GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİNDE KULLANILAN DAİRESEL BORULU KOLLEKTÖR İLE OVAL BORULU KOLLEKTÖRLERİN DENEYSEL İNCELENMESİ

Hasan DAĞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARALIK 2005
ANKARA

GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİNDE KULLANILAN DAİRESEL BORULU KOLLEKTÖR İLE OVAL BORULU KOLLEKTÖRLERİN DENEYSEL İNCELENMESİ

Hasan DAĞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARALIK 2005
ANKARA

Hasan DAĞ tarafından hazırlanan GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİNDE KULLANILAN DAİRESEL BORULU KOLLEKTÖR İLE OVAL BORULU KOLLEKTÖRLERİN DENEYSEL İNCELENMESİ adlı bu tezin .yüksek lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd.Doç.Kurtuluş BORAN

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Makine Eğitimi Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Prof. Dr. Ethem Sait ÖZ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Kurtuluş BORAN (Danışman)

Üye : Prof. Dr. H. Güçlü YAVUZCAN

Üye : Doç. Dr. Hacı Mehmet ŞAHİN

Üye : Doç. Dr. Adnan SÖZEN

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİNDE KULLANILAN DAİRESEL BORULU KOLLEKTÖR İLE OVAL BORULU KOLLEKTÖRLERİN DENEYSEL İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Hasan DAĞ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Aralık 2005

ÖZET

Bu çalışmada ülkemizde ve dünyada çok kullanılan düzlem yüzeyli kolektörlerde kullanılan boruların şeklinin değiştirilerek deneysel incelenmesi yapılmıştır.Bu sebeple bütün özellikleri aynı olan, sadece kolektör boru şekilleri farklı olan iki adet sistem yapılmıştır.Kollektörlerin birinde klasik dairesel kesitli boru, diğerinde ise ısı ve basınç altında oval hale getirilmiş borular kullanılmıştır.Her iki sistemde aynı şartlarda on gün boyunca deneyler yapılmıştır. Yapılan deneylerden çıkan sonuç oval borulardan yapılmış kolektörün verimi %46,34 , dairesel borulu kolektörün verimi ise %43,84 olarak tespit edilmiştir.Bu sonuçlara göre kollektör yapımında kullanılan dairesel kesitli borular yerine oval şekle getirilmiş boruların kullanılması ile verimin %5,7 oranında artacağı tarafımızdan tespit edilmiştir.

Bilim Kodu : **708. 3.015**
Anahtar Kelimeler :**Güneş enerjisi,kollektör,doğal sirkülasyon,endirek sistem, verim**
Sayfa Adedi : **72**
Tez Yöneticisi : **Yrd.Doç.Dr.Kurtuluş BORAN**

THE EXPERIMENTAL EXAMINATION OF COLLECTORS WITH CURCILAR PIPES AND ELIPTIC PIPES COMPARATIUELY IN SOLAR ENERGY

(M.Sc. Thesis)

GAZI UNIVERSITY

INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

December 2005

ABSTRACT

In this study , the experimental examination of the pipes used in plane surfaced collectors which are very popular both in our country and in the world by chancing its shape has been done .For this reason two types of systems are formed which have same features except the collector pipe shapes.In one of the systems a classical curcilar section pipe is used and on the other eliptic pipes which were shaped under heat and pressure are used. A ten days experiments have been done with these two systems under the same conditions. According to the results of these experiments, it is seen that the productivity of eliptic pipes used collector is 46,34% and the productivity of curcilar section used collector is 43,84% Due to the results using the eliptic pipes will increase the productivity 5,7 %, rather than curcilar section pipes while manufacturing the collectors.

Science Code : 708. 3.015
Key Words : Solar energy ,collector ,natural circulation, indirect system, performance
Page Number: 72
Adviser :Assoc.Prof.Kurtuluş BORAN

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Yrd.Doç. Dr. KURTULUŞ BORAN'a yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım araştırma görevlisi MUSTAFA AKTAŞ'a, deney setlerinin hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen MUSTAFA SARIASLAN'a, çevirilerde yardımcı olan ABDULKADİR GÖKMEN arkadaşıma ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli eşime teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET ……..……...iii

ABSTRACT …….....iv

TEŞEKKÜR …….....v

İÇİNDEKİLER……vi

ÇİZELGELERİN LİSTESİ…….....…….ix

ŞEKİLLERİN LİSTESİ ……...x

SİMGELER VE KISALTMALAR …….....xii

1. GİRİŞ …….……..1

2. LİTERATÜRTARAMASI …….....3

3. GÜNEŞ ENERJİSİ …….....8

3.1. Güneş Enerjisi Nedir?.....8

3.2. Güneş Işınımı…….9

3.3. Güneş Enerjisinin Sağladığı Avantajlar…….……..10

3.4. Güneş Enerjisinin Kullanımındaki Problemler……....11

3.5. Ülkemizin Güneş Enerji Potansiyeli……....12

3.6. Güneş Enerjisinin Geleceği…….....14

4. GÜNEŞ ENERJİSİNİN KULLANIM ALANLARI……..16

4.1. Isıl Uygulamalar……...16

4.1.1. Düşük sıcaklık uygulamaları…….....16

4.1.2. Orta sıcaklık uygulamaları…….....18

4.1.3. Yüksek sıcaklık uygulamaları…….....18

4.2. Fotovoltaik Uygulamalar……..20

Sayfa

4.2.1. Güneş pili uygulamaları…….....20

4.3. Pasif Güneş Enerjisi Uygulamaları……...21

5. GÜNEŞ ENERJİLİ SICAK SU HAZIRLAMA SİSTEMLERİ……..…...22

5.1. Tabii Sirkülasyonlu Sistemler……..……...…….23

5.2. Pompalı Sistemler…….....25

5.3. Direkt Sistemler……...27

5.4. Endirekt Sistemler……....27

5.5. Güneş Kollektörleri…….....29

6. GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ…….....30

6.1. Düz Yüzeyli Kolektörler……...31

6.1.1. Saydam örtü…….34

6.1.2. Yutucu yüzey……...35

6.1.3. Seçici yüzey…….....36

6.1.4. Isı yalıtımı ve kasa…….....37

6.1.5. Akışkan taşıyan borular…….....39

6.1.6. Depolama tankları…….....39

6.1.7. Boru çapı ve levha kalınlığı…….…39

6.2. Yoğunlaştıran Kollektörler……..……....40

6.3. Vakum Tüplü Güneş Kolektörleri……....41

6.3.1. Yutucu yüzey……...42

6.3.2. Cam tüpler…….....43

6.3.3. Bağlantı ve ekler……..43

Sayfa

7. MATERYAL METOD……...44

7.1. Deney Setlerinin Hazırlanması……....44

8. DENEYLERİN YAPILIŞI…….....46

9. DENEY SONUÇLARI ……..47

9.1. Sistemlerden Elde Edilen Sıcaklık Değerleri ve Karşılaştırmalı Grafikler……...…….....47

9.2. Enerji Hesaplamaları…….57

9.2.1. Sistemlere verilen enerji…….…….....57

9.2.2. Sistemlerden elde edilen enerji…….…….....57

9.2.3. Eğik düzleme gelen radyasyon değerleri.……...58

9.2.4. Sistemlerin verimleri….……..59

9.2.5. Sistemlerden elde edilen enerji ve verim hesaplamaları…….....60

10. SONUÇ VE ÖNERİLER…….....69

KAYNAKLAR……...70
ÖZGEÇMİŞ……....72

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge-1.1. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli……....13

Çizelge1.2. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı…….....14

Çizelge 9.1 13 temmuz 2005 günü sistemlerden ölçülen sıcaklık değerleri…….....47

Çizelge 9.2 14 Temmuz 2005 günü sistemlerden ölçülen sıcaklık değerleri……48

Çizelge 9.3 15 Temmuz 2005 günü sistemlerden ölçülen sıcaklık değerleri….....49

Çizelge 9.9 25 Temmuz 2005 günü sistemlerden ölçülen sıcaklık değerleri……50

Çizelge 9.4 18 Temmuz 2005 günü sistemlerden ölçülen sıcaklık değerleri……....51

Çizelge 9.5 19 Temmuz 2005 günü sistemlerden ölçülen sıcaklık değerleri……52

Çizelge 9.6 20 Temmuz 2005 günü sistemlerden ölçülen sıcaklık değerleri……....53

Çizelge 9.7 21 Temmuz 2005 günü sistemlerden ölçülen sıcaklık değerleri……....54

Çizelge 9.8 22 Temmuz 2005 günü sistemlerden ölçülen sıcaklık değerleri……....55

Çizelge 9.10 26 Temmuz 2005 günü sistemlerden ölçülen sıcaklık değerleri……..56

Çizelge 9.11 Çankırı ili 2005 temmuz ayı ışınım verileri…….....57

Çizelge 9.12 Deneyler sonucu günlere göre elde edilen ortalama sıcaklık, ısı,verim değerleri…. …….....67

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekiller **Sayfa**

Şekil 5.1. Tabii dolaşımlı direkt sıcak su hazırlama sistemi……...24

Şekil 5.2. Zorlanmış dolaşımlı sistem…….....25

Şekil 5.3. Kolektör devresi tam dolu olmayan pompalı endirekt sistem…….....27

Şekil 5.4. Güneş enerjili endirekt sıcak su hazırlama sistemi…….....39

Şekil 6.1. Düzlemsel güneş kolektörü…….....33

Şekil 6.2. Düzlemsel güneş kolektörünün kesiti…….....33

Şekil 6.3. Vaküm tüplü kolektör ve ısı borulu vakum tüplü kolektörün çalışma şekli……..42

Şekil 8.1. Deney setlerinin bağlantı şeması……....46

Şekil 9.1. 13 Temmuz 2005 günü depo su sıcaklıkları ve ortam sıcaklığına ait grafik …….....47

Şekil 9.2. 14 Temmuz 2005 günü depo su sıcaklıkları ve ortam sıcaklığına ait grafik …….....48

Şekil 9.3. 15 Temmuz 2005 günü depo su sıcaklıkları ve ortam sıcaklığına ait grafik …….....49

Şekil 9.4. 18 Temmuz 2005 günü depo su sıcaklıkları ve ortam sıcaklığına ait grafik …….....50

Şekil 9.5. 19 Temmuz 2005 günü depo su sıcaklıkları ve ortam sıcaklığına ait grafik …….....51

Şekil 9.6. 20 Temmuz 2005 günü depo su sıcaklıkları ve ortam sıcaklığına ait grafik …….....52

Şekil 9.7. 21 Temmuz 2005 günü depo su sıcaklıkları ve ortam sıcaklığına ait grafik …….....53

Şekil 9.8. 22 Temmuz 2005 günü depo su sıcaklıkları ve ortam sıcaklığına ait grafik …….54

Şekiller **Sayfa**

Şekil 9.9. 25 Temmuz 2005 günü depo su sıcaklıkları ve ortam sıcaklığına ait grafik ……....55

Şekil 9.10. 26 Temmuz 2005 günü depo su sıcaklıkları ve ortam sıcaklığına ait grafik ……...…56

Şekil 9.11. Deney yapılan günlere ait sistemlerin verim grafiği……...68

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	**Açıklama**
E	Enerji miktarı (W/m^2)
σ	Stefan Boltman Sabiti ($5,77x10^{-18}$ $W/m^2 {}^0K^4$)
T	Cismin mutlak sıcaklığı ($T= t+273$) ^0K dir.
k	Isı iletim katsayısı ($W/m^2 K$)
Q	Sıcak su enerji ihtiyacı (Kj)
m	Isıtılacak su miktarı (litre/gün)
c	Suyun ısınma ısısı (Kj/kğ K)
Δt	Sıcaklık farkı (^0C)
$\mathbf{t_{son}}$	Çıkış suyu sıcaklığı (^0C)
$\mathbf{t_{ilk}}$	Giriş suyu sıcaklığı (^0C)
η	Kollektör verimi
$\mathbf{F_k}$	Kollektör yüzeyi (m^2)
Θ	Suya verilen enerji (kj)

Kısaltmalar	**Açıklama**
$\mathbf{I_{TOP}}$	Kollektör yüzeyine gelen güneş enerjisi miktarı ($kcal/m^2$gün)
$\mathbf{I_{DİR}}$	Yatay düzleme gelen direkt radyasyon miktarı ($kcal/m^2$gün)
$\mathbf{I_{DİF}}$	Yatay düzleme gelen difüz güneş radyasyon ($kcal/m^2$gün)
AÖRA	Atmosfer öncesi ortalama radyasyon değeri ($kcal/m^2$gün)
YYRA	Yatay yüzeye gelen radyasyon değeri ($kcal/m^2$gün)
BUF	Bulanıklık faktörü
DİR	Direkt radyasyon miktarı

Kısaltmalar	**Açıklama**
DİF	Difüz radyasyon miktarı
DİRAF	Direkt radyasyon açı faktörü
DİFAF	Difüz radyasyon açı faktörü
YAF	Yansıtılmış açı faktörü
YAO	Yansıtıcılık oranı

1.GİRİŞ

Enerji bir sistemin iş yapabilme kabiliyeti olarak tanımlanabilir.Günlük hayatta genellikle iş ve ısı anlamında değerlendirilir. İnsanlar önce ısınmak için enerjiye ihtiyaç duymuşlar, sonrada teknolojinin gelişmesi ve daha iyi yaşam istekleri neticesinde enerjiye olan ihtiyaçları artmıştır.Günümüzde ise toplumların gelişmişlikleri enerji kullanımları ile ölçülür hale gelmiştir.

Enerji ihtiyacının karşılanmasında kömür, petrol, doğal gaz gibi yakıtlar öncelikli olarak kullanılmaktadır. Ancak bu yakıtların kullanımında karşımıza iki sorun çıkmaktadır. Birinci sorun bu yakıtların yakın bir gelecekte tükenme olasılığıdır. Enerji ihtiyacının karşılanmasında kullanılan fosil yakıtların çeşitli ihtimaller göz önüne alınarak yapılan çalışmalarda kömürün 2220 yılında, doğalgazın 2060 yılında ve petrolün 2040 yılında tükeneceği tahmin edilmektedir. İkinci sorunsa sanayileşmenin belli yörelerde yoğunlaşması sonucu büyük oranda fosil yakıtların kullanımından kaynaklanan çevre kirliliğinin artmasıdır. Fosil yakıtların yanması sonucu CO_2, NOx ve SOx emisyonları önemli değerlere ulaşmıştır. Özellikle CO_2'in neden olduğu sera etkisi sonucu dünya sıcaklığındaki artışın önümüzdeki 40 yıl içinde 1.5°C ila 4.5°C arasında olacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca SOx atmosferik olaylarla asit yağmuru olarak yeryüzüne geri dönerek ekolojik dengeleri tümüyle etkilemektedir.Dünya genelindeki bu iki soruna ek olarak ülkemiz için bir diğer sorun ise enerji tüketiminin yaklaşık %60'nın yurtdışından karşılanmasıdır(20).

Bu sorunlar nedeniyle insanoğlu yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiştir.Yenilenebilir enerji kaynaklarının başında da güneş enerjisi karşımıza çıkmaktadır.

Güneş enerjisinden ilk defa Sokrat (M.Ö. 400) evlerin güney yönüne fazla pencere koyarak güneş ışığının içeri girmesini ve kuzey tarafını yüksek yaparak rüzgarın önlenmesi gerektiğini belirtmiştir. Arschimed'in (M.Ö. 250) iç bükey aynalarla güneş ışığını odaklayarak Sirakuza'yı kuşatan gemileri yaktığı iddia edilmektedir.

Güneş enerjisi konusunda çalışmalar 1600 yılında Galilenin merceği bulması ile artmıştır.

İlk defa Fransa'da Belidor (1725) tarafından güneş enerjisi ile çalışan bir pompa yapılmıştır. 1774'te Jaseph Prietley, civa oksijen üzerine odakladığı güneş ışınları ile oksijeni elde etmiştir. 1870 yılında John Ericson, güneşli sıcak hava motorunu yaparak patentini almıştır. 19. Yüzyılda güneş enerjisi buhar üretmek için kullanılmış ve buharlı makine yapılmıştır. 1950'li yıllar güneş enerjisi kullanımının yaygınlaşmaya başladığı yıllardır. 1974-1978 döneminde petrol fiyatlarında zincirleme artışlara dayalı yapay enerji bunalımları, güneş enerjisi çalışmalarına hız kazandırmıştır. Günümüzde de güneş enerjisi ile ilgili çalışmalar devam etmektedir.

Ülkemiz güneş enerjisi bakımından çok zengindir.. Hiçbir çevre sorunu oluşturmayan, çok özel bir kaynaktır. Güneş enerjisinin yeterince kullanılabilmesi, uygun teknolojilerin geliştirilmesi ile mümkün olacaktır. Güneş santralleri için ön koşul sayılan yıllık en az 2000 saat güneşli olma süresi; Türkiye 'de yaklaşık 2600, Güneydoğu Anadolu Bölgesi 'nde ise 3000 saattir. Güneş santralleri de dahil olmak üzere, sıcak su üretim sistemleri, güneş ocakları, güneş pilleri, güneş soğutucuları kullanılarak güneş enerjisinden yararlanılabilir. Ancak, birçok ülkede yaygın olarak kullanılmakta olan sıcak su üretim sistemleri dahi, Türkiye 'de oldukça yetersizdir.
Devlet istatistik enstitüsünün yapmış olduğu çalışmalarda ülkemizdeki konutların %13,8'inde güneş kolektörü mevcut olup en çok güneş kollektörü ise Akdeniz Bölgesinde bulunmaktadır.Akdeniz bölgesindeki güneş kollektör sayısı Türkiye toplamının %52,2'si kadardır.

Bugün Türkiye'de su ısıtma amaçlı 2.5-3 milyon m^2 kurulu kollektör alanı olup, yıllık kollektör üretimi 400-500 bin m2 düzeyindedir. Kurulu kollektör alanıyla güneşten kazanılan enerji yılda 120 bin Ton Eşdeğer Petrol kadardır. Bu çalışma ile ülkemizde en çok kullanılan düzlem yüzeyli kollektörlerde dairesel kesitli boru yerine aynı kesitte oval şekle getirilmiş borular kullanarak meydana getirilmiş kollektörlerin deneysel incelenmesi yapılmıştır(21).

2. LİTERATÜR TARAMASI

Yapılan literatür taramasında, güneş enerji sistemlerinde kolektör borularının şeklinin değiştirilmesi ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Güneş enerjisi ile ilgili sistemler hakkında bir çok çalışma ve araştırma yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda kolektörde toplanan enerjinin eğim açısına göre değişimi, çeşitli geometrik şekillerde yapılan kolektörlerin verim ve imalat açısından karşılaştırılması endirekt sistemlerle direkt sistemler karşılaştırılmış, sistemi oluşturan diğer elemanlar incelenmiş, değişik özelliklere sahip düzlemsel güneş kollektörlerinin verimleri kıyaslanmış, güneş enerjisi tesisatı kollektör ve boru bağlantılarında yapılan hataların ısıl verime olan etkisi incelenmiş, güneşi izleyen sistemin sabit sisteme göre kıyaslanması yapılmış, tabii sirkülasyonlu endirekt sistemlerde kanatçık ölçülerine göre verimin değişimi gibi konularda araştırmalar yapılmıştır.

Korucu, 1992 yılının Ağustos ayında kendinden depolu kollektörler için bir simülasyon programı geliştirmiştir. Yüksek geçirgen ve yalıtım maddeler kullanan kendinden depolu kollektörler Orta ve Kuzey Avrupa gibi soğuk iklimli bölgelerde mümkün görülmüştür. Yıllık güneşten faydalanma oranı ve verim, bilinen güneş kollektörlerine eşit veya daha yüksek olduğu belirlenmiştir. 12 aylık işletme döneminde güneşten faydalanma oranı % 58 ve verim % 28 olmuştur. Bu durum 40 l/m^2 gün su boşaltma özel durumunda % 68 faydalanma oranı ve % 36 verim şeklinde gerçekleşmiştir (1).

Araş, 1996 yılının Haziran ayında endirekt bakır borulu ve levhalı termosifon akışlı güneş kollektörünün ışınım ve ısıl analizini deneysel ve analitik olarak araştırmış, termosifon akışlı kollektörün teorik analizinde akışın laminer olduğu varsayılarak termosifon sistem su debisinin, kollektör giriş ve çıkış sıcaklık arkının ve sistemdeki basınç kaybının hesaplanmasını sağlayan bir model geliştirmiştir (2).

Ertunç, 1997 yılının Ekim ayında kontrüksiyon olarak değişik malzemelerden yapılmış olan düzlemsel güneş kollektörlerinin performansları ile açık ve kapalı sistemlerde kollektör giriş-çıkış sıcaklıklarına ilaveten absorber ve cam sıcaklıkları
ölçülmek suretiyle kollektörlerin sıcak su üretim_ verimleri ölçülerek birbiriyle kıyaslanmıştır. Polipropilen kollektörlerin ısı iletim katsayısı düşük olmasına rağmen verimlerinin alüminyum kollektöre göre daha yüksek çıkması polipropilen kollektörün petek yapısından daha yüksek olmasından ileri geldiği saptanmış, polipropilen absorberli kollektörlerin açık sistemlerde depo suyu sıcaklığının, alüminyum absorberli kollektör sisteminin depo suyu sıcaklığına göre daha yüksek olduğu sonucuna varmıştır (3).

İlhan, 1999 yılının Mart ayında güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinin çalışma karakteristiklerini deneysel olarak incelemiş, debi, ışınım, giriş ve çıkış sıcaklık değerleri ölçülerek gün içerisindeki belli zamanlardaki verim ve akış hızına bağlı olarak termosifon sisteminin montaj ve çalıştırılmasının kolay olması ve aynı zamanda diğer güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerine göre verimin daha iyi olması nedeniyle yaygın kullanıma sahip olduğu gözlemlenmiştir (4).

Menlik, 1999 yılının Ekim ayında tabii dolaşımlı direkt ve endirekt iki ayrı sistem üzerinde ısıl verim açısından performans deneyleri yapmış, deneyler aynı özellikte aynı şartta ve ortamda yapılarak direkt sistemin ısıl veriminin endirekt sisteme göre % 7 daha yüksek olduğu görülmüştür (5).

Kurtbaş, 2000 yılında kapalı devre güneş enerjisi sistemlerinde kullanılabilen ara faz elemanlarının araştırmasını yaparak deney sonuçlarına göre ara faz elemanlarının ısı çekme kapasitelerinin iyiliği sırasıyla % 50 su- % 50 propilen glikol karışımı buna çok yakın değerde % 50 su- % 50 etilen glikol karışımı, şanzıman yağı ve trafo yağı olarak saptanmıştır (6).

Bayram, 2000 yılının Ağustos ayında ışın toplayıcı ve ısı ileticileri birbirinden farklı endirekt ve direkt dolaşımlı olan altı adet sıcak su hazırlama sistemlerinin ısıl performanslarını karşılaştırmıştır. Deneyler aynı anda aynı şartta ve ortamda yapılarak yapılan deney sonucunda direkt dolaşımlı sistemlerin endirekt dolaşımlı sistemlere göre % 12 daha iyi verimli olduğu görülmüştür. Ayrıca depo tip ısı soğurmalı sistem diğer sistemlerin ortalama verim sonuçlarına göre yaklaşık % 17 oranında daha iyi performans göstermiştir (7).

