mws	1	1	1	44
57 Fert Başına Telefon Kontür Değeri	2000	Adet	1.109	1.860	1.852	45
58 Yeşil Kartlı Kişi Oranı	2000	Yüzde	22,14	14	15	31

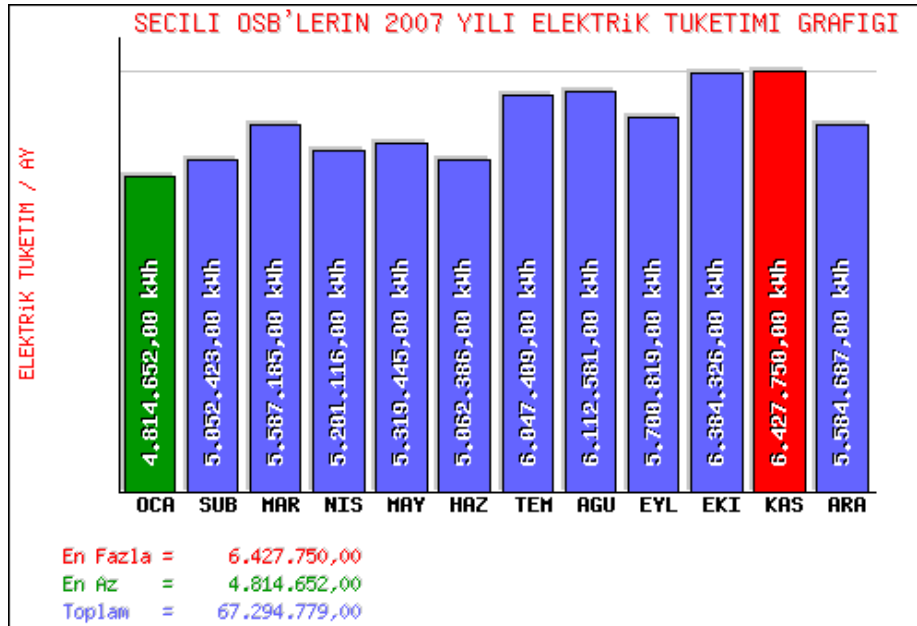
4.3 Santral Sahasının Gelişme Planı

Karaman ili, İç Anadolu bölgesi içerisinde endüstriyel olarak da gelişme gösteren illerden birisi olarak gösterilmektedir. Antalya ve Konya'ya olan yakınlığı dolayısıyla her daim bir ticaret yolu olarak belirtilen Karaman ili içerisinde son yıllarda endüstri üretiminde de bir artış gözlemlenmektedir. Bu artışın ilerleyen yıllarda hızlanacağı ve dolayısıyla il içerisindeki enerji tüketiminin de artacağı tahmin edilmektedir.

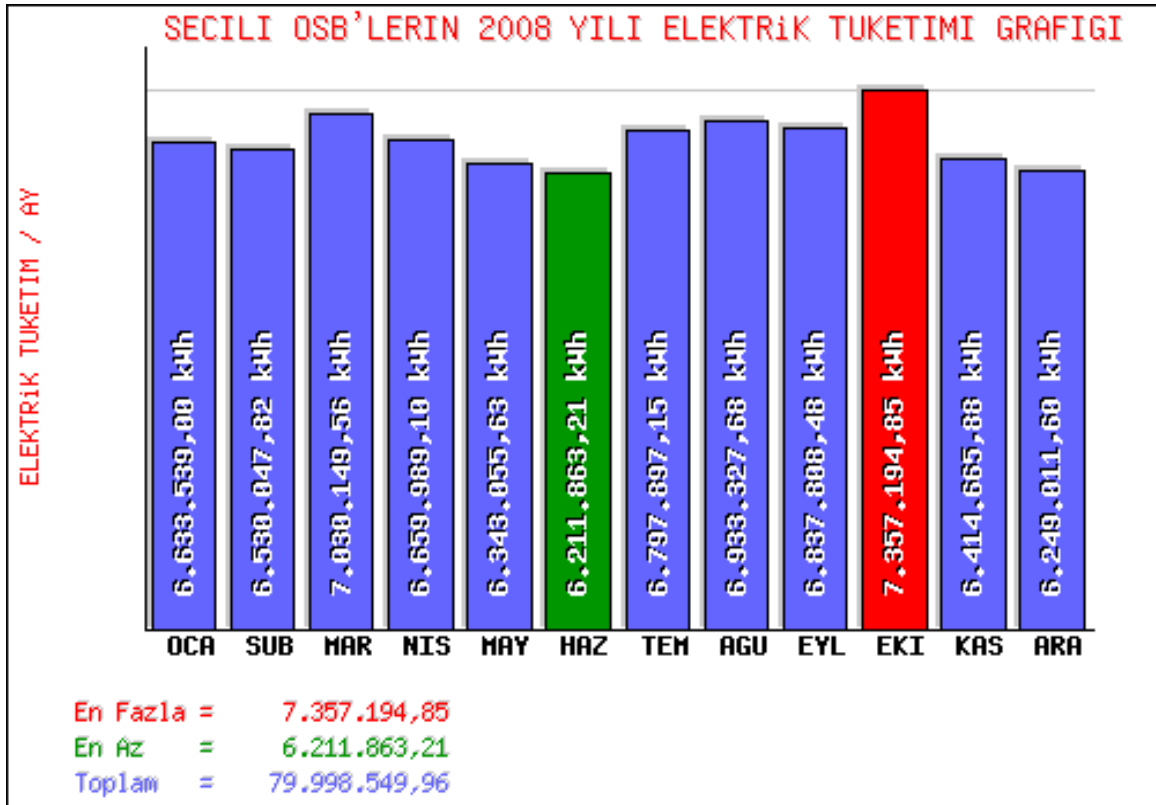
4.3.1 Gelişmeyi gerektiren sebepler

Karaman, son yıllarda özellikle gofret ve bisküvi üretiminde ülke içerisinde büyük bir paya sahip olmuştur. Aynı zamanda bir tahıl üretim yeri de olan Karaman ili, elde edilen tahıl ürünlerin kendi sınırları içerisinde işleyerek endüstriyel üretim de gerçekleştirmektedir. 1990 yılı içerisinde 561 hektarlık bir alana kurulan Karaman OSB yıldan yıla büyüme göstererek 2010 yılında toplamda 98 firmaya ve 7.687 çalışana ulaşmıştır.

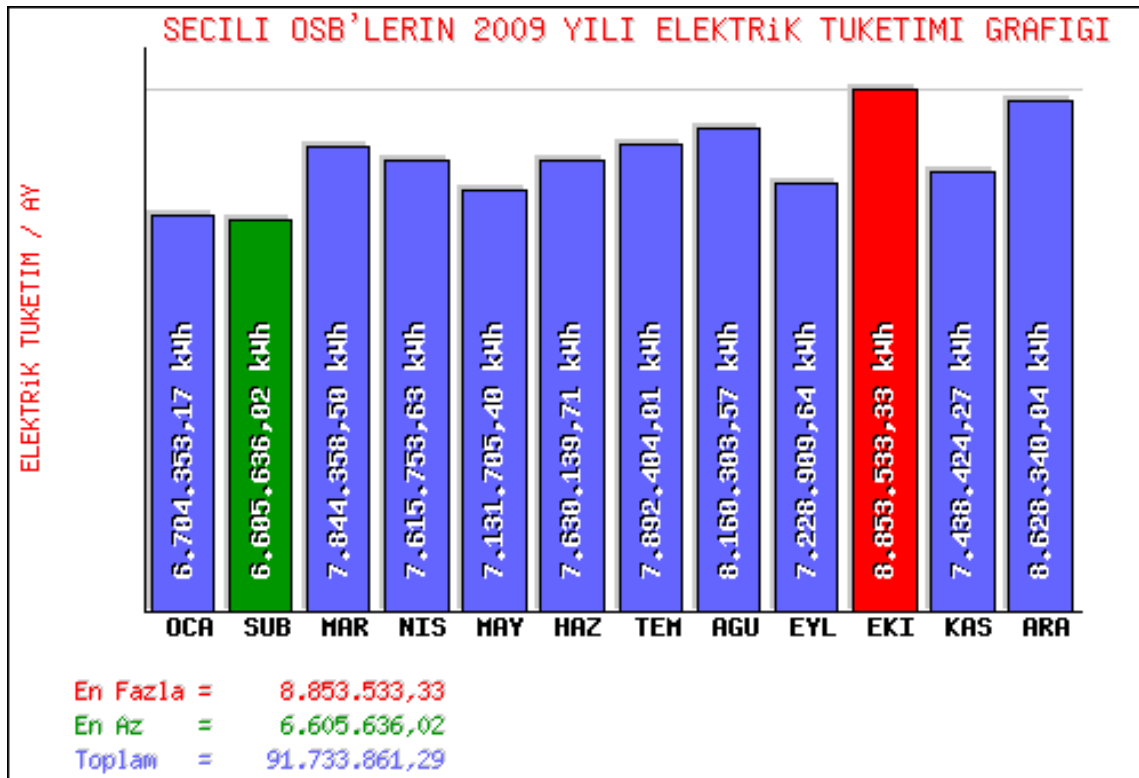
Bununla birlikte Karaman OSB'nin elektrik enerjisi tüketimi yıldan yıla artmaktadır. Şekil 4.4, 4.5 ve 4.6'da görüldüğü üzere son 3 yılda sürekli olarak bir elektrik enerjisi tüketimi artışı yaşanmaktadır [133]. Şekil 4.7'de ise son 3 yıla ait tüketim değerlerinin karşılaştırması görülmektedir. Bu çizelgelerden de görülebileceği üzere bölgede kurulacak bir enerji santralinin gerekliliği ortaya çıkmaktadır.



Şekil 4.4 : 2007 Karaman OSB elektrik enerjisi tüketimi

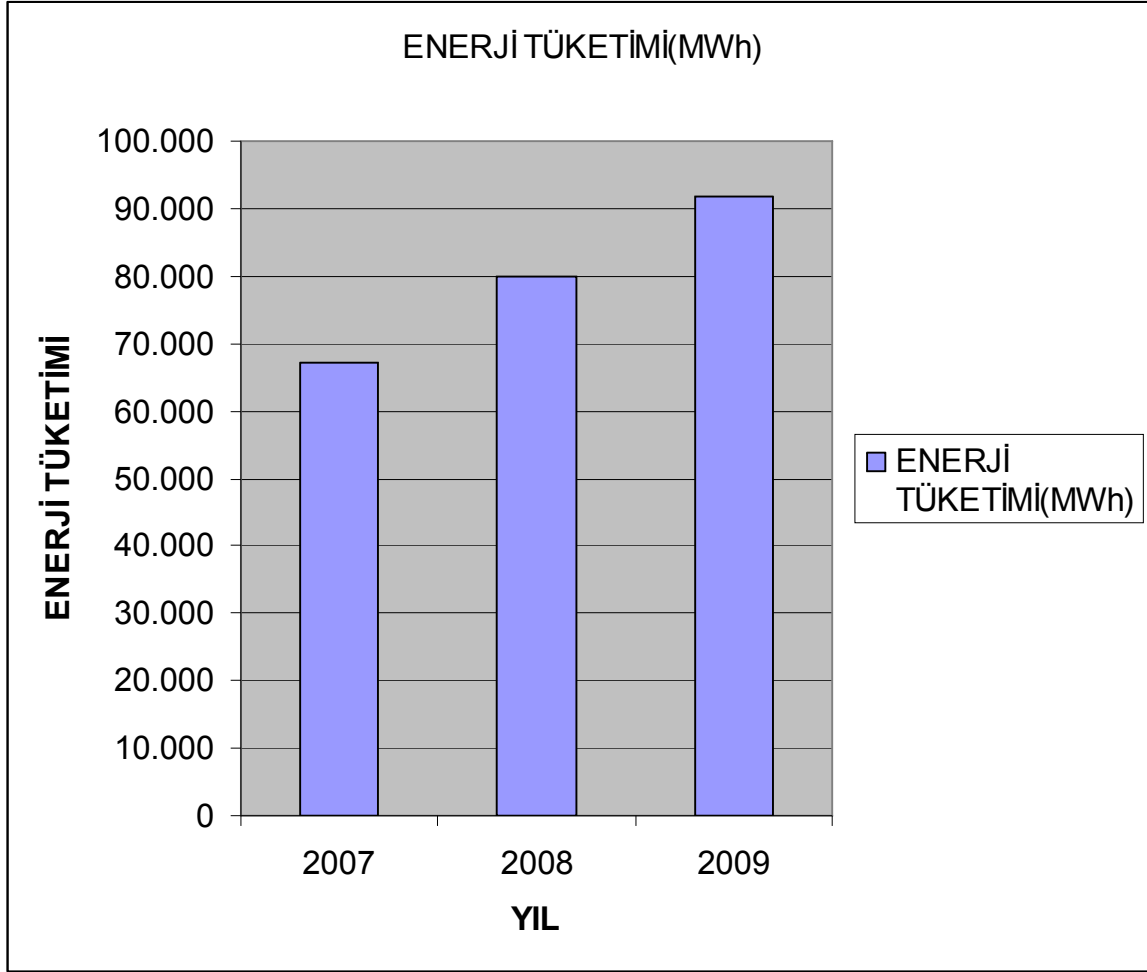


Şekil 4.5 : 2008 Karaman OSB elektrik enerjisi tüketimi



Şekil 4.6 : 2009 Karaman OSB elektrik enerjisi tüketimi

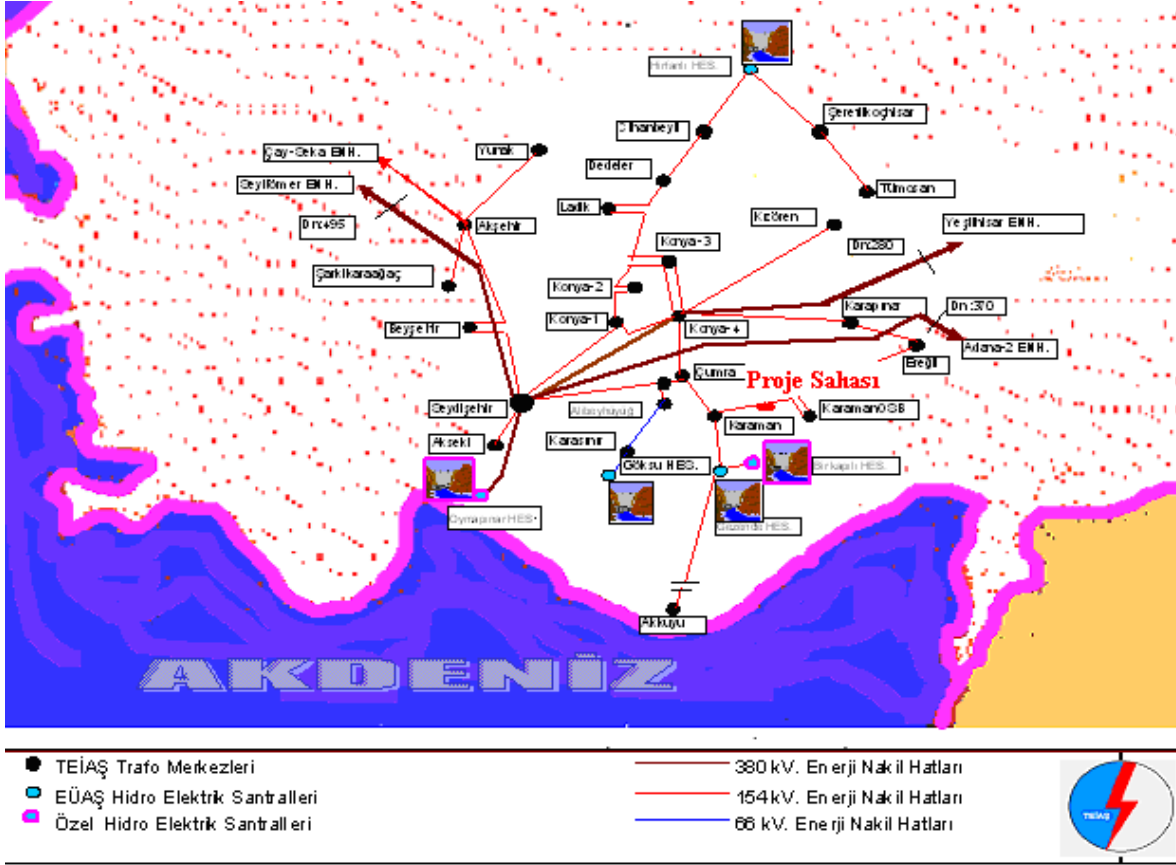
Karaman OSB dışında, il içerisindeki diğer endüstriyel faaliyetler, konutsal kullanım ve özellikle de sulamada kullanılan enerji miktarlarının günden güne arttığı belirtilmektedir.



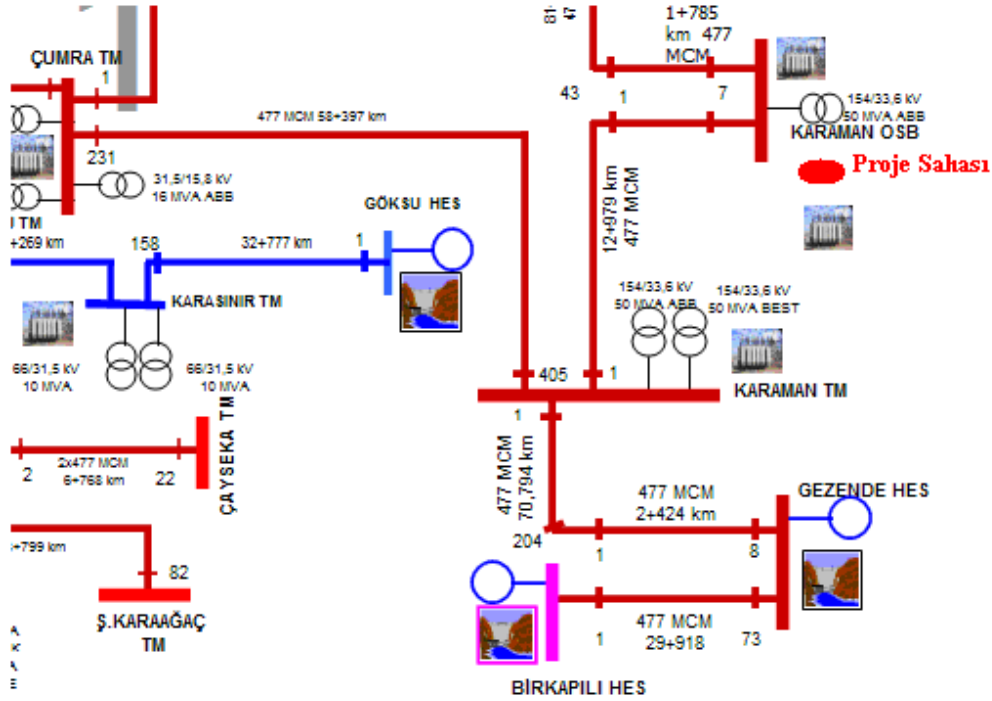
Şekil 4.7 : Son 3 yıllık Karaman OSB elektrik enerjisi tüketimi karşılaştırması

4.3.2 Mevcut tesisler

Karaman ili sınırları içerisinde şu anda henüz bir enerji üretim tesisi bulunmamaktadır. Ancak Karaman iline çok yakın mesafede Konya ilinde Göksu Hidroelektrik santrali (HES) 10,8 MW kurulu gücüne sahiptir. Ayrıca Mersin ili sınırları içerisinde yer alan Gezende HES'in ise 3 x 50 MW kurulu güce sahip olup normal sezonlarda bu kurulu gücün üçte biri ile çalışmakta olduğu belirtilmektedir [134]. Şekil 4.8 ve 4.9'da Karaman ili çevresindeki üretim tesisleri gösterilmektedir [135].



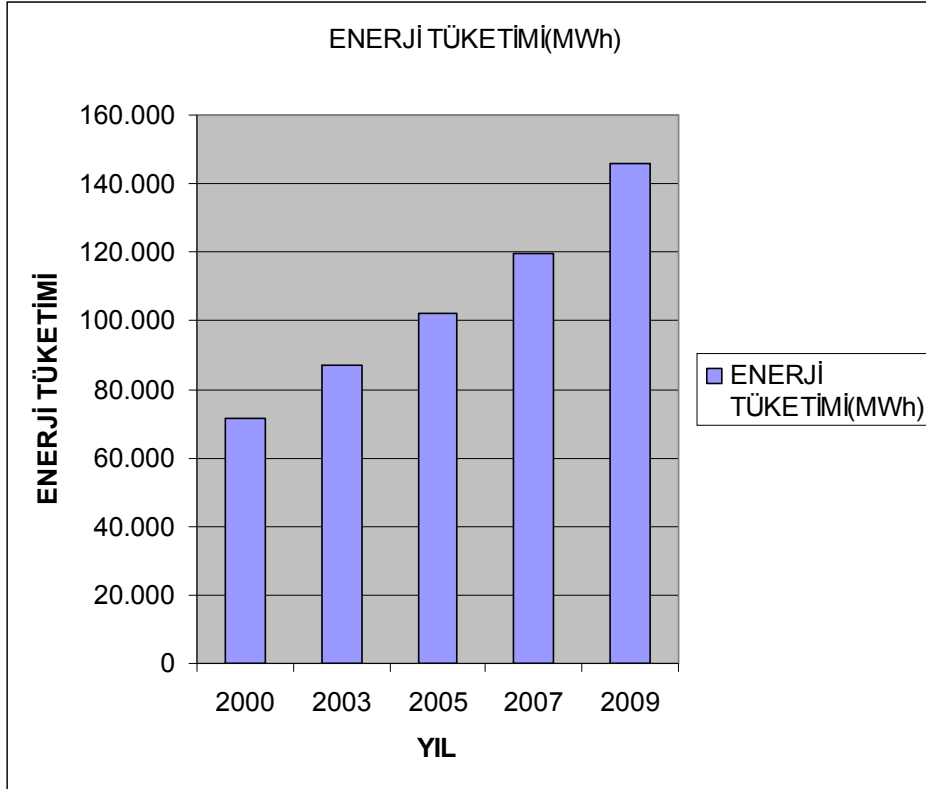
Şekil 4.8 : Karaman ve bölgesi enerji nakil hatları ve üretim tesisleri



Şekil 4.9 : Karaman ve çevresi enerji üretim tesisleri

4.3.3 Enerji tüketim değerleri

Karaman ilinde yıldan yıla elektrik enerjisi tüketimi artmış bulunmakta bu artışın son yıllarda daha da hızlandığı görülmektedir. Şekil 4.10'da bu değişim gösterilmektedir [136].



Şekil 4.10 : Karaman ili enerji tüketim değerleri (2000-2009)

Karaman ili elektrik enerjisi üretim değerleri, bölgede kurulması planlanan güneş enerjisi santralının uygunluğunu göstermekte olup yıldan yıla bu enerji tüketim değerlerinin artacağı ve bölgedeki en önemli enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisinin de bölge içerisinde kullanımının artacağı belirtilmektedir.

4.3.4 Teklif edilen tesisin özellikleri

Karaman'da kurulacak olan güneş enerjisi santrali 5 MW kurulu gücünde olacaktır. Bu tesis fotovoltaik teknoloji ile güneş ışığından elektrik eldesi sağlayacak şekilde çalışacaktır. Kurulacak güneş enerjisi santrali Karaman Organize Sanayi Bölgesi (OSB) içinde yer alan trafo'ya bağlanacak olup bağlantı şekli orta gerilim (OG) üzerinde olacaktır.

4.4 Santral Sahasının Güneş Enerjisi Potansiyeli

Karaman ili Türkiye sınırları içerisinde en yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip illerden birisidir. Güneş enerjisi santralının bölgeye kurulmasının en büyük sebeplerinden biri de bölgedeki güneş enerjisinden elde edilen yüksek kapasite faktörüdür. Kapasite faktörü (KF), bir enerji santralının ne kadar verimli çalıştığını gösteren parametre olarak tanımlanmaktadır. Bu faktör, santralin nominal gücü ile yıllık sağladığı enerji miktarı arasındaki ilişkiyi belirlemektedir.

$$KF = \frac{\text{Üretilen Enerji Miktarı}}{P_N * 8760} = \frac{\text{Ortalama Güç}}{\text{NominalGüç}} \quad (4.1)$$

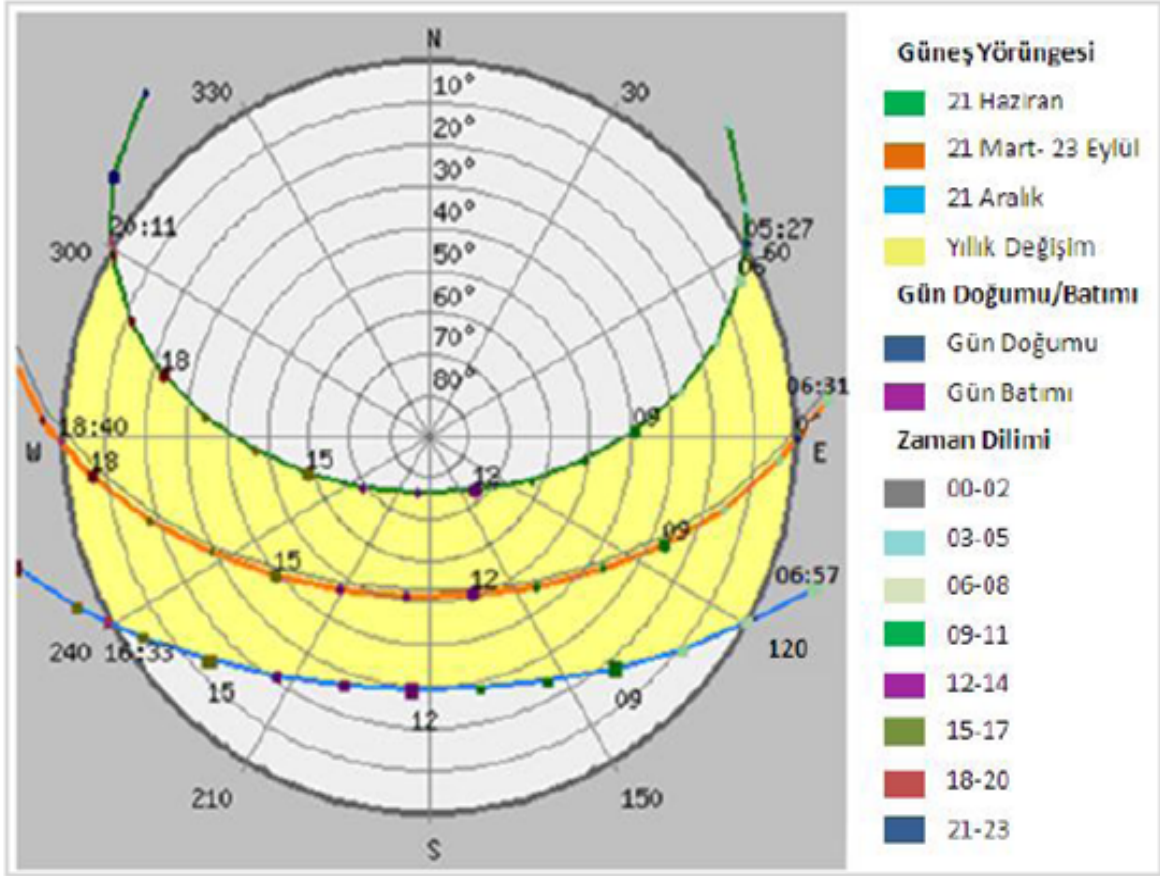
Burada P_N santralin nominal gücünü, KF ise kapasite faktörünü tanımlamaktadır [137].

Bu çalışma kapsamında güneş enerjisi santralının kapasite faktörü de hesaplanacaktır.

4.4.1 Güneşlilik verileri ve güneşlenme süreleri

Güneş enerjisi santralleri için güneşlilik verileri en önemli parametrelerden birisi olarak tanımlanmaktadır. Fizibilite çalışmaları sırasında bir güneş enerjisi santralının üreteceği enerji miktarları hesaplanırken ölçüm istasyonlarından elde edilen ışıyım değerleri kullanılmaktadır. Ancak ölçüm istasyonlarında meydana gelebilecek hatalardan dolayı tek bir ölçüm noktasından elde edilen veriler hatalı sonuçlara neden olabilmektedir. Bu yüzden güneş enerjisi fizibilite çalışmaları yapılırken kabul görmüş değişik ölçüm istasyonlarından elde edilen verilerin kullanılmasında fayda görülmektedir. Bununla birlikte santralin kurulacağı bölgeye kurulacak bir ölçüm istasyonu vasıtasıyla da birebir ölçümler almak fizibilite çalışmalarının hassasiyetini arttıracak etmenler olarak gösterilmektedir.

Karaman için güneş yörüngesinin polar gösterimi Şekil 4.11'de sunulmaktadır [138]. Şekilde, 21 Haziran, 21 Aralık, 21 Mart ve 23 Eylül için güneş yörüngeleri yer almaktadır. Sarı taralı alan yıl içerisindeki güneşlenme değişimini ifade etmektedir. Her bir tarih için güneşin doğuş saati lacivert ve batış saati mor ile işaretlenerek belirtilmiştir. Gün içindeki saat dilimleri yörüngeler üzerine farklı renklerle işlenmiştir. Bu saat dilimlerinde, farklı azimutlar için güneşin geliş açısı okunabilmektedir. Yükseliş açısı daireler içinde yer almaktadır. Azimut güney için 180° olarak ifade edilmiştir.

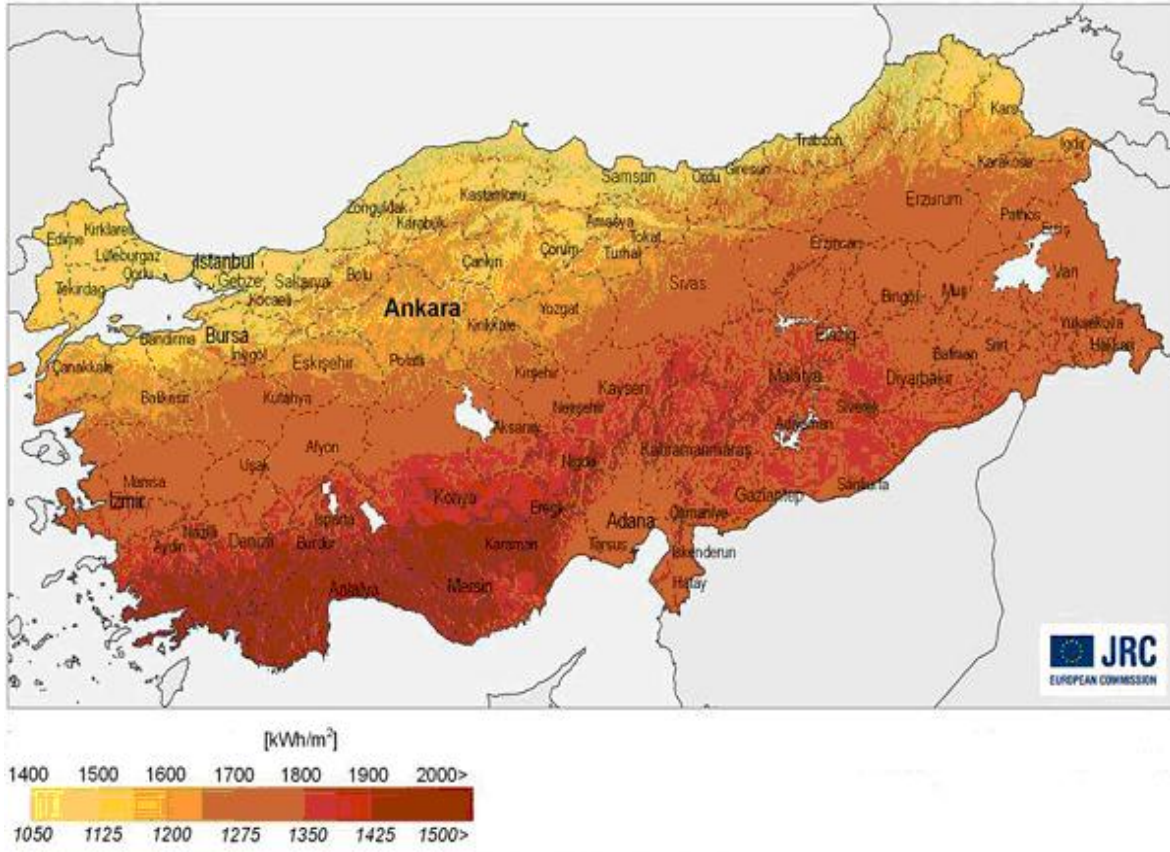


Şekil 4.11 : Karaman ili polar güneş yörüngesi

Güneşlenme verilerini daha hassas olarak incelemek için bu çalışma içerisinde Karaman ili için 4 farklı veri tabanından alınmış veriler kullanılacaktır. Bu 4 farklı veri tabanı sırasıyla Avrupa Birliği Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemleri Veri Tabanı (PVGIS) , Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA), METEONORM ve Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) olacaktır.

Avrupa Birliği Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemleri Veri Tabanı (PVGIS) , Avrupa Birliği (AB) bünyesinde, Ortak Araştırma Merkezi (EC JRC)'nin hazırladığı global radyasyon haritası Avrupa ve Afrika ülkelerini kapsamaktadır [139].

Haritalar, kısa adı PVGIS olan bir web sitesinde kullanıma açıktır. Avrupa kıtası global radyasyon haritası incelendiğinde AB ülkelerinde yıllık global radyasyon aralığının 1.100 – 1.900 kWh/m² olduğu gözle çarpılmaktadır [108].



Şekil 4.12 : Türkiye güneşlilik haritası (PVGIS)

Şekil 4.12 incelendiğinde, ülkemizin 1.400-2.000 kWh/m² aralığında global radyasyon potansiyeline sahip olduğu görülmektedir [140].

Kuzey şeridinde, Orta Karadeniz ve Marmara Bölgesi'nde 1.400-1.500 kWh/m² olan radyasyon değerleri, güneye inildikçe artmakta ve Orta Anadolu ve Ege'de 1.600-1.800 kWh/m² değerlerine ulaşmaktadır. Orta Doğu Anadolu Bölgesi'nden başlayarak Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde 1.900 kWh/m² değerine yaklaşan radyasyon değerleri, Akdeniz Bölgesi'nde güneşlenme potansiyeli en yüksek olan bölgeyi işaret eden 1.900 kWh/m² seviyesine ve üzerine ulaşmaktadır.

Yine aynı haritaya göre GES sahasını içinde barındıran Karaman ili, Türkiye' deki en yoğun radyasyona maruz kalan bölgelerden bir tanesi olarak gösterilmektedir. PVGIS veri tabanına göre Karaman ili aylık ve yıllık global radyasyon değerleri Çizelge 4.2'de sunulmaktadır.

Çizelge 4.2'den görüldüğü üzere PVGIS'e göre Karaman ili için yıllık ışınım miktarı 1.709 kWh/m² olarak belirlenmiştir

Çizelge 4.2 : Karaman aylık ve yıllık global ışı nım (kWh/m²)

AY	Global Radyasyon
Ocak	66
Şubat	84
Mart	131
Nisan	163
Mayıs	197
Haziran	219
Temmuz	229
Ağustos	204
Eylül	164
Ekim	119
Kasım	77
Aralık	58
YILLIK	1,709

Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA), Türkiye’de yenilebilir enerji kaynaklarının potansiyelini belirlemek üzere Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE) tarafından hazırlanmaktadır [109].

EİE’nin güneş enerjisi potansiyelini belirlemek için çalışmaları Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ)’nün 1968-1982 döneminde gerçekleştirdiği ölçümlerle elde edilen güneşlenme verilerini değerlendirmesiyle başlamıştır. Bu değerlendirmede Türkiye’nin yıllık ortalama güneş ışı nımını 3,6 kWh/m².gün ve güneşlenme süresi 2.640 saat olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmanın ardından güneş enerjisi potansiyelini belirlemek amacıyla çeşitli illere güneş gözlem istasyonları kurulmuştur. Toplam 11 ilde gerçekleştirilen ve halen gerçekleştirilmekte olan ölçümlerin birçoğu çok kısa süreli dönemleri kapsamaktadır. Çizelge 4.3’te gözlem istasyonlarının konumlandırıldıkları iller ve durumları hakkında bilgiler tabloda sunulmuştur [141].

Çizelge 4.3 : EİE güneş ölçüm istasyonları ve ölçüm periyotları

İstasyonlar	Ölçüm Periyodu/Durum	İstasyonlar	Ölçüm Periyodu/Durum
Ankara	1995 -1996, 2002 -2003, 2008 -devam ediyor	Erzincan	2005 - devam ediyor
Adana	1997 -2005 (kapalı)	Isparta	2001 -2007 (kapalı)
Antalya	1993 (kapalı)	İzmir	1997 -1998 (kapalı)
Aydın	1998 (kapalı)	Kayseri	1998 - devam ediyor
Balıkesir	2000 - devam ediyor	Yalova	2005 - devam ediyor
Bodrum	2000 -2001 (kapalı)		

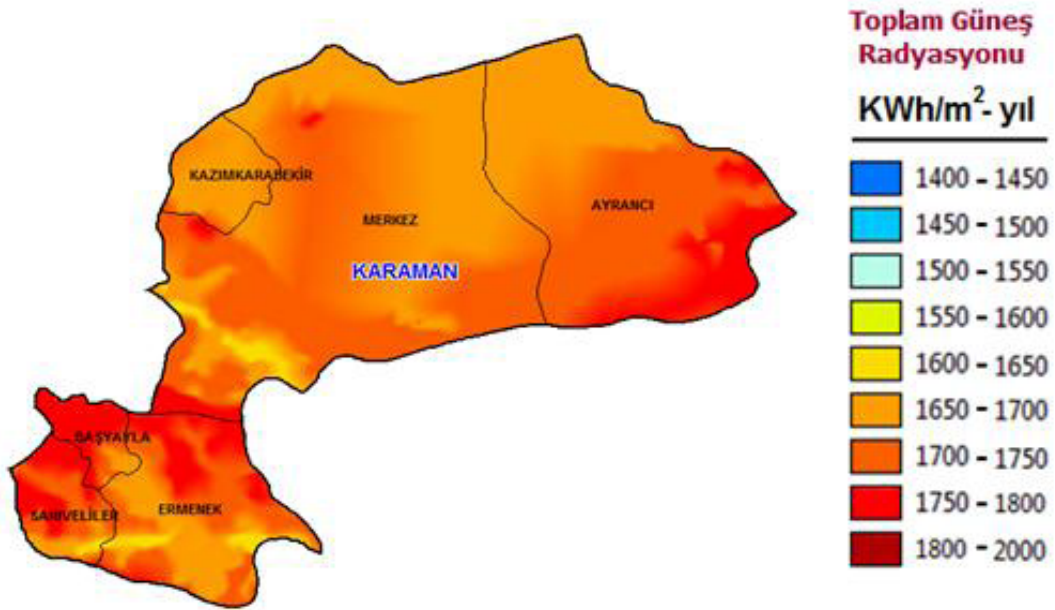
Çizelge 4.3’den de görüleceği üzere sadece beş istasyonda veri kaydı halen devam etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyellerinin değerlendirilmesinde uzun süreli veriler büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, EİE tarafından Türkiye’de yapılan ölçümlerin gerek il sayısı gerekse ölçüm süresi olarak yeterli olmadığı belirtilmektedir.

EİE gözlem istasyonlarından toplanan verilerle birlikte DMİ’nin verileri kullanılarak bir güneş enerjisi potansiyeli modeli geliştirilmiştir. Bu modelle, il bazında aylık ortalama güneş ışınımı ve güneşlenme süreleri hesaplanmış ve coğrafi bilgi sisteminde “ESRI Solar Radiation Model” kullanılarak Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) oluşturulmuştur. Atlasın renklendirilmesi yıllık toplam güneş radyasyonu değerlerine göre oluşturulan renk aralıkları baz alınarak yapılmıştır. Dijital olarak hazırlanan atlastan il ve ilçelere ait, ay içerisindeki ortalama günlük toplam güneş radyasyonu, ay içerisindeki günlük toplam güneşlenme süresi ve PV sistemi alan-enerji grafiği verileri elde edilebilmektedir. GEPA, EİE tarafından güneş enerjisi yatırımcılarına yol gösterici olması amacıyla hazırlanmış olup tasarımdan ziyade planlama için değerlendirilmesi uygun bulunmaktadır.

Şekil 3.57’deki GEPA haritası incelendiğinde, kuzey yarım kürede konumlanması nedeniyle Türkiye’nin güney bölgelerinin daha yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. GEPA’nın, N39 enleminin altında kalan bölgelerde 1.600 kWh/m².yıl ve üzeri toplam güneş radyasyonu işaret ettiği görülmektedir. Güneş enerjisi potansiyelinin en yüksek olduğu bölgeler, Orta ve Batı Akdeniz bölgesi, İç Anadolu’nun güneyi ve Güneydoğu

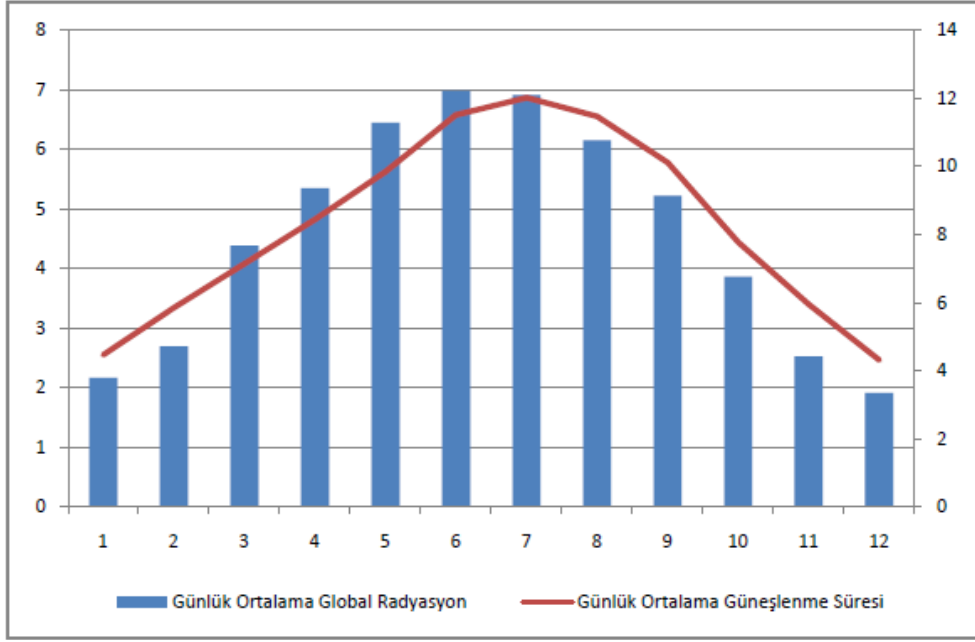
Anadolu'nun doğusu olarak haritadan görülebilmektedir. En yüksek güneş enerjisi potansiyeline işaret eden koyu kırmızı ile renklendirilmiş bölgelerin dağlık veya denizden yüksek platolar olduğu görülmektedir.

Batıda, İzmir'in kuzeyi ile başlayıp Ankara, Tokat, Gümüşhane'den geçerek Ardahan'a bağlanan hattın kuzeyinde kalan kısımların mavi renkli ve nispeten düşük güneş enerjisi potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. Yüksek potansiyel sunan bölgeler içerisinde; iklimsel özelliği, yeryüzü şekillerinin elverişliliği, güvenlik sorununun olmaması, tarım kapasitesi ve ulaşım kolaylığı avantajları ile İç Anadolu Bölgesi'nin güneyindeki Karaman ili, GES proje sahası olarak avantajlı bir bölge olarak öne çıkmaktadır. GEPA üzerinde de görüldüğü üzere Karaman ili yıllık toplam güneş radyasyon değeri 1.650–1.800 kWh/m² arasında değişkenlik göstermektedir. İlin detaylı güneş radyasyon haritası GEPA'da yayınlandığı şekliyle Şekil 4.13'de sunulmaktadır [142].



Şekil 4.13 : Karaman ışınlım haritası

Şekil 4.13'de gösterildiği üzere il genelinde oldukça yüksek güneş enerjisi potansiyel dikkat çekmektedir. Haritadan, özellikle Toroslar'ın yükseltilerine sahip güney kısımlarda 1.800 kWh/m²'ye ulaşan radyasyon değerleri okunabilmektedir. GEPA, haritanın yanısıra günlük güneşlenme süresi ve günlük global radyasyon değerlerini de ay bazında vermektedir. Bu bilgiler Şekil 4.14'de grafiksel olarak sunulmuştur [142].



Şekil 4.14 : Karaman ışınlm ve güneşlenme süreleri

Şekil 4.14’de görüleceği üzere, Mayıs ayında 10 saatin hemen altında olmakla birlikte, Mayıs-Eylül döneminde ortalama güneşlenme süresinin 11 saat olduğu görülmektedir. En düşük güneşlenme süreleri, Aralık ve Ocak ayların yaşanmakta olup bu aylarda günlük güneşlenme süresi 5 saatin altında kalmaktadır. Aylık değerler karşılaştırıldığında toplam güneş radyasyonunun da güneşlenme süresine paralel bir yol izlediği görülmektedir. Grafikte sunulan veriler Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5’de listelenmiştir [142].

