

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

VAKUM TÜPLÜ GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİNİN TEORİK VE DENEYSEL İNCELENMESİ

Hasan Hüseyin EZEN

Süleyman Demirel Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Arzu ŞENCAN

Günümüzde mevcut fosil yakıt rezervlerindeki azalma ve bu yakıtların oluşturduğu çevre kirliliği gibi problemler enerji ihtiyacının karşılanması için alternatif kaynakların kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Uygulama alanı olarak yüksek potansiyele sahip olan güneş enerjisi; en umut verici, en bol, çevre kirliliği oluşturmayan kaynaktır. Ülkemiz önemli güneş enerjisi potansiyeline sahip bir bölgededir ve güneş enerjisi en çok evsel sıcak su üretiminde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, farklı açılarda çalışacak vakum tüplü güneş kolektörlerinden oluşan sistem kurulmuştur. Isparta ili şartlarında farklı açılarda çalışan kolektörlerin performans deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar teorik model ile karşılaştırılmıştır.

Yapılan deneyde, 15°, 30°, 45° ve 60° eğim açısına sahip dört adet güneş kolektörü dizayn edilmiştir. Günün her saatinde ortam sıcaklığı, depo sıcaklıkları, güneş radyasyonu, su giriş ve çıkış sıcaklıkları ölçülmüştür.

Deney sonunda yapılan değerlendirmelere göre, 45° açığa sahip vakum borulu güneş kolektöründe en yüksek verime ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, vakum boru, enerji verimi

2010, 74 sayfa

ABSTRACT

M.Sc.Thesis

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF EVACUATED TUBE SOLAR COLLECTOR

Hasan Hüseyin EZEN

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Technical Education of Machine Department**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Arzu ŞENCAN

In order to supply energy requirements, today, using alternative sources became necessary because of the problems such as decreasing of available fossil fuel sources and environmental pollution. The solar energy, which has wide range of application potential is the most hopeful and unlimited energy without environmental pollution. Our country is located in a big solar energy potential region and solar energy is mostly used for domestic hot water production.

In this study, experimental system with vacuum tube solar collector operating in the different tilt angle was constructed. Performance experiments and analysis of vacuum tube solar collectors operating in the different tilt angle for Isparta was carried out.

In the experiments, four vacuum tube solar collectors with 15 °, 30 °, 45 ° and 60 ° tilt angle were used. The ambient temperature, tank temperature, solar radiation, water inlet and outlet temperatures for August were measured. As result of theoretical and experimental studies, it has been observed that vacuum tube solar collector with 45 ° tilt angle for Isparta has the highest efficiency.

Key Words: Solar energy, vacuum tubes, energy efficiency.

2010, 74 pages

1.GİRİŞ

İnsanların kullandığı enerji kaynağı teknolojik gelişmelere göre değişmiştir. Önceleri, enerji kaynağı olarak sadece odun ve benzeri yakacaklar kullanılırken uzun süre sonra kömür ve yakın tarihte de petrol ve tabii gaz kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde ise, insanlığın enerji ihtiyacının büyük kısmı, yakacaklardan, hidrolik enerjiden ve nükleer enerjiden temin edilmektedir. Son yıllarda, nüfusun hızla artışı, hızlı sanayileşme ve artan yatırımlar, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde enerjiye olan ihtiyacı artırırken, alışılmış enerji kaynakları potansiyelinin hızla azalması, yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili çalışmaları yoğunlaştırmıştır. Hiç şüphe yoktur ki yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde kolay faydalanılabilenlerin başında güneş enerjisi gelmektedir (Taktakoğlu, 1996).

Güneş enerjisi, güneşten gelen elektromanyetik ışınım olarak tanımlanır. Temiz enerji oluşu, tükenme ihtimalinin olmaması, güneş enerjisi ile ilgili araştırmaların yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Binaların ısıtılmasında, soğutmada, tarım ve orman ürünlerinin kurutulmasında, sıcak su temini, güneş pompaları, güneş fırınları, buhar üretimi ve güneş havuzları gibi çeşitli alanlarda güneş enerjisinden yararlanılmaktadır. Ayrıca, güneş enerjisi; doğrudan elektrik enerjisine dönüştürmek için Cd S ya da silikon maddelerden güneş pili olarak kullanılan fotovoltaik toplayıcılar ile elektrik enerjisi üretimi, deniz suyunu damıtmak amacıyla kullanılan su damıtıcıları gibi alanlarda da kullanılır.

Diğer güneş enerjisi uygulamaları ise; seraların bilimsel bir şekilde ısıtılması, kurutma tesisatı yapılarak, besin maddelerinin kurutulması olarak sıralanabilir.

Güneş enerjisi, teknolojik olarak iki yöntemle toplanmaktadır. Bunlar; fotovoltaik ve ısı toplama yöntemleridir. Fotovoltaik toplama yönteminde, güneş pilleri yardımıyla doğrudan doğruya elektrik enerjisi üretilmektedir. Isıl toplama yönteminde ise, güneş kolektörlerinden yararlanılmaktadır.

Güneş kolektörleri genel olarak düz yüzeyli ve odaklı olarak ikiye ayrılmaktadır. Düz yüzeyli kolektörler ise, düzelmesel güneş kolektörleri ve vakumlu güneş

kolektörleri ayırmak mümkündür. Bu tür kolektörler, güneş radyasyonunu alıp, bir akışkana aktaran birer ısı değiştiricilerdir. 100 °C 'ye kadarki sıcaklıkların sağlanması için düzlemsel güneş kolektörleri kullanılmaktadır.

Bu tür kolektörler başlıca, saydam örtü, yutucu yüzey, çalışma akışkanının geçtiği akış kanalı, yalıtım ve kasa malzemesinden oluşur. Düzlemsel güneş kolektörlerinin en önemli elemanı, gelen güneş enerjisini yutan ve bu enerjiyi çalışma akışkanına aktaran yutucu yüzeydir. Düzlem toplayıcılar, çalışma akışkanı olarak su ve hava kullanımlarına göre sıvılı ve havalı toplayıcılar olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Vakumlu düz yüzeyli güneş kolektörlerinde ise, 120 °C – 150 °C gibi yüksek sıcaklıklara erişmek mümkündür. Düz yüzeyli kolektörlerde hem direk, hem de yaygın ışıınımdan yararlanılmaktadır.

Daha yüksek sıcaklıklar istenildiğinde (140°C üzeri), odaklı kolektörler kullanılmaktadır. Bu tür kolektörler, yalnızca direkt ışıınıma merkezlendirmeye yardımcı olmakta, yaygın ışıınıma değerlendirememektedir. Odaklı kolektörler, genelde binaların ısıtılmasında ve sıcak su elde edilmesinde kullanılır (Taktakoğlu, 1996).

1.1.Güneş Enerjisi

1.1.1.Güneşin Yapısı

Güneş sistemi içerisinde yer alan dünya için güneş, temel bir enerji kaynağıdır. Özellikle, güneş yaşam için en önemli kaynaklardan biridir. Günümüzde kullanılan enerji kaynaklarına baktığımızda, bunların hemen hepsinin güneş kökenli olduğunu görürüz. Güneş enerjisi ile dünyamız aydınlanabilmekte, iklimsel döngüler sağlanabilmekte, güneşin bir türevi olan rüzgâr meydana gelmekte ve en önemlisi fotosentez ile canlı yaşam sürdürülebilmektedir (Kılıç ve Öztürk, 1983).

Güneş, kendisini oluşturan maddelerin kütle çekimi ile birbirlerini çekmeleri sonucu oluşmuştur. Evrensel toz bulutlarında, bu toz bulutlarındaki parçacıkların birbirlerini kütle çekimi ile çekmesi sonucu oluşan yoğunlaşma ile birbirlerine doğru yaklaşan ve yaklaşırken de hızlanan parçacıklar, kütle çekim enerjisini kinetik (hız) enerjiye dönüştürerek güneşin çok sıcak (15–16 milyon °C dolayında) olmasına yol açmışlardır. Bu sıcaklıklarda ortaya çıkan çekirdeksel tepkimeler sonucu oluşan ışınlamaların ortaya çıkarttığı basınç, güneşin daha fazla yoğunlaşarak çökmesini engellenmiş ve güneş, bugünkü boyutlarını böylece oluşturmuştur (Kılıç ve Öztürk, 1983).

Güneş, 1.39×10^9 m çapında (Dünya yarıçapının yaklaşık 109 katı) yoğun sıcak gazlar içeren bir küredir ve kütlesi 2×10^{30} kg'dır. Bu dünya kütesinin yaklaşık 330.000 katıdır. Yüzey sıcaklığı 5777 K'dir. Bu sıcaklık merkeze doğru 4×10^6 ile 8×10^6 K arasında değişim gösterir. Sudan 100 kez daha yoğundur. Güneş kendi eksenini çevresinde dönmektedir. Bu dönüş, güneşin ekvator bölgesinde 24 günde, kutup bölgelerinde de 30 günde olmaktadır (Kılıç ve Öztürk, 1983).

Güneşin merkezinde ortaya çıkan çekirdeksel tepkimeler, temelde hidrojen çekirdeklerinin kaynaşmasıdır. Güneşin yaklaşık % 90'ı hidrojendir. Güneşin merkezinde hidrojen çekirdekleri kaynaşarak helyum çekirdekleri oluşmakta ve bu tepkimeler sonucu büyük bir enerji ortaya çıkmaktadır. Proton-proton döngüsü

olarak adlandırılan bu tepkimelerle, dört protondan (hidrojen atomu çekirdeği) bir helyum çekirdeği oluşmaktadır. Birleşme çok yüksek sıcaklıkta olmaktadır. Füzyon adı verilen bu olay yüksek sıcaklıkta ve atom çekirdeği yardımıyla olduğundan Termonükleer reaksiyon adını alır. Güneşin içi, yakıtı hidrojen ve ürünü helyum olan bir fırına benzetilebilir. Güneşte oluşan helyum miktarı harcanan hidrojen miktarından daha az olduğundan aradaki fark güneşten radyasyon (ışınım) enerjisini verir (Kılıç ve Öztürk, 1983).

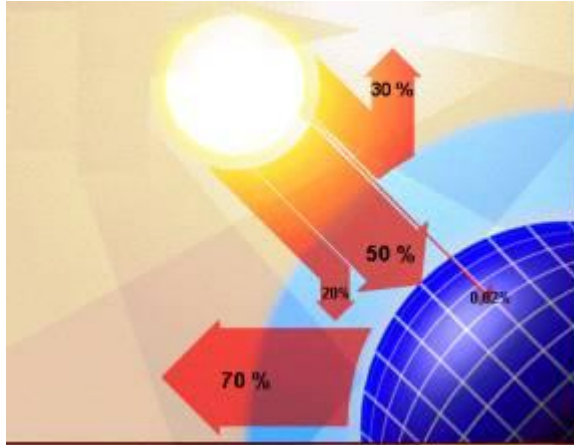
Güneşte bu döngünün olduğu bölge, Güneşin merkezinde ve yaklaşık 1516×10^6 K'de (Güneş yarıçapının % 23'ünü kaplayan) toplam hacmin % 1'i bölgedir. Bugünkü veriler ışığında bu bölge, Güneş kütesinin % 40'ının toplandığı ve toplam enerji üretiminin % 90'nın bulunduğu bölgedir. Bu bölgeye Güneşin merkezi dersek, bu merkezde üretilen enerji yavaş bir şekilde yüzeye doğru yayılır. Bu yayılma, merkezden yayılan yüksek enerjili gamma ışınlarının, atom çekirdeklerince soğurulmaları ve yeniden yayılmalarını izleyerek sürer ve giderek güneş radyasyonunun (güneş ışınımının) enerjileri azalır. Bu bölge, güneş radyasyonunun taşınarak daha yukarılara aktarıldığı bölgedir. Burada, radyasyon enerjisi yukarılara çıktıkça daha fazla gazı ısıtmak zorunda kalır ve dolayısıyla soğur (Kılıç ve Öztürk, 1983).

Bu bölgenin sonunda taşınım (konveksiyon) bölgesi gelir. Bu bölgeye gelen fotonlar çevrelerini saran gazı ısıtırlar. Ancak, buradaki gazlar, enerjiyi yeniden yaymaktansa, ısı enerjisi olarak tutarlar ve yükselirler. Taşınım bölgesinde dev hücreler şeklinde yavaş devinen gaz akımları, ısı enerjisini, sıcaklığı 2.106 K olan bölgenin alt kısmından, 20000 K olan üst kısmına doğru taşır. Yükselen gaz bölgenin üstüne yaklaştıkça genişir ve soğur. Soğuyan gaz alt kısımlara doğru alçalırken yeniden ısınır ve yüzeye enerji taşımak üzere yeniden yükselir. Böylece, bir ısı taşınımının yapıldığı bu bölgeye taşınım bölgesi denmektedir. Yüzeyden 20.000 km içeride düşen sıcaklık sonucu atomların oluşması, yani atom çekirdeklerinin artık çıplak olmayıp elektronlarla bağ yaptıkları duruma ulaşılır (Kılıç ve Öztürk, 1983).

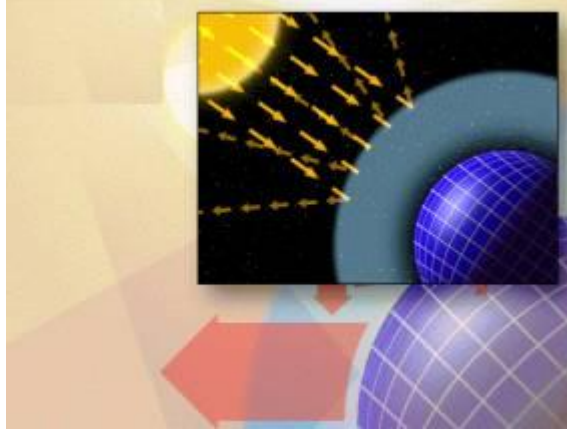
Dünyaya ulaşan güneş enerjisi, güneşin daha serin (yaklaşık 6000 K) ve birkaç yüz kilometrelik dar bir bölgesinden, güneş yüzeyine yakın fotosfer'den (ışık küre) gelmektedir. Şekil 1.1'de güneşten gelen ışınımın dağılımı gösterilmektedir.

Dünya, güneşten yaklaşık 150 milyon km. uzakta bulunmaktadır. Dünya hem kendi çevresinde dönmekte, hem de güneş çevresinde eliptik bir yörüngede dönmektedir. Bu yönüyle, Dünyaya güneşten gelen enerji hem günlük olarak değişmekte, hem de yıl boyunca değişmektedir.

Dünyanın kendi çevresinde dönüşünden kaynaklanan güneş enerjisi değişimi gece gündüzü oluştururken, Dünyanın güneş çevresinde dönüşümünden kaynaklanan güneş enerjisi değişimi de, mevsimleri oluşturmaktadır. Dünyanın kendi çevresindeki dönüş eksenini, güneş çevresindeki dolanma yörüngesi düzlemiyle 23,50 derecelik bir açı yaptığından, yeryüzüne düşen güneş şiddeti yörünge boyunca (yıl boyunca) değişmekte ve mevsimler de böylece oluşmaktadır (Yamaç, 2005).



