

T.C
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FRESNEL AYNALI GÜNEŞ ODAKLAYICI VE TOPLAYICILARININ
ISPARTA İLİ ŞARTLARINDA UYGULANABİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI

İhsan DOSTUÇOK

Danışman: Doç. Dr. Reşat SELBAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA – 2012

TEZ ONAYI

İhsan DOSTUÇOK tarafından hazırlanan “**Fresnel Aynalı Güneş Odaklayıcı ve Toplayıcılarının Isparta İli Şartlarında Uygulanabilirliğinin Araştırılması**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Süleyman Demirel Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman :

Doç. Dr. Reşat SELBAŞ

Süleyman Demirel Üniversitesi

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri :

Prof. Dr. Ali Kemal YAKUT

Süleyman Demirel Üniversitesi

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÜÇGÜL

Süleyman Demirel Üniversitesi

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Prof. Dr. Mehmet Cengiz KAYACAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	i
TEŞEKKÜR	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	10
2. KAYNAK ÖZETLERİ	11
2.1. Doğrusal Fresnel Sistemin Tarihçesi	11
2.2. Doğrusal Fresnel Sistemin Çalışma Prensibi.....	15
3. GÜNEŞ ENERJİSİ	16
3.1. Güneş Enerjisinin Avantajları.....	16
3.2. Güneş Enerjisinin Dezavantajları	18
3.3. Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları.....	18
3.4. Güneş Enerjisiyle İlgili Temel Kavramlar ve Bağlılıklar	20
3.4.1. Güneşin yapısı.....	20
3.4.2. Dünyaya ulaşan güneş enerjisi.....	21
3.4.3. Güneş açıları	21
3.4.4. Güneş ışıınımı	23
3.4.5. Güneş takip sistemleri ve sınıflandırılması	24
3.5. Türkiye’de Güneş Enerjisi ve Uygulama Potansiyeli	25
3.6. Isparta’da Güneş Enerjisi ve Uygulama Potansiyeli.....	28
4. GÜNEŞ GÜÇ SİSTEMLERİ	29
4.1. Dolaylı Elektrik Üreten Sistemler.....	30
4.1.1. Yoğunlaştırıcı sistemler ile elektrik üretimi	30
4.1.1.1. Parabolik oluk kollektörler (doğrusal yoğunlaştırıcılar)	36
4.1.1.2. Parabolik çanak kollektörler (noktasal yoğunlaştırıcılar).....	36
4.1.1.3. Güneş kulesi sistemleri (merkez alıcılı)	38
4.1.1.4. Doğrusal Fresnel Kollektörler (düzlemsel yoğunlaştırıcılar)	39
4.2. Direk Elektrik Üreten Sistemler	40
4.2.1. Güneş pilleri (fotovoltaik piller)	40
5. MATERYAL VE YÖNTEM	45
5.1. Projede Kullanılan Makine ve Ekipmanlar	45

5.1.1. Soğuk su girişi.....	46
5.1.2. Sıcak su çıkışı	46
5.1.3. Soğuk su girişi sıcaklık ölçer	46
5.1.4. Sıcak su çıkışı sıcaklık ölçer	47
5.1.5. Soğuk su girişi debi ölçer	47
5.1.6. Soğuk su girişi ve sıcak su çıkışı	47
5.1.7. Rüzgar hızı ölçer	48
5.1.8. Güneş ışıınımı radyasyon ölçer	49
5.1.9. Nem-sıcaklık ölçer	50
5.1.10. Yoğunlaştırıcı oluğu veya yalağı	50
5.1.11. Yoğunlaştırıcı.....	51
5.1.12. Kontrol panosu	51
5.1.13. Deney seti iskeleti	59
5.1.14. Elektrik motorları ve koruma sacı.....	59
5.1.15. Aynalar	60
5.1.16. Zincir, dişli sistemi ve koruyucular.....	60
5.1.17. Miller	61
5.1.18. Yataklı rulman.....	61
5.1.19. Algılayıcı	62
5.1.20. Tekerlekler	62
6. ARAŞTIRMA BULGULARI	63
6.1. Doğrusal Fresnel Güneş Güç Sistemi	63
6.2. Doğrusal Fresnel Kolektör Dizaynı	64
6.3. Ayna Hesapları	66
6.4. Absorber (Alıcı) Hesapları	68
6.5. Ayna Takip Sistemi Hesapları	69
6.6. Yoğunlaştırma Oranı	70
6.7. Yapılan Ölçümler, Grafikler ve Termodinamik Analizler	70
7. TARTIŞMA VE SONUÇ	82
8. KAYNAKLAR	85
ÖZGEÇMİŞ	88

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FRESNEL AYNALI GÜNEŞ ODAKLAYICI VE TOPLAYICILARININ ISPARTA İLİ ŞARTLARINDA UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

İhsan DOSTUÇOK

**Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Reşat SELBAŞ

Güneş enerjisinden yararlanılarak enerji üretimi yapan sistemler teknolojik alanda, enerji darboğazı sonrasında yoğun şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Ülkemizde güneş enerjisinden basit gün ısı teknolojisi dışında, başka bir teknolojiye yararlanılmamaktadır. Oysaki güneş enerjisinden daha yüksek sıcaklık aralıklarında çalışabilen çizgisel ve noktasal toplayıcı sistemlerle daha yüksek entalpili ve yüksek verimli olarak güneş enerjisini, termal enerjiye dönüştürebilen sistemler mevcuttur. Bu sistemlerden özellikle doğrusal odaklamalı birleşik parabolik güneş toplayıcıları ve silindirik parabolik yatak tipi toplayıcıları kullanılmaktadır. Ancak bunların iki eksenle takibinde yaşanan zorluklar, karmaşık konstrüksiyon ve pahalı kontrol sistemlerine haiz olmalarından dolayı, daha basit, daha etkin, daha yüksek verimli ve hatta daha ucuza mal olacak doğrusal fresnel solar çizgisel odaklamalı sistemler ülkemiz için uygun teknolojilere ve ekonomik çözümler ortaya koyacaktır. Bu çalışmada Akdeniz iklimi güneş kuşağında bulunan Isparta ili iklim şartlarına uygun doğrusal fresnel güneş toplayıcılarının, termik analizleri yapıp, deneysel olarak araştırılması yapılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Entalpi, termal enerji, Doğrusal Fresnel solar çizgisel odaklamalı sistem, termik analiz

2012, 88 sayfa

ABSTRACT

M.Sc.Thesis

THE INVESTIGATION OF USAGE LINEAR FRESNEL CONCENTRATING AND COLLECTING IN ISPARTA

İhsan DOSTUÇOK

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Energy Systems Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Reşat SELBAŞ

The systems that produce energy by benefiting from solar energy have intensively been started to be used in technological area after energy shortage. In our country there is no usage about solar energy technology apart from day light heating. However there are some systems that turn solar energy into the thermal energy, which work with higher enthalpy and more productive with linear and pointal collecting in higher level of heating. It has been used especially linear focusing compound parabolic daylight collecting and cylindrical parabolic type of Groove collecting from these systems. However the difficulties with the following of these with rotaries, because of having complex construction and expensive control systems, fresnel solar linear concentrating systems, which are simpler, more effective, more productive and cheaper can present suitable Technologies and economical solutions for our country. In this work linear fresnel solar collectors that are suitable for the climate conditions of Isparta that is placed in Mediterranean climate solar region, will be analyzed thermically and searched experimentally.

Keywords: Enthalpy, thermal energy, parabolic solar collector, Linear Fresnell reflection solar system, thermal analysis

2012, 88 pages

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmam boyunca beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Doç. Dr. Reşat SELBAŞ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarına katkıda bulunan Prof. Dr. Ali Kemal YAKUT, Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÜÇGÜL, Yrd. Doç. Dr. Ramazan ŞENOL, Öğr. Gör. Sefer KUTLU, Teknik Öğretmen Bünyamin BOZ, Teknik Öğretmen Abdulkadir ÇIRAK, Fatih YILMAZ, Salih LAKA ve YEKARUM'a teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

2121-YL-10 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan ve desteklerini esirgemeyen aileme, eşim Sonay'a sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

İhsan DOSTUÇOK
ISPARTA, 2012

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Doğrusal fresnel kollektör çalışma prensibi	15
Şekil 3.1. Güneş ışınımının dağılımı	21
Şekil 3.2. Güneş açıları	22
Şekil 3.3. Türkiye'nin aylara göre ortalama ışınım değerleri - güneşlenme süreleri	26
Şekil 3.4. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası	27
Şekil 3.5. Isparta güneş enerjisi haritası	28
Şekil 3.6. Isparta'nın aylara göre ortalama ışınım değerleri ve güneşlenme süreleri	28
Şekil 4.1. Güneş enerjisinin yoğunlaştırılması	30
Şekil 4.2. Doğrusal yoğunlaştırıcı kollektör	32
Şekil 4.3. Parabolik oluk elektrik santrallerinde elektrik verimi	34
Şekil 4.3. Parabolik oluk elektrik santrallerinde elektrik verimi	34
Şekil 4.4. Parabolik oluk güneş santralinin blok şeması	35
Şekil 4.5. Parabolik çanak kollektörler	36
Şekil 4.6. 1816 yılında imal edilen ilk stirling motoru	38
Şekil 4.7. Merkezi alıcılı güneş ısı elektrik santrali	38
Şekil 4.8. Doğrusal fresnel kollektör	39
Şekil 4.9. Güneş pili	41
Şekil 4.10. Fotovoltaik model	41
Şekil 4.11. Güneş pili ile akünün şarj edilmesi	44
Şekil 5.1. Deney setinin görünüşü	45
Şekil 5.2. Soğuk su girişi sıcaklık ölçeri	46
Şekil 5.3. Rüzgar hızı ölçer	48
Şekil 5.4. Rüzgar hızı sensörü	49
Şekil 5.5. Nem-sıcaklık ölçeri	50
Şekil 5.6. Yoğunlaştırıcı oluğu veya yalağı	50
Şekil 5.7. Yoğunlaştırıcı	51
Şekil 5.8. Kontrol panosu	51
Şekil 5.9. Simülasyon devresi	54
Şekil 5.10. Baskı devre şeması	55
Şekil 5.11. Baskı devre eleman yerleşimi ve yolları	56

Şekil 5.12. Baskı devre alt yolları üstten görünüş ares	57
Şekil 5.13. LDR bağlantı şeması	58
Şekil 5.14. Deney seti iskeleti	59
Şekil 5.15. Elektrik motorları ve koruma sacı.....	59
Şekil 5.16. Aynalar	60
Şekil 5.17. Zincir, dişli sistemi ve koruyucular.....	60
Şekil 5.18. Miller	61
Şekil 5.19. Yataklı rulman.....	61
Şekil 5.20. Algılayıcı	62
Şekil 5.21. Tekerlek	62
Şekil 6.1. Doğrusal Fresnel kollektör	63
Şekil 6.2. Doğrusal Fresnel kollektör dizaynı	65
Şekil 6.3. Güneş geliş açısı.....	66
Şekil 6.4. Absorber (alıcı) genişliği.....	68
Şekil 6.5. Absorber (alıcı)	69
Şekil 6.6. Ayna kontrol mekanizması	69
Şekil 6.7. Ağustos ayı için ayna yerleşimleri.....	70
Şekil 6.8. Deney setinin yandan görünüşü	71
Şekil 6.9. Ağustos ayı için saatlik ortalama ayna açıları analizi	72
Şekil 6.10 Ağustos ayı için saatlik ortalama ışıınım değerleri analizi	73
Şekil 6.11. Ağustos ayı için saatlik ortalama aynalara gelen toplam ışıınım analizi ..	74
Şekil 6.12. Ağustos ayı için saatlik ortalama ışıınım, enerji ve verim analizi	75
Şekil 6.13. Ağustos ayı için saatlik ortalama kollektör ısı verim analizi.....	76
Şekil 6.14. Ağustos ayı için saatlik ortalama verim analizi	77
Şekil 6.15. Ağustos ayı için saatlik ve günlük ortalama verimin analizi.....	78
Şekil 6.16. Ağustos ayı için saatlik alınan tüm değerlerin analizi.....	79
Şekil 6.17. Ağustos ayı için saatlik ortalama giriş suyu ve çıkış suyunun analizi	80

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Yıllara göre güneş enerjisi üretimi	20
Çizelge 3.2. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli	25
Çizelge 3.3. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı	27
Çizelge 6.1. Ağustos ayı için saatlik ortalama ayna açıları.....	72
Çizelge 6.2. Ağustos ayı için saatlik ortalama ışıınım değerleri	73
Çizelge 6.3. Ağustos ayı için saatlik ortalama alıcıya gelen toplam ışıınım değerleri	74
Çizelge 6.4. Ağustos ayı için saatlik ortalama ışıınım, enerji ve verim değerleri.....	75
Çizelge 6.5. Ağustos ayı için saatlik ortalama kollektör ısı verim değerleri	76
Çizelge 6.6. Ağustos ayı için saatlik ortalama verim değerleri.....	77
Çizelge 6.7. Ağustos ayı için saatlik ve günlük ortalama verimin değerleri.....	78
Çizelge 6.8. Ağustos ayı için saatlik ortalama alınan tüm değerler	79
Çizelge 6.9. Ağustos ayı için saatlik ortalama giriş suyu ve çıkış suyunun değerlendirilmesi	80
Çizelge 6.10. 23.08.2011 tarihinde bir saatte dört dakikada bir alınan tüm değerler	81

SİMGELER DİZİNİ

PTC	: Silindirik parabolik oluk kollektör (Parabolic Through Collector)
LFRC	: Doğrusal fresnel kollektör (Doğrusal Fresnel Collector)
CLFR	:Kompakt doğrusal fresnel reflektör (Compact Linear Frensel Reflektör)
TEP	:Ton eşdeğer petrol
SEGS	:Güneş enerjisi üretimi sistemleri (Solar Energy Generating Systems)
DC	:Doğru akım
AC	:Alternatif akım
DK	: Güneş deklinasyon açısı
GS	: Güneş saati
GSA	: Güneş saat açısı
GY	: Güneş yükseklik açısı
GZ	: Güneş zenit açısı
AZM	: Güneş azimut açısı
GU	: Gün uzunluğu
SS	: Standart saat
S_n	: Aynalar arası uzaklık
Q_n	: Aynanın alıcıya olan uzaklığı
θ_n	: Ayna açısı
$2\xi_o$	: Güneş geliş açısı
ξ_o	: Güneş geliş yarı açısı
n	: Ayna sayısı
k	: Alıcının tek tarafındaki ayna sayısı
f	: Alıcı (absorber) yüksekliği
W	: Ayna genişliği
GGA	: Doğu-batı doğrultusundaki güneş geliş açısı
BA	: Büyük açı
KA	: Küçük açı
CR	: Yoğunlaştırma oranı
Cl	: Her ayna için yoğunlaştırma oranı
R_n	: Yoğunlaştırma oranı katsayıları toplamı
r_c	: Yoğunlaştırma oranı katsayısı
r_r	: Yoğunlaştırma oranı katsayısı
r_l	: Yoğunlaştırma oranı katsayısı
ρ	: Yansıtma oranı

1. GİRİŞ

Uzay çağının yaşandığı günümüzde, tüm dünyada insanların yaşamını sürdürebilmesi için enerji vazgeçilmez bir ihtiyaç olarak ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle enerji sistemlerinin araştırılması ve verimli enerjinin nasıl elde edileceği konusu ayrı bir önem kazanmaktadır.

Dünyada enerji ihtiyaçları genellikle petrol, doğalgaz, kömür, linyit gibi fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Ancak fosil yakıtların ömrü her geçen gün azalmaktadır. Bu duruma paralel olarak enerji fiyatları da gün geçtikçe yükselmektedir. Tüm dünya ülkeleri enerjiye daha ucuza ulaşabilmek için fosil yakıtların yerini almaya aday olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedir. Bunun için yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi her geçen gün daha da artmaktadır.

Bilindiği üzere dünyanın her bölgesinde farklı yenilenebilir enerji kaynaklarına rastlamak mümkündür. Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları konusunda oldukça zengin bir ülkedir. Özellikle güneş, rüzgar ve jeotermal enerji gibi doğal enerji kaynaklarının bol miktarda bulunması ve bu kaynaklardan elektrik enerjisinin aktif bir şekilde üretilebiliyor olması yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların son dönemlerde artmasına sebep olmaktadır. Güneş enerjisi potansiyeli oldukça yüksek olan birçok bölgeye sahip olan Türkiye’de enerji çalışmaları ağırlıklı olarak güneş enerjisi alanında yoğunlaşmaktadır. Aynı zamanda yapılan çalışmalar teşviklerle desteklendiği için girişimciler bu alana yönelmiş ve gerçekleştirilen projelerle yeni teknolojilerin ortaya çıkması sağlanmaktadır. Ayrıca güneş enerjisi sistemlerinin tercih edilmesinin diğer bir sebebi de ilk etapta yatırım maliyeti sonrası çok büyük bir mali yük getirmemesidir. Ayrıca güneş enerjisi sistemlerinin çevre dostu olma özelliği de bu alana yoğunlaşılması için büyük bir etkidir.

Ülkemizde bulunan güneş enerjisi potansiyeli doğrudan kullanılabileceği gibi, parabolik çanak tipi, parabolik oluk tipi, güneş kulesi, güneş bacası ve Doğrusal Fresnel gibi yoğunlaştırıcı sistemler içeren teknolojilerle dolaylı olarak da

kullanılabilmektedir. Doğrusal Fresnel sistemler ısı enerji üretimi sağlamakta, üretilen ısı enerji ise buhar ve gaz santralleri ile elektrığe çevrilebilmektedir. Bu sistemi diğeri sistemlerden ayıran en önemli özellik diğeri sistemlere göre metre kare başına düşen maliyetin daha düşük olmasıdır. Doğrusal Fresnel aynalı toplayıcıları dünyada güneş enerjisi alanında tercih edilen başlıca sistemlerdendir. Ancak ülkemizde henüz çok bilinen ve uygulanan yaygın bir sistem değildir. Buna rağmen Türkiye'nin başta Akdeniz ve Ege bölgesi olmak üzere birçok yerinde kullanılabilecek ve başarılı olunabilecek bir sistemdir. Bu nedenle çalışmada Akdeniz iklimi güneş kuşağında bulunan Isparta ili iklim şartlarına uygun doğrusal fresnel güneş toplayıcılarının, termik analizleri yapılarak, deneysel olarak araştırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Doğrusal Fresnel Sistemin Tarihçesi

Mills ve arkadaşları; Compact Linear Frensel Reflektör (CLFR) kurulumundan ilk bilimsel sonuçları elde etmişlerdir. CLFR'nin ilk aşaması Liddell Güç İstasyonu'nda güneş enerjisini çizgisel odaklayarak Haziran 2004'te tamamlamış ve ilk performans sonuçlarını elde etmişlerdir. Güneş enerjisi düzeneği ile direkt buhar eldesi başarılmış ve optiksel performans, teknik özelliklerle karşılaşmıştır (Mills et al., 2004).

Z'Graggen'e göre; Karbonlu maddelerin gazlaştırılması uygun bir ekonomik enerji üretiminde ara adım olarak amaçlanır. Geliştirilen reaktör konsantre güneş radyasyonuna doğrudan maruz kalan ve ham madde partikülleri sınırlanmış eğimli bir alıcı ile buhar yüklü sürekli bir vorteks akış özelliğindedir. Bu kurulum yüksek sıcaklıklarda yüksek derecede endotermik proses için reaksiyon taraflarına ışınlama ısı transferi sağlar. 5 kW prototip bir reaktör üç farklı ham madde ile yüksek ısı akılı bir güneş fırınında test ederek aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- 1500 – 1800 K aralığındaki sıcaklıklarda 1 s'lik zamanının tek bir geçişinde buharla kuru kok kömürü tozunu besleyerek %87 oranında kok kömürüne dönüştürüldü. Güneş – kimyasal enerji dönüşümü verimi %59'dur.
- Kok %87 oranında dönüşüncüye kadar su – kok çamuru enjekte edildi. Enerji dönüşüm verimi %5 civarındadır.

Sonuç olarak buharla birlikte sıvılaştırmış vakum tortusu eşmerkezli olarak beslenmiş %50 oranında kok dönüşümü sağlanmıştır ve enerji dönüşüm verimi %2'dir. Son olarak kullanılan iki ham maddenin veriminin düşük olması kok çamur üretiminde kullanılan aşırı sudan ya da optimal olmayan vakum tortusu enjeksiyonu sonucu partikül çökmesinden kaynaklanmaktadır. Temelde partiküllerin çoğu doğrudan gelen yüksek akıllı güneş radyasyonuna maruz kaldığı için tüp şekilli boşlukların genelde çalışılan fiçili şekilli boşluklardan daha ideal olduğu görülmüştür (Z'Graggen, 2008).

Kennedy ve arkadaşları Güneş Yansıtıcılarının Optik dayanımları konusunda çalışmışlardır. Güneş Güç Teknolojileri (CSP) büyük aynaları, gün ışığını toplayıp termal enerjiye çevirerek elektrik üretmek için kullanılır. CSP sisteminin devamlılığı, açık hava şartlarında geliştirilmiş ileri düzey, düşük maliyetli reflektör kullanımı ile sağlanır. Güneş reflektör materyallerinin dayanıklılık testi, açık hava testlerinde ve laboratuvar ortamındaki özel odalarda hazırlanır. Güneş reflektör materyalleri için test sonuçları; gümüş kaplı polimer aynaları, ön yüzey aynaları, alüminyum kaplı reflektörleri kalın cam sağlamlığı ve ince cam optiksel sağlamlığını kapsar. (Kennedy et al., 2004).

Haberle ve arkadaşlarının çalışmış olduğu konu; Solarmunda Çizgi Odaklama Fresnel Toplayıcılarda Optik ve Termal Performans ve Maliyet Hesaplarıdır. Belçikalı Solarmunda Şirketi fresnel toplayıcı kavramıyla ilgilenmiş ve fresnel toplayıcıların, CSP sistemi yaratmakta daha etkili olduğunu savunmuştur. Solarmunda, Leige, Belçika'da 2500 m² prototip çalıştırmıştır. Sayısal akış dinamik benzetmeleri ve grafik tekniği kullanılarak hesaplanan Solarmunda toplayıcısının optiksel ve termal özelliklerini bu çalışma sunmuştur (Haberle et al., 2002).

O'Neill ve arkadaşlarının ilgilendikleri konu; Dördüncü Kuşak Toplayıcı Sistemleri'dir. Dördüncü kuşak yeni toplayıcı modülü için çalışmalar geliştirirken, üretim teknolojisindeki gelişmeleri Mayıs 1993'te tamamlanmıştır. 250 kW'dan fazla güç çıktısına eşit 600 üzerinde yeni tip modül halen üretilmektedir. Bu modüllerin çoğu Texas'ta ki iki büyük elektrik şirketi tarafından güç fabrikalarında uygulanmaktadır (O'Neill et al., 1994).

Linear Fresnel CSP teknolojisi Fransız mühendis Augustin-Jean Fresnel tarafından küçük düz optik yüzeylerin bir örneği kullanılarak optik sistemin bir türünden türetilmiştir. Ayna olarak, düz ya da hafif eğimli optik yüzeyler uzun paralel hatlar şeklinde sıralanmıştır ve Linear Fresnel toplayıcıya sahip bir yüzeye ya da alıcıya uzun bir hedef içerisine doğrudan güneş ışığını yansıtmak için yerleştirilmiştir. Sydney üniversitesi uygulamalı fizik departmanı üyelerinden Mills linear Fresnel CSP'nin gelişiminde öncülerden biridir. Mills Avustralya'da bir kömür yakma güç istasyonu yakınlarına 1MW'lık bir termal buhar jeneratörü inşa ettirmiştir. Bu teknoloji ile Ausra firmasına dahil olmuştur. Bu firmanın vizyonu, basit ve açık bir şekilde çöl alanını aynalar ile kaplamaktadır. Bu aynalar buhar üreten alıcılara doğru güneş ışığını iletir ve yüksek sıcaklıkta ısı konsantre şekilde depolanır. Sonuç olarak bu ısı buhar türbinlerini hareket ettirir (Mills et al., 2007).

Platzer'in yaptığı çalışmaya göre; 2050'de küresel enerji taleplerinin yarısı yenilenebilir enerji kaynaklarıyla tanışabileceği öngörülmektedir. Bu da solar enerjiye yönelik oluşumların kanıtıdır. Geleneksel solar termal güç istasyonları gün ışığının aynalarla emici borulara odaklanmasıyla oluşur. Borularda akan yağ solar sıcaklıkla ısıtılır ve türbin ve jeneratörlerle sıcaklık değişimi sağlanarak elektrik üretilir. Fresnel sistemlere özgü düz aynalar sıra olarak ve güneşi takip etme durumuyla kontrol edilir. Solar radyasyon alanı üzerinde kurulan yüksek seçici tabaka ana emici borularla odaklandırılır. Bu sistemde kullanılan parçaların maliyeti ucuzdur ve standart maddelerdir. Bu sayede fresnel kullanımı büyük alanlara yayılır (Platzer, 2010).

Mills ve arkadaşları Hunter Vadisi'nde bir kompakt Linear Fresnel Reflektör solar termal fabrika için proje önerisi sunmuşlardır. Liddell, 2003/2004'te kömür güç istasyonu yakınında 25MWe CLFR projesi oluşturmak için bir öneride bulunmuştur. Solar düzen direkt buhar meydana getirme sistemine dönüşecektir. Ön ısıtma yapılarak ısıtılan su, yeniden ısıtılarak istasyona gönderilir. Bu, yaklaşık minimum maliyet ile sağlanır. Bu proje ticari solar termal enerji için düşük risk, düşük maliyet sunar (Mills et al., 2004).