Altuntop, Tekin ve İlbaş 2001 yılının Ekim ayında güneş enerjisi tesisatı kollektör ve boru bağlantılarında yapılan hataların ısıl verime etkisini deneysel olarak incelemiş, bu hatalardan, farklı uzunluktaki boru boyu uygulaması çok kollektörlü sistemlerde ilk kollektörden sonra diğer kollektörlerde gittikçe azalan değerlerde su dolaşmasından dolayı kollektörlerin ısıl veriminde düşmeye sebep olduğu ve bu düşmenin kollektör sayıları arttıkça daha da arttığı belirlenmiştir. Doğal dolaşımlı sistemlerde, su dolaşım hızının ve buna bağlı olarak elde edilen sıcak su miktarının için minimum sayıda, tesisat elemanı kullanılması özellikle dirseklerin oluşturduğu basınç kaybının ortadan kaldırılması için, fleksibil borular kullanılması faydalı görülmüştür (8).

Alaçakır ve Korucu, 2001 yılının Ekim ayında güneşi izleyen sistemin sabit sisteme göre kıyaslanmasını deneysel olarak incelemiş, bir yıl boyunca yapılan ölçümlerde, aylara göre değişmekle birlikte ortalama olarak enerjiden % 20 den fazla faydalanıldığı görülmüştür (8).

Ekmekçi, Dizdar ve Özçelebi 2001 yılının Ekim ayında Kocaeli İli için bir güneş enerjili su ısıtma sistemi ve boyutlandınlması konusunda çalışmış yapılan deneyler sonucunda düzlemsel yüzeyli güneş kollektörlerinde verimi artıran en önemli parametrenin kollektör bünyesindeki yutucu yüzey kaplaması okluğu gözlemlenmiştir. Kocaeli ili için yapılan güneş enerjili su ısıtma sisteminin projelendirilmesi sonucunda yılın dört ayı boyunca enerji ihtiyacının tamamına

yakın kısmının güneş kollektörlerinden karşılanacağı görülmüş, diğer aylarda ise güneş enerjisi potansiyeline bağlı olarak değişen oranlarda bu ihtiyacın karşılanabileceği ortaya çıkmıştır (8).

Reyes,Gonzalen ve Salazar, 2001 yılında güneşli kurutma işleminin ısıl analizini yapmışlardır.Güneş verilerini kaydetmek için termodinamik kanunlarına dayandırılmıştır.Güneşli kurutucu için çevresel koşullar ve işletme koşulları ele alınarak ısıl analiz termodinamiğin ikinci kanunundan türetilmiştir (9).

Variyenli, 2002 yılının Temmuz ayında tabii sirkülasyonla güneş enerjili endirekt sıcak su hazırlama sistemlerinde eşanjör kapasitesinin verime olan etkisini incelemiş. Aynı özellikte aynı şart ve ortamda yapılan deneyler sonucunda kullanma suyu kapasitesi 50 lt ve eşanjör kapasitesi 5 lt olan sıcak su hazırlama sisteminin verimi diğer sistemlere göre % 5 daha yüksek çıkmıştır (10).

Kundu,2002 temmuz ayında yapmış olduğu çalışmada çeşitli geometrik şekillerdeki kolektörler üzerinde karşılaştırmalar yapmıştır.En iyi sonuç ikiz kenar yamuk şeklindeki şeklindeki kollektörden elde edilmiştir.Ayrıca imalat işlemlerinde de daha az sorun çıkardığı tespit edilmiştir (11).

Abene,Dubais,Ray ve Ougued, 2003 yılında yaptıkları çalışmada düz yüzeyli havalı kolektörde,akışkan ile emici arasındaki ısı değişiminin yetersizliği değişimi bu sistemlerde verimi düşürmüştür.Buna bağlı yapılan çalışmada güneş enerji simülasyonunda hava toplayıcısına konan engeller dikkate alınarak sıcaklığın artışı gerçekleştirilmeye çalışılmıştır (12).

Aktaş, 2003 haziran ayında güneş enerjili tabii sirkülasyonlu endirekt sıcak su hazırlama sistemlerinde kanatçık optimizasyonu yapmıştır.Bütün özellikleri aynı sadece ısı eşenjörü üzerindeki kanatçık ölçüleri farklı dört ayrı sistem karşılaştırılmıştır. Sonuçta kanatçıksız sistemin verimi %55, diğer sistemlerin

verimleri ise 10x310 mm %56, 20x310 mm %58 ve 30x310 mm %62 olarak tespit edilmiştir (13).

Emlinin, Ghitas, Hussaing, Hamid, Beheary ve Khaled, 2005 haziran ayında yapmış oldukları çalışmada Mısır'da kullanılan düz yüzeyli güneş kolektörüne ait veri kayıt üniteleri için eğim açısı seçmenin teorik bakış açılarını incelemiştir.Toplanan enerjinin, açının eğiminin değiştirilerek artırılabildiğini ortaya çıkarmıştır (14).

3.GÜNEŞ ENERJİSİ

3.1 Güneş Enerjisi Nedir?

Güneş; yarıçapı dünya yarıçapının 109 katı ve kütlesi dünya kütlesinin 330 000 katı olan, yüksek basınçlı ve yüksek sıcaklıklı bir gaz küresidir. Dünya'ya uzaklığı x 150 milyon km'dir.Yüzey sıcaklığı ise 6 000 ^{0}C'dir. Güneşteki bu yüksek sıcaklık nedeni ile elektronlar atom çekirdeklerinden ayrılır. Bu sebeple, güneşte atom ve molekül değil, serbest elektronlar ve atom çekirdekleri bulunur. Bu karışıma plazma adı verilir. Bu sıcaklıkta hafif elementler, atom çekirdekleri oluştururlar. Dört hidrojen çekirdeği birleşerek bir helyum çekirdeği meydana getirir. Birleşme çok yüksek sıcaklıkta olur. Bu olaya füzyon adı verilir. Yüksek sıcaklıkta Termo-Nükleer Reaksiyon adını alır. Güneşte hidrojen yanarak helyuma dönüşür. Oluşan helyum miktarı hidrojenden daha azdır. Aradaki fark güneşten ışın olarak çıkan (Güneş Radyasyonu) enerjiyi verir. Bu enerji çeşitli dalga boylarında ışınlar halinde dünyaya ulaşmaktadır. Dünya, Güneşten enerjinin sadece milyarda birini alır. Güneşin ürettiği enerji, 15 dakikalığına bir yerde toplanabilse, elde edilen enerji miktarı toplam dünya nüfusunun bir yıllık enerji ihtiyacının karşılayabilirdi. Güneşin merkezinde bir sanayide 564 000 000 ton hidrojen , 560 000 000 ton helyuma dönüşmektedir. Aradaki 4 000 000 ton fark ise ısı ve ışık enerjisi halinde uzaya yayılmaktadır. Uzaya yayılan güneş ışınları yakıcı ve öldürücüdür. Zararlı ışınlar ozon tabakası tarafından tutulmaktadır. Ozon tabakası güneş ışınlarını canlılar için gerekli olduğu kadar dünyaya ulaşmasını sağlamaktadır (23).

Güneşin yaydığı enerji Stefan Boltzaman kanununa uyar. Stefan Boltzaman Kanunu;

$$E = \sigma \cdot T^4 \qquad [1.1]$$

Burada;
E:Enerji miktarı (W/m ^{2})
σ:Stefan Boltman Sabiti (5,77x10^{-18} W/ m ^{2} ^{0}K^4) deneysel
T: Cismin mutlak sıcaklığı (T= t+273) ^{0}K dir.

Kanuna göre, bir cismin yaydığı enerji, o cismin mutlak sıcaklığının dördüncü kuvveti ile orantılıdır.

Wien Kanunu'na göre güneş enerjisi taşıyan radyasyon dalgaları kısa dalga boyundadır. Güneş radyasyonunun % 99'unun dalga boyu 0,15-4 mikron arasında değişmektedir (23).

Yeryüzüne gelen ortalama güneş radyasyon değeri yaklaşık olarak 270-540 kcal/m^2 h dir. Birim yüzeye gelen radyasyon değerinin çeşitli nedenlerle daha az oluşu, geniş kollektör yüzeyini gerektirir ve bundan dolayı güneşli ısıtma sisteminin ilk kuruluş maliyeti diğer enerji kaynaklarına göre daha fazla olabilir. Ancak uygun dizayn ve verimli çalışma ile tesisler kendini kısa zamanda geriye ödeyebilmektedir.

Güneşten bir saniyede salınan enerjinin güç olarak karşılığı 3,86 x 10^{20} MW'tır. (MW=Mikron Watt: 10^6 W) dünyanın çapına eşit bir dairesel alan üzerine çarpan güneş gücü, 178 trilyon kw düzeyindedir.

İnsanlığın yıllık ticari enerji ihtiyacının, bugünkü durumda güç karşılığı 11 TW kadardır. (TW=Tera watt: 10^{12} w) Güneşten gelen güç bu ihtiyaçın 16 000 katından çoktur. Dünyada kurulu elektrik santrallerinin toplam gücü 2,9 TW'dır. Bu güç güneşten gelen gücün 61 000'de birinden azdır. Dünyadaki nükleer santrallerin güçlerinin toplamı 0,4 TW'a yakındır. Güneşten gelen güç bu nükleer gücün 527 000 katıdır.

3.2. Güneş Işınımı

Güneş enerjisi uzaya ve gezegenlere elektromanyetik ışınım (radyasyon) biçiminde yayılır. Güneş spektrumu üç ana bölgeden oluşur. Dalga boyu 0,4 mm'den küçük olan ultraviyole (morötesi) bölgenin güneş ışınlarındaki payı % 9'dur. Dalga boyu 0,4 mm ile 0,7 mm arasındaki bölge görünür ışıktır. Görünür ışık, güneş ışınımı içinde % 45'lik paya sahiptir. Dalga boyu 0,7 mm'den büyük olan infrared

(kızılötesi) bölgenin payı ise %46'dır ve Güneşin ısıtma etkisi buradan kaynaklanır. Dalga boyu açısından bakıldığında Güneş 6 000^0K sıcaklıkta, ışınım yapan bir kara cisim gibidir. Dünya atmosferinin üzerine ulaşan güneş ışınımı, başka bir değişle Güneş sabiti 1,353 kw/m^2'dir. Yeryüzüne ulaşan maksimum güneş ışınımı ise,
0,3-2,5 mm dalga boyları arasında 1 kw/m^2 kadardır. Dünyanın yaşanabilir alanlarına gelen güneş enerjisi yere, zamana ve iklime bağlı olarak 3 ile 30 MJ/m^2. gün arasında değişir. Güneş enerjisi kolektörlerle (toplayıcılarla) toplanır. Yaklaşık bir ev çatısına eşit, 100 m^2 alanlı kollektör 70 kw'lık güç kaynağı demektir ki, bu kollektörden bir günde sağlanabilecek yararlı enerji %40 verimle 180 kwh ya da 14 galon petrol eşdeğeri veya bir insan ağırlığı taş kömürü eşdeğeridir.

3.3. Güneş Enerjisinin Sağladığı Avantajlar

Güneş dünyamıza ve diğer gezegenlere enerji veren çok büyük güce sahip bir enerji kaynağıdır. Dünyanın tüm yüzeyine bir yıl boyunca düşen güneş enerjisi $1,22x10^{14}$ TET (Ton eşdeğeri taşkömürü) veya $0,709x10^{14}$ TEP (Ton eşdeğeri petrol) kadardır. Bu değer dünyanın bilinen kömür rezervinin 157, petrol rezervinin 516 katıdır. Güneş enerjisi doğal kullanımının yanı sıra, doğrudan kontrollü olarak da kullanılabilmektedir. Güneş enerjisinin ısısal ve ışıksal nitelik taşıması iletim ve dağıtım sorununun olmaması tercih sebebidir.

Fosil yakıtları (Petrol,kömür, vb...) çevreyi ve havayı kirletir. Güneş enerjisi ile temiz bir enerji kaynağıdır çevreyi kirletmez. Fosil yakıtların ömrü sınırlıdır. Bu ömür petrol için 43 yıl, doğal gaz için 67 yıl kömür için 235 yıl olarak hesaplanmaktadır. Güneş enerjisinin ömrü ise bu yakıtlara nazaran sonsuzdur.

Güneş enerjisinin diğer enerjinin diğer enerji türlerine göre çok sayıda avantajı mevcuttur.

Bunlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.
a) Bol ve tükenmeyen enerji kaynağıdır.
b) Temiz enerji türüdür; çevreyi kirletici, duman, gaz, karbon monoksit, kükürt, ve

radyasyon gibi artıkları yoktur.

c) Yerel uygulamalar için elverişlidir. Enerjiye ihtiyaç duyulan, hemen hemen her yerde güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür; bir çakmağın, bir saatin, bir hesap makinesinin veya bir deniz fenerinin, bir orman gözetleme kulesinin enerji ihtiyacı yerinde karşılanır.

d) Dışa bağlı olmadığından, doğabilecek ekonomik bunalımlardan bağımsızdır.

e) Birçok uygulama için karmaşık teknolojiye gerek duyulmamaktadır.

f) İşletme masrafları çok azdır.

3.4. Güneş Enerjisinin Kullanılmasındaki Problemler

Güneş enerjisinin, dolaylı ve dolaysız tüm kullanış biçimlerine karşın, birtakım dezavantajları vardır. Bazı durumlarda kullanımı ne petrol, ne de doğal gaz kadar kolaydır. Sözgelimi, büyük bir uçağı güneş enerjisi ile uçurmak şu anda mümkün değildir. Güneş enerjisi ile çalışan bazı küçük, hafif otomobillerin kullanımı sırasında da havanın güneşli olması gerekmektedir. Bu her zaman mümkün değildir. Ayrıca benzin depoları gibi güneş enerjisini otomobillere depolayamamaktayız. Ilıman bölgelerde güneş her 24 saat boyunca 6-7 saat ışır. Tropikal bölgelerde ise güneşin ışıması biraz daha fazladır. Günde 7-8 saat, ılıman bölgenin kuzey yada güneyine gidildikçe hava kürede kat ettiği yol büyüdüğü için güneş ışınlarının yoğunluğu azalmıştır. Örneğin; kutup bölgesinde günde 6 aya kadar uzar, fakat güneş ışınları Amerika'nın orta batısına, ya da orta Avrupa'ya kıyasla daha zayıf, ekvatora oranla çok daha zayıftır.

Güneş enerjisinin kullanımındaki diğer bir problemde bu enerjinin dolaylı yada dolaysız tüketim alanlarından uzakta bulunmasıdır. Güneş enerjisi tropikal ve tropikal-altı bölgelerde en fazladır. Oysa tüketim en çok ılıman iklimlerde yaygındır.

Güneş enerjisinin kullanımındaki problemler özet olarak aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Birim düzleme gelen güneş ışınımı az olduğundan büyük yüzeylere ihtiyaç olmaktadır.

- Güneş ışınımı sürekli olmadığından depolanma gerekmektedir ve depolama imkanları sınırlıdır.
- Enerji ihtiyacının fazla olduğu kış aylarında güneş ışınımı az ve geceleri ise hiç yoktur.
- Güneş ışınımından faydalanan sistemin güneş ışığını sürekli alabilmesi için çevrenin açık olması, gölgelenmemesi gerekir.
- Güneş enerjisi için kullanılacak birçok tesisatın ilk yatırım masrafları fazladır ve hali hazırda ekonomik değildir.

3.5. Ülkemizin Güneş Enerji 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 ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2 640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım 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 1.1.'de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli

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	157,0
ARALIK	4,03	46,87	103,0
TOPLAM	112,74	1311	2640
ORTALAMA	308,0 cal/cm^2-gün	3,6 kWh/m^2-gün	7,2 saat/gün

Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güney Doğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir. Güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi değerlerinin bölgelere göre dağılımı da Çizelge 1.2 ' de verilmiştir (16).

Çizelge 1.2. Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere göre dağılımı

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

3.6. Güneş Enerjisinin Geleceği

Gelecek için, güneşle merkezi ısıtma ve yerel olarak elektrik üretme, yani kombine ısı-güç üretimi uygulamaları üzerinde çalışılmaktadır. 100-1 000 konutun ısı ve elektrik ihtiyacını karşılamayı amaç edinen bu projelerde, uzunlamasına silindirik odaklı konvektörler, yüksek sıcaklıklı su deposu, turbo jenaratörler , alçak sıcaklıklı su deposu, ısı dağıtım ve elektrik dağıtım sistemleri yer almaktadır. Sistemdeki konvektörler, güneş termik elektrik santrallerinde olduğu gibi bir kollektör tarlası biçiminde tasarlanmaktadır.

Gelecek için ayrıca, yeryüzü güneş santrallerinden başka, uzaya yerleştirilecek kollektör uydusu ve dünya bağlantılı güneş santralleri kurulması amaçlanmaktadır. Dünyadan 36 000 km uzaklıkta ve 10 000 MW güçlü bir uzay santralından üretilecek elektrik enerjisi, santralın 1 km çaplı anteninden mikro dalgalarla dünyaya iletilecek, dünyadaki 7 km çaplı bir anten bu enerjiyi % 55-75 etkinlikte alıp, doğru akım verebilecektir. Bu proje Amerikan Apollo uzay programlarında yer almıştır.

Endüstri devrimi ile enerji tüketiminin durağan olmaktan çıkıp dinamik krater kazanmasından sonra tabanında teknolojik gelişimlerin yer aldığı beş ekonomik dalgalanma görülmüştür. Her ekonomik dalgalanmada baş rol oynayan bir enerji kaynağı vardır. 1750-1825 yılları arasındaki enerji kaynağı kömürdür. 1825-1860 döneminim yeni kaynağı elektrik enerjisidir. 1860-1910 yılları arasında petrol, enerji bütçesine girmiştir.1910-1970 dönemi arasındaki yeni kaynak nükleer enerjidir. Günümüzde ise 1970'lerde başlayan, 21. Yüzyılın neresinde son bulacağı henüz kestirilemeyen yeni bir teknik-ekonomik dalga söz konusudur. Bu dalganın oluşumunda, güneş enerjisi ve hidrojen yakıtı yer almaktadır.

Geleceğin temiz yakıtı hidrojen, hammadde olarak sudan üretilecektir. Doğayı kirletmeyecek ve küresel sıcaklığın artışını durduracak insanlığın geleceğini kurtaracak olan hidrojen teknolojisi, geliştirilmiş biçimde ve kullanıma hazır durumdadır. Güneş termik elektrik tipi elektrolizli, güneşli termokimyasal işlevli hidrojen üretme üniteleri üzerinde, yoğun biçimde araştırma geliştirme çalışmaları sürmektedir.

4. GÜNEŞ ENERJİSİNİN KULLANIM ALANLARI

Güneş enerjisinden yararlanılan sistemler, kendi aralarında ısıl uygulamalar ve fotovoltaik uygulamalar olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Isıl uygulamalar, güneş enerjisinden direkt yararlanan, fotovoltaik sistemler ise güneş enerjisini elektrik enerjisine çevirerek kullanan sistemlerdir.

Hemen hemen bütün enerji kaynakları güneş ışınımının maddeler üzerindeki fiziksel ve kimyasal tesirinden meydana gelmektedir. Hidrolik enerji, rüzgar enerjisi, dalga enerjisi vb. güneş ışınımından dolaylı olarak oluşan enerjilerdir. Burada doğrudan güneş enerjisinin kullanılması sonucu ortaya çıkan enerji şekli elektrik, mekanik ve ısı enerjisidir.

4.1. Isıl Uygulamalar

Güneş enerjisinden faydalanarak elde edilen ısıl uygulamalar, sistemin özelliğine ve kullanım amacına göre düşük, orta ve yüksek sıcaklık uygulamaları olarak üç kısma ayrılır.

4.1.1. Düşük sıcaklık uygulamaları (20 °C ila 100 °C)

Belirtilen bu uygulamalarda güneş ışınımı bir ısı toplayıcısı (genellikle kolektör) aracılığıyla bir akışkana (su, hava, hidrojenli hidrokarbonlar vb.) aktarılır ve sıcaklığı artan akışkan faydalanma amacına göre depolanır ya da sisteme gönderilir. Düşük sıcaklık uygulamalarında sıcak su temini, konut ısıtması ve sera ısıtması diğer uygulamalara göre daha ekonomiktir

Bu uygulamalar;

- Konutların sıcak su temini,
- Mekan ısıtma,

- Sera ısıtma,
- Güneş havuzlan,
- Güneş bacaları,
- Su arıtma sistemleri,
- Ürün kurutma,
- Tuz üretimi,
- Güneş ocakları,
- Güneş pompaları,
- Soğutma sistemleridir.

Güneş havuzları

Yaklaşık 5-6 metre derinlikteki suyla kaplı havuzun siyah renkli zemini, güneş ışınımını yakalayarak 90°C sıcaklıkta sıcak su elde sinde kullanılır. Havuzdaki ısının dağılımı suya eklenen tuz konsantrasyonu ile düzenlenir, tuz konsantrasyonu en üstten alta doğru artar. Böylece en üstte soğuk su yüzeyi bulunsa bile havuzun alt kısmında doymuş tuz konsantrasyonu bulunan bölgede sıcaklık yüksek olur. Bu sıcak su bir eşanjöre pompalanarak ısı olarak yararlanılabileceği gibi Rankin çevrimi ile elektrik üretiminde de kullanılabilir. Güneş havuzları konusunda en fazla İsrail'de çalışma ve uygulama yapılmıştır. Bu ülkede 150 kW gücünde 5 MW gücünde iki sistemin yanında Avustralya'da 15 kW ve ABD'de 400 kW gücünde güneş havuzları bulunmaktadır (16).

Güneş bacaları

Bu yöntemde güneşin ısı etkisinden dolayı oluşan hava hareketinden yararlanılarak elektrik üretilir. Güneşe maruz bırakılan şeffaf malzemeyle kaplı bir yapının içindeki toprak ve hava, çevre sıcaklığından daha çok ısınacaktır. Isınan hava yükseleceği için, çatı eğimli yapılıp, hava akışı çok yüksek bir bacaya yönlendirilirse baca içinde 15 m/sn hızda hava akışı-rüzgar oluşacaktır. Baca girişine yerleştirilecek yatay rüzgar türbini bu rüzgarı elektriğe çevirecektir. Bir tesisin gücü 30-100 MW arasında olabilir.Deneysel bir kaç sistem dışında uygulaması yoktur (16).

Su arıtma sistemleri

Bu sistemler esas olarak sığ bir havuzdan ibarettir. Havuzun üzerine eğimli şeffaf-cam yüzeyler kapatılır. Havuzda buharlaşan su bu kapaklar üzerinde yoğunlaşarak toplanırlar. Bu tür sistemler, temiz su kaynağının bulunmadığı bazı yerleşim yerlerinde yıllardır kullanılmaktadır. Su arıtma havuzları üzerinde yapılan Ar-Ge çalışmaları ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin azaltılmasına ve verimin artırılmasına yöneliktir (16).