Şekil 1.1. Güneşten gelen ışınımın dağılımı (EİE, 2009)

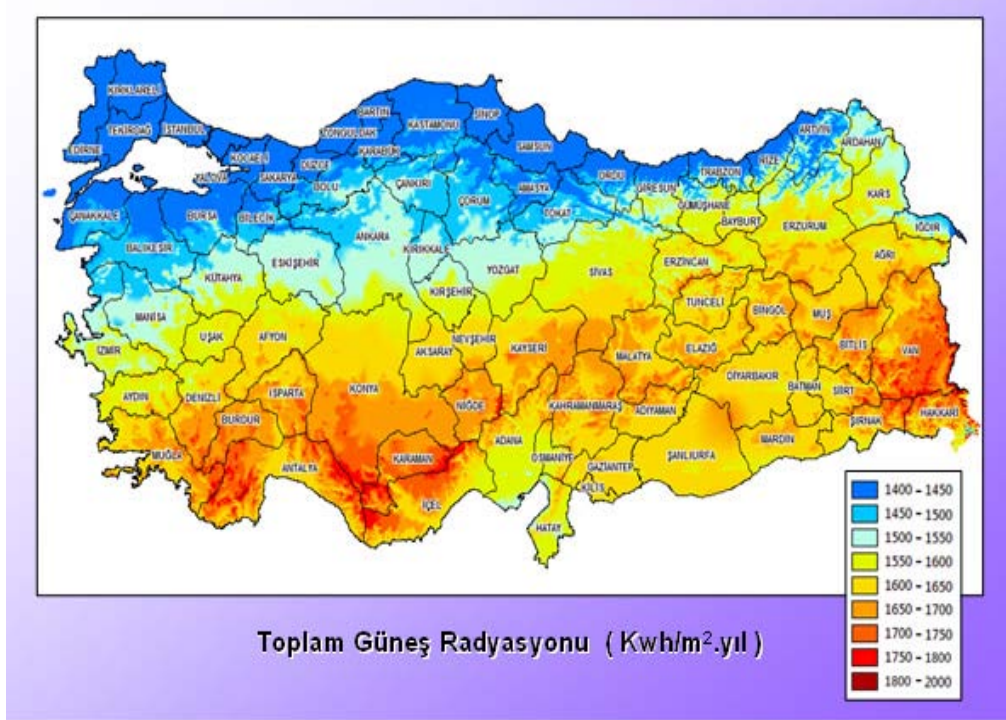


Şekil1.2. Güneş ışınımının tamamı yeryüzüne ulaşmaz % 30 kadarı dünya atmosferi tarafından geri yansıtılır (EİE, 2009)

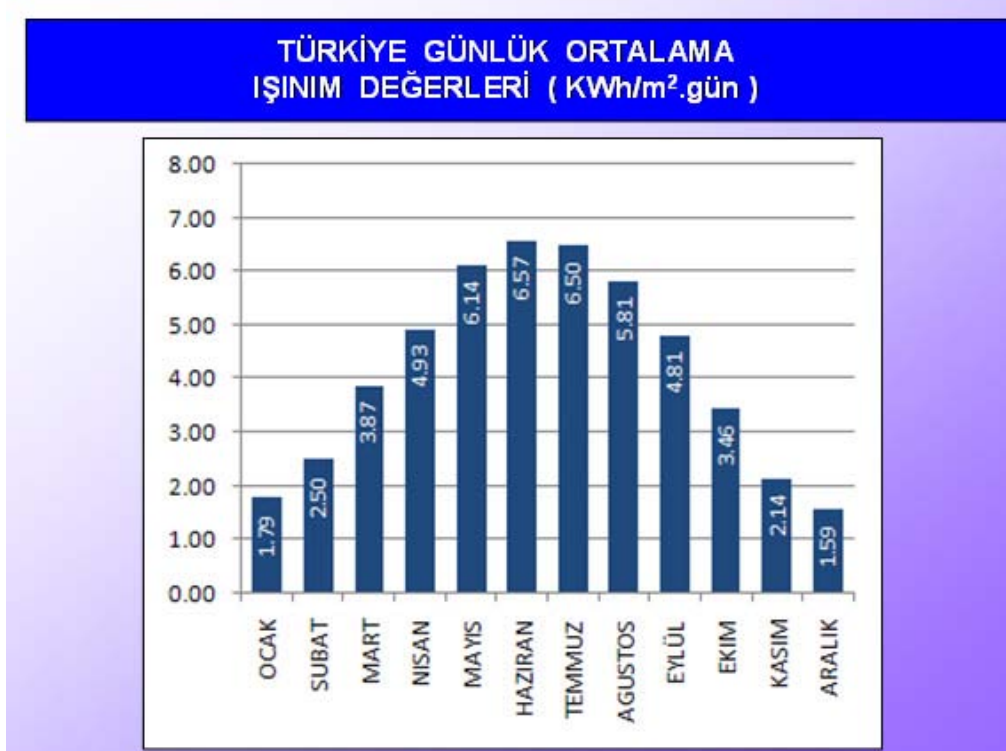
Şekil 1.2’de güneş ışınlarının atmosfer tarafından yansımaları görülmektedir. Dünyaya bir günde gelen güneş enerjisi, güneşin toplam enerjisinin yaklaşık milyarda biridir. Bunun değeri 1.5×10^{16} MJ (1 MJ = 106 Joule)'dür. Atmosfer dışında güneş ışınlarına dik birim alana bütün dalga boylarında bir anda gelen güneş radyasyonunun değeri dünya-güneş mesafesi değiştiğinden sabit değildir. Bunun için ortalama dünya-güneş uzaklığındaki güneş radyasyonu değerinin kullanılması hesaplamalarda kolaylık sağlar. Bu değer yapılan ölçümler ve hesaplamalar sonucunda % 1 hata ile 1367 W/m^2 olarak kabul edilmiştir. Bu değere güneş sabiti denir.

Dünyaya gelen güneş enerjisi 130 trilyon ton kömüre eşdeğerdir. Bu değer dünyada tüketilen toplam enerjinin 15 000 katına eşdeğerdir. Türkiye üzerine bir yılda düşen güneş enerjisi 3.517×10^{15} MJ kadardır. Bu değer yıl boyunca göre Türkiye'nin elektrik santralleri kurulu gücünün 500 katını aşmaktadır.

Türkiye coğrafi konumu açısından 36–42 °N enlemleri arasında yer almakta ve güneş kuşağı içerisinde bulunmaktadır. Yıllık ortalama güneşlenme süresi 2609 h olup, yılın % 29,8’ini oluşturmaktadır. Şekil 1.3’te Türkiye’nin yıllık toplam güneş radyasyonu gösterilmektedir.

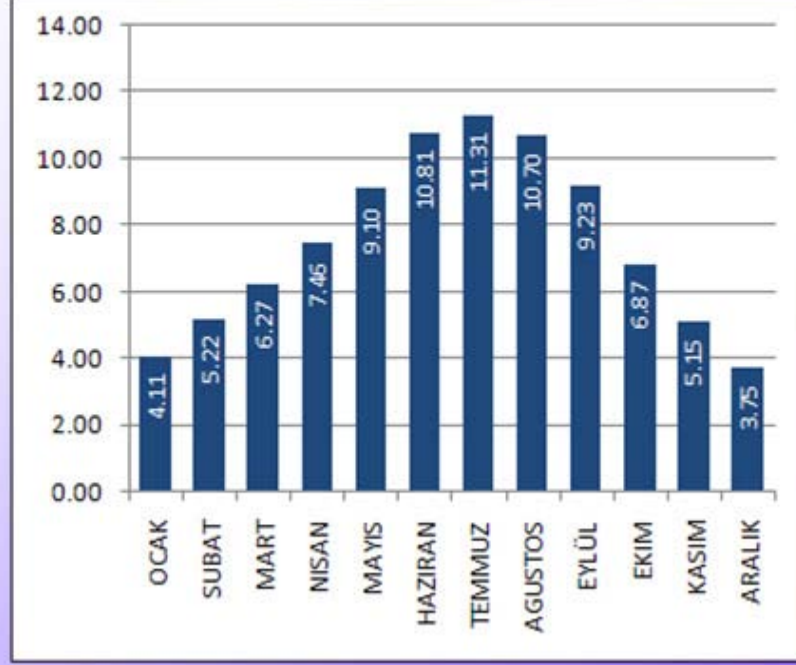


Şekil 1.3. Türkiye güneş radyasyonu (EİE, 2009)



Şekil 1.4. Türkiye günlük ortalama işinim değeri (EİE, 2009)

TÜRKİYE GÜNLÜK ORTALAMA GÜNEŞLENME SÜRELERİ (saat / gün)



Şekil 1.5. Türkiye günlük ortalama güneşlenme süreleri

Şekil 1.4'te Türkiye'nin aylara göre toplam günlük ışıınım değerleri gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere Türkiye'de günlük toplam ışıınım değeri en fazla haziran ayında gerçekleşmektedir.

Şekil 1.5'te ise Türkiye'nin günlük ortalama güneşlenme süreleri gösterilmektedir (EİE, 2009)

Bölgelere göre güneş enerjisi dağılımı Çizelge 1.1. ve Çizelge 1.2'de verilmiştir.

Çizelge1.1. Türkiye’de bölgelere göre güneş enerjisi dağılımı (EİE, 2009)

Bölgeler	Yıllık Toplam Güneş Enerjisi (MJ/m ² -yıl)	Günlük Toplam Güneş enerjisi (MJ/m ² -gün)	Yıllık Toplam Güneşlenme Süresi (h/ yıl)
Güneydoğu Anadolu	5256.0	14.3	2993
Akdeniz	5004.0	13.9	2956
Ege	4694.4	13.5	2738
İç Anadolu	4730.4	13.7	2628
Doğu Anadolu	4914.0	13.4	2664
Marmara	4204.8	10.9	2409
Karadeniz	4032.0	10.3	1971
Türkiye Ortalaması	4719.6		2640

Çizelge 1.2. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli (EİE, 2009)

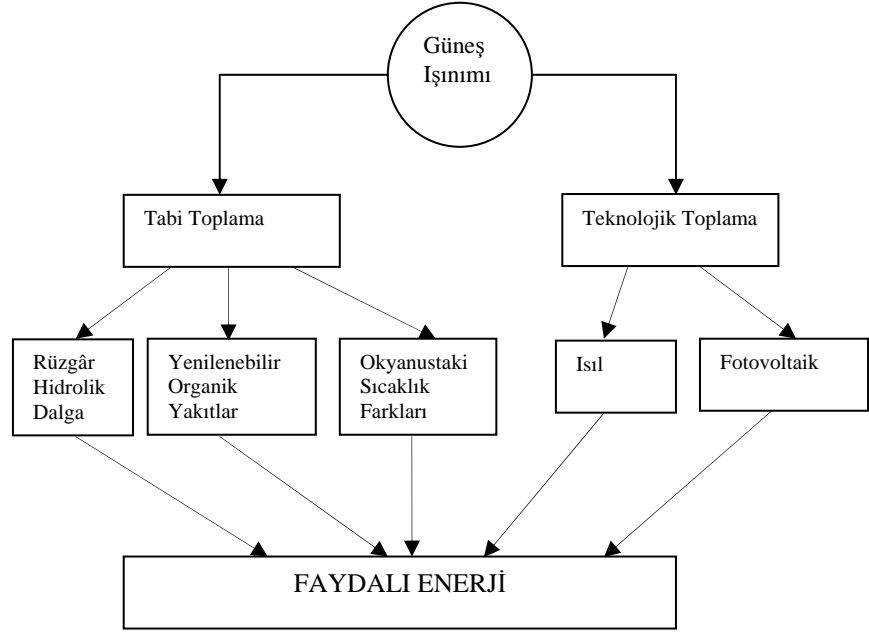
AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ		GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/ay)
	(Kcal/cm ² -ay)	(kWh/m ² -ay)	
OCAK	4,45	51,75	103,0
ŞUBAT	5,44	63,27	115,0
MART	8,31	96,65	165,0
NİSAN	10,51	122,23	197,0
MAYIS	13,23	153,86	273,0
HAZİRAN	14,51	168,75	325,0
TEMMUZ	15,08	175,38	365,0
AGUSTOS	13,62	158,40	343,0
EYLÜL	10,60	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 kcal/cm ² -gün	3,6 kWh/m ² -gün	7,2 saat/gün

1.1.2.Güneş Enerjisinden Yararlanan Sistemler

Hemen hemen bütün enerji kaynakları güneş ışınımının maddeler üzerindeki fiziksel ve kimyasal etkisinden meydana gelmektedir. Hidrolik enerji, rüzgâr enerjisi, dalga enerjisi v.s. güneş ışınımından dolayı olarak oluşan enerjilerdir.

Güneş ışınımının teknolojik toplama ile faydalı enerjiye dönüştürülmesinde ısı veya fotovoltaik esastan yararlanılır. Isıl esasa dayanan sistemlerin daha geniş uygulama alanı mevcuttur (Kılıç ve Öztürk, 1983).

Şekil 1.6’da güneş enerjisinden yararlanma şekilleri gösterilmiştir.



Şekil 1.6. Güneş enerjisinden faydalanma şekilleri(Yargıcı, 1994)

1.1.3. Isıl Uygulamalar

Güneş ışınımının faydalanılacak enerji türüne ısıl çevrimlerle dönüştürüldüğü sistemlerin sayısı çok fazladır. Genel olarak bu sistemler;

- a) Düşük sıcaklık uygulamaları (20 – 100 °C)
- b) Orta sıcaklık uygulamaları (100 – 300 °C)
- c) Yüksek sıcaklık uygulamaları (> 300 °C)

Düşük sıcaklık uygulamalarında genellikle düz toplayıcılar kullanılır. Bu uygulamaların bazıları:

- Isıtma – soğutma
- Tarımda kurutma
- Su damıtımı – tuz üretimi
- Seracılık
- Sulama
- PV sistemleri

Bu belirtilen uygulamalarda, güneş ışınımı bir ısı değiştiricisi (genellikle düz toplayıcı) aracılığıyla bir akışkana (su, hava, hidrojenli hidrokarbonlar v.s.) aktarılır ve sıcaklığı artan akışkan faydalanma amacına göre depolanır veya sisteme gönderilir (Yamaç, 2005).

Orta sıcaklık uygulamalarında, güneş ışınımının yansıtılarak veya kırılarak bir noktaya veya eksene yoğunlaştırıldığı odaklı toplayıcılar kullanılır. Bu uygulamaların bazıları:

- Sulama için su pompaları
- Küçük motorlar
- Buhar jeneratörüdür.

Güneş ışınımından yararlanılarak 300 °C’ nin üzerindeki yüksek sıcaklık elde edilen sistemlerde “heliostat” adı verilen, geniş bir alana gelen güneş ışınımını, güneşi

izleyerek bir noktaya odaklayan sistemlerden yararlanılır. Güneş fırınları ve güneşsel güç sistemlerinde yansıtıcı olarak aynalardan yararlanılmakta ve 3500 °C sıcaklığa kadar çıkılabilmektedir. Yüksek sıcaklık uygulamaları ise;

- Güneş fırınları
- Elektrik üretimi
- Seramiktir (Yamaç, 2005).

1.1.4. Fotovoltaik Uygulamalar

Üzerine güneş ışınımı düşünce doğrudan elektrik üreten güneş pilleri, fotovoltaik tesir esasına göre çalışır. Tamamen yarı iletken teknolojisine dayanır. Fazla elektron bulunan (n - tipi) yarı iletken ile fazla boşluk bulunan (p - tipi) yarı iletkenin yan yana getirildiği zaman tek bir kristal meydana getirmesi ve fazla elektronların boşluklara atılmasıyla doğru akım meydana gelir. Hücreler birbirine seri ve paralel bağlanarak akım şiddeti ve gerilim artırılır (Yamaç, 2005).

Güneş pillerinin verimi % 3 – 25 arasında değişir. Uzay programları için geliştirilmeye başlanmış 1955 yılından sonra uzay araçlarında ve daha sonraki yıllarda da genellikle fazla güç gerektirmeyen ve bilinen diğer yollardan elektrik üretimi zor olan güç merkezlerinden uzak yerlerde kullanılmaya başlanmıştır.