Çizelge 4.4 : Karaman ili ışınlm değerleri (kWh/m²)

Ay	İl Geneli	Merkez İlçe
Ocak	2,16	2,15
Şubat	2,69	2,62
Mart	4,38	4,83
Nisan	5,35	5,33
Mayıs	6,45	6,4
Haziran	6,98	6,95
Temmuz	6,91	6,85
Ağustos	6,15	6,13
Eylül	5,22	5,22
Ekim	3,86	3,86
Kasım	2,52	2,51
Aralık	1,91	1,89

Çizelge 4.5 : Karaman ili güneşlilik süreleri (Saat)

Ay	İl geneli	Merkez İlçe
Ocak	4,46	4,36
Şubat	5,85	5,79
Mart	7,14	7,12
Nisan	8,44	8,5
Mayıs	9,84	9,88
Haziran	11,51	11,57
Temmuz	12,02	12,17
Ağustos	11,47	11,57
Eylül	10,11	10,16
Ekim	7,77	7,76
Kasım	5,95	5,92
Aralık	4,31	4,32

Karaman ve merkez ilçesi, GEPA güneşlenme ve radyasyon verilerine oldukça yakın değerlerde seyretmektedir. Proje sahasının konumu nedeniyle, güneş enerjisi potansiyeli incelemesinde merkez ilçe verileri baz alınmış ve bu veriler diğer veri tabanlarıyla karşılaştırmak amaçlı aylık toplam global radyasyon olarak veri setine dönüştürülerek kullanılmıştır. Bu dönüştürme işlemi, günlük olarak elde edilen ışıınım değerleri ayların gün sayıları ile çarpılarak gerçekleştirilmiştir. Aylık global radyasyon değerleri Çizelge 4.6'da verilmektedir [142].

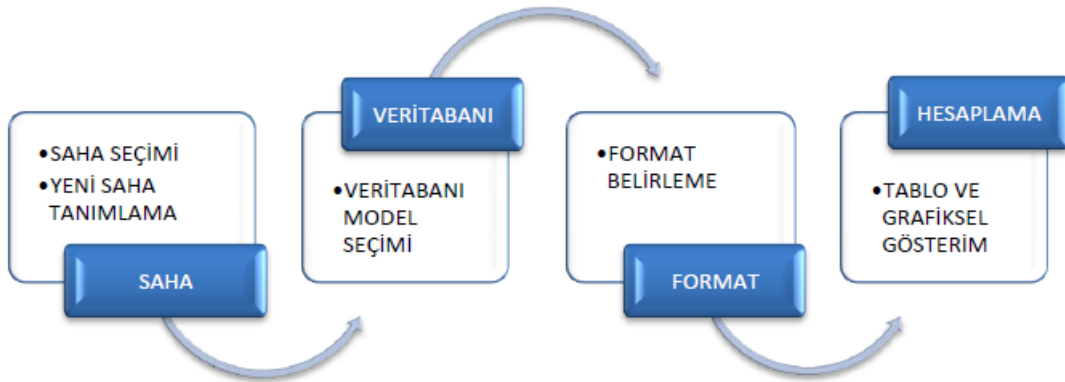
Çizelge 4.6 : Karaman ili merkez ilçesi aylık toplam global ışıınım miktarları (kWh/m².ay)

Ay	Global Radyasyon
Ocak	65
Şubat	79
Mart	145
Nisan	160
Mayıs	192
Haziran	209
Temmuz	206
Ağustos	184
Eylül	157
Ekim	116
Kasım	75
Aralık	57
TOPLAM YILLIK	1,645

Çizelge 4.6’da görüldüğü gibi proje sahasını temsil eden merkez ilçe için GEPA yıllık toplam 1.645 kWh/m² global radyasyon öngörmektedir.

Meteonorm, toplam 8.000’in üzerinde ölçüm istasyonundan topladığı meteorolojik veriler ile istenilen herhangi bir koordinattaki güneş radyasyonu, güneşlenme süresi, yağış miktarı ve sıcaklık vb. tasarım parametrelerini hesaplayan bir meteorolojik referans yazılımıdır [143].

Meteonorm yazılımı, güneş enerjisi projelerinin planlanmasında yaygın olarak kullanılmakta olup ve güvenilir bir referans veri tabanı olarak kabul görmüştür. Yazılım, ölçüm istasyonu bulunmayan sahalar için, en yakın konumdaki istasyon ölçümlerini kullanarak interpolasyon modelleriyle hesaplama yapmaktadır. İnterpolasyonla elde edilen aylık radyasyon verilerinde % 9 ve sıcaklık için 1,5° C hassasiyet oranı olduğu belirtilmektedir. [144] Meteonorm radyasyon veritabanı 1981-2000 yılları arasındaki ölçüm değerlerine dayanarak oluşturulmuştur. Sıcaklık ve diğer meteorolojik veriler için 1961-1990 ve 1996-2005 yılları arasındaki ölçümleri kapsayan uzun ve kısa vadeli veritabanı seçenekleri sunulmaktadır. Meteonorm verileri PVSOL ve PVsyst gibi tasarım/performans simülasyonu programlarına girdi oluşturmak üzere farklı formatlarda kaydedilme özelliğine sahiptir [145]. Meteonorm yazılımı ile bir proje sahası için meteorolojik/solar verilerin hesaplanması Şekil 4.15’deki basamaklarda gerçekleşmektedir [146].



Şekil 4.15 : Meteonorm işlem basamakları

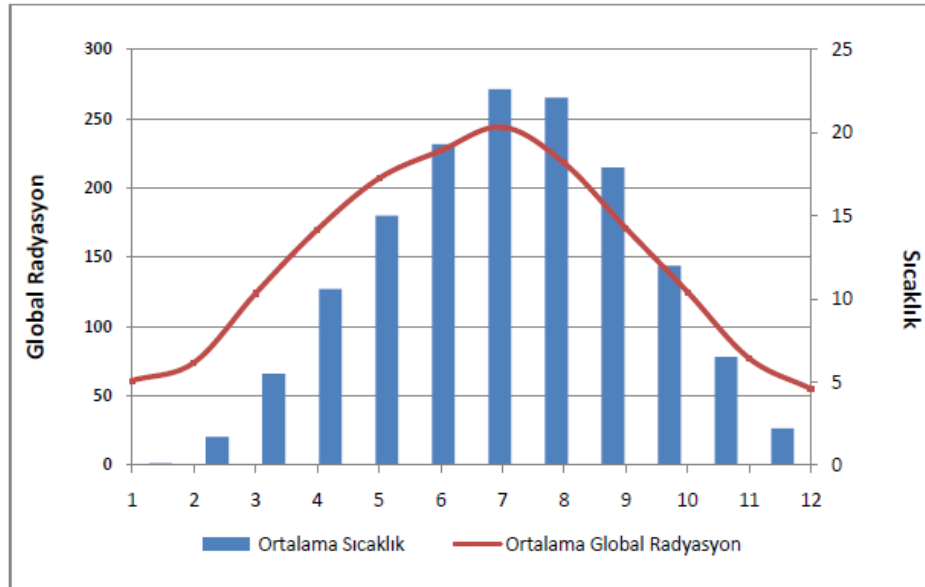
Karaman, Meteonorm veri tabanında önceden tanımlanmış sahalar arasında yer almamaktadır. Bu nedenle, temsil edici koordinat ve saha bilgileri ile proje sahası ‘yeni saha’ olarak tanımlanmıştır. Radyasyon verileri için 1981-2000 yıl aralığı ve sıcaklık verileri için 1961-1990 ölçüm periyotları baz alınarak, saatlik ölçüm modeli baz alınmıştır. Bu seçimler sonucunda gerçekleşen hesaplamalarda yazılım, sıcaklık veri setini Konya ve Isparta’daki

meteorolojik santral verileri interpolasyonu, radyasyon veri setini ise uydu verileriyle hazırlanmış radyasyon haritası baz alınarak oluşturmaktadır. Standart meteonorm formatında gerçekleşen hesaplama sonucunda GES sahası aylık radyasyon ve sıcaklık verileri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.7 : Karaman GES sahası Meteonorm verileri

Ay	Sıcaklık (°C)	Global Radyasyon (kWh/m ²)
Ocak	0,1	61
Şubat	1,7	74
Mart	5,5	124
Nisan	10,6	170
Mayıs	15,0	207
Haziran	19,3	227
Temmuz	22,6	244
Ağustos	22,1	218
Eylül	17,9	171
Ekim	12,0	125
Kasım	6,5	77
Aralık	2,2	55
YILLIK	11,3	1,753

Sıcaklık ve global radyasyondaki aylara bağlı değişim ise Şekil 4.16'da belirtilmektedir.



Şekil 4.16 : GES sahası Meteonorm verileri grafiksel gösterimi

Şekil 4.16 ve Çizelge 4.7’den görüleceği üzere, uzun yıllar ölçüm sonuçlarını hesaplamalara dahil eden Meteonorm yazılımı, proje sahası için yıllık 1.753 kWh/m² global radyasyon hesaplamaktadır.

Yukarıda, GES sahası için ulusal ve uluslararası kurum/kuruluşların oluşturduğu farklı veritabanları incelenerek aylık ve yıllık global radyasyon değerleri incelenmiştir. Ulusal veritabanı olarak GEPA, uluslararası veritabanı olarak ise Meteonorm ve PVGIS sonuçları tablo ve grafiklerde sunulmuştur. Sonuçların karşılaştırmasının yapıldığı bu kısımda, sözkonusu veri setlerine NASA verileri de eklenmiştir.

NASA’nın Atmosfer Bilimleri Veri Tabanı’nda, Yeryüzü Meteorolojisi ve Güneş Enerjisi başlığı altında global radyasyon verileri sunulmaktadır. NASA solar potansiyel verileri, uydu ölçümleri baz alınarak oluşturulmaktadır [147].

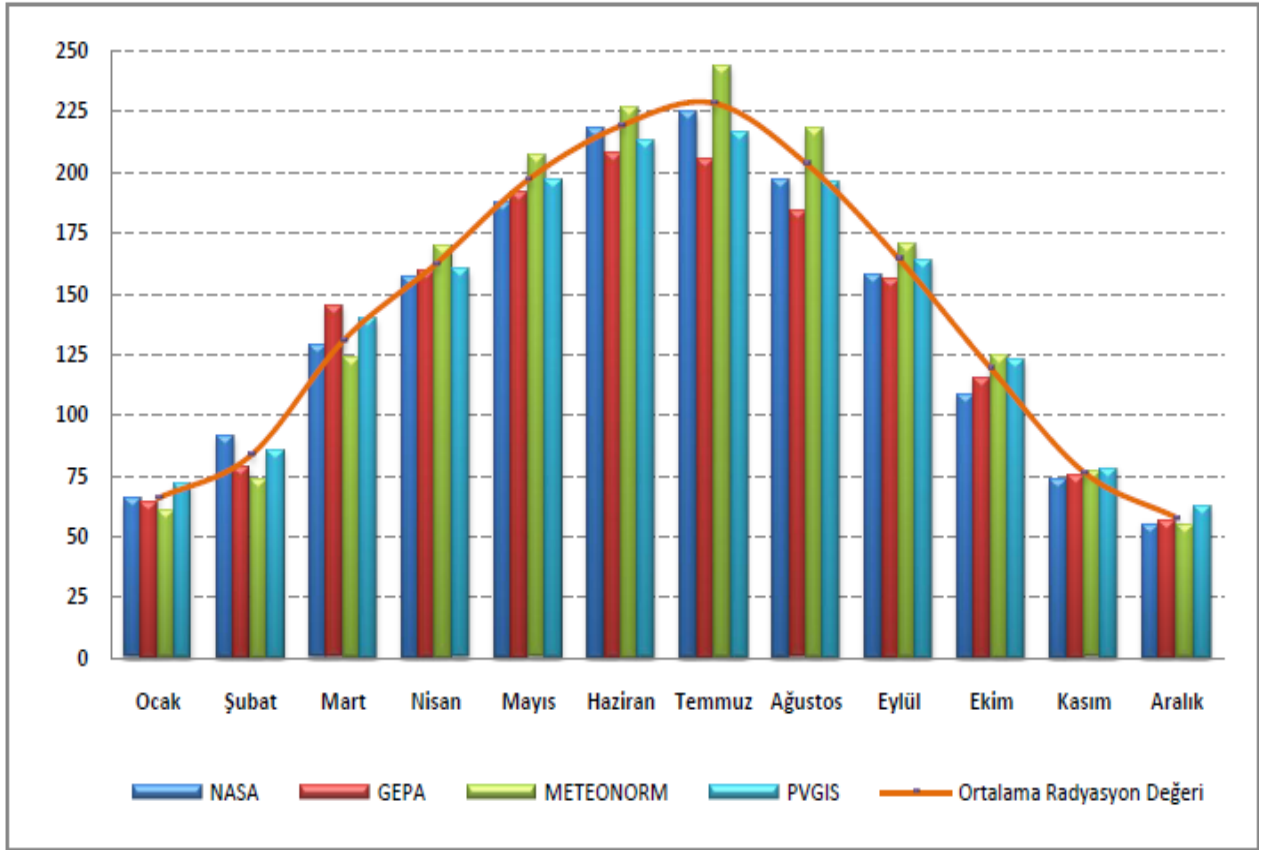
Çizelge 4.8’de dört farklı kaynaktan toplanan aylık ve yıllık global radyasyon değerleri tabloda sunulmaktadır.

Çizelge 4.8 : Karaman ili için 4 farklı veri tabanının ışıınım değerleri karşılaştırması

AY	NASA	PVGIS	GEPA	METEONORM
Ocak	65	66	65	61
Şubat	91	84	79	74
Mart	129	131	145	124
Nisan	158	163	160	170
Mayıs	188	197	192	207
Haziran	218	219	209	227
Temmuz	225	229	206	244
Ağustos	197	204	184	218
Eylül	158	164	157	171
Ekim	109	119	116	125
Kasım	74	77	75	77
Aralık	56	58	57	55
YILLIK	1,667	1,709	1,642	1,753

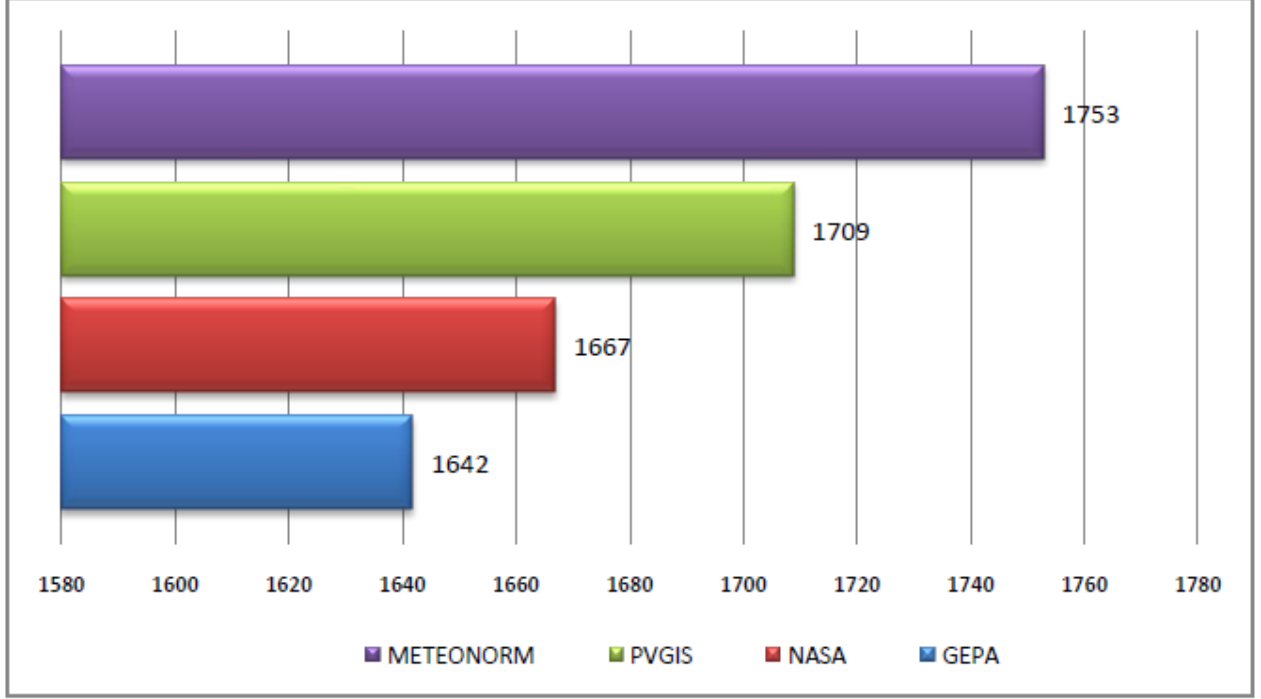
Tablodaki veriler incelendiğinde tüm kaynaklarda benzer değerlere ulaşıldığı görülmektedir. Yıllık global radyasyon değerlerinde en düşük şiddeti GEPA 1.642 kWh/m² ile verirken, en yüksek şiddet 1.753 kWh/m² ile Meteororm hesaplamalarından elde edilmiştir. Bu durumda en yüksek ve en düşük şiddeti veren veri tabanları arasında % 6,7 oranında bir fark olduğu görülmektedir.

Veriler arasındaki farkın özellikle güneşlenmenin yoğun olduğu yaz ayları için verilen değerlerden kaynaklandığı görülmektedir. Farklı veri tabanlarından alınan global radyasyon değerlerinin grafiksel karşılaştırılması Şekil 4.17’de yer verilmektedir.



Şekil 4.17 : Karaman aylık global ışınım verilerinin karşılaştırılması

Şekil 4.17’de, farklı veri tabanlarından alınan veri setlerinin yıl boyunca, doğal olarak, aynı seyri izlediği görülmektedir. Yıllık global radyasyon verilerinin veri tabanlarına göre düşük şiddetten yüksek şiddete sırasıyla, GEPA, NASA, PVGIS ve Meteororm sıralamasıyla sıralandıkları görülmektedir. Yıllık global radyasyon verilerinin veri tabanlarına göre grafiksel gösterimi Şekil 4.18’de sunulmaktadır.



Şekil 4.18 : Karaman yıllık global radyasyon verilerinin karşılaştırılması

Karaman’da gerçekleştirilecek olan güneş enerjisi santrali için santral bölgesinde bir de gerçek ölçüm istasyonu kurulmuştur. Ölçüm istasyonunun verileri kurulumu gerçekleştiren şirket tarafından gizlilik ilkesi kapsamında paylaşılamadığı için şirket tarafından ölçüm istasyonuna en yakın sonuçların alındığı bildirilen METEONORM verileri bu çalışma kapsamında kullanılacaktır. Bununla birlikte Meteonorm’un santral fizibilite çalışmaları kapsamında finans kuruluşlarının mühendislik birimleri tarafından da onaylanmış veritabanı olduğu belirtilmektedir.

4.5 Tesisin Kurulacağı Yer Hakkında Bilgiler

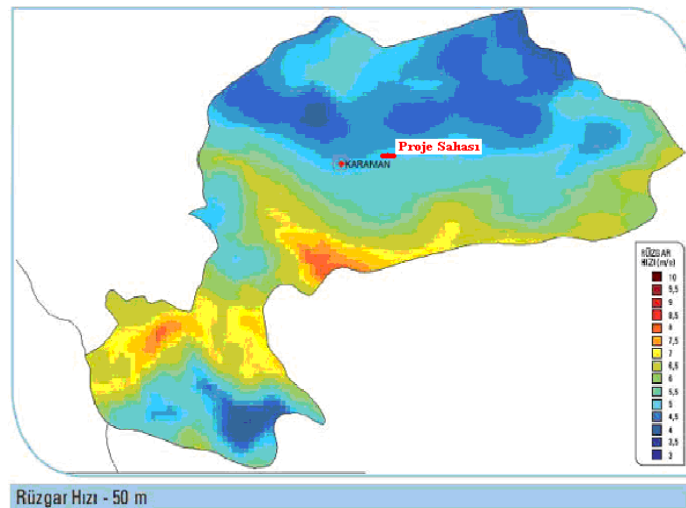
4.5.1 Meteorolojik özellikler

Karaman, bulunduğu bölge itibari ile karasal iklim özelliklerine yakın meteorolojik özellikler göstermektedir. Bununla birlikte karasal iklimin özelliklerinden biri olan kışın soğuk olma özelliğinin özellikle proje sahasında çok fazla görünmediği gözlemlenmektedir. Çizelge 4.9’da Karaman iline ait 1975-2008 yılları arasında gözlemlenen meteorolojik veriler gösterilmektedir [148].

Çizelge 4.9 : Karaman 1975-2008 yılları arası meteorolojik verileri

KARAMAN	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975 - 2008)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	0.3	1.4	5.7	11.4	16.1	20.3	23.5	22.8	18.6	12.7	6.4	2.2
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	5.2	6.7	12.0	18.0	23.0	27.6	31.1	30.9	27.2	20.6	13.0	7.0
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-3.9	-3.3	-0.2	4.9	8.5	12.3	15.1	14.5	10.1	5.5	0.7	-2.1
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.6	4.5	6.5	7.9	9.9	12.0	12.8	12.2	10.6	7.7	5.4	3.4
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	9.9	10.0	9.5	8.5	8.6	5.1	2.1	1.9	2.1	5.7	7.0	10.0
Ortalama Yağış Miktarı (kg/m ²)	41.2	33.9	35.1	38.2	37.5	22.3	5.5	5.4	5.7	28.3	34.2	43.2
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1975 - 2008)*												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	18.6	20.5	28.7	31.4	34.4	36.9	40.4	38.4	36.4	33.2	25.7	20.7
En Düşük Sıcaklık (°C)	-25.8	-28.0	-20.2	-8.3	-2.2	3.4	6.4	5.6	-1.0	-5.4	-21.2	-26.1
En Çok Yağış	23.04.1977	60.7 kg/m ²	En Hızlı Rüzgar	13.12.1976	121.0 km/sa	En Yüksek Kar	26.03.2003	44.0 cm				

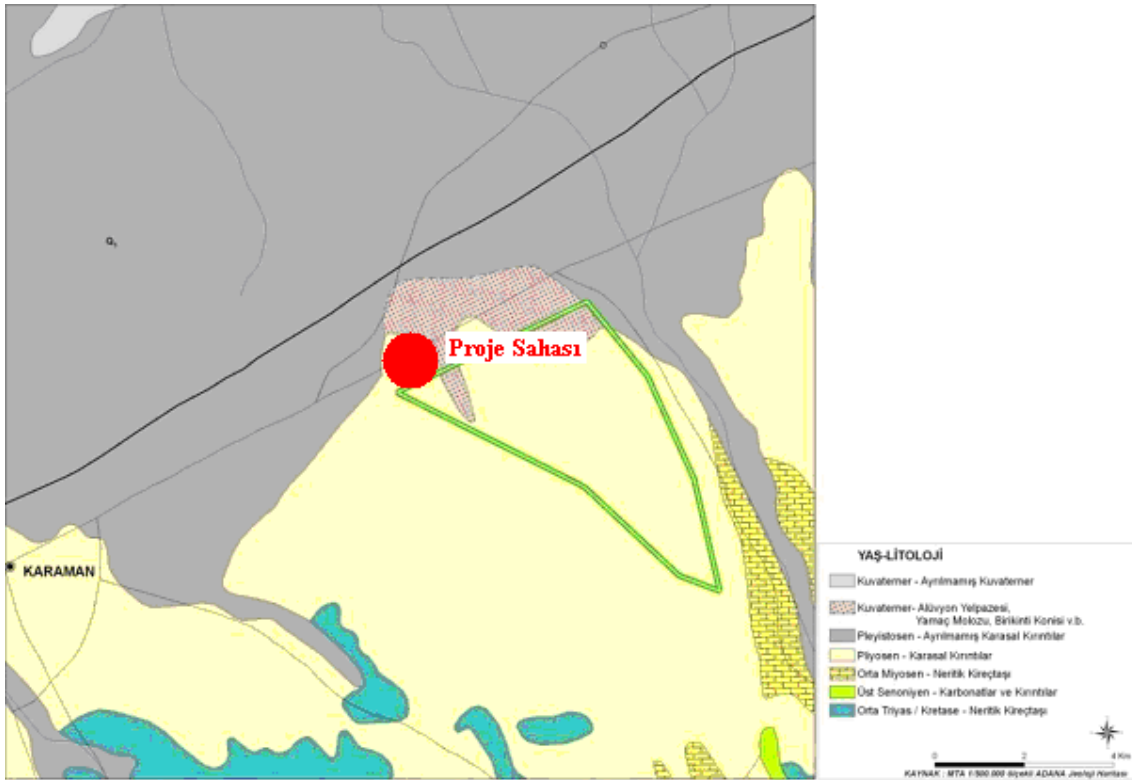
Güneş enerjisi santralleri, meteorolojik verilere bağlı olarak çalıştıkları için güneş ışınım değerleri dışında sıcaklık, rüzgar ve nem gibi değerler de büyük önem taşımaktadır. Fotovoltaik güneş panelleri sıcaklıkla birlikte verim değişikliğine uğradığı için proje sahasındaki sıcaklık değerlerinin sistem verimliliğini etkileyeceği belirtilmektedir. Proje sahasındaki rüzgar hızı ise sistemin soğuması ile doğrudan alakalı olduğu ve verimini belirlediği için önemli bir parametre olarak ele alınmaktadır. Proje sahası rüzgâr hızı ortalamaları açısından güneş enerjisi santralleri için verimli sayılmaktadır. Ortalama hız 10 m yükseklikte 4,1 m/s olarak belirlenmiştir [149]. 50 m yükseklikteki rüzgar ortalamaları ise Karaman ili için Şekil 4.19’da gösterilmiştir [150].



Şekil 4.19 : Karaman 50 m rüzgar hızı ortalaması

4.5.2 Jeolojik yapı

Proje sahasının genel jeolojik yapısı neojen yaşlı karasal sedimanterlerden oluşmaktadır. Alanda göl ortamı çökelleri olan kireçtaşı, kıltaşı, çamurtaşı ardalanmasından oluşan flišik seriler hâkim katmanlardır. Bu katmanın altında Jura-Kretase yaşlı kireçtaşları yer almakta olup, mostralarına alnın güneyine doğru yer alan yüksek kotlarda rastlanabilmektedir. Mevsimsel akış gösteren dere yataklarında ise en genç jeolojik birimler olan Kuvaterner yaşlı alüvyal birikimler yer almaktadır. Şekil 4.20’de proje sahasının jeolojik yapısı gösterilmektedir [151].



Şekil 4.20 : Proje sahası jeolojik haritası

4.5.3 Temel etütleri ve maden yapıları (Zemin mekaniği)

Alandaki sırt konumundaki topografyalarda, üst toprak örtüsü kalınlığı 0-0,4 metreler arasında, kuru dere yataklarının oluşturduğu düşük topografik yapılarda ise alüvyal örtü malzemesi kalınlığı 1-3 m'ler arasındadır. Üst toprak kolaylıkla elle kazı yapılabilir özelliktedir. Üst toprağın altında yer alan ve genellikle tabakalı kireçtaşlarından oluşan seviyeler ise çatlak ve kırık yapıları içermekte olup, makinalı kazı yapılacak özelliktedirler.

Neojen yaşı bu zeminler taşıma gücü bakımından sağlam zeminler sınıfında yer almaktadırlar.

Santral alanındaki gerek Kuvaterner yaşı birimler ve gerekse Neojen yaşı birimler gerek konumları, gerek fiziksel özellikleri ve gerekse beslenme koşullarının elverişliliği nedeniyle yeraltı suyu taşıma özelliğine sahiptirler.

Gerek inşaat ve gerekse işletme döneminde ihtiyaç duyulabilecek su; gerekli görülmesi durumunda sondaj kuyuları açmak suretiyle yeraltı suyundan karşılanabilecektir. Bölgede yeraltı suyu temin edilmek üzere açılan ve halen işletilen birçok sondaj kuyusu bulunmaktadır. Proje alanının genelinin 2. derece (orta) erozyon kabiliyetinde olduğu görülmektedir [152].

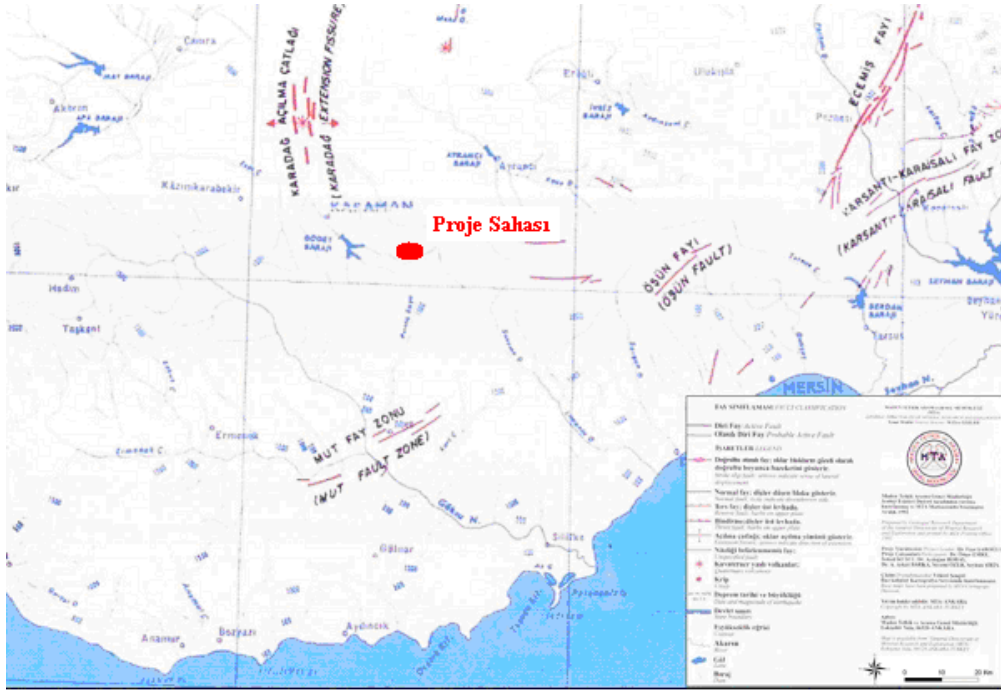
Sahanın genelinde ve santral kurulumu için değerlendirilen bölümünde geçerli olan ikinci derece erozyon kabiliyeti, orta şiddette erozyon demek olup, bu bölgede üst toprağın % 25-75 oranında gittiğini, 30 metreden fazla mesafelerle seyrek oyuntular bulunduğunu ve rüzgar erozyonunda 60 cm yüksekliğinde tümsekler ve az miktarda rüzgarla savrulmuş alanlar bulunduğunu göstermektedir.

Proje sahasında 2. ve 4. derecede maden grupları için ruhsat alanları bulunmaktadır. Ancak bu alanlar, sahanın güney bölgesinde yer almakta olup, proje sahasında herhangi bir maden ruhsatı bulunmadığı görülmektedir.

Sahanın güneyinde yer alan ikinci grup maden sahası, Mermer, dekoratif taşlar, Traverten, Kalker, Dolomit, Kalsit, Granit, Siyenit, Andezit, Bazalt ve benzeri taşları içermektedir [153].

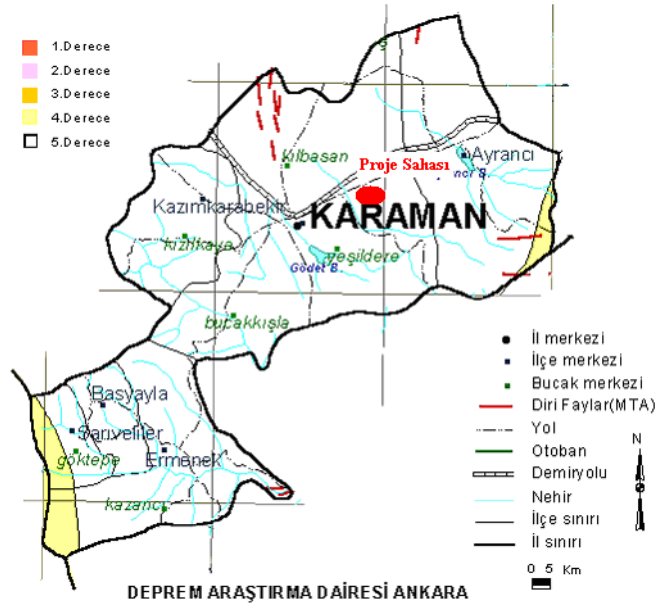
4.5.4 Deprem durumu

Şekil 4.21’de gösterilen Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından yapılan Türkiye Diri Fay Haritasına [154] göre bu fay zonunun oluşturabileceği depremlerin büyüklüğünün maksimum 6 civarında olabileceği düşünülmektedir. Sistemin üretebileceği bu şiddetteki bir depremin, gerek fayın alana uzaklığı gerekse de proje alanının zemin özellikleri göz önünde bulundurulduğunda, yıkıcı etkiler yaratması beklenmemektedir. Yinede bu bölgede yapılacak binalar için “ A_0 = Etkin Yer İvmesi Katsayısı”nın 0,10 olarak alınması önerilmektedir [155].



Şekil 4.21 : Türkiye diri fay haritası

Şekil 4.22’de gösterilen ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü’nün hazırlamış olduğu Türkiye Depremsellik Haritası’na göre, proje sahası beşinci derece deprem bölgesinde yer almaktadır [156]. Bir başka deyişle, proje sahasının bulunduğu bölge depremsellik açısından Türkiye’nin en emniyetli bölgeleri arasında yer almaktadır.



Şekil 4.22 : Proje sahası depremsellik haritası

Karaman ilinde tarihsel dönemde oluşmuş ve kayıt altına alınmış depremler aşağıdaki tablolarda verilmektedir. Çizelge 4.10 incelendiğinde de görülmektedir ki, bu güne kadar oluşmuş en büyük deprem 4,9 olup 29.08.1922 tarihinde meydana gelmiştir [157].

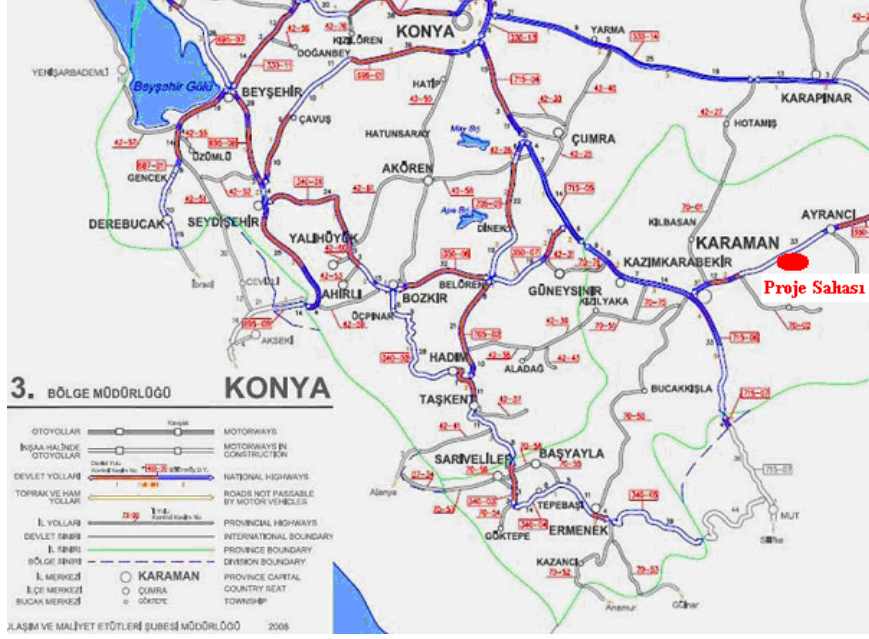
Çizelge 4.10 : Proje sahasında gerçekleşen depremler

Tarih	Saat(GMT)	Enlem	Boylam	Derinlik(km)	Büyükük
18.12.2008	01:58	36.93	32.76	13	2.9
05.12.2008	13:04	37.17	32.56	7	2.9
02.12.2008	23:14	37.09	32.72	5	3.7
12.09.2008	15:20	37.08	33.33	5	3.0
30.08.2007	07:06	37.19	33.01	10	2.9
06.06.2007	15:41	37.29	33.27	6	3.2
18.05.2007	23:27	37.31	33.28	5	4.5
05.05.2007	03:25	36.93	33.28	8	3.3
31.01.2007	06:28	37.14	33.42	8	3.3
30.05.2006	03:21	37.68	33.36	29	3.1
08.11.2004	08:51	37.68	33.42	12	3.2
25.07.2004	03:15	37.56	32.89	5	3.7
07.02.2004	23:44	37.51	32.72	8	2.8
07.02.2004	23:43	37.51	32.79	5	2.6
07.02.2004	07:46	37.52	32.74	10	3.6
08.05.2003	14:22	37.35	32.96	5	3.3
23.12.2002	21:25	37.06	33.13	10	3.6
22.09.2000	15:22	36.91	33.09	24	3.3
22.09.2000	10:41	37.11	33.09	8	3.9
21.09.2000	03:26	36.96	32.94	5	3.6
17.11.1985	00:16	37.60	33.30	10	4.2
29.08.1973	10:00	37.30	33.10	0	3.5
18.08.1962	04:29	36.97	32.52	40	4.7
29.08.1922	03:36	37.37	32.73	30	4.9

4.5.5 Ulaşım yolu

Proje sahasının konumu, ulaşım imkânları ve ulaşım koşullarının elverişliliği açısından da incelenmiştir. Bu husus, özellikle inşaat döneminde oluşacak maliyetler ve inşaatın kesintisiz ilerleyebilmesi için önem taşımaktadır. Proje sahası ulaşım açısından elverişli bir noktada yer almaktadır. Sahaya malzemelerin farklı yollardan nakliyesi mümkün olabilecektir.

Öncelikli olarak karayolu taşımacılık opsiyonu açısından değerlendirildiğinde, proje sahasının Karayolları Genel Müdürlüğü'nün 3. Bölge Müdürlüğü (Konya) sınırları dahilinde kaldığı görülmektedir. Bölgede mevcut karayolları ağı Şekil 4.23'de gösterilmektedir [158]. Proje sahasının yaklaşık konumu kırmızı dikdörtgen ile işaretlenmiştir.



Şekil 4.23 : Proje sahasının bulunduğu bölgedeki karayolu şebekesi

Sahanın hemen Kuzey sınırından Karaman-Adana Devlet Karayolu'nun geçmekte olduğu görülmektedir. D-350 kodlu bu yol tek şerit olup asfalt kaplıdır. Sahanın batısından ise Karaman'ı Konya'ya bağlayan 715 kodlu karayolu geçmektedir. 715 kodlu karayolu bölünmüş yol olup asfalt kaplıdır. Karayolları ve sahanın konumları Şekil 4.24'de uydu görüntüsü üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 4.24 : Proje sahasının karayolu uydu görüntüsü

Her iki karayolu da ağır taşıt trafiğine müsait durumda bulunmaktadır. 2008 yılı Karayolları Genel Müdürlüğü istatistiklerine göre toplam trafik hacmi D-350 kodlu karayolunda günde ortalama 2.000 taşıt ve altında, D-715 kodlu karayolunda ise günde ortalama 200 ile 4.000 taşıt arasında belirlenmektedir. Yine KGM istatistiklerine göre bu trafiğin D-350 karayolunda % 40-50 arası, D-715 karayolunda ise % 20-30 arası ağır taşıtlardan oluşmaktadır [159]. Sahanın karayolundan İstanbul ulaşımı ise, aşağıdaki güzergah üzerinden yapılabilecektir;

- İstanbul - Ankara otoyolu ile Ankara,
- D-750 ile Kulu ilçesine ve D-715 yoluna bağlantı,
- D-715 karayolu ile Karaman.

D-150 karayolu bölünmüş yol olup tamamı çift şeritli ve ağır taşıt trafiğine açıktır. Güneş enerjisi santrali parçalarının karayolu ile nakliyesinde güzergâh üzerinde herhangi bir engel bulunmamaktadır. İstanbul-Karaman arası hizmet veren birçok lojistik şirketinden hizmet alınabilecektir.

Proje sahasının bulunduğu bölgeye demir yolu ile ulaşmak ve proje kapsamındaki nakliye işlerini demiryolu taşımacılığı ile gerçekleştirmek de mümkün görülmektedir. Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demir Yolları (TCDD) yük taşımacılığı hizmeti sunmaktadır. Bu alanda çalışan özel şirketlerden de hizmet almak mümkün olabilecektir. Konya-Karaman-Adana demir yolu bölgeden geçmektedir. TCDD şebekesinde Karaman'ın yeri Şekil 4.25'de gösterilmektedir [160].



Şekil 4.25 : TCDD şebekesinde Karaman'ın yeri

İstanbul Haydarpaşa istasyonundan Karaman istasyonu arası mesafe TCDD verilerine göre toplam 849 km uzunluğundadır. Bu mesafe ve TCDD fiyat tarifesine göre, taşınacak yükün tonu başına KDV dâhil fiyat 42,12 TL olmaktadır. Bu fiyata ek olarak, taşınacak yükün değerini binde biri oranında kıymet primi de ödenecektir [161].

Karaman'a demir yolu taşımacılığı ile nakliye durumunda, gelen parça ve donanımları tren istasyonundan proje sahasına nakletmek gerekecektir. Karaman tren istasyonu, proje sahasına yaklaşık 12 km mesafede bulunmaktadır. Karaman İstasyonu'ndan proje sahasına ulaşım için D-350 karayolunun kullanılması gerekecektir. İstasyonun konumu nedeniyle bu karayoluna bağlantı için şehir içine girmek gerekmemektedir. D-350 karayoluna bağlantı Karaman-Adana çevreyolu kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir.

Gerekli sistem, araç, donanım ve parçaların demiryolu ile nakliyesi düşünülürse, öncelikle İstanbul'da parçaların karayolu taşınması ile tren istasyonuna, oradan Karaman tren istasyonuna, oradan ise tekrar karayolu taşınması ile proje sahasına nakli gerekmektedir. Bu durumda, toplam üç kez yükleme indirme yapılması gerekmektedir. Sahaya taşınacak malzemeler arasında en yüksek payı panellerin oluşturduğu ve panellerin kırılabilir yapısı göz önüne alındığında, üç aşamalı indirme bindirme ile taşıma riskli bulunmaktadır.

Yurt dışından gemi ile çok sayıda parça ithal edilmesi durumunda proje alanına en yakın deniz ulaşımının sağlanacağı liman olan Mersin-Taşucu Limanı kullanılabilir. Bu durumdan limandan sahaya ulaşım için D-715 kodlu devlet karayolu kullanılabilir. D-715 karayolu tamamı asfalt kaplı ve ağır taşıt trafiğine açık bir karayoludur [162].

İnşaat işleri ile birlikte sahada şantiyenin kurulması ve ulaşım yollarının açılması gerekmektedir. Belirlenecek şantiye alanının, Organize sanayi bölgesi sınırı ve D 350 karayoluna en yakın noktada olması, gerek güvenlik gerekse ulaşım kolaylığı için faydalı bulunmaktadır. Şantiye bölgesinin ilk malzeme nakliyatından önce güvenliğinin sağlanması gerekecektir.

Şantiyede, ofis binasının yanısıra açık ve kapalı ambar ile atölye gerekli görülmektedir. Gelecek malzeme sayısının çokluğu ve malzemenin kırılabilir özelliği nedeni ile indirme/yükleme ve ambar yönetimi dikkatle takip edilmelidir. Panel ve eviricilerin, imalatı aksatmayacak bir planla parça parça sahaya nakledilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

4.6 Kurulacak Tesis

4.6.1 Kapasite seçimi

Kurulacak olan güneş enerjisi santrali için 5 MW'lık kurulu güç tercih edilmiştir. Bu tercihin yapılmasında gerek ekonomik ve teknik nedenler belirleyici olmuştur. Güneş enerjisi santralleri, dünya üzerindeki uygulamalarında da görüldüğü üzere genel olarak 3 ile 10 MW arasında kurulmaktadır. Bu tezin konusu olan güneş enerjisi santralinde ise hem bu kriter göz önüne alınmış olup bununla birlikte santralin sisteme bağlantısının yapılacağı bağlantı noktasının değerleri de göz önüne alınmıştır. Bu bağlamda, bu çalışma kapsamında 5 MW kurulu güce sahip bir güneş enerjisi santralinin analizi yapılacaktır.

4.6.2. Optimum kurulu güç, ünite sayısı ve kapasitesi

Güneş enerjisi santrali 4.6.1'de de belirtildiği üzere 5 MW'lık bir kurulu güce sahip olacak olup yapılacak çalışmalarda değişik güneş panelleri kullanılacağı ve buna göre karşılaştırmalar yapılacağı için değişik sayılarda güneş paneline sahip olacaktır. Bununla birlikte, ince film teknolojileri dışında kullanılacak olan kristal teknolojiye güneş panelleri genel olarak 200-230 Wp aralığında yer aldığı için santral içerisinde 21.000 ile 25.000 adet arasında güneş paneli kullanılması planlanmaktadır.

4.6.3 Transformator adedi ve tipi

Bu yüksek lisans tezi kapsamında incelenen güneş enerjisi santralinde kurulu güç 5 MW olduğu için sistemin çıkışında 2 adet 2500 kVA'lık kuru tip transformator kullanılması planlanmaktadır. Sistem içerisinde 2 adet transformator kullanılmasının sebebi, 1 ünite içinde oluşabilecek arıza durumunda tüm sistemin enerji üretimini kesmesini önlemektir. Bununla birlikte transformator tipi olarak bakımsız olarak adlandırılan kuru tip transformatorlerin kullanılması planlanmakta olup bu sayede bakım, onarım ve işletme maliyetlerinin de düşürülmesi düşünülmektedir.

