



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YOĞUNLAŞTIRILMIŞ GÜNEŞ ENERJİSİ
BİLEŞENLERİNİN ANALİZİ VE TASARIMI**

Haydar İzzettin KEPEKÇİ

Prof. Dr. Muhsin KILIÇ
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2014

TEZ ONAYI

Haydar İzzettin Kepekçi tarafından hazırlanan “ Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi bileşenlerinin analizi ve tasarımı ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Muhsin Kılıç

Başkan : Prof. Dr. Muhsin Kılıç
İmza

Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi,
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Ömer Kaynaklı
İmza

Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi,
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Yrd. Doç. Dr. Gökhan Sevilgen
İmza

Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi,
Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali Osman DEMİR
Enstitü Müdürü

...../...../.....

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

Haydar İzzettin Kepekçi

ÖZET

Yüksek Lisans

YOĞUNLAŞTIRILMIŞ GÜNEŞ ENERJİSİ BİLEŞENLERİNİN ANALİZİ VE TASARIMI

Haydar İzzettin KEPEKÇİ

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Muhsin KILIÇ

Fosil kaynaklı yakıtların kullanılması sonucu oluşan emisyonlar hem çevre kirliliğine hemde küresel ısınmaya neden olmaktadır. Enerji alanında dışa bağıllığını azaltmak isteyen ülkeler zamanla yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmişlerdir. Bu kaynakların gerek çevreye zarar vermemesi, gerek kolay bulunabilir olması gerekse sınırsız olması yönelmeyi tetikleyen unsurlardan olmuşlardır. Yenilenebilir enerji kaynakları çok çeşitli olmasına rağmen, maliyetinin daha ucuz olması ve sağlanabilecek enerjinin daha yüksek olması sebebiyle güneş enerjisi diğerlerinden daha çok rağbet görmüştür. Teknolojinin her geçen gün ilerlemesiyle beraber güneş enerjisinden elektrik üretilmesi konusunda çalışmalar yapılmış ve başarıya ulaşılmıştır. Bu üretim, yüksek sıcaklıkta buhar elde edilerek sağlanmıştır. Buhar elde edilerek elektrik üretimini sağlamak için lazım olan yüksek sıcaklık uygulamaları için yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemlerin en yaygın olanı parabolik oluk tipi güneş kollektörleridir. Parabolik şeklindeki kollektörlerin üzerindeki aynalar, güneş ışınlarını kollektörün odak noktasında yer alan alıcı boruya yoğunlaştırmaktadır. Güneş ışınları ile boru içerisindeki akışkan ısınmakta ve çevrim içinde enerji üretiminde kullanılmaktadır. Hazırlanan bu çalışmada parabolik yoğunlaştırıcılar teorik olarak incelenmiştir. Elektrik elde etmek için bir sistem tasarlanmıştır. Tasarlanan sistem içerisinde yer alan kollektörler için Bursa şartlarında 2013 yılı ve 2009-2013 yılları arası ortalama verilere göre hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan hesaplamalarda elde edilebilecek enerji miktarları bulunmuş, sistemden elde edilecek elektrik enerjisi değerleri ve sistemin yıllık geliri hesaplanıp aylara göre karşılaştırma yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjisi, Enerji Üretimi, Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi, Parabolik Oluk Tipi Kollektör

2014, xii + 93 sayfa

ABSTRACT

MSc Thesis

ANALYSİS AND DESİGN OF CONCENTRATED SOLAR POWER COMPONENTS

HAYDAR KEPEKÇİ

Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Muhsin KILIÇ

Each passing day because of rapidly developing technology and industrial activity is increasing need for energy. In today's world used this energy comes from fossil fuels. Resulting from the use of fossil fuels emissions in both global warming and environmental pollution is caused. Due to the limited life of the reserves of these resources are not infinite. In the energy field some government who want to reduce dependence on foreign countries have turned to renewable energy sources over time. These sources does not harm the environment, easily findable and unlimited. Although a wide variety of renewable energy sources, solar energy is more popular than others due to of the cost is cheaper and higher energy which can be supplied. While technology advances every day, worked on the production of electricity from solar energy and success have been achieved. This production was provided by high-temperature steam obtained. To provide power generation, the steam obtained to need for high temperature applications are used in concentrated solar power systems. Parabolic trough solar collectors are the most common type of these systems. Mirror on parabolic collector is intensifying solar radition to receiver tube located at the focal point. The solar radiation heats the fluid in the pipe and used for energy production in the cycle. In this study was examined theoretically parabolic collector. This system is designed to generate electricity from parabolic collector. According to data from between the years of 2013 and 2009 to 2013 average in Bursa conditions calculations were performed. Found amount of energy that can be obtained in the calculations, electric power values obtained from the system and annual revenue of the system is calculated.

Key words: Solar Energy, Energy Production, Concentrating Solar Power, Parabolic Trough Collector

2014, xii + 93 pages

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam sırasında yardımlarını benden esirgemeyen ve bilgilerini benimle paylaşan baőta tez danıőmanım Prof. Dr. Muhsin Kılıç olmak üzere, Uludağ Üniversitesi'ndeki hocalarıma ve arkadaşlarıma teőekkürü bir borç bilirim. Ayrıca çalıőmalarım süresince bana maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli aileme sonsuz saygı ve teőekkürlerimi sunarım.

Haydar İzzettin Kepekçi

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2. 1. Güneş Enerjisinin Tarihsel Gelişimi	4
2. 2. Türkiye'de Güneş Enerjisinin Tarihsel Gelişimi	5
2. 3. Literatür Araştırması	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM	12
3. 1. Güneşin Yapısal Özellikleri	12
3. 2. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli	13
3. 3. Güneş Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları	16
3. 3. 1. Güneş Enerjisinin Avantajları	16
3. 3. 2. Güneş Enerjisinin Dezavantajları	17
3. 4. Güneş Açıları	18
3. 5. Güneş Sistemleri	23
3. 5. 1. Düşük Sıcaklık Sistemleri	23
3. 5. 2. Yoğunlaştırıcı Güneş Enerjisi Sistemleri	29
3. 6. Parabolik Oluk Kollektörlerle Elektrik Üretimi	33
3. 6. 1. Dünyadaki Uygulamaları	35
3. 6. 2. SEGS Santrallerinin Ekonomisi	36

3. 7. Dünya Yenilenebilir Enerjiden Elektrik Enerjisi Üretimine Oranı	37
3. 8. Parabolik Oluk Tipi Güneş Kollektörü	39
3. 9. Parabolik Oluk Tipi Güneş Yoğunlaştırıcısının Boyutlarının Hesaplanması	40
3. 9. 1. Parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcı yüzeyin tasarımı	42
3. 9. 2. Parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcı emici boru ve cam örtü tasarımı	45
3. 9. 3. Takip sisteminin belirlenmesi	51
3. 9. 4. Boru içi akışkanın belirlenmesi	53
3. 10. Tasarımı Yapılan Güneş Enerjisi Sisteminin Çalışması Hakkında Bilgi Verme	54
3.11. Tasarımı Yapılan Güneş Enerjisi Sisteminin Comsol Multiphysics programında modellenmesi	56
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	59
5. SONUÇ	87
KAYNAKLAR	89
ÖZGEÇMİŞ	93

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
α_s	Güneş yükseklik açısı
Υ_s	Güneş azimut açısı
Υ	Yüzey azimut açısı
δ	Deklinasyon açısı
m	Kütle (kg)
θ_z	Zenit açısı
φ	Enlem açısı
ω	Saat açısı
β	Eğim açısı
θ	Gelme açısı
a	x eksenine olan uzaklık (m)
b	y eksenine olan uzaklık (m)
f	odak uzaklığı (m)
r	yerel yansıtıcı yarıçapı (m)
YO	Yoğunlaştırma oranı
W_K	Kollektör genişliği (m)
L_K	Kollektör uzunluğu (m)
θ_r	Literatürde kenar açısı
α	Güneş ışınlarını emme oranı
ε	Güneş ışınlarını yayma oranı
D_{\min}	Emici boru çapının minimum değeri (m)
τ	Geçirgenlik
ρ	Yansıtıcılık
Q_G	Güneş ışınımından elde edilen enerji (W/m^2)

Q_A	Kollektörden elde edilen enerji (W/m^2)
Q_E	Sistemden elde edilen elektrik enerjisi (W/m^2)
$\eta_{\text{kollektör}}$	Kollektör verimi
η_{sistem}	Sistem verimi
c	Çevrimde kullanılan akışkanın özgül ısı ($kJ/kg \text{ } ^\circ C$)
ΔT	Çevrimde kullanılan akışkanın kollektörden giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki fark ($^\circ C$)
T_g	Çevrimde kullanılan akışkanın kollektöre giriş sıcaklığı ($^\circ C$)
$T_ç$	Çevrimde kullanılan akışkanın kollektörden çıkış sıcaklığı ($^\circ C$)

Kısaltmalar

Açıklama

YGE	Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
SEGS	Güneş Enerjisi Üretim Sistemler
M.Ö.	Milattan Önce
UNESCO	Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü
TEP	Ton Eşdeğer Petrol
SCA	Güneş Toplama Kollektörleri
FV	Fotovoltaik
TL	Türk Lirası

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Türkiye'nin yıllık güneş ışınımı haritası	15
Şekil 3.2. Türkiye'nin Aylara Göre Global Radyasyon Değerleri	16
Şekil 3.3. Türkiye'nin aylara göre güneşlenme süreleri	16
Şekil 3.4. Güneş açıları	19
Şekil 3.5. Deklinasyon açısının yıl boyunca değişimi	20
Şekil 3.6. Zenit açısının gösterimi	21
Şekil 3.7. Bazı güneş açıları	22
Şekil 3.8. Düzlemsel güneş kollektörü	24
Şekil 3.9. Vakumlu güneş kollektörü	25
Şekil 3.10. Güneş bacası	26
Şekil 3.11. Su arıtma sistemi	27
Şekil 3.12. Güneş mimarisi	27
Şekil 3.13. Ürün kurutma ve seralar	28
Şekil 3.14. Güneş ocağı	29
Şekil 3.15. Parabolik oluk tipi güneş kollektörleri	30
Şekil 3.16. Parabolik çanak sistemler	31
Şekil 3.17. Merkezi alıcı sistemler	32
Şekil 3.18. Fresnel oluk teknolojisi	33
Şekil 3.19. Parabolik oluk tipi güneş yansıtıcısı	40
Şekil 3.20. Flabeg aynaların yüzey yapısı	43
Şekil 3.21. Parabolik yansıtıcı yüzeye gelen ve yansıtılan güneş ışın konisinin açıklık açısı	48
Şekil 3.22. Parabolik yansıtıcı yüzeyden yansıtılan güneş ışın konisinin yayılım açısı kadar dağılarak oluşturduğu açıklığın gösterimi	49
Şekil 3.23. Tasarımı yapılan sistemin şematik gösterimi	54

Şekil 4.1. 15 Ocak 2013 tarihindeki güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi	60
Şekil 4.2. 15 Şubat 2013 tarihindeki güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi	61
Şekil 4.3. 15 Mart 2013 tarihindeki güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi	62
Şekil 4.4. 15 Nisan 2013 tarihindeki güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi	63
Şekil 4.5. 15 Mayıs 2013 tarihindeki güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi	64
Şekil 4.6. 15 Haziran 2013 tarihindeki güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi	65
Şekil 4.7. 15 Temmuz 2013 tarihindeki güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi	66
Şekil 4.8. 15 Ağustos 2013 tarihindeki güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi	67
Şekil 4.9. 15 Eylül 2013 tarihindeki güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi	68
Şekil 4.10. 15 Ekim 2013 tarihindeki güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi	69
Şekil 4.11. 15 Kasım 2013 tarihindeki güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi	70
Şekil 4.12. 15 Aralık 2013 tarihindeki güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi	71
Şekil 4.13. Tasarlanan sistemden 2013 yılında aylara göre elde edilen ortalama enerji değerleri (kW)	71
Şekil 4.14. Tasarlanan sistemden 2013 yılında aylara göre elde edilen enerji değerlerinin saat 9:00, 12:00 ve 15:00 için karşılaştırılması (kW)	72
Şekil 4.15. 2009 - 2013 yılları arası 15 Ocak günü için ortalama güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen ortalama enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi	73
Şekil 4.16. 2009 - 2013 yılları arası 15 Şubat günü için ortalama güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen ortalama enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi	74
Şekil 4.17. 2009 - 2013 yılları arası 15 Mart günü için ortalama güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen ortalama enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi	

.....	75
Şekil 4.18. 2009 - 2013 yılları arası 15 Nisan günü için ortalama güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen ortalama enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi	76
Şekil 4.19. 2009 - 2013 yılları arası 15 Mayıs günü için ortalama güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen ortalama enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi	77
Şekil 4.20. 2009 - 2013 yılları arası 15 Haziran günü için ortalama güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen ortalama enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi	78
Şekil 4.21. 2009 - 2013 yılları arası 15 Temmuz günü için ortalama güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen ortalama enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi	79
Şekil 4.22. 2009 - 2013 yılları arası 15 Ağustos günü için ortalama güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen ortalama enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi	80
Şekil 4.23. 2009 - 2013 yılları arası 15 Eylül günü için ortalama güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen ortalama enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi	81
Şekil 4.24. 2009 - 2013 yılları arası 15 Ekim günü için ortalama güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen ortalama enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi	82
Şekil 4.25. 2009 - 2013 yılları arası 15 Kasım günü için ortalama güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen ortalama enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi	83
Şekil 4.26. 2009 - 2013 yılları arası 15 Aralık günü için ortalama güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen ortalama enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi	84
Şekil 4.27. Tasarlanan sistemden 2009 - 2013 yılları arası aylara göre elde edilen ortalama enerji değerleri (kW)	84
Şekil 4.28. Tasarlanan sistemden 2009 - 2013 yılları arası aylara göre elde edilen ortalama enerji değerlerinin saat 9:00, 12:00 ve 15:00 için karşılaştırılması (kW)	85

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1. 1. Fosil Kaynaklı Yakıtların Dünyadaki Durumu	1
Çizelge 3. 1. Güneşin Yapısal, Isıl ve Konum Özellikleri	13
Çizelge 3. 2. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi	14
Çizelge 3. 3. Türkiye'de Bölgelere Göre Güneş Enerjisi Potansiyeli	14
Çizelge 3. 4. Güneş Enerjisi Sistemlerinin Karşılaştırılması	37
Çizelge 3. 5. Dünya Yenilenebilir Enerjiden Elektrik Enerjisi Üretiminin Toplam Enerji Üretimine Oranı	38
Çizelge 3. 6. Yansıtıcı yüzeylerde kullanılan bazı malzemeleri ve yansıtma oranları	42
Çizelge 3. 7. Flabeg markasının ürettiği ayna tiplerinin özellikleri	44
Çizelge 3. 8. Yutucu yüzey için kullanılan bazı malzemeler ve özellikleri	46
Çizelge 3. 9. Bazı selektif yüzeyle kaplı emici boruların ışım özellikleri	47
Çizelge 3. 10. Bazı cam malzeme yüzeylerinin 0,3 - 3 µm dalga boyu aralığındaki yansıtıcılık, soğuruculuk ve geçirgenlikleri	50
Çizelge 3. 11. Schott firmasının ürettiği borosilikat malzemeli cam tüplerin fiziksel özellikleri	51
Çizelge 3. 12. Kullanılabilecek akışkanların fiziksel özellik tablosu	53
Çizelge 3. 13. Kullanılabilecek akışkanların özellikleri	54
Çizelge 4. 1. 15 Ocak 2013 günü için yapılan hesaplamalar	59
Çizelge 4. 2. 15 Şubat 2013 günü için yapılan hesaplamalar	60
Çizelge 4. 3. 15 Mart 2013 günü için yapılan hesaplamalar	61
Çizelge 4. 4. 15 Nisan 2013 günü için yapılan hesaplamalar	62
Çizelge 4. 5. 15 Mayıs 2013 günü için yapılan hesaplamalar	63
Çizelge 4. 6. 15 Haziran 2013 günü için yapılan hesaplamalar	64
Çizelge 4. 7. 15 Temmuz 2013 günü için yapılan hesaplamalar	65
Çizelge 4. 8. 15 Ağustos 2013 günü için yapılan hesaplamalar	66
Çizelge 4. 9. 15 Eylül 2013 günü için yapılan hesaplamalar	67
Çizelge 4. 10. 15 Ekim 2013 günü için yapılan hesaplamalar	68

Çizelge 4. 11. 15 Kasım 2013 günü için yapılan hesaplamalar	69
Çizelge 4. 12. 15 Aralık 2013 günü için yapılan hesaplamalar	70
Çizelge 4. 13. 2009 - 2013 yılları arası 15 Ocak günü için ortalama değerler ile yapılan hesaplamalar	72
Çizelge 4. 14. 2009 - 2013 yılları arası 15 Şubat günü için ortalama değerler ile yapılan hesaplamalar	73
Çizelge 4. 15. 2009 - 2013 yılları arası 15 Mart günü için ortalama değerler ile yapılan hesaplamalar	74
Çizelge 4. 16. 2009 - 2013 yılları arası 15 Nisan günü için ortalama değerler ile yapılan hesaplamalar	75
Çizelge 4. 17. 2009 - 2013 yılları arası 15 Mayıs günü için ortalama değerler ile yapılan hesaplamalar	76
Çizelge 4. 18. 2009 - 2013 yılları arası 15 Haziran günü için ortalama değerler ile yapılan hesaplamalar	77
Çizelge 4. 19. 2009 - 2013 yılları arası 15 Temmuz günü için ortalama değerler ile yapılan hesaplamalar	78
Çizelge 4. 20. 2009 - 2013 yılları arası 15 Ağustos günü için ortalama değerler ile yapılan hesaplamalar	79
Çizelge 4. 21. 2009 - 2013 yılları arası 15 Eylül günü için ortalama değerler ile yapılan hesaplamalar	80
Çizelge 4. 22. 2009 - 2013 yılları arası 15 Ekim günü için ortalama değerler ile yapılan hesaplamalar	81
Çizelge 4. 23. 2009 - 2013 yılları arası 15 Kasım günü için ortalama değerler ile yapılan hesaplamalar	82
Çizelge 4. 24. 2009 - 2013 yılları arası 15 Aralık günü için ortalama değerler ile yapılan hesaplamalar	83
Çizelge 4. 25. 2009 - 2013 yılları arası ortalama değerler ile yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilebilecek aylık toplam enerji değerleri	85

1. GİRİŞ

Son yıllarda hızlı bir şekilde gelişmekte olan teknoloji ve sanayi, beraberinde enerjiye duyulan gereksinimin artmasına da sebebiyet vermiştir. Enerji, fosil kaynaklardan ve yenilenebilir kaynaklardan olmak üzere iki şekilde elde edilebilir.

Dünyada tüketilen enerjinin yaklaşık % 39'unu petrol, % 27'sini kömür, % 21'ini doğalgaz, %13 'ünü hidroelektrik ve yenilenebilir enerji kaynakları oluşturmaktadır. Buradan yola çıkarak, dünyada kullanılan enerjinin % 87'sini fosil kaynaklı yakıtlardan temin ettiğimizi söyleyebiliriz. (Pamir 2003)

Uzmanlara göre, bu kaynakların ömrü azalmış ve yakında tükeneceklerdir. Aşağıdaki tablodan fosil kaynaklı yakıtların dünyadaki kalan ömrü görülebilir.

Çizelge 1. 1. Fosil Kaynaklı Yakıtların Dünyadaki Durumu (Anonim 2012)

Kaynaklar	Dünya Rezervi (2011)	Dünya Rezervlerinin Kullanılabilir Süreleri (Yıl)	Dünya Fosil Yakıt Değerleri (2011)		
			Üretim (Mtep)	Tüketim (Mtep)	Tüketim Payı (%)
Petrol (Milyar ton)	225,4	54	3995,6	4059,1	38
Doğalgaz (Trilyon m ³)	208,4	64	2954,8	2905,6	27,2
Kömür (Milyar ton)	Taş Kömürü	404,76	3955,5	3724,3	34,8
	Linyit	456,18			
Toplam			10905,9	10689	100

Fosil kaynakların yapısında bulunan karbon, sülfür ve hidrojen gibi elementler çevre kirliliğini doğurmakta ve bu da insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Son yıllarda dünyamızın en büyük problemi sayılabilecek olan küresel ısınmanın temelinde yatan sebeplerden biriside bu kaynakların ortaya çıkardıkları zararlı emisyonlardır.

Bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak için çözüm bulmaya çalışan araştırmacılar, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmişlerdir. Bu kaynaklar hem sınırsızdır hem de temizdir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına; güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, biokütle enerjisini örnek olarak verebiliriz. Bu kaynaklar içinde en sık kullanılan güneş enerjisidir.

Dünyadaki enerji ihtiyacına çözüm olan alternatif enerji kaynakları, son yıllarda elektrik üretimi için de kullanılmaktadır. Dünya genelinde gittikçe yaygınlaşan bu üretimlere ülkemizde de rastlanmaktadır. İnsanlar artık kendi elektriklerini üretebilmekte, fazlasını da devlete satabilme imkanı bulmaktadırlar.

Güneşten yüksek hacimde ve günlük olarak en uzun süre elektrik üretmenin bugüne kadar bulunmuş tek yolu yoğunlaştırılmış güneş enerjisidir. Dünya ölçeğinde YGE santrallerinin toplam kapasitesi 2011'de ABD ve İspanya'da hizmete alınanlarla birlikte 2,5 GW'ı geçmiştir. İspanya'da 2014 sonunda; hâlen işletmedeki otuz dokuz, inşaati devam eden on üç, plan - tasarım aşamasında sekiz santral ile toplam 2,5 GW güçte altmış tesis olacaktır. Mevcut YGE santralleri atmosfere tahminen yılda 3 Milyon ton karbon salınımı olmasını önlemektedir.

Dünya geneline bakıldığında, İspanya'nın yanında ABD, Almanya, Avustralya, Birleşik Arap Emirlikleri, Cezayir, Çin, Fas, Fransa, Güney Afrika, Hindistan, İsrail, İtalya, Meksika, Mısır, Şili ve Tayland'da toplam altmış iki YGE santrali çalışır durumda hizmet vermekte iken yirmi iki yeni santralinde inşaati sürmektedir. (Livatyalı ve Yıldırım 2012)

Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemlerinden en yaygın kullanılanı parabolik oluk tipidir. Bir parabolik oluk kolektör; güneşten gelen ışın demetlerini odak eksenine üzerine yoğunlaştıran doğrusal parabolik aynadan ve bir alıcıdan oluşmaktadır. Alıcı; parabolik aynanın orta kısmının biraz üstüne yerleştirilmiş içinde çalışma sıvısı bulunan bir borudur.

Genellikle kuzey-güney ekseninde yerleştirilmiş ayna; gündüz saatlerinde güneşi doğudan batıya doğru (tek eksen) izleyerek ışınlı, alıcı üstünde eksen boyunca odaklar ve boru içinden akmakta olan çalışma sıvısını (sentetik yağ veya ergimiş tuz) ısıtır. Isınmış çalışma sıvısı güç üretimdeki ısı kaynağı durumuna gelir.

Bir sonraki aşamada çalışma sıvısı üzerindeki ısı çevrim suyuna aktarılır ve elde edilen su buharı; buhar türbinini döndürür. Parabolik oluk kollektörler güneş tarlası üzerinde paralel veya seri bağlı sıralar halinde yerleştirilir ve böylece geniş bir alan üzerine düşen güneş enerjisi, güç merkezinde toplanarak elektriğe dönüştürülür.

ABD Kaliforniya'daki SEGS ve Nevada'daki Nevada Solar One santralleri yanında; İspanya'daki çok sayıda ticari santral bu teknolojiyle kurulmuşlardır. Mevcut teknolojiler arasında en olgunu ve yılların işletme tecrübesiyle ticari olarak kredilendirilebilir olan parabolik oluk sistemdir. (Zarza 2010)

Hazırlanan bu tezde ilk olarak güneş enerjisi ile ilgili literatür çalışması yapılmış ve böylelikle konu üzerinde geniş çaplı incelemelerde bulunulmuştur. İlerleyen bölümlerde; güneşin yapısal özellikleri, Türkiye'deki güneş enerjisi potansiyeli, güneş açıları ve güneş sistemleri hakkında bilgi verilmiştir. Ardından tezin ana konusu olan parabolik oluk tipi güneş kollektörlerinden bahsedilip; Bursa şartlarında elektrik üretiminde kullanılmak üzere minimum 50 kW enerji verecek parabolik oluk tipi yoğunlaştırıcı kollektör sisteminin tasarımı yapılmıştır. Tasarımı yapılan bu sistem için gerekli veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınarak, gereken hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan hesaplamalardan alınan sonuçlar gerekli denklemlerde yerlerine konularak, gün içerisinde elde edilebilecek enerji miktarları belirlenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2. 1. Güneş Enerjisinin Tarihsel Gelişimi

İnsanlar arasında güneş enerjisinden faydalanma fikri çok eski tarihlere dayanmaktadır. Socrates (M.Ö. 470-399) konutların ısı dengesi ve ısınması için güneş enerjisinden faydalanılması konusunda ilk öneri getiren bilim adamıdır. Güneş enerjisiyle çalışan ilk su pompası Salama de Caus'un (1564-1626) merceği icadı ile olmuştur. 1868'de Ericsson güneş enerjisinden buhar elde ederek makine işletmiş, 19. yüzyılın başında güneş ışınlarındaki ısı şiddetini ölçen bir alet Sir John Herschel tarafından bulunmuştur. Bu konudaki ilk kitabı 1903'de Charlos Pope tarafından İngilizce olarak yazılmıştır. İlk büyük sempozyum 1954'te Yeni Delhi'de yapılmıştır.

1973'e kadar bu konuda pek fazla bir ilerleme kaydedilememiştir. Bunun ana sebepleri savaş ve enerjinin elde edildiği petrol fiyatlarının düşük olmasıdır. Temmuz 1973'te UNESCO tarafından Paris'te toplanan konferansta, o zamana kadar yapılan bütün güneş araştırmaları gözden geçirilmiştir. Ekim 1973'te bilinen petrol krizi, bütün araştırmacıları yeni enerji kaynaklarının araştırılmasına yöneltmiştir. 1975 yılında sadece A.B.D.'de güneş enerjisinden %100 yararlanan iki yüz kadar konut ısıtması yapılmış, beş yıl için yaklaşık bir milyar dolar bu işe tahsis edilmiştir. Bunun yanında, 1954'te Bell laboratuvarında gerçekleştirilen güneş pilleri, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren aygıtlar olarak giderek yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Güneş pillerinin ilk büyük ölçekli uygulama alanı, uzay çalışmalarında olmuştur. Uzay araçlarına enerji sağlamada kullanılan bu piller en uygun gereç olmuşlardır. Zamanla bu pillerin verimleri ve kullanım alanları da artmıştır.

Bu gün dünya üzerinde bu pillerle çalıştırılan güneş otomobilleri, güneş uçağı, güneş gemisi ve güneş santralleri vardır. (Yiğit ve Atmaca 2010)

2. 2. Türkiye'de Güneş Enerjisinin Tarihsel Gelişimi

1960'ların başında güneş enerjisini Türkiye'de alternatif enerji kaynağı olarak gören bazı araştırmacılar bu konuyla ilgilenmeye başladı. 1970'lerde dünyadaki teknolojik gelişmelerle beraber bu konu, üniversitelerin ve sanayilerin dikkatini çekmiştir. 1975'ten beri, sıcak su elde etme maksadıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. İlk güneş enerjisi sistemi Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde kullanılmıştır. Sanayi tipi güneş enerjisi uygulamaları ise 1988'de başlamıştır. (Kartal 2007)

2. 3. Literatür Araştırması

Parabolik oluk tipli yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemleri hakkında bir çok çalışmalar yapılmıştır. Aşağıda; yapılan çalışmalardan bazılarından bahsedilmiştir.