İstenilen yerde ve istenilen güçte elektrik üretilebilmesi, gürültüsüz çalışması, artıklarının olmayışı ve uzun ömürlü oluşu, güneş pillerinin avantajlarından bazılarıdır. Fakat teknolojisi zor, maliyetleri yüksek ve verimleri düşüktür (Yamaç, 2005).

1.2. Güneş Açıları ve Işınım

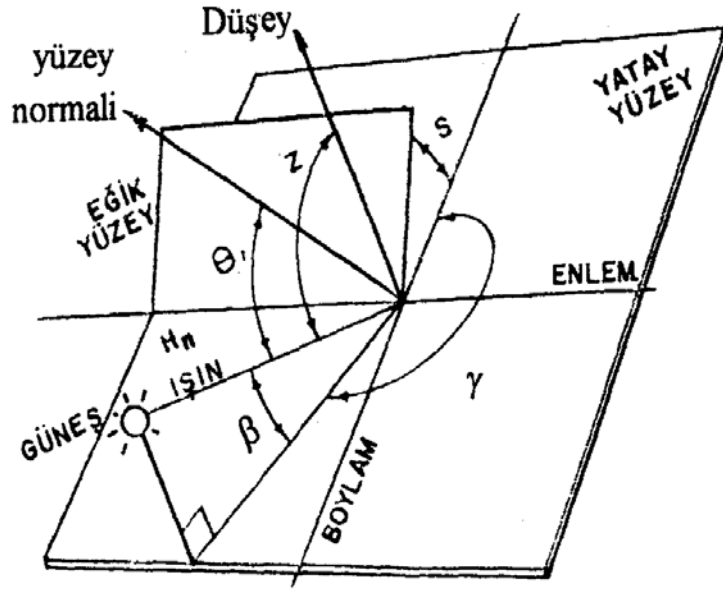
1.2.1. Güneş Açıları

Dünya üzerindeki bir noktaya nazaran güneşin konumu gün ve yıl boyunca değişir. Yeryüzünde herhangi bir noktaya doğrudan gelen güneş ışınımının şiddetini ve doğrultusunu bulabilmek için güneş ışınları ile dünyamız arasındaki ilişkiyi değerlendirmek gereklidir. Işınlar ile dünya üzerindeki yüzeyler arasında belirli açılar oluşur. Güneş enerjisinden en verimli şekilde yararlanmak için bu açılar hakkında bilgi sahibi olunmalıdır (Uyarel ve Öz, 1987).

Yeryüzünde herhangi bir noktaya doğrudan gelen güneş ışınımının doğrultusu, eğer o noktanın enlemi (e), saat açısı (h), deklinasyon açısı (δ) biliniyorsa tayin edilebilir. Bu açılara esas güneş açıları denir (Uyarel ve Öz, 1987).

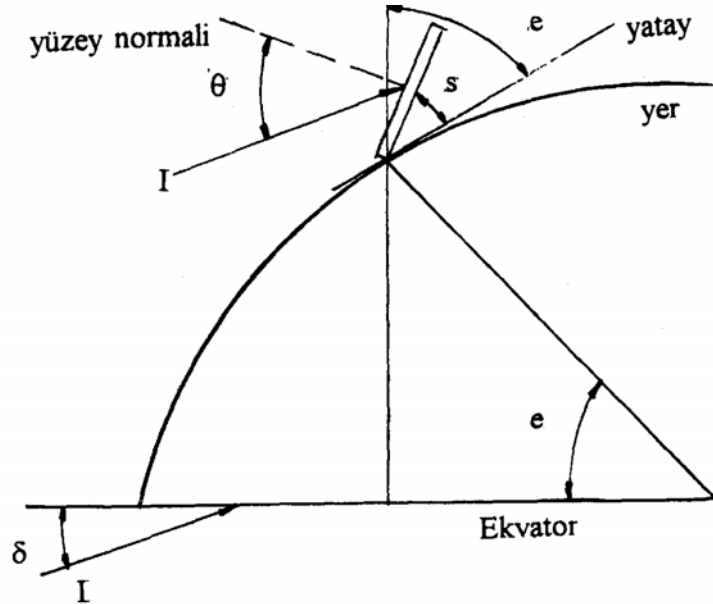
Enlem: Söz konusu yeri dünya merkezine birleştiren doğrunun ekvator düzlemi ile yaptığı açıdır. Ekvatordan itibaren kuzeye doğru (+) işareti ve güneye doğru (-) işareti ile ölçülür.

Saat açısı: Göz önüne alınan yerin boylamı ile güneşi dünya merkezine birleştiren doğrunun arasındaki açıdır. Örneğin saat 12.00 de $h=0$ dır. Bir saat 1,5 derece boylarına eşittir. Öğleden sonra (-) negatif değer alır (Yamaç, 2005).



Şekil 1.7. Güneş açıları(Yargıcı, 1994)

Deklinaşyon açısı: Şekil 1.7’de gösterildiği gibi güneş ışınlarının ekvator düzlemi ile yaptığı açıdır. Güneş ışınları ile dünya arasındaki açısal ilişkiler yönünden en önemli olan deklinaşyon açısıdır. Bu açı dünya-güneş ilişkisini tayin edici mahiyettedir (Yargıcı, 1994).



Şekil 1.8. Enlem, eğim, deklinaşyon, geliş açılarının ilişkisi(Yargıcı, 1994)

1.2.2. Türetilen Güneş Açıları

Zenit açısı, z : Doğrudan güneş ışınlarının yatay düzlemin normali ile yaptığı açıdır (Şekil 1.8).

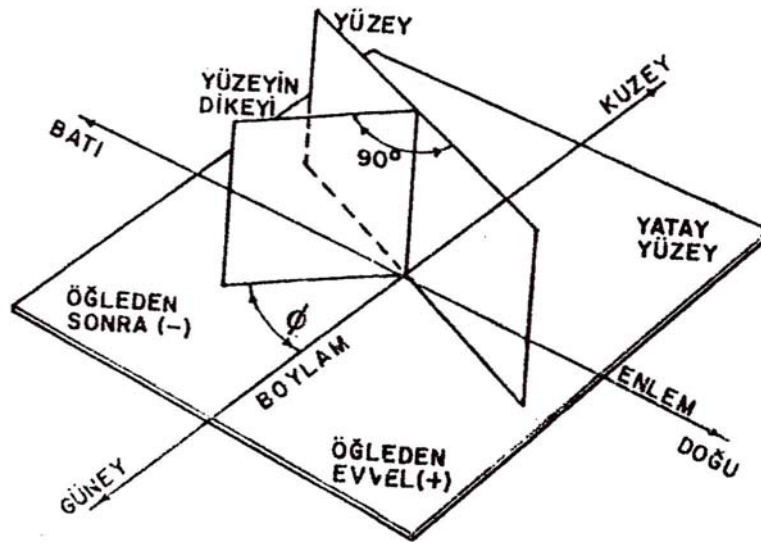
Güneş Yükseklik Açısı, β : Doğrudan güneş ışınlarının yatay düzlemle yaptığı açıdır (Şekil 1.8).

Güneş azimut açısı, γ : güneş ışınlarının kuzeye göre saat yönünde sapmasını gösteren açıdır (Şekil 1.8) (Yargıcı, 1994).

1.2.3. Eğik Yüzeyin Açıları

Eğik bir yüzeyin konumu yatay düzlemle yaptığı eğim açısı, s (Şekil 1.8 ve 1.9) ve yüzeyin normalinin yatay düzlemdeki izdüşümünün güneyden batıya doğru (+) ölçüldüğü yüzey azimut açısı (Φ) ile belirlenir (Şekil 1.9).

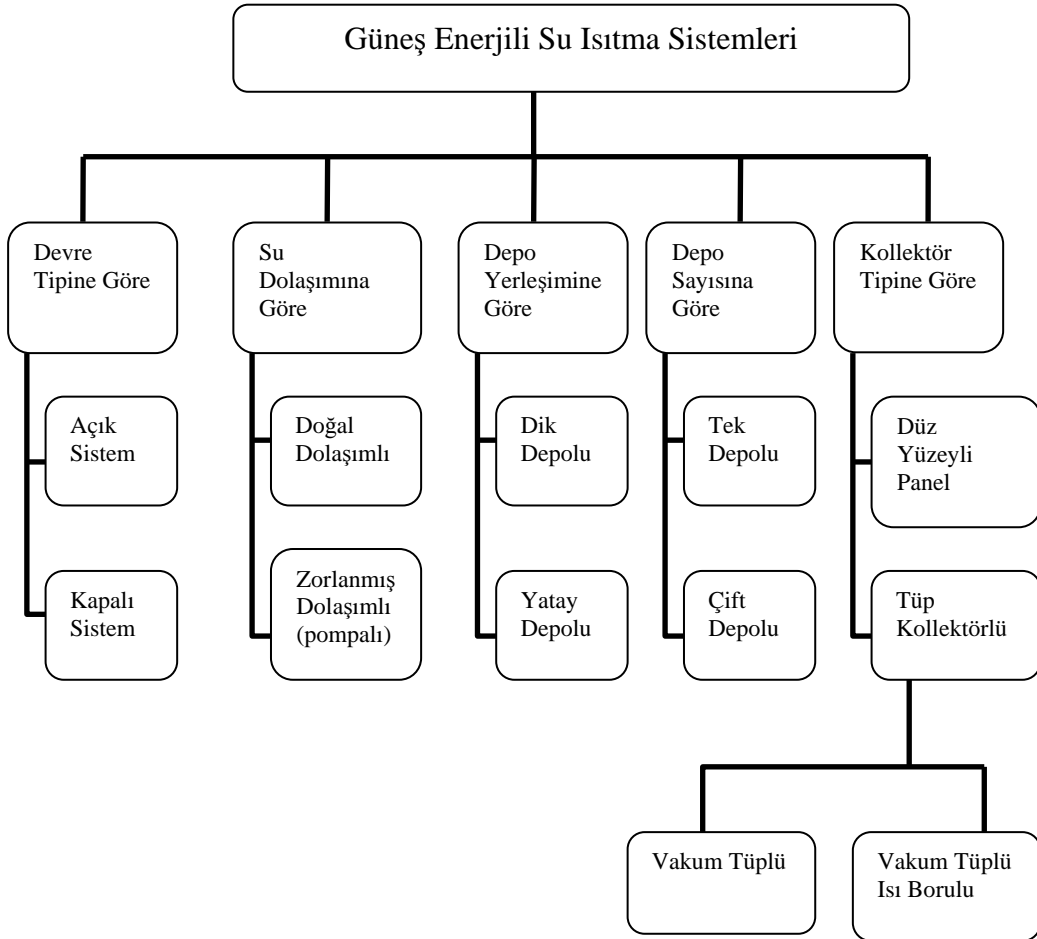
Güneş geliş açısı, θ : güneş doğrultusunun herhangi bir düzlemin eğimi (s) normali ile yaptığı açıdır (Yargıcı, 1994).



Şekil 1.9. Yüzey azimut açısı (Yargıcı, 1994)

1.3. Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemlerinin Sınıflandırılması

Güneş enerjisinin en çok kullanıldığı alanlardan birisi akışkan ısıtmasıdır. Bu akışkanların başında su ve hava gelir. Ülkemizde en yaygın kullanım alanı ise sıcak su üretimidir. Güneş enerjisi ile sıcak su hazırlama sistemleri, hazırlanacak suyun kullanılma yeri ve amacına göre değişiklikler gösterir (Uyarel ve Öz, 1987). Güneş enerjili su ısıtma sistemleri, güneş enerjisini toplayan kollektörler, ısınan suyun toplandığı depo ve bu iki kısım arasında bağlantıyı sağlayan yalıtımlı borular, pompa ve kontrol edici gibi sistemi tamamlayan elemanlardan oluşmaktadır. Şekil 1.10'da güneş enerjili su ısıtma sistemleri çeşitli yönlerden sınıflandırılmıştır.



Şekil 1.10. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin sınıflandırılması (Uyarel ve Öz, 1987)

1.3.1. Tabii Dolaşımli Sistemler

Tabii dolaşımli sistemler ısı transfer akışkanının kendiliğinden dolaştığı sistemlerdir. Kollektörlerde ısınan suyun yoğunluğunun azalması ve yükselmesi özelliğine dayanmaktadır. Bu tür sistemlerde depo kollektörün üst seviyesinden en az 30 cm yukarıda olması gerekmektedir. Deponun alt seviyesinden alınan soğuk (ağır) su kollektörlerde ısınarak hafifler ve deponun üst seviyesine yükselir. Gün boyu devam eden bu olay sonunda depodaki su ısınmış olur. Tabii dolaşımli sistemler daha çok küçük miktarda su ihtiyaçları için uygulanır. Deponun yukarıda bulunması zorunluluğu nedeniyle büyük sistemlerde uygulanamazlar. Pompa ve otomatik kontrol devresi gerektirmediği için pompalı sistemlere göre biraz daha ucuzdur (Tırıs ve Erdalli, 1997).

Üzerine güneş düştüğünde kollektör içindeki su ısınarak genişir. Genleşen suyun özgül ağırlığı azalacağından yükselerek üstten depoya girer. Kollektörde ısınarak depoya giren suyun yerine, deponun altındaki daha soğuk olan su gelir ve oda ısınarak depo bu depoya girer. Kollektör güneş gördüğü sürece bu olay devam eder. Suyun bu şekildeki hareketine “termosifon olayı” dendiğinden bu şekilde çalışan sistemlere de termosifon sistemi denir. Depodaki su ile kollektördeki su sıcaklıkları eşit oluncaya kadar dolaşım devam eder. Depolama tankı kollektör üst seviyesinde olduğundan, geceleri ve güneşsiz suyun ters devir-daimi de söz konusu olmaz ve bu şekilde depodaki suyun soğuması kendiliğinden önlenir (Anonim, 2004).

Güneşli bir günde kollektörde dolaşacak su miktarı 40-60 lt/m² değerinde olabilir. Boru tesisatının mümkün olduğu kadar az dirsekli, dirseklerin geniş kavisli, boruların depoya doğru yükselen eğimli olması sistemin çalışmasını olumlu yönde etkileyen faktörlerdir. Böylece suyun dolaşımına karşı daha az direnç gösterilir ve borularda hava toplanması önlenir. Sürtünme dirençlerin azaltmak için boruların çapı en az 20 mm (3/4”) olmalıdır.