Güneş mimarisi

Bina yapı ve tasarımında yapılan değişikliklerle ısıtma, aydınlatma ve soğutma gerçekleştirilir. Pasif olarak doğal ısı transfer mekanizmasıyla güneş enerjisi toplanır, depolanır ve dağıtılır. Ayrıca güneş kollektörleri, güneş pilleri vb. aktif ekipmanlar da yararlanılabilir (16).

Ürün kurutma ve seralar

Güneş enerjisinin tarım alanındaki uygulamalarıdır. Bu tür sistemler ilkel pasif yapıda olabileceği gibi, hava hareketini sağlayan aktif bileşenler de içerebilir. Bu sistemler dünyada kırsal yörelerde sınırlı bir biçimde kullanılmaktadırlar (16).

Güneş ocakları

Çanak şeklinde ya da kutu şeklinde, içi yansıtıcı maddelerle kaplanmış güneş ocaklarında odakta ısı toplanarak yemek pişirmede kullanılır. Bu yöntem, Hindistan, Çin gibi bir kaç ülkede yaygın olarak kullanılmaktadır (16).

4.1.2. Orta sıcaklık uygulamaları (100°C ila 300 °C)

Söz konusu uygulamada, güneş ışınımının yansıtılarak veya kırılarak bir noktaya ya da eksene yoğunlaştırıldığı odaklayıcı toplayıcılar kullanılır. Birçok gelişmiş ülkede güneş enerjisi teknolojilerinde, öncelik çizgisel odaklayan ve güneşi izleyen sistemlere verilmiş durumdadır.

Sözü edilen sistemler :Büyük soğutma ve ısıtma sistemlerinin yanında sanayi için gerekli olan sıcak su ve buhar temin eden sistemlerdir.

4.1.3. Yüksek sıcaklık uygulamaları (300 °C ve üzeri)

Birçok gelişmiş ülkede güneş enerjisi teknolojilerinde öncelik çizgisel odaklayan ve güneşi izleyen sistemlere verilmiş durumdadır. Tipik çizgisel odaklayıcı, parabolik bir yalak ve bu yalağın odak noktasından geçen bir borudan oluşmaktadır. Parabolik yalak, güneş ışınlarını yüksek verimle odaklayan bir ayna spot sisteminden ibarettir. Odak noktasında bulunan ve içinden ısı transfer akışkanının geçtiği boru ise genellikle saydam ikinci bir boru içinde yer alır. İki boru arası konveksiyon kayıplarını en aza indirgemek için vakumlanmıştır. Genellikle kuzey-güney (veya doğu-batı) yönünde yerleştirilen modüller doğu-batı veya (kuzey-güney) yönünde güneşi izlerler ve ısı transfer akışkanının sıcaklığı 350 °C — 400 °C ' ye kadar ulaşabilmektedir. Sıcak akışkan bir ön ısıtıcıdan veya doğrudan bir eşanjörden geçirilerek buhar elde edilmekte ve bu buhar elektrik üretimi amaçlandığı takdirde konvensiyonel bir türbüne yollanmaktadır (13).

Güneş fırınları ve güneşsel güç sistemlerinde yansıtıcı olarak aynalardan yararlanılmakta ve 3500 °C sıcaklığa kadar çıkılabilmektedir. Fransa ve ABD'de bulunan güneş fırınlarında metallerin eritilmesi, kesilmesi ve kalıplanması yapılmaktadır (6).

Bu uygulamalar;

Güneş fırınları,
Metal ergitme fırınlarıdır.

4.2. Fotovoltaik Uygulamalar

Güneş pilleri (fotovoltaik piller), yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken maddelerdir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş pillerinin alanları genellikle 100 cm² civarında, kalınlıkları ise 0,2-0,4 mm arasındadır.

Güneş pilleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Pilin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir. Güneş enerjisi, güneş pilinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 20 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir (16).

4.2.1. Güneş pili uygulamaları

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.

Güneş pili sistemlerinin şebekeden bağımsız 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
- Bina içi ya da dışı aydınlatma
- Yerleşim yerlerinden uzaktaki evlerde elektrikli aygıtların çalıştırılması
- Tarımsal sulama ya da ev kullanımı amacıyla su pompajı
- Orman gözetleme kuleleri
- Deniz fenerleri

- İlkyardım, alarm ve güvenlik sistemleri
- Deprem ve hava gözlem istasyonları
- İlaç ve aşı soğutma (16).

4.3. Pasif Güneş Enerjisi Uygulamaları

Bir binanın tümünün güneş enerjisinden yararlanılacak şekilde tasarlanması, yaşam alanlarının fonksiyonel kullanımı ve hatta doğal havalandırma olanaklarının bu anlayışa eklenmesi sonucu pasif güneş sistemi uygulamalarını oluşturmaktadır. Genel olarak insanların ısınmak amacıyla düşük sıcaklık düzeylerine ihtiyaç duyması aslında bu görevin güneş tarafından kolayca karşılanabileceği bir ortam oluşturur. Pasif sistemlerde mekanik olarak hareket eden kısımlar ve toplayıcı yoktur. Bu nedenle, örneğin; sıcak su toplayıcıları pasif sistem olarak tanımlanamaz. Sistemin basitliğine rağmen kolayca uygulanabilir olması ve yatırım maliyetlerinin çok yüksek olmaması nedeniyle güneş mimarisi ve pasif sistem uygulamaları, bir ülkenin genel enerji arzına en kısa zamanda en büyük katkıyı yapabilecek güneş teknolojisi opsiyonu olarak ortaya çıkmaktadır.

Genel olarak pasif sistemler ayrı kollektör parçalarına sahip değildirler. Her girişim binanın dış yüzey yapısı içerisinde daha fazla güneş ışınımı alabilmek için yapılır. Pasif sistemlerde bütün ısı transferi işlemi doğal konveksiyon, iletim ve ışınım ile olur. Açık olarak bütün binalar bir derece^ doğal güneş enerjili ısıtma sistemleri olarak yapılmaktadır. Fakat sadece bina yapısı pratik olarak pasif güneş enerjisi kullanan bir binanın ısı ihtiyacının önemli bir oranını sağlamak için, yani; maksimum güneş enerjisi toplamak için sağlanır (13).

5. GÜNEŞ ENERJİLİ SICAK SU HAZIRLAMA SİSTEMLERİ

Günümüzde güneş enerjili sistemlerin içinde en ekonomik ve en yaygın olarak kullanılanların başında sıcak su hazırlama sistemleri gelmektedir. Genellikle, çatının güney yönüne konulan düz kolektörler ile ışınım şiddetine bağlı olarak sıcak su ihtiyacının büyük bir kısmı güneş enerjisinden karşılanır. Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleri ile konut için gerekli olan toplam enerjinin % 12'sini karşılamamız mümkün olur.

Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleri çok değişik şekillerde yapılabilmektedir. Tabii dolaşımlı sıcak su sistemlerinin ısıl analizi oklukça karışıktır. Sistemde dolaşan akışkanın debisi, kollektör üzerine gelen güneş ışınımı, kollektör ile depo arasındaki mesafe, sistemdeki yerel kayıplar, kollektör "konstrüksiyonu gM çok sayıda değişkene bağlıdır. Genel olarak tabii dolaşımlı sıcak su sistemlerinde akışkanın kollektöre giriş ve çıkış sıcaklıkları arasında farkın açık havalarda yaklaşık 10 °C ve akışkan debisi yaklaşık 0,009 kg/sn olması tavsiye edilir. Sistemde dolasan akışkan debisi küçük olduğundan, deponun üst noktasındaki sıcaklık alt noktasındaki sıcaklıktan daha büyüktür (13).

Güneş enerjili sıcak su sistemlerinin seçimine etki eden değişik faktörler mevcuttur. Genel olarak bir sistemin seçimine ve yerleştirme esaslarına etki eden özellikleri;

- Bölgenin meteorolojik özellikleri
- Gerekli sıcak su miktarı, sıcaklığı ve gün içindeki kullanma saatleri,
- Binanın veya işyerinin sıhhi tesisat donanımı,
- Kollektör yüzey alanının büyüklüğü,
- Şebeke suyunun özellikleri,
- Binanın konumu ve mimari projesi, gibi faktörler belirler.

Sistem ve elemanları seçilirken yukarıda belirtilen hususların her birinin ayrı ayrı göz önüne alınması gerekir (3).

Güneş enerjili sıcak su sistemleri, sirkülasyon sekline göre:

- Tabii dolaşımlı,
- Zorlanmış dolaşımlı (pompalı),

devre şekline göre:

- Endirekt
- Direkt

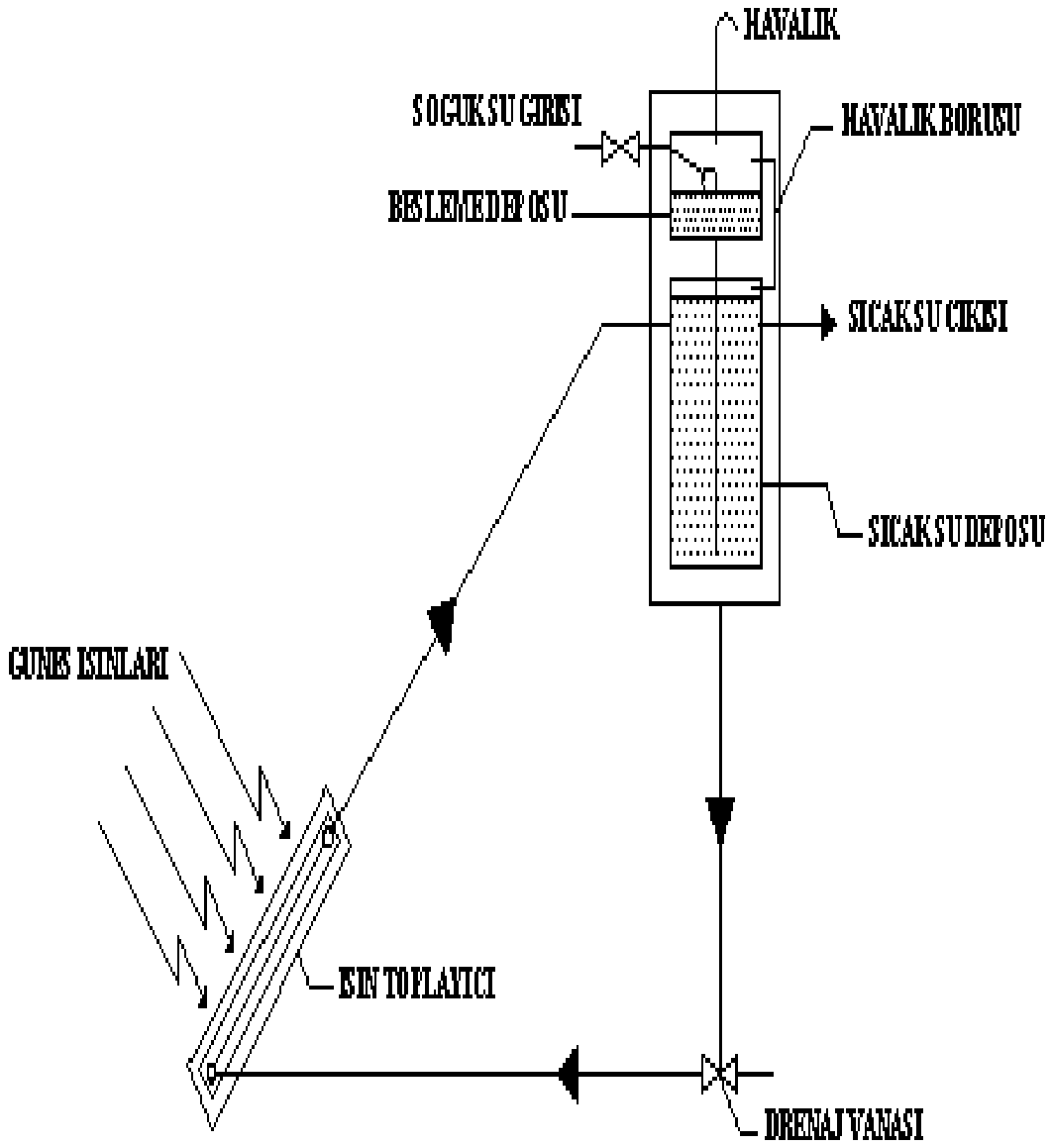
sistemler olarak gruplandırılabilir.

5.1. Tabii Sirkülasyonla Sistemler

En yaygın kullanılan güneş enerjisi sistemi; sıcak su hazırlama sistemleridir. Bunlar "Termosifon tipi su ısıtıcısı" olarak da isimlendirilir. Sistem düz-levha tipi kollektörlerden ve yalıtılmış bir depodan ibarettir. Şekil 5.1.'de tabii dolaşımlı direkt sıcak su hazırlama sistemi görülmektedir. Kollektörde ısınan su genişleyerek (yoğunluğu azaldığından) deponun üst kısmından depoya akar, bunun yerini yaygınlığı daha fazla olan deponun altındaki soğuk su alır. Güneş ışınımında ve kollektör sıcaklığının depo sıcaklığından büyük olduğu müddetçe sirkülasyon devam eder. Tabii dolaşım elde edilebilmesi için; su deposu ve kollektör üst kenarı arasındaki mesafe en az 35 cm ile 40 cm arasında olmalıdır.

Tabii dolaşımlı sıcak su sistemlerinde, pompaya ve otomatik kumanda cihazlarına ihtiyaç olmadığından basit ve kullanışlıdır. Ancak, sirkülasyon olabilmesi için deponun kollektörlerden daha yüksekte (en az 35 cm ile 40 cm) olması gerekir.

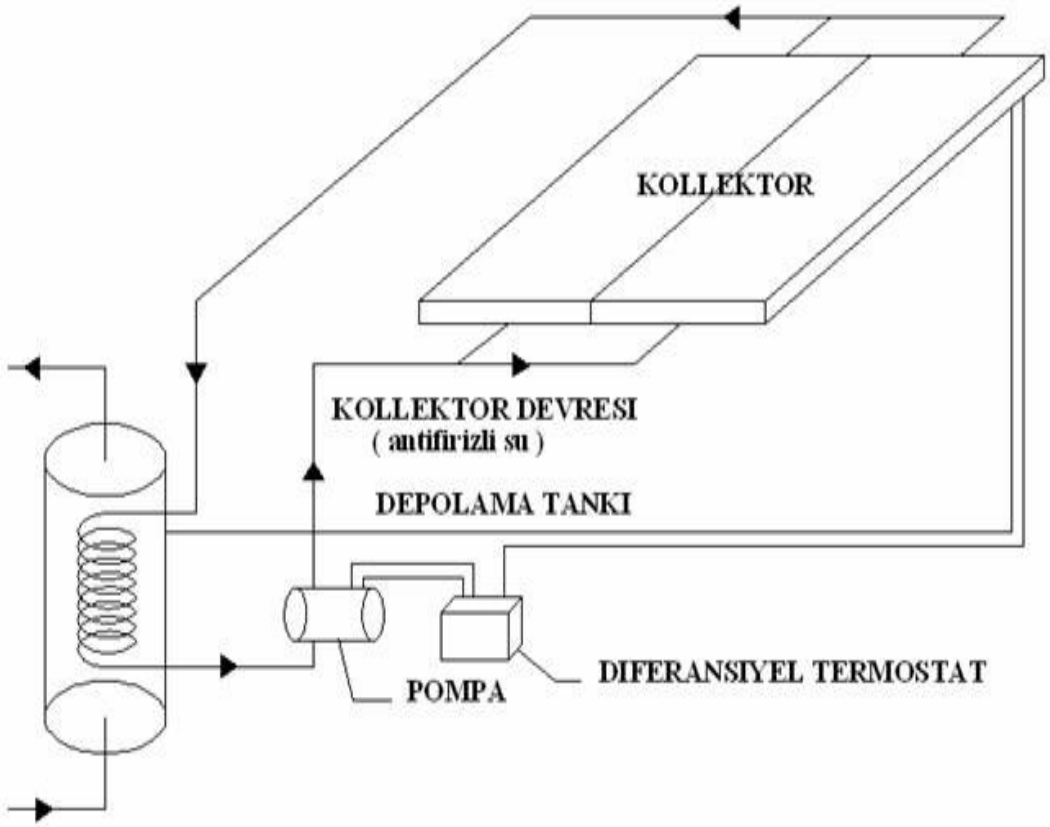
sebepten sistemin yerleştirilmesi zordur. Büyük sistemlerde, sistem konstrüksiyonu için uygun yer ayrılmalıdır (13).



Şekil 5. l. Tabii dolaşımlı direkt sıcak su hazırlama sistemi

5.2. Zorlanmış Dolaşımlı (Pompalı) Sistemler

Zorlanmış dolaşımlı bir sıcak su sisteminde, genel olarak pompa, diferansiyel termostat, sıcak su deposu, genişleme tankı ve tek yollu vana (çek valf) bulunur.

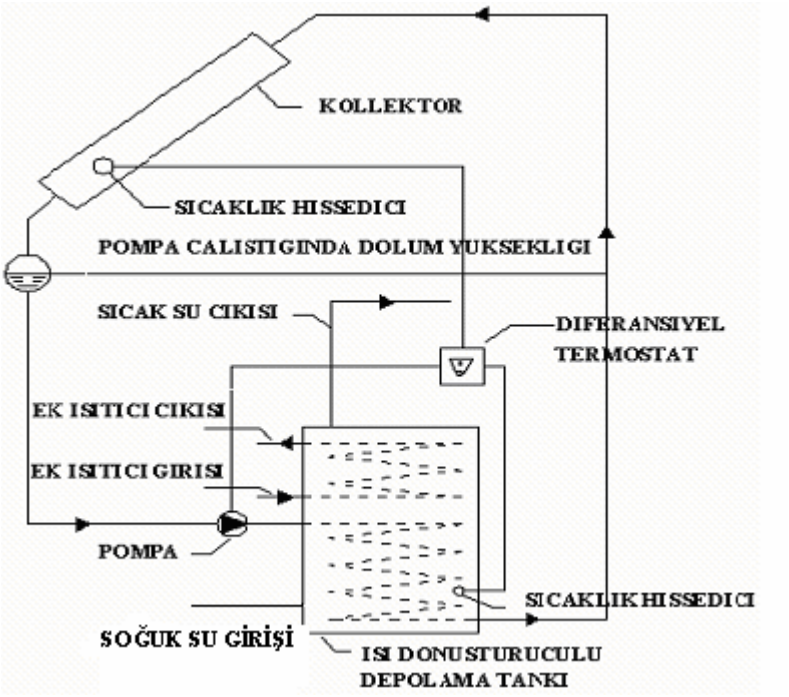


Şekil 5.2 Zorlanmış dolaşımlı sistem

Tabii dolaşımlı sistemlerde olduğu gibi açık devreli veya endirekt sistemli yapılabilir.Aktif güneş enerjili ısıl sistemde kontrol ünitesi aşağıda belirtilen unsurları yapmak zorundadır:

- Güneş enerjisinin otomatik olarak toplanmasını ve dağıtılmasını ayarlama
- Hem depolama hem ısı yükü için gerekli pompaları, devreye alma ve kontrol vanalarını hareket ettirerek ayarlama
- Güneş enerjili ısıl sistem ile ek ısıtma sisteminin kombinasyonunu yönetme (13).

Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin hepsinde, donma önemli bir problemdir. Donma daha çok kollektörlerde olacağından, kollektör devresinde antifirizli su bulunur. Antifirizli suyun, karışma halinde sağlık bakımından sakıncaları vardır. Kollektör devresinde antifiriz kullanılmayan bir sistemin şeması Şekil 5.3.'de görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi, sirkülasyon pompası çalışmadığı zaman, kollektör devresindeki su seviyesi düşmektedir. Böylece, kollektör devresindeki su donmayacağı gibi, sağlık bakımından bir sakınca da oluşmayacaktır. Depolama tankında ek ısıtma da yapılmaktadır. Pompanın çalışması, kollektöre güneş ışığı düştüğünde, diferansiyel termostat yardımıyla olmaktadır. Kollektörün altındaki küçük depo, kollektör devresindeki boru sisteminin alabileceği su miktarını depolayabilmelidir. Kollektör üst seviyesine bir tahliye cihazı konarak suyun dolum yüksekliğine inmesi kolaylaştırılır. Sistem atmosferik şartlara açık olduğundan, kollektör devresindeki boruların paslanmaz malzemeden olması doğru olur (5)



Şekil 5.3. Kollektör devresi tam dolu olmayan pompalı endirekt sistem (23).

Pratikte daha çok rastlanan, sıcaklığı hazırlama sistemleri zorlanmış endirekt dolaşımlı sıcak su sistemleridir. Kollektör devresinde dolaşan antifrizli su bir ısı değiştiricisi ile sıcak su deposu içinden geçirilmekte ve yeniden kollektöre pompalanmaktadır. Zorlanmış en direkt dolaşımlı sistemli sıcak su sistemlerinde genellikle iki depo kullanılır. İki depolu sistemde akışkanın kollektöre giriş sıcaklığı düşük, dolayısıyla kollektör verimi yüksektir

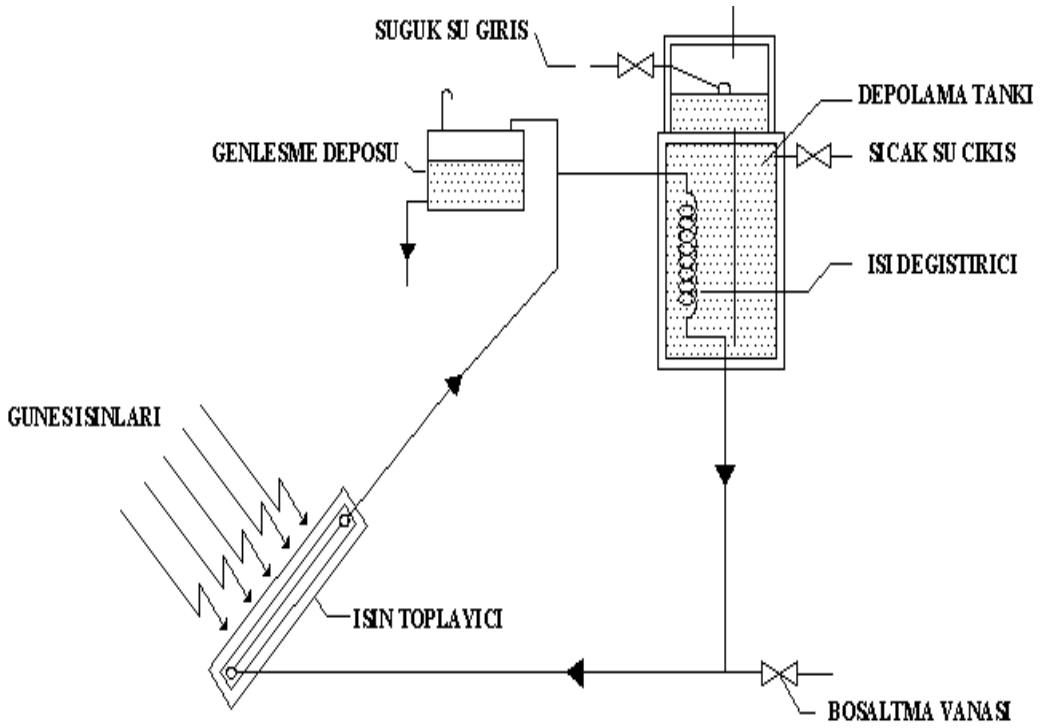
5.3. Direkt Sistemler

Direkt sistemler hiçbir ısı değiştirici kullanılmadan uygulanan sistemlerdir. Kollektörde ısınan ve yoğunluğu düşen akışkan depoya gider ve direkt olarak kullanma sıcak suyu olarak kullanılabilir. Direkt sistemlerin verimleri bir ısı değiştiricisi kullanılmamasından dolayı endirekt sistemlere göre daha yüksektir.