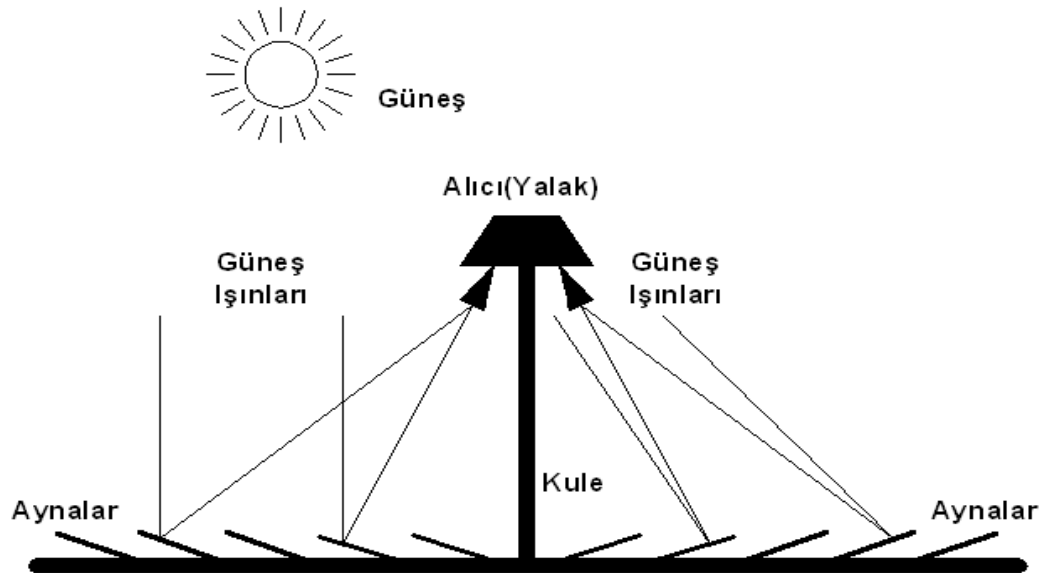
Burbidge ve arkadaşları Stanwell solar termal güç projesi konusunda çalışmışlardır. Bu çalışma Avustralya Greenhouse Office projesinin bir parçası olarak Queensland eyaleti Stanwell Güç İstasyonunda (CLFR) konusunun geliştirilmesini tanımlar. CLFR sistemi iki alternatif alıcıya yöneltilerek yansıyan solar radyasyon alternatifi elde etmek için tek ayna sırası için yeterince yakın olan kuleler üzerinde yükselen birkaç paralel çizgisel alıcıya dayandırılır. Zemin kapsamı arttırılırken değişen ayna eğilim örnekleri gölgelendirilerek ve engellenerek ya da tamamen çıkarılarak kurulabilir. Alıcı yükseklikleri ve büyük ayna sıra aralıklarından kaçınma maliyet için önemli bir konudur. CLFR, klasik fresnel reflektör sisteminin yararlarını yansıtıcı ebatlarda, düşük yapı maliyetiyle, sabitlenmiş alıcı pozisyonuyla ve silindirik olmayan geometrileriyle açıklar (Burbidge et al., 2006).

PYE ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışma CLFR olarak adlandırılan Sydney Üniversitesi ve Güney Wales Üniversitesi çalışmaları altında gerçekleştirilen solar termal enerji sistemiyle alakalıdır. Bir prototipi Avustralya Wales Hunter vadisinde Liddell Güç İstasyonunda yapılmıştır. Bu sistem aynalar üzerinde yaklaşık sekiz metre yükseklikte yerleştirilen emici alana ışığı odaklamak için bir seri paralel ayna kullanılır. Emici alan gerçekte içinden su geçen boru serisinden başka bir şey değildir. Bundan dolayı bu sistem suyun hızlı pompalanmasına bağlı olarak sıcak su ya da buhar üretir. Bu sıcaklık güç istasyonunun son ısıtıcısına önceden ısıtılan besleme suyu şeklinde aktarılır, böylelikle kullanılan kömür tüketimi önceden ısıtılan su sayesinde azalır (PYE, et al., 2006).

Fresnel tipi güneş kolektörleriyle yapılan çalışmalar 1970’lerde başlamasına rağmen çok büyük bir atılım gerçekleşmemiştir. Son yıllarda bu konu daha da önem kazanmıştır. Yapılan çalışmalar yukarıdaki literatürlerde verilmiştir. Ancak bu yayınlar yetersiz olduğu gibi, ülkemizde yapılan çalışmalar ise birkaç adedi geçmemektedir. Bu çalışma ile ülkemizde fresnel tip kolektörlerin yaygın olarak kullanılabileceği belirlenecek ve orta sıcaklık uygulamalarında en ucuz, en kolay ve en güvenilir olduğunun kanıtlanması amacıyla gerçekleştirilecektir. Ayrıca ülkemizdeki literatür eksikliği de giderilmeye çalışılacaktır.

2.2. Doğrusal Fresnel Sistemin Çalışma Prensibi

Doğrusal Fresnel Güç sistemleri arka arkaya sıralanan düzlemsel aynalardan oluşmaktadır. Güneş ışınları aynalar üzerine düşerek, aynaların üzerinde ve belli bir yükseklikte olan yalak içersine odaklanması prensibi ile çalışmaktadır. Böylece yalak içinde bulunan akışkanın ısıtılması sağlanarak bu ısının boruya oradan da boru içerisinden geçirilen akışkana aktarılması sağlanmış olur. Bu sistemle yüksek sıcaklıklara ulaşmak mümkündür. Üretilen buhar istenilirse direk olarak kullanılabilir. Ayrıca buhar türbini ile elektrik enerjisine de dönüştürülebilir (Mills et al., 2006).



Şekil 2.1. Doğrusal Fresnel kollektör çalışma prensibi (Mathur et al., 1990)

3. GÜNEŞ ENERJİSİ

Türkiye güneş kuşağı adı verilen $36^0 - 42^0$ kuzey enlemleri arasında yer almakta ve güneş enerjisi bakımından orta zenginlikte bir ülke durumundadır. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir. Çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ısıma enerjisi, güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesinden kaynaklanır. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti, 1367 W/m^2 değerindedir, ancak yeryüzünde $0-1100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasında değişim gösterir. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır (EİE, 2011; kimyamuhendisi, 2011).

Güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresinin yüksek olmasına karşılık düşük ve orta sıcaklık uygulamalarında sınırlı sayıda kullanılmaktadır. Sanayinin toplam enerji ihtiyacının karşılanmasında güneş enerjisinden yalnızca % 0,1 oranında faydalanılmaktadır. Ülkemizde güneş enerjisi uygulamaları ağırlıklı olarak, güneş toplayıcıları vasıtasıyla düşük sıcaklıkta sıcak su ve sıcak hava üretimi ile sınırlı kalmıştır. Güneş enerjisi uygulamaları; sıcak su üretimi, bitkisel ürünlerin soğutulması ve kurutulması, pişirilmesi, deniz suyunun damıtılması, elektrik üretimi, hacim ısıtılması ve soğutulması, sulama suyunun pompalanması, endüstriyel işlem ısısı üretme, fotokimyasal ve fotosentetik çevrimlerin gerçekleştirilmesi olarak sıralanabilir (kimyamuhendisi, 2011).

3.1. Güneş Enerjisinin Avantajları

- Bol ve tükenmeyen enerji kaynağıdır.
- Yenilenebilir ve sürekli.
- Temiz enerji türüdür, doğaldır, çevreye ve sağlığa zararsızdır.
- Çevreye dosttur, doğaya zarar vermez.

- Su kirliliğine yol açmaz.
- Sessiz, kokusuz, dumansız enerji sağlar.
- Kapasite artırımı kolay ve basittir.
- Deprem vb. afet durumlarında kesintisiz elektrik sağlar.
- Askeri ve güvenlik uygulamalarına müsaittir.
- Hibrid / melez uygulamalara müsaittir.
- Doğabilecek ekonomik bunalımlardan etkilenmez.
- Mahalli uygulamalara son derece elverişlidir.
- Dışa bağımlı değildir, bağımsızdır, özgürlüktür.
- Karmaşık teknolojiye ihtiyaç duyulmamaktadır.
- Kolaylıkla uygulanabilir.
- Modüler yapıdadır, kapasite arttırılabilir, nakil edilebilir.
- İşletme ömrü çok uzundur, ilave maliyet gerektirmez.
- İşletme ve bakım masrafları çok çok azdır.
- Gaz, duman, kükürt veya radyasyon gibi zararlı artıkları yoktur.
- Fiyat artışı, zam, maliyet değişkenliği söz konusu değildir.
- Yeni iş alanları, sektörler gelişir.
- Sektörel bazda bölgesel merkez olunabilir, teknoloji ihraç edilebilir.
- Dahili ve harici pazarlar oluşur.
- Merkezi ve bölgesel istihdam sağlar.
- Diğer enerji kaynakları gibi azalmaz, hatta her geçen gün artmaktadır.
- Güneş enerjisi tükenmeyen bir enerji kaynağıdır.
- Güneş enerjisi, arı bir enerji türüdür.
- Gaz, duman, toz, karbon veya kükürt gibi zararlı maddeleri yoktur.
- Güneş, tüm dünya ülkelerinin yararlanabileceği bir enerji kaynağıdır. Bu sayede ülkelerin enerji açısından bağımlılıkları ortadan kalkacaktır.
- Güneş enerjisinin bir diğer özelliği, hiçbir ulaştırma harcaması olmaksızın her yerde sağlanabilmesidir.
- Güneşi az veya çok gören yerlerde biraz verim farkı olmakla birlikte, dağların tepelerinde vadiler ya da ovalarda da bu enerjiden yararlanmak mümkündür.

- Güneş enerjisi doğabilecek her türlü bunalımın etkisi dışındadır. Örneğin, ulaşım şebekelerinde yapacakları bir değişiklik bu enerji tümünü etkilemeyecektir.

Güneş enerjisi hiçbir karmaşık teknoloji gerektirmemektedir. Hemen hemen bütün ülkeler, yerel sanayi kuruluşları sayesinde bu enerjiden kolaylıkla yararlanabilirler (Akkaya, 2007; EİE, 2011; solar-bazaar, 2011).

3.2. Güneş Enerjisinin Dezavantajları

- Güneş enerjisinin yoğunluğu azdır ve sürekli değildir. İstenilen anda istenilen yoğunlukta bulunamayabilir.
- Güneş enerjisinden yararlanmak için yapılması gereken düzeneklerin yatırım giderleri bugünkü teknolojik aşamada yüksektir.
- Güneşten gelen enerji miktarı bizim isteğimize bağlı değildir ve kontrol edilemez.
- Birçok kullanım alanının, enerji arzı ile talebi arasındaki zaman farkı ile karşılaşmaktadır.
- Güneş enerjisinden elde edilen ısıtım talebinin yoğun olduğu zamanlarda kullanılmak üzere depolanmasını gerektirir. Enerji depolaması ise birçok sorun yaratmaktadır (Akkaya, 2007; EİE, 2011).

3.3. Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları

Güneş enerjisinin depolanabilmesi ve diğer enerji çeşitlerine dönüşebilmesi ısı, mekanik, kimyasal ve elektrik yöntemlerle olur.

Isı depolama veya çevrimde, özgül ısı kapasitesi yüksek kolay bulunur ucuz maddeler kullanılır. Su, yağ, çakıl taşı yatakları bunlar arasındadır. Mekanik depolamada güneşle çalıştırılan bir pompa ya da kompresör tarafından basılan yüksek basınçlı akışkan, uygun bir ortamda toplanır. Kimyasal depolamada hidrat tuzlarından yararlanılır. Elektrik depolamada ise enerji depolaması bataryalarla (akü) yapılır.

Güneş enerjisi bu çevrimlerle ya da doğrudan olarak kullanım suyu ısıtılması, yüzme havuzu ısıtılması; kaynatma ve pişirme; bitkisel ürünlerin kurutulması, su damıtılması, yapıların ısıtılması ve soğutulması (iklimlendirilmesi); soğutma, toplam enerji sistemleri ile ısı ve elektriğin birlikte üretilmesi; sulama suyu pompalanması endüstriyel işlem ısısı üretilmesi, elektrik üretilmesi ve fotokimyasal ve fotosentetik çevrimlerin gerçekleştirilmesi amacıyla kullanılır. Bu çevrimlerle;

- Güneş Enerjisinden Doğrudan Isı Enerjisi,
- Güneş Enerjisinden Doğrudan Elektrik Enerjisi,
- Güneş Enerjisinden Hidrojen Enerjisi elde etmek mümkündür (EİE, 2011).

Isıl güneş teknolojileri; düşük sıcaklık, orta sıcaklık ve yüksek sıcaklık olmak üzere üç grupta incelenir.

Düşük sıcaklık (70°C) uygulamalarının en belirgin örneği düzlemsel güneş kolektörleridir. Orta sıcaklık (350–400°C) uygulamasına parabolik oluk kolektörler, yüksek sıcaklığa ise, parabolik çanak (800 °C) ve merkezi alıcılar (565 °C) örnek olarak gösterilebilir.

Türkiye'nin Akdeniz ve Ege Bölgelerinde daha yaygın kullanılmakta olan düzlemsel güneş kolektörleri, en çok evlerde, turistik tesislerde su ısıtma amacıyla, yüzme havuzlarına ve sanayi tesislerine sıcak su sağlanmasında kullanılmaktadır.

Dünya genelinde kurulu bulunan düzlemsel güneş kolektörü alanı 100 milyon m², nin üzerindedir. En fazla güneş kolektörü bulunan ülkeler arasında ABD, Japonya, Türkiye, Avustralya, İsrail ve Yunanistan yer almaktadır.

Halen Türkiye'de Kurulu olan güneş kolektörü alanı yaklaşık 12 milyon m² olup, yıllık üretim hacmi 750 bin m² dir. Güneş enerjisinden ısı enerjisi yıllık üretimi 420 bin TEP (Ton Eşdeğer Petrol) civarındadır. Bu haliyle Türkiye dünyada kayda değer bir güneş kolektörü üreticisi ve kullanıcısı durumundadır (EİE, 2011).

Güneş kolektörlerinin ürettiği ısı enerjinin birincil enerji tüketimimize katkısı yıllara göre aşağıda yer almaktadır.

Çizelge 3.1. Yıllara göre güneş enerjisi üretimi (EİE, 2011)

Yıl	Güneş Enerjisi Üretimi (bin TEP)
1998	210
1999	236
2000	262
2001	290
2004	375
2007	420

3.4. Güneş Enerjisiyle İlgili Temel Kavramlar ve Bağlılıklar

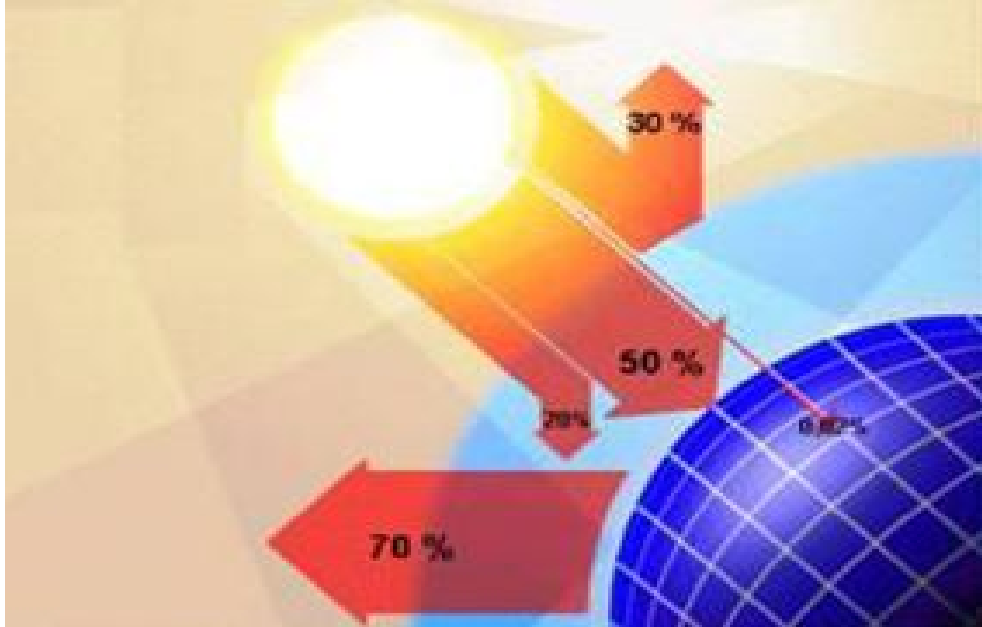
3.4.1. Güneşin yapısı

Güneş, 1.39×10^9 m çapında yoğun sıcak gazlar içeren bir küredir ve dünyadan 1.5×10^{11} m uzaklıktadır. Yüzey sıcaklığı 5770°K 'dir. Bu sıcaklık merkeze doğru 4×10^6 ile $8 \times 10^6^\circ\text{K}$ arasında değişim gösterir. Sudan 100 kez daha yoğundur. Güneşten gelen radyon enerji çeşidi füzyon reaksiyonlara uğramaktadır. Güneşteki yüksek sıcaklıktan dolayı elektronlar atom çekirdeklerine ayrılır. Bu sebeple, güneşte serbest elektron ve atom çekirdekleri bulunur. Dört hidrojen çekirdeği birleşerek, bir helyum çekirdeğini oluşturur. Füzyon adı verilen bu reaksiyon çok yüksek sıcaklıkta oluşur. Güneşte oluşan helyum miktarı, harcanan hidrojen miktarından daha azdır. Aradaki fark güneş ışıınımı ile oluşan enerjiyi verir. Bu enerji çeşitli dalga boylarında ışıınlar halinde dünyaya ulaşır. Güneşten dünyaya ışıınlar 32° açı ile gelir (Kılıç ve Öztürk, 1983; Şenol, 2005).

3.4.2. Dünyaya ulaşan güneş enerjisi

Dünya, güneş etrafında eliptik bir yörünge hareketi yaptığı için Güneşe uzaklığı bir yıl boyunca 147 milyon km ile 152 milyon km arasında değişir. Güneş ışınları bu mesafeyi dört dakikada almaktadır.

Dünyaya güneşten bir yılda yaklaşık olarak 173 milyar MW enerji gelmektedir. Bu enerji miktarı dünyadaki toplam fosil enerji kaynaklarının 160 katına karşılık gelmektedir. Fakat gelen bu enerjinin tamamı yeryüzünde kullanılmamaktadır. Yaklaşık olarak gelen enerjinin %30'luk bir kısmı yansıyarak uzaya geri dönmekte, %20'lik bir kısmı ise atmosfer tarafından soğurulmaktadır. Geri kalan %50'lik kısmı yeryüzünde soğurulmakta ve bu şekilde dünya döngüsünün devamlılığını sağlamaktadır. Bu enerji ile Dünya'nın sıcaklığı yükselir ve yeryüzünde yaşam mümkün olur. Rüzgar hareketlerine ve okyanus dalgalanmalarına da bu ısınma neden olur. Şekil 3.1'de güneş ışınımının yüzde olarak dağılımları görülmektedir. (Oktik vd., 2005; Sayın, 2006; Hoşaf, 2008).

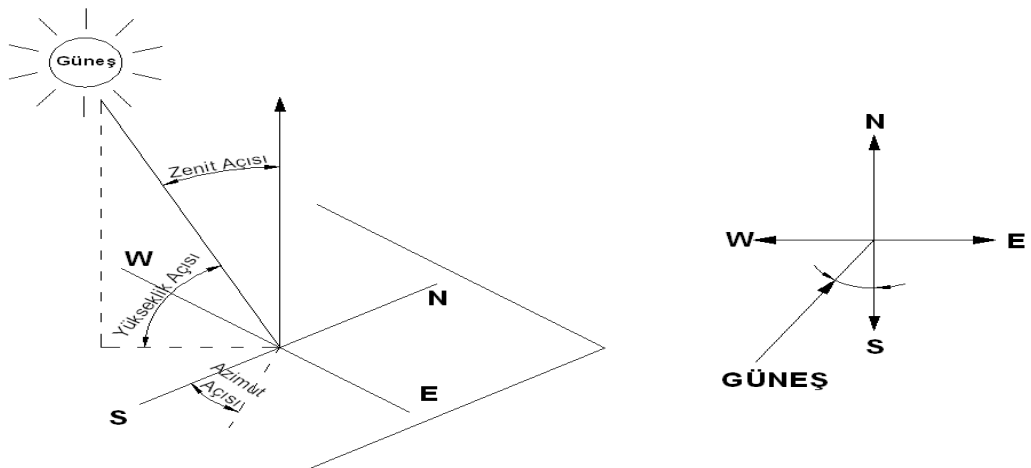


Şekil 3.1. Güneş ışınımının dağılımı (EİE, 2003)

Yer yüzeyine gelen güneş ışıınının %1'den azı bitkiler tarafından fotosentez olayında kullanılır. Bitkiler, fotosentez sırasında güneş ışığıyla birlikte karbondioksit ve su kullanarak, oksijen ve şeker üretirler. Fotosentez, yeryüzünde bitkisel yaşamın kaynağıdır. Dünya'ya gelen bütün güneş ışıını, sonunda ısıya dönüşür ve uzaya geri verilir.

Dünya-Güneş uzaklığı değıştiğı için dünya atmosferinin dışında güneş ışıınlarına dik her cm^2 'ye güneşten bir dakikada gelen enerji miktarı 1,94 kalori ile 2,06 kalori arasında değışir. Yıllık ortalama değeri iki kaloriye çok yakındır. Atmosfer tabakasının dış yüzeyine güneş, güneş ışıınına dik olacak biçimde düşünölen 1 metre karelik bir alana bir saniyede gelen güneş ışıını miktarına “ Güneş Sabiti ” denir. Yapılan değışik çalışmalar sonunda bunun $1,36 \text{ kW/m}^2$ olduğı anlaşılmıştır. Bu durumda, atmosfer etkilerini dikkate almazsak, tüm dünya yüzeyine günde yaklaşık 4×10^{21} kalorilik güneş enerjisi gelmesi beklenir. Bu enerji, yaklaşık 2×10^{14} kW'lık bir enerjidir. Bu enerjiyi tüm Dünya yüzeyine yayarsak, Dünya üzerindeki birim alana atmosfer olmaması halinde bir günde gelecek ortalama güneş enerjisi bulunur ki bu değeri cm^2 başına günde 720 kaloridir (Hoşaf, 2008).

3.4.3. Güneş açıları



Şekil 3.2. Güneş açıları

Güneş'in konumu Yükseklik Açısı ve Azimut açıları ile belirlenir. Bu açılar Şekil 3.2'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Güneş açıları aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

Yükseklik Açısı (α_s): Güneş ışıını ile yatay arasındaki açıdır. Tanımlamaya göre $\alpha_s = 90 - \Theta_z$ olur.

Güneş Azimut Açısı (γ_s): Güneş ışıınlarının kuzeye göre, saat dönüş yönünde, sapmasını gösteren açıdır.

Yüzey Azimut Açısı (γ): Yüzeyin dikeyinin, yerel boylama göre, sapmasını gösteren açıdır. Güneye bakan yüzeyler için $\gamma=0^\circ$ olur. Doğuya yönelen yüzeyde artı değer alır. Batıya yönelen yüzeyde eksi değer alır.

Deklinasyon Açısı (δ): Saat 12'de güneş ışıını ile ekvator düzlemi arasındaki açıdır.

Geliş Açısı (Θ): Yüzeyin normali ile güneş ışıını arasındaki açıdır.

Zenit Açısı (Θ_Z): Işın ile yatay yüzeyin dikeyi arasında kalan açıdır. Yapılan tanımlamaya göre $\Theta_Z = 90 - \alpha_s$ olur.

Enlem Açısı (ϕ): Kuzey yarım kürede artı değerini alır.

Saat Açısı (ω): Saat 12'de $\omega = 0^\circ$ olur. Bir saat 15° boylama eşittir. Öğleden önce açı artı değer alır. Öğleden sonra açı eksi değer alır.

Eğim Açısı (β): Yüzey ile yatay arasındaki açıdır. Ekvatora yönelen yüzey için artı değer alır (Deris, 1979).

3.4.4. Güneş ışıını

Atmosfer dışında güneş ışıınlarına dik birim alana bütün dalga boylarında bir anda gelen güneş ışıınıının değeri dünya-güneş mesafesi değıştiğinden sabit değildir. Bunun için ortalama dünya-güneş uzaklığındaki güneş ışıınıı değerin kullanılması hesaplamalarda kolaylık sağlar. Bu değere “güneş sabiti” denir. Bu değeri son yıllarda yapılan ölçümler ve hesaplamalar sonucunda % 1 hata ile 1367 W/m^2 olarak kabul edilmiştir (Hoşaf, 2008).

3.4.5. Güneş takip sistemleri ve sınıflandırılması

Güneş takip sistemleri takip eksenine ve kontrol mekanizmasına göre iki kısma ayrılmaktadır. Takip eksenine göre yapılan sınıflandırma tek eksen ve çift eksen kontrolü şeklindedir. Kontrol mekanizmasına göre yapılan sınıflandırma ise yerçekimini kullanan çözümler, açık döngü (openloop) sistemler ve kapalı döngü (closedloop) sistemler olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

Güneş enerjisinden faydalanmak için geliştirilen sistemler, güneşin radyasyonundan yararlanırlar. Adi bir camdan geçen direk radyasyon yoluyla elde edilecek ısı, onun dünya üzerindeki yerine (enlem itibariyle), hangi yöne dönük olduğuna, günün hangi saatinde ve yılın hangi gününde bulunduğuna bağlıdır.