Hassan ve Refaie (1973), silindirik parabolik güneş kolektörleri için performans analizleri yapmışlardır. Bu çalışmada kolektör boyutlarını baz alarak kritik yoğunlaştırma açıları tespit edilmiş, ardından bunların kutupsal denklemlerini oluşturmuşlardır. Genel koşullar altında oluşan maksimum güç ve ısı akısı için kritik açılal yaklaşımlar ve derinlik oranları bulunmuştur. Bu çalışmalar hem açıklığın ön kısmı hem de arka kısmı için yapılmıştır.

Edenburn (1976), deneysel sonuçları kullanarak parabolik odaklı güneş kolektörleri üzerinde yaptığı deneylerden elde ettiği sonuçları teorik yaklaşımlarla karşılaştırarak performans analizi yapmıştır. Bu sayede ısı transferi akışkanı, cam kılıf ve yutucu yüzey üzerindeki sıcaklık dağılımları inceleyerek sonuçlar çıkarmıştır.

Gaul ve Rabl (1979), parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcıların ortalama optik verimlerini incelemişlerdir. Günün her saatinde göre güneş ışınımı ile verim değişimini göstermişlerdir.

Gee (1980), çizgisel odaklamalı güneş yoğunlaştırıcılarının çalışma sistemlerini ve izleyici tiplerini incelemiştir. İzleyici tiplerini karşılaştırmış, konu ile ilgili gelişmeleri ve deneysel çalışmaları değerlendirmiştir.

Cope ve Tully (1982), parabolik tipli yoğunlaştırıcı kolektörlerin güneşi takip yöntemlerini güneş konumunun hesaplanabileceği denklemlerle incelemiş ve mevcut kolektörler üzerindeki güneş takip hatalarını deneysel değerlerle karşılaştırmışlardır.

Rabl ve arkadaşları (1982), parabolik güneş kolektörlerinin optimizasyonu konusunda çalışmışlardır. Kolektörde; konsantrasyon oranı, cam kılıf çapı ve yutucu boruya bağlı olarak meydana gelen ısı kayıpları minimize edilmeye çalışılmıştır. Optimum açıklık değerleri için grafikler tasarlanmış ve elde edilen veriler ile deneysel sonuçlar arasında mukayeseler yapılmıştır.

Heiti ve Thados (1983), parabolik oluk tipi güneş kolektörlerinde termal verim ve performans üzerine çalışmalar yapmışlardır. Güneş ışınlarının geliş açısına bağlı olarak parabolik açıklığın verim üzerine etkilerini ve bu alanın sınırlarının analizlerinin optimizasyon üzerine etkisi konularında çeşitli sonuçlara ulaşılmıştır.

Jeter (1983), parabolik oluk tipi yoğunlaştırıcı yüzeyinin üzerine gelen güneş ışınımını sonlu elemanlar yardımıyla analiz etmiş, yoğunlaştırıcının yoğunlaştırma oranını ve verimini hesaplamıştır.

Hession ve Boonwick (1984), değişik boyutlardaki parabolik oluk tipi kollektörler için takip sistemlerini denemişlerdir. Takip sistemi ile güneşini hassas şekilde izleyen ışığa duyarlı devre yapmışlar ve blok diyagramını vermişlerdir.

Ecevit ve Goshtaspour (1985), ısı üretimi için kullanılacak parabolik oluk tipi yoğunlaştırıcıların ısı özelliklerini incelemişler ve bu yoğunlaştırıcılar için malzeme seçimi yapmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre yoğunlaştırıcıyı tasarlayıp imal etmişlerdir.

Bhowmik ve arkadaşları (1985), ortalama ısı transferi katsayısının tespiti ve dış sıcaklığa bağlı olarak sistem parametrelerini içeren ortalama akışkan sıcaklığının bulunması üzerine çalışmalar yapmışlardır.

Prapas ve arkadaşları (1987), düşük yoğunlaştırma oranına sahip olan parabolik güneş kollektörlerinde diffuz yayının etkileri üzerine çalışma yapmışlardır.

Espana ve Rodriguez (1987), kararsız şartlarda olan parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcılarının lineer olmayan diferansiyel denklemlerine analitik çözümler elde etmek için çalışmışlardır.

Bhowmik ve Kandpal (1988), güneşini kuzey-güney, doğu-batı ve her ekseninde de izleyen parabolik güneş kollektörleri üzerine çalışmalar yapmışlardır. Yaptıkları bu çalışmalar sırasında farklı yıl içi zamanlar, farklı enlemler ve farklı açılar kullanarak bunlara bağlı grafiksel sonuçlar elde etmişlerdir.

Karaduman (1989), parabolik oluk tipi yoğunlaştırıcının ısı verimini bulmak için zorunlu dolaşımli sistemle çalışan ve doğrudan akışkan ısıtan bir güneş yoğunlaştırıcısının tasarımını, imalini ve performans deneylerini yapmıştır.

Yeşilata (1990), güneşin hareketini izleyen parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcısının tasarımını ve imalini gerçekleştirmiştir. Yoğunlaştırıcının ısı veriminin belirlenmesinde kullanılacak bir deney düzeneği oluşturmuştur. Bu deney düzeneğini kullanarak imal edilen güneş yoğunlaştırıcısının ısı verimini hesaplamıştır.

Pereira ve arkadaşları (1991), borulu soğuruculu iki kademe parabolik oluk tipi yoğunlaştırıcılar için çeşitli deneyler yapmışlardır. Bu tip yoğunlaştırıcılarda toplam ısı kayıplarını azaltarak yüksek akışkan sıcaklıkları elde etmişlerdir.

Tatara ve arkadaşları (1991), 4 adet parabolik oluk tipi yoğunlaştırıcıyı seri bir şekilde bağlayarak yaptıkları deneylerde; yoğunlaştırıcıların değişik şartlarda performans gösterdiğini fark etmişlerdir. Yapılan deneylerde yoğunlaştırıcıların özel bir kaplama ile kaplanmasıyla verimlerinin arttığı görülmüştür.

Pinazo ve arkadaşları (1992), parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcılarda güneş ışınımının gelme açısının analizlerini yapmışlardır. Güneşten gelen ışınların geliş açıları ile ilgili analitik bağlantılar elde edilmiştir.

Usta (1995), güneş enerjisiyle çalışan NH_3 - H_2O akışkan çifti kullanan soğutma sistemlerinin tasarımlarının geliştirilmesi ve imalatı konusunda çalışmıştır. Sistemde yoğunlaştırıcı yüzeyi parabolik aynalardan oluşan, pyreks boru cam örtü içerisindeki siyaha boyanmış güneşi tek eksenle izleyen parabolik oluk tipi güneş kolektörü

kullanılmıştır. 100 °C'nin altındaki sıcaklıklarda yapılan testlerde verimin düştüğü görülmüştür.

Kalogirou ve arkadaşları (1997), parabolik oluk tipi yoğunlaştırıcılarda buhar üretimi sistemlerini modellemişler ve yaptıkları simülasyon programı ile optimizasyon ve performans değerlendirmelerini yapmışlardır. Flaş kabının ön ısıtması için gereken enerji kaçınılmaz olduğundan, kap boyutlarını optimize etme gereğini anlamışlar ve bir takım analizler yapmışlardır. Yapılan bu analizlerden elde edilen optimum flaş kap çapını 65 mm olarak tayin etmişlerdir. Sistemin ilk ısınmak için harcadığı enerjiyi ise 4,3 MJ olarak hesaplamışlardır. Üzerinde çalıştıkları buhar üretimi sistemlerinin hem kararlı hem de geçici durumlarını göz önüne alarak yaptıkları testlerden çıkan sonuçlara bakıldığında, geliştirilen modelleme programının sapma oranının %1,2 civarında olduğu görmüşlerdir. Sistemlerin yüksek sıcaklıkta çalışması sırasında ısı kayıplarında artış olacağını da saptamışlardır.

Hamad (1998), silindirik parabolik güneş kolektörleri üzerinde yaptığı araştırmalar sonucunda ısı transferini gerçekleştiren akışkanın kolektör içerisinde kütsel akışı esnasında akış hızından dolayı oluşan farklılıkların genel verim üzerine etkilerini incelemiştir. Hava sıcaklığının performans üzerine etkinliğinin çok az düzeyde olduğunu tespit etmiş, esas etkinin akışkan çıkış sıcaklığında olduğunu belirlemiştir.

Genç (1998), güneşi tek ekseninde takip eden 40 mm çapında ve 3,70 m boyundaki parabolik oluk tipi güneş kolektörünün tasarımını ve imalini yapmıştır. Tasarlanan kolektörün fotosel aracılığıyla güneşi tek ekseninde takip etmesini sağlamıştır. Sistemin performans deneylerini Ankara şartlarında incelemiştir. Yapılan bu çalışma sonunda, gün boyu yapılan testlerde verim %65 olarak belirlenmiştir.

Haifeng ve Zhenyan (2003), güneşi takip etme özelliği olmayan yoğunlaştırıcı parabolik yansıtıcılarda vakum teknolojisini kullanarak güneş enerjisi soğutma borusunu denemişlerdir. Çalışmalarında yoğunlaştırma oranları ve optik verim üzerine çeşitli hesaplamalar yapmışlardır.

Çolak (2003), çalışmasında yüksek sıcaklıktaki güneş ışınma enerjisi uygulamaları ile ekonomik, çevresel ve teknik yönden uygun parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcısının tasarımını, geliştirilmesini ve prototip imalatını tasarlamıştır. Bu sebeple güneş enerjisi ile alakalı optik ve ısı transferi mekanizmalarının parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcılarına yönelik olarak nümerik modelleri türetmiştir. Bu şekilde güneş kolektörlerini hesaplanır biçime dönüştürmüştür.

Garcia-Valladares ve Valezquez (2009), tek ve çift geçişli parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcılarının ısı ve akış davranışlarının nümerik simülasyonlarını incelemişlerdir. Çalışmalarında Sandia National Laboratories tarafından sağlanan deneysel değerleri kullanmışlardır. Elde edilen sayısal sonuçlardan yola çıkarak; geri dönüşümü olan veya olmayan çift geçişli parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcısı kullanıldıysa ısı transferinin arttığını görmüşlerdir. Isı transferinin artması ve termal kayıpların azalması konusunda; geri dönüşüm oranı, kanal kalınlığı oranı ve Reynolds sayısının da önemli birer faktör olduğunu saptamışlardır. Çift geçişli cihazlarda ısı transferi artarken, hidrolik artış sebebiyle ekstra sürtünme kayıplarının gerçekleştiğini gözlemlemişlerdir. Ekonomik anlamda ise; işletme maliyeti de dahil edilerek yapılan değerlendirmelerde; çift geçişli ısı değiştiriciler için alıcı ve çevirici arasında vakumlu hava kullanmak gerektiğini belirlemişlerdir.

Fernandes ve arkadaşları (2010), çalışmalarında parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcısının tarihi gelişiminden bahsetmiş ve son yüzyıl boyunca bu tip yoğunlaştırıcı sistemlerin yapılmasını ve pazarlanmasını incelemişlerdir.

Şanlı (2010), yapmış olduğu çalışmada parabolik oluk tipi güneş kollektörlerini teorik olarak ele almıştır. Teorik olarak incelenen parabolik oluk tipi güneş kolektörünün özellikle içindeki bütün bölümleri tek ele alınarak her birinin önemi vurgulamıştır. Daha sonra sistemi yansıtıcı yüzey, emici boru, cam örtü ve takip mekanizması olarak bölümlere ayırarak tek tek incelenerek maliyet hesaplarını çıkarmıştır. Sistemin tasarımı bittikten sonra ısı ve optik kayıpları hesaplayarak güneş ışınlarından ısı transfer akışkanına aktarılan enerji belirlemiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3. 1. Güneşin Yapısal Özellikleri

Güneş, yarıçapı 7×10^5 km ve kütlesi 2×10^{30} olan bir yıldızdır. Her yıldız gibi güneş de, kendisini oluşturan maddelerin kütle çekimi ile birbirlerini çekmesi sonucu oluşmuştur. Evrensel toz bulutlarındaki parçacıkların birbirlerini kütle çekimi ile çekmesi sonucunda oluşan yoğunlaşma ile, birbirine doğru yaklaşan ve yaklaşırken de hızlanan parçacıklar, kütle çekim enerjisini hız enerjisine dönüştürerek, güneşin iç bölgelerinin çok sıcak olmasına neden olur. Bu sıcaklıklarda ortaya çıkan çekirdeksel tepkimeler sonucunda oluşan ışınımların ortaya çıkardığı basınç, güneşin daha fazla yoğunlaşarak çökmesini engellemiştir. Böylece, güneşin bu günkü boyutları oluşmuştur. (Öztürk 2012)

Güneş, ısı ve ışık yayan sıcaklığı yüksek bir gaz külesidir. Dünyadan 150 milyon km uzaklıkta olmasına rağmen, güneşin yaydığı ışınlar yeryüzüne 8 dakikada ulaşır. Yüksek basınçtaki gazlardan oluştuğu varsayılan güneşe ilişkin yapısal, ısıl ve konum/hareket özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 3. 1. Güneşin Yapısal, Isıl ve Konum Özellikleri (Başkök 2004)

Özellikler	Değeri	
Yapısal Özellikler	Kütle (kg)	19 891 x 10 ²⁶
	Havim (km ³)	1 412 x 10 ¹⁵
	Ekvator yarıçapı (km)	695 000
	Hacimsel ortalama yarıçap (km)	696 000
	Eliptiklik	0,00005
	Ortalama yoğunluk (kg/m ³)	1408
	Yüzeydeki kütle çekimi (m/s ²)	274
Kimyasal Özellikler	Hidrojen (%)	92,1
	Helyum (%)	7,8
	Oksijen (%)	0,061
	Karbon (%)	0,030
	Nitrojen (%)	0,0084
	Neon (%)	0,0076
	Demir (%)	0,0037
	Silikon (%)	0,0031
	Magnezyum (%)	0,0024
	Kükürt (%)	0,0015
	Diğerleri (62 değişik element) (%)	0,0015
Isıl Özellikler	Merkez sıcaklığı (K)	16 000 000
	Yüzey sıcaklığı (K)	6 000
	Toplam ışınımsal güç (MW)	3,8 x 10 ²⁰
Konum ve Hareket Özellikleri	Yer Yörüngesine yatıklık (°)	7,25
	Yakın yıldızlara göre hızı (km/s)	19,4
	Ekseni etrafında dönme periyodu (saat)	1609,12

3. 2. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Türkiye, coğrafi konumu itibariyle güneş enerjisi potansiyeli bakımından çok uygun bir durumdadır. Devlet Meteoroloji Merkezi tarafından 1966 - 1982 yıllarında yapılan güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m² - yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²-gün)

olduğu tespit edilmiştir. Gerekli yatırımların yapılması halinde, Türkiye yılda birim metre karesinden ortalama olarak 1100 kWh'lık güneş enerjisi üretebilir.

Çizelge 3. 2. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi (Varınca ve Gönüllü 2006)

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi		Güneşlenme Süresi (saat/ay)
	(kcal/cm ² -ay)	(kWh/m ² -ay)	
Ocak	4,45	51,75	103,0
Şubat	5,44	63,27	115,0
Mart	8,31	96,65	165,0
Nisan	10,51	122,23	197,0
Mayıs	13,23	153,86	273,0
Haziran	14,51	168,75	325,0
Temmuz	15,08	175,38	365,0
Ağustos	13,62	158,40	343,0
Eylül	10,60	123,28	280,0
Ekim	7,73	89,90	214,0
Kasım	5,23	60,82	157,0
Aralık	4,03	46,87	103,0
Toplam	112,74	1311,0	2640
Ortalama	308,0 cal/cm ² -gün	3,6 kWh/m ² -gün	7,2 saat/gün

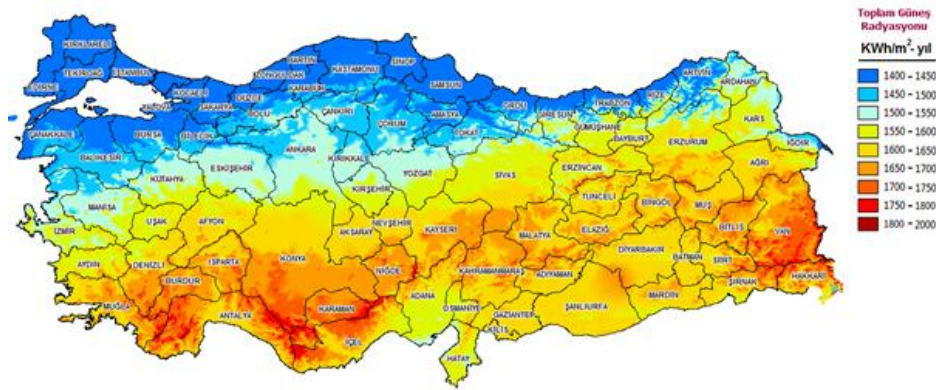
Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güneydoğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir. Aşağıdaki tabloda bölgesel dağılım görülmektedir.

Çizelge 3. 3. Türkiye'de Bölgelere Göre Güneş Enerjisi Potansiyeli (Ültanır 1998)

Bölge	Işınım Enerjisi			Güneşlenme Süresi		
	Yıllık ort. (kWh/m ² yıl)	En yüksek (kWh/m ² ay)	En düşük (kWh/m ² ay)	Yıllık ort. (h/yıl)	En yüksek (h/yıl)	En düşük (h/yıl)
Güneydoğu Anadolu	1491,2	188,1	49,6	3016	407	126
Akdeniz	1452,7	176,6	48,9	2923	360	101
İç Anadolu	1432,6	176,6	42,2	2712	381	98
Ege	1406,6	168,7	40,9	2726	371	96
Doğu Anadolu	1398,4	182,8	48,6	2693	373	165
Marmara	1144,2	166,9	33,4	2528	351	87
Karadeniz	1086,3	141,7	34,0	1966	273	82

Güneşlenme süreleri dikkate alındığında, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin yılda 3016 saat ile en zengin bölgemiz olduğu görülmektedir.

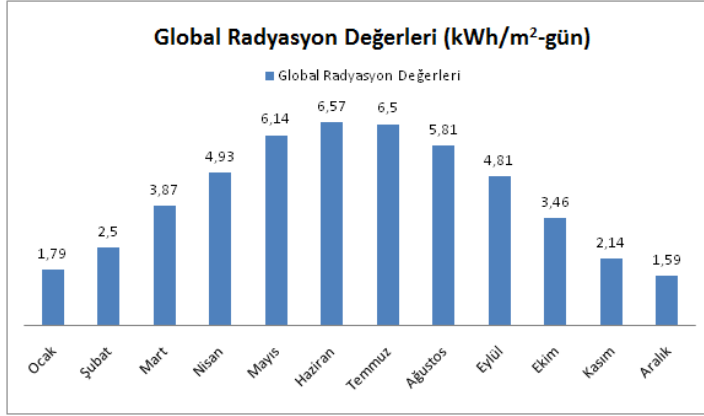
Türkiye'de toplam olarak yıllık elde edilen enerji miktarı 1015 kWh/m^2 civarındadır. Avrupa Birliği tarafından aday ülkelerin güneş enerjisi ve PV potansiyelinin tespit edildiği çalışmada Türkiye'nin yıllık alınan enerji miktarı ortalama olarak 1500 kWh/m^2 olduğu belirlenmiştir. Türkiye yaklaşık 87 milyon Ton Eşdeğer Petrol (TEP) güneş enerjisi potansiyeline sahip olup, bunun 26,5 milyon TEP'i ısı üretimine, 8,75 milyon TEP'i ise elektrik üretimine elverişli miktarlar olarak açıklanmaktadır. (Şen 2004)



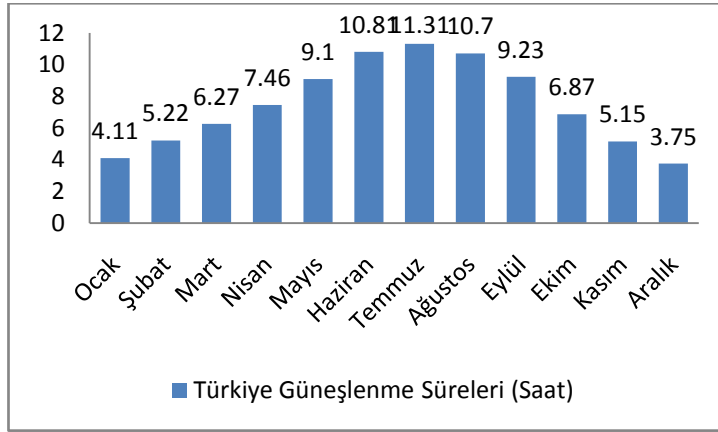
Şekil 3. 1. Türkiye'nin yıllık güneş ışınımı haritası

(<http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/gunes.html>, 2014)

Mavi ile gösterilen bölgeler güneş ışınımı bakımından zayıf; kırmızı ile gösterilen bölgeler ise güneş ışınımı bakımından güçlü bölgelerdir. Ülkemizin güney bölgelerinin yatırım açısından çok verimli olacağını, güneş ışınım haritasına bakarak rahatlıkla anlayabiliriz. Aşağıdaki tablolardan gördüğümüz verileri baz alarak; yaz aylarında güneş enerjisinin maksimum değerlere çıktığını söylemek mümkündür. (<http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/gunes.html>, 2014)



Şekil 3. 2. Türkiye'nin Aylara Göre Global Radyasyon Değerleri
(<http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/gunes.html>, 2014)



Şekil 3. 3. Türkiye'nin aylara göre güneşlenme süreleri
(<http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/gunes.html>, 2014)

3. 3. Güneş Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları

3. 3. 1. Güneş Enerjisinin Avantajları

- Fosil yakıtların tükenmeye başladığı dünyamızda diğer yenilenebilir enerji kaynaklarında olduğu gibi güneş enerjisi de sonsuz ve sınırsız enerji kaynağıdır. Bu güneş enerjisinin en önemli avantajıdır.

- Küresel ısınmanın giderek arttığı bir ortamda güneş enerjisinden enerji elde ederken karbon salınımı meydana gelmez. Hava kirliliğine neden olmaz.
- Güneş enerjisinin bir diğer çevreci özelliği de çalışırken ses çıkarmadığından gürültü kirliliğine neden olmaz.
- Güneş enerjisi yakıt maliyeti gerektirmeden sıcak su, ısınma, soğutma, endüstriyel uygulamalar, elektrik üretimi gibi bir çok uygulamayı sağlamaktadır.
- Güneş enerjisi sistemleri enerji ihtiyacına göre kolay kurulabilir sistemlerdir. Ayrıca enerji ihtiyacının artması durumunda hızlı ve kolay bir şekilde sistemler genişletilebilir.
- Güneş enerjisi sistemlerinde üretim ve kurulum maliyetlerinden sonra kullanımda çok fazla bakım maliyeti oluşmaz.
- Güneş sistemlerinin ilk kurulum ve üretim maliyetlerinin yüksek olmasına rağmen uzun dönemde düşünüldüğünde fosil yakıtlara göre başlangıçtaki ödenen maliyetin geri dönüşümü vardır. (Tunç 2011)

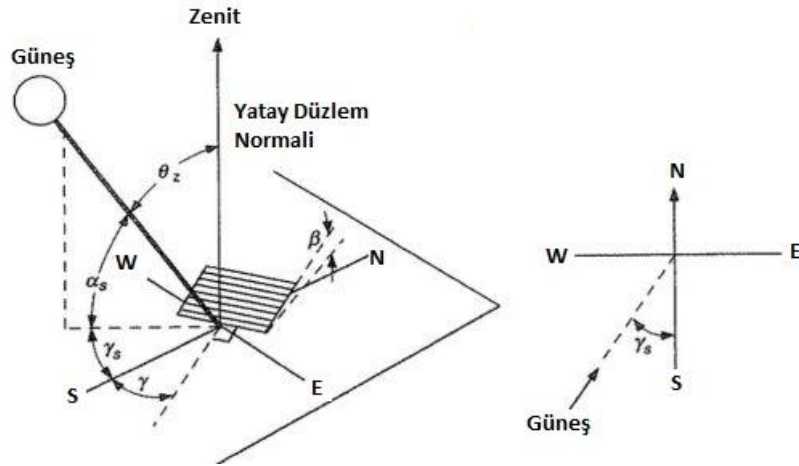
3. 3. 2. Güneş Enerjisinin Dezavantajları

- En önemli dezavantajı fotovoltaik panellerin ve takip sistemli toplayıcıların üretim ve kurulum maliyetlerinin yüksek olmasıdır.

- Güneş enerjisi sistemlerinin verimi güneşin durumuna bağlıdır. Bulutlu havalar, çevre kirliliği, güneşin yönü bazı sistemlerde verimi direkt etkilemektedir.
- Özellikle elektrik üretimi yapan toplayıcı tiplerinde gölgelemeyi önlemek için geniş alanlara ihtiyaç duyulmaktadır.
- Güneş enerjisi sistemlerinin gece enerji sürekliliği sağlayabilmesi için depolama sistemine ihtiyaç vardır.
- Binalarda kullanılan güneş toplayıcıları görünüm ve yer açısından bazı sorunlara yol açabilmektedir.
- Fotovoltaik hücrelerde kullanılan yarı iletken maddeler kullanım ömrü bittikten sonra çevre kirliliğine neden olabilmektedir.
- Güneş enerjisi teknolojisi ulaşım amaçlı uygulamalar için henüz yeterli verime sahip değildir. Gelişmekte olan bir teknolojidir. (Tunç 2011)

3. 4. Güneş Açıları

Güneş ışınları, dünyaya belirli açılarla gelirler. Dünyanın kendi çevresindeki dönüş eksenini, güneş çevresindeki dolanma yörüngesi düzlemiyle $23,5^{\circ}$ 'lik bir açı yaptığı için mevsimler oluşmaktadır. Bu açılar hakkında bilgi sahibi olunarak, güneş enerjisinden en verimli şekilde yararlanabiliriz.