5.4. Endirekt Sistemler

En yaygın olarak kullanılan, 1920' lerde uygulamaya konulan sistemlerdir. Endirekt sistem olarak tertip edilen sistemleri gerçekleştirilenler donma ve korozyon problemlerinin olduğu durumlarda kullanılır. Mimari ve estetik yönünün önem kazandığı durumlarda, deponun kollektöre yaklaştırılması ve kollektör üstü ile birleştirildiği şekilde de imal edilebilir. Şekil 5.4.'de güneş enerjili endirekt sıcak su hazırlama sistemi görülmektedir. Bu sistemde su dolaşımı yoğunluk farkının oluşturduğu kaldırma kuvveti ile sağlanır. Aktif sistemlerde kullanılan mekanik elemanlar ve kontrol ünitelerinin bulunmayışı nedeniyle bu sistemlerin işletme ömrü, 10 yıldan daha fazla olabilmektedir. Ayrıca bakım ve işletme giderleri yok denecek kadar azdır.

Coğrafi değişimli geliştirilmiş güneş kollektörleri, yüksek oranlardaki mevsimsel sıcaklık değişimlerinde bile verimli olarak çalışırlar. Sistemin çevresindeki bölgede izolasyon yapılarak sistemin verimi artırılır. Böylece su-antifriz karışımı, sistem elemanları donmaktan korunurken aynı zamanda performans da korunmuş olur.



Şekil 5.4. Güneş enerjili endirekt sıcak su hazırlama sistemi

Su antifriz karışımındaki asıl amaç; donmaya karşı dirençli bir akışkan oluşturmaktır. Bu karışımındaki antifriz oranı uygun şartlar için değiştirilebilir. Fakat sistemin maliyetinde ve ısıl özelliklerde değişimler görülür. Sistemi destekleyici düzenekler ve akışkanlar (proplinglikol) geliştirilmiştir. Proplinglikolün yan etkileri dikkate alınırsa, pahalı olması ve sıcaklığın düşmesiyle viskozitenin artmasına bunun sonucu olarak da; zorlanmış sistemlerde pompanın harcadığı enerjinin artmasına, tabii sistemlerde akışkan hızının düşmesine veya sirkülasyonun sağlanamamasına neden olabilmektedir. Bu nedenle potasyum asetat, metanol, karışık etanol ve kalsiyum klorid gibi inorganik tuzların kullanılması daha uygundur. Bunların arasında etanol glikolun (otomobil antifrizi) en çok kullanılmasının nedeni, piyasada rahat bulunabilmesi ve daha ucuz olmasıdır.Bazı ülkelerde etanol glikolun kullanılmasına izin verilmez. Bilim adamları birçok antifriz karışımının kullanılabileceğini vurgulamasına rağmen etanol glikol ekonomikliği nedeniyle tercih edilmektedir (18).

Soğuk iklimlerde kollektörlerde dolaşan suyun donma problemi vardır. Donma ihtimalinin olduğu günlerde, sistemin boşaltılması gerekir. Ayrıca, kollektörlerdeki su ile kullanılan su karışıyorsa, kollektör borularında korozyona sebebiyet verebilir veya kireçlenme ile boru et kalınlığı artabilir. Bu problemleri ortadan kaldırmak için, kollektör devresinde donma sıcaklığı düşük inhibitör ilaveli akışkan dolaştırılır ve sistem endirekt olarak yapılır.

Isı değiştiricileri mümkün olduğu kadar daha çok etkili olmalıdır. Sistemde mümkün olduğu kadar az basınç kaybı oluşturmalıdır. Biçimleri daha kolay yalıtım yapmaya izin vermelidir. Isı değiştiricileri depolama tankının içine kolay bir biçimde yerleştirilebilecek şekilde dizayn edilmelidir. Isı değiştiricilerinin dış ve iç yüzeyi korozyondan etkilenmemeli, kolay bir biçimde temizlenebilmelidir (6) .

Endirekt sistemlerde kullanılan ısı değiştiricisinin tesirliği birden küçük olduğundan akışkanın kollektöre giriş sıcaklığı, direkt sisteme göre daha büyük ve dolayısıyla da kollektör verimi daha küçüktür.

5.5. Güneş Kolektörleri

Güneş kollektörleri, güneş ışınımı ile bir akışkanının sıcaklığının artmasını sağlayan elemanlardır. En basit anlamda, bir yüzeye düşen güneş ışınlarından bir kısmı yüzey tarafından yutulur ve akışkana doğru iletim ve taşımınla ısı geçişi olurken, dış yüzeyden de çevreye, yüzey sıcaklığına ve ısı taşınım katsayısına bağlı olarak taşımınla ısı geçişi olur. Yutulan ışınımla çevreye olan ısı kaybının farkı faydalanılan güneş enerjisidir ve ısıtılmak istenen akışkana geçer.

6. GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ

Güneş ışınları ile bir akışkanın sıcaklığının artmasını sağlayan gereçlere güneş kollektör (toplayıcıları) adı verilir. Başka bir ifade ile, güneş toplayıcıları, güneşin ışık enerjisini ısı enerjisine dönüştürür. Güneş toplayıcılarını düz toplayıcılar, vakum tüplü toplayıcılar ve yoğunlaştıran toplayıcılar olarak gruplandırılır. Akışkan sıcaklığın 100^0C'den daha düşük olabileceği sistemlerde (sıcak su temini ve hacim ısıtma gibi) düz toplayıcılar kullanılır. Sıcaklığın 100^0C'den daha yüksek değerlerinin gerektiği durumda ise yoğunlaştıran toplayıcıların kullanılması gerekmektedir. Pratikte, güneş enerjisinin en yaygın kullanıldığı su ısıtması gibi durumlarda 100^0C'den daha düşük sıcaklıklar yeterli olduğundan düz toplayıcılar daha çok kullanılmaktadır.

Toplayıcı tipi, faydalanılan enerji türüne göre seçilir. Sıcak su temininde, ev ısıtmasında düz toplayıcılar kullanılırken sanayi alanı gibi yüksek sıcaklık gerektiren yerlerde yoğunlaştıran toplayıcılar kullanılır.

Toplayıcılarda aşağıdaki özellikler beklenir.

a) Yüksek verim
b) Uzun ömür
c) Ucuz fiyat, kolay montaj.

Bir toplayıcının verimliliği, topladığı kullanılabilir enerji miktarının, üzerine düşen enerji miktarına oranı olarak tanımlanır. Tanıma göre verim;

$$\text{Verim} = \frac{\text{Kolektörün topladığı kullanılabilir enerji miktarı}}{\text{Kolektör üzerine düşen enerji miktarı}}$$

Verimli bir toplayıcı aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır:

a) Üzerine düşen güneş enerjisi miktarının çoğunu absorbe edebilmelidir.
b) Toplayıcılardan çevreye olan ısı kayıpları en az düzeyde olmalıdır.
c) Absorbe ettiği enerji içindeki ısı taşıyıcı akışkana yüksek bir verimlilikle geçirebilmelidir.

Toplayıcıların uzun ömürlü olabilmesi için;

a) Çok soğuk iklim şartlarında da dayanıklı olmaları
b) Günlük sıcaklık değişmelerinde, olabilecek iç ısı gerilmelerinden zarar görmemeleri
c) Güneş radyasyonundaki sürekli morötesi ışın bombardımanından etkilenmemeleri
d) İçlerindeki ısı taşıyıcı akışkan ve diğer kaynaklardan oluşabilecek korozyona karşı dayanıklı olmaları gerekir.

Fiyatlarının ucuz, montajının kolay olması için;

a) Yerli malzeme ve teknoloji ihtiva etmeleri
b) Dayanıklı ve hafif olmaları
c) Birbirine ekleme ve bağlantılarının kolay olması
d) En az temizlik ve tamir ihtiyaçı gerektirmeleri gerekir (23).

6.1. Düz Yüzeyli Kollektörler

Güneş enerjisinden faydalanmada en yaygın kullanılan düzeneklerdir. Yapımları için karmaşık teknolojiye gerek olmadan diğer sistemlere göre daha ucuzdur. Konutların sıcak su ve ısıtma sistemlerinde, yüzme havuzlarının ısıtılmasında ve endüstri için gerekli su temininde düz toplayıcılar kullanılır.

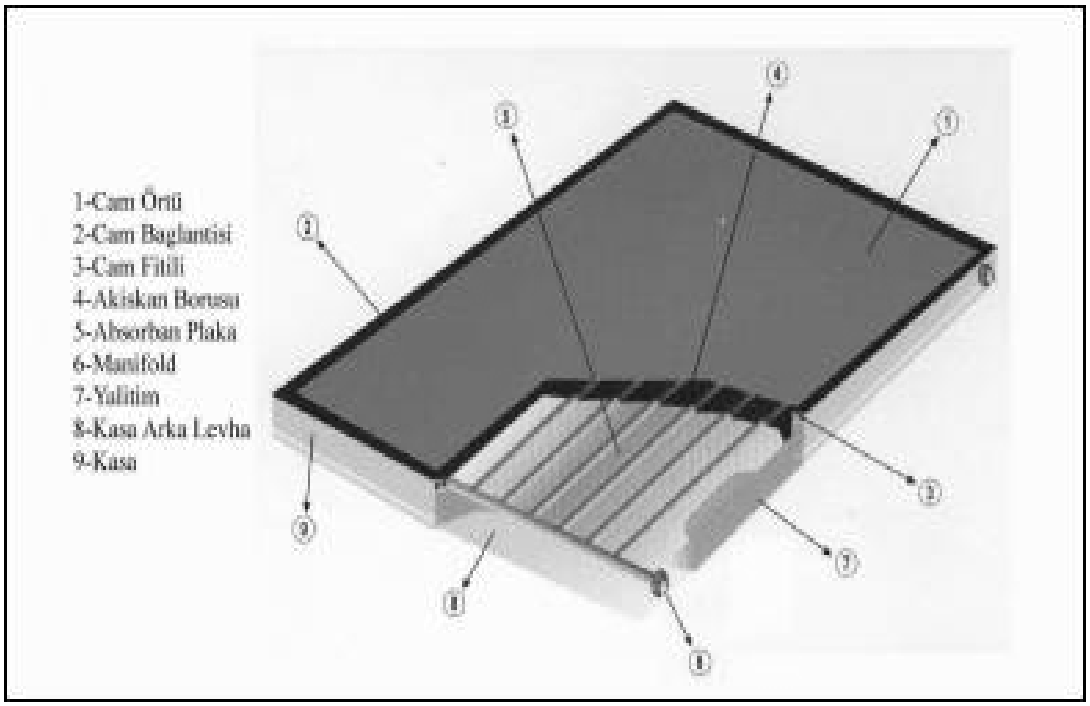
İlkel olarak bir kap içine konulan su güneşe bırakılırsa ısınır. Bu bir anlamda güneş toplayıcısıdır. Düz toplayıcıların çalışma ilkesi oldukça basittir. Akışkanın dolaştığı borular içinde güneş ışınımı sonucu ısının akışkan su deposunu sararak deponun ısınmasına, dolayısıyla depo içindeki suyun ısınmasını sağlar.

Düz toplayıcılar, dolaştırılan akışkan cinsine göre sıvılı ve gazlı (havalı) toplayıcılar olarak iki gruba ayrılabilir. Sıvılı toplayıcılarda daha çok su (veya antifirizli su), gazlı toplayıcılarda ise hava dolaştırılır. Sıvılı toplayıcıların verimi havalı toplayıcılardan daha yüksek, yapımı kolay ve ucuzdur. Toplanan enerjinin depolanması için daha küçük depo yeterlidir. Buna rağmen sıvının donma tehlikesi, korozyon ve sızdırma gibi problemleri vardır ve ayrıca hacim ısıtması için uygun olması ve donma korozyonu gibi problemleri olmamasına rağmen yapımı daha zordur, ayrıca tozlanma ve sızdırma problemleri vardır.

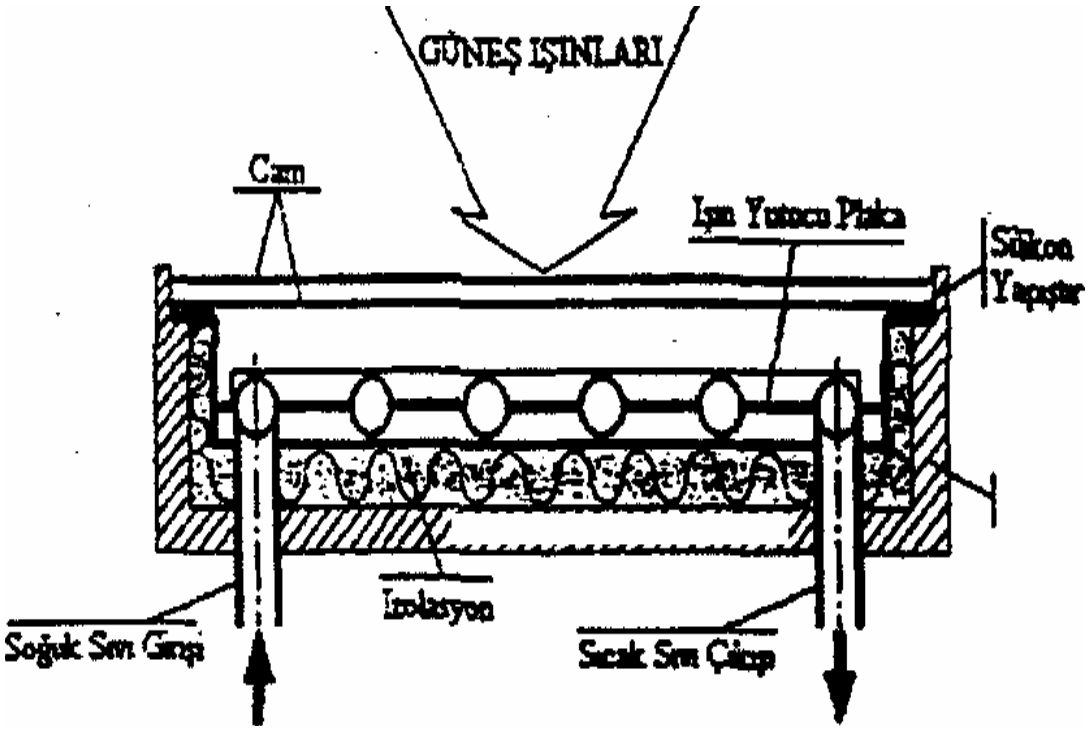
Toplayıcının yüzeyi üzerine düşen güneş ışınımının mümkün olduğu kadar büyük kısmının faydalı enerjiye dönüştürülebilmesi için önlem alınmalıdır. Isı kaybının azaltılması, yüzeyin yutuculuğunun artırılması ve akışkana ısı geçişinin arttırılması ile faydalanılan güneş enerjisi arttırılabilir.

Düz toplayıcıların, yoğunlaştıran toplayıcılara göre birtakım avantajları vardır. Bunlar ;

- Konstrüksiyonları daha basittir.
- Yayılı ışınımından da faydalanılır.
- Tesisatın yerleştirileceği zeminin hazırlanması daha kolaydır.
- Tesisat elemanları azdır ve hareketli kısımları yoktur.
- Daha dayanıklı ve uzun ömürlüdür.
- Nakliyesi kolaydır.
- İşletme masrafları daha azdır.



Şekil 6.1. Düzlemsel güneş kollektörü



Şekil 6.2. Düzlemsel güneş kolektörünün kesiti

6.1.1. Saydam örtü

Saydam örtünün amacı, güneş ışınımını içeriye alıp çevreye olan ısı kayıplarını azaltmaktır. Özellikle rüzgarlı bölgelerde taşımınla olan ısı kaybı çok fazladır ve saydam örtü kullanılmaması halinde, yutucu yüzey ile çevre havası arasındaki ısı taşımını çok büyük olacağından faydalı ışınım azalır. Saydam örtü çevreye olan ısı kaybını önlediği gibi, yutucu yüzeyi dış etkenlerden korur.

Kollektörlerde kullanılan saydam örtülerin, kısa dalga boylu güneş ışınımlarını geçirme oranı büyük, yutucu levha tarafından neşredilen uzun dalga boylu ışınımların dışarı çıkmaması için de uzun dalga boylu ışınımları geçirme oranı küçük olmalıdır. Ucuz olmak, kolay temin edilebilmeli, mor ötesi güneş ışınlarından etkilenmemeli, yüksek sıcaklıklara dayanabilmeli, kolay işlenebilmeli ve çevreden gelecek etkilere (dolu, taş vb.)dayanıklı olmalıdır.

Pratikte, saydam örtü genellikle kalınlığı 3 mm olan pencere camından bu camın kurşun ve demir oksit oranı az, yani % 0,05'den küçük olmalıdır. Özel imal edilmiş camdan veya polyester elyaflı geçirgen malzemelerden veya güneş ışınlarına dayanıklı fosillerden yapılabilir. Bu levhaların her iki yüzeyinin kenarlarına kollektörlerin taşıyıcı ve izole edici gövdesi kasaya yerleştirilmeden önce yaklaşık l cm eninde lastik ve benzeri malzemeden şerit yapıştırılır. Kasa ve geçirgen örtü çerçevesi geçirgen örtü malzemelerinin sıcaklıkla genleşmeleri dikkate alınarak, geçirgen örtünün kasaya yerleştirilmesi ve sızdırmazlığı tasarımda dikkate alınacak hususlardır. Absorblayıcı levha ile geçirgen örtü arasında yaklaşık 2 cm ile 3 cm mesafe bırakılmalıdır. Konveksiyonla ısı transferi kayıplarını önlemek amacı ile cifi geçirgen örtü de kullanılabilir (13).

6.2.1. Yutucu yüzey

Yutucu yüzey, kollektörlerde güneş ışınımını yutan ve ısıyı borulardaki akışkana aktaran kısımdır. Yutucu yüzeyin, her şeyden önce güneş ışınımını yutma oranının büyük ve uzun dalga ışınım yayıcılığının küçük olması gerekir. Işınım yutarak ısınan levhanın ısıyı temas halindeki akışkana iyi bir şekilde iletmesi için, ısı iletim katsayısı yüksek malzemeler seçilir ve ısı geçişinin çabuk ve iyi olması için levhalar ince yapılır. Bunların yanında, imalat kolaylığı, elde edilebilme imkanları, kolay işlenebilirliği ve fiyatı da göz önüne alınmalıdır.

Yutucu yüzeyin üzeri siyaha boyanabileceği gibi, seçici yüzey olarak imal edilmesi daha uygundur. Günümüzde birçok ülkede sadece seçici yüzeyler kullanılmaktadır. Teorik incelemelerden de anlaşılacağı üzere levhada toplanan, ısıya dönüşen güneş enerjisinin en az ısıl direnç ile akışkana aktarılabilmesi için absorblayıcı yüzeyle akışkan boruları arasında çok iyi iletim sağlamalıdır. Aslında değişik absorblayıcı levha ile akışkan boruları arasında iletimin iyi olması, roll-bond tekniği, panel radyatör tekniği ve alüminyum ekstrüzyon tekniği gibi tekniklerle sağlanabilir. Seçici yüzeyin kullanılmadığı hallerde, absorblayıcı levha iyice temizlendikten sonra mat, sıcaklığa dayanıklı siyah bir boya ile boyanır. Boya çok ince ve düzgün olmalıdır .

Absorblayıcı levhanın kenarlarının kasa kenarlarına temas etmemeleri, yani ısı köprüleri oluşturmamalarına dikkat edilmelidir. Kollektörlerde yutucu yüzey olarak genellikle, bakır, alüminyum ve paslanmaz çelik kullanılır. Bakırın ısı iletim katsayısı yüksek olmasına rağmen, diğerlerine göre çok daha pahalıdır. Çelik ise piyasadan kolay temin edilebilir, fakat korozyona müsait bir metaldir. Diğer taraftan, seçilen malzemenin lehim veya kaynak yapılabilme özelliği de göz önünde bulundurulmalıdır. Bakırın lehimi kolay ama pahalıdır. Alüminyum başka bir metal ile lehim veya kaynağı çok zordur (13).

Yutucu yüzeylerde ışınım geçirilmediğinden, belli bir dalga boyunda, yansıtma ve yutma oranlarının toplamı birdir. Ayrıca Kirsoff kanununa göre, ısıl denge halinde belli bir dalga boyunda yutma ve neşretme oranlan birbirine eşittir.

Siyah boyaların güneş ışınımını yutma oranı yüksek olduğu gibi ışınım yayma oranlan da (uzun dalga boylu ışınım yutuculuğu) büyüktür. Siyah yüzeyli toplayıcıların normal doğrultudaki güneş ışınımını yutma ve uzun dalga- boylu ışınım yayma oranlan 0,90-0,95 mertebesindedir. Yüzeyin yutma oranı, geliş açısına bağlı olarak değişir. Bu değişim, geliş açısının 50° değerine kadar çok yavaş, daha büyük değerlerinde ise hızla azalmaktadır (13).

6.3.1. Seçici yüzey

Siyah yüzey, ışınım için gerçek yutucudur. Bütün dalga boylarındaki, her açı altında gelen ışınımın tamamını yutar. Ancak, gerçek yüzeyler, her zaman, ışınımın bir kısmını geliş açısına bağlı olarak yansıtır. İdeal siyah cisim aynı zamanda ısıl ışınım için gerçek neşredicidir. İdeal yutucu yüzey ise, kısa dalga boylu ışınımın tamamını yutar, ancak uzun dalga boylu ışınım yayıcılığı olmayan yüzeylerdir.

Kısa dalga-boylu ışınımın (0.3 um - 3.0 um) tamamına yakınını yutan uzun dalga-boylu ışınım yayıcılığı az olan yüzeylere seçici (selektif) yüzey adı verilir. Seçici (selektü) yüzeylerin, güneş ışınımını yutma oranının (a_y) , uzun dalga boylu ısıl ışınım yayma oranına <£) telümüyle (a_y / €) elde edilen değer, seçici yüzeylerin iyilik derecesi hakkında bilgi verir.