Güneş açısından yararlanmak için geliştirilen sistemlere direk radyasyondan faydalanma miktarının maksimum olması için geliş açısının minimum hatta 0° olması gerekir. Panelin bulunduğu yere göre aynı geliş açısını elde etmek için farklı eğim açıları (β) gerekecektir. Dünyanın $23,5^\circ$ eğik eksen ve güneş açısının 0° olmasını temin edebilmek için, eğim açısının yer ve mevsimler itibariyle değiştirilmesi gerekir. Bunun için kuzey – güney yönünde yani aşağı yukarı hareket ile tek eksen takip edilmesi gerekir.

Ayrıca güneşin her gün doğudan batıya doğru olan hareketinin geliş açısına olan etkisini ortadan kaldırmak için panel ve bu doğrultudaki açısının da günün saatleri itibariyle değiştirilmesi gerekir. Sabit, yatay bir düzleme gelen enerji sabah ve akşam dolaylarında en az, öğle saatlerinde ise en fazla olmaktadır. Geliş açısının minimum olabilmesi için güneşin doğu - batı istikametindeki hareketinin de takip edilmesi gerekir.

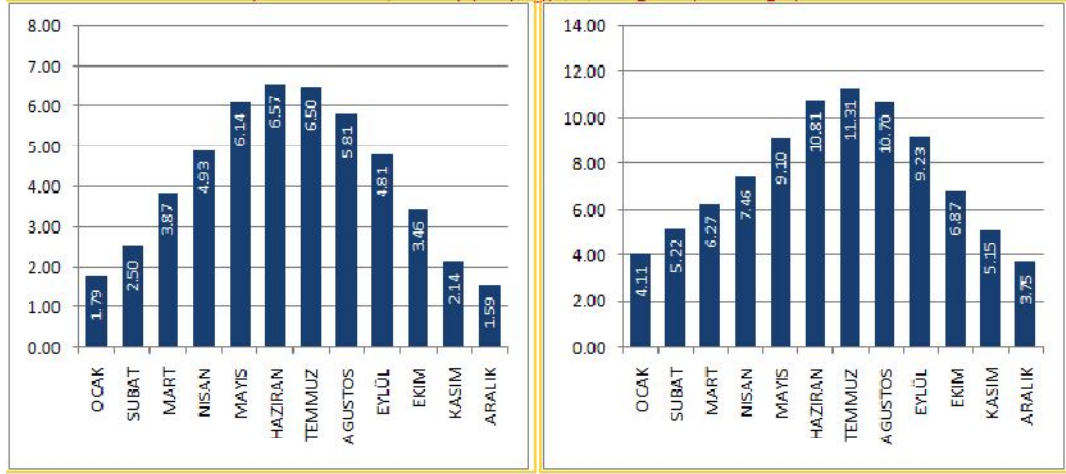
Güneş Takip Sistemleri (Solar Tracking Systems) bu açılardan birinin veya her ikisini birden değiştirmek suretiyle, güneş ışınının panel üzerine tam dik olarak gelmesini sağlamak için geliştirilmiştir. Güneş'in iki eksenle hareket ile izlendiği sistemlerde geliş açısı 90° olmaktadır (Deris, 1979).

3.5. Türkiye’de Güneş Enerjisi ve Uygulama Potansiyeli

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) mevcut bulunan 1966–1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışıınım şiddeti verilerinden yararlanarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışıınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Aylara göre Türkiye güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri ise Çizelge 3.2.'de verilmiştir (EİE, 2011).

Çizelge 3.2. Türkiye’nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli (EİE, 2011)

AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (Kcal/cm ² -ay) (kWh/m ² -ay)		GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/ay)
OCAK	4,45	51,75	103,0
ŞUBAT	5,44	63,27	115,0
MART	8,31	96,65	165,0
NİSAN	10,51	122,23	197,0
MAYIS	13,23	153,86	273,0
HAZİRAN	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
EKİM	7,73	89,90	214,0
KASIM	5,23	60,82	150,0
ARALIK	4,03	46,87	103,0
TOPLAM	112,74	1311	26,40
ORTALAMA	308,0 Kcal/cm ² -gün	3,6 kWh/m ² -gün	7,2 saat/gün



Şekil 3.3. Türkiye'nin aylara göre ortalama ışınım değerleri (Kwh/m²-gün) (solda) ve güneşlenme süreleri (sağda) (EİE, 2003)

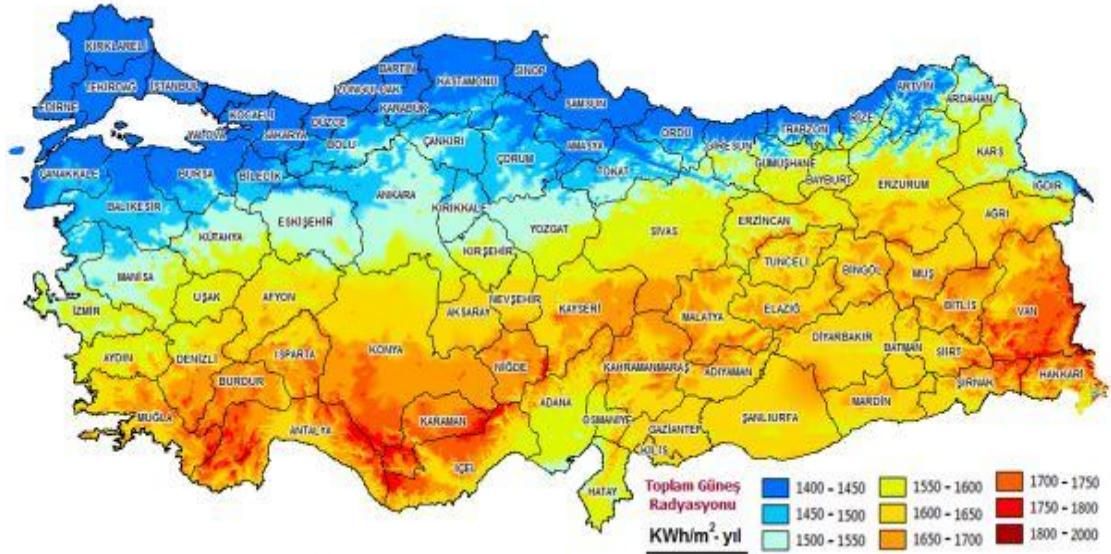
Türkiye'nin yıllık güneşlenme süresi ortalama olarak 2640 saattir. Maksimum güneşlenme 362 saat ile Temmuz ayında, minimum güneşlenme süresi ise 98 saat ile aralık ayında görülmüştür.

Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güney Doğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir. Güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi değerlerinin bölgelere göre dağılımı da Çizelge 3.3' te verilmiştir. Ancak, bu değerlerin, Türkiye'nin gerçek potansiyelinden daha az olduğu, daha sonra yapılan çalışmalar ile anlaşılmıştır. 1992 yılından bu yana EİE ve DMİ, güneş enerjisi değerlerinin daha sağlıklı olarak ölçülmesi amacıyla güneş enerjisi ölçümleri almaktadırlar.

Devam etmekte olan ölçüm çalışmalarının sonucunda, Türkiye güneş enerjisi potansiyelinin eski değerlerden %20–25 daha fazla çıkması beklenmektedir. EİE'nin ölçüm yaptığı sekiz istasyondan alınan yeni ölçümler ve DMİ verileri yardımı ile 57 ile ait güneş enerjisi ve güneşlenme süreleri değerleri hesaplanarak bir kitapçık halinde basılmıştır (EİE, 2011).

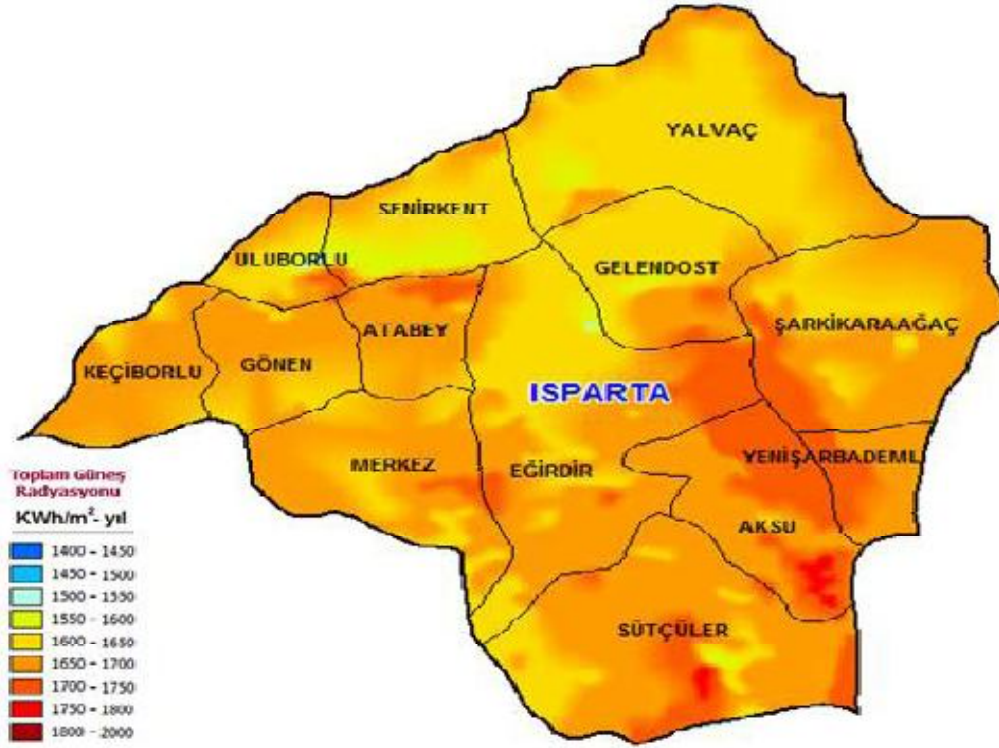
Çizelge 3.3. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı (EİE, 2011)

BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ KWh/m ² -yıl	GÜNEŞLENME SÜRESİ Saat/yıl
G.DOĞU ANADOLU	1460	2993
AKDENİZ	1390	2956
DOĞU ANADOLU	1365	2664
İÇ ANADOLU	1314	2628
EGE	1304	2738
MARMARA	1168	2409
KARADENİZ	1120	1971

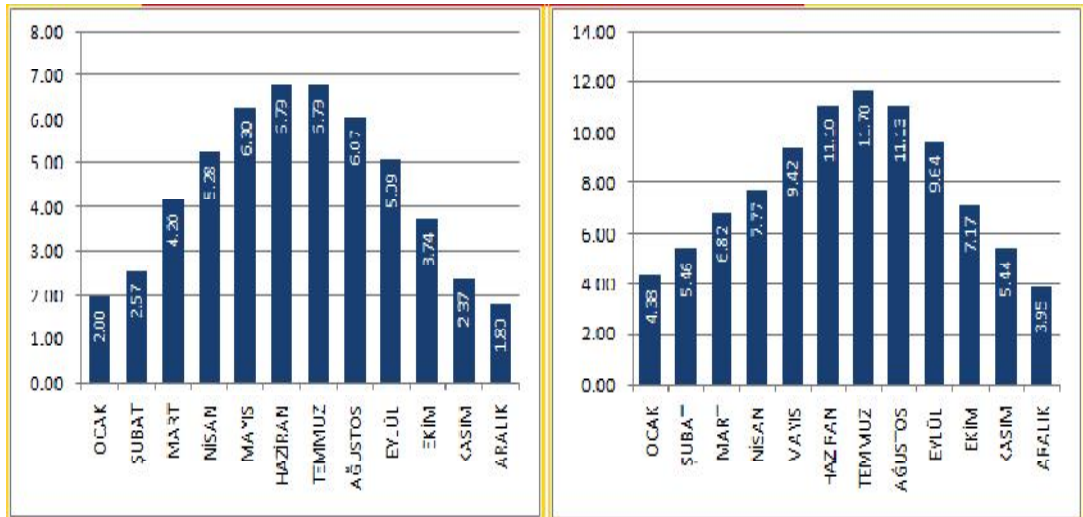


Şekil 3.4. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası (EİE, 2003)

3.6. Isparta’da Güneş Enerjisi ve Uygulama Potansiyeli



Şekil 3.5. Isparta güneş enerjisi haritası [kWh/m²-yıl] (EİE, 2003)



Şekil 3.6. Isparta’nın aylara göre ortalama ısıtım değerleri (Kwh/m²-Gün) (solda) ve güneşlenme süreleri (sağda) (EİE, 2003)

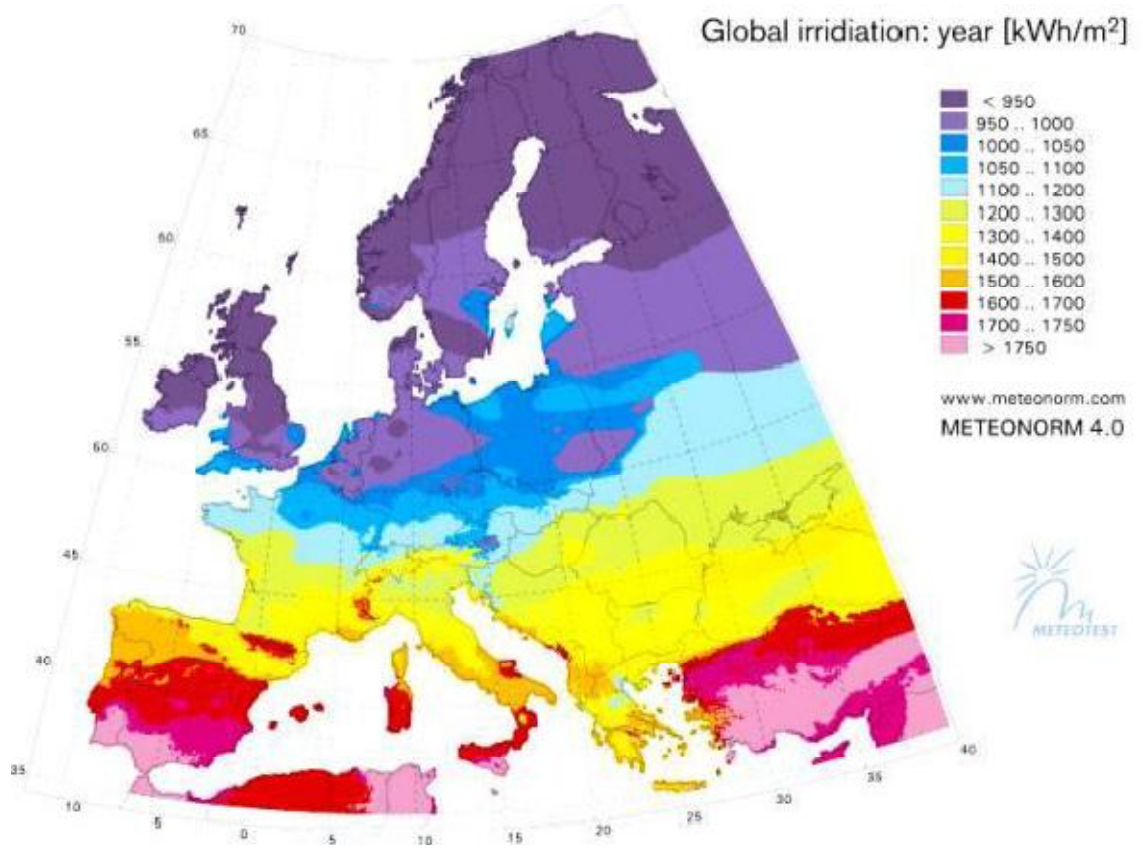
Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi dışındaki hemen hemen bütün bölgelerinde güneş enerjisinden faydalanılabileceği Türkiye güneş enerjisi haritasında açıkça görülmektedir. Akdeniz Bölgesi de bu bölgelerden bir tanesidir ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden sonra en iyi güneş enerjisi potansiyeline sahip ikinci bölge olarak yerini almaktadır. Bu bölgede yer alan Isparta'da oldukça iyi bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Şekil 3.6'da incelendiğinde Isparta ilinin aylara göre ortalama güneş enerjisi ışıınım değerleri ve güneşlenme süreleri görülmektedir.

4. GÜNEŞ GÜÇ SİSTEMLERİ

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

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

Güneş enerjisini yoğunlaştıran kollektörlerde 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) 40000 mertebesinde (EİE, 2011).



Şekil 4.1. Güneş enerjisinin yoğunlaştırılması (EİE, 2011)

Bu tür kollektörlerde güneş enerjisi, yansıtıcı veya ışın kırıcı yüzeyler yardımı ile doğrusal ya da noktasal olarak yoğunlaştırılabilir.

Elektrik üretiminde kullanılan güç sistemleri ikiye ayrılmaktadır. Bu sistemler;

- Dolaylı elektrik üreten sistemler
- Direk elektrik üreten sistemler

4.1. Dolaylı Elektrik Üreten Sistemler

4.1.1. Yoğunlaştırıcı sistemler ile elektrik üretimi

Güneş enerjisinden faydalanılarak yapılan elektrik enerjisi üretiminde iki yol vardır. Birincisi; doğrudan güneş enerjisini fotovoltaik piller ile elektrik enerjisine dönüştürmektir. İkinci yol ise; güneş enerjisi ile su buharı veya sıcak gaz üretmek ve

sonra buhar veya sıcak gazı konvansiyonel yoldan buhar veya gaz türbinine sevk ederek türbine bağlı bulunan jeneratörden elektrik üretmektir.

Güneş termal güç santralleri, birincil enerji kaynağı olarak güneş enerjisini kullanan elektrik üretim sistemleridir. Bu sistemler temelde aynı yöntemle çalışmakla birlikte, güneş enerjisini toplama yöntemleri, yani kullanılan kollektörler bakımından farklılık gösterirler. Toplama elemanı olarak parabolik oluk kollektörlerin kullanıldığı güç santrallerinde, çalışma sıvısı kollektörlerin odaklarına yerleştirilmiş olan absorban boru içerisinde dolaştırılır. Daha sonra, ısınan bu sıvıdan eşanjörler yardımı ile kızgın buhar elde edilir. Parabolik çanak kollektörler kullanılan sistemlerde de ya aynı yöntem kullanılır ya da merkeze yerleştirilen bir motor (Stirling) yardımı ile direk olarak elektrik üretilir. Merkezi alıcılı sistemlerde ise, güneş ışınları düzlemsel aynalar (heliostat) yardımı ile alıcı denilen ısı eşanjörüne yansıtılır. Alıcıda ısıtılan çalışma sıvısından konvansiyonel yollarla elektrik elde edilir.

Güneş termal güç santrallerinin tasarımında dikkate alınması gereken en önemli parametreler şunlardır;

- Bölge seçimi
- Güneş enerjisi ve iklim değerlendirmesi
- Parametrelerin optimizasyonu
- Santralin tesis edileceği ideal bölge seçilirken aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulmalıdır.
- Yıllık yağış miktarının düşük olması,
- Bulutsuz ve sissiz bir atmosfere sahip olması,
- Hava kirliliğinin olmaması,
- Ormanlık ve ağaçlık bölgelerden uzak olması,
- Rüzgar hızının düşük olması.

4.1.1.1. Parabolik oluk kollektörler (doğrusal yoğunlaştırıcılar)



Şekil 4.2. Doğrusal yoğunlaştırıcı kollektör (EİE, 2003)

Parabolik oluk kollektörler, doğrusal yoğunlaştırma yapan ve kesiti parabolik olan dizilerden oluşur. Oluğun iç kısmındaki yansıtıcı yüzeyler, güneş enerjisini parabolün odağında yer alan ve boydan boya uzanan siyah bir absorban boruya yansıtır.

Orta derecede sıcaklık isteyen uygulamalarda kullanılan bu sistemlerde, güneş enerjisi bir doğru üzerinde yoğunlaştırılacağından tek boyutlu hareket ile güneşi izlemek yeterlidir.

Parabolik oluk kollektörlü güç santralleri, güneş tarlası, buhar ve elektrik üretim sistemlerinden oluşur. Bu santrallerde proses ısısı için, doğrusal yoğunlaştırma yapılarak, güneş enerjisinden 300⁰C'nin üzerinde sıcaklık elde edilir ve ısı transfer akışkanı olarak yüksek sıcaklıklara dayanıklı termal yağ kullanılır.

Güneş tarlası; bağımsız üniteler şeklinde birbirine paralel 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.

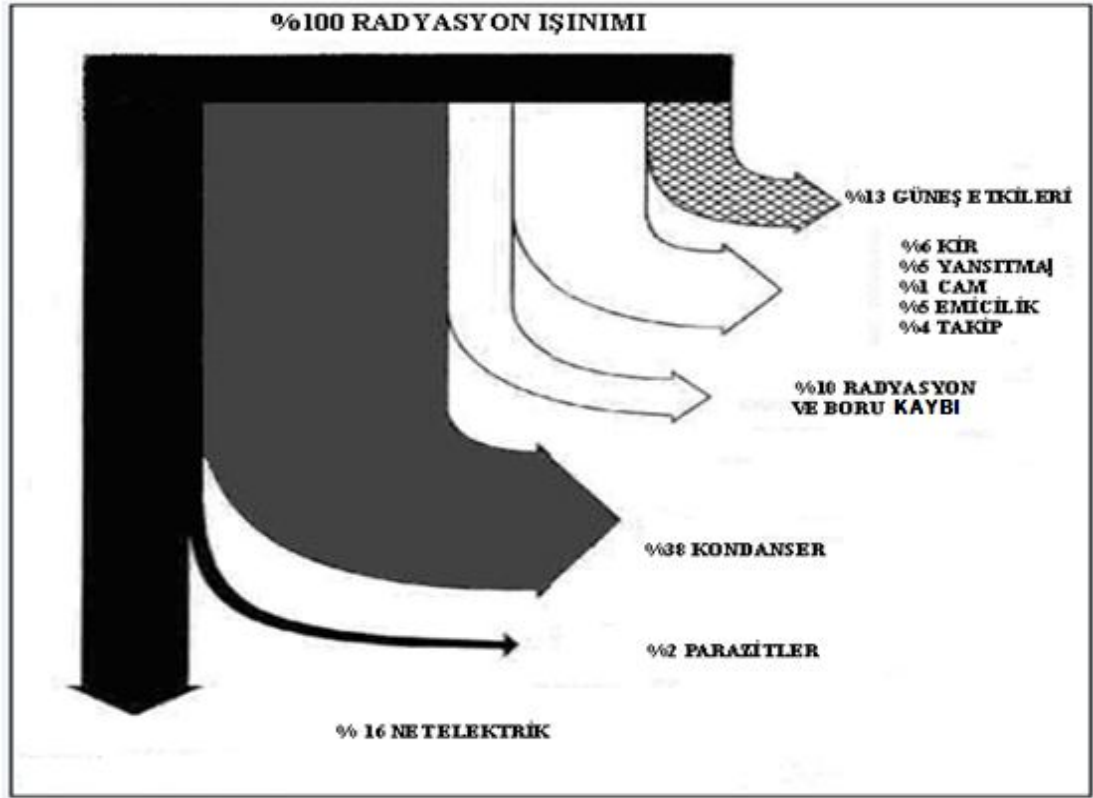
Parabolik oluk kollektörler grupları yatay eksen boyunca dönmelerini engellemeyen metal yapılarla desteklenmiştir. Sistemde aynaların güneşi izlemesini sağlayan bir sensör bulunur.

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 ile alıcı boru arasındaki hava vakumlanmıştır. Bu boşluk basıncı yaklaşık 0.1atm dir. Isıya dayanıklı cam tüp, yüksek bir geçirgenliğe 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 ya da kısmen açar ya da kapatır. Bu işlem, lokal kontrol üniteleriyle iletişim içinde yapılır. Lokal kontrol üniteleri, her kollektör grubunu ayrı ayrı kontrol ederek güneşin takip edilmesini sağlarlar.

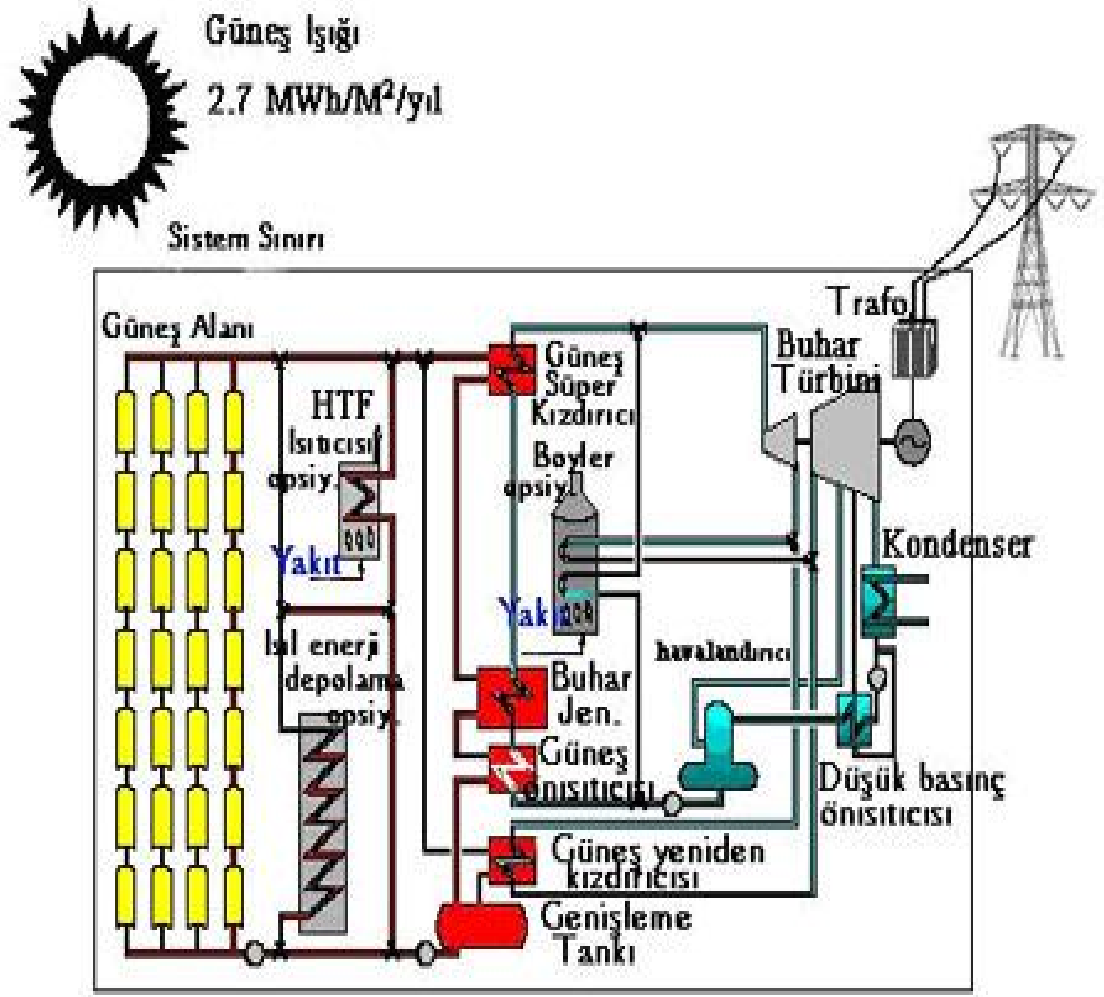
Buhar üretim sistemi; ön ısıtma, buhar üretimi ve süper ısıtma bölümlerinden oluşur. Bu bölümlerden geçirilerek 371⁰C ve 100 bar basınca yükseltilebilen buhar, elektrik üretimi için türbine gönderilir. Üretimden sonra yeterince soğumayan buhar, yeni bir çevrime gönderilmeden, yeniden aynı sıcaklığa kadar 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 ya da doğal gazla çalışan ilave ısıtıcılar, aynı sıcaklık ve basınçta buhar üretirler. Şekilde gelen güneş enerjisinin elektriğe dönüştürülmesi ve kayıplar görülmektedir.