Şekil 3. 4. Güneş açıları (Kalogirou 2004)

Güneş yükseklik açısı (α_s) : Güneş ışınımı ile yatay yüzey arasındaki açıdır. Zenit açısı tamamlayıcısıdır. Aşağıdaki gibi hesaplanır. (Duffie ve Beckman 2006)

$$\alpha_s = 90^\circ - \theta_z \quad (3.1)$$

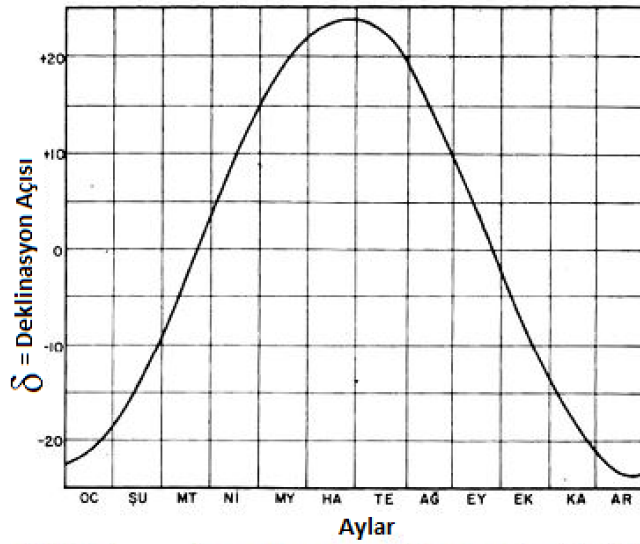
Güneş azimut açısı (γ_s) : Direkt güneş ışınımının yatay plaka üzerine güneydoğudan (-), güneybatıya (+) doğru açısal yer değiştirmesidir. Örneğin saat 12:00'de 180° 'dir. (Duffie ve Beckman 2006)

Yüzey azimut açısı (γ) : Yüzeyin dikeyinin, yerel boylama göre, sapmasını gösteren açıdır. -180° ile 180° arasında değişebilir. Güneye bakan yüzey için sıfır olur. Doğuya yönelen yüzeyde eksi, batıya yönelen yüzeyde ise artı değer alır. (Duffie ve Beckman 2006)

Deklinasyon açısı (δ) : Ekvator düzlemine göre güneş öğle vaktindeyken güneşin açısal konumudur. Coğrafi kuzey ile manyetik kuzey arasındaki açığa doğal sapma (deklinasyon) açısı adı verilir. Deklinasyon açısı coğrafi kuzeyin doğusunda ise pozitif,

batısında ise negatif değer alır. Aldığı değerler $-23,45^\circ$ ile $23,45^\circ$ arasındadır. Bunun sebebi ise dünyanın kendi eksenini ile yörünge düzleminin normali arasındaki açının $23,45^\circ$ olmasıdır. Deklinasyon açısı, ekvator düzleminin δ açısı, Cooper denklemiyle hesaplanır. n , 1 Ocak'tan itibaren hesaplama yapılan güne kadar olan gün sayısı olmak üzere Cooper denklemi aşağıdaki gibidir. (Duffie ve Beckman 2006)

$$\delta = 23,45 \times \sin\left[360 \times \frac{284+n}{365}\right] \quad (3.2)$$



Şekil 3. 5. Deklinasyon açısının yıl boyunca değişimi (Pamir 2003)

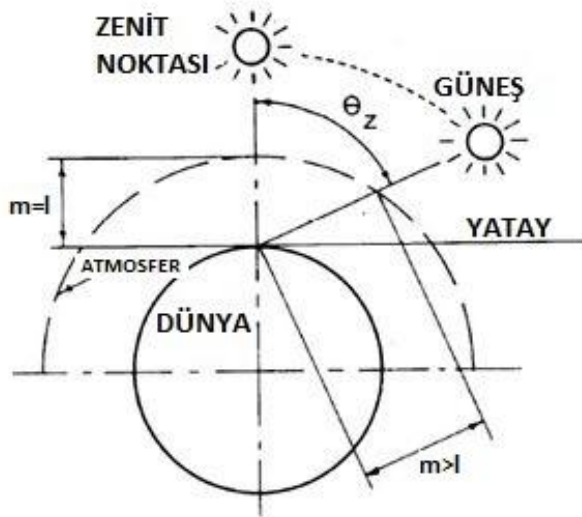
Hava kütlesi (m) : Işın radyasyonunun geçtiği atmosfer kütlesinin, güneş tam tepede iken ışın radyasyonunun içinden geçeceği atmosfer kütlesine oranıdır. (Duffie ve Beckman 2006)

$$m = \frac{1}{\cos \theta_z} \quad (3.3)$$

Zenit açısı (θ_z) : Direkt güneş ışınımı ile yatay düzlem normalinin arasında kalan açıdır. Zenit açısı güneş doğuş ve batısında 90° iken, ışınların dik geldiği durumda 0° 'dir. Zenit açısı,

$$\theta_z = 90^\circ - \alpha \quad (3.4)$$

şeklinde hesaplanır. (Duffie ve Beckman 2006)

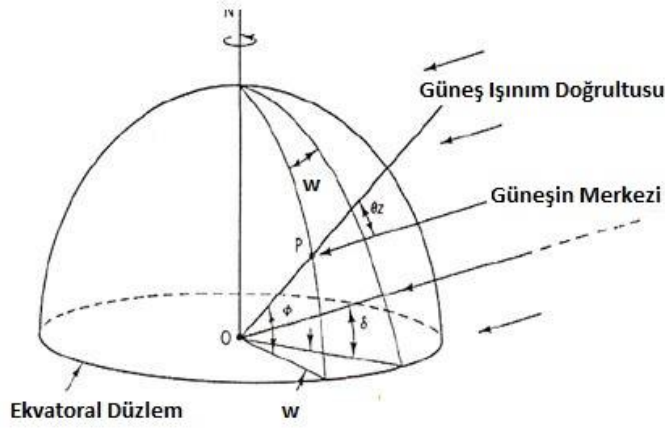


Şekil 3. 6. Zenit açısının gösterimi (Pamir 2003)

Enlem açısı (ϕ) : Ekvatorun kuzey veya güney konumuna göre olan açıdır. Enlem kuzey yarım küre için pozitif değerli olup, güney yarım kürede negatif değerlidir. -90° ile 90° arasında değişir. (Duffie ve Beckman 2006)

Saat açısı (ω) : Zamanın açısal ölçüsüdür ve bir saat 15° boylama eşittir. Öğleden önce açı eksi ve öğleden sonra artı değer alır. Örneğin saat 11:00 için açı -30° ve saat 15:00 için $+45^\circ$ olur. (Duffie ve Beckman 2006)

Eğim açısı (β) : Söz konusu yüzeyle yatay düzlem arasındaki açıdır. 0° ile 180° arasındadır. (Duffie ve Beckman 2006)



Şekil 3. 7. Bazı güneş açıları (Kartal 2007)

Gelme açısı (θ) : Eğik yüzeyin dikeyi ile ışın arasındaki açıdır. Güneş ışınları yüzeye paralel geldiği zaman $\theta = 90^\circ$ 'dır. Yeryüzüne gelen güneş ışınlarının geliş açısı (θ) için geliştirilen literatürde genel bir ifade geliştirilmiştir. (Duffie ve Beckman 2006)

$$\cos \theta = \sin \delta \times \sin \phi \times \cos \beta - \sin \delta \times \cos \phi \times \cos \gamma \times \sin \beta + \cos \delta \times \cos \phi \times \cos \beta \times \cos \omega + \cos \delta \times \sin \phi \times \sin \beta \times \cos \gamma \times \cos \omega + \cos \delta \times \sin \beta \times \sin \gamma \times \sin \omega \quad (3.5)$$

0° ile 180° arasındaki yüzey azimut açısıyla, sabit yüzey güney veya kuzeye doğru eğimli olduğunda, genel açı denklemindeki bazı terimler geçerliliğini yitirir. Dik yüzeyler için $\beta = 90^\circ$ ise geliş açısı genel açı denklemini aşağıdaki gibi olur. (Duffie ve Beckman 2006)

$$\cos \theta = -\sin \delta \times \cos \phi \times \cos \gamma + \cos \delta \times \sin \phi \times \cos \gamma \times \cos \omega + \cos \delta \times \sin \gamma \times \sin \omega \quad (3.6)$$

Yatay yüzeyler için geliş açısı güneş zenit açısıdır. Bu değer güneş ufkun üzerinde olduğunda 0° ile 90° arasında olmalıdır. Bu durum için $\beta = 0$ iken zenit açısı ifadesi;

$$\cos \theta_z = \cos \delta \times \cos \gamma \times \cos \omega + \sin \delta \times \sin \gamma \times \sin \omega \quad (3.7)$$

şeklinde olur. (Duffie ve Beckman 2006)

3. 5. Güneş Sistemleri

3. 5. 1. Düşük Sıcaklık Sistemleri

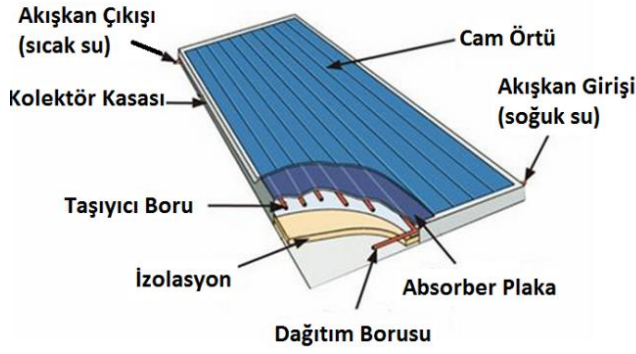
Düzlemsel Güneş Kollektörleri

Güneş enerjisini toplayan ve bir akışkana ısı olarak aktaran çeşitli tür ve biçimlerdeki aygıtlardır. En çok evlerde sıcak su ısıtma amacıyla kullanılmaktadır. Ulaştıkları sıcaklık 70°C civarındadır.

Düzlemsel güneş kolektörleri, üstten alta doğru, camdan yapılan üst örtü, cam ile absorban plaka arasında yeterince boşluk, metal veya plastik absorban plaka, arka ve yan yalıtım ve bu bölümleri içine alan bir kasadan oluşmuştur.

Absorban plakanın yüzeyi genellikle koyu renkte olup bazen seçiciliği artıran bir madde ile kaplanır. Kollektörler, yörenin enlemine bağlı olarak güneşi maksimum alacak şekilde, sabit bir açıyla yerleştirilirler. Güneş kolektörlü sistemler tabii dolaşım ve pompalı olmak üzere ikiye ayrılır. Bu sistemler evlerin yanında, yüzme havuzları ve sanayi tesisleri için de sıcak su sağlanmasında kullanılır.

(http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, 2014)

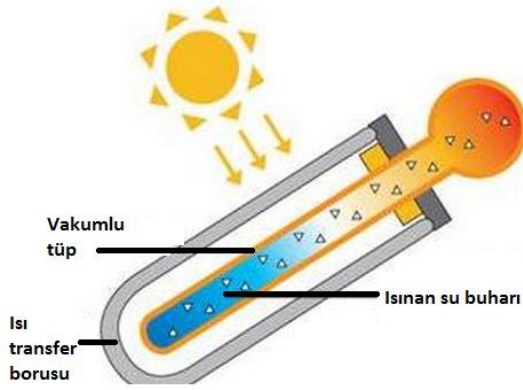


Şekil 3.8. Düzlemsel güneş kollektörü

(http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, 2014)

Vakumlu Güneş Kollektörleri

İç içe geçmiş iki cam borunun arasındaki havanın vakumlanmasıyla elde edilir. Dıştaki cam boru güneşten gelen ışınları toplayarak içteki boruya iletmekte, içteki boru ise yüzeyinin selektif bir malzemeyle kaplı olmasından dolayı ışınların büyük çoğunluğunu absorbe ederek akışkanı ısıtmaktadır. Borular arası vakumlu olduğundan borular arasında iletimle, kollektör dışında taşınma, kaplama malzemesinden dolayı ise ışınım ile olan ısı kayıpları yok denecek kadar azdır. Isınan akışkanın yer değiştirmesi prensibiyle, ısınan akışkan depoya doğru hareket eder. Bunun yerini ise depodaki soğuk su kaplar. Dıştaki boru silindirik olmasından dolayı güneşi tüm açılardan 90° olarak alır. Böylelikle; yoğunlaştırma, sistemin güneşi izlemesi ve donmaların önlenmesi için antifriz gibi ikincil akışkana gerek kalmamaktadır. (Öz ve arkadaşları 2002)



Şekil 3. 9. Vakumlu güneş kollektörü

(http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, 2014)

Güneş Havuzları

Tuzlu suyun kaynama noktasının altındaki sıcaklıklarda güneş enerjisinin toplanmasını ve depolanmasını sağlar. Aynı depolama sıcaklığında çalışan düzlemsel kollektörlere kıyaslandığı zaman, havuzun düşük maliyet ve büyük ısı depolama kapasitesi gibi avantajları vardır. Isıl verim suyun berraklığına bağlı olduğu için, suyu mümkün olduğunca temiz tutmak önemlidir. Ancak havuzlar çatılar üzerine ve yüksek eğimli yerlere kurulamazlar. Küçük havuzların toprağa karşı izole edilememesi verimi düşürür. Güneş havuzları işletme kolaylıkları ve imalatındaki kolay teknolojilerinden kullanışlıdır. (Sökmen ve Erdallı 2012)

Güneş Bacaları

Sistem üç temel prensip üzerinde çalışmaktadır. Bunlar sera etkisi, yoğunluk ve sıcaklık farkı ile akışkan hareketi ve kinetik enerjidir. Sistem dairesel ya da dairesel kesite yakın bir kesitte oluşmuş sera alanından ve bu alanın merkezine konumlandırılmış bacadan oluşmaktadır. Kollektör içerisinde bulunan hava güneş ışınımı ile ısınır ve hareket kabiliyeti kazanarak kollektörün merkezine doğru hareket eder. Kollektör dışında

bulunan hava ise kollektör merkezine hareket eden ısınmış havanın yerini alır ve ışınlam ortamdaki havayı ısıtarak işlemin tekrarlanmasını sağlar. Kollektör merkezine doğru hareket etmiş olan hava, bacanın çekiş etkisiyle yukarı yönlü hareket yaparak bacanın içerisine yerleştirilmiş türbini çevirerek elektrik enerjisinin üretimini gerçekleştirir. (Delikanlı ve Yabuz 2011)



Şekil 3. 10. Güneş bacası (http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, 2014)

Su Arıtma Sistemleri

Bu sistemleri oluşturan havuzların üzeri, eğimli şeffaf cam yüzeylerle kapatılır. Güneş enerjisiyle ısınan havuzdaki su buharlaşarak, havuzun üzerindeki kapaklarda yoğunlaşır. Bu sistemler, uzun yıllardan beri temiz su bulma gücünü çekilen yerlerde kullanılmaktadır.



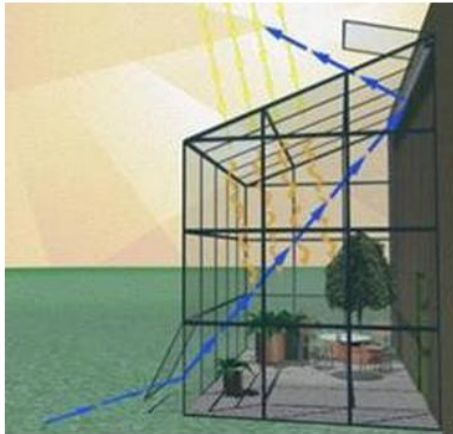
Şekil 3. 11. Su arıtma sistemi

(http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, 2014)

Güneş Mimarisi

Bina yapı ve tasarımında yapılan değişikliklerle ısıtma, aydınlatma ve soğutma gerçekleştirilir. Pasif olarak doğal ısı transfer mekanizmasıyla güneş enerjisi toplanır, depolanır ve dağıtılır. Ayrıca güneş kolektörleri, fotovoltaik modüller vb. aktif ekipmanlar da yararlanılabilir.

(http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, 2014)



Şekil 3. 12. Güneş mimarisi

(http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, 2014)

Ürün Kurutma ve Seralar

Güneş enerjisinin tarım alanındaki uygulamalarıdır. Kurutma işleminde nemin buharlaştırılması için gereken ısı güneşten tedarik edebilir. Güneş enerjili kurutma sistemlerinin maliyetlerinin düşük olması sebebiyle, sıkça kullanılmaktadır. Sera verimlerinin en üst düzeyde olması için, her zaman içerideki havanın sıcak olması lazımdır. Yılın her dönemi bu dengeyi sağlamak masraflı olacağı için, güneş enerjili sistemler kullanılarak maliyet düşürebilir.



Şekil 3. 13. Ürün kurutma ve seralar

(http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, 2014)

Güneş Ocakları

Güneş enerjisinden etkin olarak yararlanabilmek için, özellikle kırsal bölgelerde yaygın uygulama alanı bulabilecek, ısı güneş teknolojileri arasında yer alan düşük sıcaklıktaki uygulamalardan birisidir. Bu ocaklarla; yemek pişirmek, çay demlemek, su dezenfekte etmek, şoklanmış yiyecekleri çözmek, sütü pastörize etmek, meyve ve sebze kurutmak, salça yapmak ve sıcak su hazırlamak gibi işlemler yapılabilir. (Öztürk 2012)



Şekil 3.14. Güneş ocağı

(http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, 2014)

3. 5. 2. Yoğunlaştırıcı Güneş Enerjisi Sistemleri

Güneş enerjisi uygulamalarında düzlemsel güneş kolektör sistemlerinin yanı sıra daha yüksek sıcaklıklara ulaşmak için yoğunlaştırıcı kolektör sistemleri kullanılmaktadır. Düzlemsel güneş kolektörleri için kullanılan kavram ve tarifler, yoğunlaştırıcı kolektörler için de geçerlidir. Bununla birlikte yoğunlaştırıcı kolektör teknolojisinin daha karmaşık olması nedeniyle, yeni tariflerin yapılması gereklidir.

Kollektörlerde güneş enerjisinin düştüğü net alana 'açıklık alanı' ve güneş enerjisinin yutulurak ısı enerjisine dönüştürüldüğü yüzeye 'alıcı yüzey' denir. Düzlemsel güneş kolektörlerinde açıklık alanı ile alıcı yüzey alanı birbirine eşittir. Yoğunlaştırıcı kolektörlerde ise güneş enerjisi, alıcı yüzeye gelmeden önce optik olarak yoğunlaştırıldığı için alıcı yüzey, açıklık alanından daha küçük olmaktadır.

Güneş enerjisini yoğunlaştıran kolektörlerde en önemli kavramlardan biri 'yoğunlaştırma oranı' dır. Yoğunlaştırma oranı; açıklık alanının alıcı yüzey alanına oranı şeklinde tarif edilir. Yoğunlaştırma oranı, iki boyutlu yoğunlaştırıcılarda (parabolik oluk) 300, üç boyutlu yoğunlaştırıcılarda (parabolik çanak) 40 000 mertebesindedir. (Yiğit ve Atmaca 2010)

Parabolik Oluk Kollektörler

Parabolik güneş kolektörleri diğer termoelektrik teknolojilerine göre en yaygın kullanılan teknolojidir. Kollektörler, kesiti parabolik olan yoğunlaştırıcı dizilerden oluşur. Kollektörün iç kısmındaki yansıtıcı yüzeyler, güneş enerjisini, kolektörün odağında yer alan ve boydan boya uzanan siyah bir absorban boruya odaklarlar. Kollektörler genellikle, güneşin doğudan batıya hareketini izleyen tek eksenli bir izleme sistemi üzerine yerleştirilirler. Enerjiyi toplamak için absorban boruda ısı transfer akışkanı olarak ısı transfer yağı kullanılmakla birlikte, çevreye zarar vermeyen ve daha ucuz olan suyun kullanılmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir. Toplanan ısı, elektrik üretimi için enerji santraline gönderilir. Bu sistemlerde yüksek yoğunlaştırma kapasitesi sayesinde yüksek sıcaklıklara (350 - 400°C) ulaşılmaktadır.

(http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, 2014)



Şekil 3. 15. Parabolik oluk tipi güneş kolektörleri (Anonim 2014)

Parabolik Çanak Sistemler

İki eksende güneşi takip ederek, sürekli olarak güneş ışınlarını odak noktasına yoğunlaştırırlar. Termal enerji, odaklama bölgesinden uygun bir çalışma sıvısı ile

alınarak, termodinamik bir dolaşıma gönderilebilir ya da odak bölgesine monte edilen bir Stirling makine yardımı ile elektrik enerjisine çevrilir. Çanak-Stirling bileşimiyle güneş enerjisinin elektriğe dönüştürülmesinde %30 civarında verime ulaşılmaktadır. Diğer teknolojilere göre avantaj ve dezavantajları;

- Noktasal odaklama yapan bu teknolojiye termik kayıp yoktur.
- Güneş yoğunlaştırma oranları yaklaşık olarak parabolik olukta 80 ve kule teknolojisinde 1000 iken, bu teknolojiye 15 000'dir.
- Özel bir Stirling motor kullanılmaktadır. Az üretilen bu motor, içinde receiver ve içi helyum ve hidrojen dolu tüpleri bulundurmaktadır.

(http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, 2014)



Şekil 3. 16. Parabolik çanak sistemler

(http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, 2014)

Merkezi Alıcı Sistemler

Güneş enerjisini yoğunlaştırarak elektrik üreten diğer bir uygulama da merkezi alıcı güç santralleridir. Bu santrallerde güneş enerjisi, heliostat denen aynalar yardımı ile bir kule üzerine yerleştirilmiş olan alıcıya yansıtılır. Bu yolla 1000 °C 'nin üzerinde sıcaklık elde edilir. Heliostatlar, merkezi bir bilgisayar yardımı ile güneşi takip ederek güneş enerjisini kule üzerindeki alıcıya yansıtırlar. Alıcıda ısıtılan akışkan, buhar jeneratörüne gönderilerek buhar üretilir. Bu buhar, buhar türbininden geçirilerek elektrik üretilir. Bu çevrimden sonra buhar, kondansatörde soğutma suyu çevrimi ile soğutulur ve tekrar buhar jeneratöründen geçtikten sonra alıcıya gönderilir. (Yiğit ve Atmaca 2010)

Bu sistemlerin faaliyette olanlarından en büyüğü 20 MW gücündeki İspanya'nın Sevilla şehrinde bulunan PS20 santralidir.



Şekil 3. 17. Merkezi alıcı sistemler (Anonim 2014)

Fresnel Oluk Teknolojisi

Doğrusal Fresnel Oluk Teknolojisinde de parabolik oluk teknolojisi gibi doğrusal yoğunlaştırma yapılır. Parabolik oluktan farkı ise alıcı sabit bir yükseklikte olup

yansıtma işlemi güneşi takip edebilen sıra sıra dizilmiş düz aynalarla gerçekleştirilir. Sistemde bulunan alıcı (receiver) yansıtıcı aynalardan yaklaşık 10 m yüksekte bulunur. Bu yükseklik, optik verimin parabolik oluk kollektörlere göre düşük olmasına neden olmaktadır. Çünkü yansıma kayıpları, ışınımın dağılması nedeniyle oldukça fazladır. Buna bağlı olarak termik verimde düşük olmaktadır.

Dünyada fresnel teknolojisi ile kurulan en büyük tesis İspanya'nın Murcia bölgesinde bulunan 31,4 MW gücündeki Puerto Errad 1+2 santralidir. (http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, 2014)



Şekil 3.18. Fresnel oluk teknolojisi (<http://www.eie.gov.tr>, 2014)

3. 6. Parabolik Oluk Kollektörlerle Elektrik Üretimi

Parabolik oluk kollektörlü güç santralleri, güç tarlası, buhar ve elektrik üretim sistemlerinden oluşur. Bu santrallerde proses ısısı için, doğrusal yoğunlaştırma yapılarak, güneş enerjisinden 300 °C'nin üzerinde sıcaklık elde edilir ve ısı transfer akışkanı olarak yüksek sıcaklıklara dayanıklı termal yağ kullanılır.

Güneş tarlası; bağımsız üniteler şeklinde birbirine bağlanmış parabolik oluk kollektör gruplarından oluşan alandır. Bu üniteler, gelen güneş enerjisini 4 mm kalınlığında ve yüksek yansıtma oranına (%94) sahip aynalar vasıtasıyla, odakta bulunan alıcı boru

üzerine yansıtırlar. Parabolik oluk kollektör grupları yatay eksen boyunca dönmelerini engellemeyen metal yapılarla desteklenmiştir. Sistemde aynaların güneşi izlemesini sağlayan bir sensör bulunur.

Isı toplama elemanı; cam tüp, yüzeyi yaklaşık %97'lik bir absorbtiviteye sahip çelik alıcı boru ve cam-metal birleştiricilerden oluşur. Alıcı boru üzerinde meydana gelen yüksek sıcaklık nedeniyle oluşan ısı kayıplarını azaltmak için, cam tüp, yüksek bir geçirgenlik ve radyasyon kayıplarını en aza indirmek için anti reflektif bir yapıya sahiptir. Sıcaklık nedeniyle meydana gelen genleşmelerin etkilerini gidermek için körüklü cam-metal birleştiriciler kullanılmaktadır.

Güneş tarlası kontrol sistemi; genel kontrol sistemi ve her kollektör grubunda bulunan lokal kontrol ünitelerinden oluşur. Genel kontrol sistemi güneşlenme durumunu izler ve buna göre sistemi tamamen yada kısmen açar yada kapatır. Bu işlem, lokal kontrol üniteleriyle iletişim içinde yapılır. Lokal kontrol üniteleri, her kollektör grubunu ayrı ayrı kontrol ederek güneşin takip edilmesini sağlarlar.

Buhar üretim sistemi; ön ısıtma, buhar üretimi ve süper ısıtma bölümlerinden oluşur. Bu bölümlerden geçirilerek 400 °C ve 100 bar basınca yükseltile buhar, yeni bir çevrime gönderilmeden, yeniden aynı sıcaklığa kadar ısıtılır ve tekrar türbine gönderilir. Bu ikinci çevrimden sonra artık soğuyan buhar, sıkıştırılıp sıvı hale getirildikten sonra yeni bir çevrime gönderilir.

Güneş enerjili güç santrallerinde, güneş enerjisinin yetersiz kaldığı durumlarda, kesintisiz elektrik üretimini sağlamak için ilave ısıtıcılar kullanılır. Petrolle yada doğalgazla çalışan ilave ısıtıcılar, aynı sıcaklık ve basınçta buhar üretirler. (Sertkaya 2003)

3. 6. 1. Dünyadaki Uygulamaları

Parabolik oluk kollektörlü sistemler konusunda faaliyet gösteren LUZ İnternational (ABD),dünyada güneş enerjisiyle üretilen toplam elektriğin %92'sini gerçekleştirmektedir. Bu şirket, 1984 yılında başlattığı çalışmalar ile günümüze kadar dokuz güç santralini (SEGS:Solar Electric Generating System) işletmeye sokmuş olup dört santral ise proje safhasındadır.

80 MW gücündeki SEGS-9, 1990 yılında Harper Gölü'nde inşa edilen santrallerin ikincisi olup, inşa edilmesi ve devreye sokulması sekiz buçuk ay gibi kısa bir sürede tamamlanmıştır. SEGS-8 ve SEGS-9'dan sonra, bir milyon insanın elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayacak toplam 680 MW'lık bir enerji üretilmeye başlanmıştır.

SEGS teknolojisi, güneş enerjisini birincil enerji kaynağı olarak kullanan Rankine çevrimli buhar türbin sistemine dayanır. Güneş Santrali, parabolik oluk kollektör gruplarından (Solar Collecting Assemblies - SCA) meydana gelmiştir. Güneşi iki boyutlu olarak takip eden ve yansıtıcı yüzeyleri vasıtasıyla güneş ışınlarını odaklayarak çelik boru üzerinde yoğunlaştıran kollektörler, kolonlar üzerine kurulmuş olup, esnek hortumlarla birbirlerine bağlanmışlardır. Verimi arttırmak ve ısı kayıplarını en düşük seviyeye getirmek için, absorban olarak kullanılan ve özel bir madde ile kaplı çelik boru, içi vakumlanmış cam tüp içine yerleştirilmiştir. Boruların içinden geçirilen ısı transfer akışkanı 380 °C civarına kadar ısıtılır ve sistem boyunca dolaştırılarak türbin jeneratörü için gerekli olan buhar üretilir. (Sertkaya 2003)

3. 6. 2. SEGS Santrallerinin Ekonomisi

ABD'de yürütülen SEGS projelerinin toplam kurulu gücü 680 MW ve toplam yatırım maliyeti iki milyar dolardır. Bu maliyetin bir milyar dolarlık kısmı çalışır durumda olan sekiz santral için harcanmıştır. Her biri büyük bir yatırım olan bu santraller, özel şirketler tarafından finanse edilmiştir. 80 MW gücündeki bütün santraller, yaz ayları boyunca ilave güce ihtiyaç duyan Güney Kaliforniya Edison ve San Diego Gaz ve Elektrik şirketleri tarafından finanse edilmektedir. Petrolle çalışan 80 MW gücünde bir güç santrali ile, yatırım maliyeti bundan üç kat daha pahalı olan eşdeğer bir SEGS santrali arasında enerji üretim maliyeti açısından bir karşılaştırma yapılmıştır.