Yükseklik ve su sıcaklıkları arasındaki fark arttıkça, suyu sistemde devrettiren etken basınç (Pe) artacak ve sistemin çalışması daha sıhhatli olacaktır. Etken basınç, suyu sistemde kolayca devrettirebilmelidir. Depodaki su ısındıkça, dönüş ve gidiş

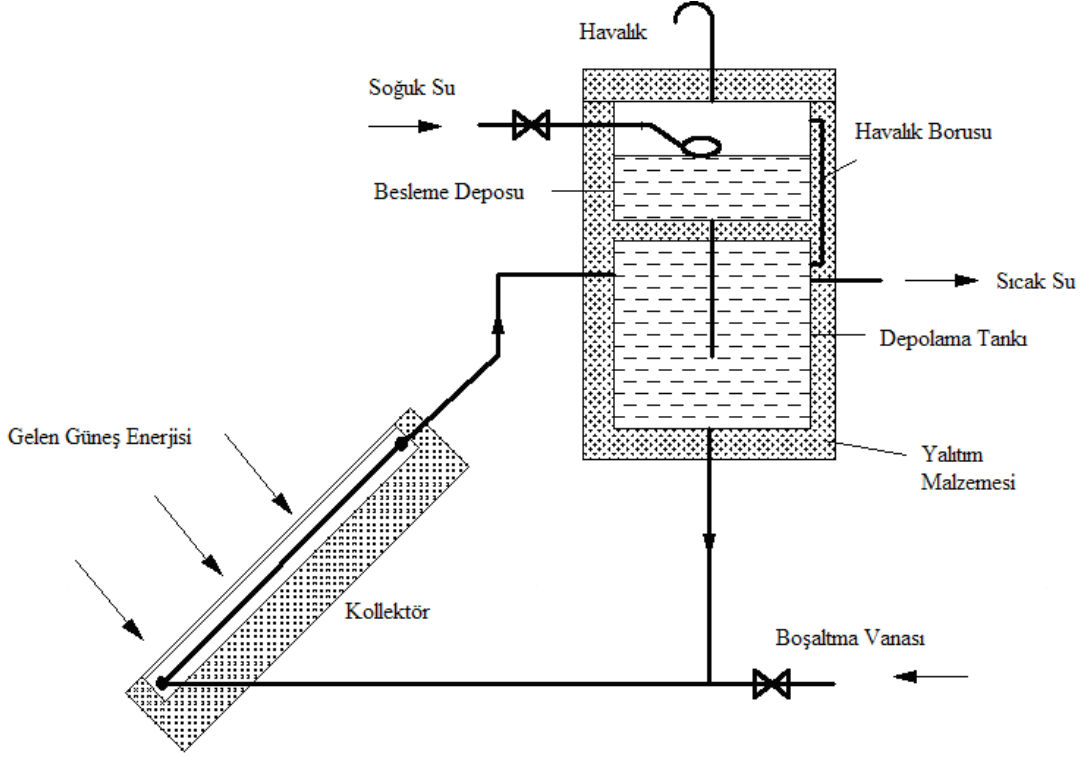
borularındaki su özgül ağırlıkları farkı azalacağından, dolaşım kuvvetinin değeri de düşecektir. Dolaşım kuvvetinin en düşük değerinde bile su sistemde devredebilmelidir. Suyun sistemde dolaşımı sırasında, dolaşım kuvveti boru sürtünme dirençleri ile bağlantı parçalarının dirençleri toplamını yenebilmelidir. Aksi takdirde sistem çalışmaz. Bu bakımdan boru tesisinin dirençleri azaltacak şekilde yapılması son derece önemlidir. Mümkün olduğu kadar az bağlantı parçası kullanmak ve yatay boru uzunluklarını azaltmak sistemin daha rahat çalışmasını sağlar (Yalçın, 2002).

Açık devreli sistemlerde ısıtılmak üzere gelen kullanma suyundaki kireç oranının yüksek olması durumunda toplayıcı ve borularda kireç birikimi olmaktadır. Bunun sonucunda boru et kalınlığı artarak kireç birikimi olmaktadır. Ayrıca kimyasal yönden uygun malzemelerin seçilmediği sistemlerde kullanma sıcak suyunda bazı zararlı bileşiklerde olabilir. Hava sıcaklığının suyun donma derecesinin altına düştüğü zamanlarda donmayı önlemek için sistemin boşaltılması gerekir. Bu sakıncaları ortadan kaldırabilmek için kapalı devreli sistemler seçilebilir.

Kapalı devreli sistemlerde kollektör devresi, depolama devresinden bağımsız çalışır. Kollektör devresinde aynı akışkan dolaşır. Kollektörde dolaşarak ısınan akışkan, aldığı enerjiyi depodaki ısı değiştiricisi yoluyla kullanma suyuna aktarır. Isısını veren akışkan soğuyarak yeniden kollektöre döner (Yalçın, 2002).

1.3.2. Tabii dolaşımli açık (doğrudan) devreli sistemler

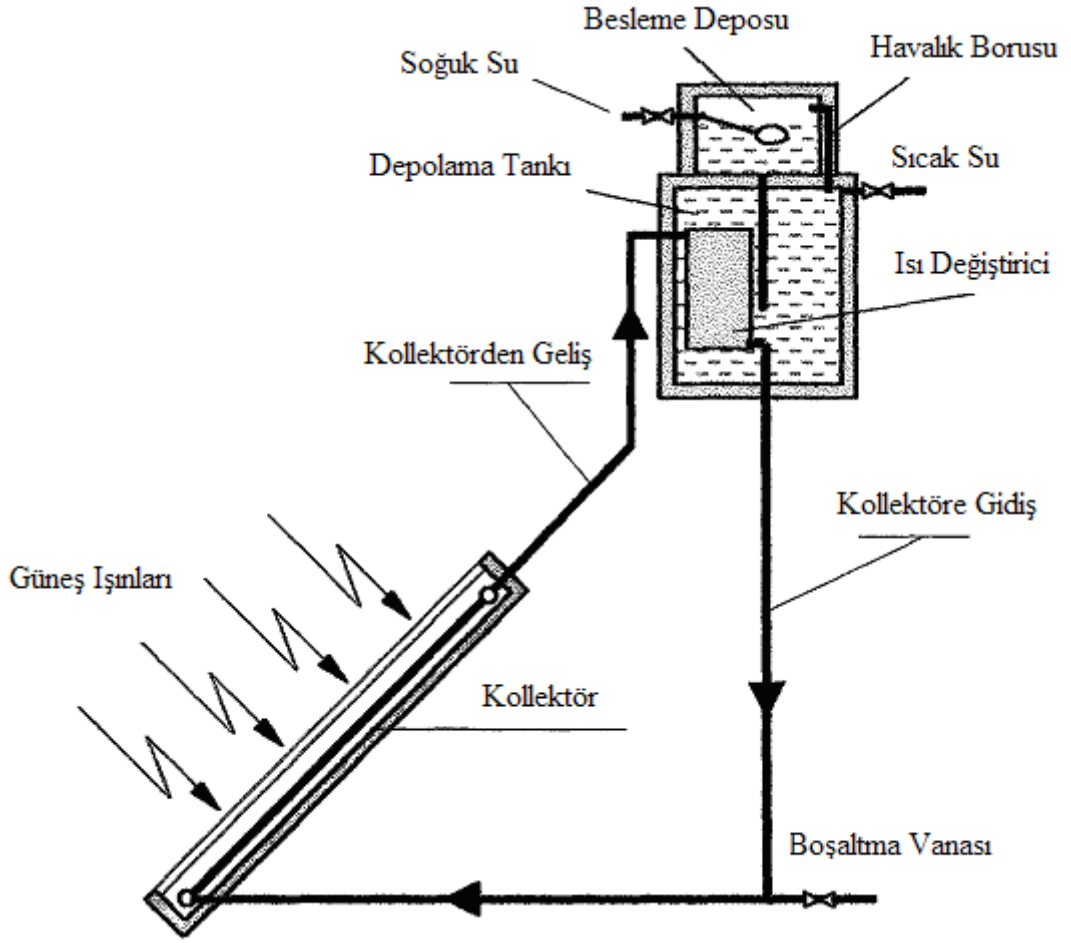
Tabii dolaşımli açık devreli sistemler, kollektörde ısınan suyun depodaki daha düşük sıcaklıktaki su ile yer değiştirmesi prensibi ile çalışır. Depodaki su kullanıldığından, kullanılan su miktarı kadar şebeke suyu depoya girer. Şebekeden gelen su, kollektörde kireçlenmeye sebep olarak verimi düşürür. Sistemin maruz kaldığı şebeke basıncından korumak amacıyla, şebekeden gelen su önce depolama tankının üstündeki bir besleme deposuna alınır ve borudan sisteme geçer. Ancak bu sistem kullanma yerlerinin kendinden daha alt seviyede bulunan yerlere su verebilir. Şekil 1.11'de besleme depolu açık devreli sistemle ilgili bir tasarım örneği verilmektedir (Yalçın, 2002).



Şekil 1.11. Besleme depolu tabii dolaşimli ısıtma sistemi(Yalçın, 2002)

1.3.3.Tabii dolaşimli kapalı (dolaylı) devreli sistem

Kapalı sistemlerde, ısıtma devresi ile ısınma devresi birbirinden bağımsız olarak çalışır. Bu sistemde, kollektördeki su ile depodaki su birbirlerine karışmayacağından kollektör devresindeki suya donma tehlikelerine karşı antifriz eklenebilir. Bu uygulama ile açık sistemlerdeki kollektör iç yüzeyinin kireçlenmesi durumu da ortadan kaldırılmış olur. Kollektörde ısınan suyun özgül ağırlığı azalarak depolama tankına yükselir. Buradaki eşanjörde, almış olduğu ısıyı depolama tankına bırakarak kollektöre geri döner. Şekil 1.12.'de besleme depolu kapalı devreli sisteme bir tasarım örneği verilmiştir (Yalçın, 2002).



Şekil 1.12.Tabii dolaşımli kapalı devreli sistem(Yalçın, 2002)

1.3.4. Pompalı Sistemler

Bütün pompalı sistemlerin dört ana elemanı vardır.

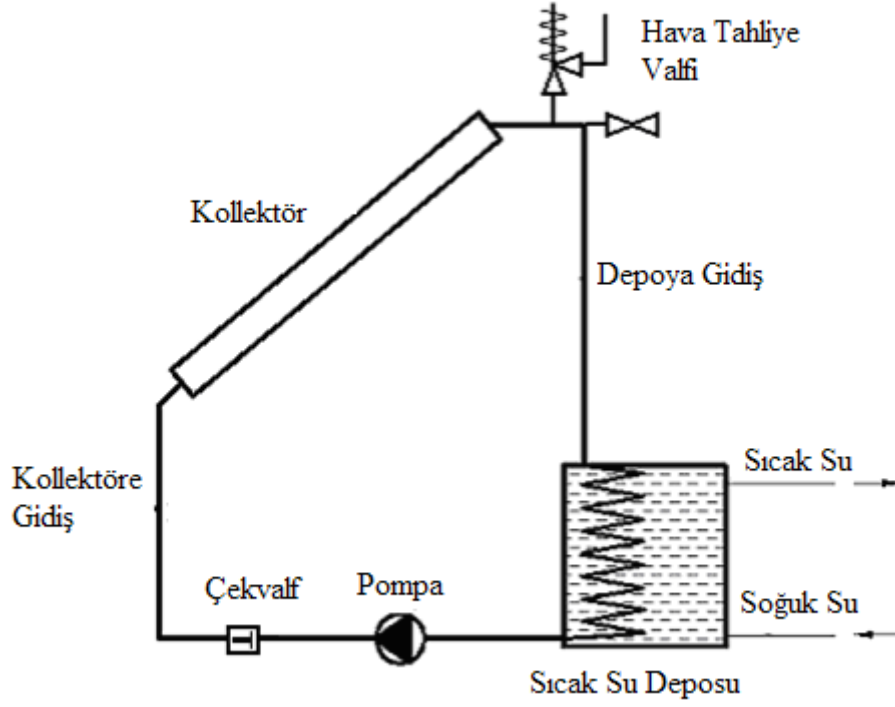
- 1- Kollektör
- 2- Sıcak su depolama tankı
- 3- Otomatik kontrol sistemi
- 4- Devir-daim pompası

Pompa sistemleri, açık (doğrudan) ve kapalı(dolaylı) devreli olarak tertip edilmektedir.

Güneş kolektöründe su bünyesine geçen enerji, devir- daim pompası yardımı ile depodaki suya nakledilir. Pompa sistemleri iki kısma ayrılabilir. Birincisi ısıtıcı devre, ikincisi ısınan devredir. Isıtıcı devre kolektör ve devir daim pompasından meydana gelir. Isınan devreyi ise depo, dağıtım hattı ve besleme hattı oluşturur. Isıtıcı devrede dolaşan suyun donma tehlikesinden korunabilmesi için, içerisine antifriz eklenir. Kolektörde ısınan su genişlediğinden sistemin korunabilmesi için kolektör üst noktasına bir genişleme kabı konulmalıdır (Yalçın, 2002).

Pompa sistemlerinin otomatik olarak çalışmasını sağlamak için, kolektör üst noktası ile depo alt noktasına birer diferansiyel aralıklı termostat yerleştirilir. Bu termostatlar, belli sıcaklık aralığında ısıtıcı devredeki akışkanın, pompa aracılığı ile otomatik olarak dolaşımını sağlar (Yalçın, 2002). Şekil 1.13'te pompa sistemi gösterilmiştir.

Pompa sistemlerinde deponun, kolektör üst noktasına montaj zorunluluğu yoktur. Sistemde devir- daim cebri olarak pompa ile sağlandığı için, bunun bir mahzuru yoktur. Pompa sistemleri genellikle merkezi sıcak su hazırlanmasına ihtiyaç duyulan büyük kapasiteli yerlerde kullanılır. Pompa sistemlerinin kuruluş maliyeti yüksektir. Sistemin çalışabilmesi için ek bir enerjiye (elektrik enerjisi) ihtiyaç duyulur. Isıtıcı devredeki devir - daim pompa ile sağlandığından, devredeki boru çaplarının büyük tutulmasına gerek yoktur (Yalçın, 2002).



Şekil 1.13. Pompalı Sistem

1.4. Güneş Kolektörleri

Güneş ışınımını, faydalı enerji(ısı enerjisi) şekline dönüştüren düzeneklere güneş kolektörü denir. Güneş kolektörleri, enerji toplama özelliklerine göre düz, yoğun (odaklamalı) ve düz-yoğun olmak üzere üç sınıfa ayrılır. Isı aktarma akışkanlarının cinsine göre sıvılı ve gazlı olmak üzere iki tipe ayrılır (Uyarel ve Öz, 1987).

Güneş kolektörleri, güneş radyasyonunu toplayıp bir akışkan bünyesine aktaran bir ısı değiştirici (eşanjör) olarak da tanımlanabilir. Üç grupta incelemek mümkündür. Birinci grup düz yüzeyli kolektörler olup; yüzeyine düşen radyasyondan yararlanırlar, sabit olarak çalışırlar ve akışkan sıcaklığı 95°C 'nin altındadır. İkinci grup odaklamalı kolektörler olup; güneş ısınlarını sürekli olarak bir odak noktasında toplarlar, sadece direkt radyasyondan faydalanırlar ve yüksek akışkan sıcaklığı temin edebilirler. Bunların arasında hem düz yüzeyli hem de odaklamalı kolektörlerin

özelliklerini taşıyan kolektörler üçüncü grubu oluşturmakta olup; odaklamalı kolektörler gibi yüksek sıcaklık sağlayamazlar. Bu tür kolektörler ortalama 175 °C sıcaklık temin edebilirler. Isıtma ve soğutma uygulamalarında düz yüzeyli kolektörler yaygın olarak kullanılmaktadır (Yargıcı, 1994).

1.4.1. Düzlemsel Güneş Kolektörleri

Düzlemsel güneş kolektörleri, güneş ışınımını ısı enerjisine dönüştüren en basit ve yaygın olarak kullanılan araçlardan birisidir. Düzlemsel kolektörler yutucu plaka, saydam örtü, alt yalıtım, bağlantı boruları ve kasadan oluşmaktadır. Düzlemsel kolektörler güneş radyasyonunu toplamak ve bunu akışkana iletmekle görevlidirler. Bu görevi su şekilde sağlarlar. Düzlemsel kolektörün üzerine camdan geçen güneş ışınımı düşer, kolektörün yutucu yüzeyi tarafından yutulan ısı enerjisi yutucu yüzey sıcaklığını artırır. Yutucu yüzeyin sıcaklığının artması sebebiyle bünyesinde ısı depolanır ve malzeme bünyesinde kondüksiyonla ısı iletimi meydana gelir. Sonuç olarak yutucu yüzeye ulanan ısı enerjisi, ısı taşıyıcı akışkana aktarılmış olur.