Genellikle seçici yüzeylerde oc_y / € oran dörtten daha büyüktür, pratikte, yayma oranı çok küçülünce yutma oranı da küçülmektedir. Bu sebeple de Oy / € oramın çok büyük olması, çoğu zaman seçici yüzeyin daha iyi olduğunu belirtmez. Seçici yüzeylerin kaplanmaları, kimyasal banyo, püskürtme veya elektro kaplama ile gerçekleştirilir.

îlk defa, siyah nikel ve siyah bakır kaplama ile seçici yüzey Tabor (1954) tarafından yapılmıştır. Tabor, siyah nikel ve siyah bakır kaplamaları galvanizli çelik ve alüminyum üzerine uygulamıştır. Pratikte, daha çok siyah krom ve siyah nikel kaplamalar yapılmaktadır (13).

6.1.4. Isı yalıtımı ve kasa

Kollektörlerde kullanılan en yaygın yaktım malzemesi halen cam yünüdür. Bilindiği gibi, cam yünü neme ve sıcaklığa karşı korunmazsa "yalıtım yapma" özelliğini yitirir. Tasarımda en çok dikkat edilecek konulardan biri budur. Cam yününün kalınlığı ılıman iklimlere 5 cm soğuk iklimlerde 10 cm'ye kadar olmalıdır. Bunun yanında strofor ve poliüretan da ısı iletim katsayılarının küçüklüğü ve hafifliği sebebiyle en çok tercih edilen toplayıcı yalıtım malzemelerindendir.

Yalıtım malzemesi seçilirken ısı iletiminin yanında, yanma ve genleşme özellikleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Bunlar kollektörlerin güneş ışınımı almayan alt ve yan kısımlarında olan ısı kayıplarının azalmasını sağlar.

Cam yünü yüksek sıcaklıklara dayanıklı olduğundan, yüksek sıcaklıklara çıkılan kollektörlerde, strofor veya poliüretan üzerine (kollektör levha tarafına) cam yünü konulur.

Yalıtım malzemesi ile kollektör levhası arasında bir hava boşluğu bırakılması ve yaktım malzemesinin üzeri ışınım yansıtma oranı büyük olan alüminyum folyo ile kaplanması durumunda ısı kaybı daha az olur ve bu durumda yalıtım malzemesi yüksek sıcaklığa çıkmaz.

Yalıtım malzemesi kalınlığı, yutucu yüzey sıcaklığı ile çevre sıcaklığı arasındaki farka bağlı olarak seçilir. Yüksek sıcaklıklara çıkılan toplayıcılarda, yalıtım kalınlığı artırılmak ve yaktım malzemesinin toplam ısı geçişi katsayısı 0,5 W/m^2K'den daha küçük olmalıdır. Buna göre, yaktım malzemesinin ısı iletim katsayısı k (W/m K) ve

kalınlığı L (m) olmak üzere (k/L) < 0,5 yazılabilir ki, cam yünü ve strofor için L>7 cm olmakdır. Tabii ki, yalıtım malzemesinin kalınlığı arttıkça ısı geçişi katsayısı küçülür, fakat kollektör kalınlığı, ağırlığı ve fiyatı artar .

Düzlemsel kollektörlerde kasa malzemesi olarak genellikle kalınlığı yaklaşık l mm olan sac veya galvanizli sac kullanılmaktadır. Alüminyum, plastik, polyester ve hatta ahşaptan imal edilen kasalar da vardır. Kasanın en belirgin özelliklerinden biri dayanımıdır ve buna göre boyutlandırılmalıdır. Taşıyıcılığı, koruyuculuğu, ısı yalıtımı ve estetik gibi unsurları tamamıyla yerine getirmelidir. Bazı hallerde alüminyum kasalara galvaniz sac taban konmaktadır. Bazı hallerde ise tamamen alüminyumdan imal edilmiş kasalar kullanılmaktadır (13).

6.1.5. Akışkan taşıyan borular

Yutucu yüzey, güneş kollektörlerinin en önemli parçasıdır. Kollektör ve sistemin verimliliği yutucu yüzeye bağlıdır. İyi bir güneş kollektörü sadece güneş ışığını yutmaz. Yuttuğu ısının büyük bir kısmını ısıtıcı akışkana geçirir. Sıvı kollektörlerde, akış kanalları yutucu yüzeyin tamamını kapatmaz. Bu nedenle ısı, yutucu yüzeyden iletim yoluyla akış kanallarındaki sıvıya ulaşmak zorundadır. Borular yutucu yüzey üzerine aralıklarla yerleştirilirler. Boruların arasında kalan yutucu yüzey yüzeyleri boruya tutturulmuş kanatlar şeklinde görev yaparlar. Isı, bu kanatlardan borulara, borulardan da içlerindeki sıvıya (genellikle su) aktarılır.

Borular arasındaki mesafe arttıkça (kollektörün birim genişliği için kullanılan boru sayısı azaldıkça) kanat verimi dolayısıyla kollektör verimi azalır. Borular arası mesafe küçüldükçe kollektör verimi artar. Bununla beraber sarf edilen malzeme miktarı ve işçilik de fâzlalaşır. Optimum kanat uzunluğu, kullanılan boru ve kanat malzemesine, boru çapına, kanat kalınlığına, kollektörün kullanıldığı bölgenin meteorolojik özelliklerine (ışınım şiddeti, çevre sıcaklığı, güneşlenme süresi vs.) kollektörün kullanılacağı sistemin özelliklerine, (sirkülasyon tipi, depo büyüklüğü,

akışkan tipi vs.) bağlı olarak değişir. Ayrıca kanat geometrisinin de optimum kanat uzunluğuna tesiri büyüktür (13).

6.1.6. Depolama tankları

Tabii sirkülasyonlu sistemlerde kullanılan depolar imalatlarında hiçbir özel konstrüksiyon gerektirmezler. Sadece çevreye olacak ısı kaybına karşı çok iyi yalıtılmalıdır. Sistemlerde ısıtılan suyun depolanmasını sağlayan elemanlara "Depolama Tankı" denir. Kullanılacakları sisteme göre tek depolu, gömlekli veya eşanjör tipli olarak yapılırlar.

Tabii sirkülasyonlu sistemlerde kullanılan depolar güneşsiz ve hava sıcaklığının düşük olduğu sıcaklıklarda sistemde ters akımı önlemek için ve sistemin tabii sirkülasyonla çalıştırılabilmesi için kollektörlerden en az 35 cm - 40 cm yukan konulmaları gerekir.

6.1.7. Boru çapı ve levha kalınlığı

Tabii dolaşımlı sıcak su sistemlerinde, akışkanın hareketi küçük yoğunluk farklarından (depodaki akışkan ile kollektördeki akışkanın) meydana geldiğinden, borulardaki sürtünme kayıpları ve yerel kayıplar (vana. dirsek, geçit vs.) az olmalıdır. Bunun için, kollektör ile depo arasındaki bağlantı borularının çapı büyük (en az 20 mm) seçilmelidir.

Düz kollektörlerde kullanılan boruların çapı tabii sirkülasyonun rahat olması ve kireçlenme probleminin az olması için büyük tutulmalıdır. Küçük çaplı çok boru kullanmaktan, büyük çaplı az boru kullanmak daha iyidir. Büyük çaplı az boru kullanmakla, hem malzemeden tasarruf sağlanır, hem de işçilik azalır. Sürtünme kayıpları azalacağından tabii sirkülasyon rahat olur, kireçlenme daha geç başlar. Bununla beraber, birim genişlikteki kollektör için kullanılan boru sayısının azalmasıyla borular arası mesafe büyüyeceğinden kanat verimi küçülür. Bu noktada

boruların çaplarının büyük tutulması ve borular arası mesafenin küçük tutulması düşünülebilir, fakat bu takdirde birim kollektör yüzey alanına karşı gelen ısı taşıyıcı akışkan miktarı (kollektör kapasitesi) büyür. Standardlarda kollektör kapasitesinin 2.4 l/m^2 'den küçük seçilmesi önerilmektedir. Zira, kapasite büyük seçilirse birim kütledeki akışkana geçen faydalı ısı azalacağından sirkülasyon kötüleşir ve sistemin rejime girmesi gecikir .

Tabii sirkülasyonlu sistemlerde kullanılan kollektörlerde akışkanın dolaştığı borunun iç çapının 12 mm'den büyük seçilmesi (pompalı sistemlerde küçük seçilebilir) ve kollektör kapasitesinin de 1.8 l/m^2 mertebesinde tutacak kadar küçük seçilmesi önerilmektedir (13).

6.2. Yoğunlaştıran Kollektörler

Güneş enerjisinden faydalanmada kullanılan düzeneklerden biride yoğunlaştıran toplayıcılardır. Güneş toplayıcılarını kullanmaktan maksat, üzerine düşen güneş ışınımının mümkün olduğu kadar büyük bir kısmından faydalanabilmektir. Bu bakımdan düz toplayıcıların yanında yoğunlaştıran toplayıcılar önemli bir yer işgal eder.

Yoğunlaştıran toplayıcılar teorik olarak üç sebepten dolayı kullanılır;

1.Güneş enerjisinden dönüştürülen enerjinin, özellikle ısı enerjisinin sıcaklık seviyesini arttırmak.
2.Isı kayıpları olan yüzeyi küçülterek toplayıcının verimini yükseltmek.
3.Daha kullanışlı ve ucuz bir toplayıcı meydana getirmek (20).

6.3. Vakum Tüplü Güneş Kollektörleri

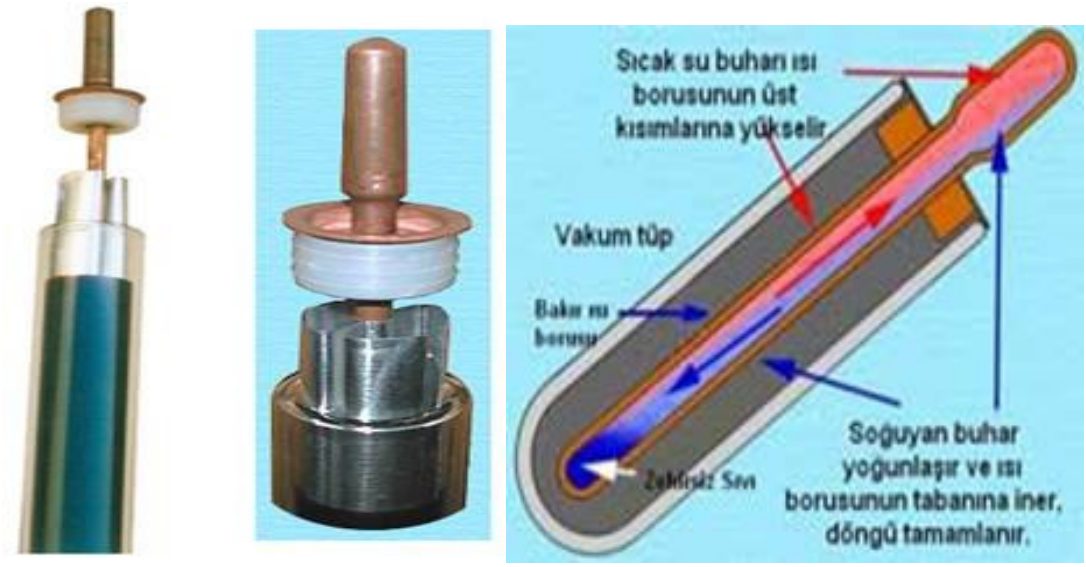
Bu tip kollektörlerin başlıca özellikleri:

- Kolletör her zaman cam tüp grubundan oluşur.
- Tüp içinde yapılan vakum işleme ile konveksiyon ve kondiksiyon yolu ile olabilecek ısı kaybı azaltılır.
- Kullanılan camlar vakum nedeniyle oluşan basınç farkına dayanabilecek mukavemettedir.
- Bağlantı borularının tüpe bağlanabilmesi için bir veya iki manifold bulunur.

Vakum tüplü kollektörler ısı transferi metotlarına göre iki temel gruba ayrılırlar.

- Isı transferinin borular aracılığıyla direkt akışkana iletildiği sistemler.
- Isı borulu sistemler.

Isı borulu sistemler güneş kollektörlerinde, yutucu yüzey ısındığında, çalışma ortamı (su,alkol) buharlaşır. Bu akışkan vakum tüp dışındaki kondensere yükselir ve ısısını transfer ettikten sonra geri akar. Isı borusunun çalışabilmesi için kollektör tüp aksamının en az 20° eğimle yerleştirilmesi gerekir. Isı borulu güneş kollektörünün avantajı ilk çevrimde maksimum durgunluk sıcaklığına ulaşmasıdır. Çalışma ortamına ve basınca bağlı olarak, absorber içeriğinin tümünün buharlaşma sıcaklığına ulaşması mümkündür. Bu sıcaklık 130° - 150°C arasında değişir. Bu nedenle glikol temelli ısı transfer akışkanının bozulma tehlikesi yoktur. (etilen glikol ve propilen glikol için maksimum çalışma sıcaklığı >170°C)



Şekil 6.3.Vaküm tüplü kollektör ve ısı borulu vakum tüplü kollektörün çalışma şekli

Tüplü kollektörler direkt dolaşımla 300°C ye kadar yükselen sıcaklıklara ulaşabilir. Bu tip kollektörlerde aşırı ısınmayı önleyecek ek koruma bulunması gereklidir. Evsel sıcak su devrelerinde vakum tüplü kollektörlerin kullanımda, kolektörlerin maksimum sıcaklığını 100°C'de sınırlamak önemlidir. Bunların çıkışları daha yüksek sıcaklıkta olduğu için (100-120°C), düzlemsel kollektörlerin kullanıldığı yerlerde ve ayrıca yiyecek dondurma, bina soğutma gibi daha geniş bir yelpazede kullanılabilirler (17).

6.3.1. Yutucu yüzey

Vakum tüplü güneş kolektörlerinde iki tip absorber yüzey kullanılmaktadır:

- U şekilli borulu (kanatlı),
- Koaksiyal borulu (kanatlı).

İki tipin de avantaj ve dezavantajları vardır .U şekilli borular vakum contalı ve iki çıkışlı olup, daha yüksek verimlidir. Koaksiyal borular ucuz ve basittir.Vakum tüplü kollektörün performansında, özellikle yüzeyin yayıcılığı çok önemlidir. Bu tip

kollektörlerden ısı kaybı genellikle, yutucu yüzeyden yayılan ışından kaynaklanmaktadır.Yutucu yüzey olarak -Ni pigmentli alüminyum oksitin emisitivitesinin yüksek olması nedeniyle genellikle siyah krom kullanılır. Siyah krom kaplamalar ara katman olarak nikel tabakaya sahip olduğundan %8'lik minimum yayıcılığa sahiptir. Bazı üreticiler ara katmandaki nikel tabakayı ihmal ederek, yayıcılığı %5'e kadar düşürülebilmektedir. Buna karşılık, bu kaplamanın kulanım ömrü düşmekte ve bazı uygulamalarda kullanılmamaktadır (17).

6.3.2.Cam tüpler

Vakum tüplü kolektörlerin üretiminde cam tüplerin iyi optik özelliklere ve mekanik stabiliteye sahip olması ön şarttır. Kullanılacak cam tüplerin çapına göre malzeme seçimi yapılır.

Cam tüp çapı 100 mm ya da büyük olduğunda; borasilikat camlar kullanılabilir. Bu tip camlar, yüksek mekanik ve temel stabiliteye sahip olduğundan dolayı kollektör tüpleri darbe ve ısıl şoklara dayanıklıdır. Optik özellikleri demir içermeyen camlara yakındır. Dezavantajı fiyatının yüksek olmasıdır.

Cam tüp çapı 50 mm olduğunda ise cam tüpler, demir içermeyen camlardan yapılmıştır. Mekanik stabilitesi orta seviyededir. Şoklara maruz kalacak ortamlarda kullanılması uygun değildir. Avantajı ise fiyatının düşük olmasıdır (17).

6.3.3.Bağlantılar ve ekler

Düzlemsel güneş kollektörlerine göre bu tip kollektörlerde bağlantılar ve ekler daha yüksek ısıl gerilimlerle karşılaşırlar. Silikon lastik tüplerin kullanım imkanı yoktur. 300°C'ye kadar yükselebilen durgunluk sıcaklıklarında, çelik yada bakır esnek boruların uygulanması tek çözümdür (17).

7. MATERYAL VE METOD

7.1. Deney Setlerinin Hazırlanması

Deney setleri tabii sirkülasyonlu olmak üzere iki adet yapılmıştır. İki sistemin çalışma düzenleri ve şartları aynı olacak şekilde (kollektör yüzey alanı,depo hacmi,boru bağlantıları vb.) tasarlanıp imal edilmiştir.Sistemlerin imalatı sırasında aynı özelliklere sahip malzemeler kullanılmıştır.

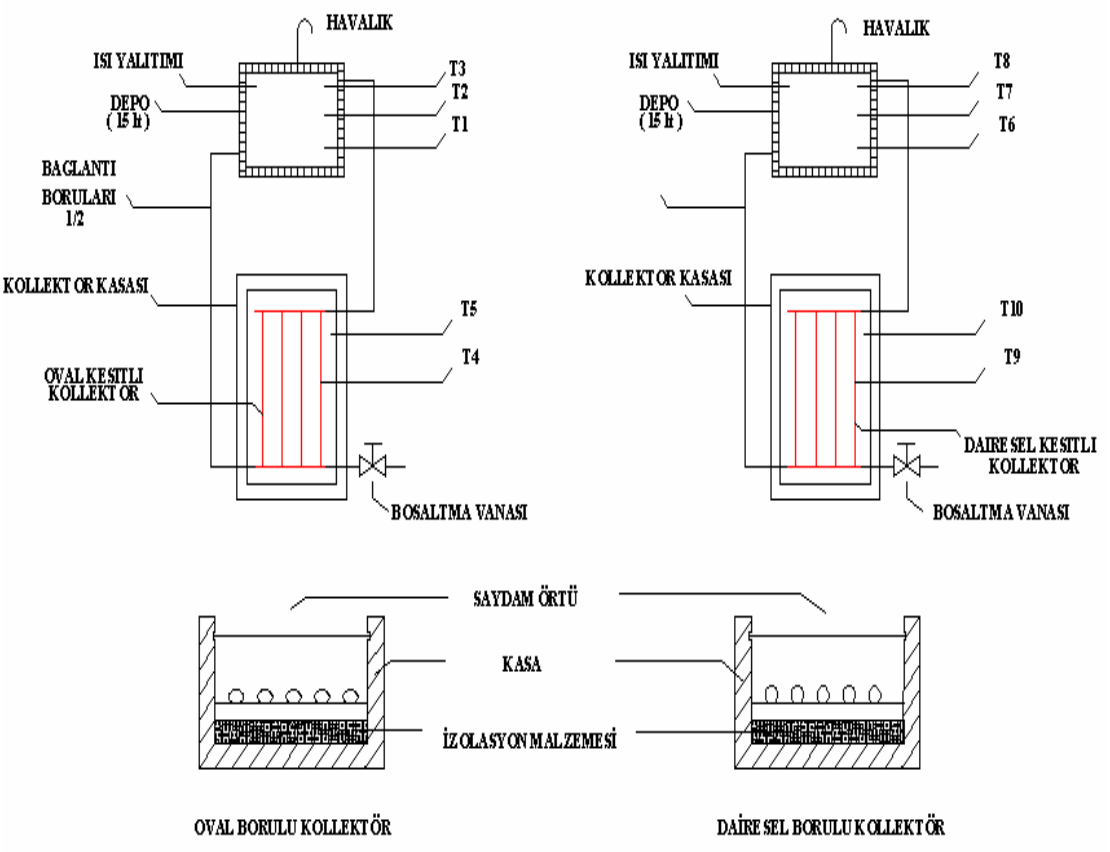
Sistemlerin depoları prizmatik şekilde 0,75 mm kalınlığında galvanizli sacdan üretilmiştir.Üretilen sıcak su depoları 15lt hacmindedir.Depoların izolasyonu 5 cm kalınlığındaki cam yünü ile sağlanmıştır.Sistemlerdeki kollektörler aynı yüzey alanına sahip olup 50cm x 35 cm boyutlarındadır. I Nolu sistemde dairesel kesitli boru yerine ısı ve basınç altında oval şekle getirilmiş 1/2''lık bakır borular kullanılmıştır .Oval şeklindeki borular 0,19 m^2 kollektör alanına 5 adet yerleşecek şekilde oksijen kaynağı ile birleştirilmişlerdir.II Nolu sistemde ise klasik bir kollektör yapılmıştır.Kollektör boruları dairesel kesitli 1/2''lık bakır borulardan yapılmıştır.Dairesel kesitli bakır borulardan da 0,19 m^2 yüzey alanı için 5 adet oksijen kaynağı ile birleştirilmiştir.Her iki kollektörde de yüzeyi artırmak için 0.75 mm kalınlığında sacdan kollektör yüzey alanınca kesilerek borularla ısı transferi sağlanabilmesi için bağlatılar gerçekleştirilmiş olup güneş ışınımlarının daha iyi absorbe edilebilmesi için yüzeyin tamamı siyah renge boyanmıştır. Kollektörlerden kasaya ısı transferini önlemek için 5 cm cam yünü yalıtım kullanılmıştır.

Her iki sistem 3x3 cm profilden yapılan yekpare iskelet üzerine yerleştirilmiştir. Kollektörler yaz uygulaması için enlem -15˚ (25˚) eğimle yerleştirilmiştir. Kollektör ile depo arasındaki bağlantılar 1/2'' çapındaki esnek bağlantı elemanları ile yapılmıştır. Böylece depo ile kollektör arası basınç kaybı en aza indirilmeye çalışılmıştır.Bağlantı için kullanılan borularda poliüretan yalıtım malzemesi ile yalıtılmıştır.Ayrıca depo ile kollektör arasında basınç farkı oluşturmak için depo

kollektörden 35 cm yükseğe yerleştirilmiştir. Tek parça halindeki sistem yerden 3 m yüksekliğindeki teras çatı üzerine güney yönüne bakacak şekilde yerleştirilmiştir.

8. DENEYLERİN YAPILIŞI

Hazırlanan deney seti yerden 3 m yüksekteki teras çatı üzerine güneye bakacak şekilde yerleştirildi. Deneyler 13 -26 Temmuz tarihleri arasında 10 gün süre ile yapılmıştır.Sistemler su ile doldurulmuş ve ölçümler her gün birer saat ara ile 09:00-17:00 saatleri arasında yapılmıştır.Sıcaklık ölçümleri için depo içersinde 3 noktadan (depo alt, orta, üst noktalarında) kollektörde 2 noktadan (kollektör yüzey ve hava boşluğu sıcaklığı) olmak üzere her bir sistem için 5 noktadan, toplam 10 noktadan sıcaklık ölçümü yapılmıştır.