Bu karşılaştırmaya göre, ham petrolün varil fiyatının 20 ABD doları olduğu düşünüldüğünde, SEGS santrali %30 daha pahalı olmaktadır. Ham petrol fiyatının 30 ABD doları olduğu varsayıldığında, maliyetler arasındaki fark %10 'a düşmektedir. Karşılaştırma için 240 MW'lık santraller göz önüne alınır ve ham petrol fiyatının 20 ABD doları olduğu varsayılırsa, SEGS santralinin üretim maliyetinin, petrolle çalışan santralin üretim maliyetinden sadece %10 daha pahalı olduğu görülmektedir. Ham petrol fiyatının 30 ABD doları olduğu varsayılırsa, güneş santrali elektrik üretim maliyeti açısından petrollü santrallere göre daha avantajlı duruma geçmektedir. (Sertkaya 2003)

Çizelge 3. 4. Güneş Enerjisi Sistemlerinin Karşılaştırılması

(<http://www.yildiz.edu.tr/okincay/dersnotu>, 2014)

Teknoloji Türü	Sistem Verimi		Maks. Çıkış Sıcaklığı (°C)	İlk Yatırım Maliyeti (\$)	Enerji Maliyeti	
	Elektrik	Isı			Elektrik \$/kWh	Isı \$/kWh
Düzlemsel Kollektör	-	50-70	80	250-1000	-	0,0013-0,004
Parabolik Oluk	14	46	380	2800 kWe	0,15	0,0053
Parabolik Çanak	24	79	700	5000 kWe	0,28	-
Merkezi Alıcı	15	46	600-700	3000 kWe	0,16	0,004
Tek Kristal Silisyum	12	-	-	6000 kWe	0,29	-
Çok Kristal Silisyum	10	-	-	6000 kWe	0,29	-
Tek İnce Film	4	-	-	5000 kWe	0,25	-
Çoklu İnce Film	7	-	-	5000 kWe	0,24	-

CSP Türkiye’de uygulanmak istenirse, 24 saat elektrik üreten melez sistemler kurulabilir. Bu sistemleri kurmak için; Konya-Karapınar ve Güneydoğu Anadolu’da tarıma uygun olmayan düz alanlar mevcuttur. Kurulabilecek bu sistemleri, FV ile karşılaştırmak gerekirse, potansiyel açısından daha düşüktürler ama süreklilikleri vardır. Zamanla CSP yatırımları artarsa, buna paralel olarak FV kapasitesi de artacaktır. (Livatyalı 2011)

3. 7. Dünya Yenilenebilir Enerjiden Elektrik Enerjisi Üretiminin Toplam Enerji Üretimine Oranı

Dünya elektrik enerjisi üretiminin yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimine oranının, enerji üretiminin 2000-2008 yılları arasında yaklaşık 2 500 000 milyon kWh’ten yaklaşık 4 000 000 milyon kWh’a çıkmış olmasına rağmen %18 - 20 bandında olduğu görülmektedir. Toplam yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretiminden hidroelektrik enerji üretimini düşersek bu oranın 2000 - 2008 yılları

arasında %1,7 'den (27463 milyon kWh) %3,2 'ye (642,380 milyon kWh) çıktığı Çizelge 3.5'ten görülmektedir.

Yenilebilir enerji türlerinin verimliliklerini rakamsal olarak ifade etmek gerekirse HE enerji verimliliği %40 - 50, FV enerji verimliliği %15 - 22, YGE verimliliği %25 - 75, biyokütle verimliliği %20 - 90, rüzgar enerjisi verimliliği %27 - 43, jeotermal enerji verimliliği %86 - 95 aralığındadır. Verimlilik oranlarında teknoloji, coğrafi konum, santral ölçeği, hibrid kullanım ve depolama üniteleri gibi birçok farklı kriter gözetildiğinden dolayı bazı enerji türlerinde makas çok ciddi şekilde açıktır. Mesela YGE' de depolama ünitesi olup olmaması ve santralin diğer fosil yakıtlarla hibrid dizayn edilmiş olması santral verimliliğini çok ciddi şekilde etkilemektedir. (Anonim 2009)

Çizelge 3. 5. Dünya Yenilenebilir Enerjiden Elektrik Enerjisi Üretiminin Toplam Enerji Üretimine Oranı (Anonim 2009)

YILLAR	YGE	FV	RÜZGAR	GEOTERMAL	BIYOKÜTLE	HE	YENİLEBİLİR ENERJİ ORANI	HE HARİÇ
2000	% 0,00	% 0,00	% 0,30	% 0,30	% 1,10	% 15,90	% 17,60	% 1,70
2001	% 0,00	% 0,00	% 0,40	% 0,30	% 1,20	% 16,50	% 18,40	% 1,90
2002	% 0,00	% 0,00	% 0,50	% 0,30	% 1,20	% 16,20	% 18,20	% 2,00
2003	% 0,00	% 0,00	% 0,60	% 0,30	% 1,10	% 17,10	% 19,10	% 2,00
2004	% 0,00	% 0,00	% 0,70	% 0,30	% 1,10	% 16,40	% 18,50	% 2,10
2005	% 0,00	% 0,00	% 0,80	% 0,30	% 1,10	% 16,00	% 18,20	% 2,20
2006	% 0,00	% 0,10	% 1,00	% 0,30	% 1,20	% 15,80	% 18,40	% 2,60
2007	% 0,00	% 0,10	% 1,30	% 0,30	% 1,20	% 16,60	% 19,50	% 2,90
2008	% 0,00	% 0,10	% 1,60	% 0,30	% 1,20	% 16,60	% 19,80	% 3,20

3. 8. Parabolik Oluk Tipi Güneş Kollektörü

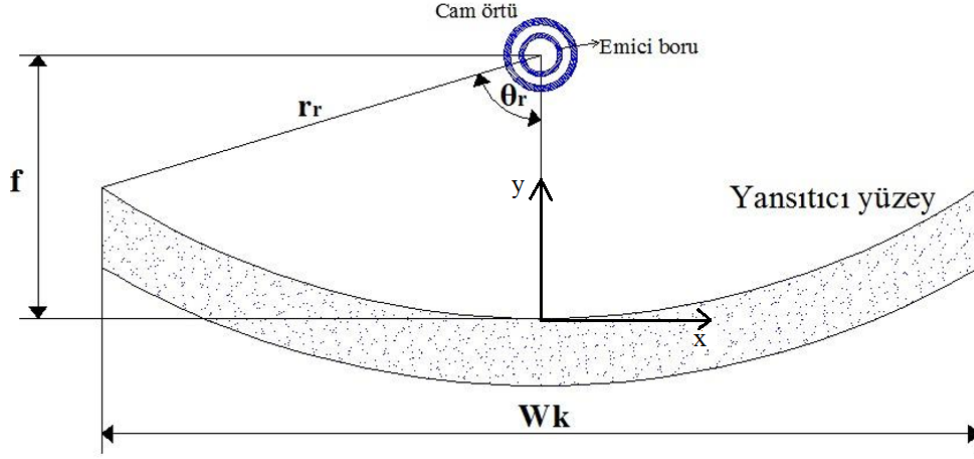
Parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcısı, yoğunlaştırıcı sistemlerin en çok kullanılanıdır. Bu sistem parabol şeklinde bir yansıtıcı yüzey, toplama kısmında bulunan emici boru ve emici boruyu çevreleyen cam örtü, takip mekanizması, ısı transfer akışkanı , sistemi taşıyan gövdeden oluşmaktadır.

Güneşten gelen ışınlar ilk önce sistemin yansıtıcı yüzeyine gelir. Parabol şeklindeki bu yüzey ışınları parabolün odak noktasında bulunan ve eksen boyunca uzayan toplayıcı kısımdaki emici boruya yoğunlaştırılır. Bu işlem sonunda sıcaklığı yükselen emici borudan, emici boru içinden geçen ısı transfer akışkanına ısı transferiyle enerji aktarımı olarak akışkanın sıcaklığı yükseltilir.

Sıcaklığı yükselen akışkan ile dolaylı yoldan ya da direkt olarak buhar ve elektrik üretimi yapılabilmektedir. Eğer ısı transfer akışkanı olarak yağ kullanılırsa dolaylı yoldan buhar ya da elektrik üretimi yapılır. Yoğunlaştırma işlemi sonucunda sıcaklığı yükselen yağ enerjisini, yağdan daha düşük sıcaklıktaki suya ısı değiştiriciler aracılığıyla aktararak suyun buharlaşmasını sağlar. Buhar halindeki su buhar türbinine gönderilerek elektrik üretimi yapılır. Eğer ısı transferi akışkanı olarak su kullanılırsa, ısı değiştiricisine gerek kalmadan yoğunlaştırma işlemiyle su buhar haline geçirebilir. Bu buharda daha sonra elektrik üretimi için buhar türbinine gönderilir.

Sistemin amacı güneşten gelen ışınları en az kayıpla ısı transfer akışkanına aktarmaktır. Bu amaç doğrultusunda sistemde kullanılacak malzemeler ve sistemin tasarımı, sistemin kurulacağı yer ve sistemin çevre ortamla ilişkisi çok önemlidir. (Şanlı 2010)

3. 9. Parabolik Oluk Tipi Güneş Yoğunlaştırıcısının Boyutlarının Hesaplanması



Şekil 3. 19. Parabolik oluk tipi güneş yansıtıcısı (Şanlı 2010)

Parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcısının genel parabolik yüzey denklemi aşağıdaki gibidir. (Duffie ve Beckman 2006)

$$y = \frac{x^2}{4f} \quad (3.8)$$

Denklemden verilen; x ve y eksenlere olan uzaklıklar, f ise odak uzaklığıdır. (Duffie ve Beckman 2006)

Kenar açıları ise aşağıdaki denklemden hesaplanır. (Duffie ve Beckman 2006)

$$\theta_r = \tan^{-1} \left[\frac{8 \left(\frac{f}{W_k} \right)}{16 \left(\frac{f}{W_k} \right)^2 - 1} \right] = \sin^{-1} \left(\frac{W_k}{2r_r} \right) \quad (3.9)$$

Yansıtıcı yüzeyin herhangi bir noktasındaki yerel yansıtıcı yarıçapı aşağıdaki gibidir. (Duffie ve Beckman 2006)

$$r = \frac{2f}{1+\cos \theta} \quad (3.10)$$

Emici borunun minimum çapını hesaplamak için kullanılması gereken denklem ise şöyledir. (Duffie ve Beckman 2006)

$$D_{min} = \frac{W_k}{\sin \theta_r} \sin(\theta_s + \delta/2) \quad (3.11)$$

Yoğunlaştırma oranını;

$$YO = \frac{D}{\pi d} \quad (3.12)$$

denkleminde hesaplanır. (Duffie ve Beckman 2006)

3. 9. 1. Parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcı yüzeyin tasarımı

Sistemin yoğunlaştırma yapan kısmı parabolik yansıtıcı bölümüdür. Güneş ışınları ilk olarak buraya gelir ve ardından yansıtıcı yüzeyin odak noktasında bulunan kollektör boyunca yer alan emici boruya yoğunlaştırılır. Verime etkisi en çok olan bölge bu bölgedir. Bu sebeple yansıtıcı yüzey tasarımı çok önemlidir.

Güneşten aldığımız ışınları emici boruya yansıtma parabol şeklindeki yansıtıcı yüzey sayesinde yapılır. Bu ışınların emici boruya aktarılmasıyla, boruda oluşan ısıda borunun içinde kullandığımız akışkana aktarılır. Yansıtıcı yüzey malzemesini belirlerken amacımız, güneşten gelen ışınları maksimum verimle emici boruya aktarabilmektir. Bu sebeple, seçeceğimiz malzemenin yansıtıcılık katsayısı yüksek ve tutuculuk katsayısı düşük olmalıdır. Aşağıdaki tabloda bazı malzemelerin yansıtma katsayıları verilmiştir.

Çizelge 3. 6. Yansıtıcı yüzeylerde kullanılan bazı malzemeleri ve yansıtma oranları (Ecevit ve Goshtaspor 1985)

Yansıtıcı Yüzey Malzemesi	Yansıtma Oranı
Gümüş	$0,94 \pm 0,02$
Altın	$0,76 \pm 0,03$
Alüminyum kaplı akrilik	0,86
Alüminyum	$0,82 \pm 0,05$
Bakır	0,75
Arkası gümüş kaplı su beyazı ayna	0,88
Özel cilalanmış ince alüminyum tabaka (Alanod)	0,88

Bu tip sistemlerde yansıtıcı yüzey olarak genelde aynalar seçilir. Bunun sebebi olarak; gümüş ve altının ekonomik olmaması verilebilir. Alüminyumun tercih edilmeme sebebi ise; yüzeyin dış etkilere karşı hassasiyetinin yüksek olmasıdır.

Tasarlanan sistemde kullanılacak kollektörün ölçüleri aşağıdaki gibi kabul edilmiştir.

Kollektör genişliği (W_K) = 6 m

Kollektör uzunluğu (L_K) = 13,9 m

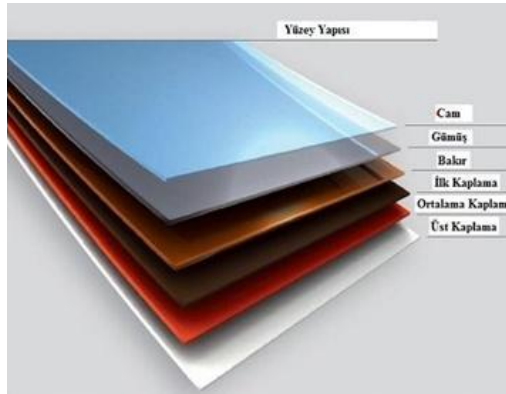
Literatürde kenar açısı (θ_r) 70 - 120° arasında değişmektedir. Biz bu açığı 80° seçtik.

Kenar açısı, kollektör genişliği ve kollektör boyu belirlendikten sonra sistemin odak uzaklığı şu denklemden bulunur. (<http://www.yildiz.edu.tr/okincay/dersnotu>, 2014)

$$80 = \tan^{-1} \left[\frac{8 \left(\frac{f}{6} \right)}{16 \left(\frac{f}{6} \right)^2 - 1} \right] \quad (3.13)$$

Yukarıdaki denklemden; $f = 1,78$ m bulunur.

Parabolik oluk yoğunlaştırıcı sisteminde her kollektörün boyu 13,9 m'dir. Kollektörde kullanılan aynalar odak noktasının sağ tarafına iki, sol tarafında iki olacak şekilde parabol boyu dikkate alınarak kollektör boyunca yerleştirilir. Buraya kadar parabolik yansıtıcı yüzeyin genel olarak boyutları belirlenmiştir. Belirlenen boyutlara göre parabolik yansıtıcı olarak; Flabeg firmasının parabolik yoğunlaştırıcılar için ürettiği aynalardan seçilmiştir.



Şekil 3. 20. Flabeg aynaların yüzey yapısı (<http://www.flabeg.com/en/flabeg.html>, 2014)

Flabeg firması; ürettiği aynaları özel olarak test etmektedir. Yapılan testlerde ürettikleri aynalardan yansıtılan ışınların % 99,9 'u emici tüpe gelmektedir. Aynalar uzun ömürlü ve korozyona karşı dayanıklıdır. Yukarıdaki resimden üretilen aynaların yüzey yapısı görülebilir.

Çizelge 3. 7. Flabeg markasının ürettiği ayna tiplerinin özellikleri

(<http://www.flabeg.com/en/flabeg.html>, 2014)

Özellikler	Parabolik Ayna Tipleri			
	RP - 2	RP - 3	RP - 4	RP - 5
İç Ayna Boyutu (mm)	1570 x 1400	1700 x 1641	1570 x 1900	2030 x 2010
Dış Ayna Boyutu (mm)	1570 x 1324	1700 x 1501	1570 x 1900	2030 x 2010
İç Ayna Alanı (m ²)	2,20	2,79	2,98	4,02
Dış Ayna Alanı (m ²)	2,08	2,67	2,98	4,02
Ayna Kalınlığı (4 mm)	Var	Var	Var	Var
Ayna Kalınlığı (5 mm)	Var	Var	Var	Yok
Diyafram Genişliği (mm)	4908	5657	6618	7150
Güneş Işımları Yansıtıcılık Katsayısı	% 93,5	% 93,5	% 93,5	% 93,5

Flabeg firması dört tip ayna üretimi yapmaktadır. Ayna tipleri ve özellikler yukarıdaki tabloda verilmiştir.

RP-2 için parabol boyu = $2 \times (1400+1324) = 5\ 448$ mm

RP-3 için parabol boyu = $2 \times (1641+1501) = 6\ 284$ mm

RP-4 için parabol boyu = $2 \times (1900+1900) = 7\ 600$ mm

RP-5 için parabol boyu = $2 \times (2010+2010) = 8\ 040$ mm

Parabol boyu hesaplanan değerlerden en yakın RP-5 tipi çıkmıştır. Bundan dolayı parabolik yansıtıcı yüzey ayna tipi Flabeg firmasının RP-5 tipi seçilmiştir. Kollektör boyu 13,9 m olduğundan RP-5 tipi aynalardan yan yana eninin boyutlarına göre altı tane konulur.

3. 9. 2. Parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcı emici boru ve cam örtü tasarımı

Güneşten gelen ışınlar parabolik yansıtıcı yüzeylerle sistemin odağında yer alan toplayıcı kısma yoğunlaştırılır. Toplayıcı kısım emici boru, cam örtü ve bu iki yapıyı kaplayan selektif malzemelerle kaplanır.

Boru çapı yüksek seçilirse, yoğunlaştırılan güneş ışınlarını yakalamak daha kolay olacaktır. Ancak borunun alanı büyüyeceğinden, kollektör üzerine düşen gölge boyutu büyüyecek ve buda verimi düşürecektir. Borunun dış alanı büyük olduğunda, karşılaşılan bir diğer olumsuzluk ise çevreye olan ısı kayıplarının artmasıdır. Boru çapı küçük seçilirse; boru içindeki akış türbülanslı hale gelecek ve boru dış yüzey alanından çevreye olan ısı kayıpları azalacaktır. Ancak, bu durumdan olumsuz sonucu olarak; yoğunlaştırılan güneş ışınlarını yakalama zorluğu karşımıza çıkmaktadır. Emici boru tasarımında en uygun durumdaki tasarım yapılmalıdır.

Emici boru malzemesi seçilirken dikkat etmemiz gereken en önemli unsur; ısı iletiminin yüksek olmasıdır. Emici boru üzerine yansıtılan ışınları kısa dalga boylu ışınlar, borudan dış ortama yansıtılanlar uzun dalga boylu ışınlardır. Bu yüzden emici boru malzemesinin kısa dalga boylu ışınları yutma oranı yüksek, uzun dalga boylu ışınları yansıtma oranı düşük olmalıdır. Aşağıdaki tabloda bazı yüzeylerin güneş ışınlarını emme ve yayma özellikleri verilmişti.

Çizelge 3. 8. Yutucu yüzey için kullanılan bazı malzemeler ve özellikleri (Ecevit ve Goshtaspour 1985)

Yüzeyler	Işıma Özellikleri		
	α	ϵ	α / ϵ
Beyaz Boya	0,20	0,91	0,22
Su	0,94	0,95 - 0,96	0,98
Siyah Boya (cılalı)	0,90	0,90	1,00
Siyah Boya (mat)	0,94 - 0,98	0,88	1,07 - 1,11
Galvaniz çelik	0,65	0,13	5,00
Alüminyum	0,15	0,005	3,00
Krom	0,49	0,08	6,13
Parlatılmış çinko	0,46	0,02	23,00

Bu tip sistemlerde genellikle alüminyum, bakır ve paslanmaz çelik kullanılır. Bakırın pahalı olması ve korozyona çabuk uğraması, alimünyumun başka bir metalle birleşmesinin zor olması sebeplerinden dolayı piyasada en çok tercih edilen çeliktir.

Emici borunun ışınları tutuculuğunu arttırmak için üzeri selektif malzemelerle kaplanır. Selektif malzemeler, emiciliği yüksek ve yansıtıcılığı düşük olan malzemelerdir. Aşağıdaki tabloda bazı selektif yüzeyle kaplı emici boruların ışıma özellikleri verilmiştir.

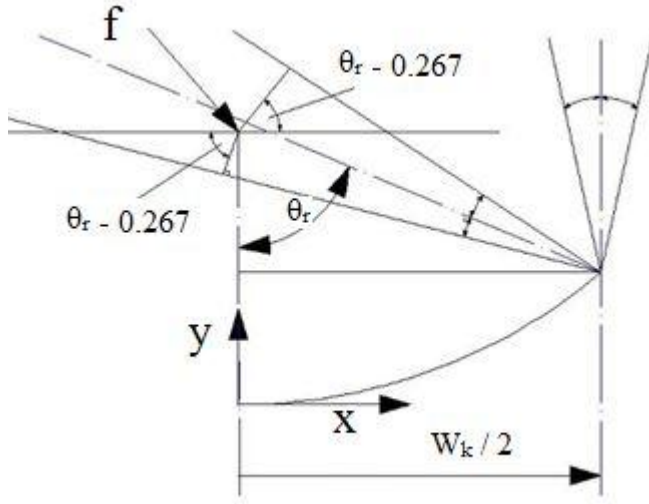
Çizelge 3. 9. Bazı selektif yüzeyle kaplı emici boruların ışımaya özellikleri (Çolak 2003)

Selektif Kaplama	Yüzey	Alt Kaplama (Emici Boru)	Güneş Işınlarnı Emme Oranı (α)	Güneş Işınlarnı Yayma Oranı (ϵ)
Krom		Çelik	0,95	0,16
Krom		Çinko	0,91	0,08
Krom		Bakır	0,92	0,08
Siyah krom		Bakır	0,95 – 0,97	0,08 – 0,14
		Çelik	0,91 – 0,97	0,07 – 0,16
Nikel siyah krom	üzerine	Bakır, Çelik	0,90 - 0,95	0,09 – 0,15
		Alüminyum	0,95	0,5
Nikel		Galvanizli çelik	0,93	0,08
Nikel		Çinko kaplı alüminyum	0,94	0,010
Siyah nikel		Çelik	0,89 – 0,96	0,07 – 0,17
Nikel siyah nikel	üzerine	Çelik, Bakır	0,87 – 0,96	0,07 – 0,10
Alüminyum oksit		-	0,85 – 0,95	0,11 – 0,34

İstedığımız özellikleri göz önünde bulundurarak hareket edecek olursak, sistemimizde kullanılacak emici boru malzemesi CrN paslanmaz çelik üzerine krom selektif yüzeyi seçilmiştir.

Dikkat edilmesi gereken en önemli husus yansıtılan güneş ışınlarının hepsinin odak üzerine yoğunlaştırılmasını sağlamaktır. Emici boru seçimi optik verime en çok etki eden unsurdur.

Güneş ışınları yeryüzüne 53° tepe açısı olan bir koni biçiminde gelmektedir. Bu açı güneşsel kesişim açısı olarak tanımlanır. Burada kon eksenıyla, bir kenarın yaptığı açı literatürde yarım açı olarak tanımlanır ve değeri $0,53 / 2 = 0,267^\circ$ olarak hesaplanmıştır. (Duffie ve Beckman 2006)



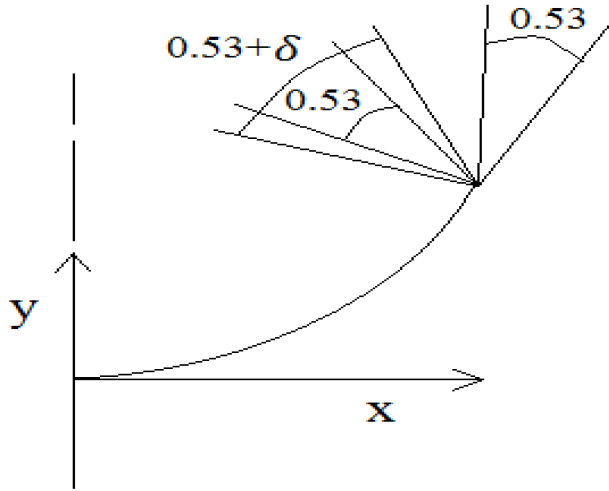
Şekil 3. 21. Parabolik yansıtıcı yüzeye gelen ve yansıtılan güneş ışın konisinin açıklık açısı (Duffie ve Beckman 2006)

Parabolik yüzeyden yansıtılan güneş ışınlarının hepsinin parabolün odağında yer alan emici boruya gelmesi gerekmektedir. Bunun için emici boru çapının odakta toplanan koninin taban dairesinin çapına eşit olması gerekmektedir. Buradan elde edilen denklemde;

$$D_{min} = \frac{W_k}{\sin\theta_r} \sin\theta_s \quad (3.15)$$

şeklinde olur.

Gerçekte parabolik yansıtıcı yüzeyde oluşan biçimlendirme hataları nedeniyle yansıyan ışın konisinin açısı δ değeri kadar geniş açılı olur. Literatürde bu açığa yayılım açısı denir. (Duffie ve Beckman 2006)



Şekil 3. 22. Parabolik yansıtıcı yüzeyden yansıtılan güneş ışın konisinin yayılım açısı kadar dağılarak oluşturduğu açıklığın gösterimi (Duffie ve Beckman 2006)

Yayılm açısı düzenlenerek; yukarıdaki denklemde düzenlendiğinde elde edilen denklem şöyle olur;

$$D_{min} = \frac{W_k}{\sin \theta_r} \sin \left(\theta_s + \frac{\delta}{2} \right) \quad (3.16)$$

Tasarımını yaptığımız parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcı sisteminde yayılım açısı $\delta = 0,6^\circ$ kabul edilmiştir. $W_k = 6\ 000$, $\theta_r = 80^\circ$ değerleri eşitlikte yerlerine konulunca, sistemimiz için gereken minimum boru çapını hesaplamış oluruz.

$$D_{min} = \frac{5760}{\sin 80} \sin (0,267 + 0,3)$$

$$D_{min} = 60,29 \text{ mm}$$

Emici boru çapı 70 mm, et kalınlığı 1,5 mm olarak seçilmiştir.

Cam örtü kullanmamızın amacı ısı kayıpları azaltmaktır. Sistemin yansıtıcı yüzeylerinden emici boruya yoğunlaştırılan güneş ışınları, emici borunun ısınmasına sebep olur. Sıcaklığı yükselen emici borudan çevreye ısı geçişi başlar. Borudan çevreye olan ısı geçişi miktarını azaltmazsak, borudan akışkana olan ısı transfer miktarı azalır. Buda olumsuz bir durumdur. Bu tarz olumsuz durumları engellemek için emici boru çevresi cam örtü ile kaplanır. Böylelikle çevreye olan ısı geçişinden kaynaklanan ısı kaybı minimize edilmiş olur. Aynı zamanda cam örtü; emici boruyu dış etkilerden de korumalıdır. Bunun içinde dayanıklı olması gerekir.

Cam örtünün gölgesi yansıtıcı üzerine düştüğünden dolayı yansıtıcı yüzeyde gölge oluşacak ve buda verimi düşüren etkenlerden birisi olarak karşımıza çıkacaktır. Bu sebeple cam örtü çapını seçerken, küçük seçmeye özen göstermeliyiz. Aynı zamanda, cam örtü çapı ne kadar büyük olursa; emici boru ile cam örtü arasındaki uzaklık o derece artacak ve buda ısı kayıpları azaltacaktır. Bütün bu koşulları göz önünde bulundurarak cam örtü seçimi yapılmalıdır.

Bazı cam örtü malzemeleri ve özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 3. 10. Bazı cam malzeme yüzeylerinin 0,3 - 3 μm dalga boyu aralığındaki yansıtıcılık, soğuruculuk ve geçirgenlikleri (Çolak 2003)

Cam	Geçirgenlik (τ)	Soğuruculuk (α)	Yansıtıcılık (ρ)
Pyreks	0,90	0,02	0,08
Klasik pencere camı	0,87	0,04	0,09
Düzgün plaka	0,77	0,16	0,07
Isı soğurucu tabaka	0,41	0,53	0,06
Çift pencere camı	0,76	0,04 \pm 0,04	0,16 \pm 0,24
Çift düzgün plaka	0,60	0,07 \pm 0,10	0,32 \pm 0,34
Gümüşlenmiş su beyazı cam	-	-	0,88
Düşük demirli Borosilikat cam	0,92	0,02	0,06

Cam örtü malzemesi olarak genellikle camlar kullanılır. Camlar 0,3 µm - 3 µm dalga boyu arasındaki güneş ışınlarının çoğunu geçirirken uzun dalga boylu ışınları geçirmezler. Camların geçirgenliklerini arttırmak için camların yansıtma özelliklerini azaltan ve camın yüzeyleri yansıtma önleyici madde ile kaplanır.