Şekil 4.3. Parabolik oluk elektrik santrallerinde elektrik verimi
(Gunesenerjisi.uzerine, 2011)

Güneş Enerjisi Üretimi Sistemleri (SEGS) teknolojisi, güneş enerjisini birincil enerji kaynağı olarak kullanan Rankin 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 birbirine bağlanmışlardır. Verimi arttırmak ve ısı kayıplarını en düşük seviyeye getirmek için, absorban olarak kullanılan ve özel bir madde ile kaplı olan bu çelik boru, içi vakumlanmış cam bir tüp içine yerleştirilmiştir. Boruların içinden geçirilen ısı transfer akışkanı (sentetik yağ), 390⁰C civarına kadar ısıtılır ve sistem boyunca dolaştırılarak türbin jeneratörü için gerekli olan buhar üretilir.



Şekil 4.4. Parabolik oluk güneş santralinin blok şeması (Unienerji, 2011)

Güneş enerjisinin yetersiz olduğu zamanlarda, kesintisiz enerji üretimini sağlamak için, doğal gazlı ısıtıcı sistem kullanılmaktadır. Güneş enerjisinin yeterli, yetersiz veya hiç olmama durumuna göre sistem üç değişik şekilde çalışır.

Güneş enerjinin yeterli olduğu durumlarda, ısı transfer akışkanı doğrudan güneş tarlasından geçer. Yetersiz veya hiç olmama durumlarında ise doğal gazlı ısıtıcılarla desteklenir veya tamamen bu ısıtıcılar devreye sokulur. Her iki enerji kaynağının da kullanıldığı durumda, hem güneş enerjisinden hem doğal gazdan yararlanabilmek için by-pass valfi açık bırakılır. Bu durumda güneş tarlasında ısınan sıvı, destek ısıtıcılar yardımı ile çalışma sıcaklığına ulaşmaya kadar ısıtılır (EİE, 2011).

4.1.1.2. Parabolik anak kollekt6rler (noktasal yoğunlaştırıcılar)



şekil 4.5. Parabolik anak kollekt6rler (Bilgiustam, 2011)

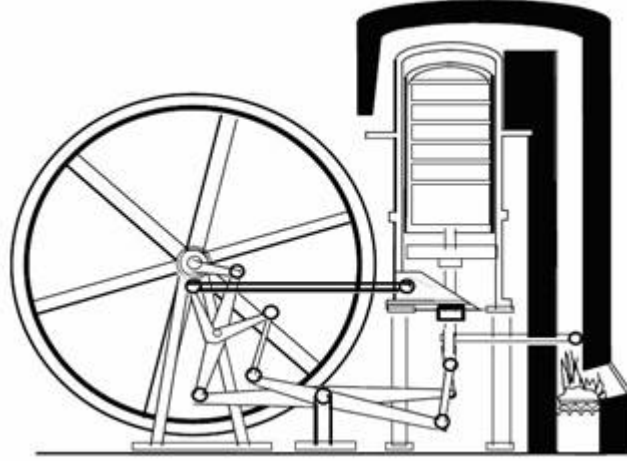
İki boyutta güneşi izleyip noktasal yoğunlaştırma yapan ve daha yüksek sıcaklıklara ulaşan bu tür sistemler, parabolik çanak ve merkezi alıcı olmak üzere iki gruba ayrılır.

Parabolik anak kollekt6rler iki ekseninde güneşi takip ederek sürekli olarak güneşi odak noktasına yoğunlaştırlar.

Merkezi alıcı sistemde, tek tek odaklama yapan ve heliostat adı verilen düzlemsel aynalardan oluşan bir alan, güneş enerjisini, bir kule üzerine monte edilmiş ve alıcı denilen ısı eşanj6rne yansıtır. Heliostatlar bilgisayar tarafından kontrol edilerek, alıcının devamlı güneş alması sağlanır.

Stirling motorları, farklı sıcaklıktaki iş akışkanının genişletilmesi ve sıkıştırılması işlemlerinin kapalı ve rejeneratif bir termodinamik çevrim olan stirling çevrimi boyunca tekrarlandığı termal sistemlerdir. Stirling motorları teorik olarak en yüksek verime sahip olan motorlardır. Bununla beraber pratikte verimi düşüktür. Sessiz ve titreşimsiz çalışmaları, 6zel bir yakıtı veya enerji kaynağına bağlı kalmadan

kullanılabilmeleri fosil yakıtlarla kullanıldıklarında temiz ve soğuk yanma gazlarının atılması, yeterli tork ve özgül güç değerleri ile beraber basit tasarımları araştırmacıları bu konu üzerinde çalışmaya yöneltmiştir (Anonim, 2003).



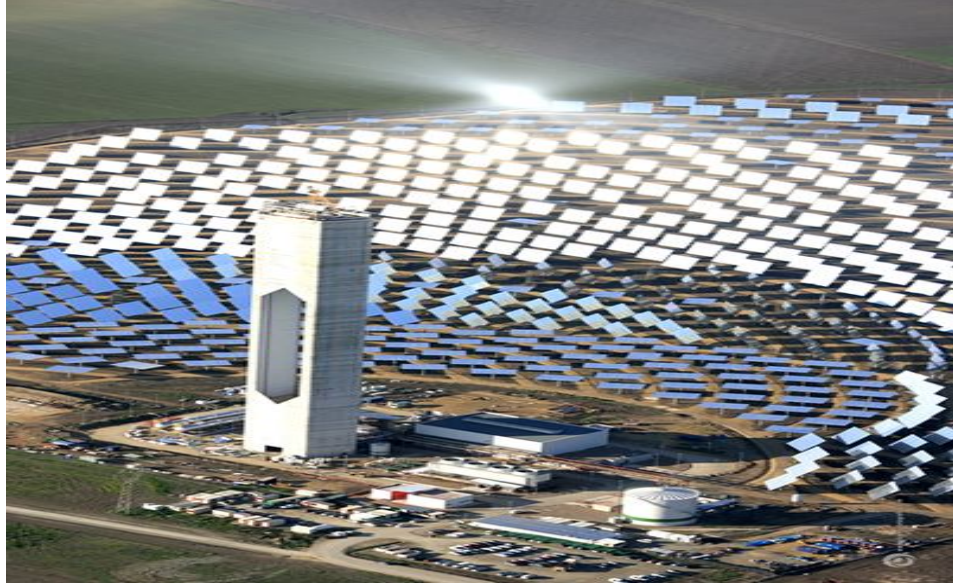
Şekil 4.6. 1816 yılında imal edilen ilk stirling motoru (Anonim, 2011)

Parabolik çanak kollektörler, yüzeylerine gelen güneş radyasyonunu noktasal olarak odaklarında yoğunlaştırırlar. Bu kollektörlerin yüzeyleri de parabolik oluk kollektörlerin yüzeyleri gibi yansıtıcı aynalarla kaplanmıştır. Gelen güneş enerjisi bu aynalar vasıtası ile odadaki Stirling motoru üzerine yoğunlaştırılır. Stirling motoru ısı enerjisini elektrik jeneratörü için gerekli olan mekanik enerjiye dönüştürür. Elektrik üretiminden başka, bu kollektörler buhar ya da sıcak hava üretimi için de kullanılır.

Parabolik çanak kollektörler ile elde edilen elektrik, diğer yöntemlerle elektrik üreten santrallere destek amacıyla ve maden ocakları, radar istasyonları ya da uzak köylerin elektrik ihtiyacının karşılanmasında kullanılır. Ayrıca, endüstride buhar üretimi, yer altı enjeksiyonu, petrol çıkartılması gibi işlemler için de kullanılır.

Bu santraller, küçük modüllerden oluştuğu için enerji ihtiyacı duyulan yerlerin yakınında ve ihtiyaç duyulan kapasitede tesis edilebilirler. Günümüzde henüz ekonomik olmayan parabolik çanak ve parabolik oluk kollektörlü sistemlerin araştırma ve geliştirme çalışmaları sürdürülmektedir. Bu çalışmalarda amaç, birim alan maliyetini düşürmek ve verimini artırmaktır (EİE, 2011) .

4.1.1.3. Güneş kulesi sistemleri (merkez alıcılı)



Şekil 4.7. Merkezi alıcılı güneş ısı elektrikli santrali (Guinessistemleri, 2011)

Kule tipi yoğunlaştırıcılarda çok büyük elektrik güçleri sağlanabilir. Büyük bir tarla içine yerleştirilmiş güneşe göre ayarlanabilen çok sayıdaki yansıtıcı (heliostat), kule üzerine yerleştirilmiş alıcıya (buharlaştırıcıya) güneş ışınlarını gönderir. Böylece, güneş ışınlarının 300 ila 2000 defa yoğunlaştırılması mümkündür. Böylece, alıcıda elde edilen kızgın buhar türbinde elektrik enerjisine dönüştürülür. Bu sistemin diğer yoğunlaştırıcı sistemlere göre; her bir yansıtıcının bağımsız hareket imkanına sahip olması ve büyük boyutlardaki toplayıcılara göre daha az rüzgar yüküne maruz kalması gibi üstünlükleri vardır. EURELIOS adı verilen bu tür bir güneş santrali, ilk defa, 1981’de Sicilya Adrano’da Ortak Pazar ülkeleri tarafından gerçekleştirilmiştir. Sistemde güneşi izleyen ve toplam yüzeyi 6216 m² olan heliostat kullanılarak 55 m yüksekliğindeki kulenin tepesinde bulunan kazanda 6484.8 kPa basınçta 785 °K sıcaklıkta kızgın buhar elde edilmiştir. Santral 1 MW elektrik ve 4,8 MW termik gücünde olup verimi %21 civarındadır. Daha sonra 1982 yılında Kaliforniya’da 10 MW’lık bir santral daha kurulmuştur. Bu santral 1818 yansıtıcıdan oluşmuş olup her bir yansıtıcı grubun toplam alanı 39,13 m²’dir. Bu alıcı 13,7m yüksekliğinde, 7 m çapında ve topraktan 90 m yüksekliktedir. Alıcıda maksimum absorblama yüzeyi sıcaklığı 893 °K olup 789 °K’de 50900 kg/h buhar üretilmiştir (EİE, 2011).

4.1.1.4. Doğrusal Fresnel Kollektörler (düzlemsel yoğunlaştırıcılar)



Şekil 4.8. Doğrusal Fresnel kollektör (Wikipedia, 2011)

Doğrusal Fresnel Kollektör (LFRC), teknolojisi doğrusal ayna şeritlerin sıra oluşturup, doğrusal kule üzerindeki alıcıya toplaması ile gerçekleşmektedir. LFRC alanı kırık parabolik tekne kollektörü gibi düşünülebilir fakat en büyük farkı, daima parabolik şekilde olmayıp, geniş absorblayıcıların inşasına imkan verebilmesi ve de bunların hareket etme zorunluluğunun olmamasıdır (Ergün, 2011).

Şekil 4.8’de LFRC kollektörünün elemanları görülmektedir. Bu sistemin en büyük avantajı düz ya da elastik eğrilebilir yansıtıcılar kullanarak parabolik cam yansıtıcılarına göre çok daha düşük maliyetler sağlamasıdır. Bir de yere yakın yerleşim olduğu için yapısal olarak daha az gereksinime ihtiyacı bulunmaktadır.

Bu tipteki ilk kollektör 1960 yılında Cenova’da doğrusal ve iki eksen izlemeli olarak üretilmiştir ve günümüze kadar bu sistemin eksiklikleri giderilerek, gelişimi devam etmektedir (Nelson et al., 1975).

LFRC teknolojisindeki en büyük sorunlardan biri de yakın yansıtıcıların birbirlerini bloklaması ya da gölgelemesidir. Bloklama absorblayıcı kulenin uzunluğunu

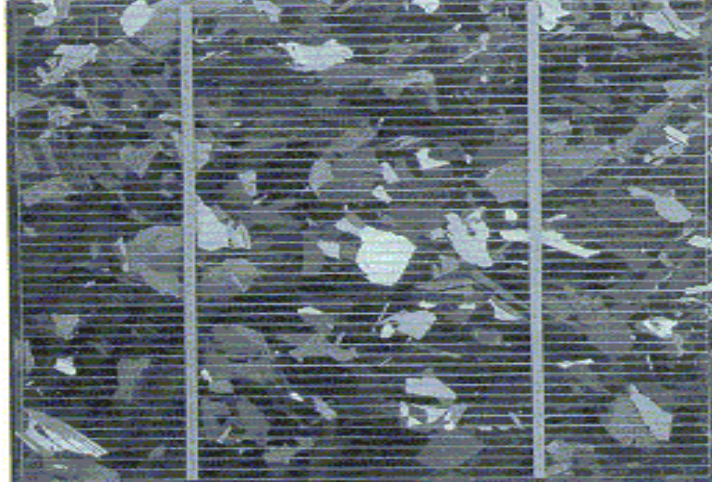
artırmak suretiyle düşürülebilmekte fakat bu da doğrudan maliyeti arttırıcı rol oynamaktadır. Kompakt doğrusal Fresnel kollektörleri, Sydney Üniversitesinde geliştirilmiş olup, gölge problemi komşu doğrusal elementlerin açıları ile oynamak suretiyle aşılmıştır (Mills, 2000; Mills et al., 2001; Schneider, 2007).

İki adet alıcı kullanarak komşu yansıtıcılar arasında yüksek yansıtma yoğunlukları sağlanmış olup, daha düşük kule uzunlukları yeterli olmaktadır. Bu ayrıca maliyetleri de düşürmektedir (Hoşaf, 2008).

4.2. Direk Elektrik Üreten Sistemler

4.2.1. Güneş pilleri (fotovoltaik piller)

Güneş pilleri (fotovoltaik pilleri), yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken maddelerdir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş hücreleri alanları genellikle 100 cm² civarında, kalınlıkları ise 0,2- 0,4 mm ve çalışması Fotovoltaik ilkeye dayalıdır, yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Hücrenin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir. Güneş hücresinin yapısına bağlı olarak %5 ile %20 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir. Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş hücresi birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir, bu yapıya güneş hücresi modülü ya da fotovoltaik modül adı verilir. Güç talebine bağlı olarak modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak bir kaç Watt'tan megaWatt'lara kadar sistem oluşturulur (Selbaş v.d., 2011).



Şekil 4.9. Güneş pili (Selbaş v.d., 2011)



Şekil 4.10. Fotovoltaik model (Selbaş v.d., 2011)

Güneş Hücrelerinin Yapımında Kullanılan Malzemeler:

Güneş pilleri pek çok farklı maddeden yararlanarak üretilir. Günümüzde en çok kullanılan maddeler şunlardır;

Kristal Silisyum: Önce büyütölüp daha sonra 200 mikron kalınlıkta ince tabakalar halinde dilimlenen Tek kristal Silisyum bloklardan üretilen güneş pillerinde

laboratuvar şartlarında %24, ticari modüllerde ise %15'in üzerinde verim elde edilmektedir. Dökme silisyum bloklardan dilimlenerek elde edilen Çok kristal Silisyum güneş pilleri ise daha ucuza üretilmekte, ancak verim de daha düşük olmaktadır. Verim, laboratuvar şartlarında %18, ticari modüllerde ise %14 civarındadır (Selbaş v.d., 2011).

Galyum Arsenit (GaAs): Bu malzemeyle laboratuvar şartlarında %25 ve %28 (optik yoğunlaştırıcı) verim elde edilmektedir. Diğer yarıiletkenlerle birlikte oluşturulan çok eklemlı GaAs pillerde %30 verim elde edilmiştir. GaAs güneş pilleri uzay uygulamalarında ve optik yoğunlaştırıcı sistemlerde kullanılmaktadır (Selbaş v.d., 2011).

Amorf Silisyum: Kristal yapı özelliği göstermeyen bu Si pillerden elde edilen verim %10 dolayında, ticari modüllerde ise %5-7 mertebesinde dir. Günümüzde daha çok küçük elektronik cihazların güç kaynağı olarak kullanılan amorf silisyum güneş pilinin bir başka önemli uygulama sahasının, binalara entegre yarısaydam cam yüzeyler olarak, bina dış koruyucusu ve enerji üretici olarak kullanılabileceği tahmin edilmektedir (Selbaş v.d., 2011).

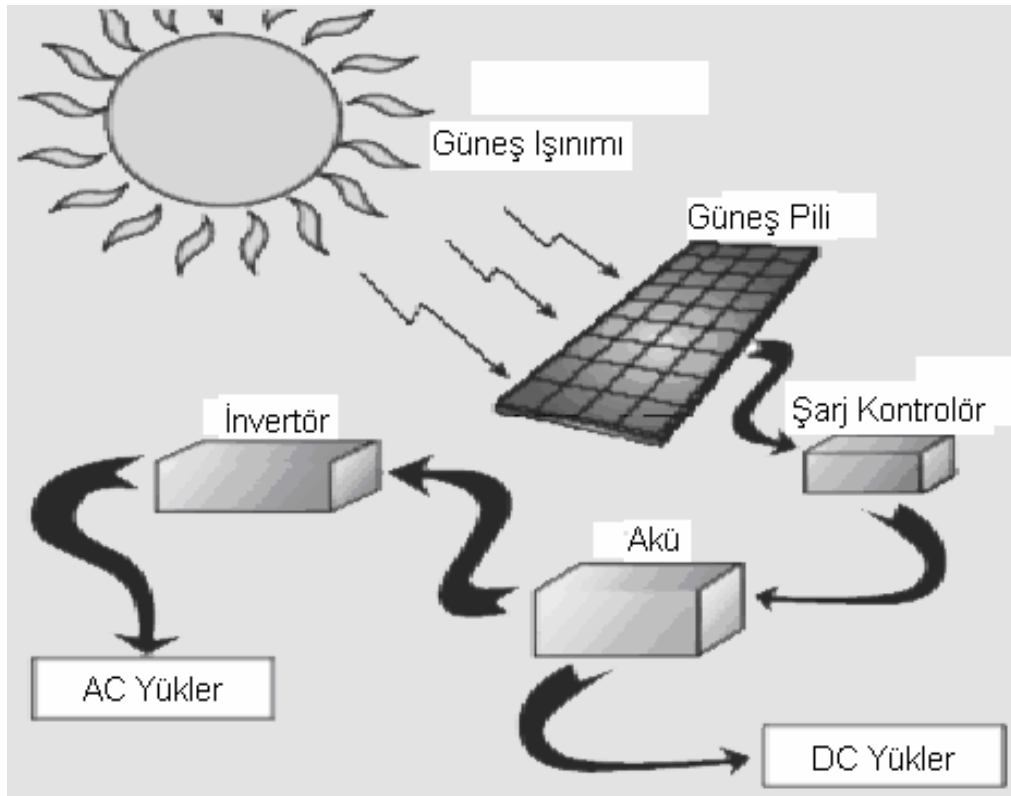
Kadmiyum Tellürid (CdTe): Çok kristal yapıda bir malzeme olan CdTe ile güneş pili maliyetinin çok aşağılara çekileceği tahmin edilmektedir. Laboratuvar tipi küçük hücrelerde %16, ticari tip modüllerde ise %7 civarında verim elde edilmektedir (Selbaş v.d., 2011).

Bakır İndiyum Diselenid (CuInSe₂): Bu çok kristal pilde laboratuvar şartlarında %17,7 ve enerji üretimi amaçlı geliştirilmiş olan prototip bir modülde ise %10,2 verim elde edilmiştir (Selbaş v.d., 2011).

Optik Yoğunlaştırıcı Hücresler: Gelen ışığı 10-500 kat oranlarda yoğunlaştıran mercekli veya yansıtıcı araçlarla modül verimi %17'nin, pil verimi ise %30'un üzerine çıkılabilmektedir. Yoğunlaştırıcılar basit ve ucuz plastik malzemed en yapılmaktadır (Selbaş v.d., 2011).

Güneş pilleri, elektrik enerjisinin gerekli olduğu her uygulamada kullanılabilir. Güneş pili modülleri uygulamaya bağlı olarak, akümülatörler, invertörler, akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir güneş pili sistemi (fotovoltaik sistem) oluştururlar. Bu sistemler, özellikle yerleşim yerlerinden uzak, elektrik şebekesi olmayan yörelerde, jeneratöre yakıt taşımanın zor ve pahalı olduğu durumlarda kullanılırlar. Bunun dışında dizel jeneratörler ya da başka güç sistemleri ile birlikte karma olarak kullanılmaları da mümkündür (EİE, 2011).

Bu sistemlerde yeterli sayıda güneş pili modülü, enerji kaynağı olarak kullanılır. Güneşin yetersiz olduğu zamanlarda ya da özellikle gece süresince kullanılmak üzere genellikle sistemde akümülatör bulundurulur. Güneş pili modülleri gün boyunca elektrik enerjisi üreterek bunu akümülatörde depolar, yüke gerekli olan enerji akümülatörden alınır. Akünün aşırı şarj ve deşarj olarak zarar görmesini engellemek için kullanılan denetim birimi ise akünün durumuna göre, ya güneş pillerinden gelen akımı ya da yükün çektiği akımı keser. Şebeke uyumlu alternatif akım elektriğinin gerekli olduğu uygulamalarda, sisteme bir invertör eklenerek akümülatördeki DC gerilim, 220 V, 50 Hz.lik sinüs dalgasına dönüştürülür. Benzer şekilde, uygulamanın şekline göre çeşitli destek elektronik devreler sisteme katılabilir. Bazı sistemlerde, güneş pillerinin maksimum güç noktasında çalışmasını sağlayan maksimum güç noktası izleyici cihazı bulunur. Aşağıda şebekeden bağımsız bir güneş pili enerji sisteminin şeması verilmektedir (EİE, 2011).



Şekil 4.11. Güneş pili ile akünün şarj edilmesi (Selbaş v.d., 2011).

Şebeke bağlantılı güneş pili sistemleri yüksek güçte-santral boyutunda sistemler şeklinde olabileceği gibi daha çok görülen uygulaması binalarda küçük güçlü kullanım şeklindedir. Bu sistemlerde örneğin bir konutun elektrik gereksinimi karşılanırken, üretilen fazla enerji elektrik şebekesine satılır, yeterli enerjinin üretilmediği durumlarda ise şebekeden enerji alınır. Böyle bir sistemde enerji depolaması yapmaya gerek yoktur, yalnızca üretilen Doğru akım (DC) elektriğin, alternatif akım (AC) elektriğe çevrilmesi ve şebeke uyumlu olması yeterlidir (EİE, 2011).

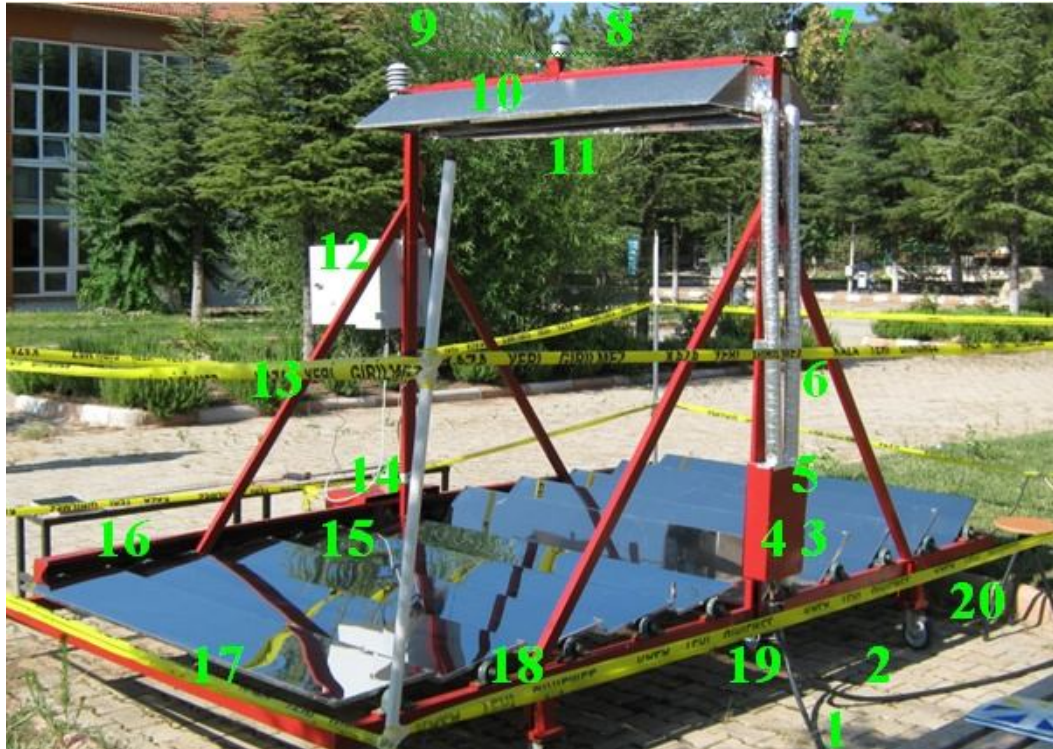
Güneş pili sistemlerinin şebekeden bağımsız (stand-alone) olarak kullanıldığı tipik uygulama alanları aşağıda sıralanmıştır.