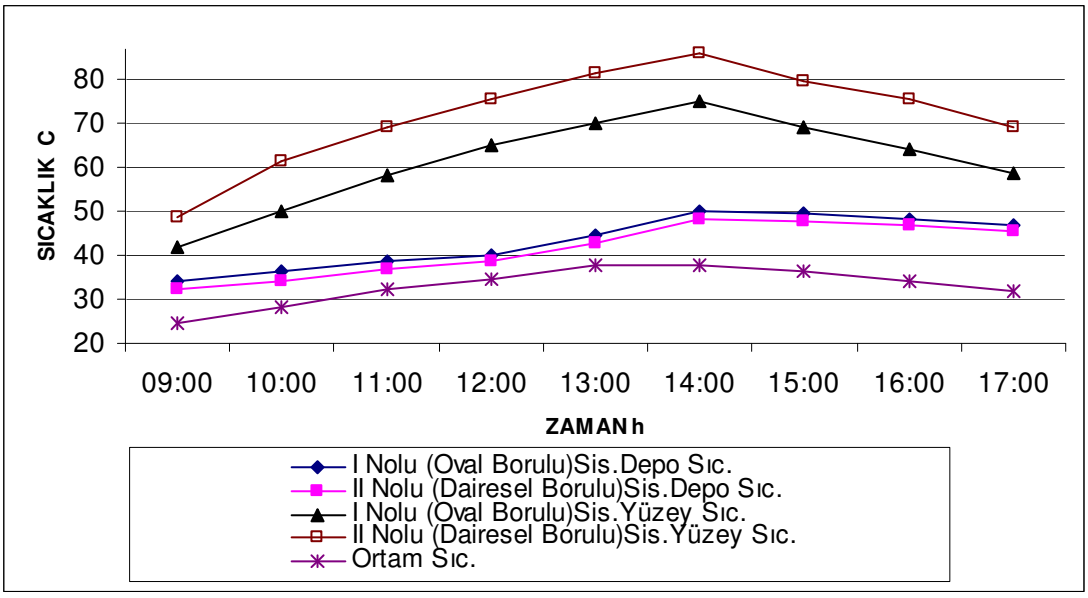
Şekil 8.1 Deney setlerinin bağlantı şeması

9. DENEY SONUÇLARI

9.1. Sistemlerden Elde Edilen Sıcaklık Değerleri ve Karşılaştırmalı Grafikler

Çizelge 9.1 13 temmuz 2005 günü sistemlerden ölçülen sıcaklık değerleri

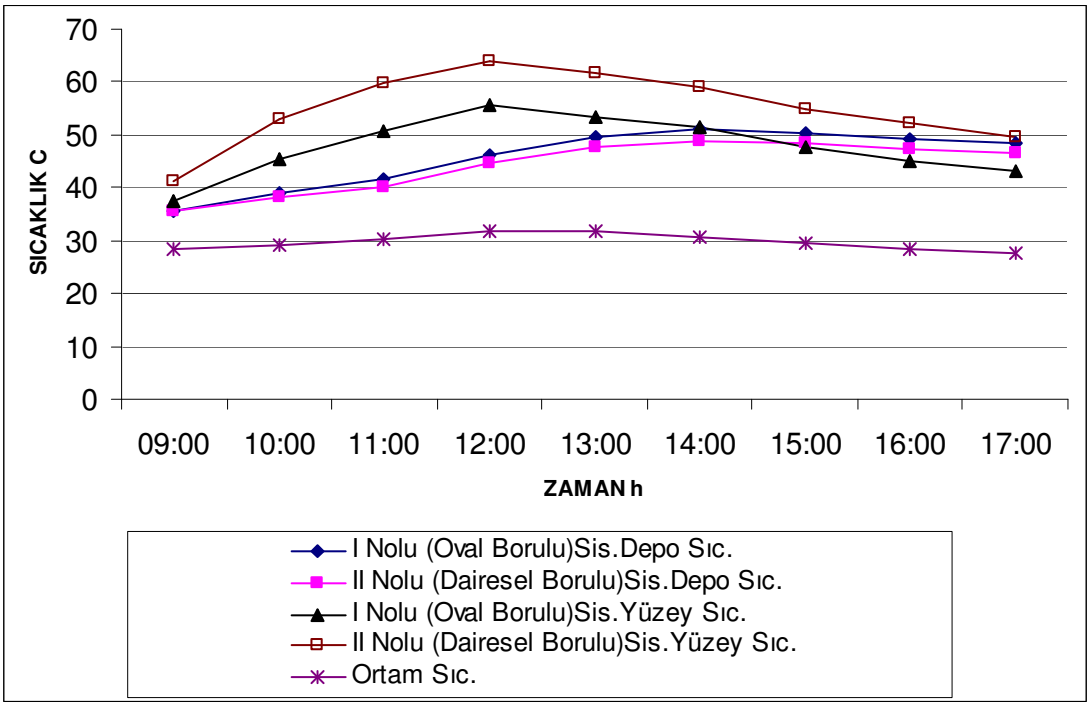
13/07/2005 ÇARŞAMBA											
SAAT	I NOLU SİSTEM					II NOLU SİSTEM					
	DEPO			KOLLEKTÖR		DEPO			KOLLEKTÖR		
	ALT T1	ORTA T2	ÜST T3	HAVA T4	YÜZEY T5	ALT T6	ORTA T7	ÜST T8	HAVA T9	YÜZEY T10	HAVA T11
09:00	32,6	34,2	36	40,6	41,8	31,3	32,6	34	47,6	48,7	24,6
10:00	36,2	36,5	37,2	49,5	50,2	33,2	34,3	35,3	58,2	61,3	28,4
11:00	38,1	38,8	39,1	57	58,4	35,6	36,2	38,6	69,7	72,7	32,3
12:00	39,3	40	41,3	63,7	65	36,8	38,8	40,5	74,1	75,8	34,5
13:00	40	42,4	52	68,2	70,1	39,4	43,7	44,9	79,6	81,4	38
14:00	42,7	48,7	58,9	72,7	75,3	44,7	48,8	51,5	84,7	86	38
15:00	43	48,2	58	67,3	69,2	44,5	48,2	51	78,7	79,5	36,3
16:00	41,5	46,6	56,7	62	64,1	43,6	47,3	49,3	73,6	75,5	34
17:00	40,7	45,8	55	57,3	58,7	42	45,8	48,3	67,6	69,1	32



Şekil 9.1. 13 Temmuz 2005 günü depo su sıcaklıkları ve ortam sıcaklığına ait grafik

Çizelge 9.2 14 Temmuz 2005 günü sistemlerden ölçülen sıcaklık değerleri

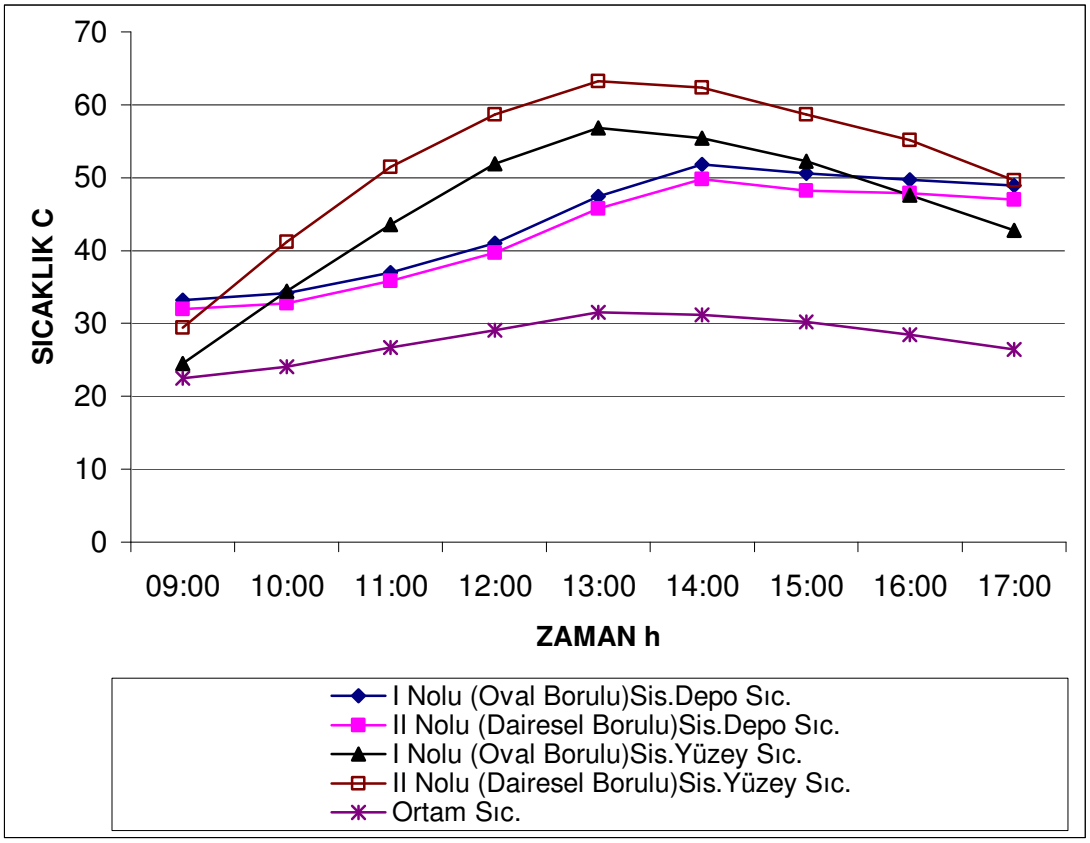
14/07/2005 PERŞEMBE											
SAAT	I NOLU SİSTEM					II NOLU SİSTEM					
	DEPO			KOLLEKTÖR		DEPO			KOLLEKTÖR		
	ALT T1	ORTA T2	ÜST T3	HAVA T4	YÜZEY T5	ALT T6	ORTA T7	ÜST T8	HAVA T9	YÜZEY T10	HAVA T11
09:00	35,3	36,8	37,6	35,7	37,4	34,2	35,4	37	40,6	41,2	28,4
10:00	37	37,5	42,8	43,1	45,3	36,7	37,8	40,2	65,8	54,1	29,3
11:00	38,2	40,7	45,6	49,3	50,6	37,8	40,5	42,3	79,8	61,6	30,2
12:00	40,7	47,2	50,9	48,6	51,8	41,6	45,2	46,8	82,4	62,8	31,9
13:00	44,7	51,3	52,6	49,5	50,3	44,3	48,6	50,4	60,3	59,9	31,6
14:00	46,9	53	53,4	42,2	45,8	45,6	49	52,2	57,3	57,1	30,7
15:00	46	52,8	52,6	53,5	55,7	45	48,2	52	66,3	64,8	29,5
16:00	45,2	50,3	52,3	56,3	57,9	44	46,3	51,6	80,4	67,8	28,2
17:00	44,8	49,4	51,7	50,7	57,8	43,2	45,2	50,9	64,2	67,4	27,5



Şekil 9.2. 14 Temmuz 2005 günü depo su sıcaklıkları ve ortam sıcaklığına ait grafik

Çizelge 9.3 15 Temmuz 2005 günü sistemlerden ölçülen sıcaklık değerleri

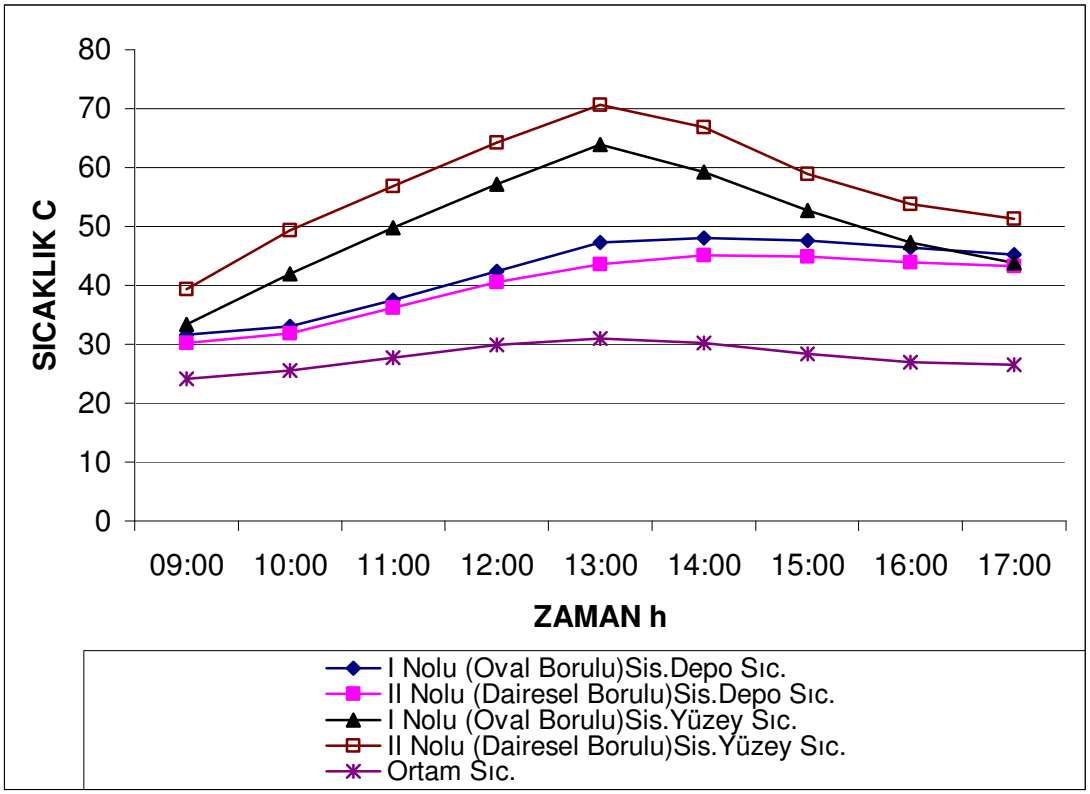
15/07/2005 CUMA											
SAAT	I NOLU SİSTEM					II NOLU SİSTEM					
	DEPO			KOLLEKTÖR		DEPO			KOLLEKTÖR		
	ALT T1	ORTA T2	ÜST T3	HAVA T4	YÜZEY T5	ALT T6	ORTA T7	ÜST T8	HAVA T9	YÜZEY T10	HAVA T11
09:00	32	32,8	34,9	24,3	24,5	31,4	32	32,8	29	28,5	22,5
10:00	32,9	34,4	35,1	40	42,4	31,8	32,2	33,8	55,6	56	24,1
11:00	34,1	34,8	42,1	41,4	44,6	34,6	35,4	37,4	62,2	65,5	26,7
12:00	35,5	37,9	49,6	52,5	53,4	37,2	39,5	42,5	81,5	81,8	29,1
13:00	39,4	46,6	56,2	51,4	55,3	42,4	45,9	49,3	65,5	66,4	31,5
14:00	43,8	52,6	59,2	56,5	56,6	45,8	48,5	55,4	58,7	55,5	31,2
15:00	42,2	51,5	58,1	52,4	58,9	44	47	53,7	58	52	30,2
16:00	41,6	50,2	57,4	53	57,4	41,8	49,9	51,8	58,5	55,2	28,5
17:00	40,7	49,4	56,8	51,9	58,4	41,5	48,5	51	50,4	51,6	26,4



Şekil 9.3. 15 Temmuz 2005 günü depo su sıcaklıkları ve ortam sıcaklığına ait grafik

Çizelge 9.4 18 Temmuz 2005 günü sistemlerden ölçülen sıcaklık değerleri

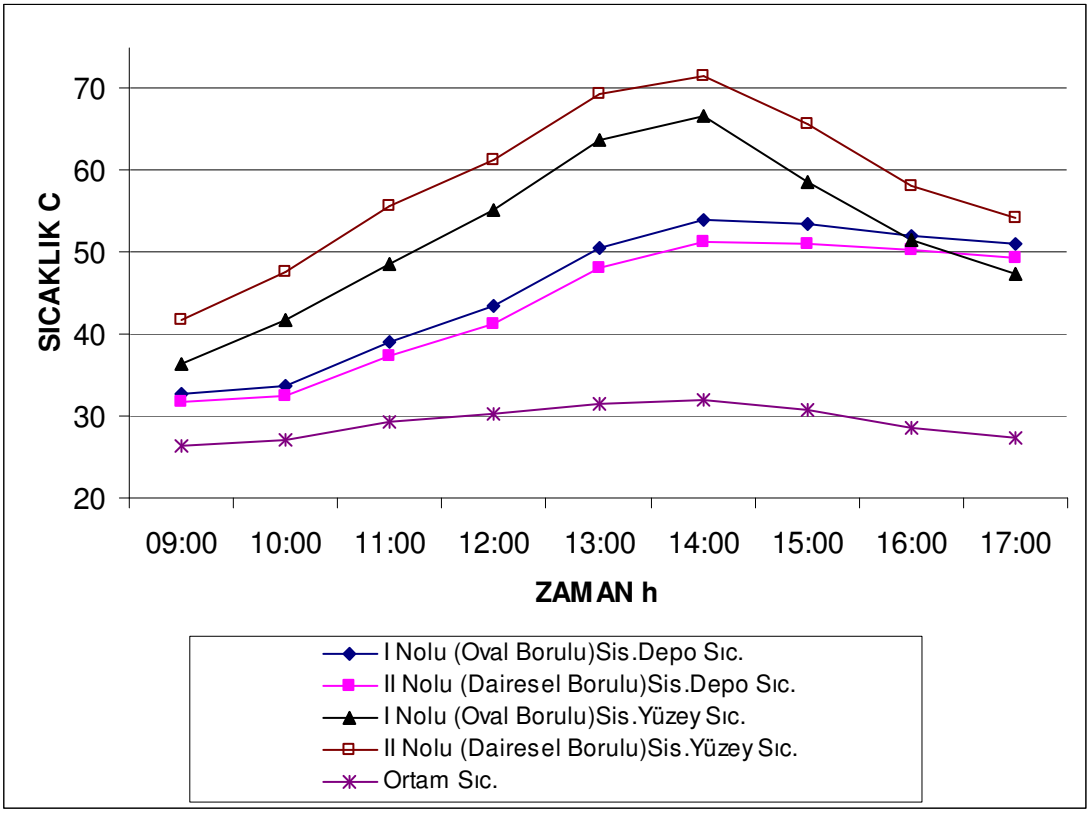
18/07/2005 PAZARTESİ											
SAAT	I NOLU SİSTEM					II NOLU SİSTEM					
	DEPO			KOLLEKTÖR		DEPO			KOLLEKTÖR		
	ALT T1	ORTA T2	ÜST T3	HAVA T4	YÜZEY T5	ALT T6	ORTA T7	ÜST T8	HAVA T9	YÜZEY T10	HAVA T11
09:00	30,7	31,5	32,7	32,2	33,4	29,2	30,1	31,3	39,9	39,4	24,1
10:00	31,9	32,3	35	48,2	52	29,8	30,9	34,6	48	47,3	25,5
11:00	32,9	33,2	46,5	53	52,4	32	34,5	42,2	57,7	56,9	27,7
12:00	35,2	39,7	52,4	57,4	57,2	35	39,8	46,9	64,5	64,2	29,9
13:00	39,2	48,1	54,6	60,3	59,8	40,6	42,4	48	69,4	68,7	31
14:00	40,2	49,1	55,2	43,7	45,2	42,3	44	49	41,9	41,8	30,2
15:00	40,5	48,3	54,2	40,1	42,7	41	43,2	50,4	44,1	43,1	28,4
16:00	39,3	47	53	61,9	62,2	40,2	42,1	49,6	61,6	60,8	27
17:00	38,2	46,1	51,3	49,4	52,1	39,4	41,6	49	51,5	45,9	26,5



Şekil 9.4. 18 Temmuz 2005 günü depo su sıcaklıkları ve ortam sıcaklığına ait grafik

Çizelge 9.5 19 Temmuz 2005 günü sistemlerden ölçülen sıcaklık değerleri

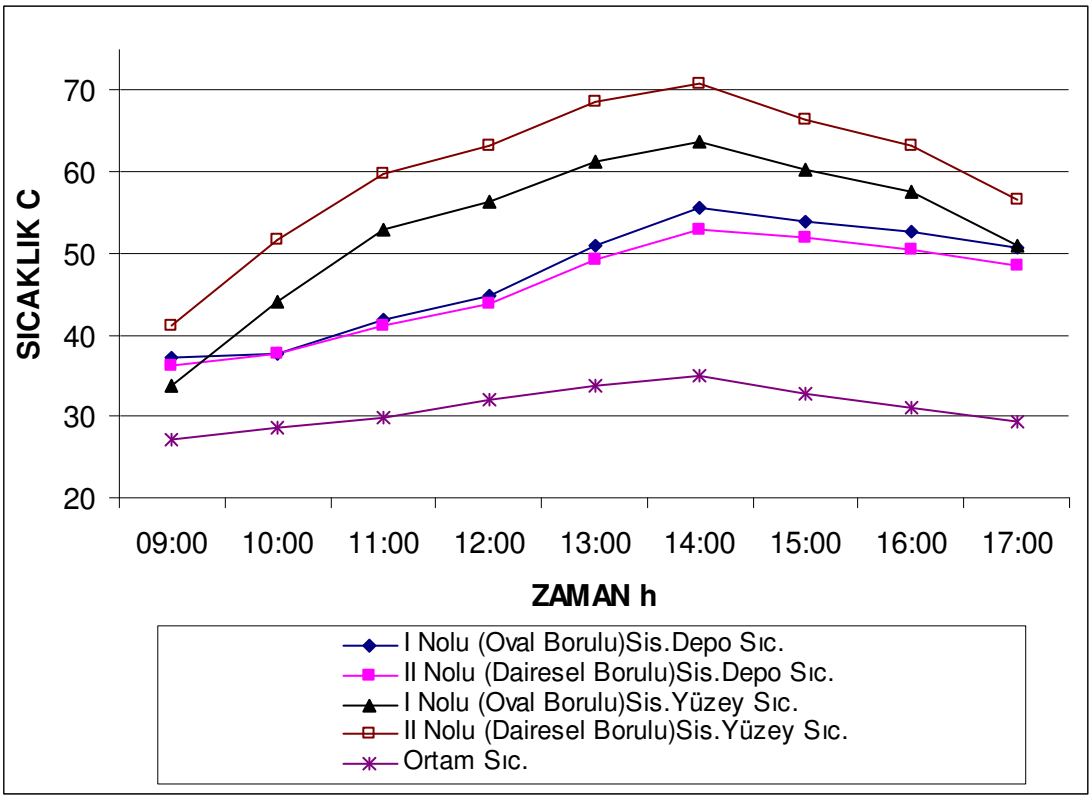
19/07/2005 SALI											
SAAT	I NOLU SİSTEM					II NOLU SİSTEM					
	DEPO			KOLLEKTÖR		DEPO			KOLLEKTÖR		
	ALT T1	ORTA T2	ÜST T3	HAVA T4	YÜZEY T5	ALT T6	ORTA T7	ÜST T8	HAVA T9	YÜZEY T10	HAVA T11
09:00	31,8	32,9	33,7	33,8	36,4	30,6	31,7	32,9	41,7	41,2	26,4
10:00	33,2	33,6	34,7	52,2	54,4	31,1	32	34,9	52,5	50,7	27,2
11:00	34,5	34,6	47,9	47	48,6	33,4	35,4	43,2	57,7	54,6	29,2
12:00	37,2	39,8	53,5	54,7	55,3	35,9	40,2	47,7	63,5	61,4	30,2
13:00	41	49,9	60,6	54,1	57,4	42,2	48	54,1	63,6	64,2	31,5
14:00	45,2	54,7	62,2	56,6	59,4	46	51,8	56,2	60,1	59,7	32
15:00	44,8	53,6	61,8	57,2	57,7	45,5	51,7	56	56,2	55,7	30,7
16:00	43,4	52,4	60,2	58,3	60,5	44,6	51	55,4	66	65,7	28,5
17:00	42	51,3	60	55,3	56,7	43,7	50,3	54	55,1	55	27,4