Tasarlanan parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcısında kullanılacak olan cam örtü Alman Schott firmasının ürettiği cam tüplerden seçilmiştir.

Çizelge 3. 11. Schott firmasının ürettiği borosilikat malzemeli cam tüplerin fiziksel özellikleri (<http://www.schott.com/csp/english/index.html>)

Ortalama doğrusal ısı genleşme katsayısı (20 °C-300 °C) DIN ISO 7991'e göre	$3,3 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Değişim sıcaklığı	525 °C
Yoğunluk (25 °C'de)	2,23 g/cm ³
Elastisite modülü	$63 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$
Poisson oranı	0,20
Isıl iletkenlik katsayısı	1,1 W/mK
Gerilim-optik Katsayısı (DIN 52 314)	$2,7 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{N}$
Yansıtıcılık değeri	> % 92

Cam örtünün dış çapı 120 mm, et kalınlığı 3 mm olarak belirlenmiştir.

3. 9. 3. Takip sisteminin belirlenmesi

Parabolik oluk tipi yoğunlaştırıcıların optik verimlerinin artması için güneşten gelen ışınlar en iyi şekilde alınmalıdır. Bu sebeple yansıtıcı yüzey gün boyunca üzerine gelen güneş ışınlarını takip edebilmelidir. Bu sistemler için kullanılan dört tip güneş takip sistemi vardır.

1. Güneşi doğu-batı ve kuzey-güney yönlerinde iki eksenle sürekli olarak izleyen takip sistemi: Güneş sürekli takip edildiğinden takip verimi değişmez. Her

zaman % 100 'dür. Rüzgar etkisi büyük problem oluşturabilir. Hassas kontrol gerektirir. Ancak pahalıdır ve kurulumu zordur. (Çolak 2003)

2. Güneşi kuzey-güney kutup ekseninde doğu-batı yönünde sürekli izleyen takip sistemi: Saatlik önemli bir değişim göstermemesine karşın, bölgenin enlem açısına bağlı olarak mevsimlik bazı değişimler gösterir. Kollektörler bölgesel enlem açısına eşit bir açıyla eğimli olarak monte edilmelidirler. Bilgisayar kontrolü gerektirir. Rüzgar etkisi büyük problem oluşturabilir. Güneş takip verimi % 96'dır. (Çolak 2003)
3. Güneşi kuzey- güney yatay eksende doğu-batı yönünde sürekli izleyen takip sistemi: Saatlik önemli bir değişim bulunmamasına rağmen, mevsimlik değişimler büyük olur. Fotosel ve bilgisayar yazılımı ile ortak kontrol gerektirir. Güneş izlemede geniş bir açısal yola ihtiyaç olduğu için, yatırım maliyeti yüksektir. Güneş takip verimi % 77,3 'dür. (Çolak 2003)
4. Güneşi doğu-batı yatay eksende kuzey-güney yönünde sürekli izleyen takip sistemi: Mevsimlik önemli bir değişiklik bulunmamasına rağmen, saatlik değişimler oldukça büyük olur. Fotosel ve bilgisayar yazılımı ile ortak kontrol gerektirir. Güneşin doğusunda ve batışında kollektörün izleme açısı aynı olacaktır. Güneş takip verimi % 67,2 'dir. (Çolak 2003)

Tasarlanan parabolik oluk tipli güneş yoğunlaştırıcısında tek eksenli takip sistemi seçilmiştir. Kollektör kuzey-güney kutup ekseninde yerleştirilip güneşi doğu-batı yönünde izlemesi hedeflenmiştir. Bu karar alınırken; kontrol kolaylığı, ekonomik veriler ve güneş takip verimi göz önüne alınmıştır.

3. 9. 4. Boru içi akışkanın belirlenmesi

Gerek literatürdeki diğer çalışmalara, gerek ekonomik verilere, gerekse bu tip sistemlerin çalışmasında kullanılan akışkanların fiziksel verilerini karşılaştırdığımızda; tasarladığımız parabolik oluk tipli yoğunlaştırıcı için Solar Salt kullanmanın uygun olduğunu görebiliriz.

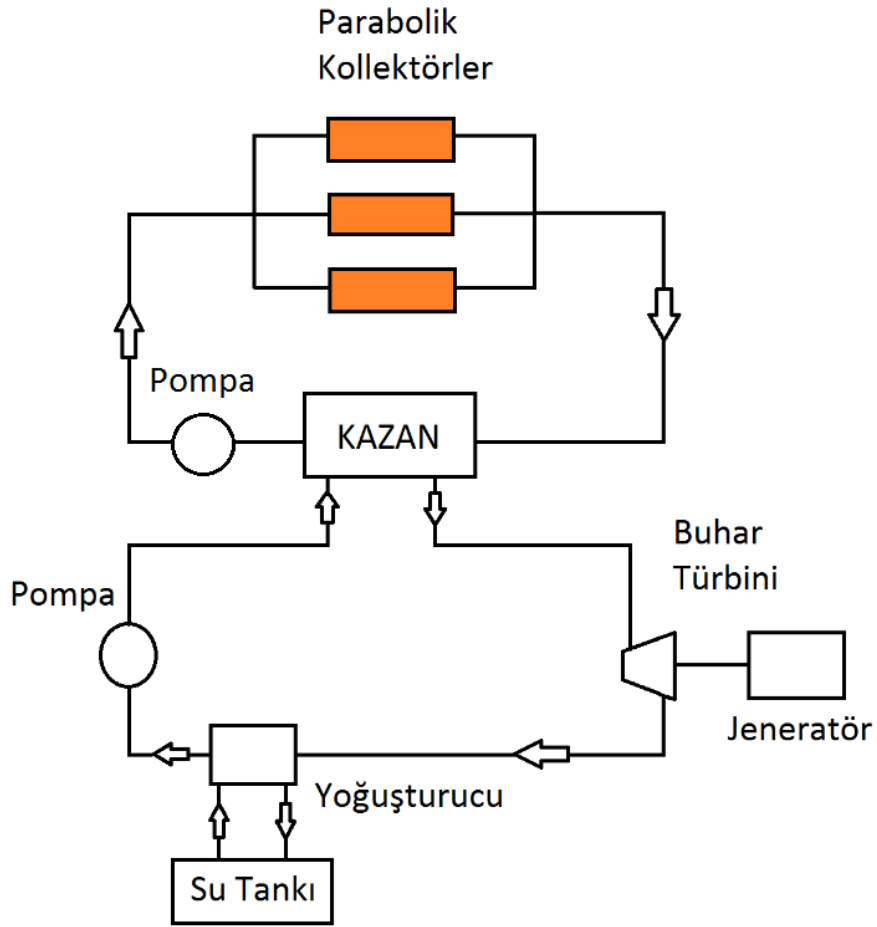
Çizelge 3. 12. Kullanılabilecek akışkanların fiziksel özellik tablosu (Anonim 2003)

Özellikler	Solar Tuz	Hitec	Hitec XL (Kalsiyum Nitrat Tuzu)	LiNO ₃ karışımı
Bileşim (%)				
NaNO ₃	60	7	7	
KNO ₃	40	53	45	
NaNO ₂		40		
Ca(NO ₃) ₂			48	
Donma noktası (°C)	220	142	120	120
Üst sıcaklık (°C)	600	535	500	550
Yoğunluk (kg/m ³)	1899	1640	1992	
Viskozite (cP)	3,26	3,16	6,37	
Isı kapasitesi (J/kg-K)	1495	1560	1447	

Çizelge 3. 13. Kullanılabilecek akışkanların özellikleri (Anonim 2003)

Tuz	Sıcaklık yükselmesi	Kg başına maliyet	Depolama maliyeti
	°C	\$/kg	\$/kWh
Hitec (142 °C)	200	0,93	10,7
Solar Tuz (220 °C)	200	0,49	5,8
Kalsiyum Nitrat [HitecXL] (120 °C)	200	1,19	15,2
	150	1,19	20,1
	100	1,19	30,0
Therminol VP-1	100	3,96	57,5

3. 10. Tasarımı Yapılan Güneş Enerjisi Sisteminin Çalışması Hakkında Bilgi Verme



Şekil 3. 23. Tasarımı yapılan sistemin şematik gösterimi

Sistemimizde birleştirilmiş iki çevrim vardır. Bunlardan birisi Rankine, diğeri ise parabolik kollektör sistemidir. Rankine sisteminin çalışması aşağıda anlatılmıştır.

Su pompaya doymuş sıvı olarak girer ve burada izantropik olarak kazan çalışma basıncına kadar sıkıştırılır.

Kazana sıkıştırılmış sıvı halinde giren su, kazandan kızgın buhar şeklinde çıkar. Kazan esas olarak, yanma ürünü gazlardan, nükleer reaktörlerden veya diğerkaynaklardan sağlanan ısıyı suya sabit basınçta aktarıldığı, büyük bir ısı değıştiricisidir. Kazan, buharın kızgın buhar haline getirildiğı kısım olan kızdırıcıyla beraber, genellikle buhar üreticisi olarak adlandırılır.

Kızgın buhar bir türbinde izantropik olarak genişlerken, elektrik jeneratörüne bağı olan türbin milini döndürerek iş üretir. Bu işlem sırasında buharın basıncı ve sıcaklığı azalır ve yoğuşturucuya girmeden önce buhar genellikle yüksek kuruluk derecesine sahip bir doymuş sıvı-buhar karışımıdır. Daha sonra buhar, esas olarak büyük bir ısı değıştiricisi olan yoğuşturucuda, atmosfere ısı vererek sabit basınçta yoğuşur. Yoğuşturucudan doymuş sıvı olarak çıkan buhar, pompaya girerek çevrimi tamamlar. (Çengel 2008)

Parabolik kollektör sisteminin çalışma ise; 300 °C sıcaklığındaki Solar Tuz içeren çözelti parabolik oluk kollektörlere girer. Bir önceki bölümde tasarımından bahsettiğimiz 13,9 m uzunluğundaki parabolik kollektörler, güneş ışınlarını kollektörlerin odak noktasındaki emici boruya yansıtır. Emici boru yansıyan güneş ışınlarından aldığı ısıyı, akışkana aktarır. 400 °C çıkış sıcaklığındaki akışkan kazana girerek, ısınısını ona aktarır. Kazan aldığı ısıyı, Rankine çevrimine katarak, iş elde etmemizi sağlar.

3.11. Tasarımı Yapılan Güneş Enerjisi Sisteminden Elde Edilebilecek Enerjiyi Hesaplamak

Tasarladığımız sistemden elde edeceğimiz enerji miktarını belirlerken, hesaplamalarda örnekleme yaptık. Önce 2013 yılının her ayının 15'inci gününü baz alarak; saatlik elde edebileceğimiz enerji miktarlarını hesapladık. Ardından 2009 - 2013 yıllarının ortalama değerlerini kullanarak her ayın 15'inci gününü baz alarak; sonuçları karşılaştırarak değerlendirmek maksatlı aynı hesaplamaları yaptık. Meteorolojiden aldığımız güneş ışıınım ve dış ortam sıcaklıkları verilerinden yararlanarak yapılan hesaplamalarda; akışkanımızın giriş sıcaklığını 300 °C ve çıkış sıcaklığını 400 °C olarak sabitledik. Bu şartlar altında sistemin saatlik debisini belirledik. Elde edilen debiyi;

$$Q_G = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (3.17)$$

denkleminde yerine koyarak elde edeceğimiz güneş ışıınımı enerjisini hesapladık. Kollektörden elde edilen enerji miktarını hesaplayabilmek için, kollektör verimi bulunmalıdır. Bulunan kollektör verimi, güneş ışıınımından elde edilebilecek enerji değeriyle çarpılarak, kollektörden elde edilecek enerji miktarı hesaplanır.

$$Q_A = Q_G \cdot \eta_{\text{kollektör}} \quad (3.18)$$

0,99 olan ayna verimine η_1 ; emici boru 0,97 olan emici boru verimine η_2 ; 0,93 olan cam örtü verimine η_3 ; 0,96 olan güneş takip sistemi verimi η_4 dersek; kollektör verimini elde edeceğimi denklem aşağıdaki gibi olur.

$$\eta_{\text{kollektör}} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \quad (3.19)$$

Elimizdeki verileri denklemde yerlerini koyunca, kollektör verimini 0,85 olarak elde ederiz. Bulunan kollektör verimini, eşitlik 3.18'de yerine koyarsak aşağıdaki denklemi elde ederiz.

$$Q_A = Q_G * 0,85 \quad (3.20)$$

Yapılan hesaplamalarda, istenen enerjiyi tek bir oluktan alamayacağımızı gördükten sonra, oluk sayısını üçe çıkarmaya karar verdik. Isıl kayıpları minimize etmek ve verimin düşmesini engellemek için birbirine paralel olarak bağladığımız oluklardan toplamda elde edilen enerji değerleri; bir sonraki bölümde yer alan tablolarda detaylı olarak belirtilmiştir.

Tasarlanan sistem vasıtasıyla elde edilebilecek elektrik enerjisi miktarı, kollektörlerden elde edilen ısı enerjisi ile sistem veriminin çarpılmasıyla elde edilir.

$$Q_E = Q_A * \eta_{\text{sistem}} \quad (3.21)$$

Sistem verimi aşağıdaki denklemden bulunur.

$$\eta_{\text{sistem}} = \eta_{\text{pompa}} * \eta_{\text{kazan}} * \eta_{\text{pompa}} * \eta_{\text{yoğuşturucu}} * \eta_{\text{türbin}} * \eta_{\text{jeneratör}} \quad (3.22)$$

Pompa verimi 0,85, kazan verimi 0,80, yoğuşturucu verimi 0,90, buhar türbini verimi 0,80 ve jeneratör verimi 0,90 olarak kabul edilmiştir.

$$\eta_{\text{sistem}} = 0,85 * 0,80 * 0,85 * 0,90 * 0,80 * 0,90$$

$$\eta_{\text{sistem}} = 0,37$$

Kabul edilen değerler denklemde yerlerine yazılınca sistem verimi 0,37 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan sistem verimi eşitlik 3.21'de yazılınca, aşağıdaki denklemi elde ederiz.

$$Q_E = Q_A * 0,37 \tag{3.23}$$

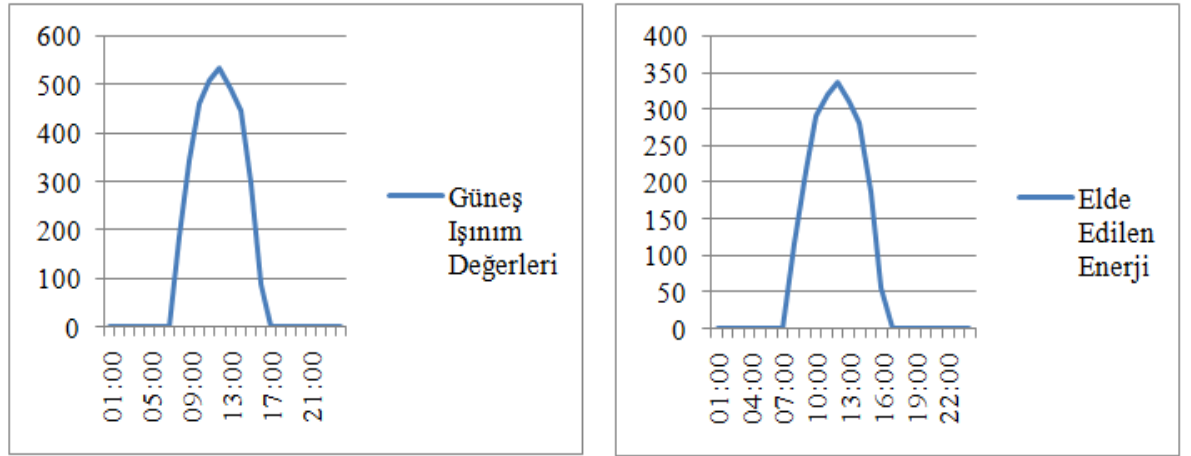
4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bir önceki bölümde tasarımı detaylı olarak anlatılan kollektör modellemesinin ardından, yapılan hesaplamaların sonuçlarından yola çıkılarak oluşturulan tablolar ve grafikler aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.1. 15 Ocak 2013 günü için yapılan hesaplamalar

Tarih	Saat	Güneş Işınımı (W/m ²)	Dış Ortam Sıcaklığı (°C)	Debi (m ³ /s)	Elde Edilen Enerji (kW)
15-01-2013	08:00	186	5,6	0,260	116,61
15-01-2013	09:00	344	7,1	0,483	216,624
15-01-2013	10:00	462	8,4	0,649	291,075
15-01-2013	11:00	508	9,9	0,714	320,229
15-01-2013	12:00	534	10,7	0,751	336,822
15-01-2013	13:00	491	11,2	0,690	309,465
15-01-2013	14:00	447	11,7	0,628	281,658
15-01-2013	15:00	297	11,7	0,416	186,576
15-01-2013	16:00	89	11,0	0,123	55,164

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi, tasarladığımız sistemden 15 Ocak 2013 günü elde ettiğimiz enerji miktarı saat 12:00 'da en yüksek değerde iken saat 16:00 'da en düşük değere inmiştir. Bu durum; saatlik güneş ışınım değerleriyle alakalıdır. Gün içerisinde elde edilen maksimum enerji 336,822 kW, minimum enerji ise 55,164 kW'dır.

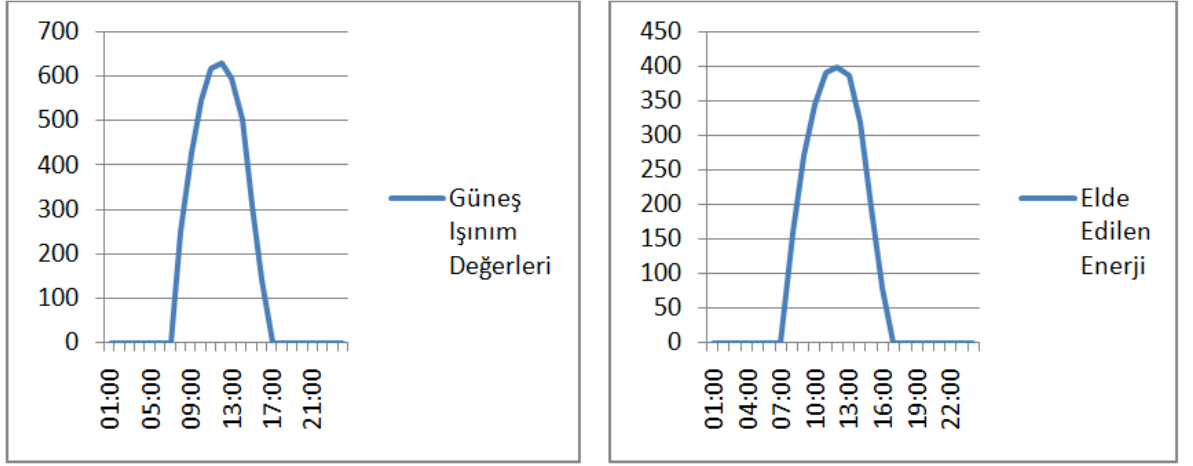


Şekil 4.1. 15 Ocak 2013 tarihindeki güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi

Çizelge 4.2. 15 Şubat 2013 günü için yapılan hesaplamalar

Tarih	Saat	Güneş Işınımı (W/m^2)	Dış Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	Debi (m^3/s)	Elde Edilen Enerji (kW)
15-02-2013	08:00	252	6,9	0,353	158,319
15-02-2013	09:00	427	10,1	0,604	271,116
15-02-2013	10:00	546	12,8	0,768	344,448
15-02-2013	11:00	618	14,2	0,867	389,073
15-02-2013	12:00	630	16,1	0,886	397,593
15-02-2013	13:00	597	16,1	0,859	385,485
15-02-2013	14:00	503	18,3	0,707	317,268
15-02-2013	15:00	310	18,1	0,435	195,097
15-02-2013	16:00	143	6,7	0,176	79,338

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi, tasarladığımız sistemden 15 Şubat 2013 günü elde ettiğimiz enerji miktarı saat 12:00 'da en yüksek değerde iken saat 16:00 'da en düşük değere inmiştir. Bu durum; saatlik güneş ışınım değerleriyle alakalıdır. Gün içerisinde elde edilen maksimum enerji 397,593 kW, minimum enerji ise 79,338 kW'dır

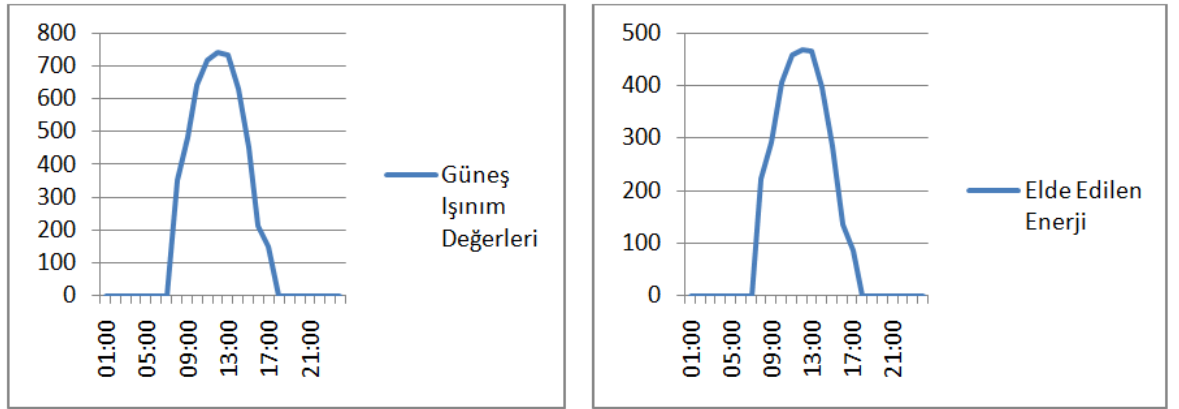


Şekil 4.2. 15 Şubat 2013 tarihindeki güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi

Çizelge 4.3. 15 Mart 2013 günü için yapılan hesaplamalar

Tarih	Saat	Güneş Işınımı (W/m^2)	Dış Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	Debi (m^3/s)	Elde Edilen Enerji (kW)
15-03-2013	08:00	355	6,0	0,498	223,575
15-03-2013	09:00	486	7,8	0,651	292,377
15-03-2013	10:00	643	12,1	0,904	405,801
15-03-2013	11:00	721	14,3	1,024	459,576
15-03-2013	12:00	743	15,1	1,045	469,041
15-03-2013	13:00	737	16,1	1,040	466,44
15-03-2013	14:00	630	16,8	0,886	397,593
15-03-2013	15:00	451	18,2	0,637	285,873
15-03-2013	16:00	216	15,6	0,304	136,344
15-03-2013	17:00	151	16,8	0,195	87,546

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi, tasarladığımız sistemden 15 Mart 2013 günü elde ettiğimiz enerji miktarı saat 12:00 'da en yüksek değerde iken saat 17:00 'da en düşük değere inmiştir. Bu durum; saatlik güneş ışınım değerleriyle alakalıdır. Gün içerisinde elde edilen maksimum enerji 469,041 kW, minimum enerji ise 87,546 kW'dır.

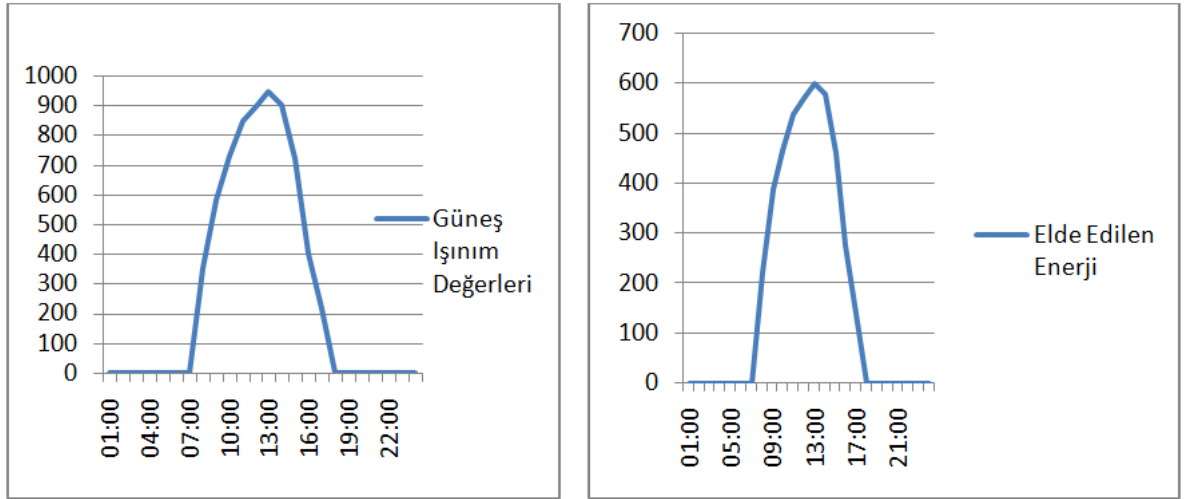


Şekil 4.3. 15 Mart 2013 tarihindeki güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi

Çizelge 4.4. 15 Nisan 2013 günü için yapılan hesaplamalar

Tarih	Saat	Güneş Işınımı (W/m^2)	Dış Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	Debi (m^3/s)	Elde Edilen Enerji (kW)
15-04-2013	08:00	353	17,0	0,495	222,321
15-04-2013	09:00	584	19,7	0,863	387,459
15-04-2013	10:00	735	22,8	1,040	466,842
15-04-2013	11:00	851	23,7	1,198	537,345
15-04-2013	12:00	900	24,0	1,273	571,344
15-04-2013	13:00	950	25,4	1,337	600,048
15-04-2013	14:00	904	26,4	1,291	579,192
15-04-2013	15:00	724	26,6	1,029	461,550
15-04-2013	16:00	403	26,5	0,615	276,006
15-04-2013	17:00	215	10,9	0,307	138,003

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi, tasarladığımız sistemden 15 Nisan 2013 günü elde ettiğimiz enerji miktarı saat 13:00 'da en yüksek değerde iken saat 17:00 'da en düşük değere inmiştir. Bu durum; saatlik güneş ışınım değerleriyle alakalıdır. Gün içerisinde elde edilen maksimum enerji 600,048 kW, minimum enerji ise 138,003 kW'dır

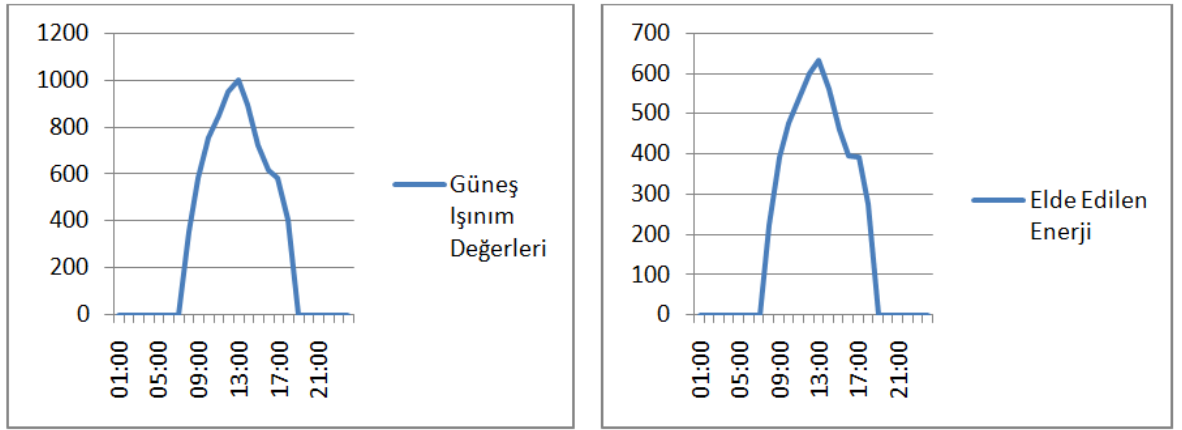


Şekil 4.4. 15 Nisan 2013 tarihindeki güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi

Çizelge 4. 5. 15 Mayıs 2013 günü için yapılan hesaplamalar

Tarih	Saat	Güneş Işınımı (W/m^2)	Dış Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	Debi (m^3/s)	Elde Edilen Enerji (kW)
15-05-2013	08:00	353	17,0	0,495	222,321
15-05-2013	09:00	586	20,7	0,870	390,417
15-05-2013	10:00	758	22,7	1,061	475,947
15-05-2013	11:00	851	23,7	1,198	537,345
15-05-2013	12:00	949	24,5	1,337	599,958
15-05-2013	13:00	1000	25,1	1,408	631,665
15-05-2013	14:00	892	26,3	1,251	561,162
15-05-2013	15:00	724	26,6	1,029	461,550
15-05-2013	16:00	615	26,6	0,882	395,979
15-05-2013	17:00	586	27,0	0,875	392,706
15-05-2013	18:00	403	26,5	0,615	276,006

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi, tasarladığımız sistemden 15 Mayıs 2013 günü elde ettiğimiz enerji miktarı saat 08:00 'da en düşük değerde iken saat 13:00 'da en yüksek değere çıkmıştır. Bu durum; saatlik güneş ışınım değerleriyle alakalıdır. Gün içerisinde elde edilen maksimum enerji 631,665 kW, minimum enerji ise 222,321 kW'dır.