- Haberleşme istasyonları, kırsal radyo, telsiz ve telefon sistemleri
- Petrol boru hatlarının katodik koruması
- Metal yapıların (köprüler, kuleler vb) korozyondan koruması

- Elektrik ve su dağıtım sistemlerinde yapılan telemetrik ölçümler, hava gözlem istasyonları
- Bina içi ya da dışı aydınlatma
- Dağ evleri ya da yerleşim yerlerinden uzaktaki evlerde TV, radyo, buzdolabı gibi elektrikli aygıtların çalıştırılması
- Tarımsal sulama ya da ev kullanımı amacıyla su pompajı
- Orman gözetleme kuleleri
- Deniz fenerleri
- Deprem ve hava gözlem istasyonları
- İlaç ve aşı soğutma (EİE, 2011).

5. MATERYAL VE YÖNTEM

5.1. Projede Kullanılan Makine ve Ekipmanlar



Şekil 5.1. Deney setinin görünüşü

5.1.1. Soğuk su girişi

1 numaralı sistemde şebeke suyu direk olarak deney setine bağlanmıştır.

5.1.2. Sıcak su çıkışı

2 numaralı sistemde deney setinde ısınan su sıcaklığı ölçülerek havuza atılmıştır.

5.1.3. Soğuk su girişi sıcaklık ölçer



Şekil 5.2. Soğuk su girişi sıcaklık ölçeri

3 numaralı sistemde şebekeden alınan suyun giriş suyu sıcaklığı ölçülmüştür.

SFRK-SVB-5-4-50-12

- -40 ile +550°C sıcaklık ölçüm aralığı.
- K tipi sıcaklık sensörü
- ½ bağlantı.

5.1.4. Sıcak su çıkışı sıcaklık ölçer

4 numaralı sistemde deney setinde ısınan suyun sıcaklığı ölçülmüştür.

SFRK-SVB-5-4-50-12

- -40 ile +550°C sıcaklık ölçüm aralığı.
- K tipi sıcaklık sensörü
- ½ bağlantı.

5.1.5. Soğuk su girişi debi ölçer

5 numaralı sistemde soğuk su girişinin debisi ölçülmüştür.

Fva915vthm Sıvı Akış Ölçer

- DN15 nominal çap.
- Pirinç dış aksam
- -2 ile 40 l/min ölçüm aralığı.
- $\pm 1\%$ maksimum skalada ölçüm hassasiyeti.
- Maksimum çalışma sıcaklığı 85°C.
- PN10 nominal basınç.
- 24 V DC besleme.
- 55 pulse/litre analog sinyal çıkışı.
- IP54 koruma.
- ¾ proses bağlantı.
- Metre kablo boyu ve ALMEMO konektör ile birlikte.

5.1.6. Soğuk su girişi ve sıcak su çıkışı

6 numaralı sistemde soğuk su giriş ve sıcak su çıkış tesisatı bakır borudan yapılarak, üzerleri alüminyumlu yalıtım malzemesinden kaplanmıştır.

5.1.7. Rüzgar hızı ölçer



Şekil 5.3. Rüzgar hızı ölçer

7 numaralı sistemde deney setinin çalıştığı ortamın rüzgar hızı ve yönü ölçülmüştür.

Fva615-2 Rüzgar Hızı Sensörü

- 0.5 ile 50 m/s hava hızı ölçüm aralığı.
- ± 0.5 m/s hassasiyet.
- 0,1 m/s ekran çözünürlüğü.
- Opto elektronik ölçüm prensibi.
- 9-30 VDC sensör beslemesi(Almemo cihaz tarafından beslenir.)
- Dış ortam ısıtması(24 VAC/DC beslemeli)
- -30 ile +70 °C çalışma sıcaklığı.
- 12 metre uzunluğunda sensör kablosu ve Almemo konnektör.
- 750 gr ağırlık.

5.1.8. Güneş ışıını radyasyon ölçer



Şekil 5.4. Rüzgar hızı sensörü

8 numaralı sistemde deney setinin bulunduğu ortama düşen anlık ışıını değeri W/m^2 cinsinden ölçülmüştür.

Ahlborn Fla613gs Global Radyasyon Probu Özellikler

- 0-1200 W/metre-kare ölçüm aralığı.
- 400-1100 nm spectral hassasiyet.
- 0V ile 2V sinyal çıkışı.
- +5V ile +15V besleme.
- <1% doğrusallık.
- 20 ile +60 °C çalışma sıcaklığı.
- 80 x 55 x 40mm boyutlarında ve 300 gr ağırlık.
- 4 metre kablo boyu ve ALMEMO konnektör.

5.1.9. Nem-sıcaklık ölçer



Şekil 5.5. Nem-sıcaklık ölçeri

9 numaralı sistemde deney setinin bulunduğu ortamın nemi ölçülmüştür.

Fha646ag Dış Ortam Nem-Sıcaklık Ölçüm Cihazı Özellikleri

- -30 ile $+60$ °C ve 0 ile 90 % r.H. ölçüm aralıkları
- $\pm 2\%$ r.H. nem hassasiyeti
- 4 metre kablolu.
- Kapasitif tip nem ve NTC tip sıcaklık sensörü.

5.1.10. Yoğunlaştırıcı oluğu veya yalağı



Şekil 5.6. Yoğunlaştırıcı oluğu veya yalağı

10 numaralı sistemde aynalara düşen ışınımın odakta toplanmasını sağlayan oluk veya yalak sistem kurulmuştur.

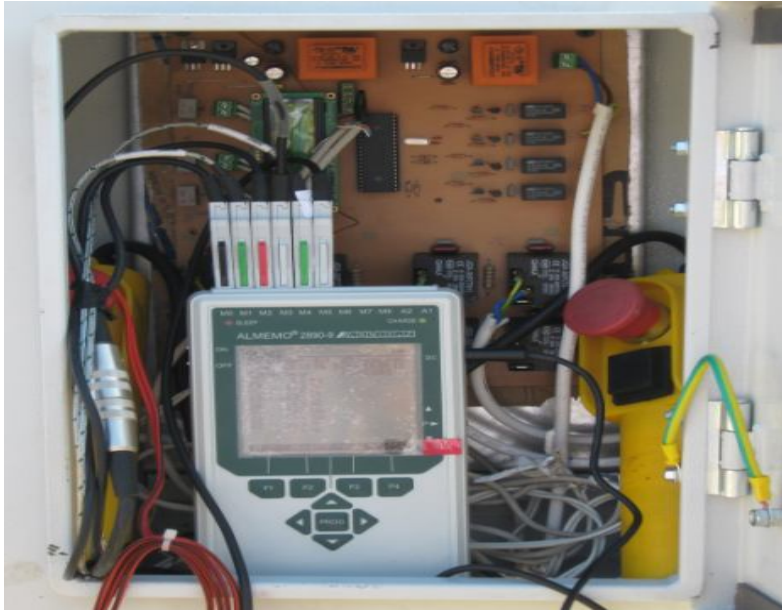
5.1.11. Yoğunlaştırıcı



Şekil 5.7. Yoğunlaştırıcı

11 numaralı sistemde aynalardan gelen ışınımın yalakta toplandığı merkeze suyun ısınmasını sağlayan yoğunlaştırıcı sistem yapılmıştır. Sistem bakır borudan yapılmış ve üzeri özel güneş enerjisi siyah mat boyasıyla boyanmıştır.

5.1.12. Kontrol panosu



Şekil 5.8. Kontrol panosu

12 numaralı sistemde deney setinin tüm elektronik sistemin soketlerinin toplanıp, datalogger bağlandığı ve kontrolü sağlayan elektronik kartın içinde bulunduğu kontrol panosu yapılmıştır.

Ahlborn Marka AlmemoMa 2890-9 Model 9 Kanallı Universal Datalogger Özellikleri (MA28909):

- Ölçüm aralığı : 65 farklı ölçüm aralığı (Kullanılan proba göre değişmektedir.)
- Tek bir cihaz ile Sıcaklık, Nem, Hava ve Su Debisi, Basınç, Devir, Lux, Volt, Amper, CO, CO₂, O₂, O₃, pH, İletkenlik, Çözünmüş Oksijen, v.s. ölçümü
- Kullanılan sensörleri cihaza bağlayabilme
- Her prob için kalibrasyon ve skalalandırma yapabilme ve kalibrasyon değerlerinin probun hafızasında saklanması
- 128 x 128 geniş aydınlatmalı grafik ekran.
- Ölçüm değerlerini grafik olarak ekranda gösterme.
- Tek veya birden çok kanalın ölçüm değerini ekranda gösterebilme, tüm ölçüm değerlerini liste olarak verme.
- Üzerindeki çok fonksiyonlu tuşlar sayesinde bilgisayara bağlamadan tüm fonksiyonları programlayabilme.
- RS 232 bilgisayar bağlantısı ve 512 Kb hafıza
- MR CONTROL windows yazılımı, şarj edilebilir batarya ve şarj adaptörü

Aynaları hareket ettiren motorları kontrol eden devrede mikro denetleyici olarak PIC16F877 kullanılmıştır. Işık seviyesi ölçümü için LDR (ışıkla direnci değişen direnç) kullanılmıştır. Devrenin çalışması sırasında bilgi ekranı olarak LCD ekran kullanılmıştır. Motor kontrolü ve motor parazitlerine karşı röle kullanılmıştır.

Programın Çalışma Prensipleri:

Gece gündüz kontrolü yap

Motor A odakla

Motor B odakla

Bekle

Başla dön

Gece Gündüz Kontrolü

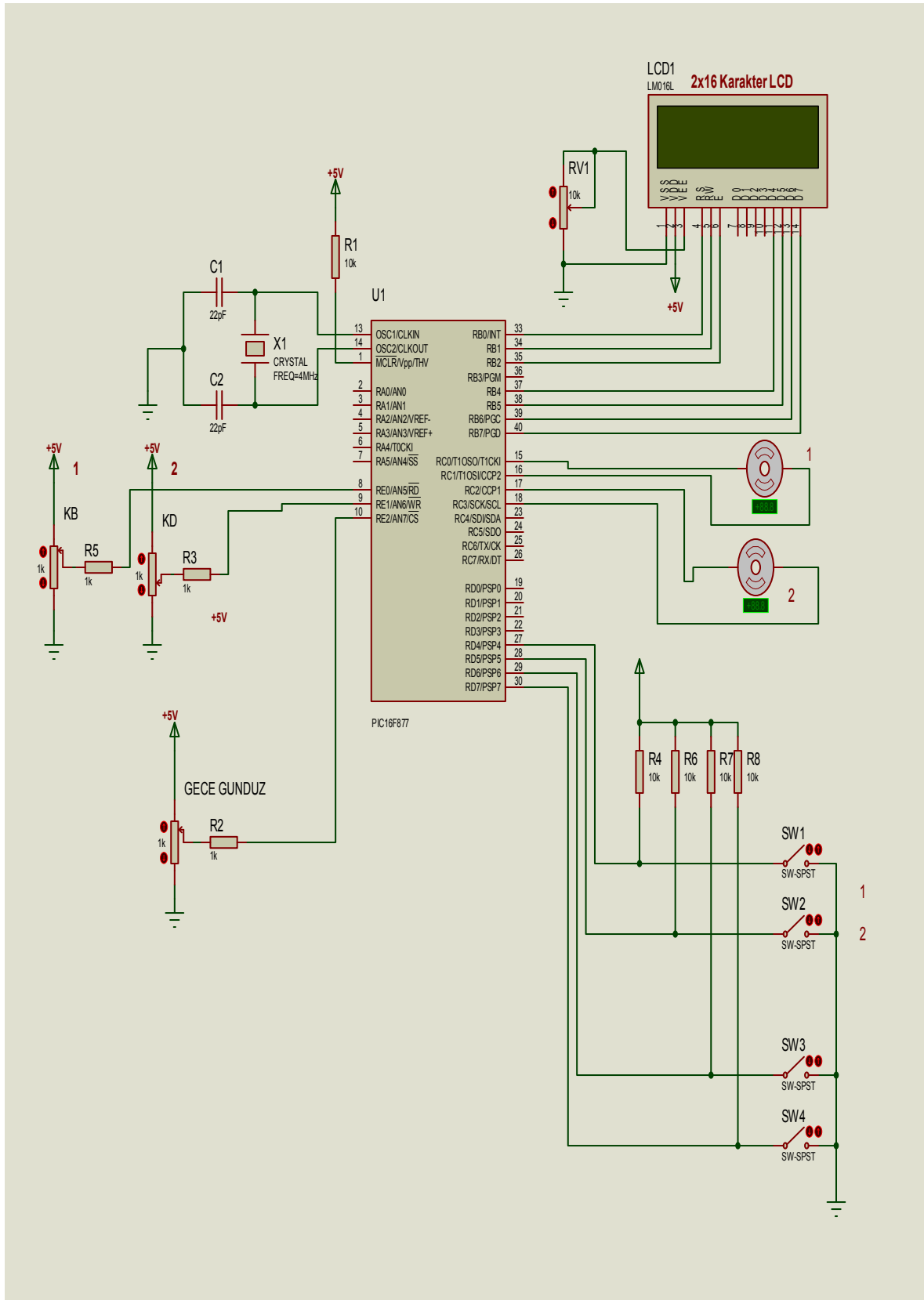
Gece gündüz kontrolü için mikro denetleyici PIC'in RE2/AN7 ucuna bağı olan LDR den gelen analog sinyal okunur. Eğer bu değ er 100 den küçükse burada do-while dö ngüsü devam ettirilir. Durum değ işkeni 0 yapılır. Böylece gündüz oluncaya kadar bekleme sağ lanır. Eğer gündüz ise okunan değ er 100 den fazla olacağı için bu bölüm geçilir. Durum değ işkeni 1 yapılır. Durum değ işkeni elektrik kesilme ve resetlemeye karşı programın sağ lıklı işleyişi için oluşturulmuştur. EEPROM 0 adresine durum değ işkeni kaydedilir.

Motora Odakla

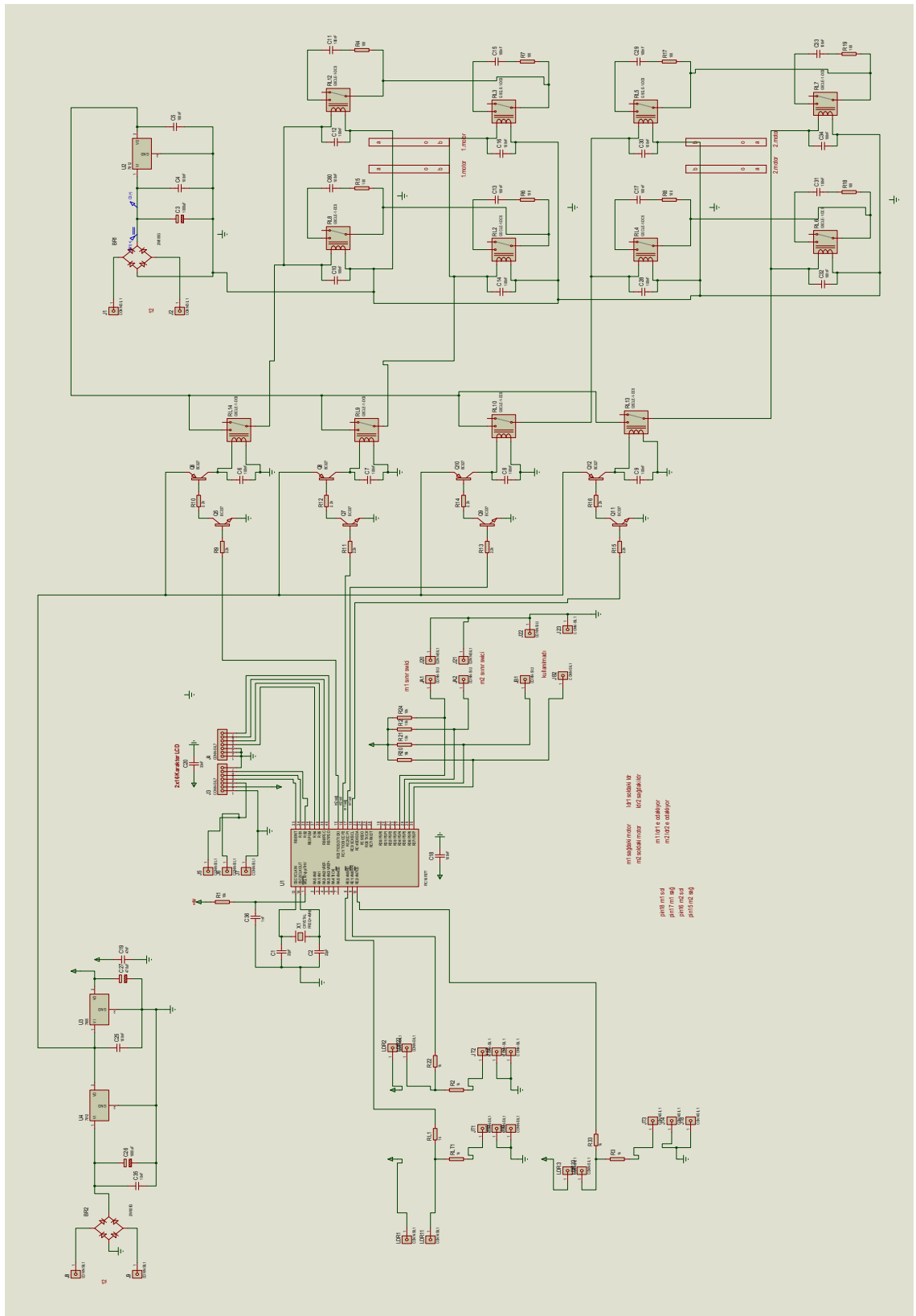
Özet olarak motor A isimli motor (PIC RC0 ve RC1 piklerinden kontrol edilir) 10 adım sağ (saat yönünde) 1 er sn aralıkla dö ndürölür. Her adımda LDR1(RE0/AN5) değ eri alınır bu değ erler bir diziye kaydedilir ölçülen değ erlerden hangi adımda maksimum değ er okunduğı tesbit edilir buna göre geri adım sayısı hesaplanarak 10. adımdan sonra motor sol yani saat yönünün tersi yönde belirlenen fark adım kadar dö ndürölür. Bu şekilde LDR' ye dolayısıyla odak bölgesine maksimum ışık yansıtılmış olur.

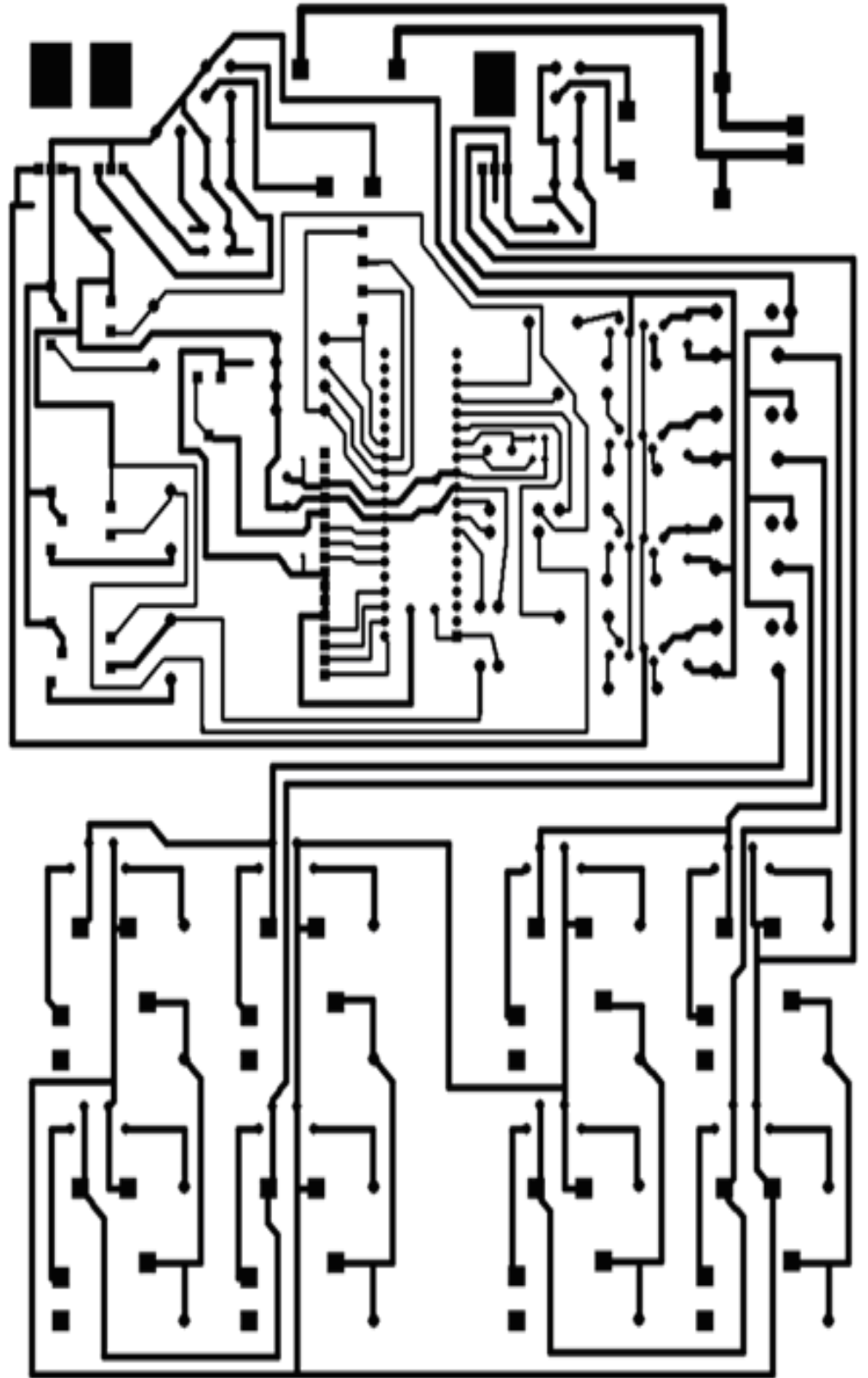
Aynı yöntemle motor B odakla rutinince çalıştırılarak 2. Motor ve aynalarda diğ er LDR ye maksimum ışık gönderir.

Bekleme rutini ise PIC'e hiçbir işlem yaptırmadan sistemin o anki konumunda belirlenen süre kadar bekletmeye yarar.