4.6.4 Şalt sahası ve sisteme irtibat

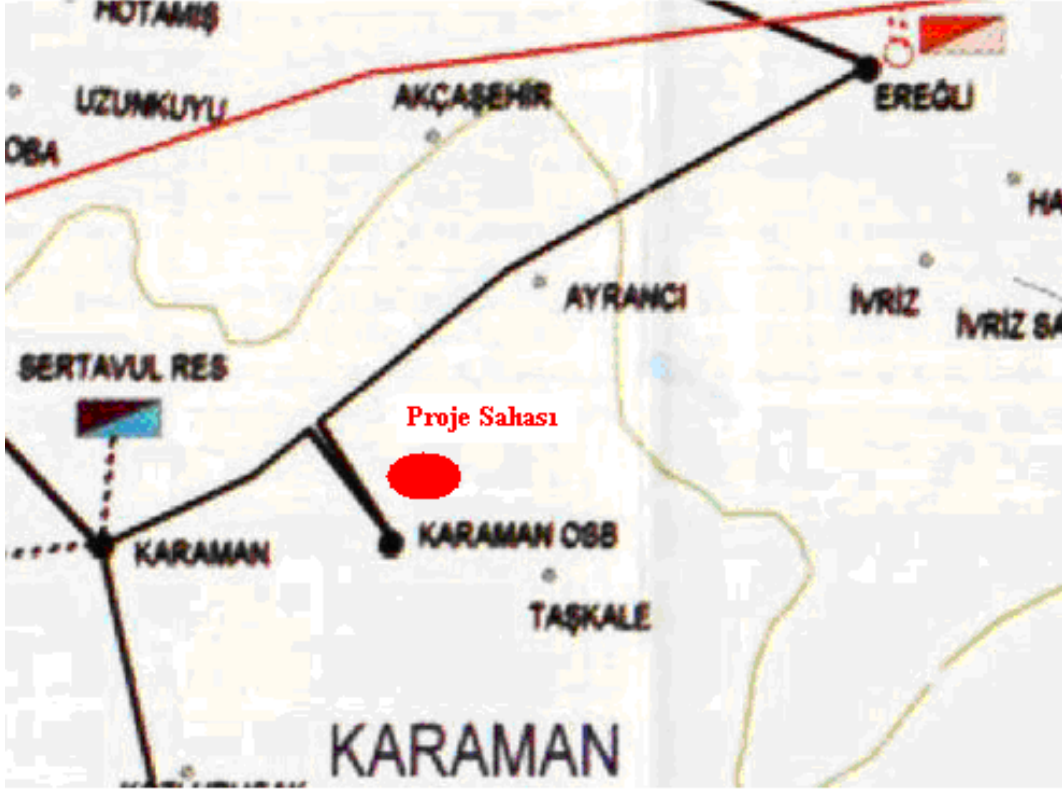
Kurulması planlanan güneş enerjisi santrali için belirlenen proje sahasına en yakın mesafede bulunan trafo merkezi, TEİAŞ Genel Müdürlüğü 9. İletim Tesis ve İşletme Grup Müdürlüğüne ait 154/33,6 kV, Karaman Organize Sanayi Bölgesi Trafo Merkezi'dir. Bu trafo

merkezi, Karaman-Adana Karayolu kenarında, Karaman OSB sınırında yer almaktadır ve Şekil 4.26'da gösterilmektedir [163].



Şekil 4.26 : Karaman OSB şalt sahası

Karaman OSB Trafo Merkezi, aynı grup müdürlüğüne bağlı 154 kV Ereğli Trafo Merkezi ile 154 kV Karaman Trafo Merkezi arasında yer almaktadır. Milli Yük Tevzii 154 kV enterkonnekte sistem ringinde yer alan trafo merkezi, 154 kV enterkonnekte sisteme 477 MCM havai hat iletkenleri ile irtibatlanmış bulunmaktadır. Normal çalışma rejiminde, trafo merkezinden çıkarak Ayrancı istikametine giden çift devre 477 MCM iletkenli Yeşildere 1.2 havai hattının 22 MW yükü olduğu, Zengen istikametine giden çift devre 477 MCM iletkenli Çevre Ringi 1.2 havai hattının boşta olduğu, kuzey istikametine şehir beslemesi için giden çift devre 477 MCM iletkenli Fider 9.10, Urgan 1.2 havai hattının ise 4 MW yükü olduğu görülmektedir. TEİAŞ iletim hatları ve OSB trafo merkezi ile çevre trafo merkezlerinin konumları, TEİAŞ ulusal elektrik sistemi haritası üzerinde Şekil 4.27'de gösterilmektedir [164].



Şekil 4.27 : Karaman OSB trafo merkezi ve bağlantı hatları

Proje sahası Karaman OSB ile Ayrancı ilçesi arasında yer almaktadır. Bu nedenle, OSB trafo merkezinden çıkarak TEDAŞ Ayrancı dağıtım merkezine giden enerji dağıtım hattı da incelenmiştir. Söz konusu dağıtım merkezinin, Karaman OSB trafo merkezinden, 31,5 kV çift devre 477 MCM iletkenli beton direkli havai hatlar vasıtasıyla beslendiği görülmektedir. Trafo merkezine alternatif olarak bu hatlara girdi-çıkı yapılmamasıyla santralin şebekeye bağlantısı durumunda hat kapasitesinin bugünkü seviyesi ile uygun olduğu görülmektedir. Ancak, böyle bir bağlantı için beslenme rejiminin düzenlenmesi ile gerekli teknik ve güvenlik kriterlerinin yerine getirilmesi gerekecektir. GES'te şebeke bağlantısının TEİAŞ trafo merkezi üzerinden yapılması, enerjinin sürekli şebekeye verilebilmesi için ve dağıtım hatları arızalarından etkilenilmemesi için gerekli görülmektedir.

Karaman OSB Trafo Merkezi'nde;

- Trafo A: 154/33,6 kV 50(62,5) MVA ve
- Trafo B: 154/31,5 kV 16 (20) MVA

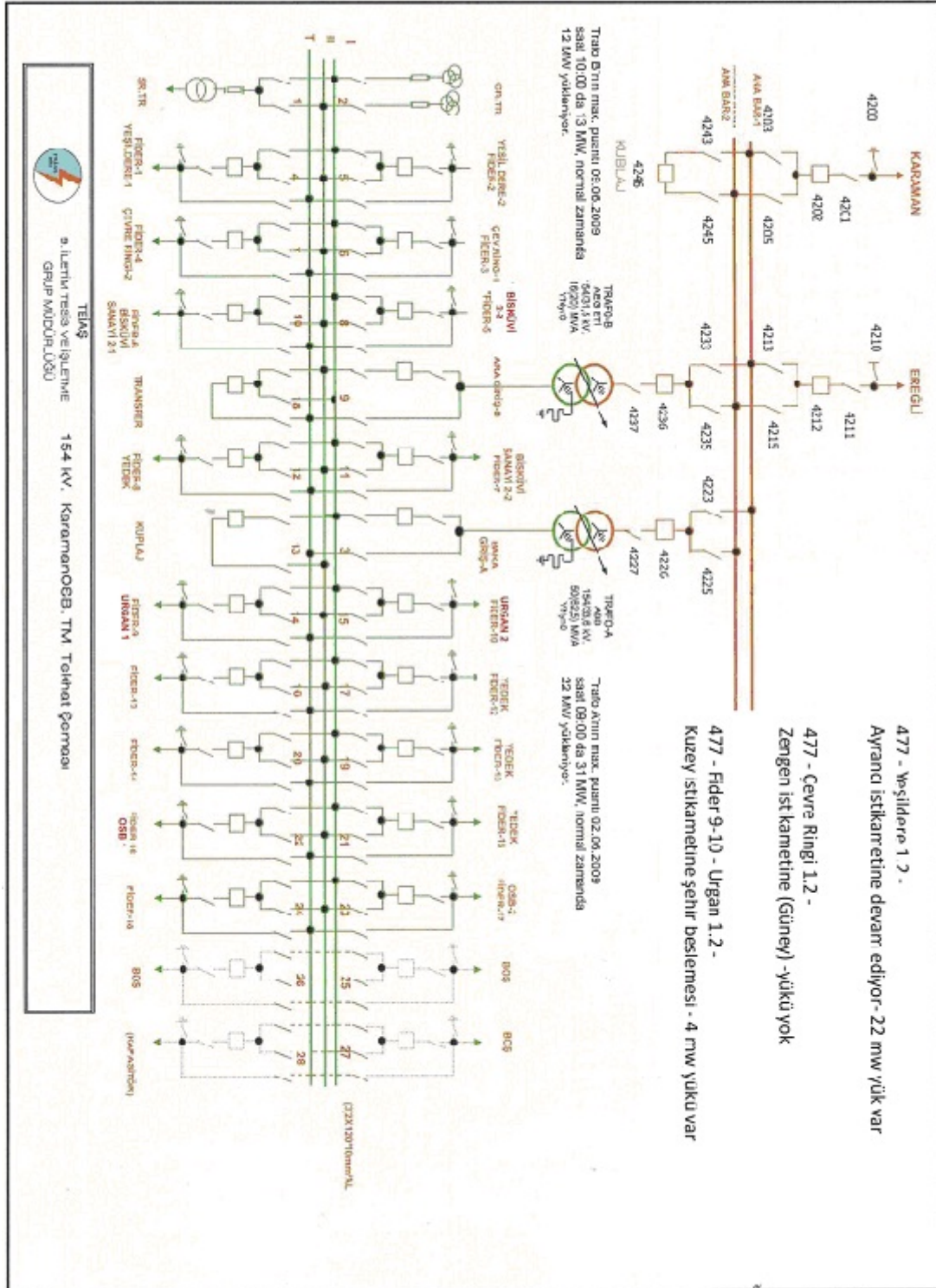
olmak üzere toplam 66 MVA gücünde iki adet güç trafosu bulunmaktadır. [165] Trafoların yüklenme seviyeleri incelenmiş ve normal yük rejimi ile puant anlarda yüklenme seviyeleri belirlenmiştir. Trafo A'nın, normal besleme rejiminde ortalama 22 MW yüklenmekte olduğu, puant yükünün ise 31 MW'a ulaştığı geçmiş verilerden görülmektedir. Bu trafo için 2009 yılı puant yükü 02.06.2009 tarihinde saat 09:00'da gerçekleşmiştir. Trafo B ise normal besleme rejiminde ortalama 12 MW yüklenmekte olup puantta 13 MW yüklendiği görülmektedir. Trafo B için puant yük tarihi 09.06.2009, saat 10:00 olarak kaydedilmiştir. Buradan da görüleceği gibi Karaman OSB trafo merkezindeki toplam trafo kapasitesi olan 66 MVA'nın, normal besleme rejiminde 34 MVA'sı kullanılmakta olup, bugünkü haliyle mevcut kapasite kurulması düşünülen GES'in üretimini karşılayacak durumdadır. Ayrıca trafo merkezinin yük durumuna göre kapasite artırılması imkanı bulunmaktadır.

Karaman OSB trafo merkezinde 28 adet hücre mevcut bulunmaktadır. Bu hücrelerden;

- 8 tanesi hat,
- 10 tanesi yedek,
- 2 tanesi trafo,
- 1 tanesi transfer,
- 1 tanesi kuplaj,
- 1 tanesi gerilim trafosu,
- 1 tanesi servis trafosu,
- 4 tanesi boş

olarak TEİAŞ tarafından düzenlenmiştir [163]. Ancak, yedek olduğu belirtilen hücrelerden iki tanesinin tahsisli olduğu, boş olduğu belirtilen 4 hücreden ise bir tanesinin kapasitör amaçlı kullanıldığı tespit edilmiştir. Tahsisi yapılmamış 8 yedek hücreden yedi tanesi donanımlı, bir tanesi ise boş durumdadır. Trafo merkezinde $2 \times 120 \times 10$ mm² alüminyum kesitli çift transfer barası bulunmaktadır. Baranın akım taşıma kapasitesi 2850 A'dir.

Karaman OSB trafo merkezi için TEİAŞ 9. İletim Tesis ve İşletme Müdürlüğü tarafından hazırlanan tek hat şeması, trafo özellikleri, yüklenme durumu ve puant yükleri Şekil 4.28'de sunulmaktadır [166].



Şekil 4.28 : Karaman OSB trafo tek hat şeması

Karaman OSB Trafo Merkezi ile bağlantılı TEDAŞ dağıtım hatları arıza istatistikleri incelendiğinde, genel olarak arızalar TEDAŞ işletmesi tarafından dağıtım seviyesinde

kaynaklanmakta olduğu gözlenmektedir [167]. Santralin, TEİAŞ trafo merkezine ve oradan 154 kV enterkonnekte hatta bağlanması durumunda enerji akışı bu arızalardan etkilenmeyecektir. Zira, bu durumda santralin enerji beslemesinin kesilmesi ancak TEİAŞ tarafında yani enterkonnekte sistemde arıza olması durumunda gerçekleşecek olup bu olasılığın ise oldukça zayıf olduğu belirtilmektedir.

Santral içerisinde ihtiyaç duyulabilecek aydınlatma, soğutma, gece eviricilerin iç tüketimi gibi iç tüketim ihtiyaçları için ise sisteme bir adet 50 kVA'lık yardımcı güç transformatörünün eklenmesi planlanmaktadır. Bu sayede hem santral içerisinde güneş enerjisinden elde edilen yüksek teşvikli elektrik kullanılmayacak olup hem de yükseltici trafo olarak planlanan 2 adet 2500 kVA'lık trafolar, küçük yükler ile yorulmayacaktır. Böylece sistemin hem ekonomik hem de teknik olarak daha verimli çalışması planlanmaktadır.

4.6.5 Yıllık enerji üretimi

Bu yüksek lisans tezi kapsamında ekonomik analizin temellerini oluşturan yıllık enerji üretimi ile ilgili çalışmalar 5. bölümde “Güneş Enerjisi Santrali Enerji Analizi” başlığı altında toplanmaktadır.

4.6.6 Birleşik ısı-elektrik santral alternatifi

Güneş enerjisinden doğrudan elektrik üretimi sağlayacak olan 5 MW'lık güç santrali fotovoltaik etki ile çalışacağı için doğrudan güneş ışığını elektrığe çevirecektir. Bu bağlamda santral içerisinde herhangi bir ısı enerjisi üretimi olmayacaktır.

4.6.7 İşletme politikaları

Güneş enerjisi santralleri genel olarak uzaktan kontrol yöntemiyle işletilmektedir. Santral bir otomasyon sistemine bağlı olup santralde oluşabilecek herhangi bir hata doğrudan servis ekibine ulaştırılmaktadır. Hata mesajı ulaşan servis ekibi bölgeye ulaşip hatanın düzeltilmesi ile sorumludur.

Santralin devreye alınması ile birlikte bakım ve işletme için bir anlaşma gerçekleştirilecek olup, santral içinde oluşabilecek tüm hatalara karşın servis şirketinin en geç “1” saat içinde hatanın düzeltilmesi ile ilgili olarak harekete geçtiği bilgisi talep edilecektir. En geç “12 saat” içerisinde hataya müdahale edilmiş olacak ve en geç “3 iş günü” içerisinde de hata

sonuçlandırılacaktır. “3 iş günü” içerisinde sonuçlandırılmayan hatalar için servis şirketinden hata ile ilgili ayrıntılı rapor istenecek ve hata servis şirketinde bulunur ise hata süresince üretilmeyen enerji bedeli servis şirketinden alınacaktır.

Güneş enerjisi santrali, hırsızlık, yangın ve doğal afetler gibi durumlara karşı sigortalı olacaktır. Bununla birlikte güneş enerjisi santralinin çevresi uygun tel çitler ile örtülecek ve toplam 8 adet 360° görüş açılı termal kamera ile 24 saat süresince izlenecektir. Ayrıca giriş-çıkış kapılarına sensörler yerleştirilecek olup kapılar açık kaldığı anda “kısa mesaj” yöntemiyle uyarı gerçekleştirilecektir. Panellerin temizliği için ise toplam “2” adet işçi görevlendirilecek olup bu 2 işçi her hafta gün batımı dolayısıyla santralin kapanması itibariyle sadece su ile güneş panelleri yıkayacak ve verim düşümünü engelleyeceklerdir.

Bunun haricinde aylık olarak servis şirketi santrale düzenli bakım gerçekleştirecektir. Bu bakım anlaşması içerisinde;

- Güneş panellerinin yüzeyleri kırık, çatlak vb. etkenlere karşı kontrol edilecek.
- Güneş panellerinin kablo bağlantıları gözden geçirilecek, gevşemiş bağlantılar düzeltililecek.
- Güneş paneli montaj yapıları incelenecek ve hem mekanik olarak dayanımları kontrol edilecek hem de elektrokimyasal olarak korozyon ve diğer etkiler gözden geçirilecek.
- Evirici giriş ve çıkışları kontrol edilecek.
- Güneş takip sistemi kullanılıyor ise gerekli bölgelere yağlamalar yapılacaktır.
- Topraklama direnci ölçülecek.
- Sensörlerin ölçümlenmeleri kontrol edilecek.
- Saha panoları teker teker kontrol edilecek.
- Trafo odasındaki kontrol panoları gözden geçirilecek.
- Trafolar kontrol edilecek ve eksiklik varsa giderilecek.
- OG hücreleri kontrol edilecek.
- OG kısmındaki kayıtlar kontrol edilecek.

olup, anlaşmada bunlara müteakip sahada gözüken diğer aksaklıkların da aylık düzenli bakım sırasında düzeltileceği belirtilmektedir [168].

4.6.8 İnşaat problemleri

Güneş enerjisi santrali inşaatı, diğer enerji santrallerinin inşaatlarına oranla daha kısa sürmektedir. Çalışma kapsamında incelenen 5 MW kapasitesindeki güneş enerjisi santrali 4.5.5’de de belirtildiği üzere bağlantı yollarına ve tali yollara yakın olduğu için lojistik olarak herhangi bir sıkıntı yaşanmamaktadır. Bununla birlikte özellikle hasar görebilecek bazı malzemelerin taşınması amacıyla sahanın iç bölgelerine ulaşımın sağlanabilmesi açısından trafo odasına kadar uzanacak bir yol planlanmaktadır. Saha zemininin oldukça düz ve kayalardan arınmış olması itibarıyla yol yapımı için harcanması planlanan tutarın çok yüksek olmayacağı belirtilmektedir.

Bununla birlikte, sahaya yapılacak olan topraklama sistemi için tüm saha belirli noktalardan kazılacak ve uygun topraklama sistemi ile tüm güneş enerjisi santrali topraklanacaktır. Bu bağlamda santral sahasında büyük miktarda inşaat işinin gerçekleşeceği öngörülmektedir. Topraklama tesisatının çekileceği yerler yer seviyesinden “1 m” kazılacak olup topraklama tesisatı çekildikten sonra tekrar kapatılacaktır. Bu bağlamda santral yapımı esnasında ekskavatör, kepçe, kırıcı-delici, düzleyici gibi inşaat makinelerine ihtiyaç duyulacaktır.

Güneş enerjisi santrallerinde bir standart olarak kabul edilen 20 x 20 m’lik ağlar şeklinde [91] yapılması planlanan topraklama tesisatı ile birlikte toplamda 10.000 m’lik bir kazı gerçekleştirileceği hesaplanmaktadır. Kazılacak noktaların genişliği “50 cm” olacak iken derinliği ise “1 m” olacaktır. Bu bağlamda, toplamda sahada; “5.000 m³” kazı gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.

Santral inşası sırasında işçilerin konaklaması ve yönetim için bir geçici konteynır grubu inşa edilecektir. Bu konteynır grubu 2 bölümden oluşacak olup birincisi şantiye yöneticisinin çalışma odasını, diğer bölüm ise şantiyede çalışan işçilerin yatakhanelerini oluşturacaktır.

Bu bölümlerden çalışma odası 6 m x 5 m x 2,5 m boyutlarında olup, yatakhaneler ise 12 m x 5 m x 2,5 m boyutlarında olacaktır. Santralin devreye alınması ile birlikte bu geçici tesisler sökülecektir.

4.6.9 Santral binası ve yardımcı tesisler (yeri, tipi)

Santral sahası içerisinde 2 adet trafo binasının yer alması planlanmıştır. Trafo binası aynı zamanda santral binası olarak da kullanılacak olup tüm kontrol üniteleri bu binaların içinde yer alacaktır. Ayrıca, santral sahası içerisinde yardımcı trafo binası da yer alacaktır. Binalara ilişkin bilgiler Çizelge 4.11’de verilmektedir.

Çizelge 4.11 Trafo binaları ve yardımcı trafo binasına ilişkin bilgiler

Binalar	Adet	Boyutlar	Kullanım Alanı
Trafo Binaları	1	15 m x 6 m x 3 m	90 m ²
Yardımcı Trafo Binası	1	2,5 m x 2 m x 2 m	5 m ²

5. GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİNİN ENERJİ ANALİZİ

Güneş enerjisi santralının yıllık enerji üretimi bir güneş enerjisi santralının ekonomik analizinin en önemli parçalarından biri olarak belirtilmektedir. Bu bağlamda, yıllık enerji üretimi ile ilgili çalışmalar yapılırken hassasiyetin mümkün olduğunca artırılabilmesi için dünya üzerinde çok yaygın olarak kullanılan ve finans kuruluşlarının da hesaplama sonuçlarına kredi verdiği PVsyst yazılımı kullanılacaktır. PVsyst yazılımına ek olarak 4.4 konu başlığında belirtildiği üzere meteorolojik veriler için finans kuruluşlarının da uygun bulunduğu ve bu çalışma kapsamında sahadaki ölçüm istasyonuna en yakın verilerin elde edildiği METEONORM programından elde edilen veriler kullanılacaktır.

5.1 PVsyst

PVsyst İsviçre'deki Cenevre Üniversitesi tarafından geliştirilmiş bir simülasyon programıdır. PVsyst programı ile PV sistemleri için boyutlandırma, simülasyon ve veri analizi yapılabilmektedir. Bu yazılım, mimar, mühendis ve araştırmacılar için araçlar içermektedir. PVsyst programı ile şebekeye entegre sistemlerin modellenmesi yapılabildiği gibi şebekeden uzak sistemlerin de modellenmesi yapılabilmektedir [169].

PVsyst programı simülasyon programları içerisinde bankalar tarafından kabul edilen ender programlardan biri olarak tanımlanmaktadır ve program C programlama dili ile yazılmıştır [170].

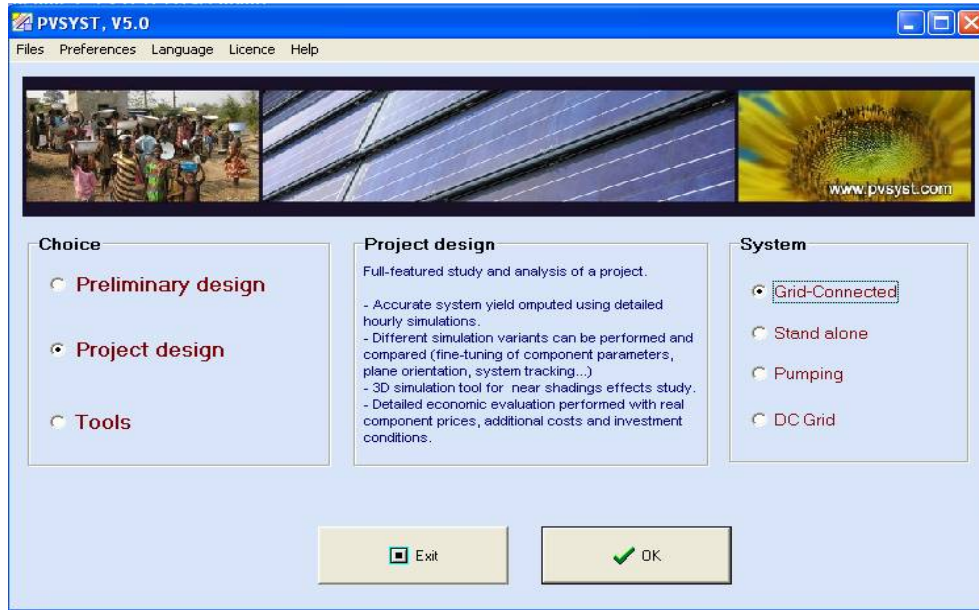
PVsyst yazılımı hesaplamalarını gerçekleştirirken birçok ince detayı göz önüne almaktadır. Bu detaylar arasında

- Meteorolojik veriler
- Bölge kirlilik oranları (Kum fırtınası, çamur yağmuru vb.)
- Ayrıntılı güneş ışınım değerleri

- Gölgeleme analizleri
- Yer yansımaya oranları (Albedo)
- Yerleşim planları
- Güneş paneli yönü ve açısı
- Güneş panelinin özellikleri
- Güneş panellerinin yıllık güç düşümü oranları
- Eviricilerin özellikleri
- Kablo mesafeleri
- Bağlantı noktası sayısı
- Şebeke özellikleri

gibi detaylar yer almaktadır.

PVSyst'in ara yüzü de Şekil 5.1'de gösterilmektedir [171].



Şekil 5.1 : PVsyst

Bu detayların birçoğu yazılımın kendi içinde yer alan kütüphanesinden elde edilebileceği gibi bir bölümü de dışarıdan eklenebilmektedir. Dışarıdan eklenebilen en önemli özelliklerden birisi gölge analizi olarak kabul edilmektedir.

Bilindiği üzere güneş enerjisi sistemlerinde gölgelenme etkisi büyük oranda güç düşümüne sebep olmaktadır. Bu bağlamda, güneş enerjisi santrallerinin kurulacağı bölgelerin yıl boyunca gölgeden uzak olması beklenmektedir. Her ne kadar santral yeri seçimlerinde açık araziler seçilse ve de ilk bakışta bu araziler üzerinde herhangi bir gölge sorunu bulunmayacakmış gibi görünse de bazı durumlarda özellikle güneşin daha yatay geldiği kış mevsiminde etrafta yer alan yükseltilerin güneşin geliş açısını belirli saatlerde kestiği ve bunun da enerji üretimini önemli ölçüde etkilediği belirtilmektedir. Dolayısıyla bir güneş enerjisi santrali için yer seçimi yapılırken yer seçiminin çok büyük önemi olduğu ortaya çıkmaktadır. Yer seçimi yapılırken kullanılan en önemli donanımlardan bir tanesi ise Solmetric firmasına ait olan SunEye olarak adlandırılan gölge ölçüm cihazıdır.

SUNEYE, saha seçimi yapılırken güneşlenme açısından en uygun alanın seçilebilmesine imkân tanıyan ve saha seçildikten sonra, seçilen sahanın gölgelenme analizini yaparak, güneşlenme sürelerini daha hassas ölçülebilmesini ve güneş panellerinin güneşten maksimum faydalanacak şekilde tasarlanabilmesini sağlayan bir cihazdır. Suneye balık gözü mantığı ile çalışmakta olup, GPS bağlantısı ile bulunduğu noktada güneş yörüngesini belirlemekte ve çektiği fotoğraf üzerinde gölgelenme analizi yapabilmektedir. Suneye'ın görüntüsü Şekil 5.2'da gösterilmektedir [172].



Şekil 5.2 : Suneye

PVsyst, SUNEYE ve METEONORM yazılımları ile sağlanan veri ve ulaşılan sonuçlar Şekil 5.3'de gösterilmektedir.



Şekil 5.3 : PVsyst, SUNEYE ve METEONORM arasındaki ilişki

METEONORM ve SUNEYE'dan elde edilen verilerin PVsyst üzerinde işlenmesi ile bir güneş enerjisi santralının günlük, aylık ve yıllık olarak üreteceği enerji miktarı hesaplanabilir. PVsyst güneş enerjisi sistemleri için dünya üzerinde en yaygın olarak kullanılan analiz programı olmasının yanında en çok güvenilen program olarak da bilinmektedir. Yapılan araştırmalara göre PVsyst'den elde edilen sonuçlar ile sahada elde edilen sonuçlar çoğu zaman eşleşmektedir. Bununla birlikte PVsyst'den elde edilen sonuçlar için $\pm \% 5$ 'lik bir hata payı belirtilmektedir [173].

5.2 Karşılaştırılan Sistemler

Bu çalışma kapsamında da PVsyst programından elde edilecek veriler kullanılacak olup ekonomik analizler programdan elde edilecek sonuçlara göre gerçekleştirilecektir. Çalışma kapsamında analiz edilecek sistemler aşağıdaki gibidir.

GRUP 1

- 32° sabit açılı ANELES polikristal güneş paneli ve SMA Sunny Tripower evirici
- 32° sabit açılı Yingli Solar polikristal güneş paneli ve SMA Sunny Tripower evirici
- 32° sabit açılı Sunpower monokristal güneş paneli ve SMA Sunny Tripower evirici
- 32° sabit açılı SANYO HIT güneş paneli ve SMA Sunny Tripower evirici
- 32° sabit açılı Firstsolar CdTe ince film güneş paneli ve SMA Sunny Tripower evirici
- 32° sabit açılı Sharp amorf silikon ince film güneş paneli ve SMA Sunny Tripower evirici

GRUP 2

- 32° sabit açılı ANELES polikristal güneş paneli ve Fronius IG Plus evirici
- 32° sabit açılı Yingli Solar polikristal güneş paneli ve Fronius IG Plus evirici
- 32° sabit açılı Sunpower monokristal güneş paneli ve Fronius IG Plus evirici
- 32° sabit açılı SANYO HIT güneş paneli ve Fronius IG Plus evirici
- 32° sabit açılı Firstsolar CdTe ince film güneş paneli ve Fronius IG Plus evirici
- 32° sabit açılı Sharp amorf silikon ince film güneş paneli ve Fronius IG Plus evirici

GRUP 3

- Tek eksen güneş takip sistemli ANELES polikristal güneş paneli ve SMA Sunny Tripower evirici
- Tek eksen güneş takip sistemli Yingli Solar polikristal güneş paneli ve SMA Sunny Tripower evirici
- Tek eksen güneş takip sistemli Sunpower monokristal güneş paneli ve SMA Sunny Tripower evirici
- Tek eksen güneş takip sistemli SANYO HIT güneş paneli ve SMA Sunny Tripower evirici
- Tek eksen güneş takip sistemli Firstsolar CdTe ince film güneş paneli ve SMA Sunny Tripower evirici
- Tek eksen güneş takip sistemli Sharp amorf silikon ince film güneş paneli ve SMA Sunny Tripower evirici

GRUP 4

- Tek eksen güneş takip sistemli ANELES polikristal güneş paneli ve Fronius IG Plus evirici
- Tek eksen güneş takip sistemli Yingli Solar polikristal güneş paneli ve Fronius IG Plus evirici
- Tek eksen güneş takip sistemli Sunpower monokristal güneş paneli ve Fronius IG Plus evirici
- Tek eksen güneş takip sistemli SANYO HIT güneş paneli ve Fronius IG Plus evirici
- Tek eksen güneş takip sistemli Firstsolar CdTe ince film güneş paneli ve Fronius IG Plus evirici
- Tek eksen güneş takip sistemli Sharp amorf silikon ince film güneş paneli ve Fronius IG Plus evirici

GRUP 5

- Çift eksen güneş takip sistemli ANELES polikristal güneş paneli ve SMA Sunny Tripower evirici
- Çift eksen güneş takip sistemli Yingli Solar polikristal güneş paneli ve SMA Sunny Tripower evirici
- Çift eksen güneş takip sistemli Sunpower monokristal güneş paneli ve SMA Sunny Tripower evirici
- Çift eksen güneş takip sistemli SANYO HIT güneş paneli ve SMA Sunny Tripower evirici
- Çift eksen güneş takip sistemli Firstsolar CdTe ince film güneş paneli ve SMA Sunny Tripower evirici
- Çift eksen güneş takip sistemli Sharp amorf silikon ince film güneş paneli ve SMA Sunny Tripower evirici

GRUP 6

- Çift eksen güneş takip sistemli ANELES polikristal güneş paneli ve Fronius IG Plus evirici
- Çift eksen güneş takip sistemli Yingli Solar polikristal güneş paneli ve Fronius IG Plus evirici
- Çift eksen güneş takip sistemli Sunpower monokristal güneş paneli ve Fronius IG Plus evirici
- Çift eksen güneş takip sistemli SANYO HIT güneş paneli ve Fronius IG Plus evirici
- Çift eksen güneş takip sistemli Firstsolar CdTe ince film güneş paneli ve Fronius IG Plus evirici
- Çift eksen güneş takip sistemli Sharp amorf silikon ince film güneş paneli ve Fronius IG Plus evirici
- Kabuller:

Yapılan tüm analizlerde

- Güneş panellerinin tam güneşe yönlendirildiği (Azimuth açısının 0° olduğu)
- Güneş enerjisi santralının 33.19 Doğu, 37. 13 Kuzey koordinatlarına kurulduğu
- Albedo (yansıma) değerlerinin 0,25 olarak alındığı
- Ufuk çizgisinin açık olduğu
- Rüzgar ortalamasının 4,5 m/s olduğu
- Tozlanmadan dolayı oluşan kaybın % 1,5 olduğu

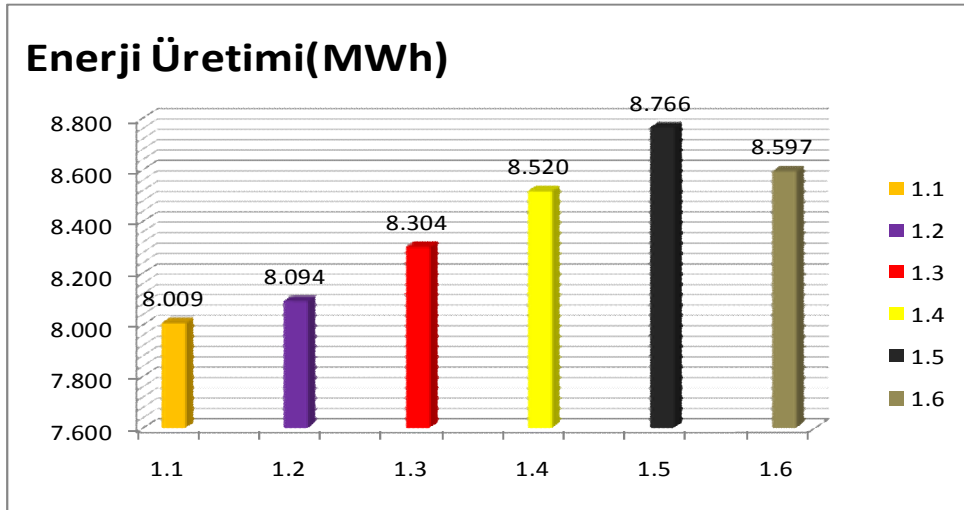
5.3 Enerji Üretim Değeri Karşılaştırmaları

PVsyst programı ile çalıştırılan senaryolar'da her bir sistem için değişik enerji üretim değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler Çizelge 5.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.1 : 36 farklı sistem için enerji üretim değerleri

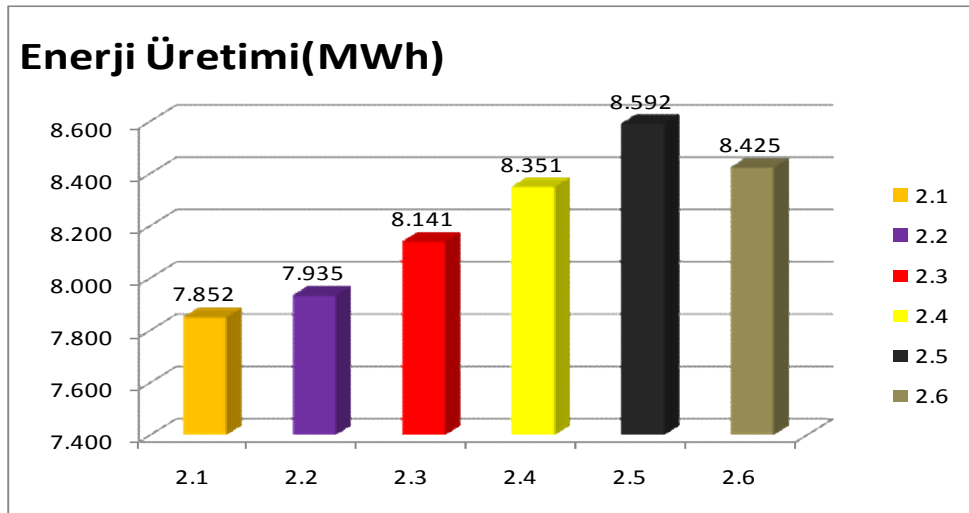
	Güneş Paneli	Evirici	Montaj Yapısı	Enerji Üretimi (MWh)
1.1	ANELES 205 W Polikristal	SMA Tripower 17000	32 ° Sabit	8.009
2.1	ANELES 205 W Polikristal	Fronius IG Plus 150	32 ° Sabit	7.852
3.1	ANELES 205 W Polikristal	SMA Tripower 17000	Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	9.998
4.1	ANELES 205 W Polikristal	Fronius IG Plus 150	Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	9.797
5.1	ANELES 205 W Polikristal	SMA Tripower 17000	Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	11.021
6.1	ANELES 205 W Polikristal	Fronius IG Plus 150	Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	10.796
1.2	Yingli Solar 210 W Polikristal	SMA Tripower 17000	32 ° Sabit	8.094
2.2	Yingli Solar 210 W Polikristal	Fronius IG Plus 150	32 ° Sabit	7.935
3.2	Yingli Solar 210 W Polikristal	SMA Tripower 17000	Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	10.057
4.2	Yingli Solar 210 W Polikristal	Fronius IG Plus 150	Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	9.854
5.2	Yingli Solar 210 W Polikristal	SMA Tripower 17000	Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	11.053
6.2	Yingli Solar 210 W Polikristal	Fronius IG Plus 150	Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	10.827
1.3	Sunpower 300 W Monokristal	SMA Tripower 17000	32 ° Sabit	8.304
2.3	Sunpower 300 W Monokristal	Fronius IG Plus 150	32 ° Sabit	8.141
3.3	Sunpower 300 W Monokristal	SMA Tripower 17000	Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	10.337
4.3	Sunpower 300 W Monokristal	Fronius IG Plus 150	Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	10.130
5.3	Sunpower 300 W Monokristal	SMA Tripower 17000	Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	11.374
6.3	Sunpower 300 W Monokristal	Fronius IG Plus 150	Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	11.143
1.4	Sanyo 240 W HIT	SMA Tripower 17000	32 ° Sabit	8.520
2.4	Sanyo 240 W HIT	Fronius IG Plus 150	32 ° Sabit	8.351
3.4	Sanyo 240 W HIT	SMA Tripower 17000	Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	10.607
4.4	Sanyo 240 W HIT	Fronius IG Plus 150	Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	10.392
5.4	Sanyo 240 W HIT	SMA Tripower 17000	Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	11.659
6.4	Sanyo 240 W HIT	Fronius IG Plus 150	Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	11.417
1.5	Firstsolar 75 W CdTe İnce Film	SMA Tripower 17000	32 ° Sabit	8.766
2.5	Firstsolar 75 W CdTe İnce Film	Fronius IG Plus 150	32 ° Sabit	8.592
3.5	Firstsolar 75 W CdTe İnce Film	SMA Tripower 17000	Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	10.806
4.5	Firstsolar 75 W CdTe İnce Film	Fronius IG Plus 150	Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	10.583
5.5	Firstsolar 75 W CdTe İnce Film	SMA Tripower 17000	Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	11.799
6.5	Firstsolar 75 W CdTe İnce Film	Fronius IG Plus 150	Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	11.549
1.6	Sharp 100 W Mikromorf İnce Film	SMA Tripower 17000	32 ° Sabit	8.597
2.6	Sharp 100 W Mikromorf İnce Film	Fronius IG Plus 150	32 ° Sabit	8.425
3.6	Sharp 100 W Mikromorf İnce Film	SMA Tripower 17000	Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	10.660
4.6	Sharp 100 W Mikromorf İnce Film	Fronius IG Plus 150	Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	10.436
5.6	Sharp 100 W Mikromorf İnce Film	SMA Tripower 17000	Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	11.447
6.6	Sharp 100 W Mikromorf İnce Film	Fronius IG Plus 150	Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	11.174

Şekil 5.4 ile Şekil 5.9 arasında 6 farklı sistemin enerji üretim değerleri karşılaştırılmış olup, Şekil 5.10'da tüm sistemlerin üretim değerleri karşılaştırmalı tablo olarak sunulmuştur.



1.1	A N E L E S 2 0 5 W P o l i k r i s t a l S M A T r i p o w e r 1 7 0 0 0 3 2 ° S a b i t
1.2	Y i n g l i S o l a r 2 1 0 W P o l i k r i s t a l S M A T r i p o w e r 1 7 0 0 0 3 2 ° S a b i t
1.3	S u n p o w e r 3 0 0 W M o n o k r i s t a l S M A T r i p o w e r 1 7 0 0 0 3 2 ° S a b i t
1.4	S a n y o 2 4 0 W H I T S M A T r i p o w e r 1 7 0 0 0 3 2 ° S a b i t
1.5	F i r s t s o l a r 7 5 W C d T e İ n c e F i l m S M A T r i p o w e r 1 7 0 0 0 3 2 ° S a b i t
1.6	S h a r p 1 0 0 W M i k r o m o r f İ n c e F i l m S M A T r i p o w e r 1 7 0 0 0 3 2 ° S a b i t

Şekil 5.4 : SMA Tripower 17000 evirici ve 32° sabit montaj yapısı ile



2.1	A N E L E S 2 0 5 W P o l i k r i s t a l F r o n i u s I G P l u s 1 5 0 3 2 ° S a b i t
2.2	Y i n g l i S o l a r 2 1 0 W P o l i k r i s t a l F r o n i u s I G P l u s 1 5 0 3 2 ° S a b i t
2.3	S u n p o w e r 3 0 0 W M o n o k r i s t a l F r o n i u s I G P l u s 1 5 0 3 2 ° S a b i t
2.4	S a n y o 2 4 0 W H I T F r o n i u s I G P l u s 1 5 0 3 2 ° S a b i t
2.5	F i r s t s o l a r 7 5 W C d T e İ n c e F i l m F r o n i u s I G P l u s 1 5 0 3 2 ° S a b i t
2.6	S h a r p 1 0 0 W M i k r o m o r f İ n c e F i l m F r o n i u s I G P l u s 1 5 0 3 2 ° S a b i t

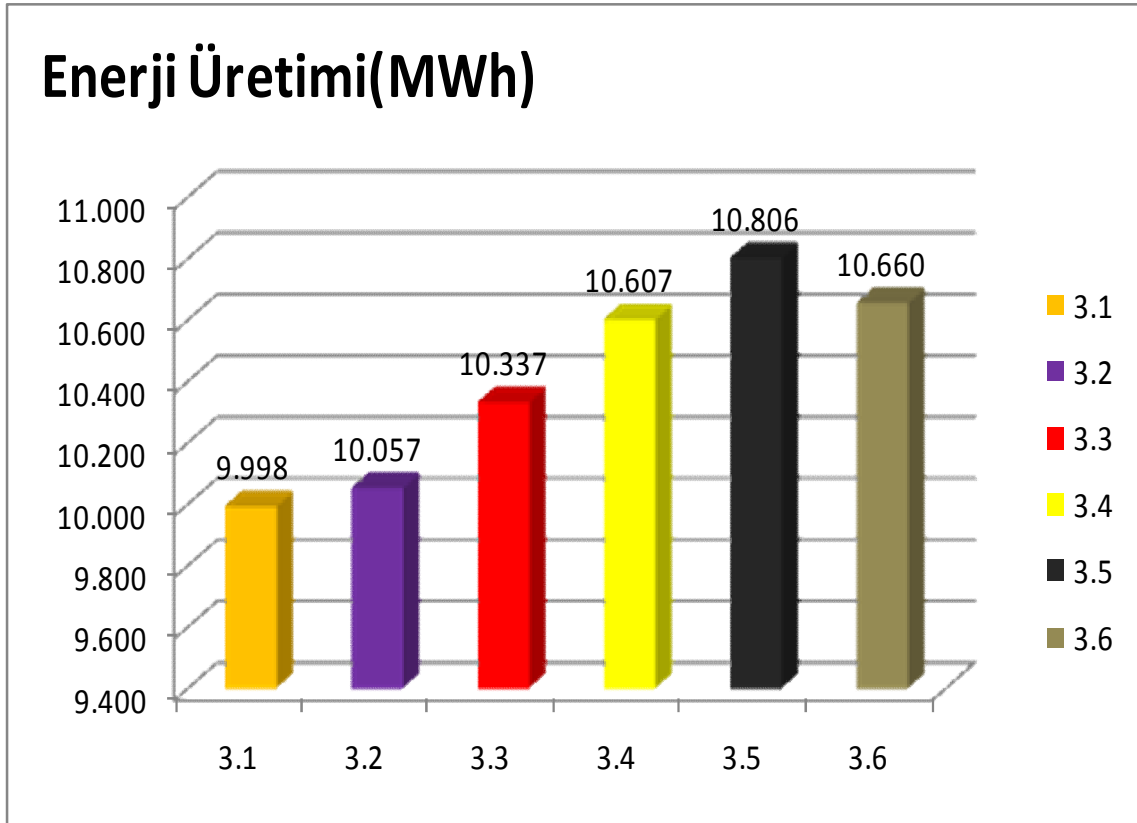
Şekil 5.5 : Fronius IG Plus 150 evirici ve 32° sabit montaj yapısı ile

Şekil 5.4 ile 5.5 arasındaki farklılık iki sistem içerisinde iki farklı eviricinin kullanılmasındır. Şekil 5.4'deki sistemlerde SMA firmasına ait Tripower 17000 adlı evirici kullanılırken şekil 5.5'deki sistemlerde ise Fronius firmasına ait IG Plus 150 adlı evirici kullanılmıştır. Enerji üretimindeki farklılıkların en büyük nedenlerinden biri ise SMA eviricide çevrim kayıplarını

arttıran ve bölüm 3.2.4.1’de ayrıntılı olarak açıklanan transformatörün kullanılmaması dolayısıyla trafosuz bir evirici olmasıdır.