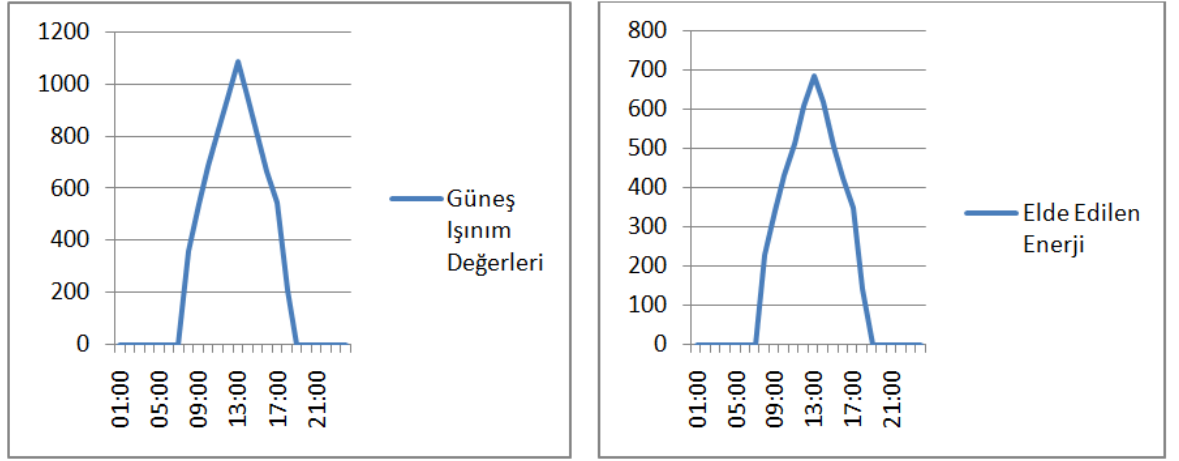


Şekil 4.5. 15 Mayıs 2013 tarihindeki güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi

Çizelge 4. 6. 15 Haziran 2013 günü için yapılan hesaplamalar

Tarih	Saat	Güneş Işınımı (W/m^2)	Dış Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	Debi (m^3/s)	Elde Edilen Enerji (kW)
15-06-2013	08:00	362	21,1	0,508	228,015
15-06-2013	09:00	539	23,1	0,761	341,577
15-06-2013	10:00	684	24,0	0,962	431,769
15-06-2013	11:00	826	25,6	1,141	512,052
15-06-2013	12:00	944	26,0	1,353	607,089
15-06-2013	13:00	1084	28,5	1,526	684,453
15-06-2013	14:00	955	28,1	1,378	618,210
15-06-2013	15:00	798	28,4	0,123	503,844
15-06-2013	16:00	666	28,5	0,951	426,792
15-06-2013	17:00	545	28,2	0,779	349,785
15-06-2013	18:00	210	27,5	0,318	142,935

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi, tasarladığımız sistemden 15 Haziran 2013 günü elde ettiğimiz enerji miktarı saat 13:00 'da en yüksek değerde iken saat 18:00 'da en düşük değere inmiştir. Bu durum; saatlik güneş ışınım değerleriyle alakalıdır. Gün içerisinde elde edilen maksimum enerji 684,453 kW, minimum enerji ise 142,935 kW'dır.

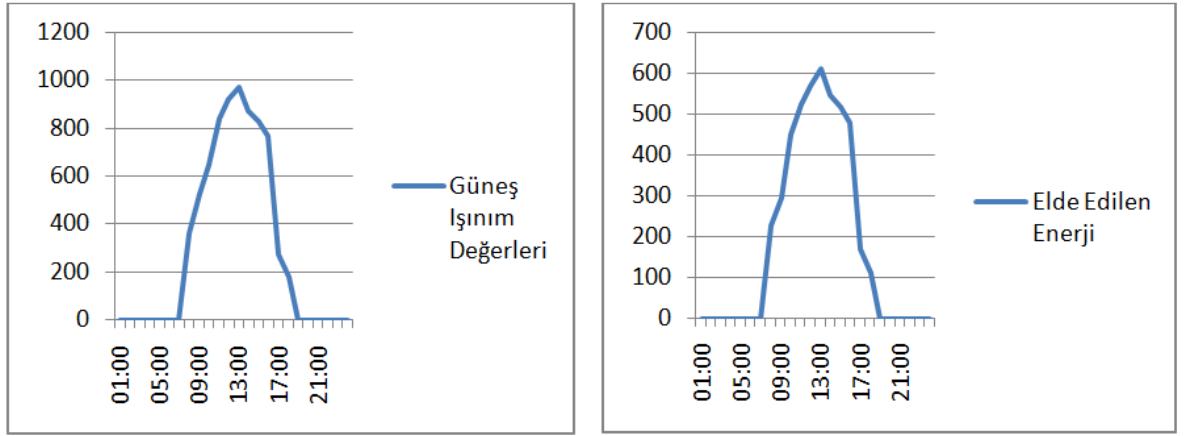


Şekil 4.6. 15 Haziran 2013 tarihindeki güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi

Çizelge 4. 7. 15 Temmuz 2013 günü için yapılan hesaplamalar

Tarih	Saat	Güneş Işınımı (W/m^2)	Dış Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	Debi (m^3/s)	Elde Edilen Enerji (kW)
15-07-2013	08:00	362	22,7	0,510	229,047
15-07-2013	09:00	526	25,4	0,659	295,650
15-07-2013	10:00	647	26,8	0,948	452,490
15-07-2013	11:00	838	27,8	1,168	523,848
15-07-2013	12:00	921	28,4	1,273	570,939
15-07-2013	13:00	969	28,9	1,364	611,931
15-07-2013	14:00	870	27,9	1,224	549,006
15-07-2013	15:00	827	30,7	1,159	519,945
15-07-2013	16:00	767	30,0	1,068	479,145
15-07-2013	17:00	276	27,9	0,383	172,044
15-07-2013	18:00	179	26,2	0,250	112,212

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi, tasarladığımız sistemden 15 Temmuz 2013 günü elde ettiğimiz enerji miktarı saat 13:00 'da en yüksek değerde iken saat 18:00 'da en düşük değere inmiştir. Bu durum; saatlik güneş ışınım değerleriyle alakalıdır. Gün içerisinde elde edilen maksimum enerji 611,931 kW, minimum enerji ise 112,212 kW'dır.

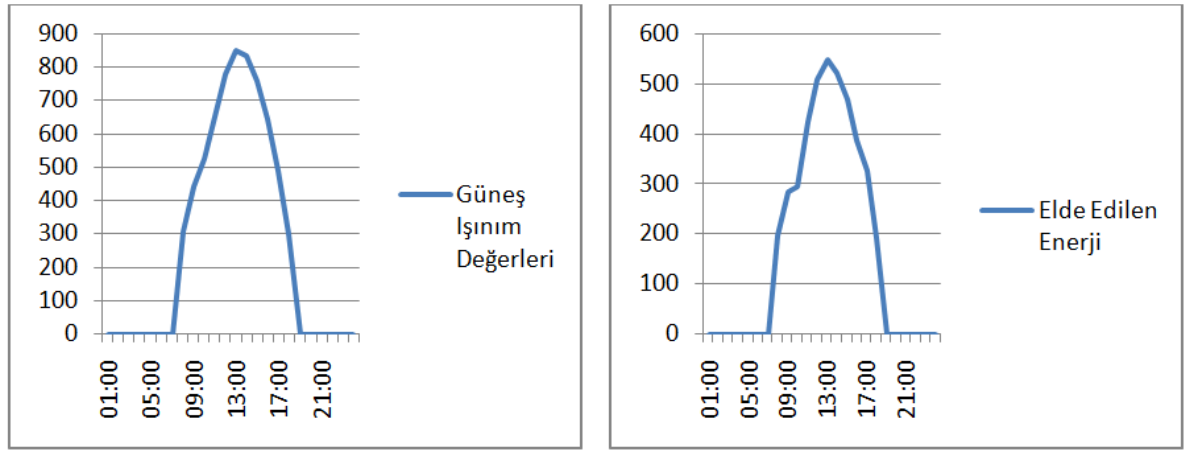


Şekil 4.7. 15 Temmuz 2013 tarihindeki güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi

Çizelge 4. 8. 15 Ağustos 2013 günü için yapılan hesaplamalar

Tarih	Saat	Güneş Işınımı (W/m^2)	Dış Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	Debi (m^3/s)	Elde Edilen Enerji (kW)
15-08-2013	08:00	308	26,4	0,440	197,340
15-08-2013	09:00	442	27,8	0,643	284,481
15-08-2013	10:00	524	28,5	0,660	296,322
15-08-2013	11:00	653	30,2	0,949	425,805
15-08-2013	12:00	779	31,7	1,134	508,686
15-08-2013	13:00	849	32,8	1,223	548,829
15-08-2013	14:00	835	33,2	1,166	523,173
15-08-2013	15:00	757	32,7	1,046	469,353
15-08-2013	16:00	645	32,4	0,864	387,861
15-08-2013	17:00	491	31,4	0,729	327,180
15-08-2013	18:00	299	30,4	0,428	192,045

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi, tasarladığımız sistemden 15 Ağustos 2013 günü elde ettiğimiz enerji miktarı saat 13:00 'da en yüksek değerde iken saat 18:00 'da en düşük değere inmiştir. Bu durum; saatlik güneş ışınım değerleriyle alakalıdır. Gün içerisinde elde edilen maksimum enerji 548,829 kW, minimum enerji ise 192,045 kW'dır.

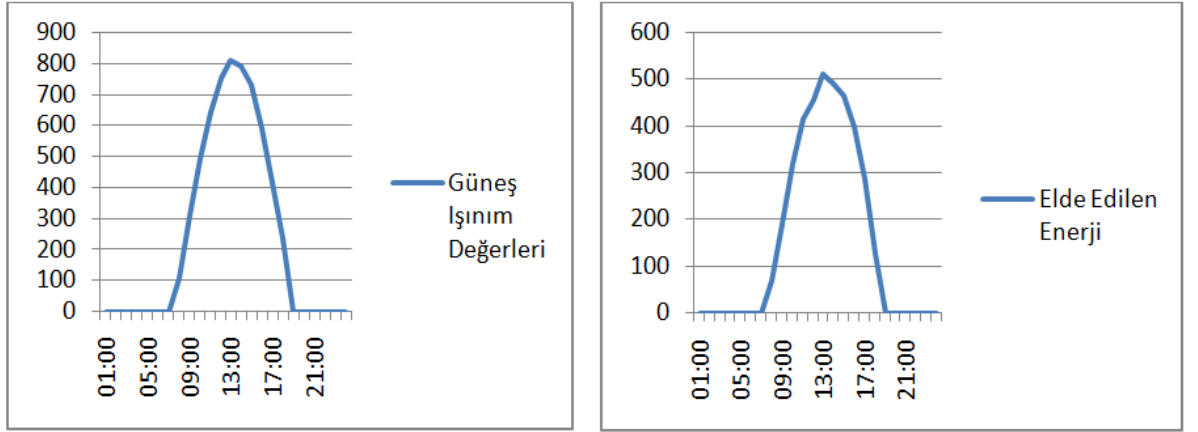


Şekil 4.8. 15 Ağustos 2013 tarihindeki güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi

Çizelge 4. 9. 15 Eylül 2013 günü için yapılan hesaplamalar

Tarih	Saat	Güneş Işınımı (W/m^2)	Dış Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	Debi (m^3/s)	Elde Edilen Enerji (kW)
15-09-2013	08:00	111	11,8	0,154	69,471
15-09-2013	09:00	311	17,1	0,425	190,746
15-09-2013	10:00	495	19,2	0,710	318,567
15-09-2013	11:00	640	21,3	0,925	415,266
15-09-2013	12:00	750	23,4	1,013	454,419
15-09-2013	13:00	807	25,6	1,136	509,496
15-09-2013	14:00	790	25,7	1,093	490,344
15-09-2013	15:00	727	25,2	1,029	461,865
15-09-2013	16:00	587	26,2	0,885	397,236
15-09-2013	17:00	416	26,3	0,639	286,590
15-09-2013	18:00	236	25,8	0,286	128,448

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi, tasarladığımız sistemden 15 Eylül 2013 günü elde ettiğimiz enerji miktarı saat 08:00 'da en düşük değerde iken saat 13:00 'da en yüksek değere çıkmıştır. Bu durum; saatlik güneş ışınım değerleriyle alakalıdır. Gün içerisinde elde edilen maksimum enerji 509,496 kW, minimum enerji ise 69,471 kW'dır.

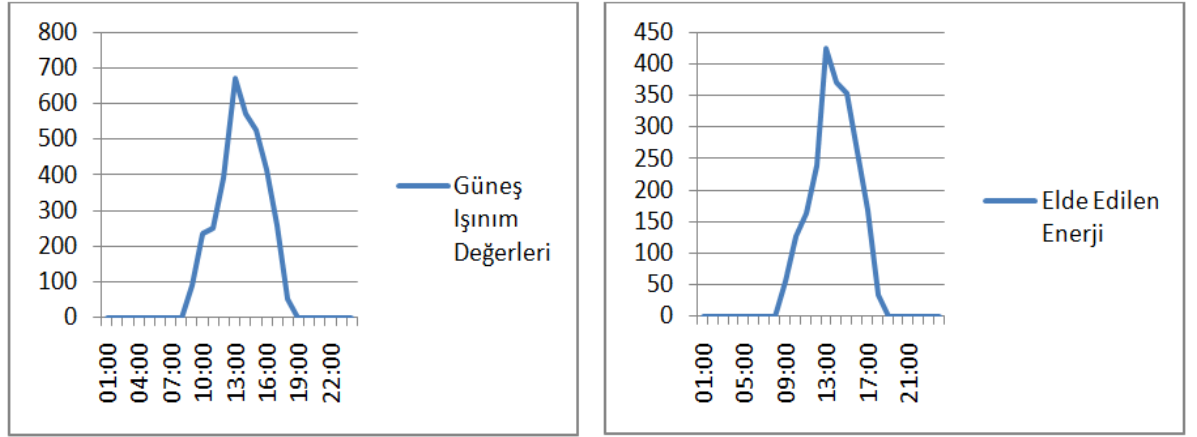


Şekil 4.9. 15 Eylül 2013 tarihindeki güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi

Çizelge 4. 10. 15 Ekim 2013 günü için yapılan hesaplamalar

Tarih	Saat	Güneş Işınımı (W/m^2)	Dış Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	Debi (m^3/s)	Elde Edilen Enerji (kW)
15-10-2013	09:00	90	12,1	0,125	56,376
15-10-2013	10:00	235	13,4	0,282	126,477
15-10-2013	11:00	251	13,7	0,363	162,804
15-10-2013	12:00	394	14,4	0,532	238,779
15-10-2013	13:00	672	18,0	0,945	424,146
15-10-2013	14:00	571	16,4	0,824	369,696
15-10-2013	15:00	528	17,4	0,726	352,788
15-10-2013	16:00	417	17,4	0,578	259,590
15-10-2013	17:00	258	17,8	0,374	167,781
15-10-2013	18:00	55	15,1	0,075	33,861

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi, tasarladığımız sistemden 15 Ekim 2013 günü elde ettiğimiz enerji miktarı saat 13:00 'da en yüksek değerde iken saat 18:00 'da en düşük değere inmiştir. Bu durum; saatlik güneş ışınım değerleriyle alakalıdır. Gün içerisinde elde edilen maksimum enerji 424,146 kW, minimum enerji ise 33,861 kW'dır.

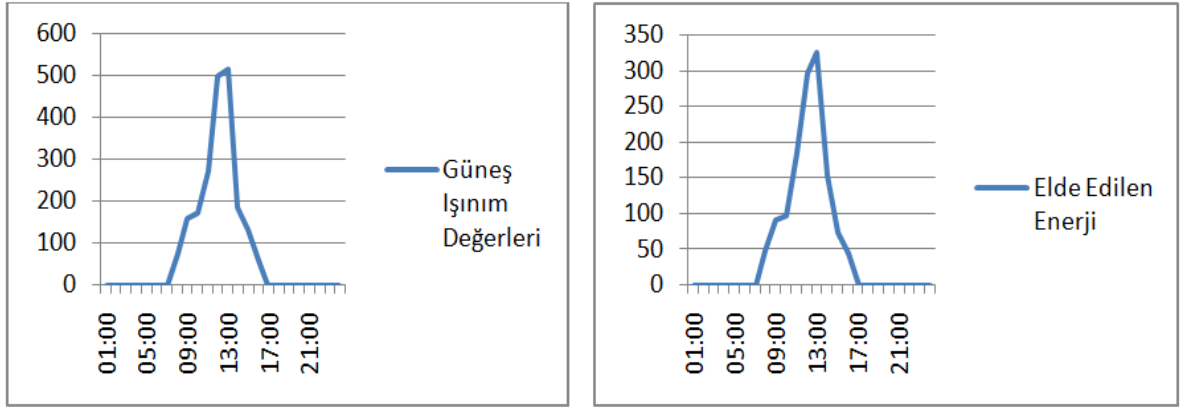


Şekil 4.10. 15 Ekim 2013 tarihindeki güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi

Çizelge 4. 11. 15 Kasım 2013 günü için yapılan hesaplamalar

Tarih	Saat	Güneş Işınımı (W/m^2)	Dış Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	Debi (m^3/s)	Elde Edilen Enerji (kW)
15-11-2013	08:00	77	11,7	0,108	48,660
15-11-2013	09:00	160	13,3	0,201	90,462
15-11-2013	10:00	171	13,8	0,218	97,860
15-11-2013	11:00	272	15,0	0,409	183,795
15-11-2013	12:00	496	16,1	0,659	295,875
15-11-2013	13:00	514	17,0	0,722	324,219
15-11-2013	14:00	187	15,9	0,342	153,987
15-11-2013	15:00	134	15,6	0,165	74,361
15-11-2013	16:00	60	14,9	0,099	44,400

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi, tasarladığımız sistemden 15 Kasım 2013 günü elde ettiğimiz enerji miktarı saat 13:00 'da en yüksek değerde iken saat 16:00 'da en düşük değere inmiştir. Bu durum; saatlik güneş ışınım değerleriyle alakalıdır. Gün içerisinde elde edilen maksimum enerji 324,219 kW, minimum enerji ise 44,400 kW'dır.

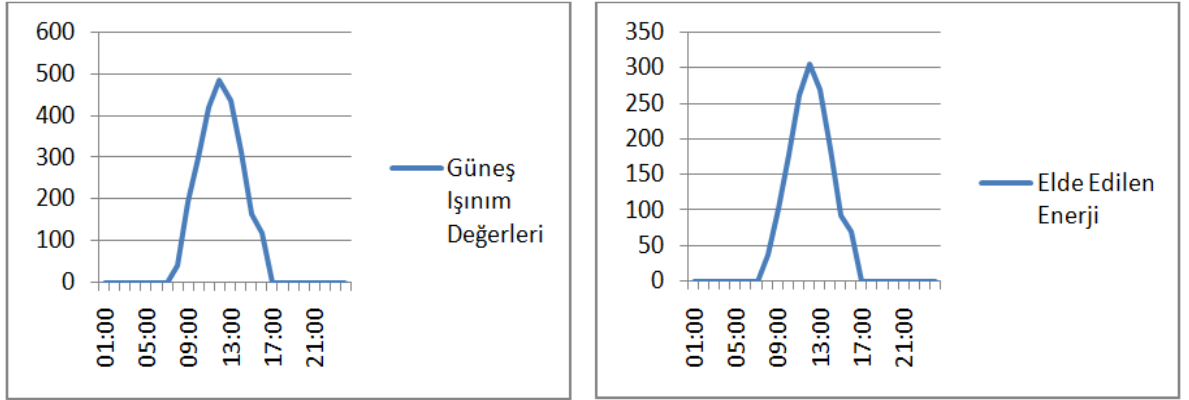


Şekil 4.11. 15 Kasım 2013 tarihindeki güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi

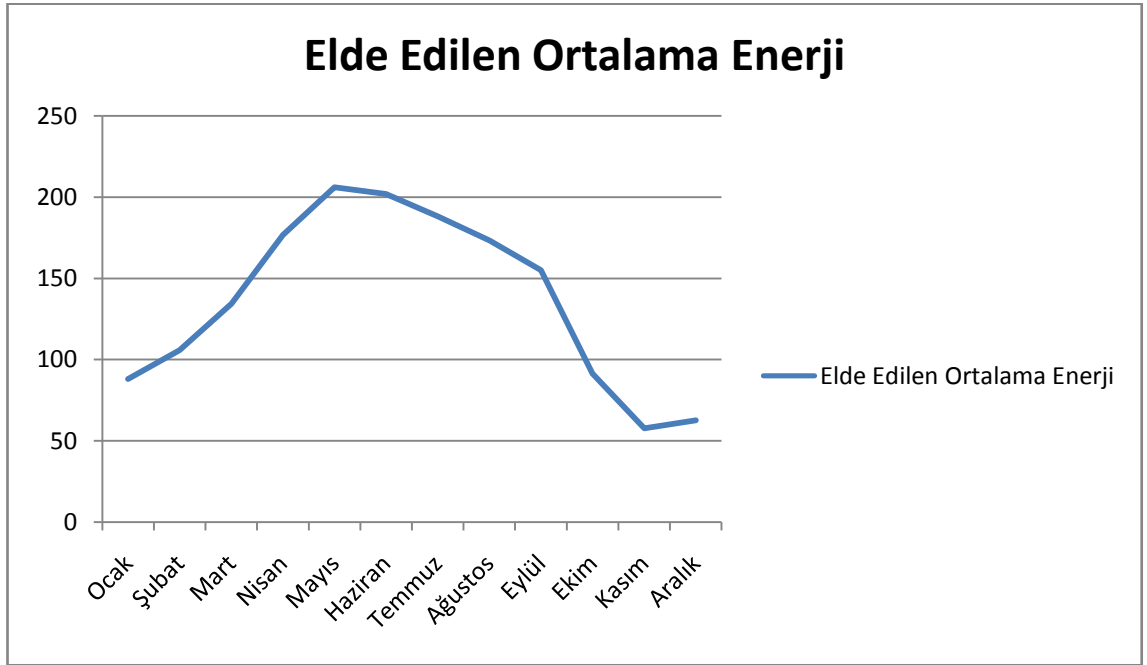
Çizelge 4. 12. 15 Aralık 2013 günü için yapılan hesaplamalar

Tarih	Saat	Güneş Işınımı (W/m^2)	Dış Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	Debi (m^3/s)	Elde Edilen Enerji (kW)
15-12-2013	08:00	41	-1,2	0,086	38,658
15-12-2013	09:00	194	1,3	0,229	102,885
15-12-2013	10:00	301	1,8	0,396	177,648
15-12-2013	11:00	420	4,8	0,581	260,892
15-12-2013	12:00	484	6,4	0,680	305,247
15-12-2013	13:00	435	7,9	0,602	270,039
15-12-2013	14:00	313	8,1	0,414	185,811
15-12-2013	15:00	164	8,4	0,207	93,063
15-12-2013	16:00	118	7,7	0,156	70,278

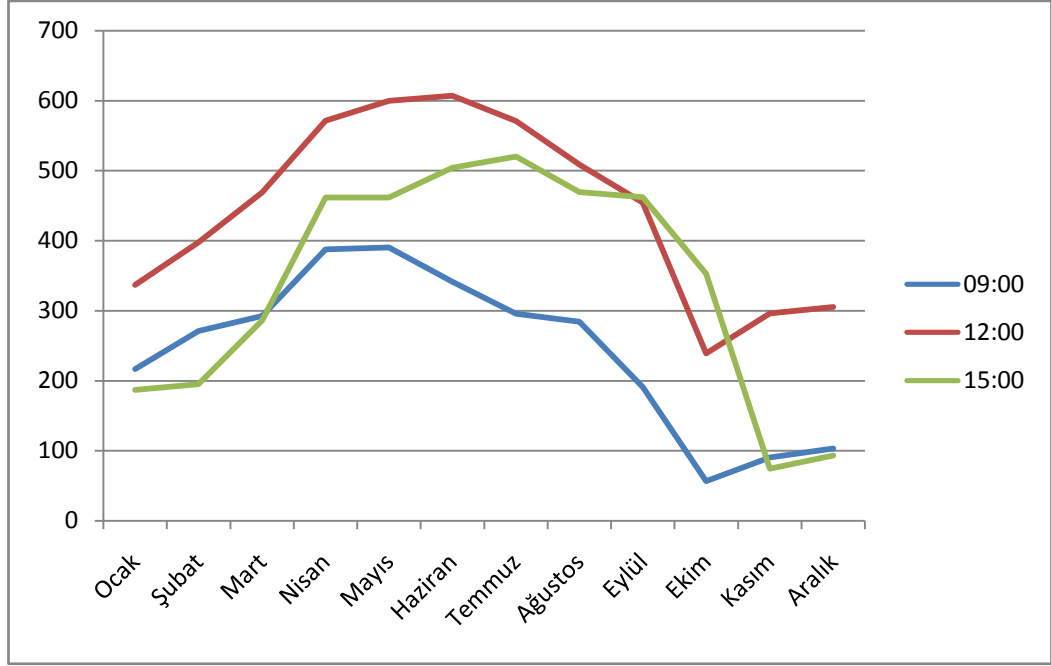
Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi, tasarladığımız sistemden 15 Aralık 2013 günü elde ettiğimiz enerji miktarı saat 08:00 'da en düşük değerde iken saat 12:00 'da en yüksek değere çıkmıştır. Bu durum; saatlik güneş ışınım değerleriyle alakalıdır. Gün içerisinde elde edilen maksimum enerji 305,247 kW, minimum enerji ise 38,658 kW'dır.