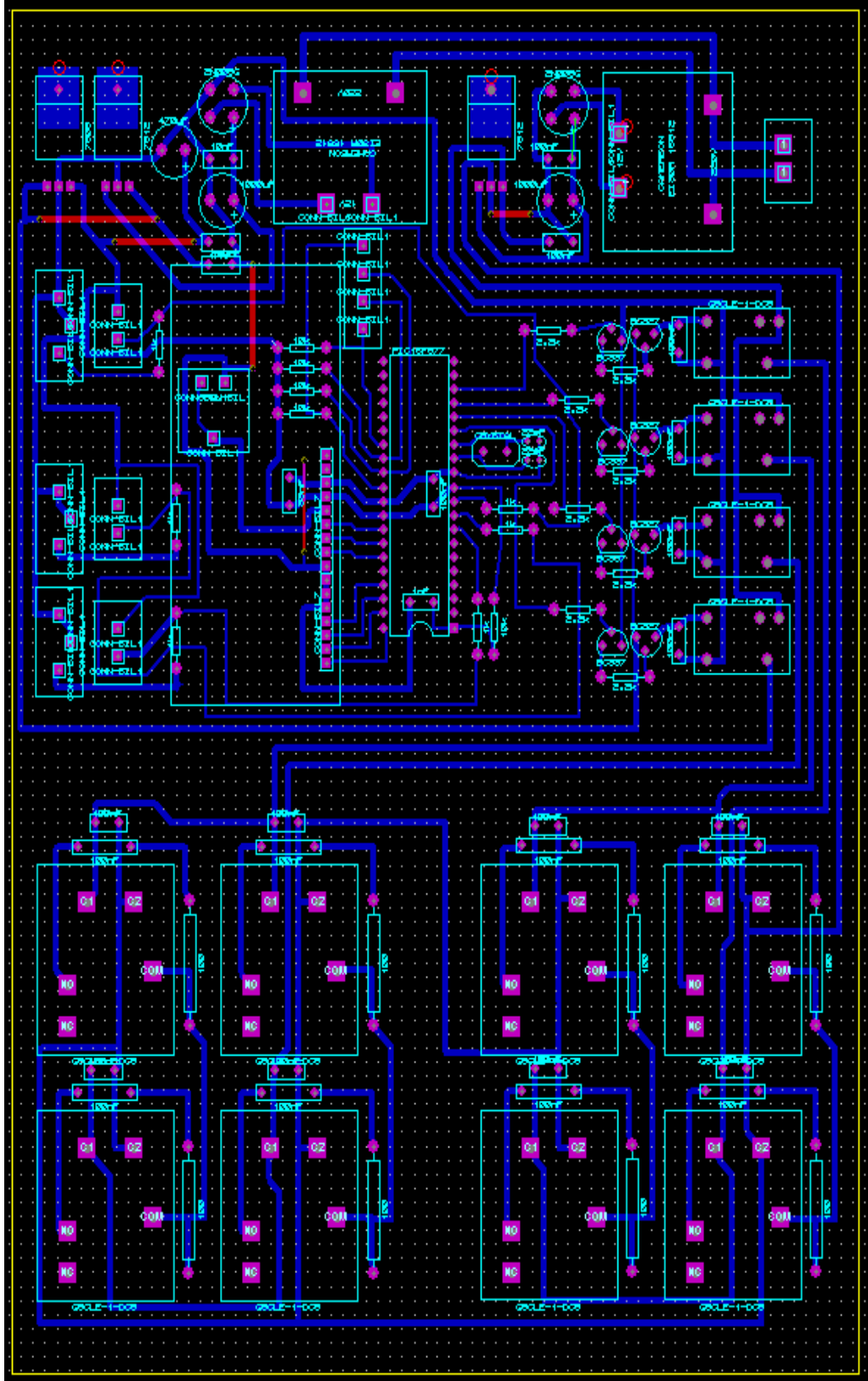


Şekil 5.9. Simülasyon devresi

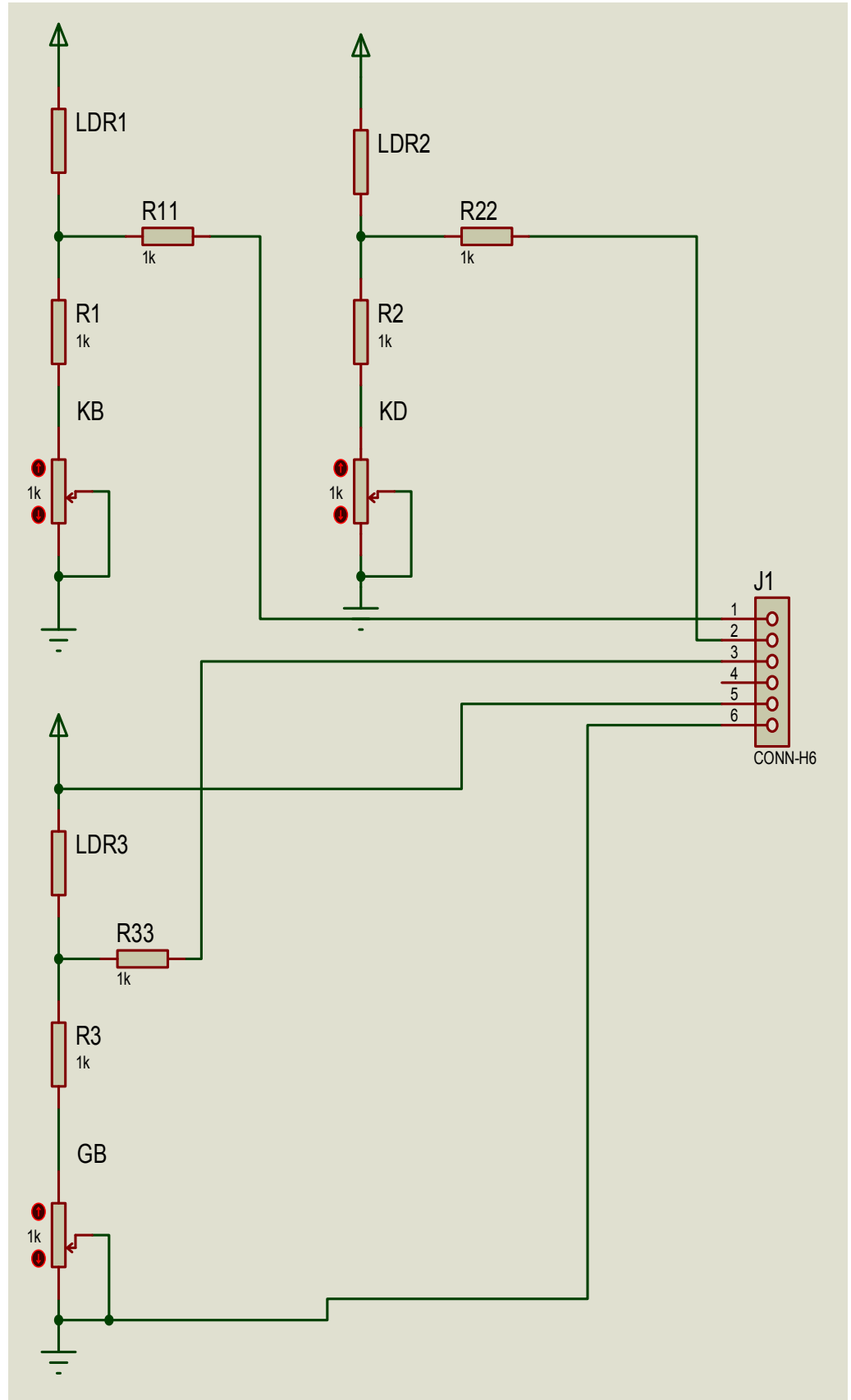




Şekil 5.11. Baskı devre eleman yerleşimi ve yolları ares



Şekil 5.12. Baskı devre alt yolları (üstten görünüş) areş



Şekil 5.13. LDR bağlantı şeması

Za1919dku Usb Data Kablosu

- Elektrik izoleli USB data kablosu.
- 115.2 baud rate aktarım hızı.
- 1,5 metre kablo boyu.

5.1.13. Deney seti iskeleti



Şekil 5.14. Deney seti iskeleti

13 numaralı sistemde deney seti iskeleti kurulmuştur. Deney seti iskeleti 60x40 profilden yapılarak üzerine antipas atılmış ve daha sonra kırmızı yağlı boyayla boyanmıştır.

5.1.14. Elektrik motorları ve koruma sacı



Şekil 5.15. Elektrik motorları ve koruma sacı

14 numaralı sistemde deney setinde bulunan aynaları elektronik karttan aldığı görevler sonunda istenilen açıda döndüren sistem yapıldı. Sistemin üzeri yağmurdan etkilenmemesi için saçla kaplanmıştır.

5.1.15. Aynalar



Şekil 5.16. Aynalar

15 numaralı sistemde deney setinde bulunan aynalar üzerine düşen ışınları odağa yansıtmak için kullanılır. Aynalar paslanmaz krom-nikel saçtan 38x180cm boyutlarında (beş sağda ve beş solda) on tane imal edilmiştir.

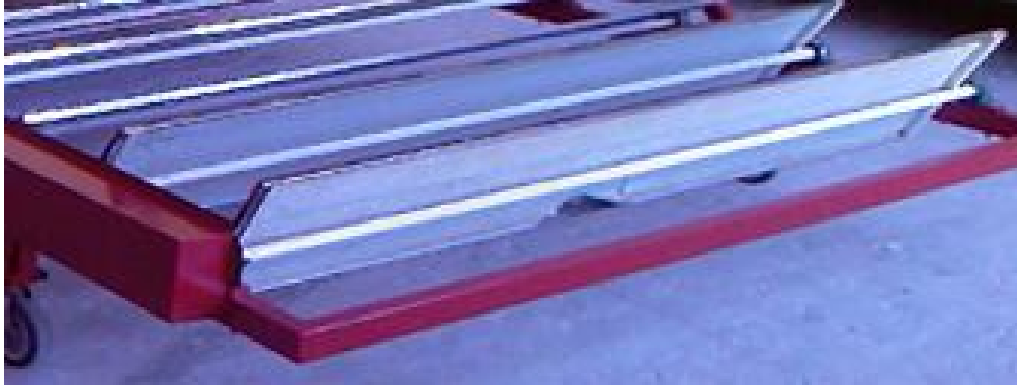
5.1.16. Zincir, dişli sistemi ve koruyucular



Şekil 5.17. Zincir, dişli sistemi ve koruyucular

16 numaralı sistemde deney setinde bulunan aynaların hareketini sağlamak için aynaların bağlandığı millere dişliler bağlanmıştır. Bu dişliler ise birbirine zincirler yardımıyla bağlanmıştır. Motorun dönmesiyle aynalar istenildiği şekilde ve yönde hareket eder. Sistemin üzeri saçlarla kaplanarak dış ortamdan gelebilecek tehlikelere karşı koruma yapılmıştır.

5.1.17. Miller



Şekil 5.18. Miller

17 numaralı sistemde deney setinde bulunan aynalar çekme demir mil üzerine monte edilmiştir. Çapı 25mm olan milin boyu 205cm dir.

5.1.18. Yataklı rulman

18 numaralı sistemde deney setinde bulunan aynaların rahat bir şekilde dönebilmesi için DN 205 kodlu 20 adet yataklı rulman kullanılmıştır.



Şekil 5.19. Yataklı rulman

5.1.19. Algılayıcı



Şekil 5.20. Algılayıcı

19 numaralı sistemde deney setinde bulunan aynaların hareketinde, aynaların çok fazla dönmesini engellemek için hareket sınırlandırıcı otomatik kontrol elemanı algılayıcı bağlanmıştır.

5.1.20. Tekerlekler



Şekil 5.21. Tekerlek

20 numaralı sistemde deney setinin hareketini sağlamak için profil ayaklar yapılarak tekerlekler profil ayaklara monte edilmiştir. Tekerlekler iki ton ağırlık taşıyabilecek şekilde imal edilen özel yük tekerleğidir. Deney setinde dört adet tekerlek vardır.

6. ARAŞTIRMA BULGULARI

6.1. Doğrusal Fresnel Güneş Güç Sistemi



Şekil 6.1. Doğrusal Fresnel kollektör

Doğrusal Fresnel Güneş Güç Sistemleri, son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimin artmasıyla yüksek sıcaklıktaki uygulamalar arasında önem kazanmaya başlayan sistem olarak görülmektedir. Önem kazanmaya başlamasının diğer sebebi ise diğer sistemlere oranla daha basit konstrüksiyon yapısı, kurulum maliyetlerinin daha düşük olması gibi avantajları ile ön plana çıkmaktadır.

Deney setinin çalışması, basit olarak düzlemsel aynalar üzerine düşen güneş ışınımının aynaların ortasında belli yükseklikte bulunan odağa (yalağa) düşmesi şeklindedir. Bunun için ise aynalar miller üzerine monte edilmiş ve kenarlarına özel olarak yapılan dişli çarklar monte edilmiştir. Millerin deney setine bağlanmasında özel yataklı rulmanlar kullanılmıştır. Yapılan bu dişli çarklar birbirlerine ve motora

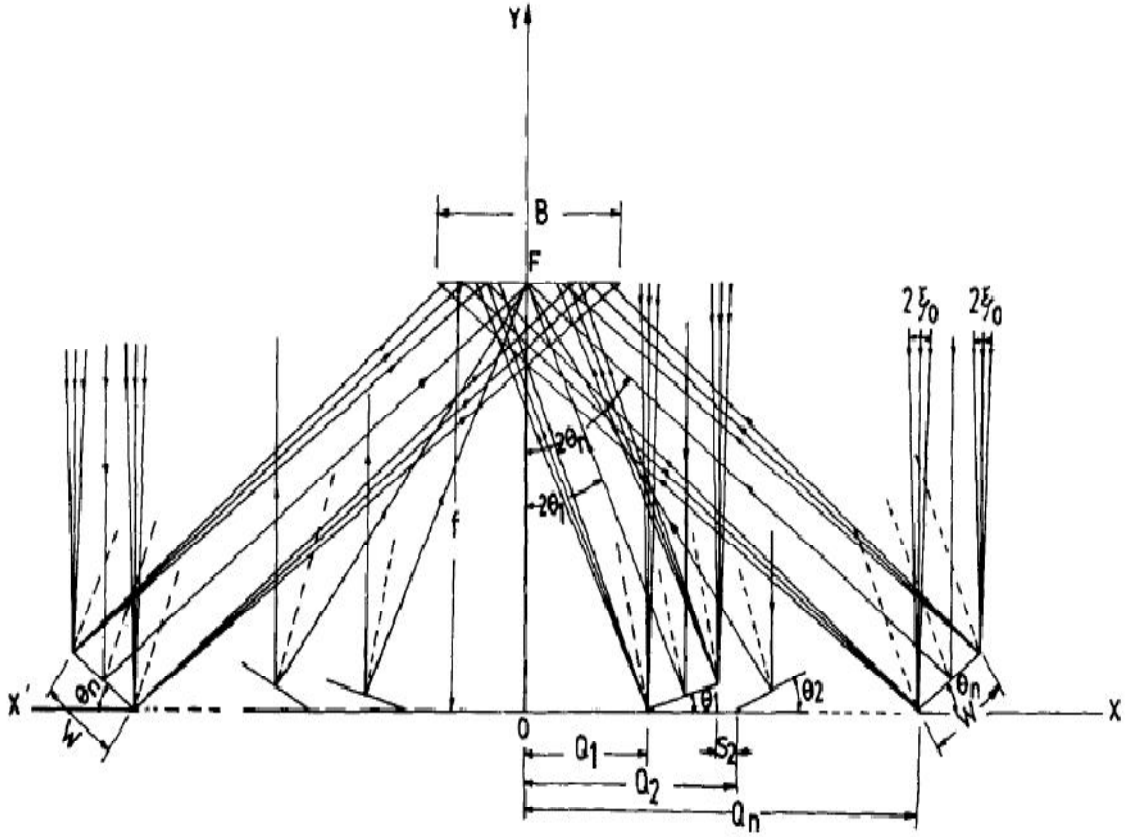
ayrı zincirler yardımıyla bağlanmıştır. Motorların çalışması yapılan elektronik kontrol devresi ve buna uygun yazılan program sayesinde sağlanmıştır. Motorun hareketini veren sistem, ilk önce motorun belli açı aralıklarıyla çalışarak odağa gelen ışınlarını ölçmekte ve daha sonra yüksek olan değere ayna açılarını ayarlamaktadır. İşlem iki motor içinde yapılmakta ve sistem ters döngülü olarak çalışmaktadır. Güneşin yer değişimi (1saatte 15° - 1 dakikada $0,25^{\circ}$ - 4 dakikada 1°) dört dakikada bir olduğu için bu işlemi dört dakikada bir yapmaktadır. Bu sayede aynaların üzerlerine gelen güneş ışınimleri odağa yüksek verimle yansımaktadır. Bu döngünün çalışabilmesi için sistemin gündüz olduğunu algılaması gerekmektedir. Gece konumunda ise sistem çalışmamaktadır. Sistem çalışmaya başladığında, sisteme otomatik olarak su verilmektedir. Daha sonra yine her dört dakikada bir giriş suyu sıcaklığı, çıkış suyu sıcaklığı, giriş suyu debisi, aynaların üzerine düşen ışınlım, odağa düşen ışınlım, ortamın ışınlımı, ortam sıcaklığı, ortamın nemi, ortamın rüzgar hızı gibi değerler alınarak dataloggera kaydedilmektedir. Bu işlem sayesinde yaklaşık olarak beş ay bütün değerlerin kaydı tutulabilmektedir. Daha sonra program sayesinde alınan tüm değerler Word veya Excel programlarına aktarılabilmektedir.

Şekil 6.1’de deneysel çalışma için imal edilen Doğrusal Fresnel Güneş sistemi görülmektedir. Bu sistemde dikkat edilmesi gereken nokta ise aynalar arası mesafelerin birbirlerini gölgelemeyecek şekilde ayarlanabilmesidir.

6.2. Doğrusal Fresnel Kolektör Dizaynı

Doğrusal Fresnel Kolektör sistemlerin dizaynında iki farklı yöntem ön plana çıkmaktadır. Bu yöntemlerin ilkinde seçilen sabit alıcı genişliği ve alıcı yüksekliği kullanılmaktadır. Seçilen bu veriler vasıtasıyla değişen ayna genişlikleri, ayna açıları ve aynalar arası mesafeler hesaplanabilmektedir.

Diğer yöntemde ise seçilen sabit ayna genişlikleri ve alıcı yüksekliğinden faydalanılarak ayna açıları, aynalar arası uzaklıklar ve alıcı genişliği teorik olarak aşağıdaki formüllerde hesaplanmaktadır. Şekil 6.2’de sabit ayna ölçülü sistemin dizayn edilecek sistem parametreleri gösterilmektedir (Mathur et al., 1990).



Şekil 6.2. Doğrusal Fresnel kollektör dizaynı (Mathur et al., 1990)

S_n = Aynalar Arası Uzaklık

$$S_n = W \sin(Q_{n-1}) \tan(2Q_n + \xi_0) \quad (6.1)$$

Q_n = Ayananın Alıcıya Olan Uzaklığı

$$Q_n = Q_{n-1} + W \cos(Q_{n-1}) + S_n \quad (6.2)$$

θ_n = Ayna Açısı

$$\theta_n = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{Q_n + \frac{W}{2} \cos \theta_n}{f - \frac{W}{2} \sin \theta_n} \right) \quad (6.3)$$

f = Alıcı(absorber)yüksekliği

W = Ayna Genişliği

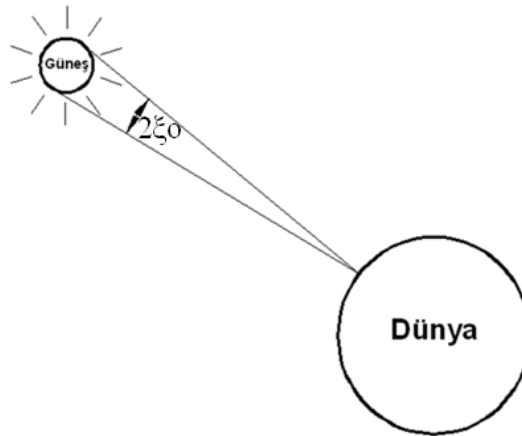
ξ = Güneş Geliş Yarı Açısı

n = Ayna Sayısı

6.3. Ayna Hesapları

Deneysel çalışma için yapılacak olan Doğrusal Fresnel Kollektör Sistem prototipi için alıcının doğusunda ve batısında beşer adet yer almak üzere toplam on adet ayna kullanılmıştır.

Teorik hesaplamalarda kullanılacak olan “ $2\xi_0$ ” Güneş geliş açısı olarak bilinmektedir. Güneş geliş açısı, Güneşin Dünya görünümünde en alt ve en üst noktası arasındaki açı olarak değerlendirilir ve $2\xi_0=32'$ değerindedir. Bu değeri derece cinsinden ifade etmek gerekirse $2\xi_0=32'=32/60^\circ$ olur. Denklemlerde güneş geliş yarı açısı yani $\xi_0=16'=16/60^\circ$ değeri kullanılacaktır. Şekil 6.3'te bu açı gösterilmiştir.



Şekil 6.3. Güneş geliş açısı

Teorik hesaplamalarda her ayna için denklemler yazılmak istenirse;

$$W= 38 \text{ cm}$$

$$f= 180 \text{ cm}$$

$$\xi_0= 16'=(16/60^0)$$

$$Q_A= \frac{W}{2}f \tan \xi_0 \quad (6.4)$$

$$\theta_A= \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{Q_A + \frac{W}{2} \cos \theta_A}{f - \frac{W}{2} \sin \theta_A} \right) \quad (6.5)$$

$$S_B= W \sin(\theta_A) \tan (2\theta_B + \xi_0) \quad (6.6)$$

$$Q_B= Q_A + W \cos(\theta_A) + S_B \quad (6.7)$$

$$\theta_B= \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{Q_B + \frac{W}{2} \cos \theta_B}{f - \frac{W}{2} \sin \theta_B} \right) \quad (6.8)$$

$$S_C= W \sin(\theta_B) \tan (2\theta_C + \xi_0) \quad (6.9)$$

$$Q_C= Q_B + W \cos(\theta_B) + S_C \quad (6.10)$$

$$\theta_C= \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{Q_C + \frac{W}{2} \cos \theta_C}{f - \frac{W}{2} \sin \theta_C} \right) \quad (6.11)$$

$$S_D= W \sin(\theta_C) \tan (2\theta_D + \xi_0) \quad (6.12)$$

$$Q_D= Q_C + W \cos(\theta_C) + S_D \quad (6.13)$$

$$\theta_D= \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{Q_D + \frac{W}{2} \cos \theta_D}{f - \frac{W}{2} \sin \theta_D} \right) \quad (6.14)$$

$$S_E= W \sin(\theta_D) \tan (2\theta_E + \xi_0) \quad (6.15)$$

$$Q_E= Q_D + W \cos(\theta_D) + S_E \quad (6.16)$$

$$\theta_E= \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{Q_E + \frac{W}{2} \cos \theta_E}{f - \frac{W}{2} \sin \theta_E} \right) \quad (6.17)$$

şeklinde denklemler elde edilir.

Yukarıda yer alan denklemler ile aynalar arası mesafeler, aynaların alıcıya olan mesafeleri ve ayna açıları hesaplanabilir.

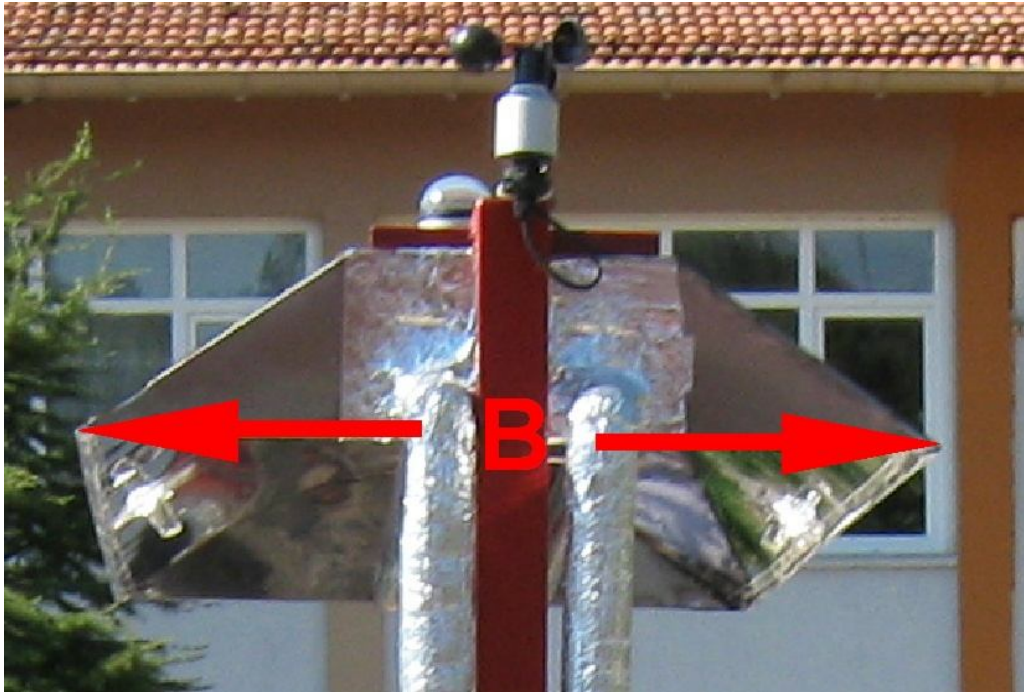
6.4. Absorber (Alıcı) Hesapları

Ayna için gerekli bütün parametreler teorik olarak hesaplandıktan sonra aşağıdaki formül yardımıyla son ayna için hesaplanan veriler doğrultusunda alıcı genişliğinde teorik olarak hesaplanabilir (Mathur et al., 1990).

$$B=2[(Q_k + \frac{W}{2} \cos Q_k \sec 2Q_k) \frac{\sin \xi_0}{\sin 2Q_k \cos (2Q_k + \xi_0)} + \frac{W}{2} \cos Q_k \sec 2Q_k] \quad (6.18)$$

Alıcı Genişliği(B)

k = Tek Taraftaki Toplam Ayna Sayısı=5



Şekil 6.4. Absorber (alıcı) genişliği

Alıcı içerinde ısı transferini daha iyi gerçekleştirebilmek için alıcı dizaynında bakır boru tercih edilmiştir. Ayrıca alıcı uzunluğunun bu tür sistemlere göre kısa olması nedeniyle alıcı içerisindeki bakır boru “U” şeklinde yerleştirilmiştir. Bu sayede ısı transferi için daha fazla yüzey alanı kullanma imkanı elde edilmiştir. şekil 6.4 ve 6.5’de deneysel çalışmada kullanılan absorber (alıcı) grlmektedir.



şekil 6.5. Absorber (alıcı)

6.5. Ayna Takip Sistemi Hesapları

Doğrusal Fresnel Güneş G sistemini tam verimle kullanabilmek için ayna takip sisteminin kurulması gereklidir. Eğer bu kontrol mekanizması kurulmazsa aynaların alıcıyı odaklamaları mümkün olmayacaktır. Güneşin yer değişimi dört dakikada bir olduğu için aynaların odaklama açıları değişecektir. Bu yüzden bu sistemde yüksek sıcaklıklara çıkabilmek için gerekli takip sisteminin kurulması gerekmektedir. Güneş takip için şekil 6.6’de ayna kontrol mekanizması gösterilmiştir.



şekil 6.6. Ayna kontrol mekanizması



Şekil 6.7. Ağustos ayı için ayna yerleşimleri

6.6. Yoğunlaştırma Oranı

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. Kolektörlerde güneş enerjisinin düştüğü net alana "açıklık alanı" ve güneş enerjisinin yutularak 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. ($6,84\text{m}^2/0,180\text{m}^2=38$) Deney setinin yoğunlaştırma oranı 38 dir.