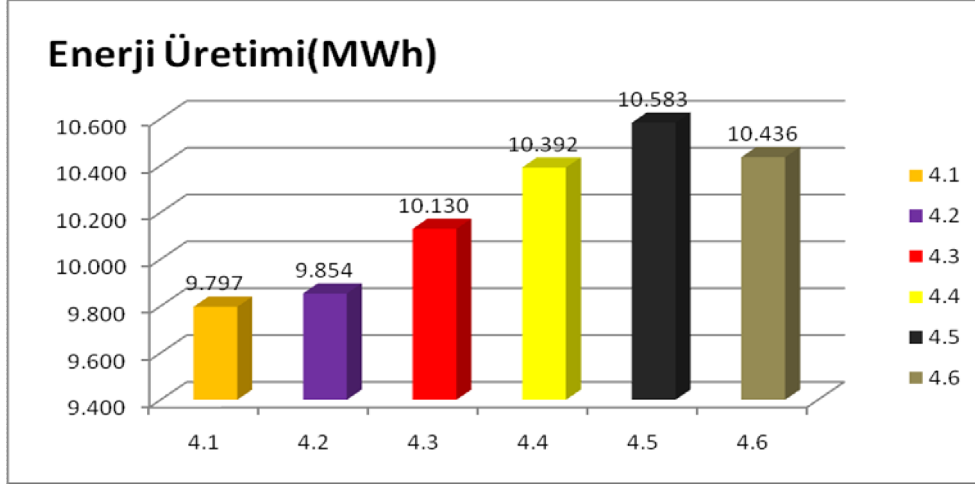
Her iki grupta da montaj yapısı olarak sabit sistem seçilmiş olup enerji üretimini en yüksek hale getirecek şekilde 32°’lik bir açı belirlenmiştir.

Karşılaştırmada her sistem kendi güneş paneline sahip olup her güneş paneli bölgede değişik davranışlar sergileyerek farklı miktarlarda enerji üretmişlerdir. Güneş panellerinin seçimi yapılırken panellerin özelliklerinin ve yapılarının birbirinden farklı olmasına özen gösterilmiş olup tüm paneller piyasada yaygın şekilde kullanılmaktadır. (Güneş panellerinin yapıları ile ilgili ayrıntılı açıklama 3.2.3. bölümde yapılmıştır.) Dolayısı ile ulaşılan sonuçlar da farklılık göstermektedir.



- 3.1 ANELES 205 W Polikristal SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi
- 3.2 Yingli Solar 210 W Polikristal SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi
- 3.3 Sunpower 300 W Monokristal SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi
- 3.4 Sanyo 240 W HIT SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi
- 3.5 Firstsolar 75 W CdTe İnce Film SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi
- 3.6 Sharp 100 W Mikromorf İnce Film SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi

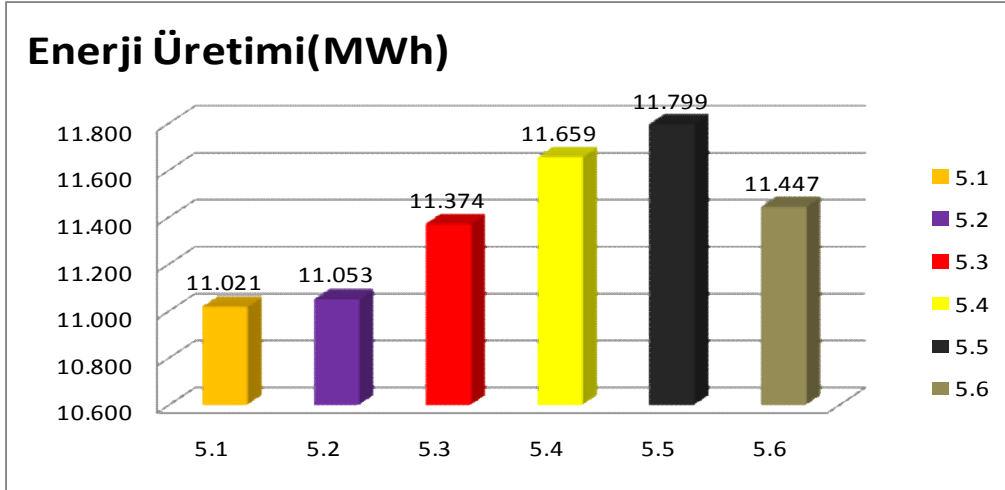
Şekil 5.6 : SMA Tripower 17000 evirici ve tek eksen güneş takip sistemi ile



- 4.1 ANELES 205 W Polikristal Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi
- 4.2 Yingli Solar 210 W Polikristal Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi
- 4.3 Sunpower 300 W Monokristal Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi
- 4.4 Sanyo 240 W HIT Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi
- 4.5 Firstsolar 75 W CdTe İnce Film Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi
- 4.6 Sharp 100 W Mikromorf İnce Film Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi

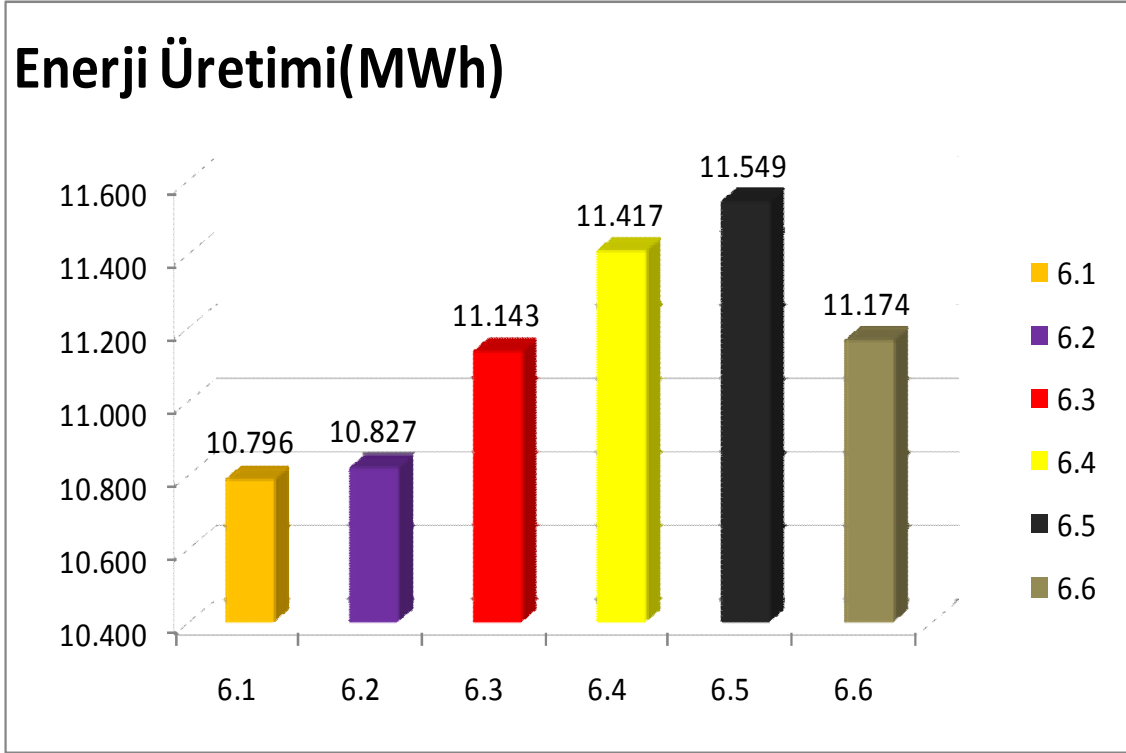
Şekil 5.7 : Fronius IG Plus 150 evirici ve tek eksen güneş takip sistemi ile

Şekil 5.6 ve 5.7’de güneş paneli montaj yapısı olarak tek eksenli güneş takip sistemi seçilmiştir. Bu seçimle birlikte tüm sistemlerde yıllık enerji üretiminin arttığı gözlemlenmektedir. Karşılaştırma yapılması amacıyla SMA evirici ve Firstsolar güneş paneline sahip sistem ele alınırsa, Sistemin tek eksen güneş takipte ürettiği enerji ile sabit sistemde ürettiği enerji arasında “% 23,27” fark olduğu görülecektir.



- 5.1 ANELES 205 W Polikristal SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi
- 5.2 Yingli Solar 210 W Polikristal SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi
- 5.3 Sunpower 300 W Monokristal SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi
- 5.4 Sanyo 240 W HIT SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi
- 5.5 Firstsolar 75 W CdTe İnce Film SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi
- 5.6 Sharp 100 W Mikromorf İnce Film SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi

Şekil 5.8 : SMA Tripower 17000 evirici ve çift eksen güneş takip sistemi ile



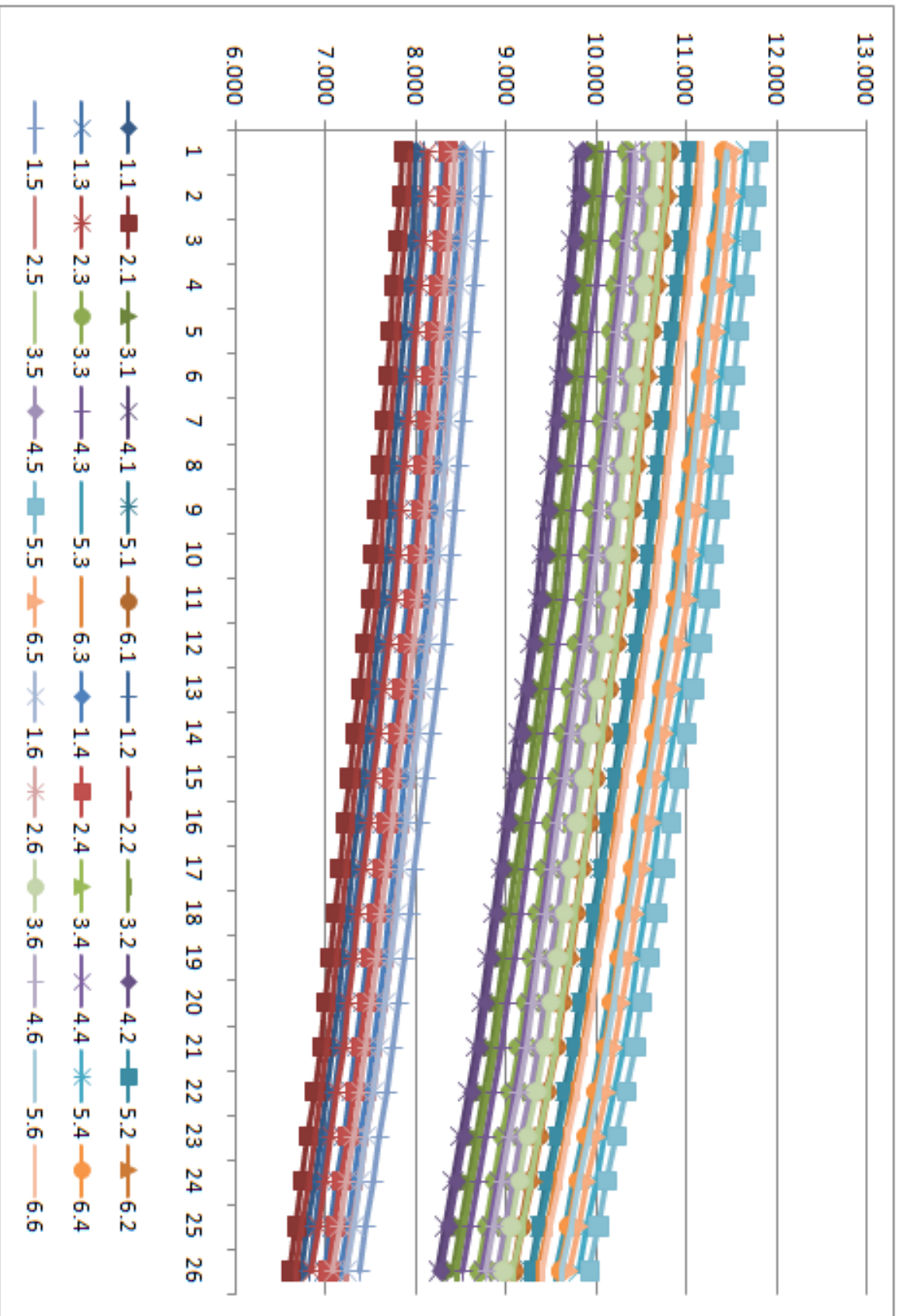
- 6.1 ANELES 205 W Polikristal Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi
- 6.2 Yingli Solar 210 W Polikristal Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi
- 6.3 Sunpower 300 W Monokristal Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi
- 6.4 Sanyo 240 W HIT Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi
- 6.5 Firstsolar 75 W CdTe İnce Film Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi
- 6.6 Sharp 100 W Mikromorf İnce Film Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi

Şekil 5.9 : Fronius IG Plus 150 evirici ve çift eksen güneş takip sistemi ile

Şekil 5.8 ve 5.9’da ise montaj yapıları çift eksen güneş izleme sistemi olarak seçilmiştir. Şekiller incelendiğinde çift eksen güneş takip sistemi ile birlikte enerji üretiminin arttığı görülmektedir. Burada bir önceki örnekteki gibi SMA evirici ve Firstsolar güneş paneli seçilirse;

Sistemin çift eksen güneş takipte ürettiği enerji ile tek eksen güneş takipte ürettiği enerji arasında “% 9,18” fark olduğu görülmektedir.

Eğer çift eksen güneş takip sistemi sabit sistem ile karşılaştırılır ve aynı sistem donanımları seçilir ise bu durumda fark % 34,59 olmaktadır. Şekil 5.1’den 5.9’a kadar gösterilen enerji üretim değerleri, sistemlerin ilk yıl üretecekleri enerji miktarlarıdır. Bununla birlikte gerek çevresel faktörler, gerekse de güneş panellerinin yapısı gereği her yıl düzenli olarak enerji üretiminde azalma meydana gelecektir. Şekil 5.10’da bu değişimler ayrıntılı olarak gösterilmektedir.



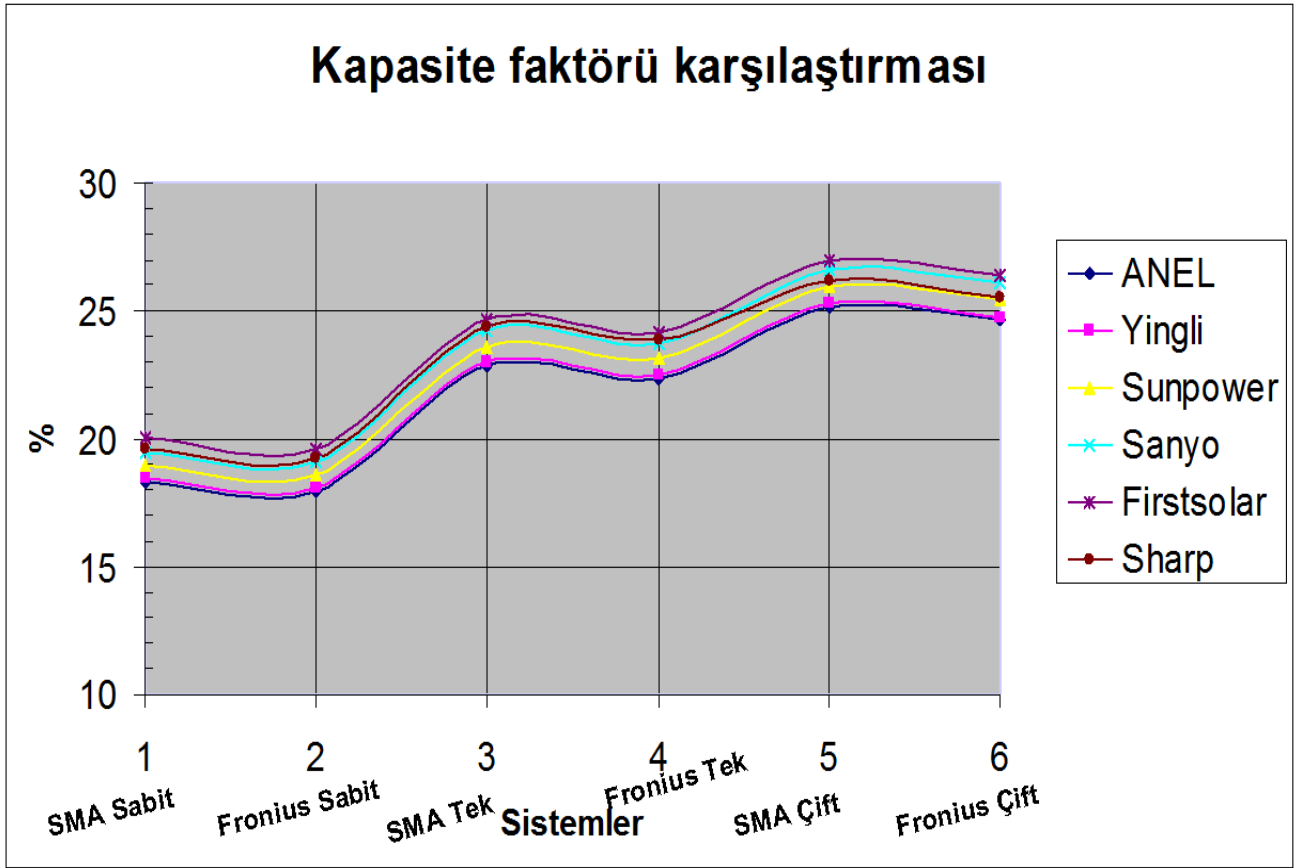
Şekil 5.10 : Sistemlerin 25 yıl içerisindeki enerji üretim değişimleri

4.4. bölümde belirtildiği üzere güneş enerjisi santrallerinin verimini belirten en önemli parametrelerden biri olarak kapasite faktörü tanımlanmaktadır [137]. Çizelge 5.2’de 36 farklı sistemin kapasite faktörü belirtilmiştir.

Çizelge 5.2 : 36 farklı sistemin kapasite faktörü karşılaştırması

NO	SİSTEM AÇIKLAMA	KAPASİTE FAKTÖRÜ (%)
1.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	18,29
2.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	17,93
3.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	22,83
4.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	22,37
5.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	25,17
6.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	24,65
1.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	18,48
2.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	18,12
3.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	22,97
4.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	22,51
5.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	25,34
6.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	24,72
1.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	18,96
2.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	18,59
3.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	23,61
4.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	23,13
5.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	25,97
6.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	25,45
1.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	19,46
2.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	19,07
3.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	24,22
4.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	23,73
5.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	26,62
6.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	26,07
1.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	20,02
2.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	19,62
3.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	24,68
4.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	24,17
5.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	26,94
6.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	26,37
1.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	19,63
2.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	19,24
3.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	24,34
4.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	23,83
5.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	26,14
6.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	25,52

Çizelge 5.2’de görüldüğü üzere güneş enerjisi santrallerinin kapasite faktörü genel olarak, güneş panellerinin özelliğine, evirici çeşitine ve montaj yapısına göre değişiklik göstermektedir. Güneş enerjisi santrallerinin kapasite faktörleri bu yüksek lisans tezi kapsamında % 17,93 ile % 26,94 arasında hesaplanmış olup Şekil 5.11’de sistem tipine göre kapasite faktörü değişimi grafiksel olarak görülebilmektedir. Grafikten de görüldüğü üzere çift eksen güneş takip sistemi kullanan sistemlerin enerji üretimi daha fazla olup, güneş enerjisi santrallerinde kapasite faktörünün, güneş paneli, evirici ve montaj yapısı gibi 3 ana değişkene bağlı olduğunu bir kez daha gösterilmektedir. Bununla birlikte bu değişkenler içinde en baskın olanının ise montaj yapısı olduğu görülmektedir.



Şekil 5.11 : Kapasite faktörü karşılaştırması

5.4 Enerji Üretim Değeri Karşılaştırmaları Sonuçları

Karşılaştırma yapılan 36 sistem incelendiğinde enerji üretimi açısından en verimli güneş enerjisi sisteminin, çift eksen güneş takip sistemi olduğu söylenebilir. Bununla birlikte, Bölüm 3.2.4.2.'de belirtildiği üzere, güneş takip sistemlerinin; enerji üretim değerlerini arttırmalarına karşın, hem arazi boyutlarını büyük ölçüde arttırmaları, dolayısıyla da kablo vb. ekipmanların artması ve hem de güneş enerjisi santralleri için küçük bir maliyet kalemi olarak hesaplanan bakım onarım maliyetlerini önemli ölçüde arttırmaları sebebiyle enerji üretimine olan katkıları kadar maliyet analizine katkıda bulunamayabilmektedirler. Bu nedenle, güneş takip sistemleri seçilirken fayda maliyet oranının iyi incelenmesi ve takip sistemlerinin, maliyetinden fazla fayda sağlıyor ise tercih edilmesi gerekliliği belirtilmektedir.

Bu yüksek lisans tezi kapsamında, finansal analiz kısmında, enerji üretim değerleri temel alınarak yapılacak hesaplamalarda sabit sistem, tek eksenli takip sistemi ve çift eksenli takip sistemi için incelemeler yapılacak ve en uygun sistem için daha sonra tercih yapılması benimsenecektir.

Şekil 5.11'de ayrıntılı olarak incelendiğinde kapasite faktörü karşılaştırması sonuçlarından da elde edildiği gibi güneş enerjisi sistemlerindeki 3 ana değişkenden biri olan montaj yapısının enerji üretiminin büyük ölçüde değiştirdiği görülmektedir. Bununla birlikte, kapasite faktörünü etkileyen değişkenlerden güneş paneli tipi, ikinci ana değişken olarak göze çarpmaktadır. Ana değişkenler içinde enerji üretimini en az etkileyen değişkenin; evirici yapısı olduğu Şekil 5.11'den görülebilmektedir.

Güneş panelleri her ne kadar ışık bulunan her ortamda çalışsalar da, Bölüm 3'de belirtildiği üzere değişik dalga boylarında enerji üretim değerleri değişmektedir. Bu bağlamda, güneş panelleri için; güneşi, gün içinde direkt olarak gördüğü zamanlardaki üretim oranı artış göstermektedir.

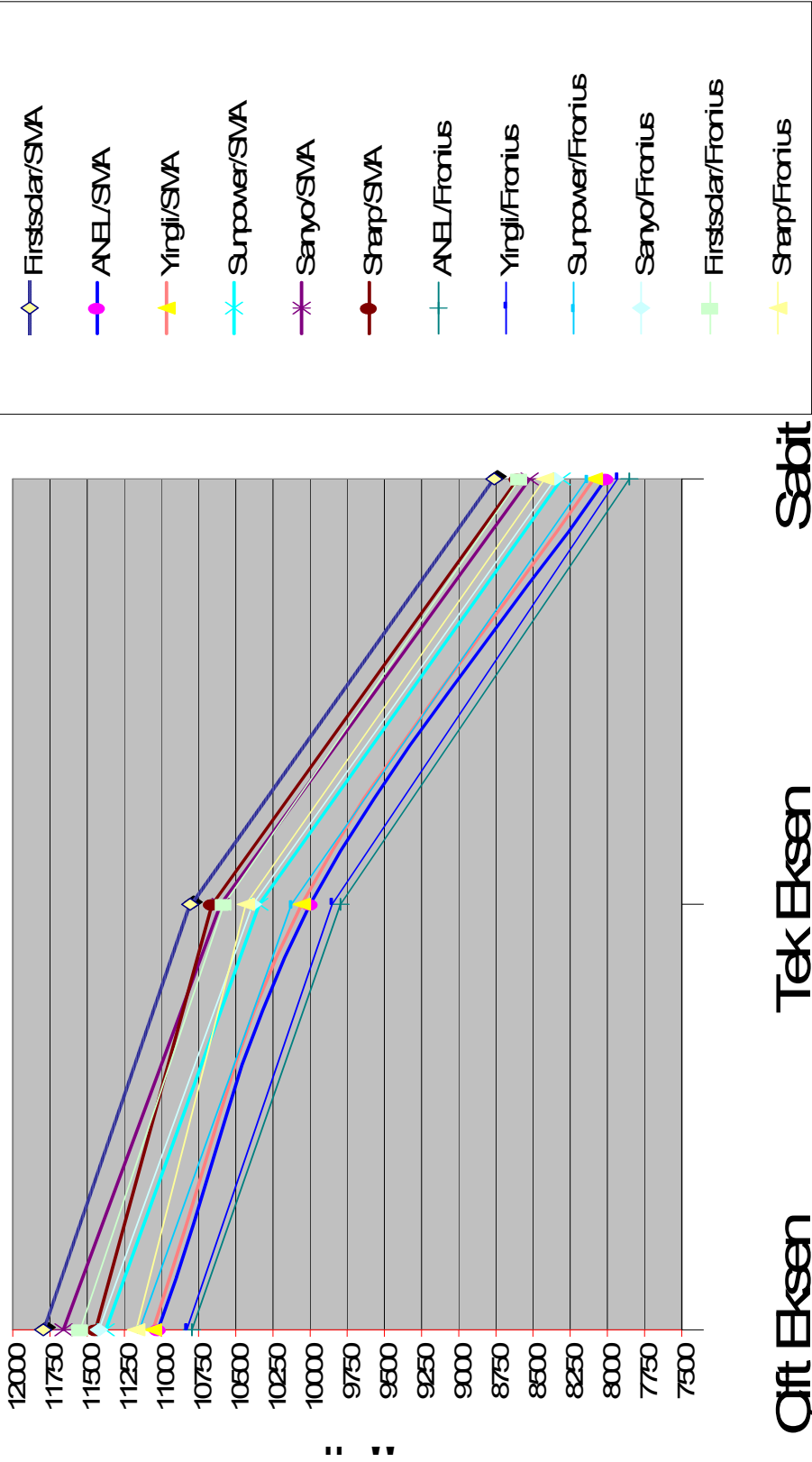
Şekil 5.11'deki enerji üretim değeri karşılaştırması ve Şekil 5.10'da kapasite faktörü karşılaştırmalarının da doğruladığı bu duruma göre; güneş panellerinin güneşi takip etmesi sayesinde enerji üretim değerleri tek eksen güneş takip sisteminde % 24'e, çift eksen güneş takip sisteminde ise % 35'e kadar artış gösterebilmektedir. Şekil 5.12'de ayrıntılı olarak karşılaştırılan bu 3 yapıya göre tek eksen ile çift eksen güneş takip sistemi arasında enerji üretimi bakımından en fazla yaklaşık % 9'luk bir artış gerçekleştiği görülmektedir.

Şekil 5.12’de 1-2 aralığında bulunan ve sarı renk ile işaretlenip çift-tek olarak nitelendirilen bölüm incelendiğinde ise, bu aralıktaki farkın 1-3 (tek-sabit) ve 1-4’e (çift-sabit) göre hayli az olduğu gözlemlenmektedir. Bu bağlamda, yukarıda da bahsedildiği üzere bu artış oranlarının ekonomik analiz üzerinde fizibilite raporlarını aynı miktarda etkileyip etkilemeyeceği tartışma konusudur. Bölüm 6’da gerçekleştirilecek olan ekonomik analizlerde bu karşılaştırmalar da yapılacaktır.

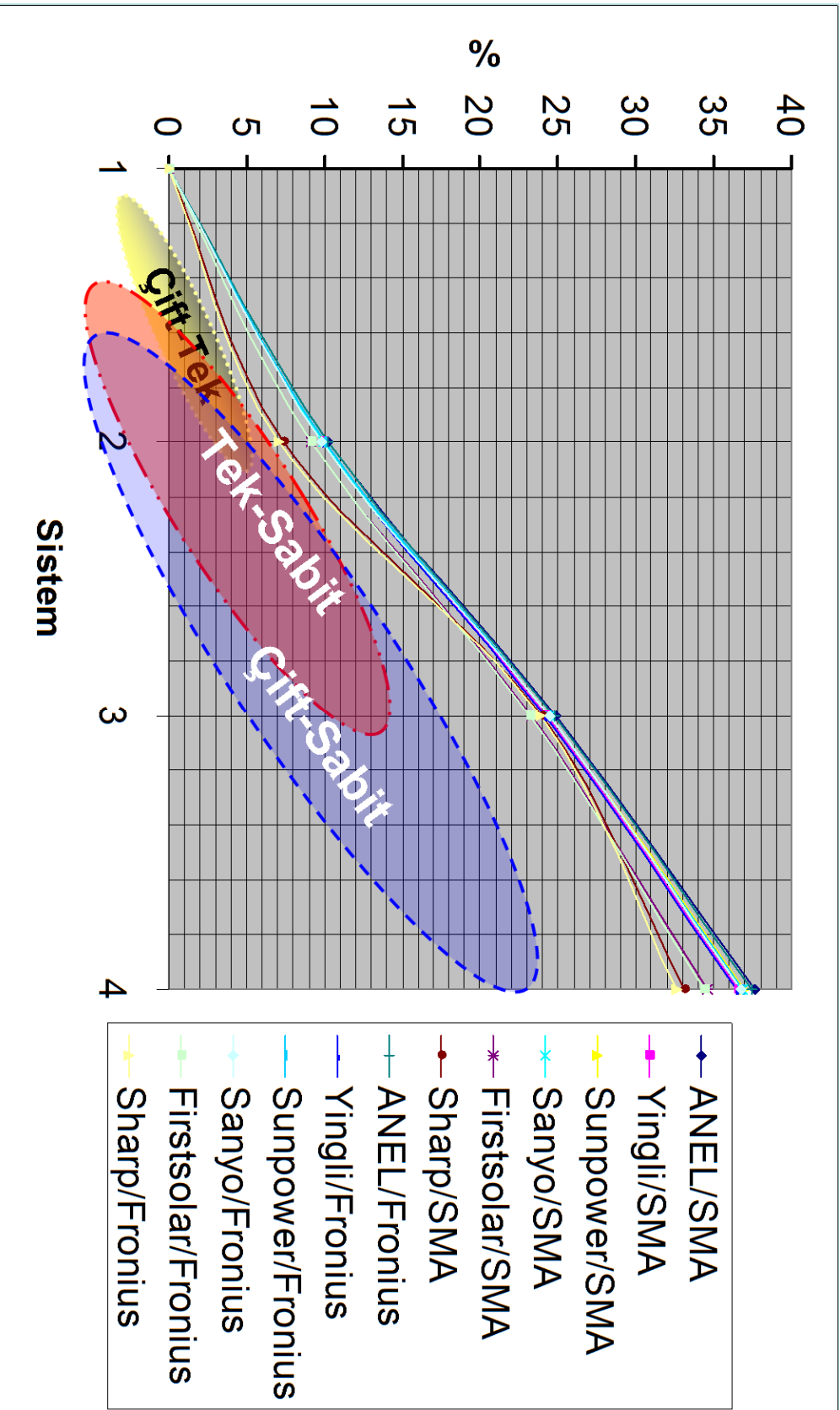
İkinci ana değişken olan güneş paneli tipinde ise bu artış oranı daha kısıtlı kalmaktadır. Aynı evirici ve montaj yapısına sahip en düşük ve en yüksek enerji üretim değerleri karşılaştırıldığında % 7’ye yakın bir farklılık göze çarpmaktadır. Bu farklılığın ana nedeni olarak, güneş panellerinin yerleştirildiği bölgedeki iklim koşullarına güneş panellerinin verdiği tepkiler gösterilebilir.

Bölüm 3.2’de ayrıntılı olarak anlatıldığı üzere, değişik malzeme yapılarına sahip güneş panelleri, sıcaklık, nem, tozluluk gibi iklim koşullarına ve ışığın dalga boyuna göre değişik enerji üretimi gerçekleştirebilirler. Enerji analizinin yapıldığı bu bölümde simülasyonlar yapılırken tüm bu değişkenler gözönüne alınmış olup enerji üretim değerleri bu şekilde hesaplanmıştır. Dolayısıyla bu çalışma genişletilmek istendiğinde enerji analizi yapılırken mutlaka bu değişkenler gözönüne alınmalıdır.

Değişkenler içinde enerji üretimi üzerinde en az değişiklik oluşturan değişken evirici olarak gözükmemektedir. Evirici tipine bağlı olarak en büyük değişikliğin gerçekleştiği 6.5 ve 6.6 karşılaştırıldığında iki sistem arasındaki farkın % 2,5’den daha az olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, Bölüm 3.3’de de bahsedildiği üzere evirici, güneş enerjisi sisteminin kalbi sayıldığı için evirici seçimi için en önemli kriterin enerji üretim değerinden daha çok maliyet/fayda ve güvenilirlik olduğu görülmektedir. Şekil 3.31’de ayrıntılı olarak gösterildiği üzere eviriciler güneş enerjisi sistemlerinde en sık arıza gösteren donanımlardır. Dolayısıyla evirici seçimi yapılırken Şekil 5.4’de çıkartılan sonuçlar da dikkate alınarak eviricinin arıza istatistiği önem kazanacaktır. Günümüzde güneş enerjisi sistemlerinde hesaplamalar yapılırken % 1’lik enerji artışı sağlanması halinde bile, “iyi” bir iyileştirme nitelemesi yapılmaktadır. Bu bağlamda, güneş enerjisi santrallerinde santral tasarımının ve kullanılacak donanımların seçiminin önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır. Ekonomik analiz kısmında, enerji analizinden elde edilen bu sonuçlar ekonomik girdilerle birleştirilerek bölge için en verimli sistem seçilmeye çalışılacaktır.



Şekil 5.12 : 36 farklı sistemin enerji üretim karşılaştırması



Şekil 5.13 : Sistemlerin enerji üretim farklılığı oranları karşılaştırması

6. GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİNİN EKONOMİK ANALİZİ

6.1 Genel

5 MW'lık güneş enerjisi santralının finansal analizi yapılırken gerekli olan, yatırım maliyeti, proje gelir ve proje giderleri ile ilgili genel tanımlamaların belirtilmesiyle değişik güneş panelleri ile oluşturulan sistemler için detaylı finansal tablolar sunulacaktır. Finansal tabloların sonucunda tüm sistemler incelenerek ekonomik analiz oluşturulacaktır.

6.2 Finansal Analizde Esas Alınan Kur

Bu projedeki tüm analizler EURO(€) bazında yapılmış ve Euro kurunun 1,98 TL/Euro olduğu kabul edilmiştir.

Türkiye'de geçmiş yıllarda gerçekleşen enflasyon ve devalüasyona göre, kriz dönemleri haricinde bu iki oranın hemen hemen eşit olduğu, diğer bir deyişle fiyatların Euro bazında hemen hemen sabit kaldığı gözlenmektedir. Bu durumun başlıca sebebi olarak, Türkiye'deki üretimin ham madde ve/veya yarı mamul ve/veya kullanılan ekipman/teçhizatın kayda değer bir kısmının ithal ediliyor olması gösterilmektedir. Kısaca açıklamak gerekirse, devalüasyondan sonra Türk Lirası olarak daha pahalıya mal/ekipman/teçhizat alan üretici, alım fiyatlarındaki bu artışı doğal olarak tüketiciye yansıtmaktadır ki; bu da enflasyonun artması ile sonuçlanmaktadır. Bu nedenle, proje süresi boyunca da enflasyon ve devalüasyon oranlarının hemen hemen eşit artacağı, dolayısıyla malzeme ve işçilik fiyatlarında Euro bazında kayda değer bir değişiklik olmayacağı kabul edilmiştir ve tüm finansal analizler Euro'ya göre yapılmıştır.

6.3 Proje Gelirleri

Güneş enerjisi santralinin gelirlerini iki ana başlık altında toplanmaktadır:

- Elektrik satış gelirleri
- Karbon satış gelirleri

6.3.1 Elektrik satış gelirleri

Ekonomik analiz içerisinde elektrik satış gelirleri hesaplanırken Çizelge 3.3'te belirtilen YEK Kanun Tasarısı esas alınmıştır. Söz konusu tasarımın 1 sayılı cetveline göre; fotovoltaik güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinde üretilen enerjinin ilk 10 yıl 25 Euro cent/kWh, ikinci 10 yıl 20 Euro cent/kWh birim fiyatla satın alınacağı belirtilmektedir [123]. Farklı güneş panelleri ve farklı güneş takip sistemleri ile üretim farklı olacağı için elektrik satış gelirleri, raporun bir sonraki bölümünde incelenen senaryolarda birbirinden farklı sonuç vererek finansal analizlerin ayırt edici unsurlarından birini oluşturmaktadır.

Enerji satış fiyatında, yine taslak kanunda yer alan yerli katkı payı uygulaması da hesaplamalara dahil edilmiştir. Yerli katkı payı için, Çizelge 3.4'de yer alan 'PV panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekaniği imalatı' fiyatı tüm senaryolara dahil edilmiştir. Cetvelde yer alan 'PV panelleri' fiyatı ise sadece ANELES tarafından üretilen panellerin senaryosunda yer almıştır. Dolayısıyla ANELES tarafından üretilen güneş panelleri için elektrik birim satış fiyatı ilk 5 yıl 1,6 Euro Cent artırılarak 26,6 Euro cent/kWh olacağı öngörülmüş olup diğer sistemler için ilk 5 yıllık satış fiyatı 25,6 Euro cent/kWh olacaktır. Burada güneş takip sistemlerinin de Türkiye'de üretildiği düşünülmüştür [123].

Satış gelirlerinin hesaplanmasında evirici çıkışı üretim değeri üzerinden % 1,5 oranında hat ve trafo kayıpları düşülmüştür. Ayrıca, panel performansının 25 yıl içerisinde % 17,5 düşeceği varsayımı yapılmıştır. Bu varsayım yapılırken ilk 10 yıl % 0,5'lik, ikinci 10 yıl % 0,75'lik, son 5 yıl için ise % 1'lik verim kaybı öngörülmüştür. Son olarak yıllık enerji üretimine arıza/yenileme koşulları için % 0,25 beklenmeyen enerji kaybı uygulanarak satışa esas enerji miktarı hesaplanmıştır. Çizelge 6.1'de tüm sistemler için 25 yıllık elektrik satış gelir tablosu görülmekte olup tarifelerin değiştiği yıllar farklı renklerle gösterilmektedir. Son satırda ise 25 yıl sonunda bu sistemlerden elde edilmesi planlanan tüm elektrik satış gelirlerinin toplamı

bulunmaktadır. Elektrik satış değerleri 6.8. bölümde gerçekleştirilecek olan finansal analizin gelir satırındaki iki girdiden birisi olacaktır.

Çizelge 6.1 : Elektrik satış değerleri

NO	SİSTEM AÇIKLAMA	Enerji Üretimi (MWh)	1	2	3	4	5
1.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	8.009	2.093.192 €	2.082.726 €	2.072.312 €	2.061.951 €	2.051.641 €
2.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	7.852	2.052.159 €	2.041.898 €	2.031.689 €	2.021.531 €	2.011.423 €
3.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	9.998	2.613.027 €	2.599.962 €	2.586.962 €	2.574.027 €	2.561.157 €
4.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	9.797	2.560.495 €	2.547.692 €	2.534.954 €	2.522.279 €	2.509.668 €
5.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	11.021	2.880.393 €	2.865.991 €	2.851.661 €	2.837.403 €	2.823.216 €
6.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	10.796	2.821.588 €	2.807.480 €	2.793.443 €	2.779.476 €	2.765.578 €
1.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	8.094	2.035.881 €	2.025.701 €	2.015.573 €	2.005.495 €	1.995.467 €
2.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	7.935	1.995.887 €	1.985.908 €	1.975.978 €	1.966.099 €	1.956.268 €
3.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	10.057	2.529.633 €	2.516.985 €	2.504.400 €	2.491.878 €	2.479.419 €
4.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	9.854	2.478.573 €	2.466.180 €	2.453.849 €	2.441.580 €	2.429.372 €
5.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	11.053	2.780.157 €	2.766.256 €	2.752.425 €	2.738.662 €	2.724.969 €
6.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	10.827	2.723.311 €	2.709.694 €	2.696.146 €	2.682.665 €	2.669.252 €
1.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	8.304	2.088.702 €	2.078.258 €	2.067.867 €	2.057.528 €	2.047.240 €
2.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	8.141	2.047.702 €	2.037.464 €	2.027.277 €	2.017.140 €	2.007.055 €
3.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	10.337	2.600.061 €	2.587.061 €	2.574.126 €	2.561.255 €	2.548.449 €
4.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	10.130	2.547.995 €	2.535.255 €	2.522.579 €	2.509.966 €	2.497.416 €
5.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	11.374	2.860.898 €	2.846.593 €	2.832.360 €	2.818.198 €	2.804.107 €
6.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	11.143	2.802.794 €	2.788.780 €	2.774.836 €	2.760.962 €	2.747.157 €
1.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	8.520	2.143.032 €	2.132.317 €	2.121.655 €	2.111.047 €	2.100.492 €
2.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	8.351	2.100.524 €	2.090.021 €	2.079.571 €	2.069.173 €	2.058.827 €
3.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	10.607	2.667.974 €	2.654.635 €	2.641.361 €	2.628.155 €	2.615.014 €
4.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	10.392	2.613.896 €	2.600.826 €	2.587.822 €	2.574.883 €	2.562.008 €
5.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	11.659	2.932.584 €	2.917.921 €	2.903.331 €	2.888.814 €	2.874.370 €
6.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	11.417	2.871.713 €	2.857.355 €	2.843.068 €	2.828.853 €	2.814.708 €
1.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	8.766	2.204.908 €	2.193.884 €	2.182.915 €	2.172.000 €	2.161.140 €
2.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	8.592	2.161.142 €	2.150.337 €	2.139.585 €	2.128.887 €	2.118.243 €
3.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	10.806	2.718.029 €	2.704.439 €	2.690.917 €	2.677.462 €	2.664.075 €
4.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	10.583	2.661.938 €	2.648.628 €	2.635.385 €	2.622.208 €	2.609.097 €
5.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	11.799	2.967.798 €	2.952.959 €	2.938.194 €	2.923.503 €	2.908.885 €
6.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	11.549	2.904.915 €	2.890.391 €	2.875.939 €	2.861.559 €	2.847.251 €
1.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	8.597	2.162.400 €	2.151.588 €	2.140.830 €	2.130.126 €	2.119.475 €
2.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	8.425	2.119.137 €	2.108.541 €	2.097.998 €	2.087.508 €	2.077.071 €
3.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	10.660	2.681.306 €	2.667.899 €	2.654.560 €	2.641.287 €	2.628.080 €
4.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	10.436	2.624.963 €	2.611.838 €	2.598.779 €	2.585.785 €	2.572.856 €
5.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	11.447	2.879.259 €	2.864.863 €	2.850.539 €	2.836.286 €	2.822.105 €
6.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	11.174	2.810.592 €	2.796.539 €	2.782.556 €	2.768.643 €	2.754.800 €

Çizelge 6.1 : Elektrik satış değerleri (devam)

6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.947.810 €	1.938.071 €	1.928.381 €	1.918.739 €	1.909.145 €	1.515.861 €	1.504.492 €	1.493.209 €	1.482.009 €	1.470.894 €	1.459.863 €
1.909.627 €	1.900.079 €	1.890.579 €	1.881.126 €	1.871.720 €	1.486.146 €	1.475.000 €	1.463.937 €	1.452.958 €	1.442.061 €	1.431.245 €
2.431.540 €	2.419.382 €	2.407.286 €	2.395.249 €	2.383.273 €	1.892.319 €	1.878.126 €	1.864.040 €	1.850.060 €	1.836.185 €	1.822.413 €
2.382.656 €	2.370.743 €	2.358.889 €	2.347.095 €	2.335.360 €	1.854.275 €	1.840.368 €	1.826.566 €	1.812.866 €	1.799.270 €	1.785.775 €
2.680.336 €	2.666.935 €	2.653.600 €	2.640.332 €	2.627.130 €	2.085.942 €	2.070.297 €	2.054.770 €	2.039.359 €	2.024.064 €	2.008.883 €
2.625.616 €	2.612.488 €	2.599.425 €	2.586.428 €	2.573.496 €	2.043.356 €	2.028.031 €	2.012.821 €	1.997.724 €	1.982.741 €	1.967.871 €
1.968.482 €	1.958.640 €	1.948.847 €	1.939.102 €	1.929.407 €	1.531.949 €	1.520.460 €	1.509.056 €	1.497.738 €	1.486.505 €	1.475.356 €
1.929.813 €	1.920.164 €	1.910.563 €	1.901.010 €	1.891.505 €	1.501.855 €	1.490.591 €	1.479.412 €	1.468.316 €	1.457.304 €	1.446.374 €
2.445.889 €	2.433.660 €	2.421.491 €	2.409.384 €	2.397.337 €	1.903.486 €	1.889.209 €	1.875.040 €	1.860.978 €	1.847.020 €	1.833.168 €
2.396.519 €	2.384.536 €	2.372.614 €	2.360.751 €	2.348.947 €	1.865.064 €	1.851.076 €	1.837.193 €	1.823.414 €	1.809.738 €	1.796.165 €
2.688.119 €	2.674.678 €	2.661.305 €	2.647.998 €	2.634.758 €	2.091.998 €	2.076.308 €	2.060.736 €	2.045.280 €	2.029.941 €	2.014.716 €
2.633.155 €	2.619.989 €	2.606.889 €	2.593.855 €	2.580.886 €	2.049.223 €	2.033.854 €	2.018.600 €	2.003.461 €	1.988.435 €	1.973.521 €
2.019.555 €	2.009.457 €	1.999.410 €	1.989.413 €	1.979.466 €	1.571.696 €	1.559.908 €	1.548.209 €	1.536.597 €	1.525.073 €	1.513.635 €
1.979.913 €	1.970.013 €	1.960.163 €	1.950.362 €	1.940.611 €	1.540.845 €	1.529.288 €	1.517.819 €	1.506.435 €	1.495.137 €	1.483.923 €
2.513.986 €	2.501.416 €	2.488.909 €	2.476.464 €	2.464.082 €	1.956.481 €	1.941.807 €	1.927.244 €	1.912.790 €	1.898.444 €	1.884.205 €
2.463.643 €	2.451.325 €	2.439.068 €	2.426.873 €	2.414.738 €	1.917.302 €	1.902.923 €	1.888.651 €	1.874.486 €	1.860.427 €	1.846.474 €
2.766.187 €	2.752.356 €	2.738.594 €	2.724.901 €	2.711.277 €	2.152.754 €	2.136.608 €	2.120.584 €	2.104.679 €	2.088.894 €	2.073.227 €
2.710.007 €	2.696.457 €	2.682.975 €	2.669.560 €	2.656.212 €	2.109.033 €	2.093.215 €	2.077.516 €	2.061.934 €	2.046.470 €	2.031.121 €
2.072.087 €	2.061.726 €	2.051.418 €	2.041.160 €	2.030.955 €	1.612.578 €	1.600.484 €	1.588.480 €	1.576.566 €	1.564.742 €	1.553.007 €
2.030.985 €	2.020.830 €	2.010.726 €	2.000.673 €	1.990.669 €	1.580.591 €	1.568.737 €	1.556.971 €	1.545.294 €	1.533.704 €	1.522.202 €
2.579.651 €	2.566.752 €	2.553.919 €	2.541.149 €	2.528.443 €	2.007.584 €	1.992.527 €	1.977.583 €	1.962.751 €	1.948.031 €	1.933.420 €
2.527.362 €	2.514.725 €	2.502.152 €	2.489.641 €	2.477.193 €	1.966.891 €	1.952.139 €	1.937.498 €	1.922.967 €	1.908.545 €	1.894.231 €
2.835.500 €	2.821.322 €	2.807.216 €	2.793.180 €	2.779.214 €	2.206.696 €	2.190.145 €	2.173.719 €	2.157.416 €	2.141.236 €	2.125.177 €
2.776.645 €	2.762.762 €	2.748.948 €	2.735.203 €	2.721.527 €	2.160.892 €	2.144.686 €	2.128.601 €	2.112.636 €	2.096.791 €	2.081.065 €
2.131.914 €	2.121.255 €	2.110.649 €	2.100.095 €	2.089.595 €	1.659.138 €	1.646.695 €	1.634.345 €	1.622.087 €	1.609.921 €	1.597.847 €
2.089.597 €	2.079.149 €	2.068.754 €	2.058.410 €	2.048.118 €	1.626.205 €	1.614.009 €	1.601.904 €	1.589.890 €	1.577.965 €	1.566.131 €
2.628.048 €	2.614.908 €	2.601.833 €	2.588.824 €	2.575.880 €	2.045.249 €	2.029.909 €	2.014.685 €	1.999.575 €	1.984.578 €	1.969.694 €
2.573.814 €	2.560.945 €	2.548.140 €	2.535.399 €	2.522.722 €	2.003.041 €	1.988.019 €	1.973.109 €	1.958.310 €	1.943.623 €	1.929.046 €
2.869.548 €	2.855.200 €	2.840.924 €	2.826.720 €	2.812.586 €	2.233.193 €	2.216.444 €	2.199.821 €	2.183.322 €	2.166.948 €	2.150.695 €
2.808.747 €	2.794.704 €	2.780.730 €	2.766.827 €	2.752.992 €	2.185.876 €	2.169.482 €	2.153.211 €	2.137.062 €	2.121.034 €	2.105.126 €
2.090.813 €	2.080.359 €	2.069.957 €	2.059.608 €	2.049.310 €	1.627.152 €	1.614.948 €	1.602.836 €	1.590.815 €	1.578.884 €	1.567.042 €
2.048.982 €	2.038.737 €	2.028.544 €	2.018.401 €	2.008.309 €	1.594.597 €	1.582.638 €	1.570.768 €	1.558.987 €	1.547.295 €	1.535.690 €
2.592.540 €	2.579.578 €	2.566.680 €	2.553.846 €	2.541.077 €	2.017.615 €	2.002.483 €	1.987.464 €	1.972.559 €	1.957.764 €	1.943.081 €
2.538.063 €	2.525.373 €	2.512.746 €	2.500.182 €	2.487.681 €	1.975.219 €	1.960.405 €	1.945.702 €	1.931.109 €	1.916.626 €	1.902.251 €
2.783.941 €	2.770.021 €	2.756.171 €	2.742.390 €	2.728.678 €	2.166.570 €	2.150.321 €	2.134.194 €	2.118.187 €	2.102.301 €	2.086.534 €
2.717.546 €	2.703.959 €	2.690.439 €	2.676.987 €	2.663.602 €	2.114.900 €	2.099.038 €	2.083.295 €	2.067.671 €	2.052.163 €	2.036.772 €

6.3.2 Karbon satış gelirleri

Ekonomik analiz karbon satış gelirleri mevcut durum gözönüne alınarak gönüllü piyasada satış yapılacağı varsayımı ile hazırlanmıştır. Hesaplamalarda, öncelikle yıllık üretilen elektrik miktarı, Türkiye için geçerli Karbon Emisyon Faktörü (CEF) ile çarpılarak yıllık üretilen toplam karbon kredisi miktarı ($tCO_2/yıl$) bulunmaktadır. Daha sonra bu değer, karbon kredisi fiyatı (VER) ile çarpılarak karbon satış gelirleri bulunmaktadır.