Şekil 9.5. 19 Temmuz 2005 günü depo su sıcaklıkları ve ortam sıcaklığına ait grafik

Çizelge 9.6 20 Temmuz 2005 günü sistemlerden ölçülen sıcaklık değerleri

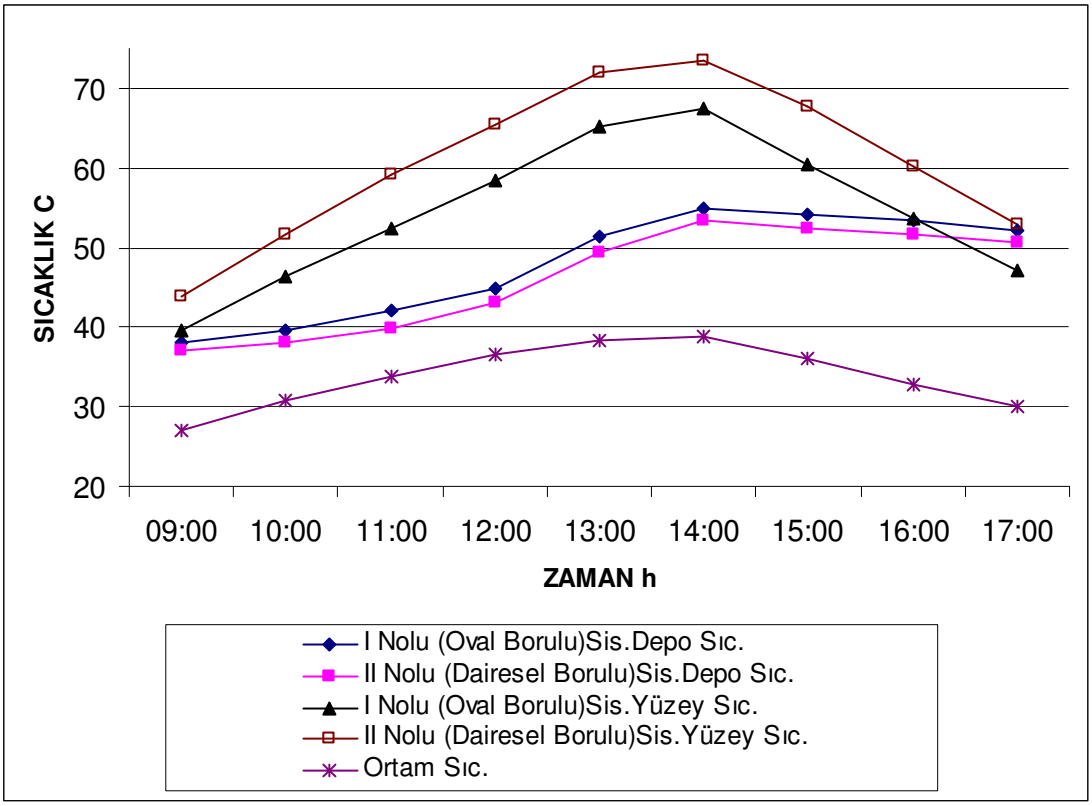
20/07/2005 ÇARŞAMBA											
SAAT	I NOLU SİSTEM					II NOLU SİSTEM					
	DEPO			KOLLEKTÖR		DEPO			KOLLEKTÖR		
	ALT T1	ORTA T2	ÜST T3	HAVA T4	YÜZEY T5	ALT T6	ORTA T7	ÜST T8	HAVA T9	YÜZEY T10	HAVA T11
09:00	35,7	37,5	38,7	33,7	33,8	34,6	36,4	37,4	41	41,1	27
10:00	37	37,5	38,8	50,2	51,8	35,5	37	40,9	53,7	53,9	28,6
11:00	37,7	38,2	49,9	51,4	50,8	37,2	39,5	46,6	62,7	62,3	29,8
12:00	38,7	40,8	54,9	53,3	54,7	38,7	42,6	50	66,2	66	32
13:00	42,2	50,4	60,6	56,1	59,5	43,6	49,5	54,8	71,8	71,1	33,8
14:00	46,7	55,8	64	61,5	64,1	47,5	53,4	58	71,8	71,2	35
15:00	45,8	54,2	62	60,7	62,2	46,5	52,8	57	69,3	69,5	32,8
16:00	44	53,1	61	61,4	64	45	51,3	55,4	66,4	65,9	31
17:00	42,3	50,4	59,9	58,4	60,1	43,2	49,5	53,3	58	58,4	29,4



Şekil 9.6. 20 Temmuz 2005 günü depo su sıcaklıkları ve ortam sıcaklığına ait grafik

Çizelge 9.7 21 Temmuz 2005 günü sistemlerden ölçülen sıcaklık değerleri

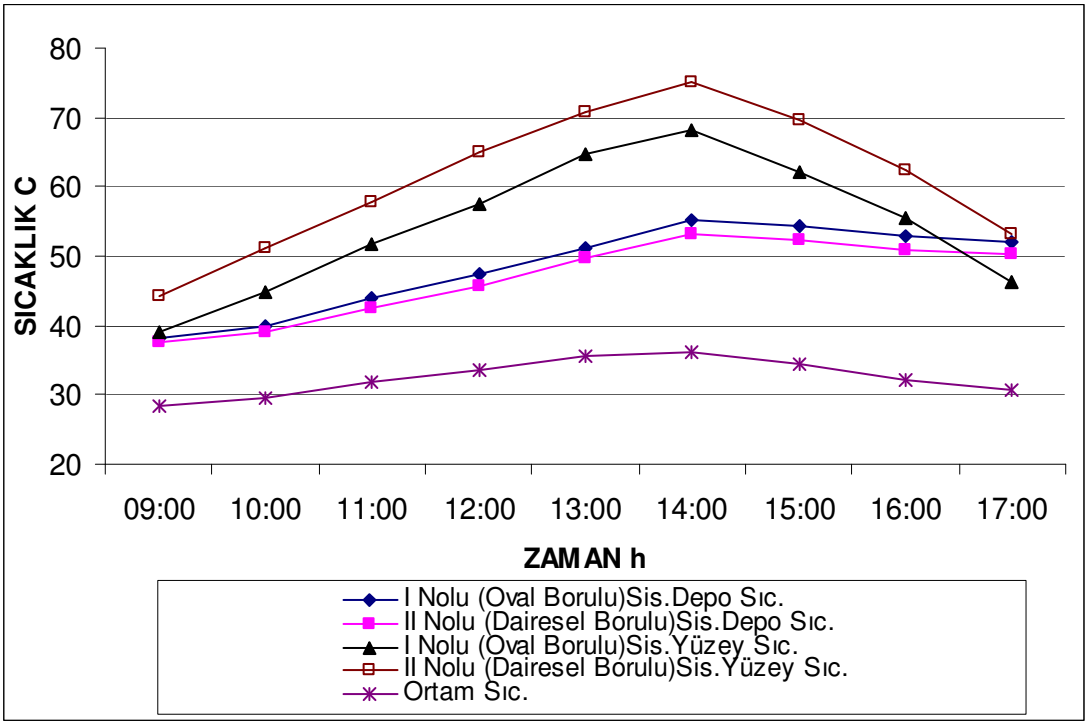
21/07/2005 PERŞEMBE											
SAAT	I NOLU SİSTEM					II NOLU SİSTEM					
	DEPO			KOLLEKTÖR		DEPO			KOLLEKTÖR		
	ALT T1	ORTA T2	ÜST T3	HAVA T4	YÜZEY T5	ALT T6	ORTA T7	ÜST T8	HAVA T9	YÜZEY T10	HAVA T11
09:00	37	38,2	39,4	37,6	39,7	35,6	37,3	38,2	44,6	43,8	27,1
10:00	38,6	39,4	40,6	50,4	52,6	36,1	37,8	40,8	55	54,6	30,7
11:00	40,7	42	43,9	64,1	67,4	37,7	39,9	42,3	62,1	61,9	33,8
12:00	39,1	40	55,4	56,6	58,4	39,4	42,3	47,3	66,3	67,1	36,5
13:00	42,5	50,6	61,6	56,4	61,2	44,2	49,5	54,5	72,4	72,7	38,4
14:00	46	55,1	64	60,5	63,4	48	53,9	58,5	72,3	72,6	38,8
15:00	45,2	53,3	64,2	58,5	60,5	46,8	52,3	58	69,2	69,6	36
16:00	44	52,8	63,4	59,4	62,5	45,3	51,8	57,7	59,5	60,2	32,8
17:00	43,1	51,3	62	58,6	61,8	44,5	50,5	57,2	61,3	61,1	30



Şekil 9.7. 21 Temmuz 2005 günü depo su sıcaklıkları ve ortam sıcaklığına ait grafik

Çizelge 9.8 22 Temmuz 2005 günü sistemlerden ölçülen sıcaklık değerleri

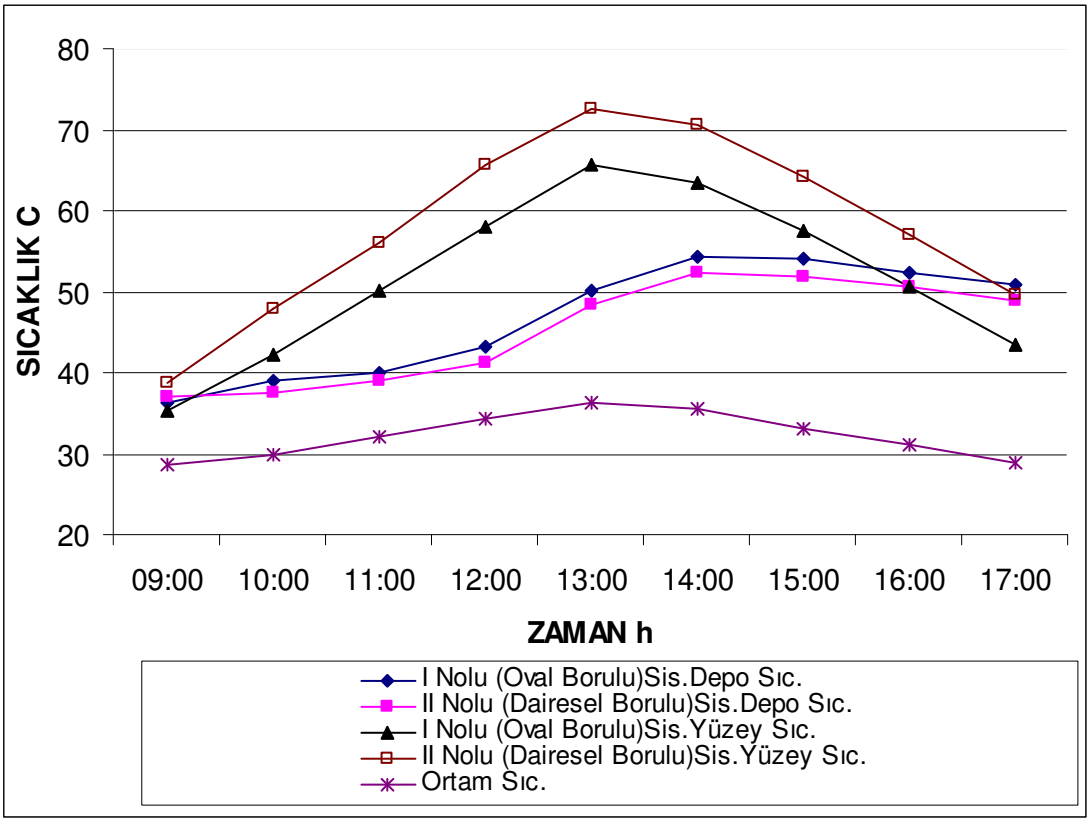
22/07/2005 CUMA											
SAAT	I NOLU SİSTEM					II NOLU SİSTEM					
	DEPO			KOLLEKTÖR		DEPO			KOLLEKTÖR		
	ALT T1	ORTA T2	ÜST T3	HAVA T4	YÜZEY T5	ALT T6	ORTA T7	ÜST T8	HAVA T9	YÜZEY T10	HAVA T11
09:00	37	38,2	39,2	38,1	39	36,5	37,8	38,7	49	48,2	28,3
10:00	38,6	40,1	41	50,9	52,8	37,2	38,2	41,7	54,7	54,2	29,5
11:00	40,1	43,6	48,7	64,3	67,6	38,5	40,7	48,1	61,2	60,9	31,7
12:00	43,2	45,8	53,4	55,1	56,4	40,5	45,1	51,9	65,4	65,6	33,5
13:00	45,8	50,4	57,6	57,5	60,4	44	49,7	55,2	71,8	72,3	35,7
14:00	48,4	53,1	64	58,2	62	47,9	53,7	58,2	70,3	70,6	36,2
15:00	49,2	53,2	60,4	62,6	66	47	52,3	57,7	70,8	71,5	34,4
16:00	47,1	52,9	58,7	60,4	66,5	46,2	50,7	55,6	66,3	66,5	32
17:00	46,8	52,3	57	60,5	62,2	45,8	50,4	55	59,6	58,9	30,8



Şekil 9.8. 22 Temmuz 2005 günü depo su sıcaklıkları ve ortam sıcaklığına ait grafik

Çizelge 9.9 25 Temmuz 2005 günü sistemlerden ölçülen sıcaklık değerleri

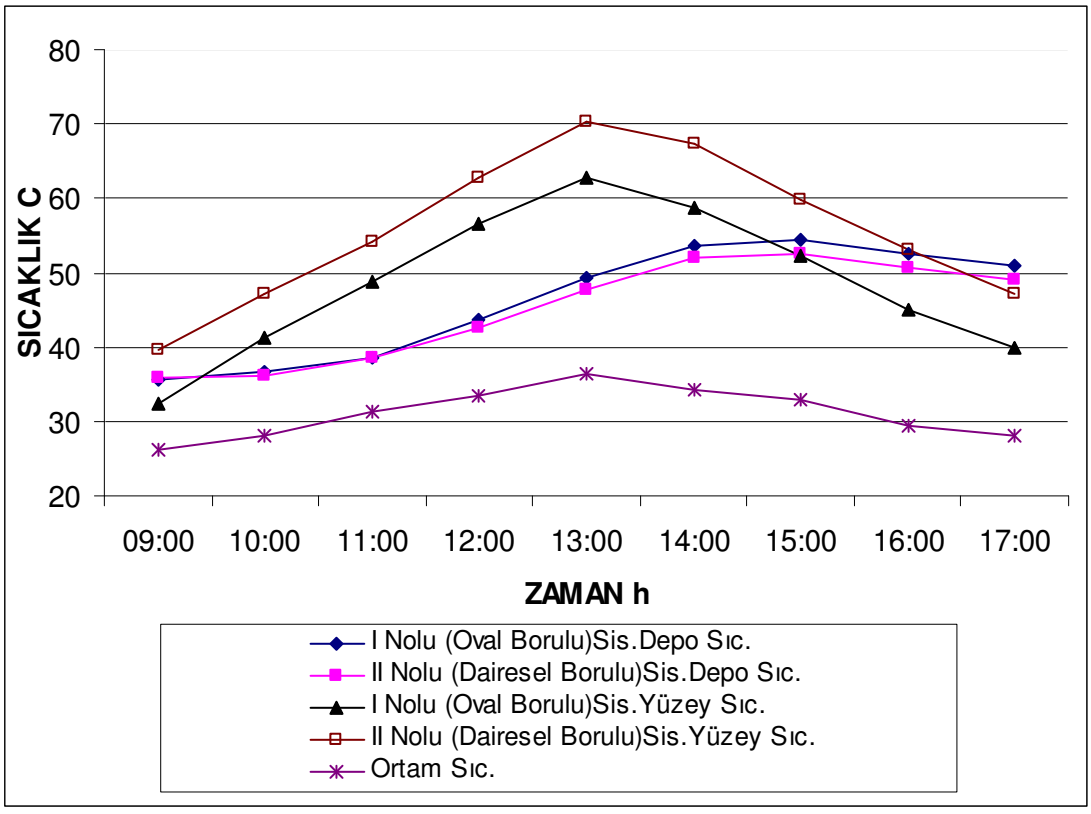
25/07/2005 PAZARTESİ											
SAAT	I NOLU SİSTEM					II NOLU SİSTEM					
	DEPO			KOLLEKTÖR		DEPO			KOLLEKTÖR		
	ALT T1	ORTA T2	ÜST T3	HAVA T4	YÜZEY T5	ALT T6	ORTA T7	ÜST T8	HAVA T9	YÜZEY T10	HAVA T11
09:00	34,9	36,4	37,4	32,2	35,3	35,8	37,3	37,9	39	38,7	28,7
10:00	36,8	39,2	40,6	48,4	52,2	36,1	37	39,6	54,8	54,3	30
11:00	38,3	39,6	42,1	62,5	69	37,2	38,6	41,4	66,6	61,4	32
12:00	39,8	43,9	45,8	73,4	82	39	40,9	44,1	68	67,8	34,4
13:00	45,8	50,1	54,3	60,2	63	46,3	47,2	51,8	71,3	71,8	36,2
14:00	48,6	54,6	59,8	62,5	63,4	48,7	52,3	56,4	69,7	68,6	35,6
15:00	48,5	54,3	59,4	65,5	67,8	48,2	51,9	55,3	69,5	69,2	33,2
16:00	47,2	52,1	58	62,2	66,7	49,1	50,4	52,3	64,5	64,2	31
17:00	51,4	60,1	66,2	61,2	66,5	47,1	48,6	50,8	60,6	61	29



Şekil 9.9. 25 Temmuz 2005 günü depo su sıcaklıkları ve ortam sıcaklığına ait grafik

Çizelge 9.10 26 Temmuz 2005 günü sistemlerden ölçülen sıcaklık değerleri

26/07/2005 SALI											
SAAT	I NOLU SİSTEM					II NOLU SİSTEM					
	DEPO			KOLLEKTÖR		DEPO			KOLLEKTÖR		
	ALT T1	ORTA T2	ÜST T3	HAVA T4	YÜZEY T5	ALT T6	ORTA T7	ÜST T8	HAVA T9	YÜZEY T10	HAVA T11
09:00	33,7	36	37	31,1	32,5	34,2	36,2	37	39,8	39,6	26,3
10:00	35,6	36,5	38	48,7	52,3	34,9	36	38,2	51,9	52,2	28,1
11:00	36,8	38,2	40,8	56,4	59,8	35,2	37,1	43,2	58,8	59,2	31,2
12:00	37,1	41,2	52,5	54,1	57,8	38,1	41,4	48	66,3	66,1	33,5
13:00	40,6	48,5	59,2	56,7	60,7	42,4	48,5	52,2	69,2	69,4	36,3
14:00	45,2	54,2	61,2	57,4	62,7	46,9	52,6	56,8	73,3	73,8	34,2
15:00	49,5	54,2	60,6	60,4	65,2	47,1	53,4	57,4	66,7	66,5	32,8
16:00	47	51,3	59,4	56,6	61,7	45,3	52	55,4	61,7	62	29,5
17:00	45,3	49,5	58	59,4	61,8	43,2	50,4	53,7	60,7	60,2	28



Şekil 9.10. 26 Temmuz 2005 günü depo su sıcaklıkları ve ortam sıcaklığına ait grafik

9.2. Enerji Hesaplamaları

9.2.1 Sistemlere verilen enerji

Sistemlerde kullanılan kollektörler 0,19 m^2 'lik alana sahiptir.Yaz uygulaması için kollektörler yatayla 25 ^{o}açı yapacak şekilde yerleştirilmiştir. Enerji hesaplamaları yapılırken Meteoroloji İşleri Çankırı İstasyonundan alınan veriler kullanılmıştır.

Çizelge 9.11 Çankırı ili 2005 temmuz ayı ışınım verileri

Deney yapılan günler	**Güneş ışınım değeri cal/cm²**	**Ortalama sıcaklık °C**	**Toplam güneşlenme süresi (saat)**	**Ortalama bulutluluk X/10**
13/07/2005	577,5	26,4	11,8	1,0
14/07/2005	460	25,4	8,7	2,7
15/07/2005	567	22,8	8	7,0
18/07/2005	561,3	22,6	9,7	2,7
19/07/2005	569,1	24,3	12,4	1,3
20/07/2005	544,5	25,8	12,3	0,0
21/07/2005	508,5	26,3	11,4	0,0
22/07/2005	500,1	26,8	11,7	1,7
25/07/2005	582	25,1	12,1	0,0
26/07/2005	610,6	25,9	10,8	3,7

9.2.2. Sistemlerden elde edilen enerji

$$Q = m \times c \times \Delta t \qquad [9.1]$$

m : Suyun kütlesel debisi (15kg)

c : Özgül ısı (kj/kg K)

Δt : Sıcaklık farkı ($t_{son} - t_{ilk}$)

eşitliği kullanılmıştır.

9.2.3. Eğik düzleme gelen radyasyon değerleri

Çankırı meteoroloji istasyonundan yatay düzleme gelen ışınım değerleri alınmıştır.Bizim yapmış olduğumuz sistemler enlem - 15 (yaz uygulaması) yani yatayla 25° açı yaptığından bu düzleme gelen enerjinin hesaplanması gerekir.

Bu hesabı yapabilmek için gerekli bilgiler

1) Bölgenin enlem derecesi (40,36°)
2) Kollektör eğim açısı (25°)
3) Günlük atmosfer öncesi ortalama radyasyon değeri (23)
4) Günlük yeryüzü ortalama radyasyon değeri (22)
5) Direkt, difüz (yayılmış) ve yansıtılmış radyasyon açı faktörleri (23)

Gerekli olan eşitlikler ve açıklamaları

Bulanıklık faktörü

$$BUF=YYRA / AÖRA \quad [9.2]$$

BUF : Bulanıklık faktörü
YYRA: Yeryüzü radyasyon değeri (kcal/ m^2)
AÖRA:Atmosfer öncesi radyasyon değeri (kcal/ m^2)

Toplam radyasyonun direkt ve difüz radyasyon miktarları

$$DİF =(1,0-1,097 \times BUF) \times YYRA \quad [9.3]$$

$$DİR= YYRA – DİF \quad [9.4]$$

Açı faktörleri de açılı yüzeye gelen radyasyonun, yatay düzleme gelen radyasyona oranıdır.

DİRAF (Direkt radyasyon açı faktörü) enlem derecesine ve eğik düzlemin açısına

DİFAF,YAF (Difüz ve yansıtılmış açı faktörü) eğik düzlemin açısına bağlı $0\text{-}90^0$ arasında bir değerdir.