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) 40000

mertebedesindedir. Bu tür kollektörlerde güneş enerjisi, yansıtıcı veya ışın kırıcı yüzeyler yardımı ile doğrusal ya da noktasal olarak yoğunlaştırılabilir. Yoğunlaştırma oranı aşağıdaki denklemler yardımıyla teorik olarak hesaplanabilir. (Mathur et al., 1990)

$$CR=2 \sum_{n=1}^k Cl_n \quad (6.19)$$

$$Cl_n = \frac{W \cdot \cos \theta_n}{r_n} \quad (6.20)$$

$$r_n = r_c + r_r + r_1 \quad (6.21)$$

$$r_c = W \cdot \cos \theta_n \cdot \sec 2\theta_n \quad (6.22)$$

$$r_r = \left(\frac{(\theta_n + W \cdot \cos \theta_n - \frac{W}{2} \cos Q_n \sec 2Q_n)}{\sin 2\theta_n} \right) \cdot \left(\frac{\sin \xi_0}{\cos(2\theta_n - \xi_0)} \right) \quad (6.23)$$

$$r_1 = \left(\frac{(\theta_n + W \cdot \cos \theta_n \cdot \sec 2Q_n)}{\sin 2\theta_n} \right) \cdot \left(\frac{\sin \xi_0}{\cos(2\theta_n - \xi_0)} \right) \quad (6.24)$$

CR= Yoğunlaştırma Oranı

CI = Her Ayna İçin

r_n =Yoğunlaştırma Oranı Yoğunlaştırma Oranı Katsayıları Toplamı

r_c, r_1, r_r = Yoğunlaştırma Oranı Katsayıları

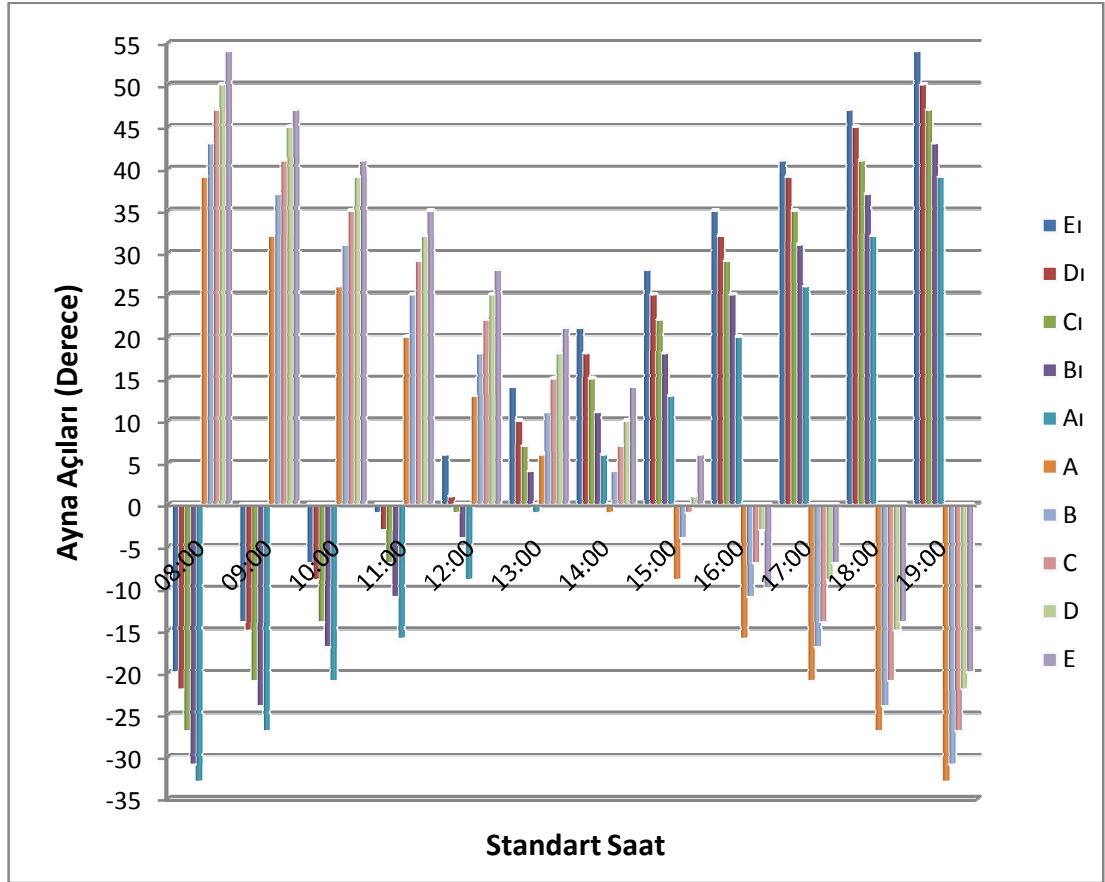
6.7. Yapılan Ölçümler, Grafikler ve Termodinamik Analizler



Şekil 6.8. Deney setinin yandan görünüşü

Çizelge 6.1. Ağustos ayı için saatlik ortalama ayna açıları

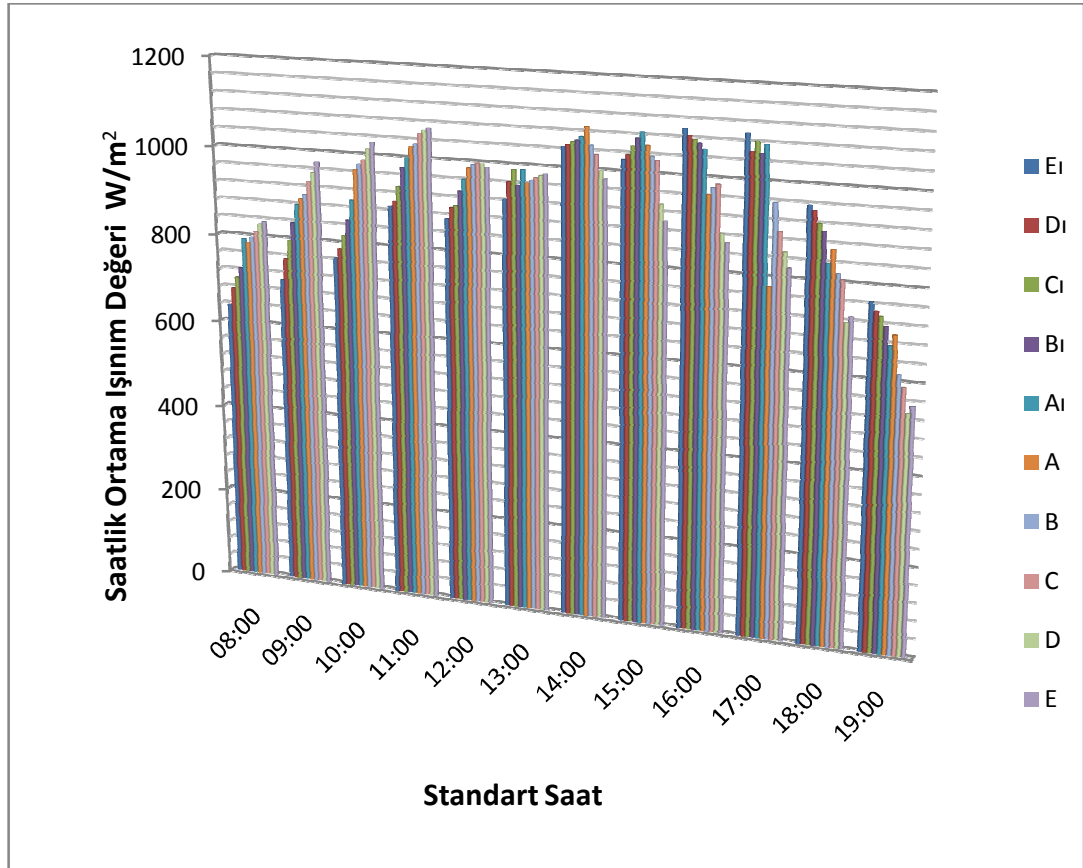
Standart Saat	E'	D'	C'	B'	A'	A	B	C	D	E
08:00	-20	-22	-27	-31	-33	39	43	47	50	54
09:00	-14	-15	-21	-24	-27	32	37	41	45	47
10:00	-7	-9	-14	-17	-21	26	31	35	39	41
11:00	-1	-3	-7	-11	-16	20	25	29	32	35
12:00	6	1	-1	-4	-9	13	18	22	25	28
13:00	14	10	7	4	-1	6	11	15	18	21
14:00	21	18	15	11	6	-1	4	7	10	14
15:00	28	25	22	18	13	-9	-4	-1	1	6
16:00	35	32	29	25	20	-16	-11	-7	-3	-1
17:00	41	39	35	31	26	-21	-17	-14	-9	-7
18:00	47	45	41	37	32	-27	-24	-21	-15	-14
19:00	54	50	47	43	39	-33	-31	-27	-22	-20



Şekil 6.9. Ağustos ayı için saatlik ortalama ayna açıları analizi

Çizelge 6.2. Ağustos ayı için saatlik ortalama ışıınım değęerleri (W/m^2)

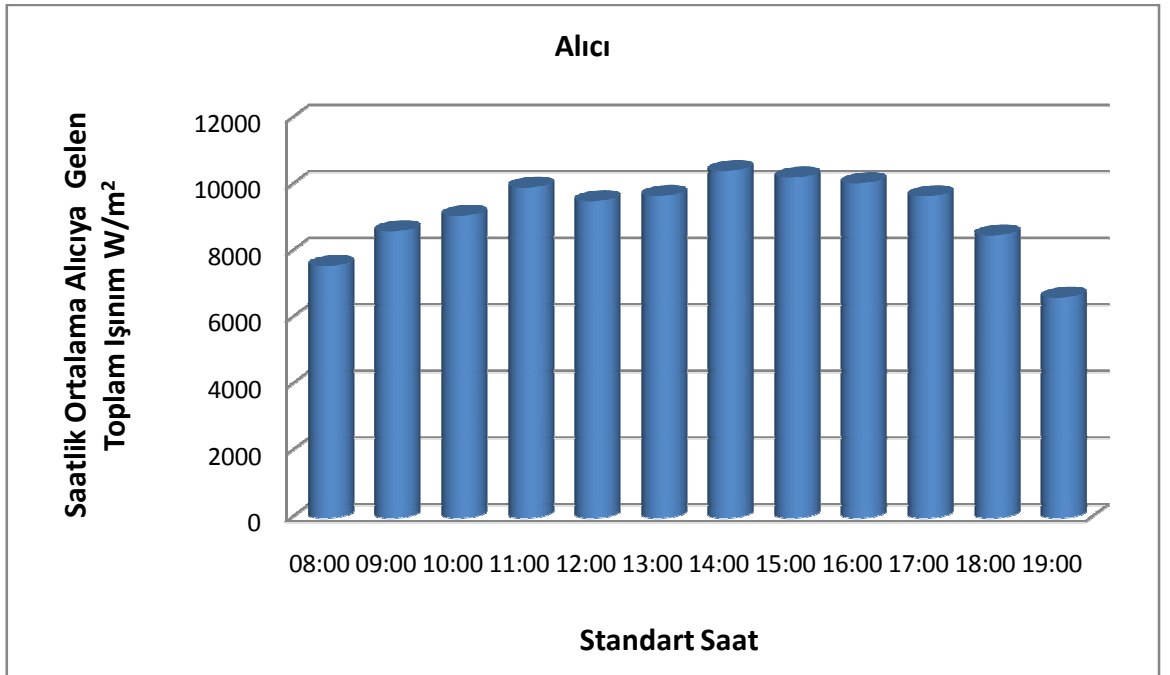
Standart Saat											
	E'	D'	C'	B'	A'	ALICI	A	B	C	D	E
08:00	636	675	701	723	790	7573	783	796	809	827	833
09:00	703	753	795	835	878	8615	891	901	931	952	976
10:00	764	785	816	851	896	9081	965	978	987	1012	1027
11:00	889	901	934	976	998	9932	1024	1030	1053	1061	1066
12:00	871	896	901	933	960	9521	985	993	997	996	989
13:00	923	961	988	955	989	9681	961	968	974	979	983
14:00	1045	1049	1056	1060	1068	10429	1089	1051	1032	998	981
15:00	1025	1036	1055	1072	1086	10232	1058	1036	1027	936	901
16:00	1098	1084	1076	1069	1057	10059	963	978	986	883	865
17:00	1096	1059	1081	1056	1075	9672	778	956	896	854	821
18:00	956	945	919	903	837	8494	867	817	805	716	729
19:00	765	745	735	715	675	6623	698	615	589	535	551



Şekil 6.10. Ağustos ayı için saatlik ortalama ışıınım değęerleri analizi (W/m^2)

Çizelge 6.3. Ağustos ayı için saatlik ortalama alıcıya gelen toplam ışı nım değ erleri (W/m^2)

Standart Saat	ALICI
08:00	7573
09:00	8615
10:00	9081
11:00	9932
12:00	9521
13:00	9681
14:00	10429
15:00	10232
16:00	10059
17:00	9672
18:00	8494
19:00	6623



Şekil 6.11. Ağustos ayı için saatlik ortalama alıcıya gelen toplam ışı nım analizi (W/m^2)

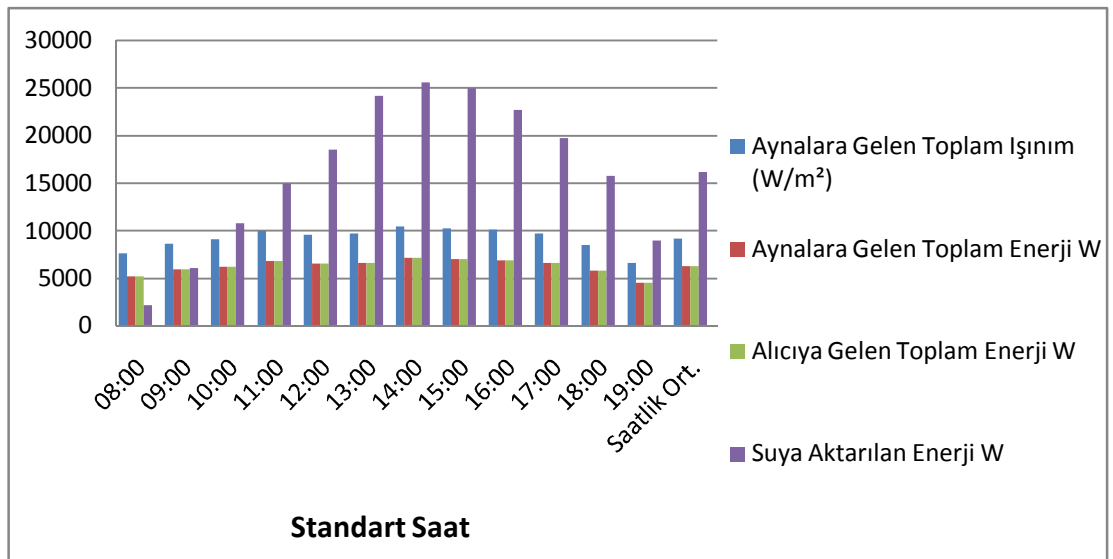
$$\eta = \frac{\text{Suya Aktarılan Isı Enerjisi}}{\text{Alıcıya Gelen Toplam Güneş Enerjisi}}$$

η =Kollektör Isıl Verimi

$$Q = m.c.\Delta T \text{ (Suya Aktarılan Isı Enerjisi)}$$

Çizelge 6.4. Ağustos ayı için saatlik ortalama ışınlım, enerji ve verim değerleri

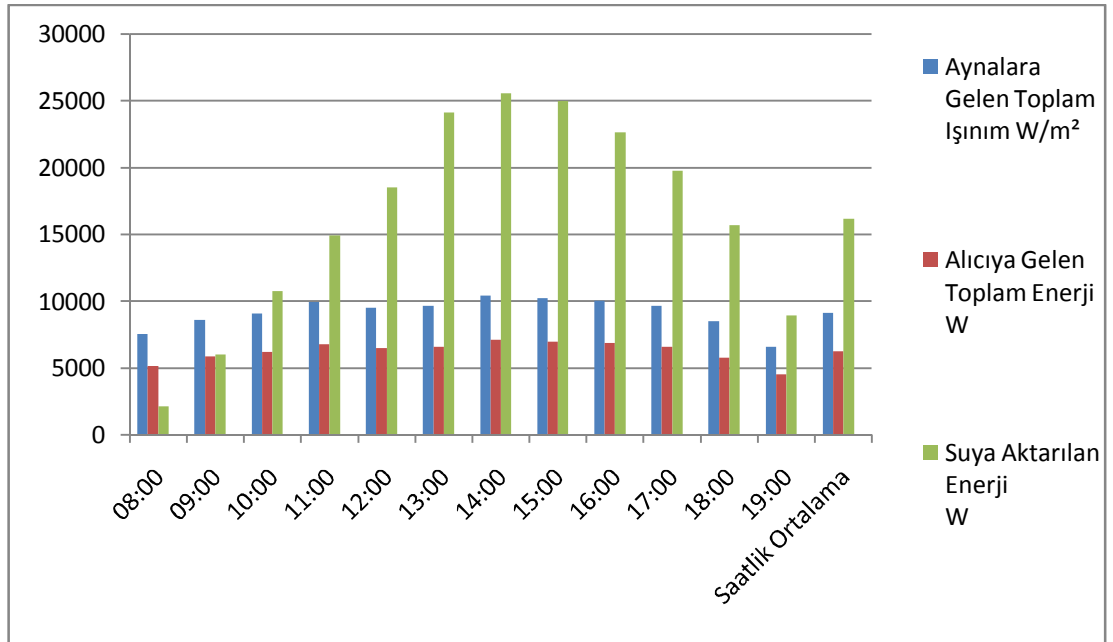
Standart Saat	Aynalara Gelen Toplam Işınlım W/m ²	Aynalara Gelen Toplam Enerji W (0,684 m ²)	Alıcıya Gelen Toplam Enerji W	Suya Aktarılan Enerji W	Kollektör Isıl Verim(% η)
08:00	7573	5179,93	5179,93	2139	4,12
09:00	8615	5892,66	5892,66	6034	10,23
10:00	9081	6211,40	6211,40	10770	17,33
11:00	9932	6793,49	6793,49	14907	21,94
12:00	9521	6512,36	6512,36	18524	28,44
13:00	9681	6621,80	6621,80	24130	36,44
14:00	10429	7133,43	7133,43	25541	35,80
15:00	10232	6998,69	6998,69	24983	35,69
16:00	10059	6880,36	6880,36	22646	32,91
17:00	9672	6615,65	6615,65	19740	29,83
18:00	8494	5809,90	5809,90	15710	27,04
19:00	6623	4530,13	4530,13	8943	19,74
Günlük Toplam	109912	75316,60	75316,60	194067	271,07
Saatlik Ortalama	9159,33	6276,38	6276,38	16172,25	22,59



Şekil 6.12. Ağustos ayı için saatlik ortalama ışınlım, enerji ve verim analizi

Çizelge 6.5. Ağustos ayı için saatlik ortalama kollektör ısı verim değerleri

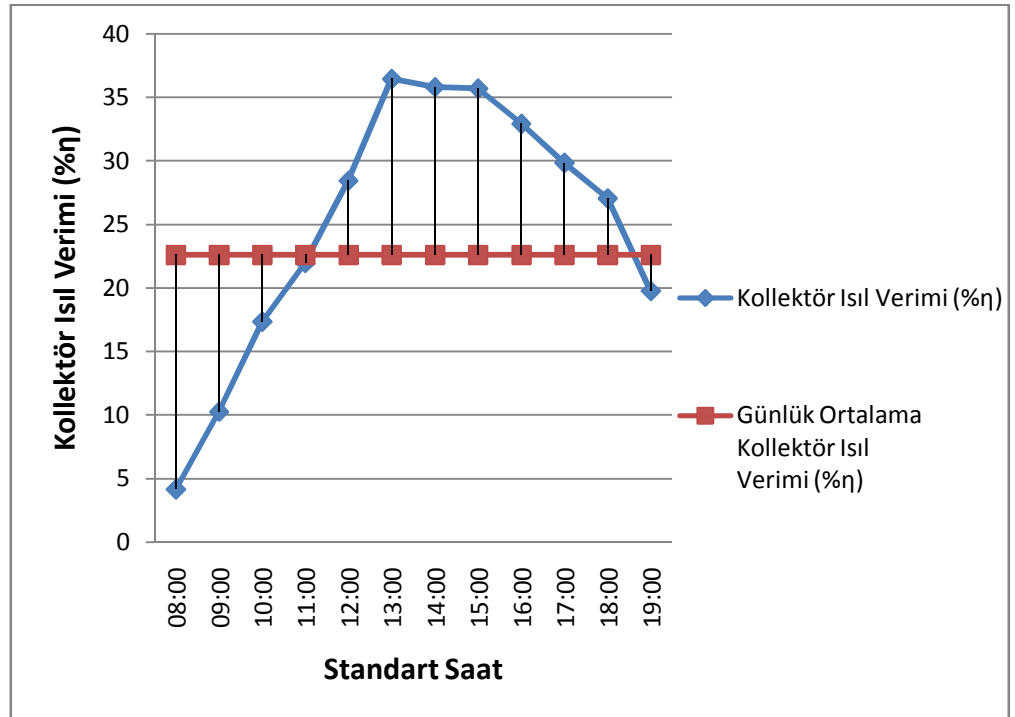
Standart Saat	Aynalara Gelen Toplam Işınım W/m^2	Alıcıya Gelen Toplam Enerji W	Suya Aktarılan Enerji W	Kollektör Isıl Verim($\% \eta$)
08:00	7573	5179,93	2139	4,12
09:00	8615	5892,66	6034	10,23
10:00	9081	6211,40	10770	17,33
11:00	9932	6793,49	14907	21,94
12:00	9521	6512,36	18524	28,44
13:00	9681	6621,80	24130	36,44
14:00	10429	7133,43	25541	35,80
15:00	10232	6998,69	24983	35,69
16:00	10059	6880,36	22646	32,91
17:00	9672	6615,65	19740	29,83
18:00	8494	5809,90	15710	27,04
19:00	6623	4530,13	8943	19,74
Saatlik Ortalama	9159,33	6276,38	16172,25	22,59



Şekil 6.13. Ağustos ayı için saatlik ortalama kollektör ısı verim analizi

Çizelge 6.6. Ağustos ayı için saatlik ortalama verim değerleri

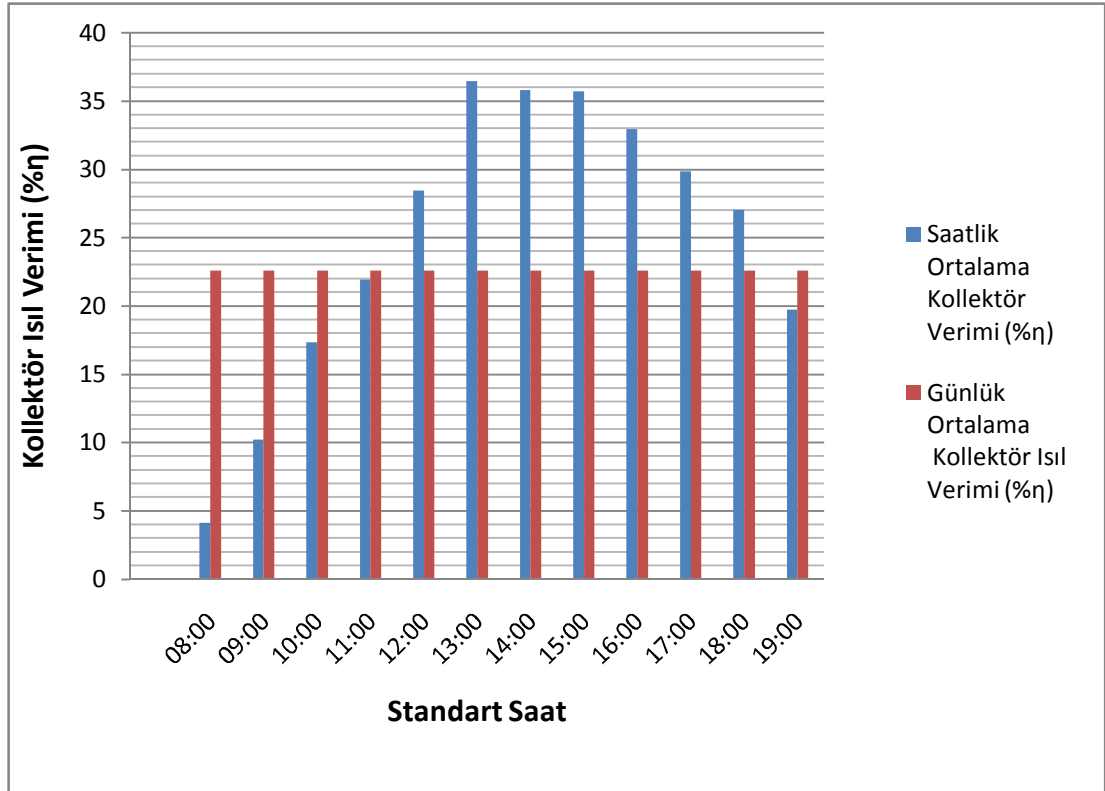
Standart Saat	Kollektör Isıl Verim(%η)
08:00	4,12
09:00	10,23
10:00	17,33
11:00	21,94
12:00	28,44
13:00	36,44
14:00	35,80
15:00	35,69
16:00	32,91
17:00	29,83
18:00	27,04
19:00	19,74
Günlük Ortalama Kollektör Isıl Verim (%η)	22,59