Türkiye’de henüz bir güneş enerjisi projesi sertifikasyon işleminden geçmediği için karbon emisyon faktörü bilinmemektedir. Bu nedenle raporda karbon satış gelirleri hesaplanırken, rüzgar enerjisi için kullanılan 0,648 (tCO_2/MWh)’luk karbon emisyon faktörünün uygun olacağı varsayılmıştır [174].

Bunlara ek olarak, birim karbon kredisi birim fiyatının 2012 -2015 arasında 12 Euro olacağı, 2015 yılından sonra Kyoto Protokolü’nün getireceği ek yükümlülükler ve zorunlu piyasada işlem yapılması ile birlikte 20 Euro olacağı öngörülmektedir.

Öte yandan toplam karbon geliri hesaplanırken, % 5 oranında aracı firmanın komisyon alacağı düşünülerek hesaplamalar yapılmıştır. [175] Çizelge 6.2’de tüm sistemlere ait 25 yıllık karbon satış geliri tahmini yer almaktadır. Karbon satış değerleri 6.8. bölümde gerçekleştirilecek olan finansal analizin gelir satırındaki ikinci girdi olacaktır.

Çizelge 6.2 : Karbon satış gelirleri

NO	SİSTEM AÇIKLAMA	1	2	3	4	5
1.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	59.016 €	58.721 €	58.427 €	58.135 €	96.408 €
2.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	57.859 €	57.570 €	57.282 €	56.996 €	94.518 €
3.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	73.673 €	73.304 €	72.938 €	72.573 €	120.350 €
4.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	72.191 €	71.831 €	71.471 €	71.114 €	117.931 €
5.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	81.211 €	80.805 €	80.401 €	79.999 €	132.665 €
6.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	79.553 €	79.155 €	78.759 €	78.365 €	129.956 €
1.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	59.643 €	59.344 €	59.048 €	58.752 €	97.431 €
2.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	58.471 €	58.179 €	57.888 €	57.598 €	95.517 €
3.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	74.107 €	73.737 €	73.368 €	73.001 €	121.060 €
4.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	72.611 €	72.248 €	71.887 €	71.528 €	118.617 €
5.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	81.447 €	81.039 €	80.634 €	80.231 €	133.050 €
6.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	79.781 €	79.382 €	78.985 €	78.591 €	130.329 €
1.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	61.190 €	60.884 €	60.580 €	60.277 €	99.959 €
2.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	59.989 €	59.689 €	59.390 €	59.094 €	97.997 €
3.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	76.171 €	75.790 €	75.411 €	75.034 €	124.431 €
4.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	74.645 €	74.272 €	73.901 €	73.531 €	121.939 €
5.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	83.812 €	83.393 €	82.976 €	82.561 €	136.914 €
6.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	82.110 €	81.699 €	81.291 €	80.884 €	134.133 €
1.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	62.782 €	62.468 €	62.155 €	61.845 €	102.559 €
2.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	61.536 €	61.229 €	60.922 €	60.618 €	100.525 €
3.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	78.160 €	77.769 €	77.380 €	76.994 €	127.681 €
4.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	76.576 €	76.193 €	75.812 €	75.433 €	125.093 €
5.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	85.912 €	85.482 €	85.055 €	84.630 €	140.344 €
6.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	84.129 €	83.708 €	83.290 €	82.873 €	137.431 €
1.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	64.594 €	64.271 €	63.950 €	63.630 €	105.520 €
2.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	63.312 €	62.996 €	62.681 €	62.367 €	103.426 €
3.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	79.627 €	79.228 €	78.832 €	78.438 €	130.076 €
4.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	77.983 €	77.593 €	77.205 €	76.819 €	127.392 €
5.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	86.944 €	86.509 €	86.076 €	85.646 €	142.030 €
6.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	85.101 €	84.676 €	84.253 €	83.831 €	139.020 €
1.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	63.349 €	63.032 €	62.717 €	62.403 €	103.486 €
2.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	62.082 €	61.771 €	61.462 €	61.155 €	101.415 €
3.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	78.551 €	78.158 €	77.767 €	77.378 €	128.319 €
4.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	76.900 €	76.516 €	76.133 €	75.752 €	125.623 €
5.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	84.350 €	83.928 €	83.508 €	83.091 €	137.792 €
6.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	82.338 €	81.927 €	81.517 €	81.109 €	134.506 €

Çizelge 6.2 : Karbon satış değerleri (devam)

6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
95.926 €	95.446 €	94.969 €	94.494 €	94.022 €	93.316 €	92.617 €	91.922 €	91.233 €	90.548 €	89.869 €
94.045 €	93.575 €	93.107 €	92.642 €	92.178 €	91.487 €	90.801 €	90.120 €	89.444 €	88.773 €	88.107 €
119.748 €	119.150 €	118.554 €	117.961 €	117.371 €	116.491 €	115.617 €	114.750 €	113.890 €	113.036 €	112.188 €
117.341 €	116.754 €	116.171 €	115.590 €	115.012 €	114.149 €	113.293 €	112.443 €	111.600 €	110.763 €	109.932 €
132.001 €	131.341 €	130.684 €	130.031 €	129.381 €	128.411 €	127.447 €	126.492 €	125.543 €	124.601 €	123.667 €
129.306 €	128.660 €	128.017 €	127.376 €	126.740 €	125.789 €	124.846 €	123.909 €	122.980 €	122.058 €	121.142 €
96.944 €	96.459 €	95.977 €	95.497 €	95.019 €	94.307 €	93.599 €	92.897 €	92.201 €	91.509 €	90.823 €
95.039 €	94.564 €	94.091 €	93.621 €	93.153 €	92.454 €	91.761 €	91.073 €	90.390 €	89.712 €	89.039 €
120.455 €	119.853 €	119.254 €	118.657 €	118.064 €	117.179 €	116.300 €	115.427 €	114.562 €	113.703 €	112.850 €
118.024 €	117.434 €	116.846 €	116.262 €	115.681 €	114.813 €	113.952 €	113.098 €	112.249 €	111.407 €	110.572 €
132.384 €	131.723 €	131.064 €	130.409 €	129.757 €	128.783 €	127.818 €	126.859 €	125.907 €	124.963 €	124.026 €
129.678 €	129.029 €	128.384 €	127.742 €	127.103 €	126.150 €	125.204 €	124.265 €	123.333 €	122.408 €	121.490 €
99.459 €	98.962 €	98.467 €	97.975 €	97.485 €	96.754 €	96.028 €	95.308 €	94.593 €	93.883 €	93.179 €
97.507 €	97.019 €	96.534 €	96.051 €	95.571 €	94.854 €	94.143 €	93.437 €	92.736 €	92.041 €	91.350 €
123.809 €	123.190 €	122.574 €	121.961 €	121.351 €	120.441 €	119.538 €	118.641 €	117.751 €	116.868 €	115.992 €
121.329 €	120.723 €	120.119 €	119.519 €	118.921 €	118.029 €	117.144 €	116.265 €	115.393 €	114.528 €	113.669 €
136.229 €	135.548 €	134.870 €	134.196 €	133.525 €	132.524 €	131.530 €	130.543 €	129.564 €	128.592 €	127.628 €
133.462 €	132.795 €	132.131 €	131.470 €	130.813 €	129.832 €	128.858 €	127.892 €	126.933 €	125.981 €	125.036 €
102.046 €	101.536 €	101.028 €	100.523 €	100.020 €	99.270 €	98.526 €	97.787 €	97.053 €	96.326 €	95.603 €
100.022 €	99.522 €	99.024 €	98.529 €	98.036 €	97.301 €	96.571 €	95.847 €	95.128 €	94.415 €	93.707 €
127.043 €	126.407 €	125.775 €	125.147 €	124.521 €	123.587 €	122.660 €	121.740 €	120.827 €	119.921 €	119.021 €
124.468 €	123.845 €	123.226 €	122.610 €	121.997 €	121.082 €	120.174 €	119.272 €	118.378 €	117.490 €	116.609 €
139.643 €	138.944 €	138.250 €	137.559 €	136.871 €	135.844 €	134.825 €	133.814 €	132.811 €	131.814 €	130.826 €
136.744 €	136.060 €	135.380 €	134.703 €	134.030 €	133.025 €	132.027 €	131.037 €	130.054 €	129.078 €	128.110 €
104.993 €	104.468 €	103.945 €	103.425 €	102.908 €	102.137 €	101.371 €	100.610 €	99.856 €	99.107 €	98.363 €
102.908 €	102.394 €	101.882 €	101.373 €	100.866 €	100.109 €	99.358 €	98.613 €	97.874 €	97.140 €	96.411 €
129.426 €	128.779 €	128.135 €	127.494 €	126.857 €	125.906 €	124.961 €	124.024 €	123.094 €	122.171 €	121.254 €
126.755 €	126.121 €	125.491 €	124.863 €	124.239 €	123.307 €	122.382 €	121.465 €	120.554 €	119.649 €	118.752 €
141.320 €	140.613 €	139.910 €	139.210 €	138.514 €	137.475 €	136.444 €	135.421 €	134.405 €	133.397 €	132.397 €
138.325 €	137.634 €	136.945 €	136.261 €	135.579 €	134.563 €	133.553 €	132.552 €	131.558 €	130.571 €	129.592 €
102.968 €	102.454 €	101.941 €	101.432 €	100.924 €	100.167 €	99.416 €	98.671 €	97.931 €	97.196 €	96.467 €
100.908 €	100.404 €	99.902 €	99.402 €	98.905 €	98.163 €	97.427 €	96.696 €	95.971 €	95.251 €	94.537 €
127.677 €	127.039 €	126.404 €	125.772 €	125.143 €	124.204 €	123.273 €	122.348 €	121.431 €	120.520 €	119.616 €
124.995 €	124.370 €	123.748 €	123.129 €	122.513 €	121.594 €	120.683 €	119.777 €	118.879 €	117.987 €	117.103 €
137.104 €	136.418 €	135.736 €	135.057 €	134.382 €	133.374 €	132.374 €	131.381 €	130.396 €	129.418 €	128.447 €
133.834 €	133.165 €	132.499 €	131.836 €	131.177 €	130.193 €	129.217 €	128.248 €	127.286 €	126.331 €	125.384 €

6.4 Yatırım Maliyeti

GES ile ilgili olarak yatırım bedelini oluşturması gereken ana unsurlar aşağıdaki gibi listelenmiştir [176].

- Mühendislik hizmetleri
- Makine ve teçhizat
- Sahanın hazırlanması ve inşaat işleri
- Projenin hazırlanması ve saha gezileri
- Arazi bedeli
- Devreye alma
- Trafo ve enerji nakil hattı
- Lisans bedeli
- Beklenmeyen giderler
- Finansman giderleri
- Yatırım dönemi genel gideri

6.4.1 Mühendislik hizmetleri

Mühendislik hizmetleri, saha seçiminden başlayarak tesisin tamamlanmasına kadar geçen süreçteki tüm mühendislik hizmetlerini kapsamakta olup bu hizmetlerin toplamda **100.000 €** olacağı düşünülmüştür.

6.4.2 Makine ve teçhizat

Güneş enerjisi santrali için makine ve teçhizatlar; güneş paneli, evirici, güneş takip sistemi, montaj yapıları, AC/DC kablo-busbar, Scada, kabin, sinyalizasyon, topraklama üniteleri, kesici vb. sistem bileşenleri olarak belirlenmiştir.

5. bölümde açıklandığı üzere performans analizleri hazırlanırken, sistemler güneş takip sistemine sahip olup olmamasına göre üç ayrı senaryo üzerinde şekillendirilmiş olup sunulmuştur ve her senaryo kendi içinde farklı güneş paneli ve evirici birimlerine sahiptir. Kullanılan makine ve teçhizat, ilk yatırım miktarını değiştireceği için ekonomik analiz için büyük önem teşkil etmektedir ve senaryolar kısmında, her senaryo için hesaplanan farklı makine teçhizat bedeli finansal analizin ayırt edici elemanlarından birini oluşturmaktadır.

Yüksek lisans tezinin bu kısmında, üretici ve kurulumcu firmalardan elde edilen güncel makine ve teçhizat fiyatları temel alınmış olup güneş enerjisi santrali 2012 yılında kurulacağından 2012 yılı için fiyatlar üzerinde eskalasyon gerçekleştirilmiştir. Çizelge 6.3 güneş enerjisi santralinde kullanılacak makine ve teçhizat giderlerini yansıtmaktadır.

Çizelge 6.3 : 5 MW Güneş enerjisi santrali makine ve teçhizat maliyetleri

NO	SİSTEM AÇIKLAMA	GÜNEŞ PANELİ(€)	EVİRİCİ(€)	KABLO(€)	TOPRAK(€)	MONTAJ(€)	ŞALT(€)	PANOLAR(€)	OTOMASYON	DİĞER(€)	TOPLAM(€)
1.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	5.520.000	890.000	190.000	90.000	625.000	50.000	50.000	50.000	40.000	7.505.000
2.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	5.520.000	920.000	190.000	90.000	625.000	50.000	50.000	45.000	40.000	7.530.000
3.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	5.520.000	890.000	270.000	120.000	2.000.000	65.000	60.000	60.000	60.000	9.045.000
4.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	5.520.000	920.000	270.000	120.000	2.000.000	65.000	60.000	55.000	60.000	9.070.000
5.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	5.520.000	890.000	400.000	190.000	3.200.000	75.000	70.000	70.000	80.000	10.495.000
6.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	5.520.000	920.000	400.000	190.000	3.200.000	75.000	70.000	65.000	80.000	10.520.000
1.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	5.340.000	890.000	190.000	90.000	625.000	50.000	50.000	50.000	40.000	7.325.000
2.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	5.340.000	920.000	190.000	90.000	625.000	50.000	50.000	45.000	40.000	7.350.000
3.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	5.340.000	890.000	270.000	120.000	2.000.000	65.000	60.000	60.000	60.000	8.865.000
4.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	5.340.000	920.000	270.000	120.000	2.000.000	65.000	60.000	55.000	60.000	8.890.000
5.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	5.340.000	890.000	400.000	190.000	3.200.000	75.000	70.000	70.000	80.000	10.315.000
6.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	5.340.000	920.000	400.000	190.000	3.200.000	75.000	70.000	65.000	80.000	10.340.000
1.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	7.390.000	900.000	135.000	65.000	450000	50.000	50.000	50.000	40.000	9.130.000
2.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	7.390.000	930.000	135.000	65.000	450000	50.000	50.000	45.000	40.000	9.155.000
3.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	7.390.000	900.000	180.000	85.000	1500000	65.000	60.000	60.000	60.000	10.300.000
4.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	7.390.000	930.000	180.000	85.000	1500000	65.000	60.000	55.000	60.000	10.325.000
5.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	7.390.000	900.000	290.000	140.000	2150000	75.000	70.000	70.000	80.000	11.165.000
6.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	7.390.000	930.000	290.000	140.000	2150000	75.000	70.000	65.000	80.000	11.190.000
1.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	7.250.000	890.000	155.000	75.000	500000	50.000	50.000	50.000	40.000	9.060.000
2.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	7.250.000	920.000	155.000	75.000	500000	50.000	50.000	45.000	40.000	9.085.000
3.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	7.250.000	890.000	200.000	100.000	1650000	65.000	60.000	60.000	60.000	10.335.000
4.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	7.250.000	920.000	200.000	100.000	1650000	65.000	60.000	55.000	60.000	10.360.000
5.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	7.250.000	890.000	320.000	155.000	2400000	75.000	70.000	70.000	80.000	11.310.000
6.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	7.250.000	920.000	320.000	155.000	2400000	75.000	70.000	65.000	80.000	11.335.000
1.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	4.000.000	930.000	285.000	130.000	900000	55.000	50.000	50.000	50.000	6.450.000
2.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	4.000.000	920.000	285.000	130.000	900000	55.000	50.000	45.000	50.000	6.435.000
3.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	4.000.000	930.000	360.000	170.000	3150000	70.000	60.000	60.000	65.000	8.865.000
4.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	4.000.000	920.000	360.000	170.000	3150000	70.000	60.000	55.000	65.000	8.850.000
5.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	4.000.000	930.000	600.000	270.000	4900000	80.000	70.000	70.000	90.000	11.010.000
6.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	4.000.000	920.000	600.000	270.000	4900000	80.000	70.000	65.000	90.000	10.995.000
1.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	4.150.000	930.000	320.000	150.000	980000	55.000	50.000	50.000	50.000	6.735.000
2.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	4.150.000	920.000	320.000	150.000	980000	55.000	50.000	45.000	50.000	6.720.000
3.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	4.150.000	930.000	420.000	195.000	3500000	70.000	60.000	60.000	65.000	9.450.000
4.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	4.150.000	920.000	420.000	195.000	3500000	70.000	60.000	55.000	65.000	9.435.000
5.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	4.150.000	930.000	670.000	310.000	5200000	80.000	70.000	70.000	90.000	11.570.000
6.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	4.150.000	920.000	670.000	310.000	5200000	80.000	70.000	65.000	90.000	11.555.000

6.4.3 Saha'nın hazırlanması, inşaat işleri ve güvenlik giderleri

Bu proje kapsamında, inşaat işleri; belirlenen sahaya güneş enerjisi santralının kurulması için gerekli makine ve teçhizat ulaştığı andan itibaren başlayan ve santralin kurulmasının sonlanmasına kadar sürecek saha hazırlanması tel örgü ve güvenlik kameralarının yerleştirilmesi, montaj, trafo ve kontrol odası inşası ile diğer inşaat çalışmaları olarak belirlenmiştir.

Saha'nın hazırlanması, güvenlik donanımları ve inşaat işleri için santral kurulumu yapan firmalardan alınan bilgilere göre 5 MW'lık bir güneş enerjisi santrali için sabit yapı ile güneş takip sistemli yapılar arasında saha boyutlarının farklılığından dolayı inşaat ve saha hazırlığı işlerinde değişik fiyatlar ortaya çıkacağı belirtilmektedir. Bu rakam **350.000 €** ile **1.125.000 €** arasında değişiklik göstermektedir. Yapılan ekonomik analizlerde bu fiyatlar temel alınmış olup Çizelge 6.4'de tüm sistemler için maliyetler görülmektedir.

Çizelge 6.4 : Saha hazırlığı, inşaat işleri ve güvenlik giderleri

NO	SİSTEM AÇIKLAMASI	ARAZİ ALANI (BİN M ²)	KAMERA VE TEL ÖRGÜ	SAHA HAZIRLIĞI (€)	TOPLAM (€)
1.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 32 * Sabit	90	90000	260.000	350.000
2.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 32 * Sabit	90	90000	260.000	350.000
3.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	115	115000	340.000	455.000
4.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	115	115000	340.000	455.000
5.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	175	175000	510.000	685.000
6.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	175	175000	510.000	685.000
1.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 32 * Sabit	86	86000	250.000	336.000
2.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 32 * Sabit	86	86000	250.000	336.000
3.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	112	112000	330.000	442.000
4.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	112	112000	330.000	442.000
5.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	170	170000	500.000	670.000
6.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	170	170000	500.000	670.000
1.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 32 * Sabit	70	70000	205.000	275.000
2.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 32 * Sabit	70	70000	205.000	275.000
3.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	90	90000	265.000	355.000
4.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	90	90000	265.000	355.000
5.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	135	135000	395.000	530.000
6.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	135	135000	395.000	530.000
1.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 32 * Sabit	73	73000	215.000	288.000
2.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 32 * Sabit	73	73000	215.000	288.000
3.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	95	95000	280.000	375.000
4.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	95	95000	280.000	375.000
5.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	140	140000	410.000	550.000
6.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	140	140000	410.000	550.000
1.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 32 * Sabit	120	120000	350.000	470.000
2.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 32 * Sabit	120	120000	350.000	470.000
3.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	160	160000	465.000	625.000
4.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	160	160000	465.000	625.000
5.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	235	235000	680.000	915.000
6.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	235	235000	680.000	915.000
1.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 32 * Sabit	140	140000	405.000	545.000
2.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 32 * Sabit	140	140000	405.000	545.000
3.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	180	180000	520.000	700.000
4.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	180	180000	520.000	700.000
5.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	290	290000	835.000	1.125.000
6.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	290	290000	835.000	1.125.000

6.4.4 Projenin hazırlığı ve saha gezileri

Yatırım tablosunun bu kalemini ise santral yatırımcısı şirket tarafından proje'nin hazırlanması için yapılan tüm masraflar ve saha'ya yapılan etüt gezileri oluşturmaktadır. Bu bedel **50.000 €** olarak ele alınmıştır.

6.4.5 Arazi bedeli

Bu proje kapsamında sahanın satın alınmayıp devletten 49 yıllığına kiralanmasına göre ekonomik analizler yapılmıştır. TBMM'ce verilen desteğe göre "2012 yılı sonuna kadar devreye alınacak tesislerden ulaşım yollarından ve şebekeye bağlantı noktasına kadarki enerji nakil hatlarından yatırım ve işletme dönemlerinin ilk 10 yılında izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma izin bedellerinde % 85 indirim uygulanacaktır". Arazi bedeli kirası TBMM'ce verilen bu destek oranına göre hesaplanmıştır [177].

Karaman ili sınırları içerisindeki emlakçılarla yapılan görüşmeler sonrasında alınan bilgilere göre kuru tarım arazisi olan bölgelerdeki arazi satış bedeli ortalama 0,9 TL/m² olarak kabul edilmiştir. Bu bedel üzerinden hazine arazisi rakamları için kira bedeli 0,06 TL/m² olarak alınmış olup Çizelge 6.5'de sistemler için arazi bedelleri görülmektedir.

6.4.6 Kurulum ve devreye alma

Finansal analizin kurulum ve devreye alma kalemi güneş enerjisi santralının elektrik ve mekanik sistemlerinin kurulumu, devreye alımı, kabulü ve ulusal şebekeye enerji verilmesi için yapılan her türlü test ve işlemi kapsamaktadır. Süreç için yapılacak her türlü masraf, seyahat vb. kalemler ve şantiye kapanması ve demobilizasyon bu bedelin içindedir. Bu yüksek lisans tezi kapsamında değişik santraller incelendiği için bu kalemde değişik fiyatlar oluşmaktadır. Bu fiyatlar Çizelge 6.6'da gösterilmektedir.

Çizelge 6.5 : Arazi kiralama bedelleri

NO	SİSTEM AÇIKLAMA	ARAZİ ALANI (BİN M ²)	İLK 8 YIL(€)	SONRAKI YILLAR(€)
1.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	90	409	1.860
2.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	90	409	1.860
3.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	115	523	2.376
4.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	115	523	2.376
5.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	175	795	3.616
6.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	175	795	3.616
1.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	86	391	1.777
2.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	86	391	1.777
3.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	112	509	2.314
4.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	112	509	2.314
5.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	170	773	3.512
6.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	170	773	3.512
1.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	70	318	1.446
2.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	70	318	1.446
3.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	90	409	1.860
4.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	90	409	1.860
5.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	135	614	2.789
6.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	135	614	2.789
1.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	73	332	1.508
2.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	73	332	1.508
3.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	95	432	1.963
4.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	95	432	1.963
5.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	140	636	2.893
6.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	140	636	2.893
1.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	120	545	2.479
2.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	120	545	2.479
3.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	160	727	3.306
4.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	160	727	3.306
5.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	235	1.068	4.855
6.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	235	1.068	4.855
1.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	140	636	2.893
2.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	140	636	2.893
3.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	180	818	3.719
4.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	180	818	3.719
5.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	290	1.318	5.992
6.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	290	1.318	5.992

Çizelge 6.6 : Kurulum ve devreye alma giderleri

NO	SİSTEM AÇIKLAMA	ELEKTRİK İŞÇİLİK(€)	MEKANİK İŞÇİLİK(€)	DİĞER (€)	DEVREYE ALMA (€)	TOPLAM(€)
1.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	87.500	48.000	30.000	20.000	185.500
2.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	87.500	48.000	30.000	20.000	185.500
3.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	105.000	96.000	43.000	30.000	274.000
4.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	105.000	96.000	43.000	30.000	274.000
5.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	140.000	128.000	65.000	40.000	373.000
6.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	140.000	128.000	65.000	40.000	373.000
1.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	87.500	48.000	30.000	20.000	185.500
2.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	87.500	48.000	30.000	20.000	185.500
3.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	105.000	96.000	43.000	30.000	274.000
4.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	105.000	96.000	43.000	30.000	274.000
5.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	140.000	128.000	65.000	40.000	373.000
6.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	140.000	128.000	65.000	40.000	373.000
1.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	65.000	35.000	25.000	20.000	145.000
2.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	65.000	35.000	25.000	20.000	145.000
3.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	90.000	75.000	35.000	30.000	230.000
4.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	90.000	75.000	35.000	30.000	230.000
5.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	140.000	128.000	55.000	40.000	363.000
6.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	140.000	128.000	55.000	40.000	363.000
1.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	70.000	40.000	27.000	20.000	157.000
2.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	70.000	40.000	27.000	20.000	157.000
3.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	95.000	80.000	38.000	30.000	243.000
4.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	95.000	80.000	38.000	30.000	243.000
5.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	145.000	135.000	50.000	40.000	370.000
6.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	145.000	135.000	50.000	40.000	370.000
1.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	110.000	65.000	35.000	20.000	230.000
2.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	110.000	65.000	35.000	20.000	230.000
3.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	140.000	135.000	50.000	30.000	355.000
4.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	140.000	135.000	50.000	30.000	355.000
5.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	225.000	200.000	75.000	40.000	540.000
6.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	225.000	200.000	75.000	40.000	540.000
1.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	125.000	75.000	35.000	20.000	255.000
2.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	125.000	75.000	35.000	20.000	255.000
3.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	150.000	140.000	50.000	30.000	370.000
4.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	150.000	140.000	50.000	30.000	370.000
5.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	240.000	210.000	75.000	40.000	565.000
6.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	240.000	210.000	75.000	40.000	565.000

6.4.7 Trafo ve enerji nakil hattı

Yüksek lisans tezi çalışmasında daha önce belirtildiği gibi, kurulması planlanan güneş enerjisi santralinde üretilen enerjinin, ulusal şebekeye aktarılabilmesi için trafo kurulumu ve enerji nakil hatları vasıtasıyla TEİAŞ trafo merkezine bağlanması gerekmektedir. Söz konusu sistemin tahmini keşif bedeli aşağıda detaylandırılmıştır. GES şebeke bağlantısı birim keşif bedelleri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

Bağlantı hattı: Enerji santrali trafosu ile TEİAŞ trafo arası,

A- Havai hat olursa (3/0 Pigeon enerji iletim hattı) 25.000 € / km

B- Yeraltı kablosu olursa , (3x95+16 mm² XLPE) toprak kanalda 50.000 € / km

dir [178].

Normal TEİAŞ fiderinin bağlantı fiderine dönüştürülmesi ise 25.000 Euro olarak belirtilmektedir. Bu yüksek lisans tezi kapsamında gerçekleştirilen güneş enerjisi santralının bağlantı hattına “1” km uzakta olduğu ve havai hat ile bağlantı yapılacağı belirtilmiştir. Dolayısıyla bu fiyat **25.000 €** olarak alınacaktır.

Orta gerilim bağlantısı için gerekli olan Trafo, OG ölçüm ve kontrol sistemleri, AC/DC kablo, DC sinyal kablosu, kabin vb.donanımlar için gereken fiyatlar için ise piyasadaki güncel fiyatlar baz alınmış ve bu fiyat **180.000 €** olarak belirlenmiştir.

6.4.8 Üretim lisans bedeli

2010 yılı üretim lisans bedelleri EPDK'nın 2218 No.lu Kararı ile belirlenmiştir. Bilindiği üzere, Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği'nin 12. Maddesine esasen yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisi kurmak üzere lisans almak için başvuruda bulunan tüzel kişilerden lisans alma bedelinin yüzde biri dışında kalan tutarı tahsil edilmemektedir. Sonuç olarak lisans bedeli hesaplanırken aşağıda gösterilen EPDK'nın 2218 No'lu kararının birinci maddesinde belirlenen rakamın yüzde biri ödenecek olup Çizelge 6.7'deki şekilde belirlenmiştir [119].

Çizelge 6.7 : Üretim lisansı bedelleri

ÜretimLisansı, "P (kWh)"		
0 < P ≤ 1 MW	1.100	(binyüz)TL
1 < P ≤ 5 MW	2.750	(ikibinyediyüzelli)TL
5 < P ≤ 10 MW	5.500	(beşbinbeşyüz)TL
10 < P ≤ 25 MW	11.000	(onbirbin)TL
25 < P ≤ 50 MW	16.500	(onaltıbinbeşyüz)TL
50 < P ≤ 100 MW	27.500	(yirmiyedibinbeşyüz)YTL
100 < P ≤ 250 MW	55.000	(ellibeşbin)TL
250 < P ≤ 500 MW	82.500	(seksenikibinbeşyüz)TL
500 < P ≤ 1000 MW	165.000	(yüzaltmışbeşbin)TL
P>1000MW	275.000	(ikiyüzyetmişbeşbin)TL

Bu yüksek lisans tezi kapsamında gerçekleştirilen çalışmada üretim lisansı 5 MW için alınacağından lisans alma bedeli olarak **27,5 TL** ödemesi gerekecektir.

6.4.9 Beklenmeyen giderler

Fizibilite aşamasında öngörülmeven çeşitli giderleri ve uygulama aşamasında ortaya çıkabilecek olası fiyat artışlarını karşılayabilmek için toplam yatırım makine ve teçhizat maliyetinin % 1'i oranında beklenmeyen gider olacağı öngörülmüş ve Çizelge 6.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.8 : Beklenmeyen giderler

NO	SİSTEM AÇIKLAMA	BEKLENMEYEN GİDER(€)
1.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	75.050
2.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	75.300
3.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	90.450
4.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	90.700
5.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	104.950
6.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	105.200
1.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	73.250
2.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	73.500
3.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	88.650
4.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	88.900
5.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	103.150
6.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	103.400
1.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	91.300
2.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	91.550
3.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	103.000
4.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	103.250
5.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	111.650
6.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	111.900
1.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	90.600
2.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	90.850
3.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	103.350
4.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	103.600
5.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	113.100
6.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	113.350
1.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	64.500
2.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	64.350
3.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	88.650
4.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	88.500
5.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	110.100
6.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	109.950
1.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	67.350
2.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	67.200
3.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	94.500
4.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	94.350
5.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	115.700
6.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	115.550

6.4.10 Finansman giderleri

Finansman giderleri, vadeli mal alımı, kredi veya borç para alınması dolayısıyla ortaya çıkan faizler, kur farkları ve borçlanma ile ilgili sair masraflar olarak tanımlanmaktadır. Gerçek anlamda bir borçlanma olmamakla beraber, teminat mektupları için ödenen komisyonlar ve diğer giderler finansman gideri olarak kabul edilmektedir. Başka bir deyişle finansman giderleri, işletmelerin özsermayelerindeki yetersizlikten kaynaklanan dolayısıyla işletmenin bütününe ilgilendiren genel nitelikteki giderler olarak nitelendirilebilir.

Bu yüksek lisans tezi çalışması kapsamında bankalarla yapılan görüşmelerin sonunda bu rakamın alınan kredi oranının % 1,5’i olacağı öngörülmüş ve Çizelge 6.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 6.9 : Finansman giderleri

NO	SİSTEM AÇIKLAMA	FİNANSMAN GİDERİ (€)
1.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	90.000
2.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	90.000
3.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	110.000
4.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	109.000
5.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	127.000
6.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	128.000
1.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	90.000
2.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	88.000
3.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	80.000
4.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	80.000
5.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	125.000
6.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	125.000
1.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	105.000
2.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	106.000
3.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	120.000
4.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	120.000
5.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	133.000
6.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	133.000
1.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	105.000
2.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	106.000
3.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	120.000
4.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	120.000
5.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	135.000
6.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	135.000
1.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	80.000
2.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	80.000
3.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	110.000
4.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	109.000
5.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	135.000
6.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	137.000
1.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	85.000
2.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	85.000
3.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	116.000
4.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	115.000
5.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	145.000
6.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	145.000

6.4.11 Yatırım dönemi genel gideri

Yatırım dönemi genel gideri, tesis işletmeye alınana kadar şirketin ihtiyacı olacak işletme giderlerinden oluşmaktadır. Bu kapsamda, yatırım döneminde çalıştırılması planlanan personelin gideri ve sigorta gideri yatırım dönemi genel gideri olarak hesaba katılmıştır. Bu tutar firmalarla yapılan görüşmeler sonrası **80.000 €** olarak belirlenmiştir.

6.4.12 Toplam yatırım bedeli

Bölüm 6.4.1 ile Bölüm 6.4.11 arasında detaylı olarak açıklanan yatırım maliyetleri Çizelge 6.10’da özetlenmiştir.

Çizelge 6.10 : Toplam yatırım bedeli

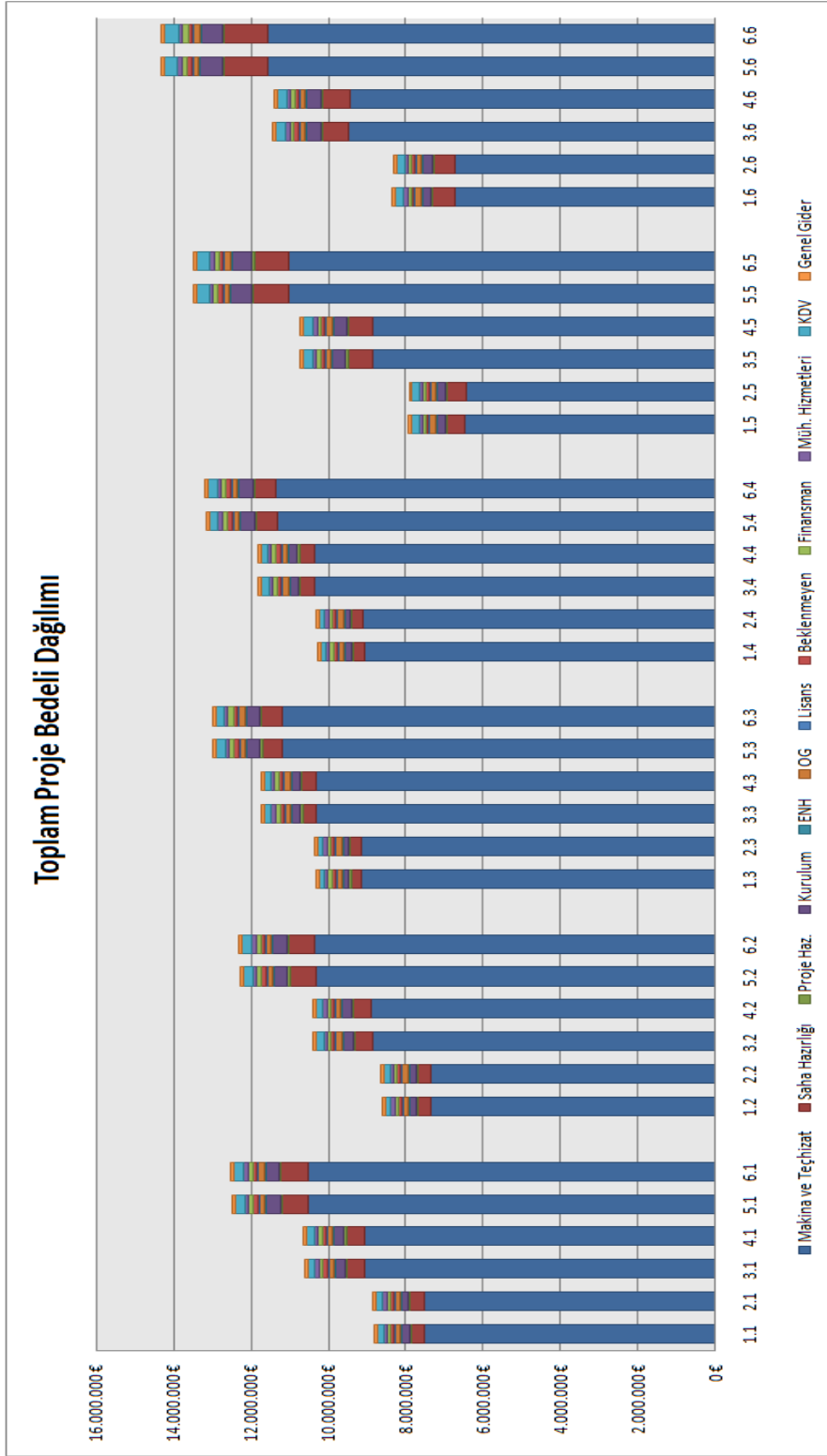
MO	SİSTEM AÇIKLAMASI	Müh. Hizmetleri	Makina ve Teçhizat	Saha Hazırlığı	Proje Haz.	Kurulum	EHİ	OG	Lisans	Beklenmeyen	Finansman	Toplam Yatırım
1.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	100.000 €	7.505.000 €	350.000 €	50.000 €	185.500 €	25.000 €	180.000 €	14 €	75.050 €	90.000 €	8.560.564 €
2.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	100.000 €	7.530.000 €	350.000 €	50.000 €	185.500 €	25.000 €	180.000 €	14 €	75.300 €	90.000 €	8.585.814 €
3.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	100.000 €	9.045.000 €	455.000 €	50.000 €	274.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	90.450 €	110.000 €	10.329.464 €
4.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	100.000 €	9.070.000 €	455.000 €	50.000 €	274.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	90.700 €	109.000 €	10.353.714 €
5.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	100.000 €	10.495.000 €	685.000 €	50.000 €	373.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	104.950 €	127.000 €	12.139.964 €
6.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	100.000 €	10.520.000 €	685.000 €	50.000 €	373.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	105.200 €	128.000 €	12.166.214 €
1.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	100.000 €	7.325.000 €	336.000 €	50.000 €	185.500 €	25.000 €	180.000 €	14 €	73.250 €	90.000 €	8.364.764 €
2.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	100.000 €	7.350.000 €	336.000 €	50.000 €	185.500 €	25.000 €	180.000 €	14 €	73.500 €	88.000 €	8.388.014 €
3.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	100.000 €	8.865.000 €	442.000 €	50.000 €	274.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	88.650 €	80.000 €	10.104.664 €
4.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	100.000 €	8.890.000 €	442.000 €	50.000 €	274.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	88.900 €	80.000 €	10.129.914 €
5.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	100.000 €	10.315.000 €	670.000 €	50.000 €	373.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	103.150 €	125.000 €	11.941.164 €
6.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	100.000 €	10.340.000 €	670.000 €	50.000 €	373.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	103.400 €	125.000 €	11.966.414 €
1.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	100.000 €	9.130.000 €	275.000 €	50.000 €	145.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	91.300 €	105.000 €	10.101.314 €
2.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	100.000 €	9.155.000 €	275.000 €	50.000 €	145.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	91.550 €	106.000 €	10.127.564 €
3.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	100.000 €	10.300.000 €	355.000 €	50.000 €	230.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	103.000 €	120.000 €	11.463.014 €
4.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	100.000 €	10.325.000 €	355.000 €	50.000 €	230.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	103.250 €	120.000 €	11.488.264 €
5.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	100.000 €	11.165.000 €	530.000 €	50.000 €	363.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	111.650 €	133.000 €	12.657.664 €
6.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	100.000 €	11.190.000 €	530.000 €	50.000 €	363.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	111.900 €	133.000 €	12.682.914 €
1.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	100.000 €	9.060.000 €	288.000 €	50.000 €	157.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	90.600 €	105.000 €	10.055.614 €
2.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	100.000 €	9.085.000 €	288.000 €	50.000 €	157.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	90.850 €	106.000 €	10.081.864 €
3.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	100.000 €	10.335.000 €	375.000 €	50.000 €	243.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	103.350 €	120.000 €	11.531.364 €
4.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	100.000 €	10.360.000 €	375.000 €	50.000 €	243.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	103.600 €	120.000 €	11.556.614 €
5.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	100.000 €	11.310.000 €	550.000 €	50.000 €	370.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	113.100 €	135.000 €	12.833.114 €
6.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	100.000 €	11.335.000 €	550.000 €	50.000 €	370.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	113.350 €	135.000 €	12.858.364 €
1.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	100.000 €	6.450.000 €	470.000 €	50.000 €	230.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	64.500 €	80.000 €	7.649.514 €
2.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	100.000 €	6.435.000 €	470.000 €	50.000 €	230.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	64.350 €	80.000 €	7.634.364 €
3.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	100.000 €	8.865.000 €	625.000 €	50.000 €	355.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	88.650 €	110.000 €	10.398.664 €
4.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	100.000 €	8.865.000 €	625.000 €	50.000 €	355.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	88.500 €	109.000 €	10.382.514 €
5.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	100.000 €	11.010.000 €	915.000 €	50.000 €	540.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	110.100 €	135.000 €	13.065.114 €
6.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	100.000 €	10.995.000 €	915.000 €	50.000 €	540.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	109.950 €	137.000 €	13.051.964 €
1.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	100.000 €	6.735.000 €	545.000 €	50.000 €	255.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	67.350 €	85.000 €	8.042.364 €
2.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	100.000 €	6.720.000 €	545.000 €	50.000 €	255.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	67.200 €	85.000 €	8.027.214 €
3.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	100.000 €	9.450.000 €	700.000 €	50.000 €	370.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	94.500 €	116.000 €	11.085.514 €
4.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	100.000 €	9.435.000 €	700.000 €	50.000 €	370.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	94.350 €	115.000 €	11.069.364 €
5.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	100.000 €	11.570.000 €	1.125.000 €	50.000 €	565.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	115.700 €	145.000 €	13.875.714 €
6.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	100.000 €	11.555.000 €	1.125.000 €	50.000 €	565.000 €	25.000 €	180.000 €	14 €	115.550 €	145.000 €	13.860.564 €

Toplam yatırım bedelinin üzerine, KDV'den muaf olan hizmetler ve donanımlar dışındaki hizmet ve donanımlar için ödenen KDV ve genel gider rakamları eklenerek toplam proje bedeli bulunur. Toplam proje bedeli Çizelge 6.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.11 : Toplam proje bedeli

NO	SİSTEM AÇIKLAMA	Toplam Yatırım Bedeli	KDV	Genel Gider	Toplam Proje Bedeli
1.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	8.560.564 €	160.293 €	80.000 €	8.800.856 €
2.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	8.585.814 €	160.293 €	80.000 €	8.826.106 €
3.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	10.329.464 €	195.123 €	80.000 €	10.604.586 €
4.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	10.353.714 €	195.123 €	80.000 €	10.628.836 €
5.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	12.139.964 €	254.343 €	80.000 €	12.474.306 €
6.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	12.166.214 €	254.343 €	80.000 €	12.500.556 €
1.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	8.364.764 €	157.773 €	80.000 €	8.602.536 €
2.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	8.388.014 €	157.773 €	80.000 €	8.625.786 €
3.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	10.104.664 €	192.783 €	80.000 €	10.377.446 €
4.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	10.129.914 €	192.783 €	80.000 €	10.402.696 €
5.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	11.941.164 €	251.643 €	80.000 €	12.272.806 €
6.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	11.966.414 €	251.643 €	80.000 €	12.298.056 €
1.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	10.101.314 €	139.503 €	80.000 €	10.320.816 €
2.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	10.127.564 €	139.503 €	80.000 €	10.347.066 €
3.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	11.463.014 €	169.203 €	80.000 €	11.712.216 €
4.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	11.488.264 €	169.203 €	80.000 €	11.737.466 €
5.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	12.657.664 €	224.643 €	80.000 €	12.962.306 €
6.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	12.682.914 €	224.643 €	80.000 €	12.987.556 €
1.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	10.055.614 €	144.003 €	80.000 €	10.279.616 €
2.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	10.081.864 €	144.003 €	80.000 €	10.305.866 €
3.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	11.531.364 €	175.143 €	80.000 €	11.786.506 €
4.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	11.556.614 €	175.143 €	80.000 €	11.811.756 €
5.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	12.833.114 €	229.503 €	80.000 €	13.142.616 €
6.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	12.858.364 €	229.503 €	80.000 €	13.167.866 €
1.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	7.649.514 €	189.903 €	80.000 €	7.919.416 €
2.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	7.634.364 €	189.903 €	80.000 €	7.904.266 €
3.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	10.398.664 €	240.303 €	80.000 €	10.718.966 €
4.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	10.382.514 €	240.303 €	80.000 €	10.702.816 €
5.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	13.065.114 €	325.803 €	80.000 €	13.470.916 €
6.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	13.051.964 €	325.803 €	80.000 €	13.457.766 €
1.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	8.042.364 €	207.903 €	80.000 €	8.330.266 €
2.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	8.027.214 €	207.903 €	80.000 €	8.315.116 €
3.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	11.085.514 €	256.503 €	80.000 €	11.422.016 €
4.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	11.069.364 €	256.503 €	80.000 €	11.405.866 €
5.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	13.875.714 €	368.103 €	80.000 €	14.323.816 €
6.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	13.860.564 €	368.103 €	80.000 €	14.308.666 €

Toplam proje bedeline ait dağılım grafiği Şekil 6.1’de gösterilmiş olup dağılım içinde en büyük gider kalemi “Makine ve Teçhizat” olarak görülmektedir.