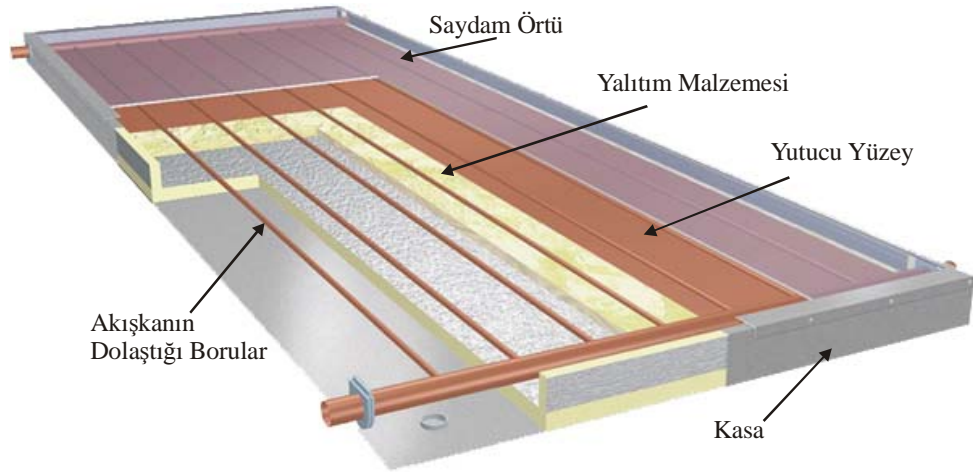
Düz toplayıcılarda ısı taşıyıcı akışkan olarak hava (veya gaz) ve sıvı kullanılabilir. Buna göre bu tür kolektörleri sıvı veya havalı olmak üzere iki gruba ayırmak mümkündür. Bunların birbirlerine göre kullanım amacının farklı olacağı muhakkaktır. Havalı kolektör, konutların ve küçük ticari binaların ısıtılmasında ve kurutma işlemlerinde kullanılır. Sıvılı kolektörler de büyük binaların ısıtılmasında endüstriyel ısıtma işlemlerinde ve güneşli soğutmada kullanılmaktadır (Atagündüz, 1989).

Sıvılı kolektörlerde genellikle su, gaz kolektörlerde ise hava kullanılmaktadır. Sıvılı kolektörler daha fazla enerji toplar ve daha verimlidir. Bunun sebebi, havalı kolektörlerin daha fazla ısı kaybetmesidir. Havalı kolektörlerin emici plakasının sıcaklığı daha yüksek olacağından çevreye olan ısı kaybı da artar. Suyun ısı taşımadaki verimliliği daha yüksek olduğundan, sıvılı kolektörlerde emici plakanın sıcaklığı, içindeki ısı taşıyıcı akışkandan sadece birkaç derece yüksektir. Hava iyi bir

ısı taşıyıcı değildir. Bu nedenle, havalı kollektörlerin emici plaka sıcaklığı, içlerinde dolanan hava sıcaklığından 15 °C daha fazla olabilmektedir. Emici plakanın sıcak olması daha fazla ısı kaybına neden olmakta ve dolayısıyla verim düşmektedir. Güneş enerjisini ısı enerjisi sekline dönüştüren gereçlere “güneş toplayıcıları (kollektörü)” adı verilmektedir. Bir düz kollektör genellikle beş ana kısımdan meydana gelir (Sekil 1.14) (Uyarel ve Öz, 1987).

Bunlar;

- a. Güneş ısınımını geçiren ve üstten ısı kaybını önleyen bir veya daha çok sayıdaki saydam örtü,
- b. Enerji toplayan yutucu plaka,
- c. Isı taşıyıcı akışkanın dolaştığı borular,
- d. Absorber yüzeyin güneş almayan kısımlarındaki ısı yalıtımı,
- e. Yukarıda belirtilen kısımları bir arada tutan kasadan ibarettir.



Şekil1.14. Düzlemsel Güneş Kolektörü (Çetiner ve Bulut, 2005)

Düzlemsel Güneş Kolektörlerinin Kısımları

Saydam Örtü

Saydam örtü, taşınım ile meydana gelen ısı kaybını azaltmaktadır. Ayrıca yutucu yüzeyi dolu, toz, yağmur gibi etkenlerden korur. Saydam yüzey olarak genellikle cam veya plastik esaslı malzemeler kullanılır. Bu örtüleri kullanmaktaki asıl amaç, ortamdaki rüzgâr nedeniyle yutucu yüzey ile ortam arasındaki taşınım katsayısının büyümesini önlemektir. Kullanılan örtü malzemesinde uzun dalga boylu ışınım geçirme oranlarının düşük olması sebebiyle ısı kaybını önlemektedirler. Cam, güneş ışınlarını geçirmesi ve ayrıca yutucu plakadan yayınlanan uzun dalga boylu ışınları geri yansıtması nedeni ile örtü maddesi olarak son derece uygun bir maddedir. Bilinen pencere camının geçirme katsayısı 0.88'dir. Son zamanlarda özel olarak üretilen düşük demir oksitli camlarda bu değer 0.95 seviyesine ulaşmıştır. Bu tür cam kullanılması verimi artırır (Çetiner ve Bulut, 2005).

Çeşitli saydam örtülerin özellikleri Çizelge 1.3'de görülmektedir.

Çizelge 1.3. Çeşitli saydam örtülerin özellikleri (Yargıcı, 1994)

Saydam Örtü	Kalınlık (mm)	Kırma İndisi	Normal Geçirme Oranı		Sıcaklık Dayanıklılığı (°C)
			Güneş Işınımı 0,2–0,4 µm	Neşredilen Işınım 3,0–50 µm	
Lexan	3,2	1,586	0,73	0,02	120–130
Acrylic	3,2	1,49	0,80	0,02	80 – 90
Teflon	0,13	1,34	0,90	0,25	200
Tedlar	0.10	1,45	0,88	0,21	110
Mylar	0.13	1,65	0,80	0,18	150
Sunlite	0,64	1,54	0,75	0,08	90
Düzgün Cam	3,2	1,52	0,79	0,02	730
Temper Cam	3,2	1,52	0,79	0,02	230 – 260
Su-Beyazı Camı	3,2	1,50	0,92	0,02	200

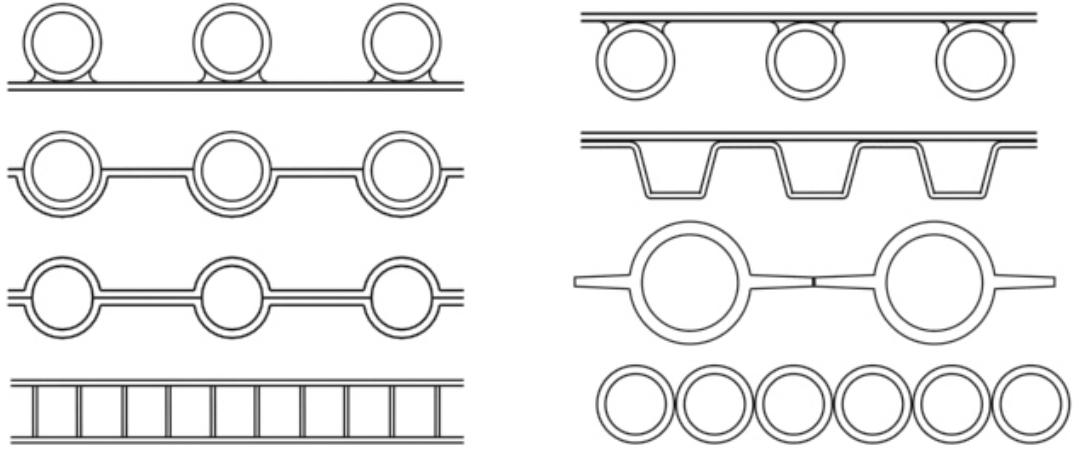
Yutucu (Absorbant) Yüzey

Toplayıcılarda yutucu plaka toplayıcıların en önemli kısmıdır. Güneş ışınları, yutucu plaka tarafından yutularak ısıya dönüştürülür ve sistemde dolaşan sıvıya aktarılır. Yutucu (Absorbant) plaka düz toplayıcılarda tabanda ve üstte birer manifold ile bunların arasına yerleştirilmiş akışkan boruları ve yutucu plakadan oluşur. Yutucu plakanın ışınları yutması için koyu bir renge genellikle siyaha boyanır. Kullanılan boyanın yutma katsayısının yüksek, uzun dalga boylu radyasyonu yama katsayısının düşük olması gerekmektedir. Bu nedenle de bu özelliklere sahip seçici yüzeyler kullanılmaktadır. İdeal bir yutucu yüzeyin seçici yüzeyli olarak yapılması verimi artırmaktadır. Mat siyah boyanın yutuculuğu 0.95 gibi yüksek bir rakam iken yayıcılığı da 0.92 gibi istenmeyen bir değerdedir. Yapılan seçici yüzeylerde yama katsayısı 0,1'in altına inmiştir. Seçici yüzey kullanılması halinde toplayıcı verimi artar (Yargıcı, 1994).

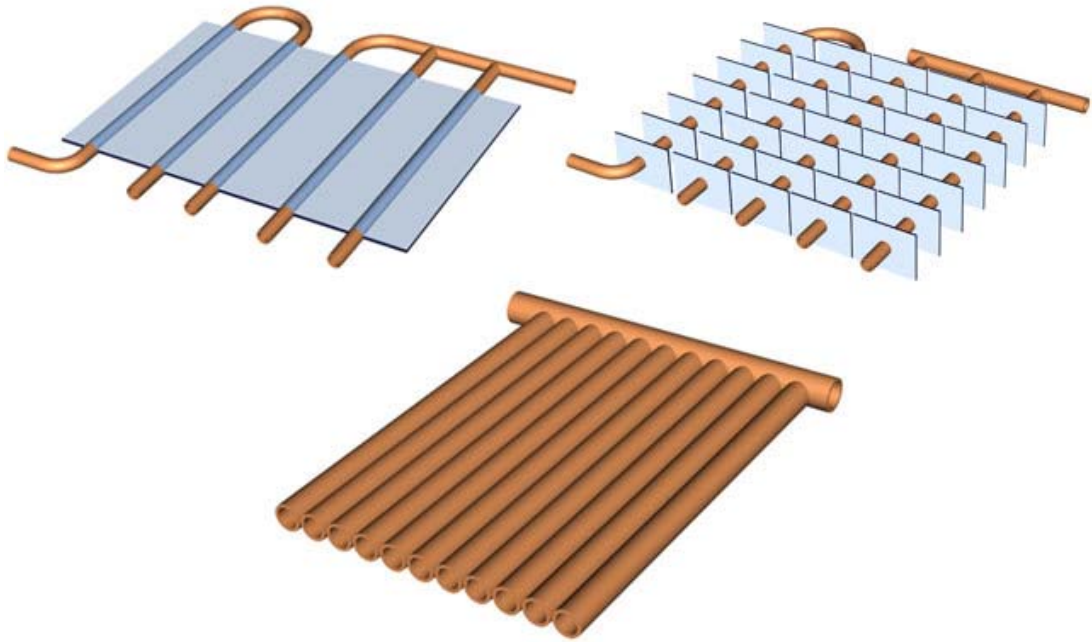
Akışkan Taşıyıcı Borular

Akışkan taşıyıcı borular, güneş kolektöründe toplanan ısıyı akışkan vasıtasıyla dolaştıran ve böylelikle ısının iletilmesini sağlayan elemanlardır. Sıvılı kolektörlerde, akış kanalları emici plakanın tüm yüzeyini kaplamaz. Bu sebeple ısı, emici plakadan iletim yoluyla akış kanallarındaki sıvıya ulaşmak zorundadır. Borular emici plaka üzerine aralıklarla yerleştirilirler. Boruların arasında kalan emici plaka yüzeyleri boruya tutturulmuş kanatlar seklindedir. Isı, bu kanatlardan borulara, borulardan da içlerindeki akışkan sıvıya aktarılır. Yüksek ısıl iletkenliği olan ve korozyondan etkilenmeyen bakır iyi bir emici plaka ve sıvı taşıyıcı boru malzemesidir. Emici plaka üzerindeki boru aralıkları, kanat verimliliğine ve boru maliyetine bağlı bir faktördür. Emici plaka 0,5 mm kalınlığında bakır plakadan yapıldığında, aralarında 15 cm uzaklık bulunan 12,5 mm çapındaki borularla iyi bir termal iletkenlik sağlanabilir. Kanat verimliliği % 97'ye kadar çıkabilir. Bakır plakadan borulara doğru olan ısıl iletkenlik sırasında % 3 kadar ısı kaybı meydana gelir (Acar, 2007).

Optimum kanat uzunluğu çizelgede verilen değerlerden daha küçük olup, borunun kanata bağlanma sekline ve toplam ısı kayıp katsayısına bağlıdır. Şekil 1.15 ve 1.16’da çeşitli boru bağlantı şekilleri gösterilmiştir.



Şekil 1.15. Boru bağlantı şekilleri (Acar, 2007)



Şekil 1.16. Düz kollektör boru-absorber yüzey bağlantıları (Acar, 2007)

Isı Yalıtımı

Kollektörün arkadan olan ısı kayıplarını minimuma indirmek için absorban plaka ile kasa arası uygun bir yalıtım maddesi ile yalıtılmalıdır. Absorban plaka sıcaklığı, kollektörün boş kalması durumunda 150°C'ye kadar ısınması nedeniyle kullanılacak olan yalıtım malzemesinin sıcak yalıtım malzemesi olması gerekmektedir. Isı iletim katsayıları düşük ve soğuk yalıtım malzemesi olarak bilinen poliüretan kökenli yalıtım malzemeleri tek başına kullanılmamalıdır. Bu tür yalıtım malzemeleri, absorban plakaya bakan tarafı sıcak yalıtım malzemesi ile takviye edilerek kullanılmalıdır (Tırıs ve Erdallı, 1997).

Bazı yalıtım malzemelerinin özellikleri Çizelge 1.4'de görülmektedir.

Çizelge 1.4. Çeşitli yalıtım malzemelerinin özellikleri (Yargıcı, 1994)

Yalıtım Malzemesi	Isı İletim Katsayısı (W/mK)	Çalışma Sıcaklığı (°C)	Yoğunluğu (kg/m ³)
Cam Yünü	0,032	250 – 500	15 – 120
Taş Yünü	0,036 – 0,055	650 – 1050	-
Polystrene köpük	0,029	70 – 80	20
Poliüretan köpük	0,023	104	35
PVC	0,035	100 – 130	40–80
Kalsiyum Silikat	0,055	650	-
Perlik	0,048	820	-
İsocyanurate	0,25	121	-
Fenolik Köpük	0,033	135	-
Gözenekli Plastik	0,040	100	-

Dış ortam sıcaklığı ve güneş ısınımı insan kontrolü dışında değişmektedir. Bundan ötürü herhangi bir kollektöre gelen güneş ışınımından mümkün olduğunca yararlanabilmek için bazı önlemler alınması gerekir. Daha çok faydalı enerji sağlayabilmek için, dış ortama ısı kayıplarının azaltılması, kollektör yüzeyinin yutuculuğunun artırılması ve kollektördeki akışkana ısı transferini arttırıcı çalışmaların yapılması gerekmektedir. Yüzeğe gelen ısınımın yutucu kısmının sıcaklığı ne kadar artarsa artsın, dış ortama doğru olan kayıplarının artmaması gerekir. Bunun için de akışkanın hareket ettirilmesi ile hem iç yüzeydeki ısı taşınım katsayısı hem de iç yüzeyle akışkan arasındaki sıcaklık farkı arttırılarak ısı transferi iyileştirilebilir. Dış yüzeyden olan kayıplar ayrıca, dış yüzey ısı transfer katsayısına da bağlıdır. Rüzgârlı havalarda katsayı büyür. Ayrıca bu katsayı yüzey sıcaklığının artması ile de büyür. Bu nedenle, dış yüzeydeki hava hareketlerini azaltmak dolayısıyla ısıl kayıpları azaltmak için ışınımı geçiren bir saydam örtü kullanılır (Uyarel ve Öz, 1987).