Şekil 4.12. 15 Aralık 2013 tarihindeki güneş ışınım değerlerinin (W/m²) ve elde edilen enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi



Şekil 4.13. Tasarlanan sistemden 2013 yılında aylara göre elde edilen ortalama enerji değerleri (kW)

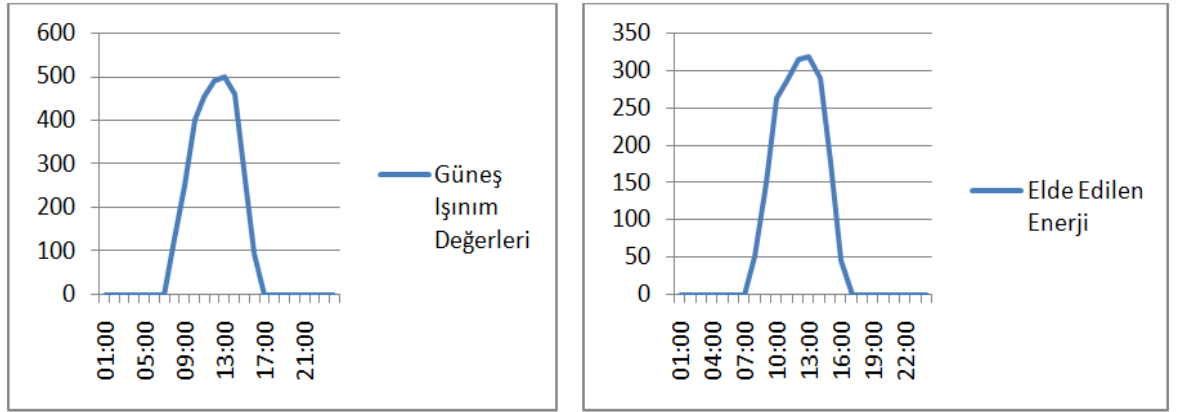


Şekil 4.14. Tasarlanan sistemden 2013 yılında aylara göre elde edilen enerji değerlerinin saat 9:00, 12:00 ve 15:00 için karşılaştırılması (kW)

Çizelge 4. 13. 2009 - 2013 yılları arası 15 Ocak günü için ortalama değerler ile yapılan hesaplamalar

	Saat	Güneş Işınımı (W/m ²)	Dış Ortam Sıcaklığı (°C)	Debi (m ³ /s)	Elde Edilen Enerji (kW)
2009-2013 yılları arası 15 Ocak günü için ortalama değerler	08:00	127	1,4	0,116	52,026
	09:00	251	3,2	0,336	150,696
	10:00	400	4,8	0,584	261,924
	11:00	452	5,9	0,635	284,797
	12:00	490	6,9	0,701	314,398
	13:00	498	7,6	0,708	317,538
	14:00	459	8,1	0,643	288,385
	15:00	288	7,9	0,394	176,709
	16:00	94	8,0	0,102	45,747

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi, tasarladığımız sistemden 2009 - 2013 yılları arası 15 Ocak günü için ortalama değerleri kullanarak elde ettiğimiz enerji miktarı saat 13:00 'da en yüksek değerde iken saat 16:00 'da en düşük değere inmiştir. Bu durum; saatlik güneş ışınım değerleriyle alakalıdır. Gün içerisinde elde edilen maksimum enerji 317,538 kW, minimum enerji ise 45,747 kW'dır.

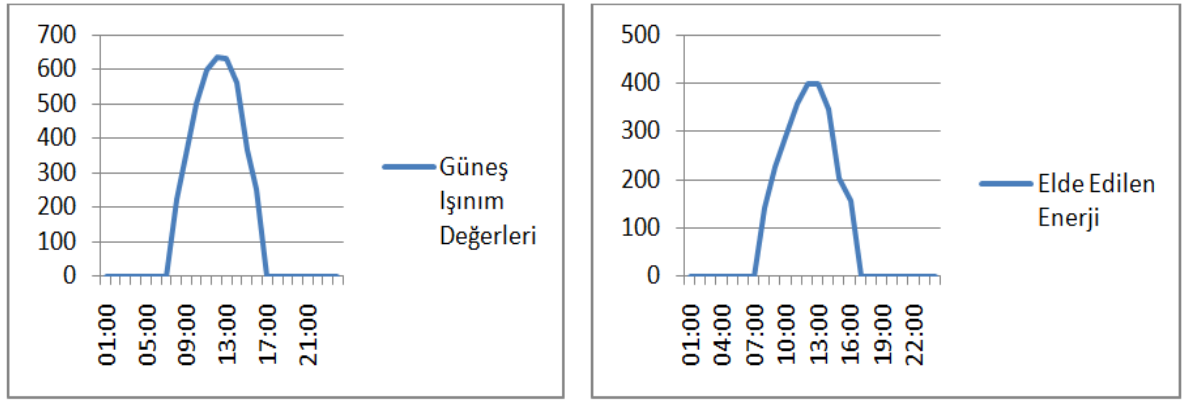


Şekil 4.15. 2009 - 2013 yılları arası 15 Ocak günü için ortalama güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen ortalama enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi

Çizelge 4. 14. 2009 - 2013 yılları arası 15 Şubat günü için ortalama değerler ile yapılan hesaplamalar

2009-2013 yılları arası 15 Şubat günü için ortalama değerler	Saat	Güneş Işınımı (W/m^2)	Dış Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	Debi (m^3/s)	Elde Edilen Enerji (kW)
	08:00	224	2,6	0,321	143,968
	09:00	369	4,3	0,504	226,044
	10:00	501	5,9	0,665	298,252
	11:00	597	7,8	0,796	357,006
	12:00	635	8,5	0,889	398,716
	13:00	631	8,2	0,886	397,371
	14:00	561	9,3	0,774	347,139
	15:00	368	9,3	0,453	203,170
	16:00	254	5,5	0,350	156,975

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi, tasarladığımız sistemden 2009 - 2013 yılları arası 15 Şubat günü için ortalama değerleri kullanarak elde ettiğimiz enerji miktarı saat 08:00'da en düşük değerde iken saat 12:00'da en yüksek değere çıkmıştır. Bu durum; saatlik güneş ışınım değerleriyle alakalıdır. Gün içerisinde elde edilen maksimum enerji 398,716 kW, minimum enerji ise 143.968 kW'dır.

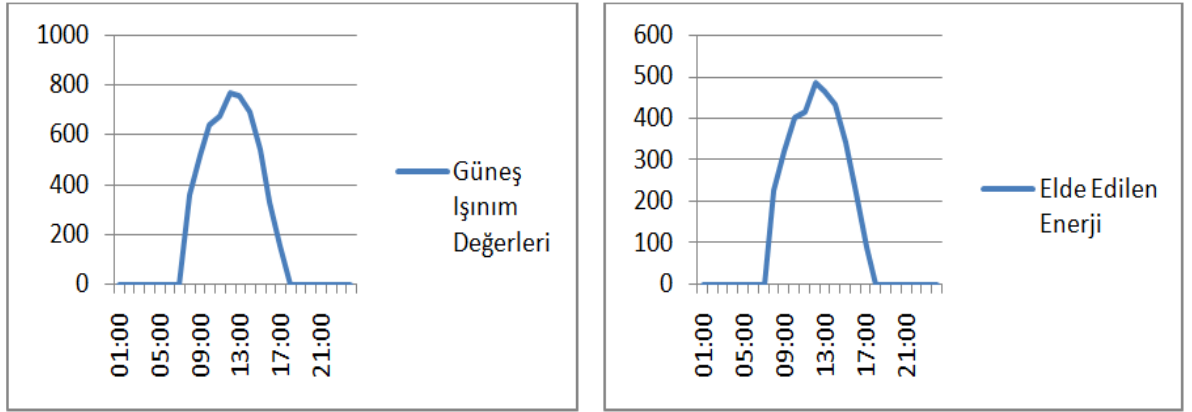


Şekil 4.16. 2009 - 2013 yılları arası 15 Şubat günü için ortalama güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen ortalama enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi

Çizelge 4. 15. 2009 - 2013 yılları arası 15 Mart günü için ortalama değerler ile yapılan hesaplamalar

	Saat	Güneş Işınımı (W/m^2)	Dış Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	Debi (m^3/s)	Elde Edilen Enerji (kW)
2009-2013 yılları arası 15 Mart günü için ortalama değerler	08:00	358	9,5	0,504	226,044
	09:00	515	11,9	0,716	321,126
	10:00	639	14,5	0,891	399,613
	11:00	670	15,9	0,928	416,208
	12:00	765	17,5	1,081	484,828
	13:00	752	17,9	1,037	465,094
	14:00	691	18,3	0,964	432,354
	15:00	539	18,7	0,760	340,860
	16:00	332	17,7	0,489	219,316
	17:00	158	16,8	0,204	91,494

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi, tasarladığımız sistemden 2009 - 2013 yılları arası 15 Mart günü için ortalama değerleri kullanarak elde ettiğimiz enerji miktarı saat 12:00 'da en yüksek değerde iken saat 17:00 'da en düşük değere inmiştir. Bu durum; saatlik güneş ışınım değerleriyle alakalıdır. Gün içerisinde elde edilen maksimum enerji 484,828 kW, minimum enerji ise 91,494 kW'dır.

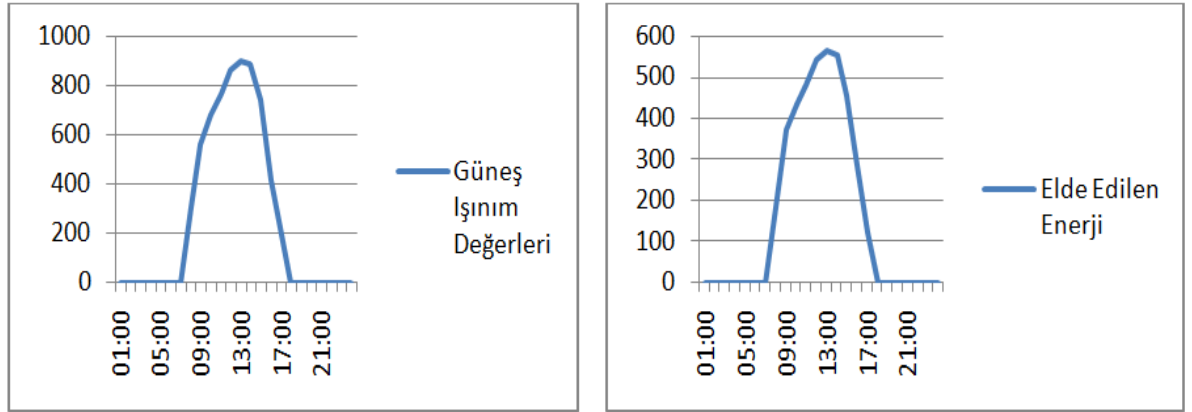


Şekil 4.17. 2009 - 2013 yılları arası 15 Mart günü için ortalama güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen ortalama enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi

Çizelge 4. 16. 2009 - 2013 yılları arası 15 Nisan günü için ortalama değerler ile yapılan hesaplamalar

	Saat	Güneş Işınımı (W/m^2)	Dış Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	Debi (m^3/s)	Elde Edilen Enerji (kW)
2009-2013 yılları arası 15 Nisan günü için ortalama değerler	08:00	311	14,1	0,409	183,436
	09:00	560	16,3	0,833	373,600
	10:00	681	18,0	0,964	432,354
	11:00	769	18,6	1,074	481,689
	12:00	866	19,1	1,205	540,442
	13:00	900	20,3	1,257	563,764
	14:00	887	20,9	1,235	553,897
	15:00	744	20,2	1,015	455,227
	16:00	419	19,7	0,635	284,797
	17:00	225	13,8	0,277	124,234

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi, tasarladığımız sistemden 2009 - 2013 yılları arası 15 Nisan günü için ortalama değerleri kullanarak elde ettiğimiz enerji miktarı saat 13:00 'da en yüksek değerde iken saat 17:00 'da en düşük değere inmiştir. Bu durum; saatlik güneş ışınım değerleriyle alakalıdır. Gün içerisinde elde edilen maksimum enerji 563,764 kW, minimum enerji ise 124,234 kW'dır.

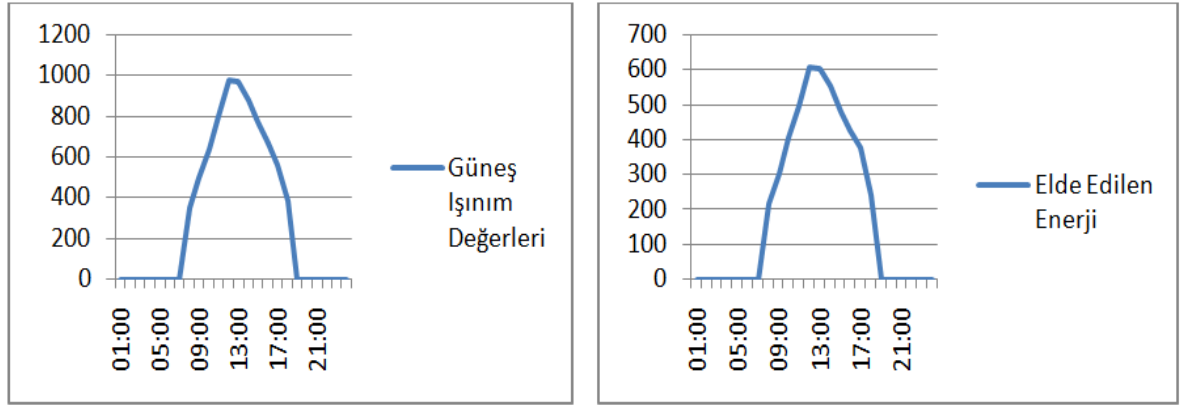


Şekil 4.18. 2009 - 2013 yılları arası 15 Nisan günü için ortalama güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen ortalama enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi

Çizelge 4. 17. 2009 - 2013 yılları arası 15 Mayıs günü için ortalama değerler ile yapılan hesaplamalar

	Saat	Güneş Işınımı (W/m^2)	Dış Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	Debi (m^3/s)	Elde Edilen Enerji (kW)
2009-2013 yılları arası 15 Mayıs günü için ortalama değerler	08:00	355	16,7	0,482	216,177
	09:00	497	18,5	0,672	301,392
	10:00	641	20,2	0,906	406,341
	11:00	801	21,3	1,110	497,835
	12:00	978	22,5	1,352	606,730
	13:00	973	23,4	1,350	604,372
	14:00	883	24,5	1,235	553,897
	15:00	777	24,4	1,074	481,689
	16:00	671	24,3	0,950	426,075
	17:00	564	24,7	0,840	376,740
	18:00	390	24,0	0,540	242,190

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi, tasarladığımız sistemden 2009 - 2013 yılları arası 15 Mayıs günü için ortalama değerleri kullanarak elde ettiğimiz enerji miktarı saat 08:00 'da en düşük değerde iken saat 12:00 'da en yüksek değere çıkmıştır. Bu durum; saatlik güneş ışınım değerleriyle alakalıdır. Gün içerisinde elde edilen maksimum enerji 606,730 kW, minimum enerji ise 216,177 kW'dır.

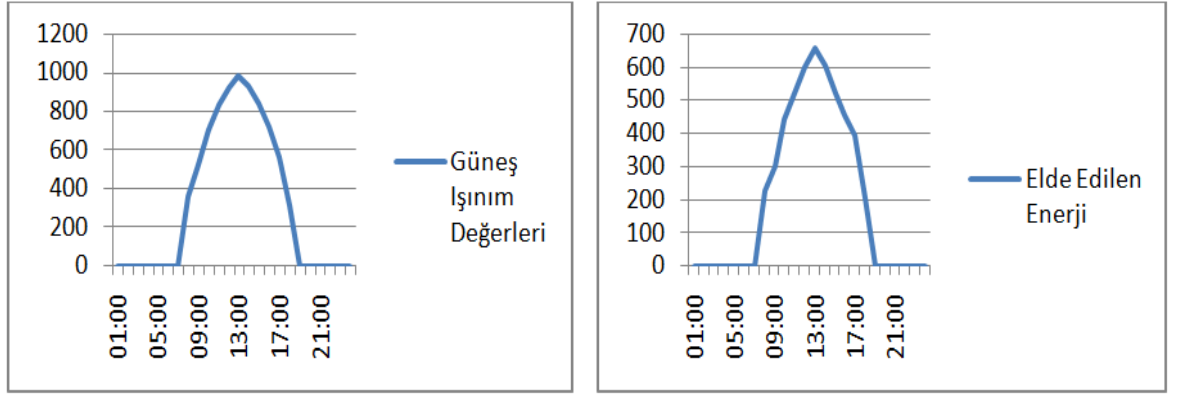


Şekil 4.19. 2009 - 2013 yılları arası 15 Mayıs günü için ortalama güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen ortalama enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi

Çizelge 4. 18. 2009 - 2013 yılları arası 15 Haziran günü için ortalama değerler ile yapılan hesaplamalar

	Saat	Güneş Işınımı (W/m^2)	Dış Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	Debi (m^3/s)	Elde Edilen Enerji (kW)
2009-2013 yılları arası 15 Haziran günü için ortalama değerler	08:00	362	21,5	0,504	226,044
	09:00	529	23,3	0,672	301,392
	10:00	703	24,9	0,986	442,221
	11:00	833	26,7	1,162	521,157
	12:00	922	27,2	1,330	596,505
	13:00	983	28,2	1,461	655,258
	14:00	928	28,3	1,342	601,887
	15:00	837	28,7	1,162	521,157
	16:00	718	28,3	1,015	455,227
	17:00	560	27,6	0,876	392,886
	18:00	318	26,7	0,453	203,170

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi, tasarladığımız sistemden 2009 - 2013 yılları arası 15 Haziran günü için ortalama değerleri kullanarak elde ettiğimiz enerji miktarı saat 13:00 'da en yüksek değerde iken saat 18:00 'da en düşük değere inmiştir. Bu durum; saatlik güneş ışınım değerleriyle alakalıdır. Gün içerisinde elde edilen maksimum enerji 655,258 kW, minimum enerji ise 203,170 kW'dır.

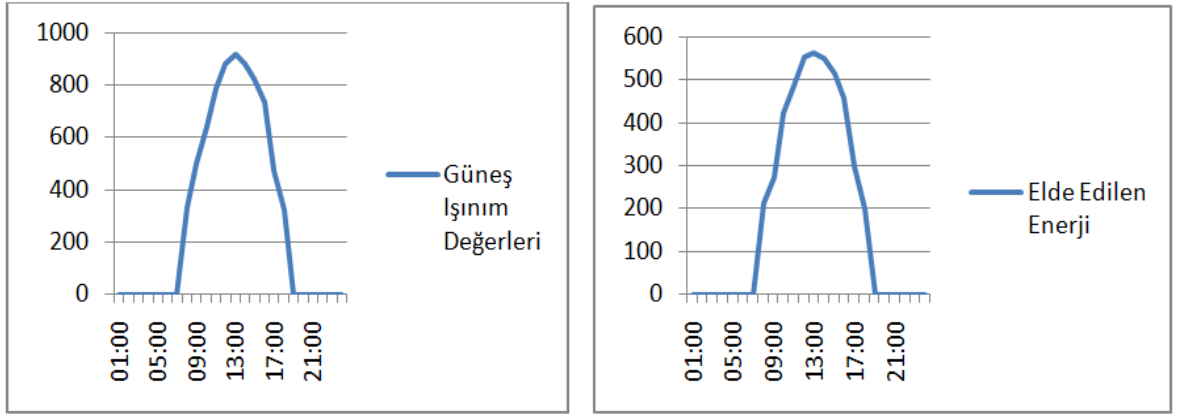


Şekil 4.20. 2009 - 2013 yılları arası 15 Haziran günü için ortalama güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen ortalama enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi

Çizelge 4. 19. 2009 - 2013 yılları arası 15 Temmuz günü için ortalama değerler ile yapılan hesaplamalar

	Saat	Güneş Işınımı (W/m^2)	Dış Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	Debi (m^3/s)	Elde Edilen Enerji (kW)
2009-2013 yılları arası 15 Temmuz günü için ortalama değerler	08:00	331	24,0	0,475	213,037
	09:00	501	26,0	0,613	274,930
	10:00	643	28,0	0,942	422,487
	11:00	787	29,2	1,088	487,968
	12:00	882	30,6	1,235	553,897
	13:00	917	31,1	1,257	563,764
	14:00	879	31,3	1,227	550,309
	15:00	825	32,5	1,147	514,429
	16:00	733	32,3	1,023	458,815
	17:00	475	31,0	0,665	298,252
	18:00	325	30,0	0,445	199,582

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi, tasarladığımız sistemden 2009 - 2013 yılları arası 15 Temmuz günü için ortalama değerleri kullanarak elde ettiğimiz enerji miktarı saat 13:00 'da en yüksek değerde iken saat 18:00 'da en düşük değere inmiştir. Bu durum; saatlik güneş ışınım değerleriyle alakalıdır. Gün içerisinde elde edilen maksimum enerji 563,764 kW, minimum enerji ise 199,582 kW'dır.

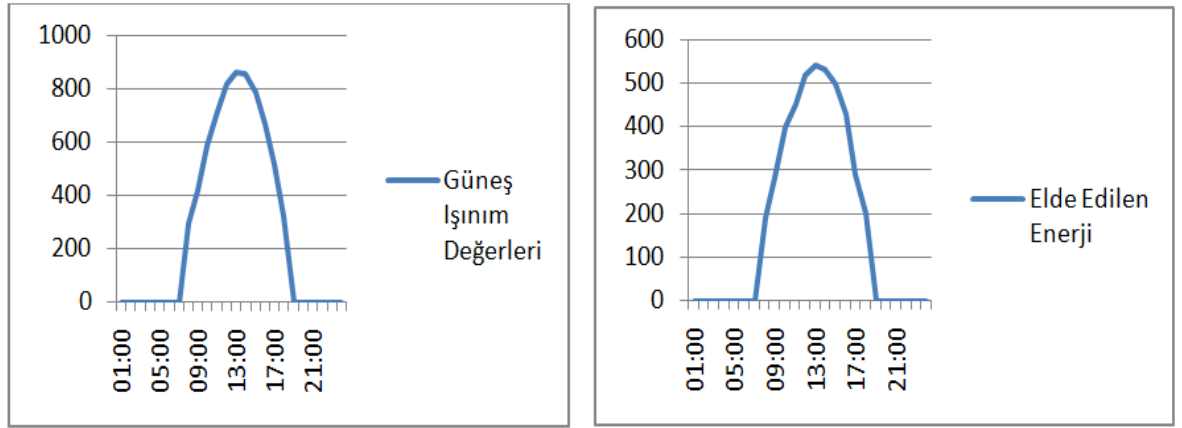


Şekil 4.21. 2009 - 2013 yılları arası 15 Temmuz günü için ortalama güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen ortalama enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi

Çizelge 4. 20. 2009 - 2013 yılları arası 15 Ağustos günü için ortalama değerler ile yapılan hesaplamalar

	Saat	Güneş Işınımı (W/m^2)	Dış Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	Debi (m^3/s)	Elde Edilen Enerji (kW)
2009-2013 yılları arası 15 Ağustos günü için ortalama değerler	08:00	296	22,7	0,423	189,715
	09:00	419	24,7	0,635	284,797
	10:00	586	26,7	0,891	399,613
	11:00	715	28,8	1,008	452,088
	12:00	817	30,4	1,154	517,569
	13:00	861	31,6	1,205	540,442
	14:00	855	32,0	1,183	530,575
	15:00	787	32,0	1,110	497,835
	16:00	668	31,5	0,957	429,214
	17:00	516	30,7	0,643	288,385
	18:00	323	29,8	0,445	199,582

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi, tasarladığımız sistemden 2009 - 2013 yılları arası 15 Ağustos günü için ortalama değerleri kullanarak elde ettiğimiz enerji miktarı saat 08:00 'da en düşük değerde iken saat 13:00 'da en yüksek değere çıkmıştır. Bu durum; saatlik güneş ışınım değerleriyle alakalıdır. Gün içerisinde elde edilen maksimum enerji 540,442 kW, minimum enerji ise 189,715 kW'dır.

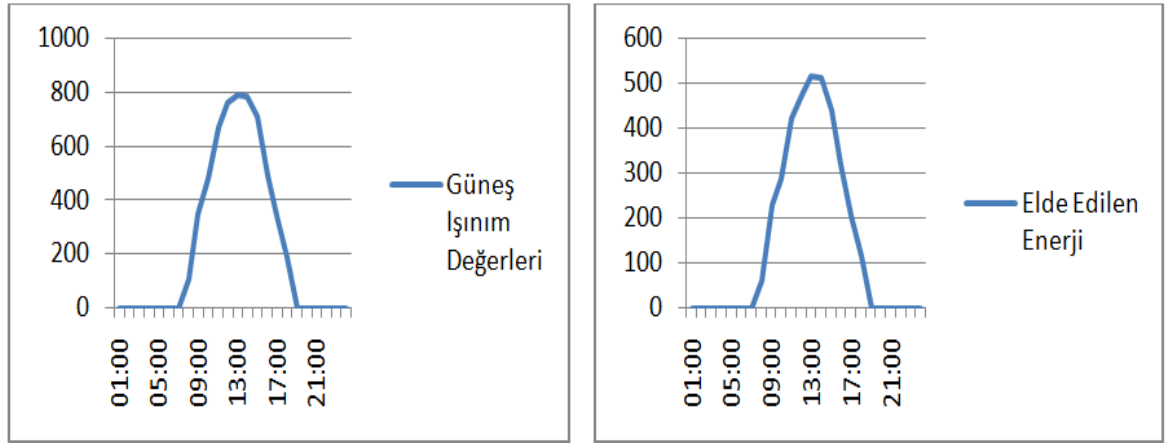


Şekil 4.22. 2009 - 2013 yılları arası 15 Ağustos günü için ortalama güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen ortalama enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi

Çizelge 4. 21. 2009 - 2013 yılları arası 15 Eylül günü için ortalama değerler ile yapılan hesaplamalar

	Saat	Güneş Işınımı (W/m^2)	Dış Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	Debi (m^3/s)	Elde Edilen Enerji (kW)
2009-2013 yılları arası 15 Eylül günü için ortalama değerler	08:00	106	16,9	0,138	61,893
	09:00	348	20,2	0,511	229,183
	10:00	482	22,9	0,643	288,385
	11:00	669	24,7	0,942	422,487
	12:00	761	26,8	1,052	471,822
	13:00	789	28,7	1,147	514,429
	14:00	784	29,2	1,140	511,290
	15:00	708	28,0	0,979	439,081
	16:00	491	27,2	0,708	317,538
	17:00	342	27,6	0,460	206,310
	18:00	187	25,9	0,263	117,955

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi, tasarladığımız sistemden 2009 - 2013 yılları arası 15 Eylül günü için ortalama değerleri kullanarak elde ettiğimiz enerji miktarı saat 08:00 'da en düşük değerde iken saat 13:00 'da en yüksek değere çıkmıştır. Bu durum; saatlik güneş ışınım değerleriyle alakalıdır. Gün içerisinde elde edilen maksimum enerji 514,429 kW, minimum enerji ise 61,893 kW'dır.