Şekil 6.1 : Toplam proje bedeli dağılımı

6.5 Proje Giderleri

Proje özellikleri ve mevcut mevzuata göre, oluşması öngörülen proje giderleri aşağıda listelenmiştir:

- Faaliyet giderleri
- Yıllık lisans bedeli
- Faiz giderleri
- İletim sistemi kullanım ve işletim bedeli
- Komisyon gideri

Her bir gider kalemi ile ilgili mevzuat hükmü ve varsayımlar aşağıdaki bölümlerde detaylı olarak açıklanmıştır.

6.5.1 Faaliyet giderleri

Daha önce raporda belirtildiği üzere güneş enerjisi santrallerinin en önemli avantajlarından biri de faaliyet giderlerinin oldukça düşük olmasıdır. Faaliyet giderlerinin belirlenmesi amacıyla, benzer projelerde gerçekleşen işletme aktiviteleri ve bu aktivitelere ilişkin giderler incelenmiştir. Buna göre, finansal analiz kapsamında aşağıdaki giderlerin dikkate alınması gerekli görülmüştür:

- Personel giderleri
- Bakım ve yenileme giderleri
- Panel temizliği
- Sigorta gideri
- Stok maliyeti
- Genel beklenmeyen giderler

6.5.1.1 Personel giderleri

Bu proje kapsamında kurulması planlanan güneş enerjisi santrali ve şalt sahasında çalışacak personellerin adeti ve meslekleri aşağıda sıralanmıştır;

- 1 Adet teknisyen / panocu
- 2 Adet güvenlik / temizlik personeli

Yukarıda belirtilen personellerin aylık maaşları ve yıllık bedelleri Çizelge 6.12’de gösterildiği şekilde öngörülmüştür.

Çizelge 6.12 : Personel dağılımı ve ücretler

Meslek	Adet	Birim Brüt Ücret (€/Ay)	Toplam Brüt Ücret (€/Ay)	Toplam Brüt Ücret (€/Yıl)
Teknisyen / Panocu	1	1.000	1.000	12.000
Güvenlik / Temizlik Elemanı	2	500	1.000	12.000
			TOPLAM	24.000

6.5.1.2 Bakım, yenileme, işletme giderleri

GES projelerinde panellerin bakım ve yenileme gideri oldukça düşük olmaktadır. Öte yandan bakım ve yenileme kaleminin en önemli bileşeni evirici ve kablolardan kaynaklanan arızalar ve/veya yenileme giderleri olduğu öngörülmektedir. Ayrıca, karayoluna yakın konum nedeniyle hırsızlık veya panellere zarar verilmesi gibi olaylarla karşılaşılabilir.

Güneş enerjisi santrali üretime geçtiği ilk 5 yıl, kullanılan ekipmanların garanti kapsamında olmalarından dolayı yenileme gideri öngörülmemiştir. İlk 5 yıldan sonra oluşacak bakım – yenileme giderleri ilk 10 yıl için makina teçhizat ve bağlantı yatırım bedelinin % 0,5’i, sonrasında % 1’i olacağı kabul edilmiş olup değerler Çizelge 6.13’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.13 : Bakım, yenileme, işletme giderleri

NO	SİSTEM AÇIKLAMA	Makina ve Teçhizat	ENH	OG	İlk 10 Yıl	İkinci 10 Yıl
1.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	7.505.000 €	25.000 €	180.000 €	38.550 €	77.100 €
2.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	7.530.000 €	25.000 €	180.000 €	38.675 €	77.350 €
3.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	9.045.000 €	25.000 €	180.000 €	46.250 €	92.500 €
4.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	9.070.000 €	25.000 €	180.000 €	46.375 €	92.750 €
5.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	10.495.000 €	25.000 €	180.000 €	53.500 €	107.000 €
6.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	10.520.000 €	25.000 €	180.000 €	53.625 €	107.250 €
1.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	7.325.000 €	25.000 €	180.000 €	37.650 €	75.300 €
2.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	7.350.000 €	25.000 €	180.000 €	37.775 €	75.550 €
3.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	8.865.000 €	25.000 €	180.000 €	45.350 €	90.700 €
4.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	8.890.000 €	25.000 €	180.000 €	45.475 €	90.950 €
5.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	10.315.000 €	25.000 €	180.000 €	52.600 €	105.200 €
6.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	10.340.000 €	25.000 €	180.000 €	52.725 €	105.450 €
1.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	9.130.000 €	25.000 €	180.000 €	46.675 €	93.350 €
2.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	9.155.000 €	25.000 €	180.000 €	46.800 €	93.600 €
3.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	10.300.000 €	25.000 €	180.000 €	52.525 €	105.050 €
4.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	10.325.000 €	25.000 €	180.000 €	52.650 €	105.300 €
5.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	11.165.000 €	25.000 €	180.000 €	56.850 €	113.700 €
6.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	11.190.000 €	25.000 €	180.000 €	56.975 €	113.950 €
1.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	9.060.000 €	25.000 €	180.000 €	46.325 €	92.650 €
2.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	9.085.000 €	25.000 €	180.000 €	46.450 €	92.900 €
3.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	10.335.000 €	25.000 €	180.000 €	52.700 €	105.400 €
4.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	10.360.000 €	25.000 €	180.000 €	52.825 €	105.650 €
5.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	11.310.000 €	25.000 €	180.000 €	57.575 €	115.150 €
6.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	11.335.000 €	25.000 €	180.000 €	57.700 €	115.400 €
1.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	6.450.000 €	25.000 €	180.000 €	33.275 €	66.550 €
2.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	6.435.000 €	25.000 €	180.000 €	33.200 €	66.400 €
3.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	8.865.000 €	25.000 €	180.000 €	45.350 €	90.700 €
4.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	8.850.000 €	25.000 €	180.000 €	45.275 €	90.550 €
5.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	11.010.000 €	25.000 €	180.000 €	56.075 €	112.150 €
6.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	10.995.000 €	25.000 €	180.000 €	56.000 €	112.000 €
1.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	6.735.000 €	25.000 €	180.000 €	34.700 €	69.400 €
2.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	6.720.000 €	25.000 €	180.000 €	34.625 €	69.250 €
3.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	9.450.000 €	25.000 €	180.000 €	48.275 €	96.550 €
4.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	9.435.000 €	25.000 €	180.000 €	48.200 €	96.400 €
5.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	11.570.000 €	25.000 €	180.000 €	58.875 €	117.750 €
6.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	11.555.000 €	25.000 €	180.000 €	58.800 €	117.600 €

6.5.1.3 Panel temizliği

Güneş panelleri üzerine düşen güneş ışınlarının en yüksek oranda elektriğe çevirebilmesi için camla kaplı dış yüzeyinin olabildiğince temiz tutulması gerekmektedir. Aksi takdirde verim düşecek ve simülasyonlarda hesaplanan değerlerin altında bir üretim ile karşılaşılacaktır. Bu gibi bir durumla karşı karşıya gelmemek için analizde, her hafta sonu 2 işçi ile panel temizliği yapılacağı ve bu işlemin yıllık **10.000 Euro** maliyeti olacağı öngörülmüştür.

6.5.1.4 Tüm risk sigorta gideri

Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği'nin 39. Maddesi'nde aşağıdaki ifadeye yer verilmiştir:

“Madde 39- Lisans sahibi tüzel kişiler, gerçekleştirdikleri faaliyet ile ilgili varlıklarını faaliyet türlerine göre muhtemel risklere karşı korumak amacıyla sigorta ettirmekle yükümlüdür.

Bu kapsamda lisans sahibi tüzel kişiler üretim, iletim ve dağıtım tesislerini; doğal afetler, yangın ve kaza gibi riskleri kapsayan bir “varlık tüm risk” sigortası ile teminat altına alır.”

Yukarıda verilen madde uyarınca, piyasa araştırması yapılmış, sigorta şirketlerinden alınan ortalama değerlere göre, vergi ve fonlar hariç toplam yatırım bedelinin % 2,5'i oranında yıllık sigorta gideri olacağı öngörülmüş olup Çizelge 6.14'te gösterilmektedir.

Çizelge 6.14 : Tüm risk sigorta giderleri

NO	SİSTEM AÇIKLAMA	Yatırım Bedeli	Sigorta Bedeli
1.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	8.470.564 €	21.176 €
2.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	8.495.814 €	21.240 €
3.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	10.219.464 €	25.549 €
4.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	10.244.714 €	25.612 €
5.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	12.012.964 €	30.032 €
6.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	12.038.214 €	30.096 €
1.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	8.274.764 €	20.687 €
2.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	8.300.014 €	20.750 €
3.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	10.024.664 €	25.062 €
4.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	10.049.914 €	25.125 €
5.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	11.816.164 €	29.540 €
6.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	11.841.414 €	29.604 €
1.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	9.996.314 €	24.991 €
2.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	10.021.564 €	25.054 €
3.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	11.343.014 €	28.358 €
4.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	11.368.264 €	28.421 €
5.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	12.524.664 €	31.312 €
6.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	12.549.914 €	31.375 €
1.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	9.950.614 €	24.877 €
2.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	9.975.864 €	24.940 €
3.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	11.411.364 €	28.528 €
4.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	11.436.614 €	28.592 €
5.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	12.698.114 €	31.745 €
6.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	12.723.364 €	31.808 €
1.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	7.569.514 €	18.924 €
2.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	7.554.364 €	18.886 €
3.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	10.288.664 €	25.722 €
4.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	10.273.514 €	25.684 €
5.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	12.930.114 €	32.325 €
6.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	12.914.964 €	32.287 €
1.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	7.957.364 €	19.893 €
2.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	7.942.214 €	19.856 €
3.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	10.969.514 €	27.424 €
4.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	10.954.364 €	27.386 €
5.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	13.730.714 €	34.327 €
6.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	13.715.564 €	34.289 €

6.5.1.5 Genel beklenmeyen giderler

Fizibilite aşamasında, öngörülemez giderleri karşılayabilmek amacıyla işletme giderlerinin % 2,5'i oranında yıllık beklenmeyen/genel gider ayrılması uygun görülmüş olup ödenecek rakamlar sadece 1., 6. ve 16. yıllarda değişiklik göstereceği için bu değerler Çizelge 6.15'de gösterilmiştir. Diğer değerler finansal analizde ayrıntılı olarak kullanılmıştır.

Çizelge 6.15 : Genel beklenmeyen giderler

NO	SİSTEM AÇIKLAMA	1.YIL	6.YIL	16.YIL
1.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	1.379 €	2.343 €	3.307 €
2.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	1.381 €	2.348 €	3.315 €
3.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	1.489 €	2.645 €	3.801 €
4.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	1.490 €	2.650 €	3.809 €
5.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	1.601 €	2.938 €	4.276 €
6.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	1.602 €	2.943 €	4.284 €
1.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	1.367 €	2.308 €	3.250 €
2.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	1.369 €	2.313 €	3.258 €
3.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	1.477 €	2.610 €	3.744 €
4.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	1.478 €	2.615 €	3.752 €
5.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	1.589 €	2.904 €	4.219 €
6.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	1.590 €	2.908 €	4.226 €
1.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	1.475 €	2.642 €	3.809 €
2.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	1.476 €	2.646 €	3.816 €
3.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	1.559 €	2.872 €	4.185 €
4.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	1.561 €	2.877 €	4.193 €
5.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	1.633 €	3.054 €	4.475 €
6.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	1.634 €	3.059 €	4.483 €
1.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	1.472 €	2.630 €	3.788 €
2.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	1.473 €	2.635 €	3.796 €
3.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	1.563 €	2.881 €	4.198 €
4.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	1.565 €	2.885 €	4.206 €
5.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	1.644 €	3.083 €	4.522 €
6.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	1.645 €	3.088 €	4.530 €
1.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	1.323 €	2.155 €	2.987 €
2.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	1.322 €	2.152 €	2.982 €
3.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	1.493 €	2.627 €	3.761 €
4.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	1.492 €	2.624 €	3.756 €
5.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	1.658 €	3.060 €	4.462 €
6.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	1.657 €	3.057 €	4.457 €
1.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	1.347 €	2.215 €	3.082 €
2.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	1.346 €	2.212 €	3.078 €
3.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	1.536 €	2.742 €	3.949 €
4.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	1.535 €	2.740 €	3.945 €
5.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	1.708 €	3.180 €	4.652 €
6.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	1.707 €	3.177 €	4.647 €

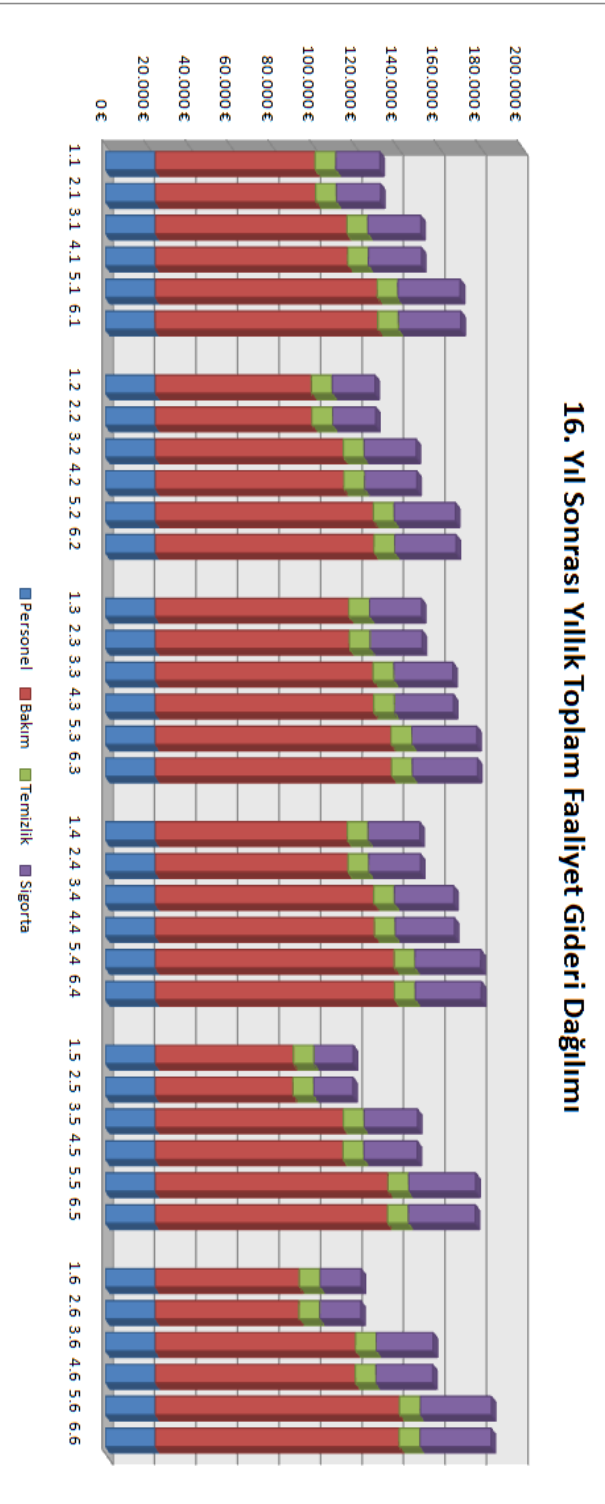
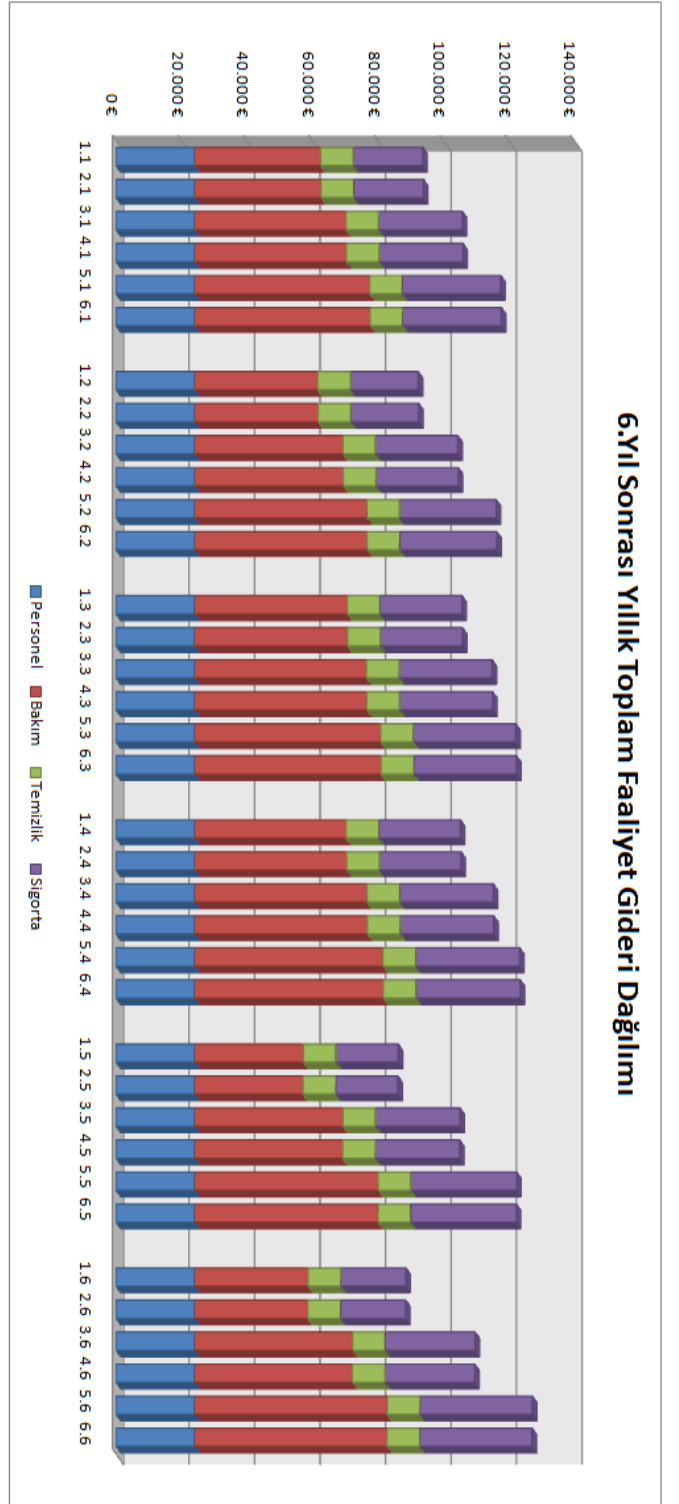
6.5.1.6 Toplam faaliyet giderleri

Bölüm 6.5.1.1–Bölüm 6.5.1.5’de detaylı olarak açıklanan faaliyet giderleri Çizelge 6.16’da özetlenmiştir. Faaliyet giderleri, genel beklenmeyen giderlerde olduğu gibi 1., 6. ve 16. yıllarda değişiklik gösterecektir. Dolayısıyla Çizelge 6.16’da sadece bu yıllar gösterilmiş olup ara yıllarda giderler aynı olacaktır.

Çizelge 6.16 : Toplam faaliyet giderleri

NO	SİSTEM AÇIKLAMA	1. YIL	6. YIL	16. YIL
1.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	56.556 €	96.070 €	132.276 €
2.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	56.621 €	96.262 €	132.590 €
3.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	61.037 €	108.444 €	152.049 €
4.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	61.102 €	108.636 €	152.362 €
5.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	65.633 €	120.471 €	171.032 €
6.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	65.698 €	120.664 €	171.346 €
1.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	56.054 €	94.645 €	129.987 €
2.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	56.119 €	94.838 €	130.300 €
3.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	60.538 €	107.022 €	149.762 €
4.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	60.603 €	107.215 €	150.075 €
5.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	65.129 €	119.044 €	168.740 €
6.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	65.194 €	119.237 €	169.054 €
1.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	60.466 €	108.307 €	152.341 €
2.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	60.530 €	108.500 €	152.654 €
3.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	63.916 €	117.755 €	167.408 €
4.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	63.981 €	117.947 €	167.721 €
5.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	66.944 €	125.216 €	179.012 €
6.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	67.009 €	125.409 €	179.325 €
1.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	60.348 €	107.832 €	151.527 €
2.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	60.413 €	108.024 €	151.840 €
3.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	64.092 €	118.109 €	167.928 €
4.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	64.156 €	118.302 €	168.242 €
5.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	67.389 €	126.403 €	180.895 €
6.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	67.454 €	126.596 €	181.208 €
1.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	54.247 €	88.354 €	119.474 €
2.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	54.208 €	88.238 €	119.286 €
3.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	61.215 €	107.698 €	150.422 €
4.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	61.176 €	107.583 €	150.234 €
5.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	67.983 €	125.460 €	178.475 €
6.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	67.945 €	125.345 €	178.287 €
1.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	55.241 €	90.808 €	123.293 €
2.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	55.202 €	90.693 €	123.106 €
3.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	62.959 €	112.441 €	157.974 €
4.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	62.921 €	112.326 €	157.786 €
5.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	70.035 €	130.382 €	186.077 €
6.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	69.996 €	130.266 €	185.889 €

Toplam faaliyet giderleri için 6. ve 16. yıllar sonrası yaşanan değişimler ve giderlerin dağılımı Şekil 6.2’de belirtilmiştir.



Şekil 6.2 : Toplam faaliyet giderleri dağılımı

6.5.2 Yıllık lisans bedeli

Bilindiği üzere, kurulması planlanan güneş enerjisi santrali için yıllık olarak üretilen enerji miktarına göre lisans bedeli ödenmesi gerekmektedir [119].

04.08.2002 tarih ve 24836 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliğinin 12. maddesi uyarınca 2010 yılında uygulanacak olan yıllık lisans bedeli, üretimi yapılan kWh başına 0,002 (sıfırtambindeiki) kuruş olarak tanımlanmaktadır ve bu bedel için Çizelge 6.14’de görülen bedeller ödenecektir.

Ancak, aşağıdaki paragrafta görüldüğü üzere, Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği’nin 12. Maddesi’nde YEK belgeli üretim tesisleri için, yıllık lisans bedeli konusunda da bir ayrıcalık tanınmış ve bu hüküm uyarınca, yıllık lisans bedelinin, kurulması planlanan güneş enerjisi santralının işletme döneminin 9. yılından itibaren ödeneceği öngörülmüş olup Çizelge 6.17’de 9.yıl için ödenecek bedeller gösterilmiştir. İlerleyen yıllarda ödenecek tutarlar ekonomik analiz çalışmasında gösterilmiştir.

Çizelge 6.17 : Yıllık lisans bedeli

SİSTEM AÇIKLAMA	Enerji Üretimi (MWh) 9.Yıl	Yıllık lisans bedeli(€)
ANELES 205 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	7.675	78
ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	7.525	76
ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	9.581	97
ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	9.388	95
ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	10.561	107
ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	10.346	105
Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	7.756	78
Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	7.604	77
Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	9.638	97
Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	9.443	95
Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	10.592	107
Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	10.375	105
Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	7.958	80
Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	7.801	79
Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	9.906	100
Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	9.707	98
Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	10.900	110
Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	10.678	108
Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	8.165	82
Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	8.003	81
Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	10.165	103
Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	9.959	101
Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	11.173	113
Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	10.941	111
Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	8.400	85
Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	8.234	83
Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	10.355	105
Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	10.142	102
Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	11.307	114
Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	11.067	112
Sharp 100 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	8.238	83
Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	8.074	82
Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	10.215	103
Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi	10.001	101
Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	10.970	111
Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen Güneş Takip Sistemi	10.708	108

6.5.3 Bağlantı bedeli

Bu projede, iletim hattına bağlantı için gereken yatırım miktarı piyasadan alınan güncel bilgilere göre **10.000 €** olarak belirlenmiş ve ekonomik analize yansıtılmıştır.

6.5.4 Faiz giderleri

Faiz giderleri, proje kapsamında alınan kredilerin faiz ödemelerinden oluşmaktadır. Faiz giderlerini oluşturan finansman koşulları Bölüm 6.6'da verilmiştir.

6.5.5 İletim sistemi kullanım ve işletim bedeli

Sistem kullanım ve işletim bedeli, üretici firmanın, ürettiği elektriği müşterisine satabilmek için hangi şebekeyi kullandığına göre belirlenen ve TEİAŞ ve/veya TEDAŞ'a ödenmesi gereken bir bedeldir.

Üretici firmanın dağıtım sistemini kullanmaktan ötürü ödeyeceği sistem kullanım ve işletim bedeli, EPDK'nın 323 ve 491/13 No.lu Kararları'nda; [179] iletim sistemini kullanmaktan dolayı ödeyeceği sistem kullanım ve işletim bedeli ise EPDK'nın 1894 No.lu Kararı'nda tanımlanmıştır [180].

Bu projede üretilen elektriğin doğrudan iletim şebekesine verilerek, dağıtım şirketlerine toptan satış yapılması planlanmakta, satış da doğrudan barada yapılacağı için dağıtım şebekesinin kullanılmayacağı öngörülmektedir. Dolayısıyla, proje kapsamında sadece iletim sistem kullanım ve işletim bedeli ödenecektir.

EPDK'nın 1894 No.lu Kararı'nın Ek-1'ine göre, Karaman ilinde kurulacak güneş enerjisi santrali 10. tarife bölgesinde yer almaktadır ve Çizelge 6.18'de görüldüğü üzere, 1894 No.lu Karar uyarınca 10. bölge için iletim sistem kullanım bedeli 2.120,22 TL/MW-yıl, işletim bedeli de 423,32 TL/MW-yıl olarak belirlenmiştir.

Çizelge 6.18 : Bölgesel iletim sistemi kullanım bedeli tarifesi (TL/MW-yıl)

Bölge	Sistem Kullanım	Sistem İşletim
1	13.258,40	423,32
2	7.183,89	423,32
3	88,41	423,32
4	88,45	423,32
5	5.739,39	423,32
6	10.309,25	423,32
7	7.509,43	423,32
8	1.844,21	423,32
9	21.428,09	423,32
10	2.120,22	423,32
11	5.931,88	423,32
12	11.896,09	423,32
13	87,69	423,32
14	7.750,78	423,32
15	13.333,21	423,32

Bu bağlamda sistem kullanım bedeli **10.601,1 TL/yıl** ödenecek olup 20/02/2001 yılında kabul edilen 4628 No.lu Elektrik Piyasası Kanunu Geçici Madde 14'e göre [114] 31/12/2012 tarihine kadar işletmeye girecek üretim ve otoprodüktör lisansı sahibi tüzel kişilere sağlanan teşvik gereği;

“Üretim tesislerinin, işletmeye giriş tarihlerinden itibaren beş yıl süreyle iletim sistemi sistem kullanım bedellerinden yüzde elli indirim yapılır” maddesine binaen ilk 5 yıl süresince **5.300,55 TL/yıl** ödeme yapılacaktır. Tesis için ödenecek yıllık işletim bedeli için ise **2.116,6 TL/yıl** ödeme yapılacaktır.

6.5.6 Komisyon gideri

Komisyon gideri, lisans için alınan teminat mektubu için ödenen komisyon miktarı olarak tanımlanmaktadır. Türkiye genelinde enerji projeleri göz önüne alınarak ortalama % 0,5 oranında komisyon gideri öngörülmüştür.

6.6 Proje Finansmanı

Projenin finansmanı konusunda öngörülen prosedür aşağıda özetlenmiştir:

Yatırım amaçlı nakit ihtiyacı, (varsa) öncelikle sistemdeki nakitten karşılanacak; akabinde kalan meblağ % 30 oranında özsermaye, % 70 oranında kredi ile karşılanacaktır.

Bu bağlamda, bankalarla yapılan görüşmeler sonucunda 10 yıl vadeli, 2 yıl geri ödemesiz kredi alınacağı ve kredi faizinin de % 4,5 olacağı kabul edilmiştir.

Sene sonu nakit açıklarının % 100 özsermaye ile karşılanacağı öngörülmüş olup BSMV % 5 KKDF ise % 0 oranında alınmıştır.

Yıllara göre kredi itfa tablosunun ilk 5 yılı Çizelge 6.19'da verilmiştir. Çizelge 6.19'da A: Anapara Ödemesi, F: Faiz Ödemesi, V: Vergi Ödemesi T: Toplam Kredi Ödemesi'ni ifade etmekte olup rakamlar ise ödeme yıllarını göstermektedir.

Çizelge 6.19 : Kredi itfa tablosu

MO	Toplam Yatırım	Genel Gider	Toplam	Kredi Miktarı	A1-T	F1-T	V1-T	T1-T	A2-T	F2-T	V2-T	T2-T
1.1	8.560.564 €	80.000 €	8.640.564 €	6.048.395 €	0 €	272.178 €	6.804 €	278.982 €	0 €	272.178 €	6.804 €	278.982 €
2.1	8.585.814 €	80.000 €	8.665.814 €	6.066.070 €	0 €	272.973 €	6.824 €	279.797 €	0 €	272.973 €	6.824 €	279.797 €
3.1	10.329.464 €	80.000 €	10.409.464 €	7.286.625 €	0 €	327.898 €	8.197 €	336.096 €	0 €	327.898 €	8.197 €	336.096 €
4.1	10.353.714 €	80.000 €	10.433.714 €	7.303.600 €	0 €	328.662 €	8.217 €	336.879 €	0 €	328.662 €	8.217 €	336.879 €
5.1	12.139.964 €	80.000 €	12.219.964 €	8.553.975 €	0 €	384.929 €	9.623 €	394.552 €	0 €	384.929 €	9.623 €	394.552 €
6.1	12.166.214 €	80.000 €	12.246.214 €	8.572.350 €	0 €	385.756 €	9.644 €	395.400 €	0 €	385.756 €	9.644 €	395.400 €
1.2	8.364.764 €	80.000 €	8.444.764 €	5.911.335 €	0 €	266.010 €	6.650 €	272.660 €	0 €	266.010 €	6.650 €	272.660 €
2.2	8.388.014 €	80.000 €	8.468.014 €	5.927.610 €	0 €	266.742 €	6.669 €	273.411 €	0 €	266.742 €	6.669 €	273.411 €
3.2	10.104.664 €	80.000 €	10.184.664 €	7.129.265 €	0 €	320.817 €	8.020 €	328.837 €	0 €	320.817 €	8.020 €	328.837 €
4.2	10.129.914 €	80.000 €	10.209.914 €	7.146.940 €	0 €	321.612 €	8.040 €	329.653 €	0 €	321.612 €	8.040 €	329.653 €
5.2	11.941.164 €	80.000 €	12.021.164 €	8.414.815 €	0 €	378.667 €	9.467 €	388.133 €	0 €	378.667 €	9.467 €	388.133 €
6.2	11.966.414 €	80.000 €	12.046.414 €	8.432.490 €	0 €	379.462 €	9.487 €	388.949 €	0 €	379.462 €	9.487 €	388.949 €
1.3	10.101.314 €	80.000 €	10.181.314 €	7.126.920 €	0 €	320.711 €	8.018 €	328.729 €	0 €	320.711 €	8.018 €	328.729 €
2.3	10.127.564 €	80.000 €	10.207.564 €	7.145.295 €	0 €	321.538 €	8.038 €	329.577 €	0 €	321.538 €	8.038 €	329.577 €
3.3	11.463.014 €	80.000 €	11.543.014 €	8.080.110 €	0 €	363.605 €	9.090 €	372.695 €	0 €	363.605 €	9.090 €	372.695 €
4.3	11.488.264 €	80.000 €	11.568.264 €	8.097.785 €	0 €	364.400 €	9.110 €	373.510 €	0 €	364.400 €	9.110 €	373.510 €
5.3	12.657.664 €	80.000 €	12.737.664 €	8.916.365 €	0 €	401.236 €	10.031 €	411.267 €	0 €	401.236 €	10.031 €	411.267 €
6.3	12.682.914 €	80.000 €	12.762.914 €	8.934.040 €	0 €	402.032 €	10.051 €	412.083 €	0 €	402.032 €	10.051 €	412.083 €
1.4	10.055.614 €	80.000 €	10.135.614 €	7.094.930 €	0 €	319.272 €	7.982 €	327.254 €	0 €	319.272 €	7.982 €	327.254 €
2.4	10.081.864 €	80.000 €	10.161.864 €	7.113.305 €	0 €	320.099 €	8.002 €	328.101 €	0 €	320.099 €	8.002 €	328.101 €
3.4	11.531.364 €	80.000 €	11.611.364 €	8.127.955 €	0 €	365.758 €	9.144 €	374.902 €	0 €	365.758 €	9.144 €	374.902 €
4.4	11.556.614 €	80.000 €	11.636.614 €	8.145.630 €	0 €	366.553 €	9.164 €	375.717 €	0 €	366.553 €	9.164 €	375.717 €
5.4	12.833.114 €	80.000 €	12.913.114 €	9.039.180 €	0 €	406.763 €	10.169 €	416.932 €	0 €	406.763 €	10.169 €	416.932 €
6.4	12.858.364 €	80.000 €	12.938.364 €	9.056.855 €	0 €	407.558 €	10.189 €	417.747 €	0 €	407.558 €	10.189 €	417.747 €
1.5	7.649.514 €	80.000 €	7.729.514 €	5.410.660 €	0 €	243.480 €	6.087 €	249.567 €	0 €	243.480 €	6.087 €	249.567 €
2.5	7.634.364 €	80.000 €	7.714.364 €	5.400.055 €	0 €	243.002 €	6.075 €	249.078 €	0 €	243.002 €	6.075 €	249.078 €
3.5	10.398.664 €	80.000 €	10.478.664 €	7.335.065 €	0 €	330.078 €	8.252 €	338.330 €	0 €	330.078 €	8.252 €	338.330 €
4.5	10.382.514 €	80.000 €	10.462.514 €	7.323.760 €	0 €	329.569 €	8.239 €	337.808 €	0 €	329.569 €	8.239 €	337.808 €
5.5	13.065.114 €	80.000 €	13.145.114 €	9.201.580 €	0 €	414.071 €	10.352 €	424.423 €	0 €	414.071 €	10.352 €	424.423 €
6.5	13.051.964 €	80.000 €	13.131.964 €	9.192.375 €	0 €	413.657 €	10.341 €	423.998 €	0 €	413.657 €	10.341 €	423.998 €
1.6	8.042.364 €	80.000 €	8.122.364 €	5.685.655 €	0 €	255.854 €	6.396 €	262.251 €	0 €	255.854 €	6.396 €	262.251 €
2.6	8.027.214 €	80.000 €	8.107.214 €	5.675.050 €	0 €	255.377 €	6.384 €	261.762 €	0 €	255.377 €	6.384 €	261.762 €
3.6	11.085.514 €	80.000 €	11.165.514 €	7.815.860 €	0 €	351.714 €	8.793 €	360.507 €	0 €	351.714 €	8.793 €	360.507 €
4.6	11.069.364 €	80.000 €	11.149.364 €	7.804.555 €	0 €	351.205 €	8.780 €	359.985 €	0 €	351.205 €	8.780 €	359.985 €
5.6	13.875.714 €	80.000 €	13.955.714 €	9.769.000 €	0 €	439.605 €	10.990 €	450.595 €	0 €	439.605 €	10.990 €	450.595 €
6.6	13.860.564 €	80.000 €	13.940.564 €	9.758.395 €	0 €	439.128 €	10.978 €	450.106 €	0 €	439.128 €	10.978 €	450.106 €

Çizelge 6.19 : Kredi ifta tablosu (devam)

A3-T	F3-T	V3-T	T3-T	A4-T	F4-T	V4-T	T4-T	A5-T	F5-T	V5-T	T5-T
756.049 €	263.672 €	13.184 €	1.032.905 €	756.049 €	229.650 €	11.482 €	997.182 €	756.049 €	195.628 €	9.781 €	961.458 €
758.259 €	264.443 €	13.222 €	1.035.924 €	758.259 €	230.321 €	11.516 €	1.000.096 €	758.259 €	196.199 €	9.810 €	964.268 €
910.828 €	317.651 €	15.883 €	1.244.382 €	910.828 €	276.664 €	13.833 €	1.201.325 €	910.828 €	235.677 €	11.784 €	1.158.289 €
912.950 €	318.391 €	15.920 €	1.247.281 €	912.950 €	277.309 €	13.885 €	1.204.124 €	912.950 €	236.226 €	11.811 €	1.160.987 €
1.069.247 €	372.900 €	18.645 €	1.460.792 €	1.069.247 €	324.784 €	16.239 €	1.410.270 €	1.069.247 €	276.668 €	13.833 €	1.359.748 €
1.071.544 €	373.701 €	18.685 €	1.463.930 €	1.071.544 €	325.481 €	16.274 €	1.413.299 €	1.071.544 €	277.262 €	13.863 €	1.362.669 €
738.917 €	257.697 €	12.885 €	1.009.499 €	738.917 €	224.446 €	11.222 €	974.585 €	738.917 €	191.195 €	9.560 €	939.671 €
740.951 €	258.407 €	12.920 €	1.012.278 €	740.951 €	225.064 €	11.253 €	977.268 €	740.951 €	191.721 €	9.586 €	942.258 €
891.158 €	310.791 €	15.540 €	1.217.489 €	891.158 €	270.689 €	13.534 €	1.175.382 €	891.158 €	230.587 €	11.529 €	1.133.275 €
893.367 €	311.562 €	15.578 €	1.220.507 €	893.367 €	271.360 €	13.568 €	1.178.296 €	893.367 €	231.159 €	11.558 €	1.136.084 €
1.051.852 €	366.833 €	18.342 €	1.437.027 €	1.051.852 €	319.500 €	15.975 €	1.387.327 €	1.051.852 €	272.167 €	13.608 €	1.337.627 €
1.054.061 €	367.604 €	18.380 €	1.440.045 €	1.054.061 €	320.171 €	16.009 €	1.390.241 €	1.054.061 €	272.738 €	13.637 €	1.340.436 €
890.865 €	310.689 €	15.534 €	1.217.089 €	890.865 €	270.600 €	13.530 €	1.174.995 €	890.865 €	230.511 €	11.526 €	1.132.902 €
893.162 €	311.490 €	15.575 €	1.220.227 €	893.162 €	271.298 €	13.565 €	1.178.025 €	893.162 €	231.106 €	11.555 €	1.135.823 €
1.010.014 €	352.242 €	17.612 €	1.379.888 €	1.010.014 €	306.792 €	15.340 €	1.332.145 €	1.010.014 €	261.341 €	13.067 €	1.284.422 €
1.012.223 €	353.013 €	17.651 €	1.382.887 €	1.012.223 €	307.463 €	15.373 €	1.335.059 €	1.012.223 €	261.913 €	13.096 €	1.287.231 €
1.114.546 €	388.698 €	19.435 €	1.522.678 €	1.114.546 €	338.543 €	16.927 €	1.470.016 €	1.114.546 €	288.389 €	14.419 €	1.447.354 €
1.116.755 €	389.468 €	19.473 €	1.525.697 €	1.116.755 €	339.214 €	16.961 €	1.472.930 €	1.116.755 €	288.960 €	14.448 €	1.420.163 €
886.866 €	309.295 €	15.465 €	1.211.626 €	886.866 €	269.386 €	13.469 €	1.169.721 €	886.866 €	229.477 €	11.474 €	1.127.817 €
889.163 €	310.096 €	15.505 €	1.214.476 €	889.163 €	270.083 €	13.504 €	1.172.751 €	889.163 €	230.071 €	11.504 €	1.130.738 €
1.015.994 €	354.328 €	17.716 €	1.388.039 €	1.015.994 €	308.608 €	15.430 €	1.340.033 €	1.015.994 €	262.889 €	13.144 €	1.292.027 €
1.018.204 €	355.099 €	17.755 €	1.391.057 €	1.018.204 €	309.279 €	15.464 €	1.342.947 €	1.018.204 €	263.460 €	13.173 €	1.294.837 €
1.129.897 €	394.052 €	19.703 €	1.543.652 €	1.129.897 €	343.206 €	17.160 €	1.490.264 €	1.129.897 €	292.361 €	14.618 €	1.436.876 €
1.132.107 €	394.822 €	19.741 €	1.546.670 €	1.132.107 €	343.877 €	17.194 €	1.493.178 €	1.132.107 €	292.933 €	14.647 €	1.439.686 €
676.332 €	235.871 €	11.794 €	923.997 €	676.332 €	205.436 €	10.272 €	892.040 €	676.332 €	175.001 €	8.750 €	860.084 €
675.007 €	235.409 €	11.770 €	922.186 €	675.007 €	205.033 €	10.252 €	890.292 €	675.007 €	174.658 €	8.733 €	858.398 €
916.883 €	319.763 €	15.988 €	1.252.634 €	916.883 €	278.503 €	13.925 €	1.209.311 €	916.883 €	237.243 €	11.862 €	1.165.989 €
915.470 €	319.270 €	15.964 €	1.250.704 €	915.470 €	278.074 €	13.904 €	1.207.448 €	915.470 €	236.878 €	11.844 €	1.164.192 €
1.150.197 €	401.131 €	20.057 €	1.571.385 €	1.150.197 €	349.372 €	17.469 €	1.577.039 €	1.150.197 €	297.614 €	14.881 €	1.462.692 €
1.149.047 €	400.730 €	20.037 €	1.569.813 €	1.149.047 €	349.023 €	17.451 €	1.515.521 €	1.149.047 €	297.316 €	14.866 €	1.461.229 €
710.707 €	247.859 €	12.393 €	970.959 €	710.707 €	215.877 €	10.794 €	937.378 €	710.707 €	183.895 €	9.195 €	903.797 €
709.381 €	247.397 €	12.370 €	969.148 €	709.381 €	215.475 €	10.774 €	935.629 €	709.381 €	183.552 €	9.178 €	902.111 €
976.982 €	340.723 €	17.036 €	1.334.741 €	976.982 €	296.758 €	14.838 €	1.288.579 €	976.982 €	252.794 €	12.640 €	1.242.416 €
975.569 €	340.230 €	17.011 €	1.332.811 €	975.569 €	296.329 €	14.816 €	1.286.715 €	975.569 €	252.429 €	12.621 €	1.240.619 €
1.221.125 €	425.867 €	21.293 €	1.668.286 €	1.221.125 €	370.917 €	18.546 €	1.610.588 €	1.221.125 €	315.966 €	15.798 €	1.552.889 €
1.219.799 €	425.405 €	21.270 €	1.666.475 €	1.219.799 €	370.514 €	18.526 €	1.608.839 €	1.219.799 €	315.623 €	15.781 €	1.551.204 €

6.7 Finansal Analiz

Yatırım bedelinin, proje gelirlerinin ve giderlerinin belirlenmesi ve finansman koşullarının öngörülmesinin ardından, bu veriler esas alınarak tez kapsamında değişik senaryolar için finansal analizler gerçekleştirilmiştir.

Aşağıdaki bölümlerde, öncelikle mevcut durumda uygulamada olan mevzuat incelenmiş; ilgili mevzuat hükümleri ve öngörülen varsayımlar özetlenmiş; ardından bu hükümler ve varsayımlar doğrultusunda gerçekleştirilen finansal analizin detayları sunulmuştur.