Şekil 6.14. Ağustos ayı için saatlik ortalama verim analizi

Çizelge 6.7. Ağustos ayı için saatlik ve günlük ortalama verimin değerleri

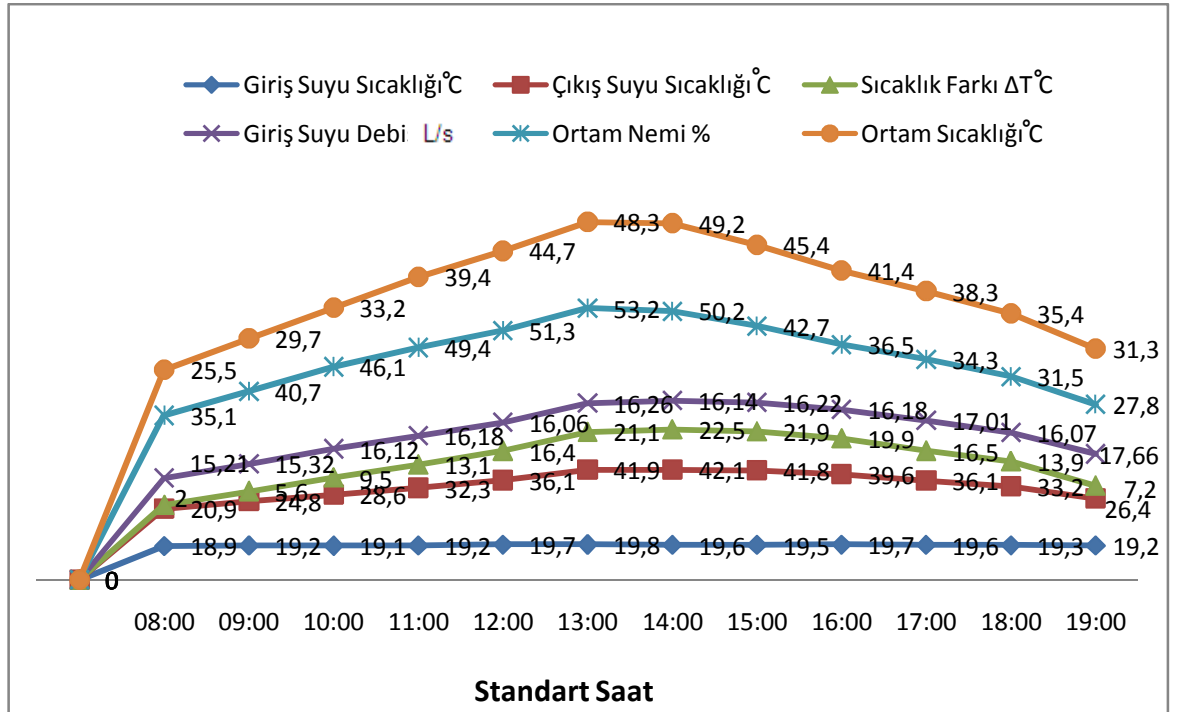
Standart Saat	Saatlik Ortalama Kollektör Isıl Verim(%η)	Günlük Ortalama Kollektör Isıl Verimi (%η)
8:00	4,12	22,59
09:00	10,23	22,59
10:00	17,33	22,59
11:00	21,94	22,59
12:00	28,44	22,59
13:00	36,44	22,59
14:00	35,80	22,59
15:00	35,69	22,59
16:00	32,91	22,59
17:00	29,83	22,59
18:00	27,04	22,59
19:00	19,74	22,59



Şekil 6.15. Ağustos ayı için saatlik ve günlük ortalama verimin analizi

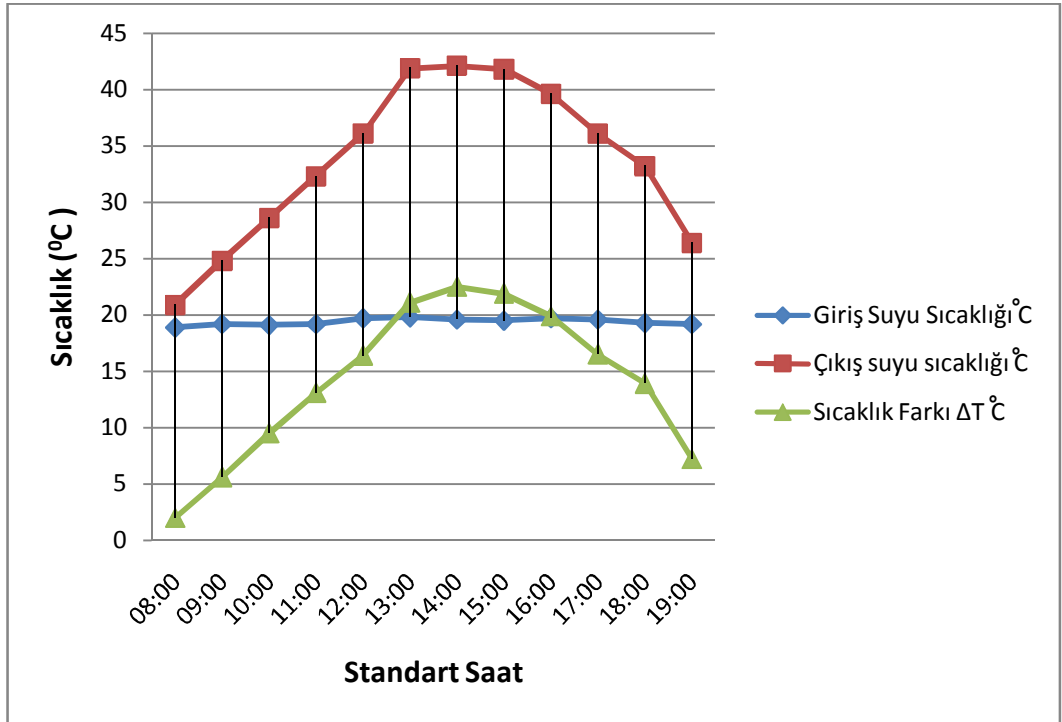
Çizelge 6.8. Ağustos ayı için saatlik ortalama alınan tüm değerler

Standart Saat	1 Giriş Suyu Sıcaklığı °C	2 Çıkış Suyu Sıcaklığı °C	3 Sıcaklık Farkı ΔT °C	4 Giriş Suyu Debisi L/s	5 Ortam Nemi %	6 Ortam Sıcaklığı °C	7 Ortam Rüzgar Hızı m/s	8 Ortam Güneş Enerjileri Verileri W/m2	9 Aynalara Gelen Güneş Enerjisi Verileri W/m2	10 Alıcıya Gelen Toplam Enerji W	11 Suya Aktarılan Enerji W
08:00	18,9	20,9	2,0	15,21	35,1	25,5	0,7	870	7573	5179,93	2139
09:00	19,2	24,8	5,6	15,32	40,7	29,7	1,1	980	8615	5892,66	6034
10:00	19,1	28,6	9,5	16,12	46,1	33,2	0,92	1050	9081	6211,40	10770
11:00	19,2	32,3	13,1	16,18	49,4	39,4	1,3	1070	9932	6793,49	14907
12:00	19,7	36,1	16,4	16,06	51,3	44,7	0,4	1079	9521	6512,36	18524
13:00	19,8	41,9	21,1	16,26	53,2	48,3	0,6	1081	9681	6621,80	24130
14:00	19,6	42,1	22,5	16,14	50,2	49,2	0,56	1090	10429	7133,43	25541
15:00	19,5	41,8	21,9	16,22	42,7	45,4	0,96	1085	10232	6998,69	24983
16:00	19,7	39,6	19,9	16,18	36,5	41,4	0,61	1097	10059	6880,36	22646
17:00	19,6	36,1	16,5	17,01	34,3	38,3	0,47	1098	9672	6615,65	19740
18:00	19,3	33,2	13,9	16,07	31,5	35,4	1,2	990	8494	5809,90	15710
19:00	19,2	26,4	7,2	17,66	27,8	31,3	0,9	796	6623	4530,13	8943



Çizelge 6.9. Ağustos ayı için saatlik ortalama giriş suyu ve çıkış suyunun değerlendirilmesi

Standart Saat	1	2	3
	Giriş Suyu Sıcaklığı °C	Çıkış Suyu Sıcaklığı °C	Sıcaklık Farkı ΔT °C
08:00	18,9	20,9	2
09:00	19,2	24,8	5,6
10:00	19,1	28,6	9,5
11:00	19,2	32,3	13,1
12:00	19,7	36,1	16,4
13:00	19,8	41,9	21,1
14:00	19,6	42,1	22,5
15:00	19,5	41,8	21,9
16:00	19,7	39,6	19,9
17:00	19,6	36,1	16,5
18:00	19,3	33,2	13,9
19:00	19,2	26,4	7,2



Şekil 6.17. Ağustos ayı için saatlik ortalama giriş suyu ve çıkış suyunun analizi

Çizelge 6.10. 23.08.2011 tarihinde bir saatte dört dakikada bir alınan tüm değerler

Standart Saat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Giriş Suyu Sıcaklığı °C	Çıkış Suyu Sıcaklığı °C	Sıcaklık Farkı ΔT °C	Giriş Suyu Debisi L/s	Ortam Nemi %	Ortam Sıcaklığı °C	Ortam Rüzgar Hızı m/s	Ortam Güneş Enerjileri Verileri W/m2	Aynalara Gelen Güneş Enerjisi Verileri W/m2	Alıcıya Gelen Enerji W	Suya Aktarılan Enerji W	Verim (%η)
11:04	19,7	38,3	18,6	15,4	51,3	44,7	0,4	1079	9521	6512,36	20146	32,32
11:08	19,8	38,9	19,1	15,6	51,5	45,2	0,6	1080	9580	6552,72	20956	31,26
11:12	19,9	39,8	19,9	15,9	51,7	45,8	0,5	1077	9621	6580,76	22254	29,57
11:16	19,9	40,2	20,3	16,1	51,9	46,7	0,7	1084	9720	6648,48	22987	28,92
11:20	19,6	41,7	22,1	16,2	52,3	46,3	0,7	1079	9830	6723,72	25180	26,71
11:24	19,8	42,1	22,3	16,4	52,7	47,7	0,3	1089	9751	6669,68	25722	25,92
11:28	19,7	43,5	23,8	16,5	51,7	48,4	0,8	1091	9725	6651,91	27619	24,08
11:32	19,8	44,1	24,3	16,6	52,4	48,8	0,5	1077	9677	6619,06	28371	23,33
11:36	19,8	44,3	24,5	16,9	52,5	49,5	0,9	1073	9621	6580,76	29121	22,59
11:40	19,7	44,6	24,9	16,1	52,8	48,4	0,4	1077	9754	6671,73	28195	23,66
11:44	19,8	45,1	25,3	16,4	52,7	49,1	0,2	1084	9611	6614,96	29185	22,66
11:48	19,7	45,6	25,9	15,5	52,6	49,7	0,7	1076	9678	6619,75	28235	23,44
11:52	19,9	46,7	26,8	15,8	52,9	48,9	0,4	1081	9701	6635,48	29781	22,28
11:56	19,8	47,3	27,5	16,2	53,4	48,5	0,6	1083	9801	6703,88	31333	21,39
12:00	19,8	47,5	27,7	17,1	54,1	48,4	0,6	1086	9675	6617,7	33314	20,02
Saatlik Ortalama Değer	19,78	40,35	23,52	16,18	52,43	47,74	0,55	1081	9684,3	6626,86	24130	25,21

7. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlilerinden biri olan güneş enerjisinin ülkemizdeki potansiyeli oldukça yüksektir. Güneş enerjisi öncelikli olarak sıcak su eldesinde ve yardımcı olarakta mekan ısıtmalarında kullanılmaktadır.

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de enerji ihtiyacının artmaya başlamasıyla beraber yeni arayışlar içerisine girilmesi kaçınılmaz hale gelmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda güneş enerjisinin her alanda kullanılabileceği ve istenilen enerjiye dönüştürülebileceği konusu ayrı bir önem arz etmektedir. Bu nedenle enerji ihtiyacının karşılanması için güneş enerjisine bağlı olarak yapılan sistemlerin araştırılması ve yaygınlaştırılması için yapılan çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Bu duruma paralel olarak güneş takip sistemlerinin kullanımı daha önemli hale gelmektedir. Böylece kurulan sistemler, güneş takip sistemleri sayesinde daha verimli ve kullanışlı hale gelmektedir.

Bu tez çalışmasıyla öncelikle, Doğrusal Fresnel Güç Sistemler alanında yapılmış çalışmalar incelenmiş, daha sonra tespit edilen eksikliklerin giderilmesi ve sistem veriminin artırılması için izlenecek yol belirlenmiştir. Daha sonra tasarlanan deney setini oluşturmak için gerekli malzemeler temin edilmiş ve Doğrusal Fresnel Güç Sistemi deney seti kurulmuştur. Kurulum aşamasından sonra, sistem deneme amaçlı olarak çalıştırılıp eksiklikleri tamamlanmış ve değer alma aşamasına geçilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre deney setinin kolektör ısı veriminin günlük ortalaması %23'lere yaklaşmaktadır. Bu sistem seri olarak bağlanırsa buhar elde edilmesi mümkün hale gelmektedir. Elde edilecek buhar, soğutma, elektrik üretimi, kurutma, tuzlu sudan tatlı su elde etme, ısıtma, tekstil, gıda gibi önemli endüstriyel alanlarda kullanılabilmektedir. Deney setinde akışkan olarak su kullanılmıştır. Ancak üretilen Doğrusal Fresnel Güç Sistemlerinde, su yerine yağ ve soğutucu akışkan kullanılmasıyla elde edilecek buhar sıcaklığını yüksek değerlere çıkarmak mümkündür.

Yapılan alışmalar neticesinde Doğrusal Fresnel Güç Sistemlerin, lkemizde güneş potansiyelinin yüksek olduğu Akdeniz, Ege ve Güneydoğu Anadolu gibi bölgelerde ağırlıklı olarak kullanılabileceği düşünlmektedir. Yapılan alışmada Akdeniz iklim kuşağında yer alan Isparta tercih edilmiştir.

Deney setinde yer alan mekanik, elektrik, elektronik, güç aktarım sistemleri ve diğer tüm ekipmanlar tamamen yerli kaynaklardan temin edilmiştir. Bu nedenle doğrusal fresnel güç sistemlerinin üretim, kurulum ve bakımı yerli sermayeye dayalı olarak gerçekleştirilebilir. Bu durum Doğrusal Fresnel Güç Sistemlerinin lkemizde tercih edilmesinde belirleyici olacaktır. Aynı zamanda benzer yoğunlaştırıcı sistemlerle kıyaslandığında Doğrusal Fresnel Güç Sistemlerindeki birim maliyetlerin düşük olması da diğer bir tercih sebebidir.

Deney seti çalıştırıldıktan sonra bazı aksiliklerle de karşılaşılmıştır. Güneşin aynalara göre doğu-batı yönündeki açısı sürekli olarak değiştiği için odağa gelen ışınlamaların kaymasına sebep olmaktadır. Bu nedenle yoğunlaştırıcının ve yalağın uzunluğunun, ayna boylarından daha uzun olması gerektiği görülmüştür. Diğer bir önemli husus ise ilk aynanın odak hizasından biraz daha geride olması gerektiğidir. Sebebi ise yoğunlaştırıcının genişliğinin büyük olmasından dolayı ilk aynalarda zaman zaman kısmi gölgelenmelerin olmasıdır.

Deney setinde on adet ayna plaka vardır. Bu aynaların açıları her dört dakikada değişmektedir. Ayna açılarının doğruluğu teorik hesaplar ve uygulama neticesinde düzenlenmiş ve aynaların gelen güneş enerjisini odağa odakladığı görülmüştür.

Aynalara gelen güneş enerjisi solar metre ile ölçülmüş olup teorik değerlere çok yakın olduğu görülmüştür. Ancak alıcıya gelen güneş enerjisi ölçülememiştir. Dolayısıyla alıcı verim ve kayıplar belirlenememiştir.

Aynalara gelen enerjinin tamamının alıcıya yansıtıldığı düşünlmüş ve kollektör ısı verimi buna göre hesaplanmıştır. Suya aktarılan enerji suyun debisi, giriş ve çıkış sıcaklığı ölçülerek tesbit edilmiştir. Suya aktarılan enerji ile alıcıya gelen enerji orantılanarak ısı verim hesaplanmıştır. Buna göre ısı verim sabah saatlerinden

itibaren artarak saat 13:00'te %36,44'e kadar ulaşmıştır. Alıcıya gelen enerjinin kayıpları da düşünöldüğünde bu kadar olmayacağı düşünölürse, verimde daha büyük olacağı görölmektedir.

Deney setinde görölen dizayn hataları ve ölçüm eksiklikleri ileriki bir çalışmada düzeltilebilir ve bu sistemle ilgili daha fazla bilgi elde edilebilir.

Bu çalışmada Termodinamiğin 2. yasa analizi yapılmamıştır. Doktora çalışmasında yapılması düşünölmektedir. Ede edilen veriler sonraki çalışmalarda yardımcı olacaktır.

Sonuç olarak güneş sistemleri içerisinde, Doğrusal Fresnel Güç Sistemlerinin büyük bir önem arz ettiğı görölmektedir. Bu sistemin tercih edilmesinde etkili olan başlıca sebepler; buhar elde edilebilmesi, verimin yüksek olması, ilk yatırım ve bakım maliyetinin düşük olması, enerji üretim birim maliyetinin düşük olması ve tamamen yerli teknoloji ile üretilebiliyor olmasıdır. Sistemin artılarının bu derece çok olması, birçok alanda başarıyla uygulanabileceğini göstermektedir.

8. KAYNAKLAR

- Akkaya, S., 2007. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Açısından Önemi Ve Bir Rüzgar Enerjisi Uygulaması. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Eğitimi ABD, Yüksek Lisans Tezi, 85s, Elazığ.
- Anonim, 2003. Güneş enerjisi ile elektrik üretimi. Z.K.Ü Karabük Tek. Eğt. Fak. Karabük
- Anonim, 2011. İnternet Sitesi. <http://stirlingengines.blogspot.com/2008/06/isko-rahip-reverent-robert-stirling.html>. Erişim Tarihi : 15.02.2011
- Bilgiustam, 2011 bilgi ustam internet sitesi <http://bilgiustam.com> Erişim Tarihi: 14.10.2011
- Burbidge, D., Mills, D.R., Morrison, G.L., 2006. Stanwell solar thermal power Project. <http://www.solarthermalworld.org/node/1171> Erişim Tarihi: 05.06.2011
- Deris, N., 1979. Güneş Enerjisi Sıcak Su ile Isıtma Tekniği. Sermet matbaası, İstanbul.
- EİE., 2003. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü. İnternet Sitesi. <http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/gunes.html> Erişim Tarihi: 20.06.2011
- EİE., 2011. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü. İnternet Sitesi. <http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/gunes.html> Erişim Tarihi: 20.06.2011
- Ergün, E., 2011. Tekstil İşletmelerinin Enerji Temininde Doğrusal Fresnel Güneş Güç Sistemlerinin Kullanılması, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 107s, Isparta
- Gunes enerjisi üzerine, 2011 güneş enerjisi üzerine internet sitesi <http://gunesenerjisi.uzerine.com/index.jsp?objid=653> Erişim Tarihi: 23.07.2011
- Gunes sistemleri,2011 güneş sistemleri internet sitesi <http://www.gunessistemleri.com/sistemler.php> ErişimTarihi: 14.09.2011
- Haberle, A., Zahler, C., Lerchenmüller, H., Mertins, M., Wittwer, C., Trieband, F., Dersch, J., 2002. The solarmundo line focussing Frensel collector. Optical and thermal performance and cost calculations. http://solarpaces-csp.org/CSP_Technology/docs/solarpaces_fresnel_9_2002.pdf Erişim Tarihi: 09.08.2011

Hoşaf, E., 2008. Tekstil Yapılı Güneş Kollektörünün Araştırılması ve Geliştirilmesi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi, 89s, İzmir

Kennedy, C.F., Terwilliger, K., 2004. Optical Durability of Candidate Solar Reflectors. National Renewable Energy Laboratory (NREL), Cole Boulevard.

Kılıç, A., Öztürk, A., 1983. Güneş Enerjisi. Kipaş Dağıtımçılık, s331, İstanbul.

[kimyamuhendisi.](http://www.kimyamuhendisi.com/dokumanlar/cat_view/13-ders-notlar.html), 2011 kimya mühendisi internet sitesi http://www.kimyamuhendisi.com/dokumanlar/cat_view/13-ders-notlar.html Erişim Tarihi: 20.06.2011

Mathur, S.S., Negi, B.S., Kandpal, T.C., 1990. Geometrical designs and performance analysis of a linear Fresnel reflector solar concentrator with a flat horizontal absorber. International Journal of Energy Research, 14, p107-124, India.

Mills, D.R., Morrison, G.L., 2000. Compact linear fresnel reflector solar thermal powerplants. <http://www.mendeley.com/research/compact-linear-fresnel-reflector-solar-thermal-powerplants/> Erişim Tarihi: 12.07.2011

Mills, D.R., Le Lievre, P., Morrison, G.L., 2004. First results from compact linear fresnel reflector installation. Sydney NSW. http://opensourceecology.org/wiki/Steam_Engine_Efficiency Erişim Tarihi: 02.05.2011

Mills, D.R., Morgan, R., 2007. Solar thermal power as the plausible basis of grid supply. http://www.ausra.com/pdfs/T_1_1_David_Mills_2049.pdf Erişim Tarihi: 09.06.2011

Mills, D.R., Morrison, G.L., Le Lievre, P., 2006. Project proposal for a compact linear fresnel reflector solar thermal plant in the Hunter Valley, Australia. <http://www.mendeley.com/research/project-proposal-compact-linear-fresnel-reflector-solar-thermal-plant-hunter-valley/> Erişim Tarihi: 12.07.2011

Mills DR., 2001. Solar thermal electricity. Solar energy: the state of the art, p.577–651, Germany: ISES.

Nelson D.T., Evans D.L., Bansal R.K., 1975. Linear Fresnel lens concentrators. Solar Energy, 17, 285–9.

Oktik, Ş., Tozlu C., Eke, R., Eltez, M., 2005. Güneş Enerjisi ve Muğla Üniversitesi Temiz Enerji Kaynakları Araştırma Geliştirme Merkezi (Mütek-Arge) uygulamaları. 24. Enerji Verimliliği Haftası Etkinlikleri, Ankara.

- O'Neill, M.J., McDaniel A.J. 1994. Fourth Generation Concentrator sSystem: From the lab to the factory to the field. IEEE First World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, Conference Record of the Twenty Fourth IEEE Photovoltaic Specialists Conference, Hawaii.
- Platzer, W., 2010. The potential of medium scale solar thermal power and solar polygeneration. http://www.solarpaces2010.org/SolarPace2010_programme.pdf Erişim Tarihi: 03.06.2011
- Pye, J., Morrison, G., Behnia, M., 2006. Pressure drops for direct steam generation in line-focus solar thermal systems. <http://solar-thermal.anu.edu.au/wp-content/uploads/Pye-paperSol06.pdf> Erişim Tarihi: 03.06.2011
- Sayın, S., 2006. Yenilenebilir Enerjinin Ülkemiz Yapı Sektöründe Kullanımının Önemi Ve Yapılarda Güneş Enerjisinden Yararlanma Olanakları. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık ABD, Yüksek Lisans Tezi, 131s, Konya.
- Schneider, K., 2007. Solar electricity on a large scale linear fresnel collectors for solar thermal power stations in a practice test. http://www.innovations-report.com/html/reports/energy_engineering/report-82659.html Erişim Tarihi: 22.04.2011
- Selbaş, R., şencan şahin, A., Yılmaz, F., Özdemir, A., Dostuçok, İ., 2011. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi-I. Termo-Klima. Sayı:34 Sayfa140-141
- Selbaş, R., şencan şahin, A., Yılmaz, F., Özdemir, A., Dostuçok, İ., 2011. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi-II. Termo-Klima. Sayı:35 Sayfa136-143
- Selbaş, R., şencan şahin, A., Yılmaz, F., Özdemir, A., Dostuçok, İ., 2011. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi-III. Termo-Klima. Sayı:36 Sayfa 138-142
- şenol, R., 2005. Güneş İzlemeli Fotovoltaik Pillerin Mobil Ölçüm İstasyonlarına Uygulanması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi, 130s, Isparta.
- Solar-bazaar, 2011 Norm Enerji Sistemleri internet sitesi <http://www.solar-bazaar.com/gunes.asp?id=115> Erişim Tarihi: 23.06.2011
- Unienerji, 2010. Yenilenebilir EnerjiBlogu, <http://www.unienerji.com>. Erişim Tarihi: 13.11.2011
- Z'Graggen, 2008. Solar gasification of carbonaceous materials- Reactor design, modeling and experimentation, Pht thesis <http://e-collection.library.ethz.ch/eserv/eth:30596/eth-30596-02.pdf> Erişim Tarihi: 10.04.2011
- Wikipedia, 2011. internet sitesi <http://en.wikipedia.org> Erişim Tarihi: 05.09.2011

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İhsan DOSTUÇOK
Doğum Yeri ve Yılı : Manisa/Turgutlu / 1982
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dil : İngilizce



Eğitim Durumu (Kurum ve Yılı)

Lise: Turgutlu Endüstri Meslek Lisesi Elektrik Bölümü 1999

Ön Lisans: Ankara Üniversitesi Kastamonu Meslek Yüksekokulu Elektrik Bölümü
2002

Lisans: Süleyman Demirel Üniversitesi Makine Eğitimi Tesisat Öğretmenliği 2007

Yüksek Lisans: Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine
Eğitimi Ana Bilim Dalı 2008 – 2011 Yatay Geçiş Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı 2011–2012

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yılı: Süleyman Demirel Üniversitesi Keçiborlu
Meslek Yüksekokulu Elektrik ve Enerji Bölümü Öğretim Görevlisi