Kollektör üzerine düşen toplam radyasyon değeri:

I_{TOP} = (DİR x DİRAF) + (DİF x DİFAF) + (YYRA x YAO x YAF) [9.5]

I_{TOP} : Kollektör üzerine düşen toplam radyasyon değeri

DİR : Direkt radyasyon miktarı (kcal/m^2 gün)

DİRAF : Direkt radyasyon açı faktörü

DİF : Difüz radyasyon miktarı (kcal/m^2 gün)

YYRA : Yeryüzü radyasyon değeri (kcal/m^2 gün)

YAO : Yansıtma oranı

YAF : Yansıtılmış açı faktörü(23).

9.2.4. Sistemlerin verimleri

Sistemlerin verimleri, sistemlerin yapımında kullanılan malzemenin cinsine, teknik özelliklerine,bulunduğu enlem derecesine,yatayla yapmış olduğu açıya, çevre ile olan sıcaklık farkına ve kullanıldığı zamana bağlı olarak değişebilir. Bizde aşağıdaki denklem vasıtasıyla deneyleri yapılan iki kollektörün verimlerini bulabiliriz(23).

$$\eta = \frac{Q}{F_k x I_{TOP}} \qquad [9.6]$$

η : Verim

F_k : Kollektör yüzey alanı (m²)

Q : Kollektörün toplamış olduğu enerji (kj)

I_{TOP}: Kollektör üzerine düşen enerji miktarı (Kj/m²-gün)

9.2.5. Sistemlerden elde edilen enerji ve verim hesaplamaları

Aşağıda yapılan hesaplamalarda suyun kütlesi 15 kg ve suyun özgül ısısı 4,18 kj/kgK olarak alınmıştır.

13/07/2005 Çarşamba günü için örnek bir hesaplama

YYRA = 577,5 cal/cm^2 = 5775 kcal/ m^2
AÖRA = 9608 kcal/ m^2

BUF= YYRA / AÖRA =5775 / 9608 = 0,601

DİF = (1,0 - 1,097 x BUF) x YYRA = (1,0 - 1,097 x 0,601) x 5775 = 1967,5 kcal/ m^2

DİR = YYRA – DİF = 5775 - 1965,5 = 3809,45 kcal/ m^2

I_{TOP} = (DİR x DİRAF) + (DİF x DİFAF) + (YYRA x YAO x YAF)
I_{TOP} = (3809,45x0,940) + (1967,55x0,95) + 5775x0,05x0,22)
I_{TOP} = 5513,57 kcal/ m^2 gün

Buradan sistemlerin toplamış olduğu enerji ve buna bağlı olarak verimlerini tespit edebiliriz.

I NOLU SİSTEM

Q = m × c × Δt
Q= 15 x 4,18 x (43,27-15)
Q= 1772,5 kj =421,8 kcal

$$\eta = \frac{\theta}{F_K * I_{Top}} = \frac{421,8}{0,19 * 5513,57} = 0,40$$

II NOLU SİSTEM

Q = m × c × Δt
Q = 15 x 4,18 x (41,45-15)
Q = 1658,4 kj = 394,7 kcal

$$\eta = \frac{\theta}{F_K * I_{Top}} = \frac{394,7}{0,19 * 5513,57} = 0,376$$

14/07/2005 Perşembe gününe ait alınan enerji ve verim hesabı

YYRA = 460 cal/cm^2 = 4600 kcal/ m^2

AÖRA =9608 kcal/ m^2

BUF= 0,478

DİR = 2187,9

DİF = 2412,1

I_{TOP} = 4398,6 kcal/ m^2 gün

I NOLU SİSTEM

$Q = m \times c \times \Delta t$

Q= 15 x 4,18 x (45,69-15)

Q= 1924,2 kj = 457,9 kcal

$$\eta = \frac{\theta}{F_K * I_{Top}} = \frac{457,9}{0,19 * 5670} = 0,547$$

II NOLU SİSTEM

$Q = m \times c \times \Delta t$

Q= 15 x 4,18 x (44,13-15)

Q= 1826,4 kj = 434,7 kcal

$$\eta = \frac{\theta}{F_K * I_{Top}} = \frac{434,7}{0,19 * 4398,6} = 0,52$$

15/07/2005 Cuma gününe ait alınan enerji ve verim hesabı

YYRA = 567 cal/cm^2 = 5670 kcal/ m^2

AÖRA =9608 kcal/ m^2

BUF= 0,59

DİR = 3669,8

DİF = 2000,2

I_{TOP} = 5412 kcal/ m^2 gün

I NOLU SİSTEM

$Q = m \times c \times \Delta t$

Q= 15 x 4,18 x (43,75 -15)

Q= 1802,6 kj = 429 kcal

$$\eta = \frac{\theta}{F_K * I_{Top}} = \frac{429}{0{,}19 * 5412} = 0{,}417$$

II NOLU SİSTEM

$Q = m \times c \times \Delta t$

Q= 15 x 4,18 x (42,1 - 15)

Q= 1699,1 kj = 404,4 kcal

$$\eta = \frac{\theta}{F_K * I_{Top}} = \frac{404{,}4}{0{,}19 * 5412} = 0{,}393$$

18/07/2005 Pazartesi gününe ait alınan enerji ve verim hesabı

YYRA = 561,3 cal/cm^2 = 5613 kcal/ m^2

AÖRA =9608 kcal/ m^2

BUF= 0,58

DİR = 3571,4

DİF = 2041,6

I_{TOP} = 5358,3 kcal/ m^2 gün

I NOLU SİSTEM

$Q = m \times c \times \Delta t$

Q= 15 x 4,18 x (42,1-15)

Q= 1699,1 kj = 404,4 kcal

$$\eta = \frac{\theta}{F_K * I_{Top}} = \frac{404{,}4}{0{,}19 * 5358} = 0{,}397$$

II NOLU SİSTEM

$Q = m \times c \times \Delta t$

Q= 15 x 4,18 x (39,9 – 15)

Q= 1561,2 kj = 371,5 kcal

$$\eta = \frac{\theta}{F_K * I_{Top}} = \frac{371{,}5}{0{,}19 * 5358} = 0{,}364$$

19/07/2005 Salı gününe ait alınan enerji ve verim hesabı

YYRA = 569,1 cal/cm^2 = 5691 kcal/ m^2

AÖRA =9608 kcal/ m^2

BUF= 0,59

DİR = 3683,4

DİF = 2007,6

I_{TOP} = 5432,1 kcal/ m^2 gün

I NOLU SİSTEM

Q = m × c × Δt

Q= 15 x 4,18 x (45,5 – 15)

Q= 1912,35 kj =455,1 kcal

$$\eta = \frac{\theta}{F_K * I_{Top}} = \frac{455,1}{0,19 * 5432} = 0,44$$

II NOLU SİSTEM

Q = m × c × Δt

Q= 15 x 4,18 x (43,6 – 15)

Q= 1793,2 kj = 426,7 kcal

$$\eta = \frac{\theta}{F_K * I_{Top}} = \frac{426,7}{0,19 * 5432} = 0,413$$

20/07/2005 Çarşamba gününe ait alınan enerji ve verim hesabı

YYRA =544,5 cal/cm^2 = 5445 kcal/ m^2

AÖRA =9608 kcal/ m^2

BUF= 0,56

DİR = 3345

DİF = 2100

I_{TOP} = 5199,1

I NOLU SİSTEM

Q = m × c × Δt

Q= 15 x 4,18 x (47,3 – 15)

Q= 2025,2kj = 481,9 kcal

$$\eta = \frac{\theta}{F_K * I_{Top}} = \frac{481,9}{0,19 * 5199,1} = 0,487$$

II NOLU SİSTEM

Q = m × c × Δt

Q = 15 x 4,18 x (45,7 – 15)

Q = 1924,8kj =458,1 kcal

$$\eta = \frac{\theta}{F_K * I_{Top}} = \frac{458,1}{0,19 * 5199,1} = 0,463$$

21/07/2005 Perşembe gününe ait alınan enerji ve verim hesabı

YYRA = 508,5 cal/cm^2 = 5085 kcal/ m^2

AÖRA = 9608 kcal/ m^2

BUF= 0,52

DİR = 2900,7

DİF = 2184,3

I_{TOP} = 4857,3

I NOLU SİSTEM

$Q = m \times c \times \Delta t$

Q= 15 x 4,18 x (47,8 – 15)

Q= 2056,5kj =489,4 kcal

$$\eta = \frac{\theta}{F_K * I_{Top}} = \frac{489,4}{0,19 * 4857} = 0,53$$

II NOLU SİSTEM

$Q = m \times c \times \Delta t$

Q= 15 x 4,18 x (46,1 – 15)

Q= 1949,9 kj = 464 kcal

$$\eta = \frac{\theta}{F_K * I_{Top}} = \frac{464}{0,19 * 4857} = 0,502$$

22/07/2005 Cuma gününe ait alınan enerji ve verim hesabı

YYRA = 500,1 cal/cm^2 = 5001 kcal/ m^2

AÖRA =9608 kcal/ m^2

BUF= 0,52

DİR = 2816,8

DİF = 2148,2

I_{TOP} = 4743,4

I NOLU SİSTEM

$Q = m \times c \times \Delta t$

Q= 15 x 4,18 x (48,3 – 15)

II NOLU SİSTEM

$Q = m \times c \times \Delta t$

Q= 15 x 4,18 x (46,7 – 15)

Q= 2087,9 kj = 496,9 kcal

$$\eta = \frac{\theta}{F_K * I_{Top}} = \frac{496,9}{0,19 * 4743,4} = 0,551$$

Q= 1987,5kj =473 kcal

$$\eta = \frac{\theta}{F_K * I_{Top}} = \frac{473}{0,19 * 4743,4} = 0,524$$

25/07/2005 Pazartesi gününe ait alınan enerji ve verim hesabı

YYRA= 582 cal/cm^2 = 5820 kcal/ m^2

AÖRA = 9608 kcal/ m^2

BUF= 0,60

DİR = 3830,8

DİF = 1989,2

I_{TOP} = 5553,7

I NOLU SİSTEM

$Q = m \times c \times \Delta t$

Q= 15 x 4,18 x (46,6 – 15)

Q= 1981,3 kj = 471,5 kcal

$$\eta = \frac{\theta}{F_K * I_{Top}} = \frac{471,5}{0,19 * 5553,7} = 0,446$$

II NOLU SİSTEM

$Q = m \times c \times \Delta t$

Q= 15 x 4,18 x (45,1 – 15)

Q= 1887,2 kj =449,1 kcal

$$\eta = \frac{\theta}{F_K * I_{Top}} = \frac{449,1}{0,19 * 5553,7} = 0,425$$

26/07/2005 Salı gününe ait alınan enerji ve verim hesabı

YYRA = 610,6 cal/cm^2 = 6106 kcal/ m^2

AÖRA = 9608 kcal/ m^2

BUF= 0,63

DİR = 4220,3

DİF = 1886,2

I_{TOP} = 5199,1

I NOLU SİSTEM

$Q = m \times c \times \Delta t$

Q= 15 x 4,18 x (46,1 – 15)

Q= 1949,9 kj = 464 kcal

$$\eta = \frac{\theta}{F_K * I_{Top}} = \frac{464}{0{,}19 * 5825{,}9} = 0{,}419$$

II NOLU SİSTEM

$Q = m \times c \times \Delta t$

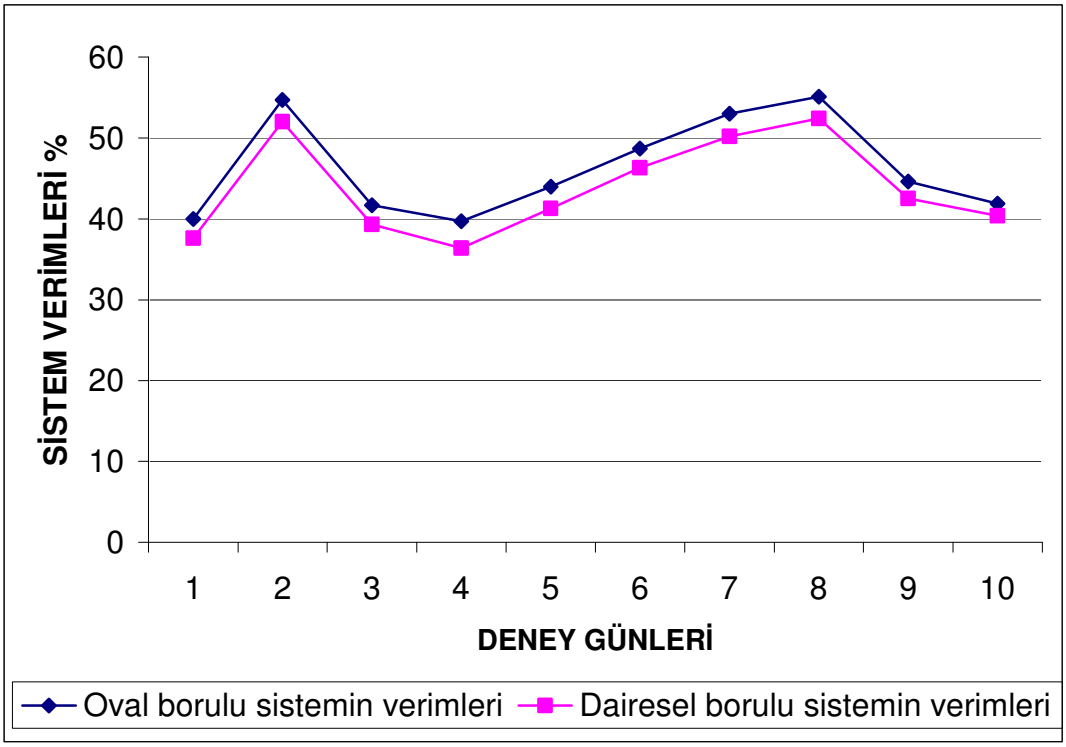
Q= 15 x 4,18 x (45 – 15)

Q= 1881 kj = 447,6 kcal

$$\eta = \frac{\theta}{F_K * I_{Top}} = \frac{447{,}6}{0{,}19 * 5825{,}9} = 0{,}404$$

Çizelge 9.12 :Deneyler sonucu günlere göre elde edilen ortalama sıcaklık, ısı, verim değerleridir.

GÜN	SİSTEM	DEPO ORT.SICAKLIĞI ˚C	VERİLEN ISI MİKTARI Kcal	VERİM
1.GÜN	I NOLU	43,2	421,8	0,40
	II NOLU	41,4	394,7	0,376
2.GÜN	I NOLU	45,6	457,9	0,547
	II NOLU	44,1	434,7	0,52
3.GÜN	I NOLU	43,7	429	0,417
	II NOLU	42,1	404,4	0,393
4.GÜN	I NOLU	42,1	404,4	0,397
	II NOLU	39,9	371,5	0,364
5.GÜN	I NOLU	45,5	455,1	0,44
	II NOLU	43,6	426,7	0,413
6.GÜN	I NOLU	47,3	481,9	0,487
	II NOLU	45,7	458,1	0,463
7.GÜN	I NOLU	47,8	489,4	0,53
	II NOLU	46,1	464	0,502
8.GÜN	I NOLU	48,3	496,9	0,551
	II NOLU	46,7	473	0,524
9.GÜN	I NOLU	46,6	471,5	0,446
	II NOLU	45,1	449,1	0,425
10.GÜN	I NOLU	46,1	464	0,419
	II NOLU	45	447,6	0,404



Şekil 9.11. Deney yapılan günlere ait sistemlerin verim grafiği

10. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada ülkemizde ve dünyada çok kullanılan düzlem yüzeyli kollektörlerde kullanılan boruların şeklinin değiştirilerek deneysel incelenmesi yapılmıştır.Bu sebeple bütün özellikleri aynı olan, sadece kollektör boru şekilleri farklı olan iki adet sistem yapılmıştır.Kollektörlerin birinde klasik dairesel kesitli boru, diğerinde ise ısı ve basınç altında oval hale getirilmiş borular kullanılmıştır.Her iki sistemde aynı şartlarda on gün boyunca deneyler yapılmıştır. Yapılan deneylerden çıkan sonuç oval borulardan yapılmış kollektörün verimi %46,34 , dairesel borulu kollektörün verimi ise % 43,84 olarak tespit edilmiştir.Bu sonuçlara göre kollektör yapımında kullanılan dairesel kesitli borular yerine oval şekle getirilmiş boruların kullanılması ile verimin % 5,7 oranında artacağı tarafımızdan tespit edilmiştir.

Bu çalışmadan çıkan sonuca göre yapılacak düzlem yüzeyli kollektörlerde dairesel boru yerine güneş ışınımını daha fazla alan oval boruların kullanılması önerilmektedir.

Böylece kollektör verimini % 5,7 oranında artırmış oluruz. Bu da birim yüzeyden elde etmiş olduğumuz enerjinin artmasına veya elde edeceğimiz enerji için daha küçük kollektör alanına ihtiyaç duyarız.

KAYNAKLAR

1. Korucu, Y., "Kendinden depolu kollektörler ", ***E.İ.E. Bülteni,*** 161: 13-19 (1992).

2. Araş, H., "Kapalı devre bakır boru ve levhalı termosifon akışlı güneş toplacının ışınım ve ısıl analizinin deneysel ve analitik araştırılması ", Doktora Tezi , ***Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,*** Eskişehir, 59 – 60 (1996).

3. Ertunç, M., "Düzlemsel güneş kollektörlerinin performansına etki yapan parametreler ", Yüksek Lisans Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,*** Ankara, 24 – 25 , 28 – 29 (1997).

4. İlhan, A., "Güneş enerjili sıcak sistemlerinin çalışma karakteristiklerinin deneysel araştırılması". Yüksek Lisans Tezi, ***Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü ,*** İzmir, 61 - 62 (1999).

5. Menlik, T., "Tabii sirkülasyonla güneş enerjili sıcak su hazırlama tesislerinde direkt ve endirekt sistemlerin performanslarının karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü ,*** Ankara, 44 – 45 (1999).

6. Kurtbaş, İ., "Kapalı devre güneş enerjisi sistemlerinde kullanılabilen arafaz elemanlarının araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, ***Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,*** Elazığ , 4 - 10, 18 - 29, 32, 39 (2000).

7. Bayram, A., "Farklı yapım özelliklerine sahip doğal dolaşımlı güneşli su ısıtma sistemlerinin deneysel karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,*** Ankara, 25 – 49 (2001).

8. Ekmekçi, İ., Dizdar, H., Özçelebi, S., Altuntop, N., Tekin, Y., İlbaş, M., Uzunoğlu, M. Yüksel, R. Ok, M., Alaçakır, F.B.T., Korucu, Y., Doğan, M.,Güler, C., Akgül, M., "Kocaeli İli için bir güneş enerjili su ısıtma sistemi V boyutlandırılması, Güneş enerjisi tesisatı kollektör ve boru bağlantılarında Yapılan hataların ısıl verime etkisinin deneysel incelenmesi,Güneş enerjisi ve kullanım alanları, Güneşi izleyen sistemin sabit sisteme, göre kıyaslanması, Sanayileşme ve çevre sorunları, Enerji üretiminde odun ve tarımsal artıkların değerlendirilmesi", ***Yenilenebilir Enerji Kaynaklan Sempozyumu ve Sergisi,*** Kayseri, 35 - 42, 43 -52, 89, 115 - 120, 245 -246, 265 (2001).

9. Torres-Reyes, J. J. Navarrete-Gonzalez and B. A. Ibarra-Salazar,"Thermodynamic method for designing dryers operated by flat-plate solar collectors", ***Renewable Energy***, 26 (4): 649 (2002).

10. Variyenli, H. İ., "Tabii sirkülasyonlu güneş enerjili endirekt sıcak su hazırlama sistemlerinde eşanjör kapasitesinin verime olan etkisi". Yüksek Lisans Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, 59 (2002).

11. B. Kundu, “Performance analysis and optimization of absorber plates of different geometry for a flat-plate solar collector a comparative study” **,** ***Applied Thermal Engineering*****,** 22 (9): 999 (2002).

12. Abene, V. Dubois, M. Le Ray and A. Ouagued, **“**Thermodynamic method for designing dryers operated by flat-plate solar collectors”, ***Renewable Energy***, 26 (4): (2002).

13. Aktaş, M. , "Güneş enerjili tabii sirkülasyonlu endirekt sıcak su hazırlamalı sistemlerde kanatçık optimizasyonu", Yüksek Lisans Tezi , ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*** Ankara , 59 (2003).

14. Hamdy K. Elminir, Ahmed E. Ghitas, F. El-Hussainy, R. Hamid, M.M. Beheary and Khaled M. Abdel-Moneim, **“**Optimum solar flat-plate collector slope”, ***Energy Conversion and Managemen*****,** 47 (5): 624 (2006).

15. Yıldız , S., " Güneş enerjisi ve ısıl uygulamaları", Bitirme Tezi, ***Erciyes Üniversitesi Yozgat Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü,*** Yozgat, 1-5 (2000).

16. İnternet: Güneş enerjisi ve teknolojileri , Türkiye’de güneş enerjisi,Türkiye Online.http://www.eie.gov.tr/turkce/gunes/tgunes.html (2005).

17. Koçyiğit F., "Güneş enerji sistemleri", Bitirme Tezi, ***Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Öğretmenliği***, Ankara, 20-23 (2000).

18. Çakmanus, İ., "Türkiye'nin enerji problemleri ve çözüm önerileri" , ***Mühendis ve Makine***, 492: 29 – 34 (2001).

19. Eğrican, N. A., Özü, E., Uyar, S.T., "Yenilenebilir enerji kaynakları, Güneş enerji teknolojisindeki gelişmeler", ***Sürdürülebilir Enerji Teknolojilerindeki Gelişmeler ve Türkiye'deki Uygulamaları Konferansı*** İstanbul, 11, 85 - 92 (1999).

20. Balta, N. Ö., "Enerji İstatistikleri" , ***Türkiye 7. Kongresi***, Ankara, 5-6 (1997).

21. İnternet : Güneş enerjisi, güneş kollektörleri , fotovoltaik sistemler, Türkiye Online.http://www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/platform/enerji/bolum6_3.html (2005).

22. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Çankırı Şubesi "2005 Temmuz ayına ait güneş ışınım verileri", ***DMİ,*** Çankırı, 1,2 (2005).

23. Uyarel, A.Y.,Sait Öz , E."Güneş enerjisi ve uygulamaları", ***Birsen Yayın Evi,*** Ankara, 45-50, 58, 59, 105-110, 121-124 (1987).

ÖZGEÇMİŞ

1976 Yılında Çankırı'da doğdu. İlk, orta öğretimini tamamladıktan sonra endüstri meslek lisesi elektrik bölümünü bitirdi. 1994 Yılında üniversite sınavında Ankara Üniversitesi Çankırı Meslek Yüksekokulu elektrik programını kazandı. 1996 Yılında buradan mezun olduktan sonra 1997 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Öğretmenliğini kazandı. 2001 Şubat ayında mezun olup 2003 şubat ayında da yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Evli ve bir çocuk babasıdır.