6.7.1 İlgili mevzuat ve öngörülen varsayımlar

Halihazırda yürürlükte bulunan mevzuat gereği yenilenebilir enerji santral projeleri, altyapı ve enerji yatırımları dahilinde teşvik kapsamına alınan yatırımlardır. Bu bağlamda, ilerleyen bölümlerde ilgili mevzuata göre dikkate alınan yükümlülükler ve öngörülen varsayımlar açıklanmıştır.

6.7.1.1 Yatırım teşviki

Daha önce de belirtildiği üzere, lisans süresince yatırım teşviki alınabileceği öngörülmüş, bu bağlamda Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Kararın Uygulanmasına İlişkin Tebliğ ile Gelir Vergisi Kanunu hükümlerine uygun olarak, yatırım teşvik belgesine istinaden hak kazanılacağı öngörülen istisnalar aşağıda listelenmiştir.

6.7.1.1.1 Vergi, resim ve harç istisnası

4884 No.lu Damga Vergisi Kanunu uyarınca proje kapsamındaki ekonomik analizler, aşağıdaki istisnalar göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir [181].

Elektrik üretim şirketinin kuruluş safhasında, damga vergisinden ve noter harcı gibi diğer harçlardan istisna tutulacaktır.

Yatırım dönemlerinde, alınacak kredilerin ve bu kredilerle ilgili yapılacak genel kredi sözleşmelerinin damga vergisinden istisna tutulacaktır.

Geçici ve kesin teminat mektuplarının ve bu mektuplarla ilgili genel kredi sözleşmelerinin damga vergisinden istisna tutulacaktır.

6.7.1.1.2 Katma değer vergisi istisnası

Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Kararın Uygulanmasına İlişkin Tebliğ'in 19. Maddesi uyarınca bu proje kapsamında da makine ve teçhizat alım işlemlerinin KDV'den istisna tutulacağı aşikardır [182].

6.7.2 Elektrik piyasası kanunu ile sağlanan teşvikler

Elektrik Piyasası Kanunu'na göre; 31/12/2012 tarihine kadar işletmeye girecek üretim ve otoprodüktör lisansı sahibi tüzel kişilere aşağıdaki teşvikler sağlanır [116]:

- Üretim tesislerinin, işletmeye giriş tarihlerinden itibaren beş yıl süreyle iletim sistemi sistem kullanım bedellerinden yüzde elli indirim yapılır.
- Üretim tesislerinin yatırım döneminde, üretim tesisleriyle ilgili yapılan işlemler ve düzenlenen kâğıtlar damga vergisi ve harçtan müstesnadır.

6.7.3 Zarar mahsubu

Kurumlar Vergisi Kanunu'nun 9. Maddesi uyarınca zarar mahsubu gerçekleştirilmiştir [183].

6.7.4 Amortisman

Amortisman, teşebbüslerin sahibi oldukları ekonomik değerlerde, fiziksel ve ekonomik nedenler sonucu oluşan değer azalmalarının, eksilmelerin, yıpranmaların vb. sermayede oluşturacağı olumsuz etkilerin giderilmesi amacı ile hesaben giderleştirilerek finanse edilmesi olarak tanımlanmaktadır [184].

Çizelge 6.20 : Amortisman süreleri

Harcama Türü	Amortisman süresi(Yıl)
Mühendislik Hizmetleri	15
Sahanın hazırlanması, İnşaat işleri ve Güvenlik giderleri	25
Makine ve Teçhizat	25
Proje hazırlığı ve Saha gezileri	15
Kurulum ve Devreye Alma	25
Trafo ve Enerji nakil hattı	30
Lisans bedeli	15
Beklenmeyen giderler	25
İşletme sermayesi	25
Finansman giderleri	25

25563 sayılı Vergi Usul Kanunu Genel Tebliğine göre (İktisadi Kıymetler için Amortisman Oranları) ekonomik analiz senaryolarında Çizelge 6.20’de belirtilen amortisman süreleri uygulanmış olup örnek olarak 3.5. sisteme (Firstsolar, SMA Evirici, Tek Eksen) ait amortisman bedelleri Çizelge 6.21’de verilmektedir [185].

Amortisman hesaplamalarında normal amortisman yöntemi kullanılmış olup bu yöntem zamanın fonksiyonunu, kullanımın fonksiyonunun yerine koymakta ve basit olması nedeniyle uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır [186].

5.3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
100.000€	6.667€	6.667€	6.667€	6.667€	6.667€	6.667€	6.667€	6.667€	6.667€	6.667€	6.667€	6.667€
530.000€	21.200€	21.200€	21.200€	21.200€	21.200€	21.200€	21.200€	21.200€	21.200€	21.200€	21.200€	21.200€
11.165.000€	446.600€	446.600€	446.600€	446.600€	446.600€	446.600€	446.600€	446.600€	446.600€	446.600€	446.600€	446.600€
50.000€	3.333€	3.333€	3.333€	3.333€	3.333€	3.333€	3.333€	3.333€	3.333€	3.333€	3.333€	3.333€
363.000€	14.520€	14.520€	14.520€	14.520€	14.520€	14.520€	14.520€	14.520€	14.520€	14.520€	14.520€	14.520€
205.000€	6.833€	6.833€	6.833€	6.833€	6.833€	6.833€	6.833€	6.833€	6.833€	6.833€	6.833€	6.833€
14€	1€	1€	1€	1€	1€	1€	1€	1€	1€	1€	1€	1€
111.650€	4.466€	4.466€	4.466€	4.466€	4.466€	4.466€	4.466€	4.466€	4.466€	4.466€	4.466€	4.466€
80.000€	3.200€	3.200€	3.200€	3.200€	3.200€	3.200€	3.200€	3.200€	3.200€	3.200€	3.200€	3.200€
133.000€	5.320€	5.320€	5.320€	5.320€	5.320€	5.320€	5.320€	5.320€	5.320€	5.320€	5.320€	5.320€
TOPLAM	512.140€	512.140€	512.140€	512.140€	512.140€	512.140€	512.140€	512.140€	512.140€	512.140€	512.140€	512.140€

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
6.667€	6.667€	6.667€										
21.200€	21.200€	21.200€	21.200€	21.200€	21.200€	21.200€	21.200€	21.200€	21.200€	21.200€	21.200€	21.200€
446.600€	446.600€	446.600€	446.600€	446.600€	446.600€	446.600€	446.600€	446.600€	446.600€	446.600€	446.600€	446.600€
3.333€	3.333€	3.333€										
14.520€	14.520€	14.520€	14.520€	14.520€	14.520€	14.520€	14.520€	14.520€	14.520€	14.520€	14.520€	14.520€
6.833€	6.833€	6.833€	6.833€	6.833€	6.833€	6.833€	6.833€	6.833€	6.833€	6.833€	6.833€	6.833€
1€	1€	1€										
4.466€	4.466€	4.466€	4.466€	4.466€	4.466€	4.466€	4.466€	4.466€	4.466€	4.466€	4.466€	4.466€
3.200€	3.200€	3.200€	3.200€	3.200€	3.200€	3.200€	3.200€	3.200€	3.200€	3.200€	3.200€	3.200€
5.320€	5.320€	5.320€	5.320€	5.320€	5.320€	5.320€	5.320€	5.320€	5.320€	5.320€	5.320€	5.320€
512.140€	512.140€	512.140€	502.139€	502.139€	502.139€	502.139€	502.139€	502.139€	502.139€	502.139€	502.139€	502.139€

Çizelge 6.21 : Amortisman bedelleri (Sistem 3.5)

6.7.5 Yedek akçe

Türk Ticaret Kanunu'nda belirtilen 1. tertip ve 2. tertip yedek akçelerin nakit olarak ayrılacağı kabul edilmiş fakat kar dağıtımını yapılmayacağı için 2. tertip yedek akçe ayrılmamıştır [187].

6.7.6 Kar Dağıtım

Finansal analiz hazırlanırken kar dağıtımını yapılmayacağı kabul edilmiştir.

6.7.7 Vergiler

21.06.2006 tarihli ve 26205 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Kurumlar Vergisi Kanunu'nun 32/1. maddesi'ne göre, kurumlar vergisi % 20'dir [188].

6.7.8 Stopaj ve fonlar

Bu yüksek lisans tez çalışması kapsamında mevzuat uyarınca herhangi bir stopaj ya da fon kesintisi uygulanmamıştır [189].

6.8 Mali Tablolar

Önceki bölümlerde belirlenen yatırım bedeli, gelirler, giderler ve öngörülen finansman koşulları doğrultusunda, Bölüm 6.7'de detaylı olarak açıklanan mevzuat hükümlerine göre, projenin mali tabloları hazırlanmıştır. Enerji projelerinde, projenin mali tabloları hesaplanırken çoğunlukla "Geri Ödeme Süresi Hesabı" ve IRR (İç Karlılık Oranı) hesapları kullanılmaktadır. Bu tez kapsamında da bu iki ekonomik analiz yöntemi kullanılarak çalışma gerçekleştirilmiştir.

6.8.1 Geri ödeme süresi hesabı

Geri ödeme süresi, projenin getirilerinin toplamının, yatırım bedellerini geçtiği zamana verilen isim olarak adlandırılır. Bir diğer ifadeyle projenin kara geçtiği zaman olarak da tanımlanabilmektedir [190].

Geri ödeme süresi yöntemi, yatırım projelerinin değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler içinde en çok kullanılanlardan biri olarak gösterilmektedir. Bu yöntem ile yatırımcılar, yatırımlarının rasyonel olup olmadıklarını kolaylıkla anlayabilirler.

Geri ödeme süresi, bir zaman kavramı olup kârlılık ölçüsü değildir. Yatırım projelerinin geri ödeme süresi kısaldıkça, yatırımın daha az riskli olacağı ve likiditesinin artacağı belirtilmektedir [191].

Geri ödeme süresi formüsel olarak ise, [192]

$$GÖS = YT / (N_{gy} - YG) \quad (6.1)$$

şeklinde gösterilebilir.

Burada,

GÖS : Geri Ödeme Süresi, (Yıl)

YT : Yatırım Tutarı (€)

N_{gy} : Yıllık Net Nakit Girişi (€/Yıl)

YG : Yıllık Gider (€/Yıl) olarak belirtilmektedir.

6.8.2 İç karlılık hesabı (IRR)

İç karlılık oranını ile projeler için ekonomik analiz uygulamak oldukça yaygın bir yöntem olarak belirtilmektedir. Genel bir tanım ile maliyetlerin bugünkü değerini, faydaların bugünkü değerine eşitleyen faiz veya indirim oranının değerine IRR adı verilmektedir [193]. IRR hesabı genel olarak

$$\sum [C_n / (1 + r)^n] = \sum [B_n / (1 + r)^n] \quad (6.2)$$

formülü ile hesaplanır. Formül’de

“ C_n ” maliyet, “ B_n ” fayda, “ r ” faiz oranı “ n ” ise süreyi belirtir [194].

Proje hesaplandıktan sonra elde edilen IRR oranı, devlet tarafından belirlenmiş olan faiz oranlarından daha iyi bir getiri getiriyor ise proje karlı olarak kabul edilmektedir. Dolayısıyla IRR, proje içerisindeki fayda ve maliyet oranları arasındaki faiz getirisi olarak da tanımlanabilir.

6.8.3 Geri ödeme süresi hesabı ile ekonomik analiz

Bu yüksek lisans tezi kapsamında, 36 farklı sistem karşılaştırılmış olup bu sistemlerin kurulumu, bakımı ve işletimi sırasında gerekli olan her türlü detay incelenmiştir. Geri ödeme süresi hesabı ile ekonomik analiz yapılırken tüm sistemlerin her türlü finansal girdisi ve çıktısı sisteme girilmiş olup 36 farklı sistem içindeki geri ödeme süresi en kısa olan sistem bu başlık altında ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Çizelge 6.22’de tüm sistemlerin geri ödeme süreleri gösterilmiş olup Şekil 6.12’de karşılaştırılmıştır. Çizelge 6.22 incelendiğinde sistemler için “Proje Yılı” ve “İşletme Yılı” gösterilmiştir. Gösterilen bu yıllar o sistemin hangi yılda kendisini geri ödediğini göstermektedir. Geri ödeme süresi hesabının en temelinde yatan hesaplama yöntemine göre bu süreler içerisinde en küçük olan süreye sahip sistem kendisini en kısa sürede geri ödeyen sistem olarak belirtilmektedir. Çizelge 6.22 incelendiğinde;

- Sistem 3.1 ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi
- Sistem 1.5 Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 32° Sabit
- Sistem 2.5 Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 32° Sabit
- Sistem 3.5 Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi
- Sistem 4.5 Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen Güneş Takip Sistemi
- Sistem 1.6 Sharp 100 W SMA Tripower 17000 32° Sabit ve
- Sistem 2.6 Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 32° Sabit

sistemlerinin 3. işletme yılları sonunda geri ödeme sürelerini tamamladıkları görülmektedir. Bununla birlikte bu 7 sistem için “Kümülatif Serbest Nakit Akışı” bölümü incelendiğinde “Sistem 1.5 Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 32° Sabit” sisteminin 3. işletme yılı sonunda en yüksek “Kümülatif Serbest Nakit Akışı’na” sahip olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar eşliğinde 36 farklı sistem içerisinde “Sistem 1.5’in” en kısa geri ödeme süresine sahip sistem olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.22 : 36 sistem için geri ödeme tabloları (devam)

	1.3	2.3	3.3	4.3	5.3	6.3	1.4	2.4	3.4	4.4	5.4	6.4
Proje Yılı	6	7	5	6	5	6	6	6	5	5	5	5
İşleme Yılı	5	6	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4
GELİRLER	2.055.359 €	1.987.832 €	2.571.412 €	2.507.320 €	2.829.375 €	2.758.052 €	2.108.822 €	2.066.992 €	2.638.577 €	2.585.094 €	2.900.271 €	2.840.071 €
Elektrik Satış Gelirleri	2.047.240 €	1.979.913 €	2.561.255 €	2.497.416 €	2.818.198 €	2.747.157 €	2.100.492 €	2.058.827 €	2.628.155 €	2.574.883 €	2.888.814 €	2.828.853 €
Karbonsatış Gelirleri	8.119 €	7.920 €	10.157 €	9.904 €	11.178 €	10.895 €	8.330 €	8.165 €	10.423 €	10.211 €	11.456 €	11.218 €
GİDERLER	-263.837 €	-273.931 €	-341.661 €	-294.499 €	-372.885 €	-320.783 €	-262.809 €	-263.389 €	-343.439 €	-344.104 €	-377.478 €	-378.143 €
Sistem Kullanım Bedeli	-2.677 €	-5.354 €	-2.677 €	-2.677 €	-2.677 €	-2.677 €	-2.677 €	-2.677 €	-2.677 €	-2.677 €	-2.677 €	-2.677 €
Sistem İşletim Bedeli	-1.069 €	-2.138 €	-1.069 €	-1.069 €	-1.069 €	-1.069 €	-1.069 €	-1.069 €	-1.069 €	-1.069 €	-1.069 €	-1.069 €
Arazi Bedeli	318 €	318 €	409 €	409 €	614 €	614 €	332 €	332 €	432 €	432 €	636 €	636 €
Faaliyet Giderleri	-60.466 €	-108.500 €	-63.916 €	-63.981 €	-66.944 €	-67.009 €	-60.348 €	-60.413 €	-64.092 €	-64.156 €	-67.389 €	-67.454 €
Faz Giderleri	-199.944 €	-158.257 €	-274.408 €	-227.181 €	-302.808 €	-250.642 €	-199.046 €	-199.562 €	-276.033 €	-276.633 €	-306.979 €	-307.579 €
Komisyon Giderleri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yüklü Lisans Bedeli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İşletme Sermayesinde Değişiklik	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vergiler	-276.200 €	-260.466 €	-352.916 €	-349.328 €	-388.624 €	-384.578 €	-287.458 €	-278.766 €	-365.437 €	-354.406 €	-400.172 €	-388.098 €
Nakit Akışı	1.515.322 €	1.453.436 €	1.876.835 €	1.863.493 €	2.067.865 €	2.052.691 €	1.558.555 €	1.524.837 €	1.929.701 €	1.886.585 €	2.122.321 €	2.073.831 €
Yatırım Bedeli	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Küenulanlı Yatırım Bedeli	10.181.314 €	10.207.564 €	11.543.014 €	11.568.264 €	12.737.664 €	12.762.914 €	10.135.614 €	10.161.864 €	11.611.364 €	11.636.614 €	12.913.114 €	12.938.364 €
Kredit Miktarı	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yatırım Kredisi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Köprü Kredisi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Küenulanlı Kredili Miktarı	7.126.920 €	7.145.295 €	8.080.110 €	8.097.785 €	8.916.365 €	8.934.040 €	7.094.930 €	7.113.305 €	8.127.955 €	8.145.630 €	9.039.180 €	9.056.855 €
Anapara Geri Ödemesi	-890.865 €	-893.162 €	-1.010.014 €	-1.012.223 €	-1.114.546 €	-1.116.755 €	-886.866 €	-889.163 €	-1.015.994 €	-1.018.204 €	-1.129.897 €	-1.132.107 €
Yatırım Kredisi	-890.865 €	-893.162 €	-1.010.014 €	-1.012.223 €	-1.114.546 €	-1.116.755 €	-886.866 €	-889.163 €	-1.015.994 €	-1.018.204 €	-1.129.897 €	-1.132.107 €
Köprü Kredisi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Küenulanlı Anapara Geri Ödemesi	-3.563.460 €	-4.465.809 €	-3.030.041 €	-4.048.892 €	-3.343.637 €	-4.467.020 €	-3.547.465 €	-3.556.632 €	-3.047.983 €	-3.054.611 €	-3.389.692 €	-3.396.321 €
Özsermaye	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yatırım için	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nakit Akışı için	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Küenulanlı Özsermaye	3.384.905 €	3.393.632 €	3.837.619 €	3.846.014 €	4.234.796 €	4.243.190 €	3.369.712 €	3.378.439 €	3.860.343 €	3.868.738 €	4.293.126 €	4.301.521 €
Serbest Nakit Akışı	624.457 €	560.274 €	866.822 €	851.270 €	953.320 €	935.936 €	671.689 €	635.674 €	913.707 €	868.381 €	992.423 €	941.724 €
Küenulanlı Serbest Nakit Akışı	76.058 €	452.499 €	134.437 €	802.099 €	135.296 €	868.375 €	328.422 €	138.589 €	303.500 €	113.476 €	241.822 €	30.143 €
n. Yüde Satış Değeri	8.321.109 €	7.932.021 €	9.889.089 €	9.445.750 €	10.875.728 €	10.384.603 €	8.278.574 €	8.300.421 €	9.942.770 €	9.964.796 €	11.023.911 €	11.045.936 €

Çizelge 6.24’de ayrıntılı olarak “Net Nakit Akışı” ve “Kümülatif Nakit Akışı” gösterilmektedir.

Çizelge 6.24 : Sistem 1.5 için nakit akışı tablosu

Proje Yılı	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
İşleme Yılı	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
İŞLETME																
Dönem Net Kazanç	-1.553	1.273.904	1.267.654	1.284.409	1.301.208	1.318.051	1.339.919	1.306.923	1.323.969	1.339.443	1.350.184	1.005.769	995.763	985.836	975.981	966.200
Amortisman	0	311.814	311.814	311.814	311.814	311.814	311.814	311.814	311.814	311.814	311.814	311.814	311.814	311.814	311.814	311.814
İşleme Sermayesinde Değişiklik																
Devreden KDY (Kısa Vadeli Alacak)	189.905	189.905	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İşleme Sermayesinde Değişiklik																
Net Nakit İşlemleri	-191.253	1.775.621	1.579.468	1.396.223	1.613.022	1.629.865	1.601.733	1.618.737	1.635.783	1.651.258	1.661.998	1.317.583	1.307.579	1.297.650	1.287.795	1.278.015
YATIRIM																
Yatırım Bedeli	-7.539.611	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yatırım Dönemi Faizleri	-249.567	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Net Nakit (Yatırım)	-7.789.178	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FINANSMAN																
Yatırım																
Özsermaye	2.318.854	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yatırım Kredisi	5.410.660	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yatırım için Toplam Finansman	7.729.514	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nakit Açığı																
Özsermaye	250.919	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Köprü Kredi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nakit Açığı Toplam Finansman	250.919	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anapara Geri Ödemesi (-)																
Yatırım Kredisi	0	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332
Köprü Kredi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam Anapara Geri Ödemesi	0	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332
Kar Dağıtım (-)																
Net Nakit (Finansman)	7.900.433	0	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332	-676.332
NET NAKİT AKIŞI	0	1.775.621	903.136	919.891	936.690	953.533	925.401	942.405	959.451	974.925	1.661.998	1.317.583	1.307.579	1.297.650	1.287.795	1.278.015
KÜMÜLATİF NAKİT AKIŞI	0	1.775.621	2.678.757	3.598.647	4.535.337	5.488.870	6.414.271	7.356.675	8.316.126	9.291.051	10.953.049	12.270.632	13.578.211	14.875.861	16.163.656	17.441.671

Çizelge 6.25’de ise “Nakit Akışı” ve “Gelir Tablosu” sonuçlarından elde edilen değerlerle finansal analiz hazırlanmış ve gösterilmiştir.

Çizelge 6.25 : Sistem 1.5 için finansal analiz tablosu

Proje Yılı	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
İşleme Yılı	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
GELİRLER	0	2.213.653 €	2.202.584 €	2.191.571 €	2.180.614 €	2.169.710 €	2.140.442 €	2.129.740 €	2.119.091 €	2.108.496 €	2.097.953 €
Elektrik Satış Gelirleri	0	2.204.908 €	2.193.884 €	2.182.915 €	2.172.000 €	2.161.140 €	2.131.914 €	2.121.255 €	2.110.649 €	2.100.095 €	2.089.595 €
Karbon Satış Gelirleri	0	8.744 €	8.700 €	8.657 €	8.614 €	8.571 €	8.528 €	8.485 €	8.443 €	8.400 €	8.358 €
GİDERLER	-250.919 €	-307.014 €	-305.112 €	-273.155 €	-241.199 €	-209.242 €	-215.138 €	-183.181 €	-151.225 €	-117.419 €	-93.451 €
Sistem Kullanım Bedeli	0	-2.677 €	-2.677 €	-2.677 €	-2.677 €	-2.677 €	-5.354 €	-5.354 €	-5.354 €	-5.354 €	-5.354 €
Sistem İşletim Bedeli	0	-1.069 €	-1.069 €	-1.069 €	-1.069 €	-1.069 €	-2.138 €	-2.138 €	-2.138 €	-2.138 €	-2.138 €
Azami Bedeli	0	545 €	545 €	545 €	545 €	545 €	545 €	545 €	545 €	2.479 €	2.479 €
Faaliyet Giderleri	0	-54.247 €	-54.247 €	-54.247 €	-54.247 €	-54.247 €	-88.354 €	-88.354 €	-88.354 €	-88.354 €	-88.354 €
Faiz Giderleri	-249.567 €	-249.567 €	-247.664 €	-215.708 €	-183.751 €	-151.794 €	-119.838 €	-87.881 €	-55.924 €	-23.968 €	0
Komisyon Giderleri	-1.353 €	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yıllık Lisans Bedeli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-85 €	-84 €
İşletme Sermayesinde Değişiklik	-189.903 €	189.903 €	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verğiller	0	-318.476 €	-316.913 €	-321.102 €	-325.302 €	-329.513 €	-322.480 €	-326.731 €	-330.992 €	-334.861 €	-337.546 €
Nakit Akışı	-440.822 €	1.778.065 €	1.580.559 €	1.597.314 €	1.614.113 €	1.630.956 €	1.602.824 €	1.619.828 €	1.636.874 €	1.656.216 €	1.666.957 €
Yatırım Bedeli	7.729.514 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Kimülatif Yatırım Bedeli	7.729.514 €	7.729.514 €	7.729.514 €	7.729.514 €	7.729.514 €	7.729.514 €	7.729.514 €	7.729.514 €	7.729.514 €	7.729.514 €	7.729.514 €
Kredi Miktarı	5.410.660 €	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yatırım Kredisi	5.410.660 €	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Köprü Kredi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kimülatif Kredi Miktarı	5.410.660 €	5.410.660 €	5.410.660 €	5.410.660 €	5.410.660 €	5.410.660 €	5.410.660 €	5.410.660 €	5.410.660 €	5.410.660 €	5.410.660 €
Anapara Geri Ödemesi	0	0	-676.332 €	-676.332 €	-676.332 €	-676.333 €	-676.332 €	-676.332 €	-676.332 €	-676.332 €	-676.332 €
Yatırım Kredisi	0	0	-676.332 €	-676.332 €	-676.332 €	-676.332 €	-676.332 €	-676.332 €	-676.332 €	-676.332 €	-676.332 €
Köprü Kredisi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kimülatif Anapara Geri Ödemesi	0	0	-676.332 €	-1.332.665 €	-2.028.997 €	-2.705.330 €	-3.381.662 €	-4.057.995 €	-4.734.327 €	-5.410.660 €	-5.410.660 €
Özsermaye	2.569.774 €	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yatırım İçin	2.318.854 €	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nakit Açığı İçin	250.919 €	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kimülatif Özsermaye	2.569.774 €	2.569.774 €	2.569.774 €	2.569.774 €	2.569.774 €	2.569.774 €	2.569.774 €	2.569.774 €	2.569.774 €	2.569.774 €	2.569.774 €
Serbest Nakit Akışı	-3.010.595 €	1.778.065 €	904.226 €	920.981 €	937.781 €	954.623 €	926.492 €	943.496 €	960.542 €	979.884 €	1.666.957 €
Kimülatif Serbest Nakit Akışı	-3.010.595 €	-1.232.531 €	-328.304 €	-992.677 €	1.530.438 €	2.485.082 €	3.411.573 €	4.335.069 €	5.315.611 €	6.295.495 €	7.962.451 €
n. Yılda Satış Değeri	7.789.178 €	7.477.364 €	7.165.850 €	6.853.735 €	6.541.921 €	6.230.107 €	5.918.293 €	5.606.478 €	5.294.664 €	4.982.850 €	4.671.035 €

Çizelge 6.25 : Sistem 1.5 için finansal analiz tablosu (devam)

	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1.667.434 €	1.654.928 €	1.642.516 €	1.630.197 €	1.617.971 €	1.605.836 €	1.593.792 €	1.581.839 €	1.569.975 €	1.558.200 €	1.158.882 €	1.147.294 €	1.135.821 €	1.124.463 €	
	1.659.138 €	1.646.695 €	1.634.345 €	1.622.087 €	1.609.921 €	1.597.847 €	1.585.863 €	1.573.969 €	1.562.164 €	1.550.448 €	1.151.208 €	1.139.696 €	1.128.299 €	1.117.016 €	
	8.296 €	8.233 €	8.172 €	8.110 €	8.050 €	7.989 €	7.929 €	7.870 €	7.811 €	7.752 €	7.675 €	7.598 €	7.522 €	7.447 €	
	-93.450 €	-93.450 €	-93.449 €	-93.448 €	-93.448 €	-124.567 €	-124.567 €	-124.566 €	-124.565 €	-124.565 €	-124.564 €	-124.563 €	-124.562 €	-124.562 €	
	-5.354 €	-5.354 €	-5.354 €	-5.354 €	-5.354 €	-5.354 €	-5.354 €	-5.354 €	-5.354 €	-5.354 €	-5.354 €	-5.354 €	-5.354 €	-5.354 €	
	-2.138 €	-2.138 €	-2.138 €	-2.138 €	-2.138 €	-2.138 €	-2.138 €	-2.138 €	-2.138 €	-2.138 €	-2.138 €	-2.138 €	-2.138 €	-2.138 €	
	2.479 €	2.479 €	2.479 €	2.479 €	2.479 €	2.479 €	2.479 €	2.479 €	2.479 €	2.479 €	2.479 €	2.479 €	2.479 €	2.479 €	
	-88.354 €	-88.354 €	-88.354 €	-88.354 €	-88.354 €	-119.474 €	-119.474 €	-119.474 €	-119.474 €	-119.474 €	-119.474 €	-119.474 €	-119.474 €	-119.474 €	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-84 €	-83 €	-83 €	-83 €	-82 €	-81 €	-81 €	-80 €	-79 €	-79 €	-78 €	-78 €	-77 €	-76 €	-75 €	-75 €
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-251.442 €	-248.941 €	-246.459 €	-243.995 €	-241.550 €	-234.899 €	-232.491 €	-230.100 €	-227.728 €	-225.373 €	-225.373 €	-145.509 €	-143.192 €	-140.897 €	-138.626 €	
1.322.542 €	1.312.538 €	1.302.609 €	1.292.754 €	1.282.973 €	1.246.370 €	1.236.735 €	1.227.173 €	1.227.173 €	1.217.682 €	1.208.263 €	888.809 €	879.539 €	870.361 €	861.275 €	
0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
7.729.514 €	7.729.514 €	7.729.514 €	7.729.514 €	7.729.514 €	7.729.514 €	7.729.514 €	7.729.514 €	7.729.514 €	7.729.514 €	7.729.514 €	7.729.514 €	7.729.514 €	7.729.514 €	7.729.514 €	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.410.660 €	5.410.660 €	5.410.660 €	5.410.660 €	5.410.660 €	5.410.660 €	5.410.660 €	5.410.660 €	5.410.660 €	5.410.660 €	5.410.660 €	5.410.660 €	5.410.660 €	5.410.660 €	5.410.660 €	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-5.410.660 €	-5.410.660 €	-5.410.660 €	-5.410.660 €	-5.410.660 €	-5.410.660 €	-5.410.660 €	-5.410.660 €	-5.410.660 €	-5.410.660 €	-5.410.660 €	-5.410.660 €	-5.410.660 €	-5.410.660 €	-5.410.660 €	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.569.774 €	2.569.774 €	2.569.774 €	2.569.774 €	2.569.774 €	2.569.774 €	2.569.774 €	2.569.774 €	2.569.774 €	2.569.774 €	2.569.774 €	2.569.774 €	2.569.774 €	2.569.774 €	2.569.774 €	
1.322.542 €	1.312.538 €	1.302.609 €	1.292.754 €	1.282.973 €	1.246.370 €	1.236.735 €	1.227.173 €	1.227.173 €	1.217.682 €	1.208.263 €	888.809 €	879.539 €	870.361 €	861.275 €	
9.284.993 €	10.597.530 €	11.900.139 €	13.192.893 €	14.475.866 €	15.722.236 €	16.958.971 €	18.186.144 €	19.403.826 €	20.612.089 €	21.500.898 €	22.380.437 €	23.250.798 €	24.112.073 €	24.973.351 €	25.834.631 €
4.359.221 €	4.047.407 €	3.735.593 €	3.423.778 €	3.111.964 €	2.810.151 €	2.508.338 €	2.206.524 €	1.904.711 €	1.602.898 €	1.301.084 €	999.271 €	697.458 €	395.644 €	94.426 €	0 €

6.8.4 İç karlılık hesabı (IRR) ile ekonomik analiz

6.8.2. bölümde belirtildiği üzere IRR hesabı ile ekonomik analiz, bir enerji santrali yatırımının uygunluğunu gösteren en önemli hesaplama yöntemlerinden birisidir. Bununla birlikte “Geri Ödeme Süresi” ile birlikte IRR hesabının da gerçekleştirilmesinin ekonomik analizin güvenilirliğini arttırdığı belirtilmekte olup finans kuruluşlarınca genel olarak uygulanan bir yöntemdir. Bu kısımda, bu yüksek lisans tezi kapsamında ayrıntılı olarak incelenen 36 farklı güneş enerjisi sisteminin İç Karlılık Oranı hesaplanmış olup Çizelge 6.26’da gösterilmiştir. 6.8.3’deki Geri ödeme süresi hesabında olduğu gibi, IRR hesabında da “Sistem 1.5 Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 32° Sabit” sistemi en yüksek IRR oranına sahip çıkmaktadır. IRR hesabı yöntemiyle bir anlamda Geri Ödeme Hesabı yönteminin sağlaması da gerçekleştirilmiş olup finansal analiz çalışmaları yapılırken daha ayrıntılı sonuçlar elde edilebilmiştir.

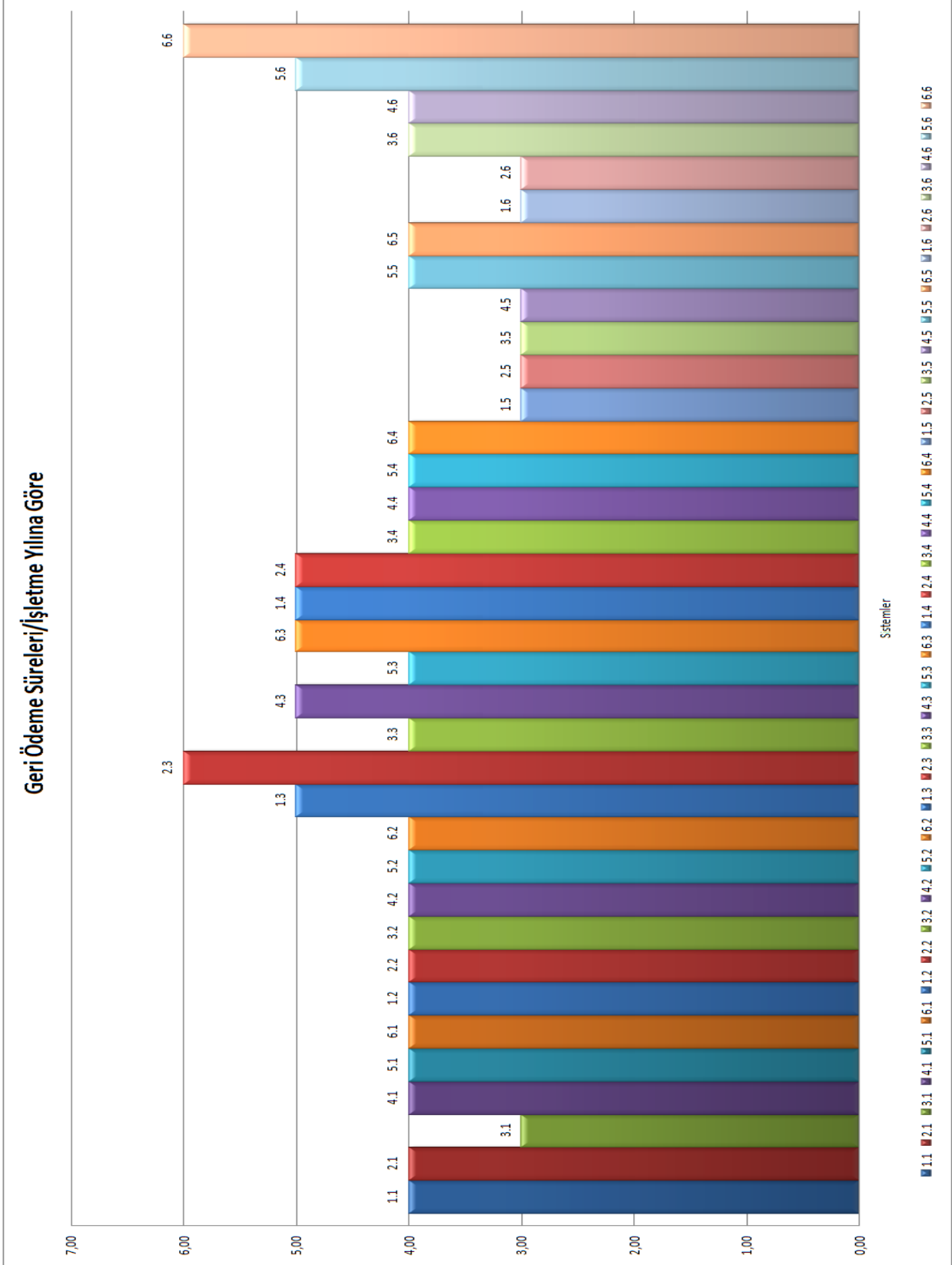
Çizelge 6.26 : 36 farklı sistem için IRR Değerleri

NO	SİSTEM AÇIKLAMA	İŞLETME YILINA GÖRE IRR DEĞERLERİ					
		4.YIL	6.YIL	10.YIL	14.YIL	19.YIL	24.YIL
1.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	7,40%	18,36%	26,31%	28,89%	29,68%	29,83%
2.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	5,46%	16,59%	24,87%	27,64%	28,50%	28,68%
3.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	11,59%	22,17%	29,45%	31,68%	32,32%	32,44%
4.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	8,81%	19,66%	27,37%	29,82%	30,56%	30,70%
5.1	ANELES 205 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	5,46%	16,58%	24,87%	27,64%	28,50%	28,68%
6.1	ANELES 205 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	3,48%	14,78%	23,42%	26,40%	27,34%	27,54%
1.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	6,94%	18,25%	26,53%	29,12%	29,90%	30,05%
2.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	4,96%	16,46%	25,09%	27,86%	28,72%	28,89%
3.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	9,85%	20,89%	28,68%	31,01%	31,69%	31,81%
4.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	7,84%	19,07%	27,19%	29,70%	30,45%	30,59%
5.2	Yingli Solar 210 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	3,93%	15,54%	24,38%	27,25%	28,16%	28,34%
6.2	Yingli Solar 210 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	1,81%	13,61%	22,82%	25,92%	26,91%	27,11%
1.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	-7,02%	5,71%	16,83%	20,95%	22,35%	22,69%
2.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	-9,03%	3,90%	15,51%	19,89%	21,39%	21,76%
3.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	1,44%	13,33%	22,64%	25,77%	26,77%	26,98%
4.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	-0,53%	11,55%	21,25%	24,60%	25,69%	25,92%
5.3	Sunpower 300 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	1,31%	13,18%	22,51%	25,65%	26,66%	26,88%
6.3	Sunpower 300 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	-0,66%	11,41%	21,13%	24,49%	25,58%	25,82%
1.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	-4,34%	8,13%	18,63%	22,42%	23,68%	23,97%
2.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	-6,35%	6,32%	17,28%	21,31%	22,68%	23,00%
3.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	3,19%	14,91%	23,88%	26,83%	27,75%	27,94%
4.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	1,20%	13,12%	22,47%	25,62%	26,63%	26,85%
5.4	Sanyo 240 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	2,29%	14,07%	23,20%	26,25%	27,21%	27,42%
6.4	Sanyo 240 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	0,29%	12,26%	21,79%	25,05%	26,10%	26,33%
1.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	21,69%	31,59%	37,66%	39,15%	39,52%	39,57%
2.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	20,06%	30,10%	36,39%	37,97%	38,37%	38,43%
3.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	13,65%	24,30%	31,49%	33,51%	34,08%	34,17%
4.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	11,95%	22,75%	30,20%	32,36%	32,97%	33,08%
5.5	Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	1,80%	13,56%	22,77%	25,86%	26,85%	27,06%
6.5	Firstsolar 75 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	1,41%	13,25%	22,54%	25,67%	26,67%	26,88%
1.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 32 ° Sabit	15,27%	25,61%	32,50%	34,40%	34,92%	35,01%
2.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 32 ° Sabit	13,93%	24,52%	31,66%	33,66%	34,22%	34,31%
3.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Tek Eksen	6,97%	18,25%	26,51%	29,10%	29,88%	30,03%
4.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Tek Eksen	5,25%	17,46%	25,26%	28,00%	28,85%	29,02%
5.6	Sharp 100 W SMA Tripower 17000 Çift Eksen	-5,95%	6,55%	17,39%	21,39%	22,74%	23,06%
6.6	Sharp 100 W Fronius IG Plus 150 Çift Eksen	-7,97%	4,72%	16,05%	20,30%	21,76%	22,11%

6.9 Ekonomik Analiz Sonuçları

5.4. bölümde incelenen “Enerji Üretim Değeri Karşılaştırmaları Sonuçları” gibi “Ekonomik Analiz Sonuçları” da bu bölüm altında incelenmektedir. Bu yüksek lisans tezi kapsamında gerçekleştirilen ekonomik analiz çalışması için, ekonomik modelleme yöntemi olarak “Geri Ödeme Süresi Hesabı” ve “İç Karlılık Oranı” hesapları kullanılmıştır. Bu bağlamda, bu iki farklı analiz yöntemiyle, daha ayrıntılı ve daha doğru bir ekonomik analiz gerçekleştirildiği görülmektedir. Bu iki hesaplama yöntemi gerçekleştirilirken, 6. bölüm içinde ayrıntılı olarak anlatılan gelir ve gider kalemleri kullanılmış olup bir GES için gelir ve gider olabilecek tüm öğeler göz önüne alınmıştır. Bu yüksek lisans tezi kapsamında daha önceki bölümlerde de belirtildiği üzere ekonomik analiz çalışmaları 2012 yılı sonunda devreye alınabilecek bir GES için gerçekleştirilmiş olup, ekonomik analiz içerisinde kullanılan tüm değerler 2012 yılı sonu düşünülerek kullanılmıştır. Bu değerlere piyasadaki üretici firmalarla yapılan görüşmeler sonucu ulaşılmış olup özellikle “Makine ve Teçhizat” kalemleri piyasadaki firmaların projeksiyonları sonucu oluşturulmuştur. Bilindiği üzere, güneş enerjisi sistemlerinde maliyet oranları gün geçtikçe düşmekte ve bu düşüş oranı son yıllarda artış göstermektedir. Bu değerler ışığında yapılan çalışmalar sonucunda Şekil 6.1’de sistemlerin geri ödeme süreleri özetlenmiş olup Sistem 3.1, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 1.6 ve 2.6’nın en kısa geri ödeme süresine sahip olduğu görülmektedir. Bu sistemler, 3. İşletme yıllarında geri ödemelerini tamamlamakta ve tüm sistemler arasında ekonomik olarak en uygulanabilir sistemler olarak gözükmektedir. Şekil 6.3’de gösterilen geri ödeme sürelerinin dağılımına göre bu süreler işletme yılına göre karşılaştırıldığında 3 yıl ile 6 yıl arasında gözükmektedir. Bununla birlikte karşılaştırma yapılan sistemler için bir genelleme yapmak gerekirse ortalama geri ödeme süresinin 4 yıl olduğu söylenebilir.

Bununla birlikte, ekonomik analiz çalışmalarında daha net sonuçlar elde edebilmek adına 36 farklı sistem için “İç Karlılık Oranı” karşılaştırması gerçekleştirilmiş ve bu karşılaştırma sonucunda 36 farklı sistem içerisinde bu yüksek lisans tezi kapsamında yapılan çalışmalarda “Sistem 1.5 Firstsolar 75 W SMA Tripower 17000 32° Sabit” sistemi en yüksek iç karlılık oranına sahip olan sistem olmuştur. Bu bağlamda, IRR hesabının, geri ödeme süresi hesabı için bir sağlama da gerçekleştirdiği söylenebilir.

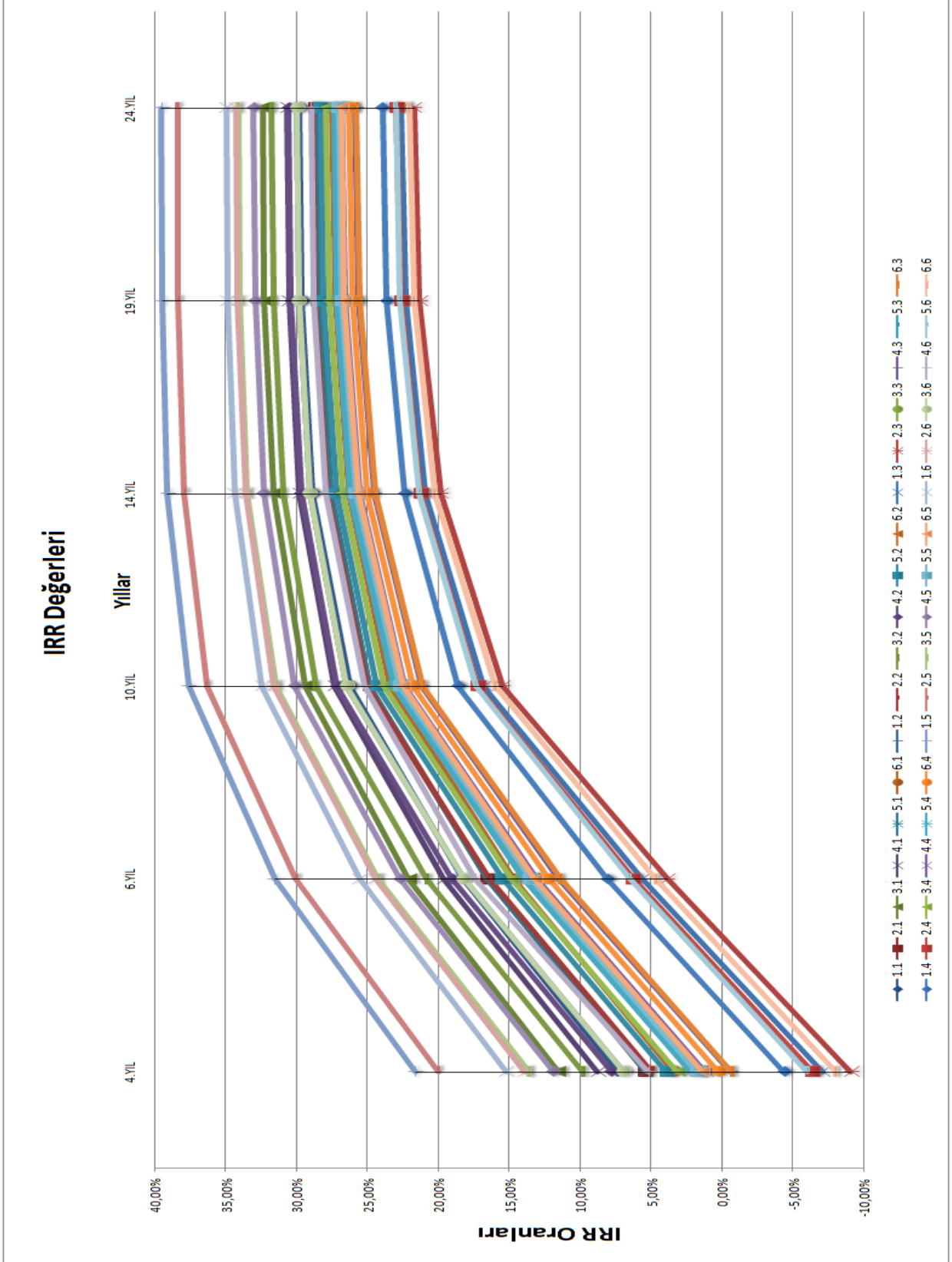


Şekil 6.3 : İşletme yılına göre geri ödeme süreleri

Şekil 6.4 'de sistemlerin IRR'larının nasıl değiştiği gösterilmekte olup en kısa geri ödeme süresine sahip sistemin en yüksek IRR oranına sahip olduğu bu şekilde de görülebilmektedir. Finansal analiz gerçekleştirilirken bir sistemin ömrünü tamamladığı yıldaki IRR oranı finans kuruluşlarınca o sisteme ait IRR değeri olarak belirtildiği için sistemler için IRR değerlerimizin % 21,76 ile % 39,57 arasında değiştiği söylenebilir.