Kollektör Kasası

Kollektör kasası olarak alüminyum, paslanmaz çelik, galvanize çelik, plastik ve tahta gibi değişik malzemeler kullanılmaktadır. Kullanılan malzemeye göre, gövde tasarımı değişiklik gösterir. Birçok modül kollektör ekstrüze alüminyum profilden yapılmıştır. Ekstrüze alüminyum profil hafiftir, modül boyutlarında mümkün olan en yüksek esnekliğe sahiptir. Daha karmaşık şekiller profile entegre edilebilir. Maliyetleri de oldukça düşüktür. Galvanize veya paslanmaz çelik uygulamalı gövdelerin kullanımıyla ağırlığı oldukça yüksek kasalar elde edilmektedir (Tırıs ve Erdallı, 1997).

Kasa, yalıtkanın ıslanmasını önleyecek biçimde yapılmalıdır. Özellikle kollektör giriş ve çıkışlarında kasanın tam sızdırmazlığı sağlanmalıdır.

Sıvılı kollektörlerde sızdırmazlığın yüzde yüz sağlanamadığı durumlarda camda yoğunlaşan su buharını dışarıya atmak amacıyla kasanın iki yan kenarına tam karşılıklı ikişer adet 2–3 mm çapında delik açılmalıdır (Tırıs ve Erdallı, 1997).

1.5. Yoğunlaştırıcı (Odaklayıcı) Kollektörler

Güneş ışınlarını, bir noktada ya da bir hat üzerinde yoğunlaştırıcı düzeneklerle yoğunlaştırılmış toplayıcı denir.

Güneş toplayıcılarını kullanılmaktaki maksat, üzerine düşen güneş ışınımının mümkün olduğu kadar büyük bir kısımdan faydalanabilmektir. Bu bakımdan düz toplayıcıların yanında ışınımı yoğunlaştırıcı toplayıcılar önemli bir yer işgal eder (Yamaç, 2005).

Yoğunlaştırılmış toplayıcıların teorik olarak üç sebepten dolayı kullanılması düşünülebilir.

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

Odaklayıcı kollektörlerin fonksiyon itibariyle başlıca iki kısmı vardır:

1. Optik sistem
2. Alıcı.

Optik sistemin işlevi güneş radyasyonunu yoğunlaştırmaktır. Alıcının görevi ise güneş radyasyonunu yutmak ve bunu başka bir enerji şekline dönüştürmektir. Güneş ışınımı yansıtıcı yüzey ile bir noktaya yoğunlaştırıldığı gibi bir doğruya da yoğunlaştırılabilir.

Aynı açıklık alanına gelen güneş ışınımından düz kollektöre nazaran yoğunlaştırıcı kollektörlerden daha fazla miktarda faydalanılabilir. Alıcı yüzeyin küçültülmesi ile ısı kayıpları azaltılabilir. Aynı zamanda küçülen yüzey üzerinde toplam ısı geçiş katsayısını da küçültecek önlemler alınması daha kolay ve ucuz olur. Sıcaklığın, dolayısıyla çevre ile sıcaklık farkının artması ısı kaybının artmasına sebep olursa da aynı sıcaklıktaki toplayıcılar için alıcı yüzeyin ve bilhassa toplam ısı geçiş

katsayısının küçülmesi ile toplayıcı verimi bakımından diğer kayıplar (gölge, iyi takip edememe, yansıtılan ışınların alıcı yüzey üzerine düşmemesi, .. vs) yüzünden de verim azalır. Bu yüzden yoğunlaştıran kollektörlerde vakum borulu alıcılar kullanılır (Yargıcı, 1994).

Yoğunlaştırıcı tip toplayıcılarla ilgili birçok tasarım yapılmıştır. Yoğunlaştırıcı yansıtıcı, dairesel veya oluk şeklinde yansıtıcı, sürekli veya parçalı toplayıcılar kullanan tasarımlar vardır. Toplayıcı şekilleri düz, içbükey, silindirik, dışbükey olabilir. Toplayıcı yüzeyleri örtü malzemesi ile kaplanmış veya kaplanmamış olabilir. Optik kalitenin iyileştirilmesi ve optik konumlandırma sistemlerinin kullanılması ile bu toplayıcılardaki sıcaklıklar ve yoğunlaştırma oranları artırılır. Geleneksel yoğunlaştırıcı tip toplayıcılar güneşi takip etmelidirler. Güneşin hareketini takip edebilmek için kullanılan iki yöntem vardır.

Bunlardan birincisi güneşi hem enlem hem de boylam yönlerinde takip edebilme özelliği olan bir cihazla çalışan altazimuth sistemdir. Düz plaka tipi güneş toplayıcıları genellikle bu yöntemi kullanmaktadırlar.

İkinci yöntem ise toplayıcının güneşi bir eksen üzerinde takip etmesidir. Bu eksenler doğu-batı veya kuzey-güney'dir. Parabolik oluk tip toplayıcılar genelde bu yöntemi kullanılırlar. Bu sistemin kullanımında güneşin düzgün takip edilmesi için güneşin gökyüzündeki hareketi hakkında düzenli ve kesin veriler gereklidir.

Yoğunlaştırıcı toplayıcılar düşük yoğunlaştırma oranlarına sahip değillerse yalnızca direk ısınım için kullanılabilirler. Çünkü bu toplayıcıların birçok tipi dağınık ışınımı yoğunlaştıramamaktadır. Böylece bulutlu havalarda yoğunlaştırıcı toplayıcılar düz panel tip toplayıcılara oranla, birim toplayıcı açıklığından emilen ısınım miktarı olarak daha verimli olacaklardır. Yoğunlaştırıcı toplayıcılar aşağıdaki gibi gruplandırılabilir.

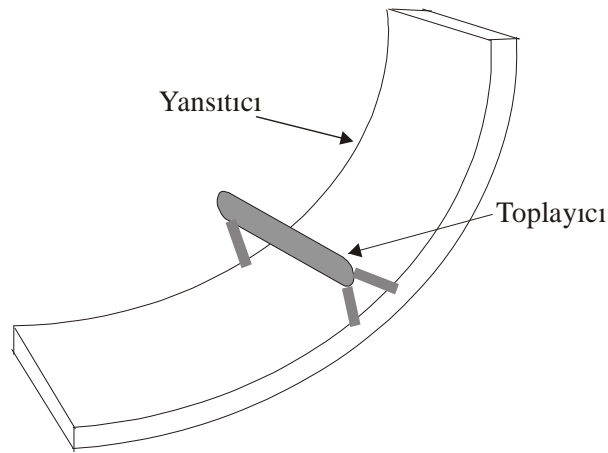
1. Parabolik Oluk Tip Toplayıcılar
2. Doğrusal Frensel Yansıtıcılar

3. Parabolik anak Tip Toplayıcılar
4. Merkezi Toplayıcılar

1.5.1.Parabolik Oluk Toplayıcılar

Parabolik toplayıcılar yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanılan ve güneş enerjisini belirli bir merkeze yoğunlaştırma yapan ısı sistemlerdir (Şekil 1.17). Yoğunlaştırıcı sistemlerle direkt güneş ışınımından yararlanarak yüksek sıcaklıkta buhar üretilebilmekte ve elektrik üretiminde veya yüksek sıcaklık ihtiyacı duyulan sistemlerde kullanılabilir. Yoğunlaştırıcı ısı sistemlerin en yaygını silindirik parabolik oluk toplayıcılarıdır. Bu toplayıcılarda 400 °C sıcaklıklara kadar buhar elde edilebilmektedir. Kesiti parabolik olan toplayıcıların iç kısmındaki yansıtıcı yüzeyler, güneş ışınlarını odakta yer alan siyah bir yutucu boruya veya borulara odaklanır. Yutucu boruda dolaştırılan sıvıda toplanan ısı ile elde edilen buhardan elektrik üretilir. Sistem doğu-batı, kuzey-güney ve polar ekseninde yerleştirilebilmekle beraber, güneşi doğu-batı veya kuzey-güney yönünde tek ekseninde takip etmektedir (Çetiner ve Bulut, 2005).

Şekil 1.18 ve 1.19’da çeşitli şekillerde dizayn edilmiş parabolik oluk tip toplayıcı sistemleri görülmektedir.



Şekil 1.17. Çizgi odaklamalı yoğunlaştırma (Çetiner ve Bulut, 2005)



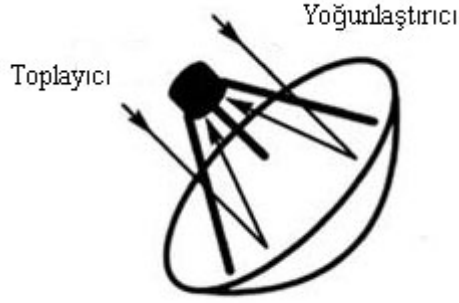
Şekil 1.18. Parabolik oluk tip toplayıcı (EİE, 2009)



Şekil 1.19. Parabolik oluk tip toplayıcı sistemi (Anonim, 2009)

1.5.2. Parabolik Çanak Güneş Kolektörleri

Diğer bir tür yoğunlaştırıcı sistem olan parabolik çanak sistemler, iki eksende güneşi takip ederek, güneş ışınlarını odaklama bölgesine yoğunlaştırırlar (Şekil 1.20).



Şekil 1.20. Nokta odaklamalı yoğunlaştırma (paraboloid) (Çetiner ve Bulut, 2005)

Parabolik çanak kolektörler, yüzeylerine gelen güneş radyasyonunu noktasal olarak odaklarında yoğunlaştırırlar. Gelen güneş enerjisi aynalar vasıtası ile odaktaki Stirling motoru üzerine yoğunlaştırılır. Stirling motoru ısı enerjisini elektrik jeneratörü için gerekli mekanik enerjiye dönüştürür. Parabolik çanak kolektörler küçük modüllerden oluştuğu için, enerji ihtiyacı duyulan yerlerin yakınında ve ihtiyaç duyulan kapasitede tesis edilebilirler. Çoğunlukla diğer yöntemlerle elektrik üreten santrallere destek amacıyla ve maden ocakları, radar istasyonları ya da uzak köylerin elektrik ihtiyacının karşılanmasında kullanılır. Günümüzde henüz ekonomik olmayan parabolik çanak kolektörlü sistemlerin araştırma ve geliştirme çalışmaları sürdürülmektedir (Çetiner ve Bulut, 2005).

Şekil 1.21 ve 1.22’de parabolik çanak güneş kolektörleri gösterilmektedir.



Şekil 1.21.Parabolik çanak güneş kolektörü (Anonim, 2005)

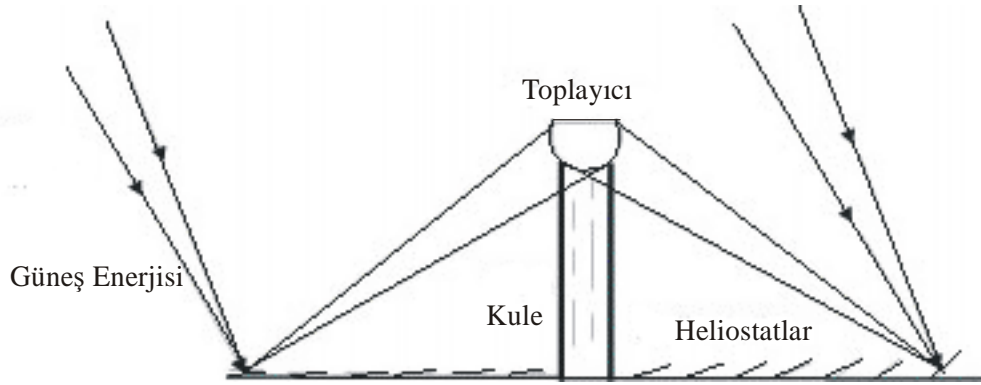


Şekil 1.22.Parabolik çanak güneş kolektörü (EİE, 2009)

1.5.3. Merkezi Toplayıcılar

Tek tek odaklama yapan ve heliostat adı verilen aynalardan oluşan bir alan, güneş enerjisini, alıcı denen bir kule üzerine monte edilmiş ısı eşanjörüne yansıtır ve yoğunlaştırır (Şekil 1.23). Alıcıda bulunan ve içinden akışkan geçen boru yumağı, güneş enerjisini üç boyutta hacimsel olarak absorbe eder. Bu sıvı, Rankine makineye pompalanarak elektrik üretilir. Bu sistemlerde ısı aktarım akışkanı olarak hava da kullanılabilir, bu durumda sıcaklık 800°C'ye çıkar. Heliostatlar bilgisayar tarafından sürekli kontrol edilerek, alıcının sürekli güneş alması sağlanır. Bu sistemlerin kapasite ve sıcaklıkları, sanayi ile kıyaslanabilir düzeyde olup Ar-Ge çalışmaları devam etmektedir (Anonim, 2009).

Şekil 1.24'de merkezi tip toplayıcı gösterilmektedir.



Şekil 1.23. Heliostat aynalarla gelen güneş ışınlarının odaklanması
(Çetiner ve Bulut, 2005)



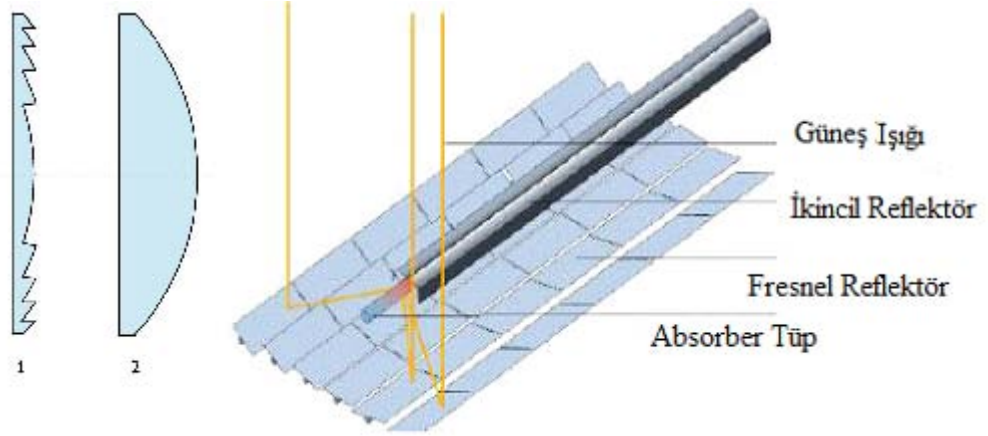
Şekil 1.24. Merkezi tip toplayıcı (EİE, 2009)

1.5.4. Fresnel Tip Güneş Kolektörleri

Tek boyutlu parabolik bir yapıya eşdeğer şekilde, düzlemsel aynalar kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 1.25).

Aynaların odak noktası boyunca yine bir ısı toplama borusu yerleştirilmiştir. Parabolün güneşi takip edebilmesi için gerekli destek yapısı ve yataklama elemanları da mevcuttur (Anonim, 2009).

Şekil 1.26’da Fresnel tip güneş kolektörü uygulaması görülmektedir.