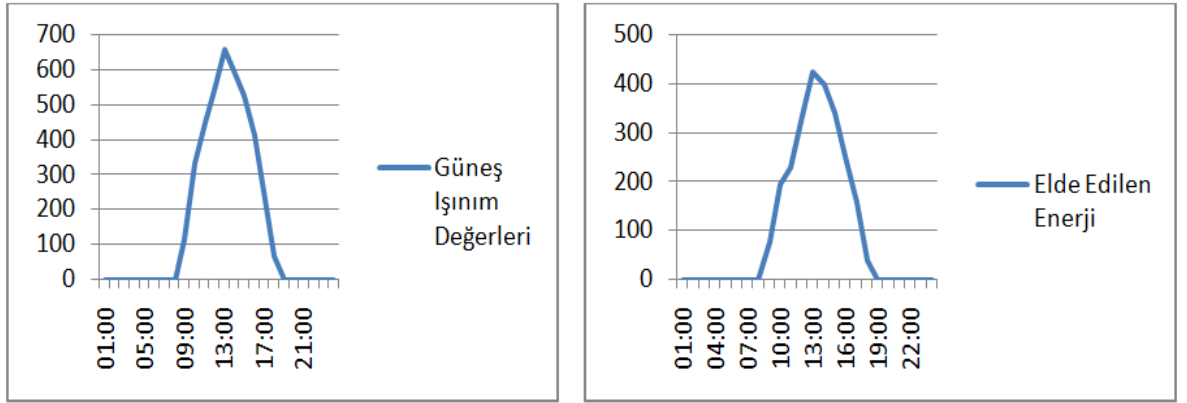


Şekil 4.23. 2009 - 2013 yılları arası 15 Eylül günü için ortalama güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen ortalama enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi

Çizelge 4. 22. 2009 - 2013 yılları arası 15 Ekim günü için ortalama değerler ile yapılan hesaplamalar

	Saat	Güneş Işınımı (W/m^2)	Dış Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	Debi (m^3/s)	Elde Edilen Enerji (kW)
2009-2013 yılları arası 15 Ekim günü için ortalama değerler	09:00	118	13,7	0,175	78,487
	10:00	333	15,8	0,431	193,303
	11:00	450	18,5	0,643	228,385
	12:00	540	17,0	0,745	334,132
	13:00	658	21,1	0,942	422,487
	14:00	599	18,8	0,884	396,474
	15:00	524	19,4	0,760	340,860
	16:00	414	17,9	0,562	252,057
	17:00	253	16,8	0,350	156,975
	18:00	70	15,7	0,087	39,019

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi, tasarladığımız sistemden 2009 - 2013 yılları arası 15 Ekim günü için ortalama değerleri kullanarak elde ettiğimiz enerji miktarı saat 13:00 'da en yüksek değerde iken saat 18:00 'da en düşük değere inmiştir. Bu durum; saatlik güneş ışınım değerleriyle alakalıdır. Gün içerisinde elde edilen maksimum enerji 422,487 kW, minimum enerji ise 39,019 kW'dır.

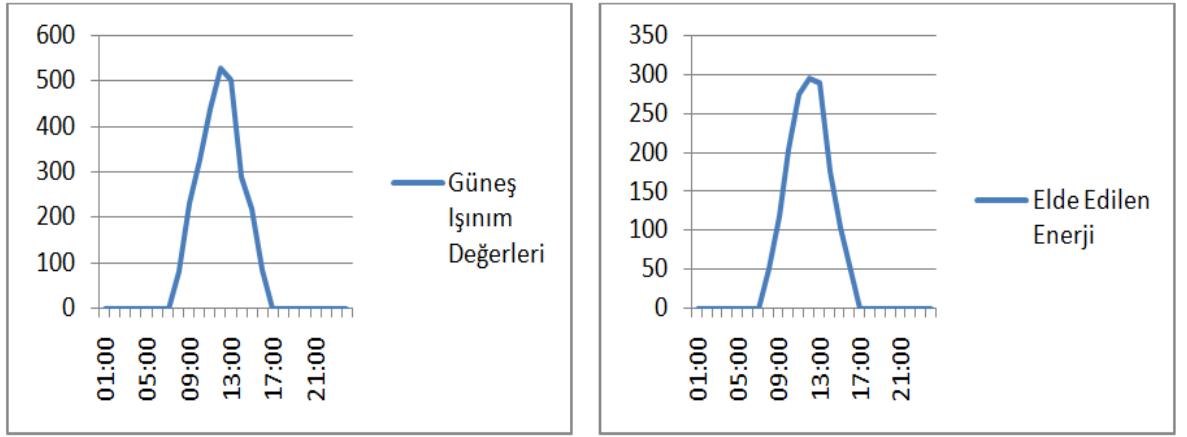


Şekil 4.24. 2009 - 2013 yılları arası 15 Ekim günü için ortalama güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen ortalama enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi

Çizelge 4. 23. 2009 - 2013 yılları arası 15 Kasım günü için ortalama değerler ile yapılan hesaplamalar

	Saat	Güneş Işınımı (W/m^2)	Dış Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	Debi (m^3/s)	Elde Edilen Enerji (kW)
2009-2013 yılları arası 15 Kasım günü için ortalama değerler	08:00	81	9,6	0,116	52,026
	09:00	231	11,4	0,263	117,955
	10:00	327	12,5	0,453	203,170
	11:00	437	13,8	0,613	274,930
	12:00	527	14,8	0,657	294,664
	13:00	503	15,2	0,643	288,385
	14:00	289	15,2	0,394	176,709
	15:00	219	14,7	0,233	104,500
	16:00	86	14,0	0,124	55,164

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi, tasarladığımız sistemden 2009 - 2013 yılları arası 15 Kasım günü için ortalama değerleri kullanarak elde ettiğimiz enerji miktarı saat 08:00 'da en düşük değerde iken saat 12:00 'da en yüksek değere çıkmıştır. Bu durum; saatlik güneş ışınım değerleriyle alakalıdır. Gün içerisinde elde edilen maksimum enerji 294,664 kW, minimum enerji ise 52,026 kW'dır.

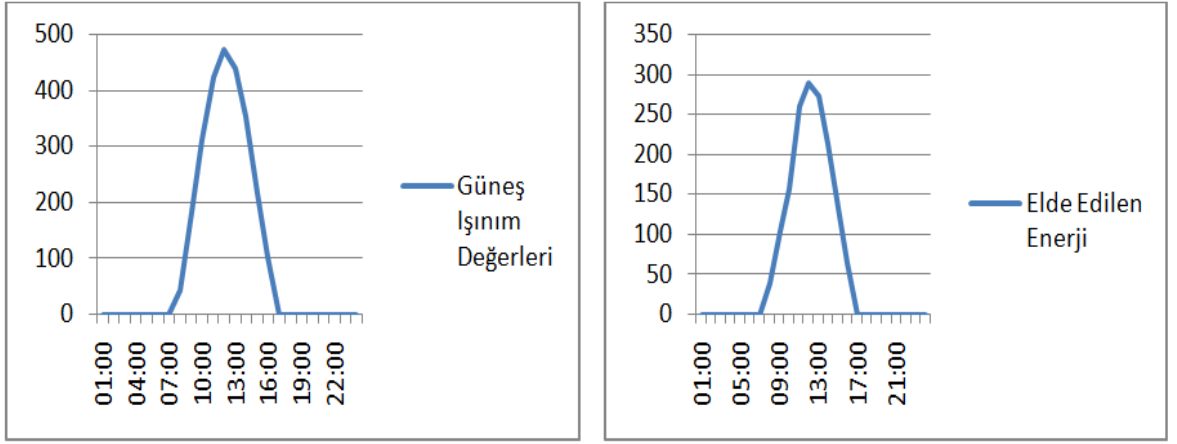


Şekil 4.25. 2009 - 2013 yılları arası 15 Kasım günü için ortalama güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen ortalama enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi

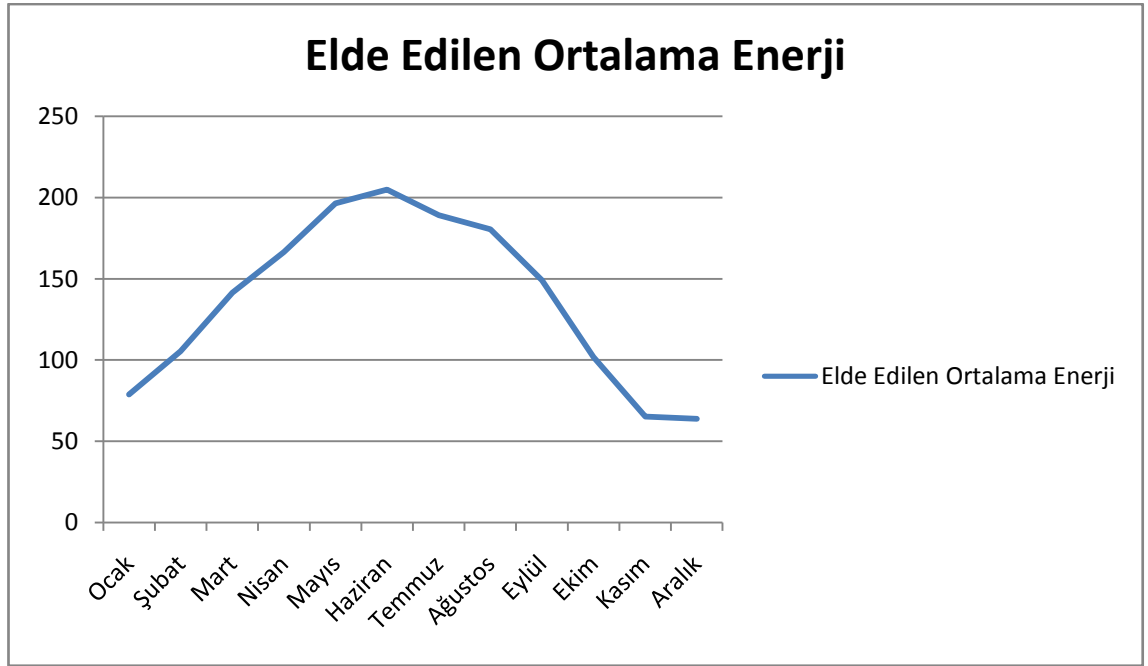
Çizelge 4. 24. 2009 - 2013 yılları arası 15 Aralık günü için ortalama değerler ile yapılan hesaplamalar

	Saat	Güneş Işınımı (W/m^2)	Dış Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	Debi (m^3/s)	Elde Edilen Enerji (kW)
2009-2013 yılları arası 15 Aralık günü için ortalama değerler	08:00	45	-1,6	0,087	39,019
	09:00	183	0,6	0,233	104,500
	10:00	311	2,6	0,350	156,975
	11:00	422	4,8	0,577	258,784
	12:00	472	6,6	0,643	288,385
	13:00	438	7,6	0,606	271,791
	14:00	353	8,6	0,475	213,037
	15:00	216	8,9	0,299	134,101
	16:00	103	8,2	0,146	65,481

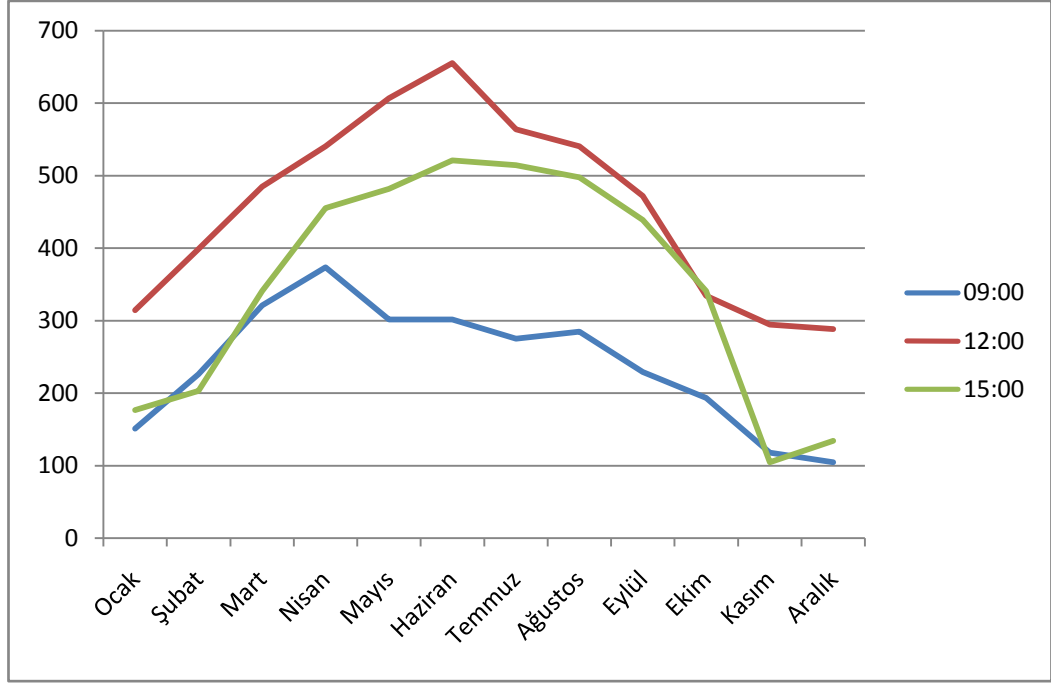
Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi, tasarladığımız sistemden 2009 - 2013 yılları arası 15 Aralık günü için ortalama değerleri kullanarak elde ettiğimiz enerji miktarı saat 08:00 'da en düşük değerde iken saat 12:00 'da en yüksek değere çıkmıştır. Bu durum; saatlik güneş ışınım değerleriyle alakalıdır. Gün içerisinde elde edilen maksimum enerji 288,385 kW, minimum enerji ise 39,019 kW'dır.



Şekil 4.26. 2009 - 2013 yılları arası 15 Aralık günü için ortalama güneş ışınım değerlerinin (W/m^2) ve elde edilen ortalama enerji değerlerinin (kW) saatlik gösterimi



Şekil 4.27. Tasarlanan sistemden 2009 - 2013 yılları arası aylara göre elde edilen ortalama enerji değerleri (kW)



Şekil 4.28. Tasarlanan sistemden 2009 - 2013 yılları arası aylara göre elde edilen ortalama enerji değerlerinin saat 9:00, 12:00 ve 15:00 için karşılaştırılması (kW)

Çizelge 4. 25. 2009 - 2013 yılları arası ortalama değerler ile yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilebilecek aylık toplam enerji değerleri

Aylar	Elde Edilen Günlük Toplam Kollektör Enerjisi (kW)	Gün Sayısı	Elde Edilen Aylık Toplam Kollektör Enerjisi (kW)	Elde Edilen Aylık Toplam Elektrik Enerjisi (kW)
Ocak	1 892,220	31	58 658,820	21 703,763
Şubat	2 528,641	28	70 801,948	26 196,720
Mart	3 396,937	31	105 305,047	38 962,867
Nisan	3 993,440	30	119 803,200	44 327,184
Mayıs	4 713,438	31	146 116,578	54 063,133
Haziran	4 916,904	30	147 507,120	54 577,634
Temmuz	4 537,470	31	140 661,570	52 044,780
Ağustos	4 329,815	31	134 224,265	49 662,978
Eylül	3 580,373	30	107 411,190	39 742,140
Ekim	2 442,179	31	75 707,579	28 011,804
Kasım	1 567,503	30	47 025,090	17 399,283
Aralık	1 532,073	31	47 494,263	17 572,877
Yıllık Toplam Enerji			1 200 716,670	444 265,167

Bursa ilinde elektriğin birim fiyatı 0,26 TL'dir. Yukarıdaki tabloda tasarlanan sistemden bir sene boyunca elde edilecek enerji miktarları detaylı olarak gösterilmiştir. Elde edilen yıllık toplam elektrik enerjisi değerini elektriğin birim fiyatıyla çarparak, tasarlanan sistemden elde edilebilecek senelik maddi kazanç hesaplanabilir.

$$0,26 * 444\ 265,167 = 115\ 508,943\ \text{TL}$$

5. SONUÇ

Yapılan analiz sonuçlarından elde edilen verilere göre tasarlanan sistemden maksimum enerji elde edilen aylar; mayıs, haziran ve temmuzdur. 2009-2013 yıllarının ortalama değerleriyle yapılan hesaplamalar sonucunda; tasarlanan sistemden elde edilen enerjinin saatlik ortalama değeri mayıs ayında 196,393 kW, haziran ayında 204,871 kW, temmuz ayında ise 189,061 kW'dır. Yaz aylarında sistemden elde edilebilecek enerji değerlerinin yüksek olmasının sebebi, güneş ışınlarının yaz aylarında dünyaya geliş açısının dik olmasıdır.

2013 yılı verileriyle yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen değerlerde ise; tasarlanan sistemden elde edilen enerjinin saatlik ortalaması mayıs ayında 206,04 kW, haziran ayında 201,938 kW, temmuz ayında 188,177 kW'dır. Yapılan hesaplamalar sonucunda, aradaki 5 yıl içerisinde çok fazla farklılık olmadığını tespit edilmiştir.

Tasarlanan sistemden elde edilen minimum enerji alınan aylar ise; kasım, aralık ve ocaktır. 2009-2013 yıllarının ortalama değerleriyle yapılan hesaplamalar sonucunda; tasarlanan sistemden elde edilen enerjinin saatlik ortalama değeri kasım ayında 65,312 kW, aralık ayında 63,836 kW, ocak ayında ise 78,842 kW'dır. Elde edilen enerji değerlerinin yaz aylarına nazaran bu kadar düşük olmasının sebebi; yağışlı ve kapalı havalarda güneş ışınlarının dünyaya gelişlerini engelleme durumudur.

2013 yılı verileriyle yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen değerlerde ise; tasarlanan sistemden elde edilen enerjinin saatlik ortalaması kasım ayında 57,734 kW, 62,688 kW, ocak ayında ise 88,092 kW'dır. Yapılan hesaplamalar sonucunda, aradaki 5 yıl içerisinde çok fazla farklılık olmadığını tespit edilmiştir.

2009-2013 yıllarının ortalama değerleriyle yapılan hesaplamalar sonucunda; tasarlanan sistemden elde edilen enerji saat 09:00'da 230,341 kW, saat 12:00'de 450,174 kW, saat 15:00'te 350,801 kW'dır. 2013 yılı verileriyle yapılan hesaplamalar sonucunda ise; saat 09:00'da elde edilen enerji değeri 243,347 kW, saat 12:00'de 446,316 kW, saat 15'te 338,821 kW'dır. Elde edilen enerji sabah güneşin doğmasıyla en düşük değerlerde olup, oğlen vaktinde maksimal düzeye çıkmakta ve akşama doğru geri azalarak sıfırlanmaktadır.

Tasarlanan sistemden 2009-2013 yılları arasındaki ortalama verilerle yapılan hesaplamalar sonucunda; en yüksek gelirin 14 190,184 TL ile Haziran ayında, en düşük gelirin ise 4 523,813 TL ile Kasım ayında elde edildiği görülmüştür. Sistemden elde edilen yıllık toplam gelirin ise 115 508,943 TL olduğu hesaplanmıştır.

Bundan Sonraki çalışmalara neriler

- Parabolik kollektörün tasarımında kullanılan malzeme seçimi değiştirilip; daha optimum koşulların gerçekleştirilmesi sağlanabilir.
- Hazırlanan bu tezde sadece kollektör modellenmiştir. Bunun yerine bütün sistem tek tek modellenebilir. Böylece daha hassas sonuçlara ulaşılabilir.
- Enerji depolama sistemleri araştırılıp, sisteme uyarlanabilir.

KAYNAKLAR

Anonim, 2003. Overview on use of a Molten Salt HTF in a Trough Solar Field, NREL Parabolic Trough Thermal Energy Storage Workshop, February 20-21.

Anonim, 2009. REN21 Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2009, Renewables Global Status Report. <http://www.ren21.net/globalstatusreport/g2009.asp>. (Erişim tarihi : 06.06.2014)

Anonim, 2009. Energy Technology Essentials, 2009, Electric Power Monthly, May 2009. <http://tonto.eia.doe.gov/ftproot/electricity/epm/02260905.pdf>. (Erişim tarihi: 15.07.2014)

Anonim, 2010. Yoğunlaştırıcı Güneş Enerjisi Sistemleri. <http://www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/yogunlastirici.pdf>- (Erişim tarihi: 12.05.2014)

Anonim, 2012. BP Statistical Review of World Energy full report 2012. British Petroleum, London, UK.

Anonim, 2014. Flabeg firmasının parabolik tipli güneş kolektörleri için hazırlanmış olduğu katalog. <http://www.flabeg.com/en/flabeg/flabeg.html>. (Erişim tarihi: 12.03.2014)

Anonim, 2014. Schott firmasının ürettiği cam tüpler için hazırlanmış katalog. <http://www.schott.com/csp/english/index.html?so=turkey&lang=turkish>. (Erişim tarihi: 18.03.2014)

Anonim, 2014. Elektrik İşleri Etüt İdaresi, Yenilenebilir Enerji Kaynakları. http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx. (Erişim tarihi: 14.09.2014)

Anonim, 2014. Elektrik İşleri Etüt İdaresi, Güneş Enerjisi. <http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/gunes.html>. (Erişim tarihi: 10.09.2014)

Bhowmik N.C., Mathur S.S., Kandpal T.C. 1985. Thermal Performance of Linear Solar Collector with Tubular Absorber, Energy Conversion and Management. 25: 419-421.

Bhowmik N.C., Kandpal T.C. 1988. Performance of an Intermittently Tracked Cylindrical Parabolic Trough, Energy Conversion and Management. 28: 39-46.

Başkök M. 2004. Güneş Enerjisi ve Kullanıldığı Alanlar. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.

Cope A. W. G., Tully N. 1982. Simple Tracking Strategies for Solar Concentrations, Solar Energy. 25: 361-365.

Çolak L. 2003. Güneşi Takip Eden Parabolik Oluk Tipi Güneş Kolektörlerinin Matematiksel Modellemesi, Tasarımı ve Teknik Optimizasyonu. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Bölümü, Ankara.

Çengel Y., Boles M. 2008. Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik. Güven Kitapevi, İzmir, 352-354.

Duffie J. A., Beckman W. A. 2006. Solar Engineering of Thermal Processes. John Wiley & Sons, Inc., Third Edition.

Delikanlı K., Yabuz Z. 2011. Güneş Bacası Prototipinde Verimliliği Arttırıcı Yöntemlerin Araştırılması. CBÜ Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi, Manisa, 1:15.

Edenburn M. W. 1976. Performance Analysis of a Cylindrical Parabolic Focusing Collector and Comparison with Experimental Results, Solar Energy. 18: 437-444.

Ecevit A., Goshtaspour M. 1985. Güneş Enerjisinde Yoğunlaştırıcı Toplaç. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, Temel Bilimler Araştırma Grubu, Ankara.

Espana D. M., Rodriguez L. 1987. Approximate Steady-State Modelling of Solar Through Collectors, Solar Energy. 38: 447-454.

Fernandes-Garcia A., Zarza E., Valenzuela L., Perez M. 2010. Parabolic-Trough Solar Collectors and Their Applications, Renewable and Sustainable Energy Reviews. 912: 1-27.

Gaul H., Rabl A. 1979. Incidence Angle Modifier and Average Optical Efficiency of Parabolic Trough Collectors, Solar Energy. 22: 1-9.

Gee R. 1980. Line Focus Sun Tracer. Sect. of Int. Solar Energy, New York, Usa, 501-504.

Genç A. 1998. Güneşi Tek Eksende Takip Eden Parabolik Oluk Tipi Güneş Yoğunlaştırıcının Performans Deneyleri. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.

Garcia-Valladares O., Valezquez N. 2009. Numerical Simulation of Parabolic Trough Solar Collector, Improvement Using Counter Flow Concentric Circular Heat Exchangers, International Journal of Heat and Mass Transfer. 52: 597-609.

Hassan K., Refaie M.F. 1973. Theoretical Performance of Cylindrical Parabolic Solar Concentrators, Solar Energy. 15: 219-244.

Heiti R.V., Thados G. 1983. An Experimental Parabolic Cylindrical Concentrator, Construction and thermal Performance, Solar Energy. 30: 484-485.

Hession P.J., Boonwick W.J. 1984. Experience with a sun tracker system, Solar Energy. 32: 3-11.

Hamad, F.A.W. 1998. The Performance of a Cylindrical Parabolic Solar Concentrator, Energy Conversion and Management. 28: 251-256.

- Haifeng X., Zhenyan L. 2003.** Performance of Solar Cooling Tube With Non-Tracking Concentrator, Science Pres. 24: 750-757.
- Jeter M. S. 1983.** Geometrical Effects on the Performance of Through Collectors, Solar Energy. 30: 109-113.
- Karaduman A. 1989.** Parabolik Güneş Kolektörü Sisteminin Tasarımı ve Yapımı. Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- Kalogirou S., Lloyd S., Ward J. 1997.** Modelling, Optimisation and Performance Evaluation of a Parabolic Trough Solar Collector Steam Generation System, Solar Energy. 60: 49-59.
- Kalogirou A. 2004.** Solar thermal collectors and applications, progress in energy and combustion science. 30: 231-295.
- Kartal Y. 2007.** Parabolik Yansıtıcı Yüzeyle Yoğunlaştırıcı Güneş Kolektörü Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- Livatyalı H. 2011.** Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjileri Teknolojileri. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, Marmara Araştırma Merkezi Enerji Enstitüsü, Ankara.
- Livatyalı H., Yıldırım T. 2012.** Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi Teknolojisindeki Gelişmeler. Mühendis ve Makina. 633:16-20.
- Öz E., Özbaş E., DüNDAR R. 2002.** Vakum Tüplü Güneşli Su Isıtma Sistemi İle Standart Düz Kolektörlü Güneşli Su Isıtma Sistemlerinin Performans Ve Verimlerinin Deneysel Olarak Karşılaştırılması. VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 991-999.
- Öztürk H. 2012.** Güneş Enerjisi ve Uygulamaları. Birsen Yayınevi, İstanbul, 120-126.
- Prapas D. E., Norton B., Probert S. D. 1987.** Optics of Parabolic Trough Solar Energy Collectors, Possessing Small Concentration Ratios, Solar Energy. 39: 541-550.
- Pereira M.C., Gordon M.J., Rabl A., Winston R. 1991.** High Concentration Two Stage Optics for Parabolic Through Solar Collectors with Tubular Absorber and Large Rim Angle, Solar Energy. 47: 457-466.
- Pinazo J. M., Canada J., Arago F. 1992.** Analysis of the Incidence Angle of the Beam Radiation on CPC, Solar Energy. 49: 175-179.
- Pamir N. 2003.** Dünyada ve Türkiye’de Enerji, Türkiye’nin Enerji Kaynakları ve Enerji Politikaları. Metalürji Dergisi. 134: 3-15.
- Rabl A., Bendt P., Gaul H.W. 1982.** Optimization of Parabolic Through Solar Collectors, Solar energy. 29: 407-417.
- Sertkaya M. R. 2003.** Güneş Enerjisi ve Teknolojileri. Gazi Üniversitesi, Ankara, 7-12.

Sen Z. 2004. Türkiye'nin Temiz Enerji İmkanları. Mimar ve Mühendis Dergisi. 33: 6-12.

Sökmen M., Erdallı Y. 2012. Güneş Havuzları. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, Marmara Araştırma Merkezi Enerji Enstitüsü, Ankara.

Şanlı G. 2010. Parabolik Oluk Tipi Güneş Kolektörlerinin Teorik Olarak İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.

Tatara R. A., Thodos G., Lee Y.N. 1991. Performans of Any Array of Compound Parabolic Concentrators With Plain Tubular Receivers, Renewable Energy. 1: 21-26.

Tunç G. 2011. Birleşik Parabolik Güneş Toplaçlarının Geometrik Özelliklerinin Analitik Çözümü. Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.

Usta H. 1995. Güneş Enerjisi ile Çalışan Soğurmalı Soğutma Sistemlerinin Tasarımlarının Geliştirilmesi ve İmalı. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.

Ültanır M. Ö. 1998. 21.Yüzyıla Girerken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi. Lebib Yalkım Yayınları ve Basım İşleri A.Ş, İstanbul. Yayın No: TÜSİAD-T/98-12/239, ISBN:975-7249-59-9.

Varınca K. B., Gönüllü M. 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, 21-23.

Yeşilata B. 1990. Güneş Hareketini İzleyen Parabolik Yoğunlaştırıcı Tip Güneş Kolektörlerinin Tasarımı, Dizayını ve Isıl Veriminin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Elazığ.

Yiğit A., Atmaca İ. 2010. Güneş Enerjisi. Alfa Aktüel Yayınevi, Bursa, 42-48.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Haydar İzzettin Kepekçi
Doğum Yeri ve Tarihi : İstanbul, 1989
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Özel Başarılı Lisesi, 2006
Lisans : Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Makina Mühendisliği, 2011
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği, 2014

Çalıştığı Kurum / Kurumlar ve Yıl : -
İletişim (e-posta) : haydar893@gmail.com
Yayımları : -