5.4 bölümde ayrıntılı olarak belirtildiği üzere bir sistemin enerji üretiminin fazla olması onun en verimli sistem olduğu anlamına gelmeyebilir. Bu bağlamda, enerji üretimi karşılaştırması ile ekonomik analiz değerleri karşılaştırması arasında bir karşılaştırma gerçekleştirildiğinde en verimli sistemin, enerji üretim değerlendirmesinde en yüksek üretime sahip olan Sistem 5.5 değil enerji üretimi sıralamasında 25. sırada olan Sistem 1.5 olduğu görülebilmektedir. Bu sonucun nedenleri arasında, kullanılan makine ve teçhizatın maliyetinin yüksek olması, kullanılan arazinin büyüklüğünün artmasıyla birlikte malzeme ihtiyacının ve arazi giderinin artması, sistemin karmaşıklığının artması sebebiyle işçilik ve işletme-bakım oranlarının yükselmesi gösterilebilir.

Bununla birlikte, özellikle güneş takip sistemi içeren sistemlerde, hareketli parçaların çokluğu sebebiyle beklenmedik gider maliyetinin de yükselebildiği belirtilmektedir. Özellikle çift eksen güneş takip sistemi olarak adlandırılan yapılar hem büyüklükleri, hem de karmaşıkları nedeniyle her ne kadar enerji üretiminde bir artış getirirler de, ekonomik incelemeler de bu artışın görülemediği söylenebilir. Ancak bu değerlendirmeler gerçekleştirilirken, güneş enerjisi takip sistemleri için teknoloji ve malzeme biliminin günden güne geliştiği ve son yıllarda maliyet kalemlerinde önemli düşüşler görüldüğü de söylenmelidir. Bu bağlamda, ileriki yıllarda gerçekleştirilebilecek bir güneş enerjisi santralinde, bu sistemlerin maliyetlerinin çok daha düşük olabileceği ve bu sayede bu sistemlerin ekonomik uygunluğunun da artabileceği belirtilmektedir.



Şekil 6.4 : 36 farklı sistem için IRR değerleri karşılaştırması

7. SONUÇ

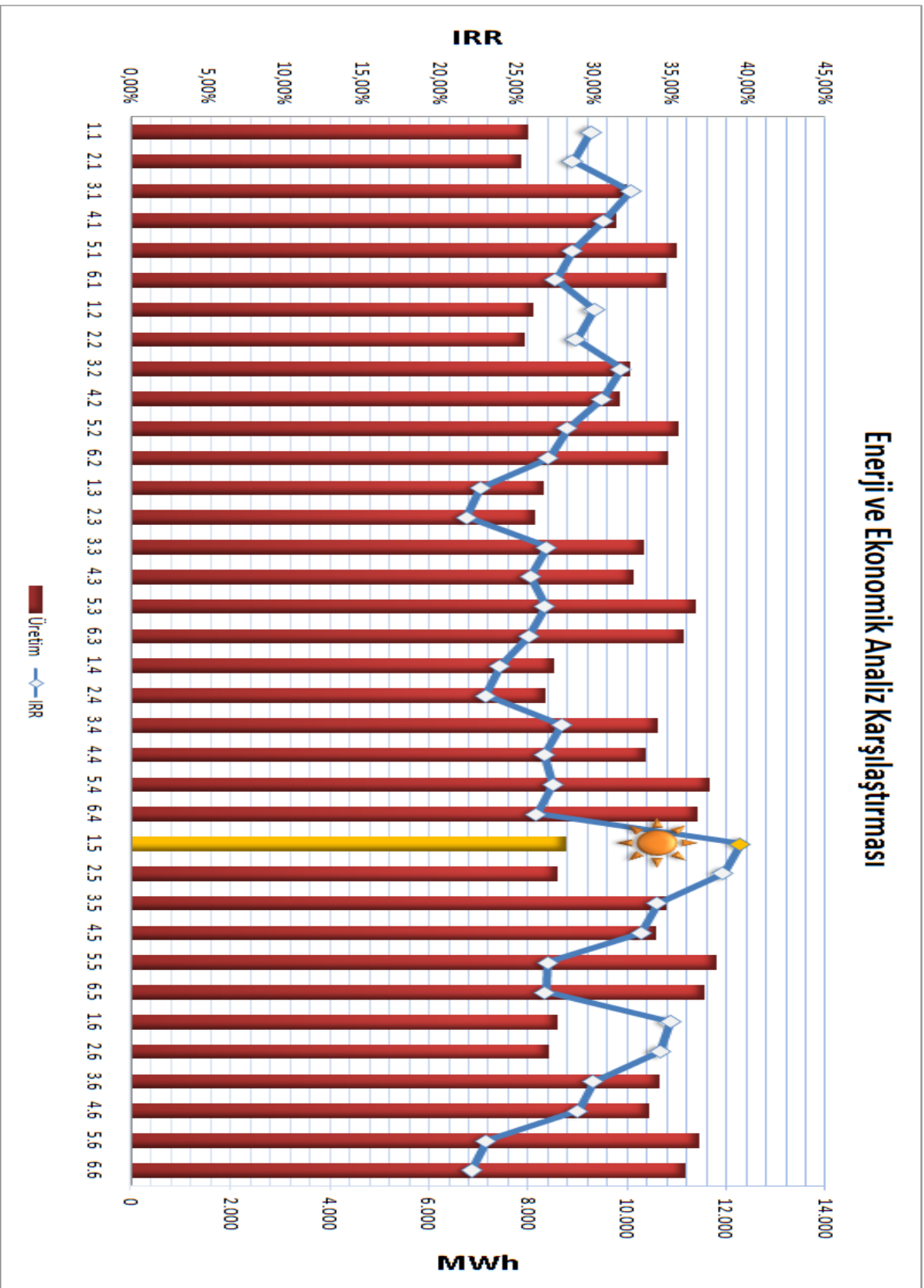
Bu yüksek lisans tezi'nin inceleme konusu olan "Güneş enerjisinden elektrik üretimi", genel olarak fosil yakıtlara bağımlı bir yapıya sahip olan Dünya elektrik üretiminin, her yıl artması ve maliyetlerinin yükselmesi ile birlikte büyük önem kazanmıştır. Önceki bölümlerde bahsedildiği üzere, 1960'lı yılların sonunda öncelikle uzay araştırmaları için geliştirilen sistemler, son 10 yıl içerisinde devletlerin bu konuya verdikleri önemin artması ve teşvik sistemleri ile birlikte önemli bir enerji kaynağı olarak düşünölmeye başlanmıştır. Çizelge 3.2'de gösterildiği üzere [102] 1998-2008 yılları arasında PVPS ölkelerinde toplam kurulu gücün 400 MW'dan 13,4 GW'a çıkması ve 2009 ve 2010 yıllarında Dünya üzerinde şimdiye kadar kurulmuş fotovoltaiik güneş enerjisi sistemlerinden daha fazla sistemin devreye alınması bu önemin en önemli göstergesi olarak nitelendirilmektedir. [104].

Malzeme biliminin gelişimi ve güneş panelleri için her yıl üretim kapasitesinin artması nedeniyle son yıllarda güneş panellerinin fiyatlarında ciddi bir düşüş yaşanmaktadır. Yapılan projeksiyonlarda 4-5 yıl içerisinde güneş panellerinin fiyatlarının günümüz fiyatlarının yarısının altına ineceği ve güneş enerjisinden elektrik eldesinin normal şebeke fiyatlarını yakalayacağı belirtilmektedir [195]. Bu bağlamda, güneş enerjisinden elektrik eldesinin yakın gelecekte Dünya elektrik üretiminde büyük bir rol oynayacağı söylenebilir. Güneş enerjisinin en büyük sorunlarından biri olarak gösterilen kesintili olma özelliğinin, son yıllarda üzerinde büyük önemle durulan ve dağınık güç sistemlerinin kullanımını arttırmayı hedefleyen "Akıllı Şebeke (Smart Grid)" [196] uygulamalarına geçiş ile birlikte çözümleneceği de gözönüne alınırsa güneş enerjisi kullanımının artış hızının büyük olacağı birkez daha görölebilir. Ayrıca Kyoto protokolünün cezai şartlarının 2012 sonrasında ağırlaştırılacağına ilişkin 2009 yılında Kopenhag'da alınan kararlar neticesinde Dünya üzerindeki tüm ölkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişinin de hızlanması beklenmektedir. Tüm bu gelişmeler ışığında, güneş enerjisinin 21. yüzyıl için önemli bir enerji kaynağı olacağı belirtilmektedir.

Güneş enerjisi kullanımının artmasıyla birlikte yakın gelecekte ülkemizde devreye alınması muhtemel bir tesisi inceleyen bu yüksek lisans tezi'nde enerji ve ekonomik analiz sonuçlarının incelenmesinin ardından karşılaştırmalı tablo olarak Şekil 7.1 elde edilmiştir.

Şekil 7.1 ayrıntılı olarak incelendiğinde, 1.5 nolu sistemin enerji üretiminin en yüksek olmamasına rağmen IRR oranları karşılaştırmasında en verimli sistem olarak öne çıktığı görülmekte iken en yüksek enerji üretim değerine sahip olan 5.5 nolu sistemin IRR oranının diğer sistemler ile karşılaştırıldığında birçok sisteme göre daha düşük olduğu gözlemlenmektedir. Bu bağlamda, 5.4 ve 6.9. bölümlerde açıklandığı üzere, bir GES için enerji-ekonomik analiz gerçekleştirilirken enerji üretim değerlerinin dışındaki diğer değişkenlerin de ayrıntılı olarak incelenmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Enerji ve Ekonomik Analiz Karşılaştırması



Şekil 7.1 : Enerji ve ekonomik analiz karşılaştırması

Bu yüksek lisans tezi kapsamında yapılan çalışmalar sonucunda Karaman bölgesi için en verimli sistemin sabit montaj yapılı, kadmiyum tellür güneş paneli ile elde edildiği gözlemlenmektedir. Bununla birlikte 6.9'da açıklandığı üzere özellikle güneş takip sistemlerinin maliyet ve işletme giderlerinin son yıllarda hızla düştüğü göze alındığında bir yatırım kararı alındığında yatırım dönemi için tüm sistemler ayrıntılı olarak incelenmelidir. Güneş enerjisi sistemleri için teknolojik gelişimlerdeki değişim hızı nedeniyle, çok kısa zaman aralıklarında dahi sistemlerin enerji-ekonomik analizleri değişiklik gösterebilmektedir. Bununla birlikte enerji-ekonomik analizlerde en iyi sonuçlara sahip olan Firstsolar, kadmiyum tellür güneş panelleri içeriğinde kadmiyum gibi zehirli bir madde bulunduğu için bu güneş panelinin kullanımına bazı bölgelerde izin verilmemektedir. Dolayısıyla, yatırım öncesi tüm bu düzenlemeler de göz önüne alınmalıdır. Ek olarak 3. bölümde bahsedildiği üzere, ince film güneş panellerinin saha ömürleri henüz çok uzun olmadığı için laboratuvar ve modelleme sonuçlarının sahaya tam olarak yansımama olasılığı da gözönüne alınmalıdır.

Bütün bu değerlendirmeler incelendiğinde güneş enerjisi santrallerinin, enerji tüketimi her yıl ortalama % 7-8 oranında artış gösteren [197] Türkiye için yakın gelecekte büyük öneme sahip olacağı gözükmektedir. Bu çalışma ile, yakın gelecekte kurulabilecek bir Güneş Enerjisi Santrali (GES) için bir fizibilite çalışması ile birlikte, hem enerji ve hem de ekonomik analiz gerçekleştirilmiş ve mukayeseli olarak irdelenmiştir [198].

KAYNAKLAR

- [1] **Çengel Y. A., Boles M.**, 2005. Mühendislik yaklaşımıyla termodinamik, Literatür
- [2] <<http://www.ic.arizona.edu/ic/matthewj/ame230/Notes1.pdf>>, alındığı tarih 14.01.2010
- [3]<http://courses.washington.edu/engr100/Section_Wei/small_project/Energy%20Types1.pdf>, alındığı tarih 14.01.2010
- [4] <http://cass246.ucsd.edu/~ppadoan/new_website/PHYSICS_1A/Lecture12.pdf>, alındığı tarih 15.01.2010
- [5] <http://www.need.org/needpdf/infobook_activities/SecInfo/Elec1S.pdf>, alındığı tarih 15.01.2010
- [6] **Göksel Ç.** 2007. Remote Sensing, İTÜ İnşaat Mühendisliği Fakültesi, İstanbul
- [7] <<http://beta.atauni.edu.tr/libary/file-up/ProfileFiles/0321-82a736c3a9c9b7508f16ac2a61b7f17f.pdf>>, alındığı tarih 15.01.2010
- [8] <http://www.need.org/needpdf/infobook_activities/ElemInfo/UraniumE.pdf>, alındığı tarih 15.01.2010
- [9] <<http://thermalenergy.org/>>, alındığı tarih 15.01.2010
- [10] **Meriçboyu A., Yavuz N.**, 2007. Enerji,çevre ve hukuku ders notları, İTÜ Enerji Enstitüsü, İstanbul
- [11] **Erbaykal E.** 2008. Disaggregate Energy Consumption and Economic Growth: Evidence From Turkey, Balıkesir Üniversitesi İ.İ.B.F.,Balıkesir
- [12] <http://www.boschtr.com/boschlife/language1/download_blife/blife_s18/36.pdf>, alındığı tarih 13.02.2010
- [13]<http://www.obitet.gazi.edu.tr/obitet/alternatif_enerji/alt_ener_kay_ders_notlari.pdf>, alındığı tarih 13.02.2010
- [14]<<http://oceanservice.noaa.gov/education/pd/climate/factsheets/whatgreenhouse.pdf>>, alındığı tarih 13.02.2010
- [15] **IEA**, 2009. Key World Energy Statistics, Paris,.Fransa

- [16] **Varınca K., Gönüllü T.**, 2006. Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma, I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, Eskişehir
- [17] < <http://www.dmi.gov.tr/FILES/arastirma/ozonuv/Güneş.pdf>>, alındığı tarih 17.02.2010
- [18] **Ulusal Petrol Konseyi**, 2007 . Washington DC, ABD
- [19] **Tunç Ş.**, 2009 . Güneş enerjisi ile elektrik üretimi saha ve potansiyel belirleme, Ankara
- [20] **Crompton G. Cameron P.**,2008 . Solar power plant pre-feasibility study, Brisbane, Avustralya
- [21] **Jackson F.**, 2008 . Planning and Installing Photovoltaic Systems, A guide for installers, architects and engineers second edition,Londra, İngiltere, 10
- [22] **Varınca K., Varank G.**, 2006. Güneş kaynaklı farklı enerji üretim sistemlerinde çevresel etkilerin kıyaslanması ve çözüm önerileri, YTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul
- [23] <http://www.retscreen.net/download.php/ang/120/0/Textbook_SWH.pdf>, alındığı tarih 13.02.2010
- [24] <<http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/Güneş/Güneşisil.html>>, alındığı tarih 16.04.2010
- [25] <http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/Güneş/Güneşkollektor_files/image005.jpg>, alındığı tarih 16.04.2010
- [26]<http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/26398dca6f47b49_ek.pdf?dergi=166>, alındığı tarih 16.04.2010
- [27] <http://eng.harran.edu.tr/~hbulut/Tesisat_2007.pdf>, alındığı tarih 11.04.2010
- [28] **Türkmen E., Kurban M.,Filik Ü.**, 2009. Güneş bacaları ve Türkiye’de kullanılabilirliği, V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır
- [29] <<http://www.ktcmo.org/documents/solararchitecture.pdf>>, alındığı tarih 18.04.2010
- [30] <http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/gunesisil_files/image005.jpg>, alındığı tarih 16.04.2010
- [31]<http://www.abengoasolar.com/corp/web/en/technologies/concentrated_solar_power/parabolic_trough/index.html>, alındığı tarih 18.04.2010
- [32] **Solarlite**, 2010 Güneş Enerjisi Fuarı, İstanbul

- [33] <<http://physics.kenyon.edu/EarlyApparatus/Optics/Heliostat/Heliostat.html>>, alındığı tarih 22.04.2010
- [34] <<http://www.powertechnology.com/projects/sanfrancisco/images/sanfran4.jpg>>, alındığı tarih 22.04.2010
- [35] **Solarlite**, 2009 Solar Thermal Power Plants, Hamburg, Almanya
- [36] <<http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/Güneş/yogunlastiricilar.html>>, alındığı tarih 20.04.2010
- [37] <http://www.solarabcs.org/cellprocurement/PV_cell.pdf>, alındığı tarih 12.04.2010
- [38] <<http://photovoltaics.sandia.gov/docs/PVFEffIntroduction.htm>>, alındığı tarih 12.04.2010
- [39] **Özgöçmen A.**, 2007 . Güneş pilleri kullanarak elektrik üretimi, Gazi Üniversitesi, Ankara
- [40] **Fronius Training Center**, 2010 Training Notes, Wels, Avusturya,3-4
- [41] <<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/58017/Antoine-Cesar-Becquerel>>, alındığı tarih 24.04.2010
- [42] <<http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/33947.pdf>>, alındığı tarih 24.04.2010
- [43] <<http://asia.sharp-solar.com/history/index.html?redirect=on&recountry=tr>>, alındığı tarih 24.04.2010
- [44] **Karamanav M.**, 2007 .Güneş enerjisi ve güneş pilleri, Sakarya Üniversitesi , Sakarya
- [45] **Kutlu S.**, 2002. Güneş tarlası ile elektrik enerjisi üretimi ve SDÜ kampus alanında bir uygulama analizi
- [46] **Jackson F.**, 2008 . Planning and Installing Photovoltaic Systems, A guide for installers, architects and engineers second edition,Londra, İngiltere , 21-22
- [47] <<http://www.akademimuhendislik.net/solar-hucre-cesitleri.html>>, alındığı tarih 30.04.2010
- [48] <<http://www.solarbuzz.com/sbqdata.htm>>, alındığı tarih 20.06.2010
- [49] <<http://www.iea-pvps.org/pv/materials.htm>>, alındığı tarih 12.06.2010
- [50] **Jackson F.**, 2008 . Planning and Installing Photovoltaic Systems, A guide for installers, architects and engineers second edition,Londra, İngiltere , 24
- [51] **Siemens**, 2008 , Training Notes, İstanbul

- [52] <http://photochemistry.epfl.ch/EDEY/PV_materials.pdf>, alındığı tarih 20.06.2010
- [53] <http://www2.dupont.com/Products/tr_TR/Tedlar_PVF.html>, alındığı tarih 19.08.2010
- [54] **ANELES**, 2010 PV Üretim Hattı Bilgilendirme Toplantısı, İstanbul
- [55] <<http://www.solarpraxis.de/en/>>, alındığı tarih 09.07.2010
- [56] <<http://www.pvresources.com/en/history.php>>, alındığı tarih 22.09.2010
- [57] <<http://www.solarbuzz.com/Technologies.htm>>, alındığı tarih 22.09.2010
- [58] **Solarpraxis**, 2009-Photovoltaics for Professionals, Berlin, Almanya
- [59] <<http://www.eng.tau.ac.il/.../TCO%20singapore%2007%20July%2008-rb-sg%5B3%5D.doc>>, alındığı tarih 23.09.2010
- [60] **Nowak S.**, 2009 PV Perspectives, technologies, applications and market prospects, IEA-PVPS , Zürih, İsviçre
- [61] **Karpov V., Roussillon Y.** 2007 Physical modes of thin film PV degradation Department of Physics and Astronomy, The University of Toledo, Toledo, ABD
- [62] <http://www.firstsolar.com/Images/module_series2_v160w.jpg>, alındığı tarih 07.10.2010
- [63] Dewan R., 2006 Organic Solar Cells Organic Electronics Course Presentation International University Bremen, Bremen, Almanya
- [64] <<http://solar.sanyo.com/hit.html>>, alındığı tarih 05.07.2010
- [65] <http://www.sigmaaldrich.com/etc/medialib/docs/Aldrich/Brochure/1/al_material_matters_v4n4.Par.0001.File.tmp/al_material_matters_v4n4.pdf>, alındığı tarih 06.07.2010
- [66] **ANEL Enerji**, 2010, Sistem sunumları, İstanbul
- [67] <[http://library.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/cbd0f6749def2849c12574f100535edb/\\$File/ISDC007099B0203.pdf](http://library.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/cbd0f6749def2849c12574f100535edb/$File/ISDC007099B0203.pdf)>, alındığı tarih 06.05.2010
- [68] <http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-9EBB2C1D-C78A1382/fronius_international/hs.xsl/83_432_ENG_HTML.htm>, alındığı tarih 06.05.2010
- [69] **Fronius Training Center**, 2010 Training Notes, Wels, Avusturya, 5-9

- [70]<http://www.froni.com/SE/produkte_Fronius_IG_15_20_30_rdax_100.jpg>, alındığı tarih 06.05.2010
- [71] <<http://www.sma.de/en/products/solar-inverters/sunny-central.html>>, alındığı tarih 06.05.2010
- [72]<http://www.fronius.com/internet/img_usa/Company/geschichte_2005_Zentralwechselrichter_rdax_100.jpg>, alındığı tarih 06.05.2010
- [73]<http://www.photon.info/AxCMSwebLive_PremiumSample/upload/Inverter_Test_Infolyer_2009_en_273.pdf>, alındığı tarih 06.05.2010
- [74] <<http://www.ise.fraunhofer.de/publications/scientific-publications-listed-according-to-year/1999-1/view>>, alındığı tarih 06.05.2010
- [75] **Jackson F.**, 2008 . Planning and Installing Photovoltaic Systems, A guide for installers, architects and engineers second edition,Londra, İngiltere , 199-200
- [76] **ANEL Enerji**, 2010 ,Montaj yapıları, İstanbul
- [77] **Muspach D.**, 2009 . DEHN eğitim notları Architekt HTL/Erfinder 4146 Hochwald, İsviçre
- [78] Altpeter J. 2009 Ralos sunum , ICCI, İstanbul
- [79]<http://www1.krinner.de/dev2/admin/grafik/upload/ksf/erdschnitt/gross/6_bild.jpg>, alındığı tarih 11.05.2010
- [80] <<http://www.solar-tracking.com/>>,alındığı tarih 11.05.2010
- [81] <www.mecasolar.com/pub/doc/File/ficha_tecnica_ingles.pdf>,alındığı tarih 11.05.2010
- [82]<http://www.fr.prysmian.com/export/sites/prysmianfrFR/energy/upload/images/3_TECSUN_SITE.JPG>,alındığı tarih 11.05.2010
- [83]<http://www.prysmian.co.uk/export/sites/prysmianenGB/attach/pdf/Tecsun_xULx_Low_Res.pdf>,alındığı tarih 11.05.2010
- [84] **Jackson F.**, 2008 . Planning and Installing Photovoltaic Systems, A guide for installers, architects and engineers second edition, Londra, İngiltere, 102-103
- [85] <<http://www.tumka.com.tr/urunler.asp?id=11>>,alındığı tarih 11.05.2010
- [86] <[http://www.multi-contact.com/AcroFiles/Catalogues/PV_Solar-N_\(en\)_hi.pdf](http://www.multi-contact.com/AcroFiles/Catalogues/PV_Solar-N_(en)_hi.pdf)>,alındığı tarih 11.05.2010
- [87] **Jackson F.**, 2008 . Planning and Installing Photovoltaic Systems, A guide for installers, architects and engineers second edition, Londra, İngiltere, 173

- [88] <[http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/31a7db4697b7ec58c125753e005262d0/\\$file/s800.jpg](http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/31a7db4697b7ec58c125753e005262d0/$file/s800.jpg)>, alındığı tarih 11.05.2010
- [89] <[http://library.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/cbd0f6749def2849c12574f100535edb/\\$File/ISDC007099B0203.pdf](http://library.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/cbd0f6749def2849c12574f100535edb/$File/ISDC007099B0203.pdf)>, alındığı tarih 11.05.2010
- [90] <https://www.electrics24.com/images/prod_366.jpg>, alındığı tarih 11.05.2010
- [91] **Muspach D.**, 2009 . DEHN eğitim notları , İstanbul
- [92] <<http://www.dehn-usa.com/renewable-energy/solar-energy.asp>>, alındığı tarih 11.05.2010
- [93] <http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/multi-pole-surge-arrester-type-1-389903.jpg>, alındığı tarih 11.05.2010
- [94] <<http://www.gersan.com.tr/pdfler/kks/kt-6.pdf>>, alındığı tarih 11.05.2010
- [95] <<http://www.firat.com/urunler/alt-yapi-boru/diger-alt-yapi-boru-sistemleri/telekominikasyon-alt-yapi-borulari-teknik-bilgi.htm>>, alındığı tarih 11.05.2010
- [96] **Gürsu B., İnce C.**, 2009 . Genetik Algoritmalar ile Adım ve Dokunma Gerilimi Kontrolünde Bakır, Alüminyum ve Çelik Özlü Alüminyum İletkenli Topraklama Ağı Karşılaştırması, TEİAŞ 13.İletim Tesis ve İşletme Grup Müdürlüğü, Elazığ
- [97] <<http://www.gersan.com.tr/pdfler/tbe/tbe-7.pdf>>, alındığı tarih 11.05.2010
- [98] **Jackson F.**, 2008 . Planning and Installing Photovoltaic Systems, A guide for installers, architects and engineers second edition, Londra, İngiltere, 120
- [99] <<http://rega.basbakanlik.gov.tr/main.aspx?home=http://rega.basbakanlik.gov.tr/eskiler/2003/01/20030122.htm&main=http://rega.basbakanlik.gov.tr/eskiler/2003/01/20030122.htm>>, alındığı tarih 18.05.2010
- [100] Güven N., Özay N. 1997 . Elektrik dağıtım sistemlerinde orta gerilim seviyesinin belirlenmesi TÜBİTAK Bülten, Ankara
- [101] <[http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/4b06ffb848e3115ac125767300423370/\\$file/Qatar_dry-type-transformers.jpg](http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/4b06ffb848e3115ac125767300423370/$file/Qatar_dry-type-transformers.jpg)>, alındığı tarih 18.05.2010
- [102] <<http://www.iea-pvps.org/trends/download/index.htm>>, alındığı tarih 12.06.2010
- [103] <<http://www.solarbuzz.com/Marketbuzz2010-intro.htm>>, alındığı tarih 12.06.2010
- [104] <<http://www.solarbuzz.com/marketbuzz2010-figures.htm>>, alındığı tarih 12.06.2010

- [105] <http://www.pvresources.com/download/AnnualReview_FreeEdition.pdf>, alındığı tarih 13.06.2010
- [106] <<http://www.pvresources.com/en/top50pv.php>>, alındığı tarih 13.06.2010
- [107] <http://www.superillu.de/aktuell/images/16117753_220a557f83.jpg>, alındığı tarih 13.06.2010
- [108] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/countries/europe/EU-Glob_opta_presentation.png>, alındığı tarih 13.06.2010
- [109] <<http://repa.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>>, alındığı tarih 13.06.2010
- [110] <<http://rega.basbakanlik.gov.tr/main.aspx?home=http://rega.basbakanlik.gov.tr/eskiler/2005/05/20050518.htm&main=http://rega.basbakanlik.gov.tr/eskiler/2005/05/20050518.htm>>, alındığı tarih 13.06.2010
- [111] <<http://www.ieapvps.org/ar/ar09/Final%20AR%20for%20Web%202009/turkey%20AR%2009.pdf>>, alındığı tarih 13.06.2010
- [112] <www.aneles.com.tr>, alındığı tarih 13.06.2010
- [113] <www.mavisis.com>, alındığı tarih 13.06.2010
- [114] <<http://rega.basbakanlik.gov.tr/main.aspx?home=http://rega.basbakanlik.gov.tr/eskiler/2001/03/20010303m1.htm&main=http://rega.basbakanlik.gov.tr/eskiler/2001/03/20010303m1.htm>>, alındığı tarih 05.08.2010
- [115] <http://www.teias.gov.tr/apkuretimplani/sonuclar.htm#_Toc86219440>, alındığı tarih 05.08.2010
- [116] <<http://rega.basbakanlik.gov.tr/main.aspx?home=http://rega.basbakanlik.gov.tr/eskiler/2008/07/20080726.htm&main=http://rega.basbakanlik.gov.tr/eskiler/2008/07/20080726.htm>>, alındığı tarih 05.08.2010
- [117] **Köktaş H.** 2010 . Türkiye Enerji Piyasaları ICCI , İstanbul<
- [118] <<http://mevzuat.dpt.gov.tr/kanun/5627.htm>>, alındığı tarih 05.08.2010
- [119] <<http://rega.basbakanlik.gov.tr/main.aspx?home=http://rega.basbakanlik.gov.tr/eskiler/2002/08/20020804.htm&main=http://rega.basbakanlik.gov.tr/eskiler/2002/08/20020804.htm>>, alındığı tarih 07.08.2010

- [120] <<http://www.epdk.gov.tr/mevzuat/kurul/elektrik/1855/1855.doc>>, alındığı tarih 07.08.2010
- [121]<<http://www.epdk.gov.tr/mevzuat/yonetmelik/elektrik/dengeleme/dengelemeson.doc>>, alındığı tarih 07.08.2010
- [122] <<http://www.soneraksoy.net/kanunteklifi.doc>>, alındığı tarih 22.09.2010
- [123] <http://www.trpvplatform.org/itu_ders\Mete_Cubukcu-1.Bolum.pdf>, alındığı tarih 22.09.2010
- [124]<<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Asp?MevzuatKod=3.5.859799&MevzuatIli-ski=0&sourceXmlSearch=>>>, alındığı tarih 26.07.2010
- [125] <www.karaman.gov.tr>, alındığı tarih 24.08.2010
- [126]<http://www.hgk.msb.gov.tr/CografiUrunKatalogu/tematik/resimler/turkiye_fiziki_01.jpg>, alındığı tarih 24.08.2010
- [127] <<http://www.karaman.org/haberler/39-karaman-coya/97-karaman-coi-konumu.html>>, alındığı tarih 24.08.2010
- [128] <<http://www.karaman.org/haberler/39-karaman-coya/93-karaman-lim-ve-bitki-t.html>>, alındığı tarih 24.08.2010
- [129] <<http://www.deprem.gov.tr/Sarbis/Shared/DepremHaritalari.aspx>>, alındığı tarih 24.08.2010
- [130] <http://www.mta.gov.tr/mta_web/500.000/500bin/adana_a.asp>, alındığı tarih 24.08.2010
- [131] <<http://www.karamankulturturizm.gov.tr/>>, alındığı tarih 25.08.2010
- [132] <<http://www.dpt.gov.tr/bgyu/ipg/icanadolu/karamanper.pdf>>, alındığı tarih 26.08.2010
- [133] <<http://osbbs.osbuk.org.tr/tuketim-resim.php>>, alındığı tarih 26.08.2010
- [134] <<http://www.dsi.gov.tr/hizmet/enerji.htm>>, alındığı tarih 30.08.2010
- [135] <www.emo.org.tr/ekler/dacab03c06f42f7_ek.pps>, alındığı tarih 30.08.2010
- [136] <<http://www.dpt.gov.tr/bgyu/ipg/icanadolu/karamanper.pdf>>, alındığı tarih 30.08.2010
- [137] <<http://www.yildiz.edu.tr/~tanriov/RG5.pdf>>, alındığı tarih 30.08.2010
- [138] Meteororm Karaman polar güneş yörüngesi
- [139] <<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>>, alındığı tarih 30.08.2010

- [140] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eu_opt/pvgis_solar_optimum_TR.png>, alındığı tarih 30.08.2010
- [141] <<http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/Güneş/veri.html>>, alındığı tarih 30.08.2010
- [142] <<http://repa.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/70.aspx>>, alındığı tarih 30.08.2010
- [143] <<http://www.meteonorm.com/>>, alındığı tarih 30.08.2010
- [144] <http://www.meteotest.ch/fileadmin/user_upload/Sonnenenergie/pdf/2008WRE_C_mn6_qual_paper.pdf>, alındığı tarih 30.08.2010
- [145] <<http://www.meteonorm.com/pages/en/meteonorm/what-is-it.php>>, alındığı tarih 30.08.2010
- [146] <http://software.cstb.fr/soft/demos.asp?page_id=us!meteonorm>, alındığı tarih 30.08.2010
- [147] <<http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>>, alındığı tarih 30.08.2010
- [148] <<http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=KARAMAN>>, alındığı tarih 10.09.2010
- [149] <http://www.emo.org.tr/ekler/d4112baba0e8563_ek.pdf>, alındığı tarih 10.09.2010
- [150] <<http://www.eie.gov.tr/duyurular/YEK/YEKrepa/KARAMAN-REPA.pdf>>, alındığı tarih 10.09.2010
- [151] <http://www.mta.gov.tr/v1.0/bolgeler/konya/index.php?id=karaman_bolgesel_jeoloji&m=3>, alındığı tarih 10.09.2010
- [152] **Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 1992**
Yayınlar, İl Rapor No : 42, Konya İli Arazi Varlığı, Ankara-
- [153] <http://www.mta.gov.tr/v1.0/turkiye_maden/maden_potansiyel_2010/Karaman_Madenler.pdf>, alındığı tarih 10.09.2010
- [154] <http://www.mta.gov.tr/v1.0/index.php?id=jeoloji_haritalari&a1=dirifay>, alındığı tarih 10.09.2010
- [155] <<http://www.deprem.gov.tr/Sarbis/Shared/Anasayfa.aspx>>, alındığı tarih 10.09.2010
- [156] <<http://www.deprem.gov.tr/Sarbis/depbolge/karaman.gif>>, alındığı tarih 10.09.2010
- [157] <<http://www.deprem.gov.tr>>, alındığı tarih 10.09.2010

- [158] <<http://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Bolgeler/3Bolge/Harita.aspx>>, alındığı tarih 10.09.2010
- [159]<<http://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Yayinlar/YayinPdf/ulasimistatistik2008.pdf>>, alındığı tarih 14.09.2010
- [160] <<http://adanatesisler.com/>>, alındığı tarih 14.09.2010
- [161]<<http://www.tcdd.gov.tr/upload/Files/ContentFiles/2010/tarifeekler/yurticiucret.pdf>>, alındığı tarih 14.09.2010
- [162] <<http://www.mersinlojistikplatformu.org/alt.php?id=7>>, alındığı tarih 14.09.2010
- [163] <www.teias.gov.tr/Gr9/unitelerimiz.doc>, alındığı tarih 15.09.2010
- [164] <www.teias.gov.tr/Gr9/hatlarimiz.doc>, alındığı tarih 15.09.2010
- [165] <www.teias.gov.tr/Gr9/guctrafolari.xls>, alındığı tarih 15.09.2010
- [166] **TEİAŞ 9. Bölge**, 2009 Karaman OSB, Karaman
- [167] <www.teias.gov.tr/Gr9/eihatlariliste.xls>, alındığı tarih 15.09.2010
- [168] <<http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2009/10/solar-electric-facility-o-m-now-comes-the-hard-part>>, alındığı tarih 17.09.2010
- [169] <<http://www.pvsyst.com/5.2/index.php>>, alındığı tarih 18.09.2010
- [170] <http://canmetenergy-canmetenergie.nrcan.nrcan.gc.ca/fichier.php/codectec/En/2001-119/2001-119_e.pdf>, alındığı tarih 18.09.2010
- [171] <<http://www.pvsyst.com/images/mainwin.jpg>>, alındığı tarih 18.09.2010
- [172] <<http://www.solmetric.com/110n-us.html>>, alındığı tarih 18.09.2010
- [173] <<http://www.pvsyst.com/5.2/faq.php>>, alındığı tarih 18.09.2010
- [174] <<http://www.ecomod.org/files/papers/389.pdf>>, alındığı tarih 21.09.2010
- [175] <<http://www.businessgreen.com/bg/news/1800790/weekly-cdm-ver-market-summary-26-october-2009>>, alındığı tarih 21.09.2010
- [176] <<http://www.angelfire.com/mt/mehmettamirci/proje>>, alındığı tarih 27.09.2010
- [177] <www.epdk.gov.tr/mevzuat/diger/yenilenebilir/yenilenebilir.doc>, alındığı tarih 28.09.2010

[178] < http://www.emo.org.tr/ekler/86d6162cd5c5248_ek.pdf>, alındığı tarih 28.09.2010

[179]<<http://www.epdk.gov.tr/mevzuat/kurul/elektrik/323/323.doc>>, alındığı tarih 29.09.2010

[180] < <http://www.epdk.gov.tr/tarife/elektrik/iletim/1894/1894.html>>, alındığı tarih 29.09.2010

[181]<<http://rega.basbakanlik.gov.tr/main.aspx?home=http://rega.basbakanlik.gov.tr/eskiler/2003/06/20030617.htm&main=http://rega.basbakanlik.gov.tr/eskiler/2003/06/20030617.htm>>, alındığı tarih 12.10.2010

[182]<<http://rega.basbakanlik.gov.tr/main.aspx?home=http://rega.basbakanlik.gov.tr/eskiler/2009/07/20090728.htm&main=http://rega.basbakanlik.gov.tr/eskiler/2009/07/20090728.htm>>, alındığı tarih 12.10.2010

[183]<<http://rega.basbakanlik.gov.tr/main.aspx?home=http://rega.basbakanlik.gov.tr/eskiler/2006/06/20060621.htm&main=http://rega.basbakanlik.gov.tr/eskiler/2006/06/20060621.htm>>, alındığı tarih 12.10.2010

[184] < <http://archive.ismmmo.org.tr/docs/malicozum/12MaliCozum/10-MehmetOzkan29.doc>>, alındığı tarih 15.10.2010

[185]<<http://rega.basbakanlik.gov.tr/main.aspx?home=http://rega.basbakanlik.gov.tr/eskiler/2004/08/20040824.htm&main=http://rega.basbakanlik.gov.tr/eskiler/2004/08/20040824.htm>>, alındığı tarih 15.10.2010

[186]<<http://archive.ismmmo.org.tr/docs/malicozum/94malicozum/02%20cemalelita.s.pdf>>, alındığı tarih 15.10.2010

[187] <<http://www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/997.html>>,alındığı tarih 15.10.2010

[188]<<http://rega.basbakanlik.gov.tr/main.aspx?home=http://rega.basbakanlik.gov.tr/eskiler/2006/06/20060621.htm&main=http://rega.basbakanlik.gov.tr/eskiler/2006/06/20060621.htm>>,alındığı tarih 15.10.2010

[189]<<http://rega.basbakanlik.gov.tr/main.aspx?home=http://rega.basbakanlik.gov.tr/eskiler/2004/03/20040301.htm&main=http://rega.basbakanlik.gov.tr/eskiler/2004/03/20040301.htm>>,alındığı tarih 15.10.2010

[190] <<http://www.projeyonetimi.com/downloads/mak12.pdf>>,alındığı tarih 20.10.2010

- [191] <<http://sci.ege.edu.tr/~istatistik/personal/finansal/3.ppt>>, alındığı tarih 20.10.2010
- [192] <<http://www2.aku.edu.tr/~mehmeterkan/sayfalar/sabitv.ppt>>, alındığı tarih 22.10.2010
- [193] **Onaygil S.** 2007, Ekonomik analiz yöntemleri, İTÜ Enerji Enstitüsü, İstanbul
- [194] **Özer S.**, 2004 A Feasibility Study and Evaluation of Financing Models for Wind Energy Projects: A Case Study on Izmir Institute of Technology Campus Area, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir
- [195] <<http://www.bp.com/genericarticle.do?categoryId=9013609&contentId=7005395>>, alındığı tarih 20.11.2010
- [196] <<http://www.energy.siemens.com/hq/en/energy-topics/smart-grid/what-is-a-smart-grid.htm#content=Advantages>>, alındığı tarih 20.11.2010
- [197] <www.dtm.gov.tr/dtmadmin/upload/EAD/.../teut.doc>, alındığı tarih 21.11.2010
- [198] **Girgin H., Tuğrul B.** 2010 : 5 MW'lık Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santrali İçin Enerji Üretimi İncelemesi – *UTEG 2010*, Aralık 03, 2010 Bursa, Türkiye, Bildiri Kitabı S: 469-476

EKLER

EK: A.1 Güneş Enerjisi Elektrik Santrali Fizibilite Raporunda Yer Alması Gereken Hususlar

BÖLÜM - 1. YATIRIMIN MAHİYETİ VE NEV'İ

- 1.1. Genel Bilgiler
- 1.2. Proje Gerekçesi

BÖLÜM - 2 PROJE SAHASININ TANITILMASI

- 2.1. Doğal Durum (Topografya, Koordinatlar, Genel jeoloji, Deprem ve İklim durumu)
- 2.2. Sosyal Durum (Nüfus, Kültür, Sağlık, Ulaşım, Haberleşme)
- 2.3. Ekonomik Durum (Tarım, Endüstri, Turizm, Ticaret)
- 2.4. Varsa daha önce yapılmış etütler hakkında bilgi

BÖLÜM - 3 GELİŞME PLANI

- 3.1. Gelişmeyi Gerektiren Sebepler
- 3.2. Mevcut tesisler
- 3.3. Enerji talebi tahmini
- 3.4. Teklif edilen tesisler
- 3.5. Plânın etkinliği

BÖLÜM - 4 GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ

- 4.1. Güneş Radyasyon değerleri
- 4.2. Güneşlenme süreleri
- 4.3. Güneş Enerjisi kullanma bilgileri

BÖLÜM - 5. TESİSİN KURULACAĞI YER HAKKINDA BİLGİLER

- 5.1. Meteorolojik özellikler (Rüzgar, Nispi nem çevre sıcaklığı, bulutluluk, yağışı v.s.)
- 5.2. Jeolojik yapı
- 5.3. Temel Etütleri (Zemin mekaniği)
- 5.4. Deprem durumu
- 5.5. Ulaşım Yolu

BÖLÜM - 6. KURULACAK TESİS

- 6.1. Kapasite seçimi
- 6.2. Optimum kurulu güç, ünite sayısı ve kapasitesi
- 6.3. Transformator adedi tipi
- 6.4. Şalt sahası ve sisteme irtibat
- 6.5. Yıllık Enerji üretimi
- 6.6. Birleşik ısı-elektrik santral alternatifi
- 6.7. İşletme politikaları
- 6.8. İnşaat problemleri
- 6.9 Santral binası ve yardımcı tesisler (yeri, tipi)

6.10. Tesisin Termodinamik Dönüşüm Sistemi Olması Halinde

- 6.10.1 Üreteç tipi ve kapasitesi
- 6.10.2 Türbin tipi, ünite gücü
- 6.10.3. Sistemde kullanılan akışkanın özellikleri
- 6.10.4. Sistem soğutma suyu tesislerin tipi
- 6.10.5. Güneşi izleyen otomatik kontrol sistemleri
- 6.10.6. Heliostatların yapısı ve güneşi izleme özellikleri
- 6.10.7. Kule tipi
- 6.10.8. Güneş Enerjisini heliostatta yansıtma ve yoğunlaştırma oranları
- 6.10.9. Merkezi alıcıda ısıya çevrim verimi

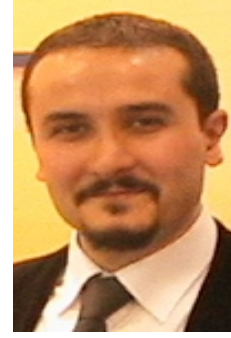
6.11. Tesisin Güneş Paneli Sistemi Olması Halinde

- 6.11.1. Depolama sistemleri
- 6.11.2. Panel verimleri
- 6.11.3. Güneş panelinin yapısı

6.12. Tesisin Güneş Havuzu Sistemi Olması Halinde

- 6.12.1. Güneş havuzu özelliği (alan, derinlik, su kalitesi, zemin, sıcaklık değişimi, tuz yoğunluğu v.s.)
- 6.12.2. Isı elektrik çevirimi türü ve oranı

ÖZGEÇMİŞ



- Ad Soyad:** Mehmet Harun Girgin
- Doğum Yeri ve Tarihi:** İstanbul / 31.08.1981
- Adres:** Adnan Kahveci Bulvarı Kültür Sok. No: 28/4
Bahçelievler/İSTANBUL
- Lisans :** Trakya Üniversitesi / Makina Mühendisliği
Szent Istvan Üniversitesi / Macaristan / Makina Mühendisliği
- Ön Lisans :** İstanbul Üniversitesi / Kontrol Sistemleri
- Lise :** Bahçelievler E.M.L / Elektronik

Yayın Listesi:

- **Girgin H.**, 2009: Hidrojen Üreteci Olarak Rüzgar.– *RÜGES 2009*, Haziran 04-05, 2009 Samsun, Türkiye.
- **Girgin H., Tuğrul B.** 2010 : 5 MW'lık Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santrali İçin Enerji Üretimi İncelemesi – *UTEG 2010*, Aralık 03, 2010 Bursa, Türkiye, Bildiri Kitabı S: 469-476