Şekil 1.25. Fresnel tip güneş kolektörü (Anonim, 2009)



Şekil 1.26. Fresnel tip güneş kolektörü uygulama görüntüsü (Anonim, 2009)

1.5.6. Yoğunlaştırıcı Toplayıcı Sistemlerin Karşılaştırılması

A. Teknik / Teknolojik Karşılaştırma

Parabolik çanak güneş kolektörleri:

- İki eksenle takip ve noktasal yoğunlaştırma yapıldığından verimleri yüksektir.
- Takip sistemi pahalı ve karmaşıktır.
- Büyük boyutlarda gerçekleştirilemez.
- Genellikle bir stirling motoru ile birlikte kullanılmaktadır ancak stirling motorlarının teknolojisi yaygın değildir.
- Kolektörü taşıyan destek yapısı büyük ve hantaldır.

Güneş kuleleri:

- İki eksenle takip ve noktasal yoğunlaştırma yapıldığından verimleri yüksektir.
- Takip sistemi pahalı ve karmaşıktır.
- Küçük boyutlarda gerçekleştirilemez.
- Heliostatları taşıyan destek yapısı büyük ve hantaldır.

Parabolik oluk tipi güneş kolektörleri:

- Tek eksenle takip ve çizgisel yoğunlaştırma yapıldığından verimleri düşüktür.
- Takip sistemi ucuz ve basittir.
- Küçük veya büyük tüm uygulamalarda kullanılabilir.
- Kullanılan ısı toplama borusu ve aynaların imalatı özel teknolojiler gerektirmektedir.

Fresnel tipi güneş kolektörleri:

- Tek eksenle takip ve çizgisel yoğunlaştırma yapıldığından verimleri düşüktür.
- Takip sistemi ucuz ve çok basittir.
- Küçük veya büyük tüm uygulamalarda kullanılabilir.
- Yapısında özel teknoloji gerektiren herhangi bir eleman bulunmamaktadır.

B. Ekonomik Karşılaştırma

Parabolik Çanak Güneş Kolektörleri: Kullanılan teknolojilerin yaygın olmaması, başka endüstriler için geliştirilmiş malzeme ve cihazların kullanılmaması ve büyük kapasitede uygulama olanağının bulunmaması nedenleriyle birim maliyeti en yüksek sistemdir.

Güneş Kuleleri: Isı toplaması amacıyla kullanılan kule ve aynalardan oluşan heliostatların hantal yapısı nedeniyle pahalı bir sistemdir.

Parabolik Oluk Tipi Güneş Kolektörleri: Isı toplama borusu ve aynaların özel teknoloji gerektirmesi maliyetlerini yükseltmektedir.

Fresnel Tipi Güneş Kolektörleri: Hiçbir özel teknoloji gerektiren parçasının olmaması ve basit / sade yapısı nedeniyle tüm sistemler içerisinde birim maliyeti en düşük sistemdir.

C. Uygulama İhtiyaçlarına Göre Karşılaştırma

Parabolik Çanak Güneş Kolektörleri: Sistemin yapısı itibariyle sadece elektrik üretimi amacıyla kullanıma uygundur.

Güneş Kuleleri: Tüm uygulamalar elektrik üretimi amaçlı olmakla birlikte, çok yüksek sıcaklıkta proses ısısı elde etme amacıyla kullanımı da mümkündür.

Parabolik Oluk Tipi Güneş Kolektörleri: Elektrik veya orta-yüksek sıcaklıkta proses ısısı elde etmek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır.

Fresnel Tipi Güneş Kolektörleri: Parabolik oluk tipi kolektörün zayıf noktalarının geliştirilmesi amacıyla alternatif olarak geliştirilmiştir. Elektrik veya orta-yüksek sıcaklıkta proses ısısı elde etmek amacıyla kullanılabilir.

D. Alan Kullanımı Açısından Karşılaştırma

Parabolik Çanak Güneş Kolektörleri: Sistemin kurulduğu alanın yaklaşık olarak ayna alanının 1–2 katı kadar olması gerekmektedir. Bu ünitelerin yan yana sıralar halinde kullanılması durumunda gereken alan ise aktif ayna alanının yaklaşık 8–10 katıdır.

Güneş Kuleleri: Aktif ayna alanının yaklaşık 10 katı bir alana ihtiyaç duyulmaktadır.

Parabolik Oluk Tip Güneş Kolektörleri: Aynaların birbirini gölgelememesi için ayna dizileri arasında belirli miktarda boşluk bırakmak gerektiğinden, aktif ayna alanının en az 3 katı yerleşim alanına ihtiyaç vardır.

Fresnel Tipi Güneş Kolektörleri: Aktif ayna alanının 1.1–1.2 katı bir yerleşim alanı yeterli olmaktadır.

E. İşletme Kolaylığı Açısından Karşılaştırma

Parabolik Çanak Güneş Kolektörleri: Sistemin tüm yapı elemanları özel teknoloji ile üretilmektedir. Kullanıcı seviyesinde yapılabilecek tek bakım ayna temizliğidir. Arıza durumunda orijinal yedek parça temini ve dış kaynaklı işçilik gerekmektedir.

Güneş Kuleleri: Büyük oranda lokal malzeme ve işçilik kullanımı mümkündür. Bu nedenle işletme ve onarımı nispeten daha sorunsuzdur.

Parabolik Oluk Tipi Güneş Kolektörleri: Sistemin en önemli iki elemanı –ısı toplama borusu ve aynalar –özel teknolojiler ile üretilmektedir. Arıza durumunda orijinal yedek parça temini ve bazen dış kaynaklı işçilik gerekmektedir.

Fresnel Tipi Güneş Kolektörleri: Sistemin tamamı yerel malzeme ve işçilik ile üretilebilmektedir. Yapısı basit olduğundan standart bakım ekibi ile her türlü bakım ve onarımı yapılabilmektedir.

Karşılaştırmaların Değerlendirilmesi

Parabolik Çanak Güneş Kolektörleri: Sistemin maliyetleri göz önüne alındığında, elektrik şebekesinden uzak bölgelerde şantiye vb. Hareketli ortamlarda elektrik enerjisi temininde kullanımı düşünülebilir. Tamamı ülkemizde geliştirilmesi durumunda 1–2 kW'lık sistemler müstakil konutların elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanması amacıyla kullanılabilir (Anonim, 2009).

Güneş Kuleleri: Ülkemiz şartlarında kullanımı hem ekonomik olarak, hem de coğrafik alan itibarıyla kısıtlıdır. Büyük ölçekli uygulama için Orta Anadolu coğrafyası uygundur.

Parabolik Oluk Tipi Güneş Kolektörleri: Proses ısısı veya elektrik temini amacıyla kullanılabilir. Kritik malzemelerinin yurtdışından temini gerekmektedir.

Fresnel Tipi Güneş Kolektörleri: Parabolik oluk sisteminin kullanıldığı her yerde kullanılabilir. Maliyetleri daha düşük olup, tamamı yerli kaynaklarla üretilebilir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Zinian ve arkadaşları vakum tüplü kollektör ile düzlem ve yarı silindirik absorberin optik performanslarını karşılaştırmışlardır. Yapılan çalışmada düzlem ve yarı silindirik yutuculu vakum kollektör tüpleri için ışık kaynağı olarak bir güneş similatörü kullanılmıştır. Yüzeyi cam kaplı tüpteki yutucu yüzey üzerinde değişik noktalarda ve değişik açılarda güneş ışınımının dağılımı ayrı ayrı ölçülmüştür. Yüzey kaplaması yapılarak güneş emilimin ve güneş ışınım oranı deneysel olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak yıllık, bir yarı silindirik vakum tüplü kollektör enerji emilimi, düzlem yüzeyli tüpten % 15,9 daha yüksek olduğunu ortaya koymuşlardır(Zinian and all, 1996).

Yueyan ve Yang Xisoji vakumlu güneş kollektör tüplerine seçici yutucu yüzey çalışması yapmışlardır (Yueyan and Yang Xisoji, 1998).

I. Ferkas, düzlem tip güneş kolektörünü sinir ağı olarak modellemiştir. Çalışmada düzlem güneş kollektörü modeline farklı yaklaşımlarla analiz yapılmıştır. Fiziksel olarak temel model, ısı sinir ağı model ve (H-V) model karşılaştırılmıştır (Ferkas, 2003).

L.J.Shah ve S.Furbo çift camlı vakum tüplü paralel bağlı bir portatif kollektörün teoriksel ve deneysel incelemesini yapmışlardır. Deneyde kullanılan kollektör, borulu yutucudur. Kollektörün performansı açık havada test edilip ölçülmüştür. Yapılan deneyde yüksek ısı performans elde edilmiş ayrıca tüp çapı 0,2 m ve kollektör azimut açısı 45°-60° arası batıya doğru olması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır (Shah and Furbo, 2003).

F. Asilzadeh ve arkadaşları; vakum tüplü güneşli LiBr soğutma sisteminin optimizasyon ve simülasyonunu yapmışlardır. LiBr emici ünite ve vakum tüplü bu sistem Malezya 'da dizayn edilmiştir. Güneş enerjili soğutma sistemi TRNYS programı kullanılarak yapılmıştır. Yapılan hesaplara göre Malezya için optimum

sistemin tasarımında 3,5 KW için 35m² vakum tüplü güneş kolektör alanı ve 20° eğim gerekmektedir(Asilzadeh and all, 2004)

S.D.Sherma ve arkadaşları faz değiştiricili vakum tüplü güneş kolektörlü portatif bir güneşli pişiricinin ısı performansını incelemişlerdir. Güneş enerjisi, güneş ışığı saatleri süresince faz değiştirici malzemelerde depolanmış ve gece pişirme için kullanılmıştır. Öğleyin ve akşam pişirme deneyleri farklı yük ve farklı yük zamanlarında yapılmıştır. Pişirme deneyleri ve PCM depolaması eş zamanlı olarak yapılmıştır. Sonuç olarak öğleyin yapılan pişirmeler akşam yapılan pişirmeyi etkilemediği ve akşam pişirme süresinin öğlen pişirme süresinden daha hızlı olduğu görölmüştür (Sherma and all, 2004).

Runshang Tang ve arkadaşları bütün vakum güneş kolektör tüpleri testindeki ısı kayıp katsayısındaki belirsizliği değerlendirmişlerdir. Yapılan çalışmada ısı kayıp katsayısı (U_L)’deki belirsizliğin ana sebebinin test yönteminin uygunsuzluğu olduğunu ortaya koymuşlardır. Buna ilaveten, sıcaklık sensörlerinin ölçüm hatası da (U_L)’nin belirsizliğine katkıda bulunduğu aynı çalışmada açıklanmıştır(Runshang Tang and all, 2005).

G.N. Tiwari ve arkadaşları, aktif bir güneş damıtma sisteminin ısı performans değerlerini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada 0,05 m. su derinliği için, saatlik verim, saatlik ekserji verimi ve saatlik aktif güneş damıtıcısının ısı verimi ölçölmüştür. Bütün nümerik hesaplamalar 7 Aralık 2005’ de Yeni Delhi’de yapılmıştır. Sonuç olarak ısı borulu vakum kolektör ile birleştirilen aktif güneş damıtmasında toplam günlük verim hesap edilmiştir (Tiwari and all, 2005).

Z.T.Yu ve arkadaşları tarafından yeni bir güneş kolektörü dizayn edilmiştir. Çalışmada, bu yeni kolektörü, gözenekli ısı borulu güneş kolektörü olarak tanıtmışlardır. Yaptıkları deneydeki sonuçları vakum tüplü güneş kolektörünün ısı performansı ile karşılaştırmışlardır. Yeni kolektördeki ısı kaybı vakum tüplü güneş kolektöründen % 54 daha az, günlük ortalama güneş emilimi ise %15 daha fazla olduğunu ortaya koymuşlardır (Yu and all, 2005).

Bofeng Lee, yaptığı çalışmada vakumlu kollektörde seçici yüzey kaplaması olarak tungsten ve alüminyum nitrit bileşimli madde kullanarak deneyler yapmışlardır. Bu deney sonucu, daha az bir maliyetle üstün ısıl performanslı ısıl elektrik uygulamaları için kollektör tüpleri üretiminin mümkün olacağı sonucunu ortaya koymuştur (Lee, 2005).

Yeng Kim ve Teebeom Seo bir cam vakum tüplü güneş kolektörünün ısıl performansını sayısal ve deneysel olarak incelemişlerdir. Bu çalışmada iki katmanlı cam tüp ve yutucu tüp düşünülmüştür. Çalışma akışkanı havadır. Cam tüpün uzunluğu 1200 mm ve çapı 37 mm olarak seçilmiştir. Yutucu tüp için 4 farklı şekil düşünülmüştür. Güneş kollektörü için en iyi yutucu tüp şekli bulunmaya çalışılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda yutucu yüzeyin şeklinin güneş kolektörünün performansını etkilediği görülmüştür (Kim and Seo, 2006).

X.R.Zhang ve H. Yemaguchi isimli araştırmacılar vakum tüplü güneş kolektörlerinde CO_2 gazı kullanımını araştırmışlardır. Yaptıkları deneyde kollektör karakteristiklerini, CO_2 basınç ve sıcaklığını, CO_2 akış oranını ve kollektör performansını ölçmüşlerdir. Sonucunda ise güneş radyasyonu ile CO_2 gazının, sıcaklık, basınç ve akış oranının yükseldiği görülmüştür (Zhang and Yemaguchi, 2006).

A.I.Anarbaev ve arkadaşları, Özbekistan şartlarında çeşitli ısıtma sistemi ve birkaç tip güneş kolektörünün çalışmalarını karşılaştırmışlardır (Anarbaev ve arkadaşları, 2006).

M.Li ve L.L. Weng, çalışma akışkanı olarak suyun kullanıldığı iki vakumlu güneş kollektör tipini kullanmışlardır. Deneyde çalışma akışkanı olarak ilk önce su kullanılmış ve ısıl verim % 70-80 civarında kaydedilmiştir (Li and Weng, 2006).

Indra Budihardjo ve arkadaşları vakum tüplü güneş kollektöründeki suyun doğal sirkülasyon akışını incelemişlerdir. Akış oranını, kollektöre gelen güneş ışınımı, tank

sıcaklığı, kollektör eğimi ve t p y n  ile iliŐkilendirmiŐlerdir (Budihardjo and arkadaşları, 2006).

K.H.Yeung ve K.Sumath, absorpsiyonlu ısıtma ve soğutma sisteminin termodinamik optimizasyon ve analizini yapmışlardır. Çalışmada karbon fiber ve metanol ile çalışan bir buz üretim sistemini incelemişlerdir (Yeung and Sumath, 2006).

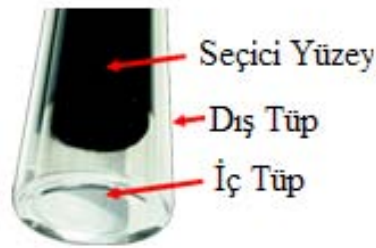
G.L.Morrison ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada, vakum tüplü güneşli su ısıtıcılarının düşük üretim maliyeti ve kolaylığı sayesinde diğer güneşli su ısıtıcılarından daha baŐarılı olduğunu ortaya koymuşlardır. Sayısal simülasyonlar, tüpün ucundaki kapalı yerde  l  bölgenin varlığının, kollektörün performansını etkileyebileceği sonucunu ortaya çıkarmıŐtır (Morrison and all, 2006).

3.MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Vakum Borulu Güneş Kollektörleri

Güneşten gelen ışık enerjisini ısı enerjisine çeviren ve bu ısı enerjisini maksimum düzeyde muhafaza eden iç içe geçmiş iki silindirik tüp şeklinde borosilikat camdan oluşmuş kollektördür. Vakum tüpün içerisindeki ısıyı kaybetmeme mantığı, hava yoluyla oluşan ısı transferini (konveksiyon) ortadan kaldırmaktır. Çift cam pencere ve termosların ısı yalıtım mantığıyla aynıdır.

Vakum borulu toplayıcının dışında cam boru veya cam plaka ve bunun içinde eş-eksenel durumda siyah renkli cam ya da madeni boru vardır (Şekil 3.1). Dıştaki saydam cam boru veya cam plaka güneş ışınlarının iç boruya gelmesine olanak sağlar. İç boru siyah yüzeyi aracılığıyla, yutucu levha ışınları toplar ve kendi içinden geçen suyu ısıtır. Enerji alan su, ısıtılması istenen yerlere sevk edilerek kullanma suyu olarak ya da ısıtma tesisatında kullanılır. İç ve dıştaki boru veya cam plaka ve boru arasındaki hava boşaltıldığından taşınım kayıpları azalmıştır. İç borunun içinden su yerine hava geçirilirse sıcak hava elde edilir ve sıcak hava ısıtma tesisatlarında kullanılır (Yargıcı,1994).

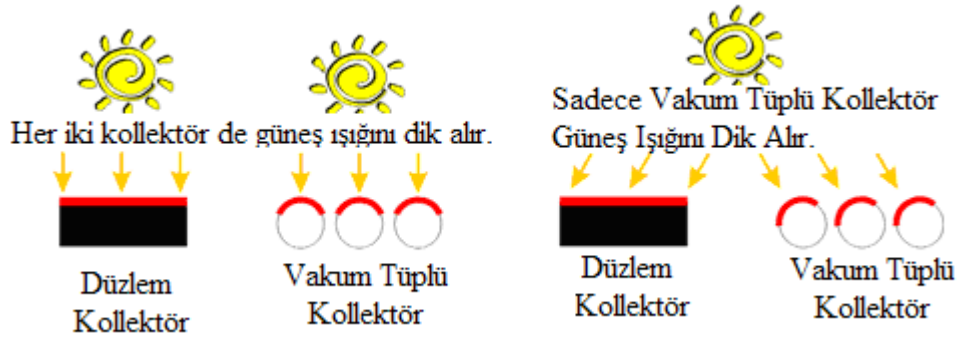


Şekil 3.1. Vakum borulu kollektör cam tüp kesiti (Anonim, 2009)

Düz toplayıcıların cam örtüsünde taşınım yoluyla büyük kayıplar olmaktadır. Vakum borulu kollektörlerin dışındaki saydam cam boru ile içindeki yutucu arasında vakum yaratılarak taşınım kayıpları azaltılmıştır.

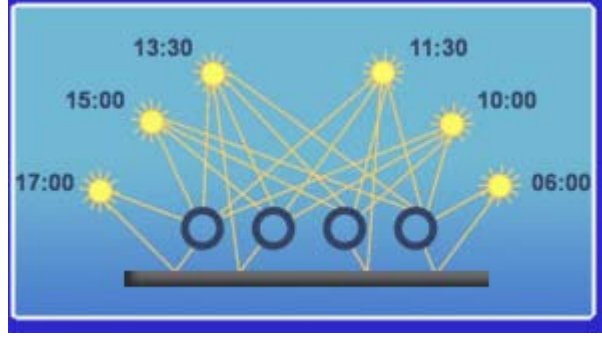
Vakum borulu toplayıcının verimi düz toplayıcıya göre fazla olmakla beraber cam kırılması ve dış borular arasındaki kar birikiminden dolayı toplayıcının örtülmesi gibi sakıncaları vardır. Bu sistemde 120- 150°C gibi sıcaklıklar elde etmek mümkündür.

Sistem yüzeyleri arasında tamamıyla havasının boşaltılması veya tamamen havasını boşaltmadan vakumsuz olması ve yüksek molekül ağırlıklı asal gazların doldurulması ile sızdırmazlık sağlanarak performansı artırılabilir. Silindirik boru şeklindeki kollektörler, doğal olarak yüksek sıkıştırma direncine karşı mukavemetlidir (Anonim, 2007).



Şekil 3.2. Güneş ışınlarının düz kollektör ve vakum tüpe geliş görünüşleri
(Anonim, 2009)

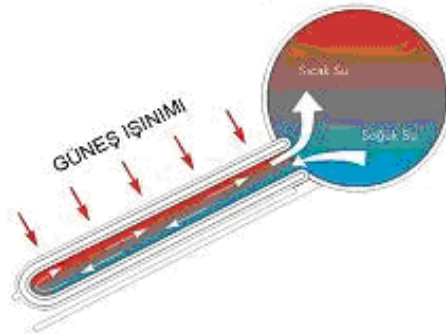
Vakum tüp silindirik şekli dolayısıyla gün boyu güneş ışınlarını dik olarak alır. Bu sayede güneş ışınlarının büyük bir kısmını emerek ısıya çevirebilir. Böylece su sıcaklığı yaz aylarında 95 °C, kış aylarında 55 °C sıcaklıklara çıkabilmektedir. İki tüp arasında bulunan hava vakumla alındığından çift cam pencere ve termos mantığıyla ısı yalıtımı sağlar (Şekil 3.2 ve Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Vakum tüplü kolektöre, saatlere göre güneş ışınımı geliş görüntüsü (Anonim, 2009)

Gölgeli ve hatta $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ dereceye varan sert hava koşullarında dahi su sıcaklığını artırmaya devam eder. Klasik güneş enerjilerinde ısı kaybı geceleri havanın soğumasıyla birlikte düzlem kolektörlerin cam yüzeylerinden ve yetersiz cam yünü ısı yalıtım malzemesi kullanılması nedeniyle depo cidarından gerçekleşir. Camyünü izolasyon, yağmurlu havalarda su yalıtımı iyi yapılmamış olan depo cidarından içeri sızan suyu emerek kısa zamanda çürür. Camyününün çürümesi demek depoların ısı yalıtım özelliğini kaybetmesi demektir (Yargıcı, 1994).

Vakum tüplü sistemlerde kullanım suyu cam dışında herhangi bir metale temas etmeksizin ısınır ve dolayısıyla hijyeniktir. Vakum tüpün yukarıda belirtilen üstün özellikleri yanı sıra su deposunun termosifon kalitesinde poliüretan izolasyonu sayesinde, diğer klasik düzlem kolektörlerden farklı olarak, geceleri kolektörden olan ısı kaybı minimuma iner ve elde ettiği ısıyı maksimum düzeyde günlerce muhafaza edebilir. Şekil 3.4’de vakum tüpün çalışma prensibi görülmektedir.

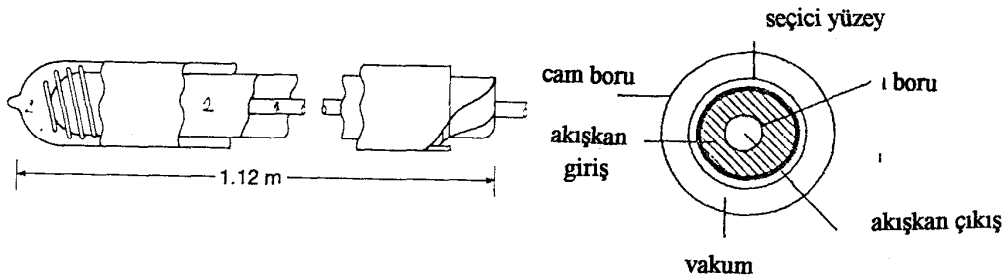


Şekil 3.4. Vakum tüpün çalışma prensibi (Anonim, 2009)

Çeşitli tipte vakum borulu alıcılar imal edilmiştir. Bunlar Owens – İllionis, General Electric tip ve Philips tipi vakum borulu kollektörlerdir.

3.1.1. Owens-İllionis Tipi Vakumlu Güneş Kollektör Sistemi

Düz toplayıcıların cam örtüsünden, taşınım yoluyla büyük kayıplar olur. Vakum borulu toplayıcının dışındaki saydam cam boru ile içindeki siyah boyalı boru arasında vakum yaratarak taşınım kayıpları azaltılmıştır. Bu nedenle vakum borulu toplayıcıların verimi düz toplayıcıdan daha yüksektir. Vakum borulu toplayıcılar, sıcak su elde etmekte, endüstriyel işlemlerde, bina ısıtılmasında ve soğutulmasında kullanılır. Şekil 3.5’de görülen Owens Illinois tipi vakum borulu toplayıcı, eş aksenel durumda iç içe geçmiş üç borudan oluşur. Dış ve orta boru arasında vakum vardır. Sıvı orta boruya girer, ısınır ve iç borudan çıkar. Vakum borulu toplayıcının içinde su, bazen hava dolaştırılır (Yargıcı, 1994).



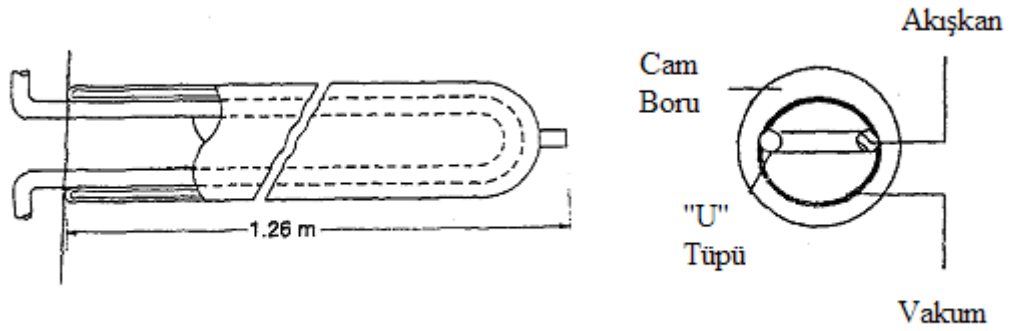
Şekil 3.5. Owens- Illinois tipi vakumlu güneş kollektörü (Yargıcı, 1994)

Boruları birbirine değecek şekilde yerleştirip fazla toplayıcı yüzey sağlamak mümkün olmakla beraber, boruları aralıklı dizerek alt tarafa yansıtıcı yüzey koymanın daha verimli olduğu anlaşılmıştır. İki boru arasında bir boru çapı kadar

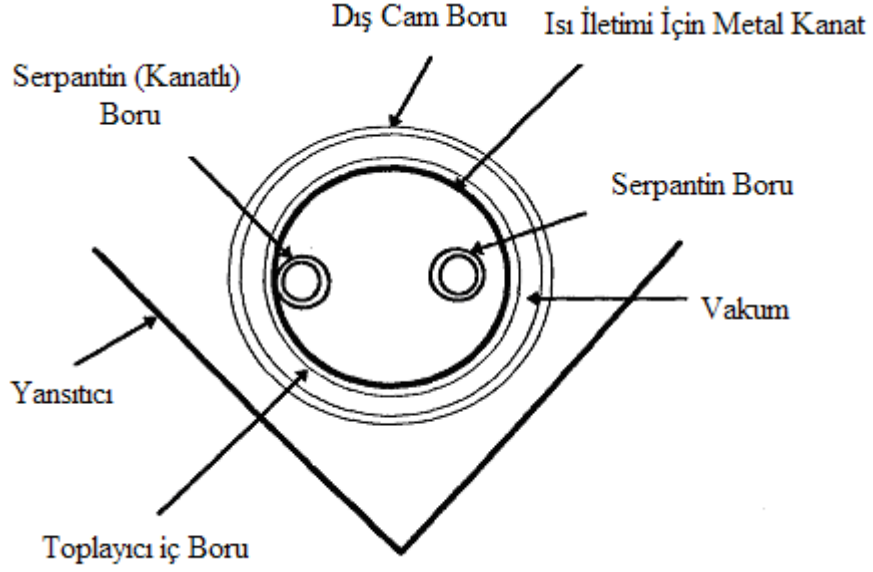
boşluk bırakarak arkaya yansıtıcı yüzey yerleştirilir. Yansıtıcı yüzeyler, ayna, paslanmaz çelik, alüminyum olabileceği gibi beyaz boyada kullanılabilir. Sonuncu çözümün daha ekonomik olduğu anlaşılmaktadır.

3.1.2. General Electric Tipi Vakumlu Güneş Kollektör Sistemi

Şekil 3.6' de ki vakum borulu toplayıcının dış borusu saydam camdır. Toplayıcı iç boruya tam temas eden bir metal kanat bulunmaktadır. Dış boru ile toplayıcı iç borunun arasındaki vakum sayesinde taşınım kayıpları önlenir. Toplayıcı iç borunun dış kısmında seçici yüzey katmanı bulunur. Metal kanat "U" şeklindeki serpantin borularla tam temas halindedir. Serpantinin içinden, ısınan su devredilir. Güneş ışınları dış borudan geçerek iç borunun üstündeki seçici yüzey tarafından yutulur. Burada toplanan enerji, metal kanat aracılığı ile serpantin borusuna aktarılır. Ve sonuç olarak boru içindeki sıvı ısınır. Vakum borulu toplayıcının arkasındaki V şeklindeki ışın yansıtıcı sayesinde borunun alt tarafındaki seçici yüzeyde enerji toplanır (Şekil 3.7) (Yargıcı, 1994).



Şekil 3.6. General electric tip vakum borulu kolektör (Yargıcı, 1994)



Şekil 3.7. V yansıtıcılı general electric tip vakum borulu kollektör (Yargıcı, 1994)

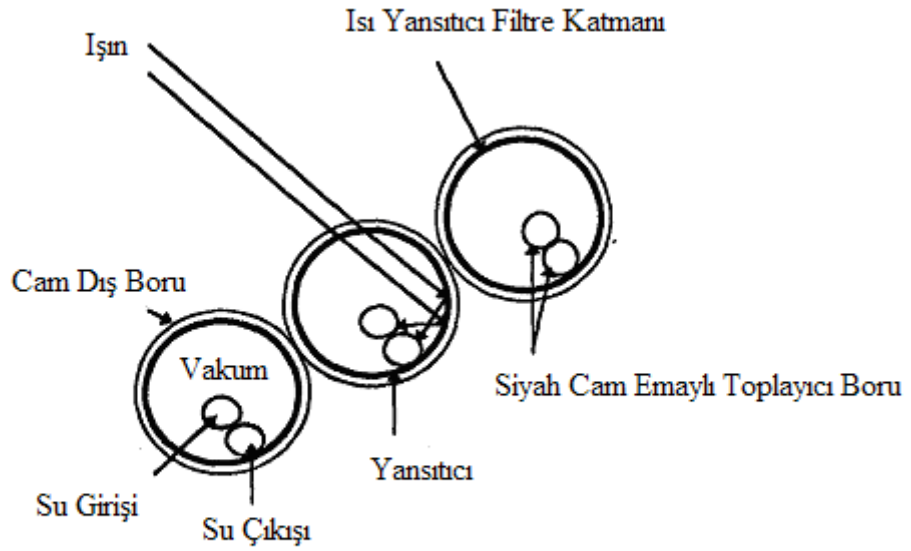
3.1.3. Philips Tipi Vakumlu Güneş Kollektör Sistemi

Şekil 3.8’de görülen Philips tipi toplayıcıda saydam olan dış borunun üst kısmı ışınları geçirir. Ayrıca alt kesite uygulanan bir katmanla, bu kısım yansıtıcı haline getirilmiştir.

Borunun içinde vakum bulunmaktadır. Dış borunun üst yarısına ısı yansıtıcı filtre katmanı uygulanmaktadır. Bu katman güneş ışınlarını geçirir. Fakat toplayıcı borular ısınıp uzun dalga geri ışınım yaymaya başladığında bu ışınlar filtreden geçemez. Çünkü filtre katmanı uzun dalga ışınlarına karşı tam engel oluşturur (Yargıcı, 1994).

Cam dış borunun içinde serpantin şeklinde toplayıcı borular mevcuttur. Bu boruların üzerinde siyah katman vardır. Bunların içinden geçen sıvı ısınır. Güneş ışınları dış cam borudan geçtikten sonra doğrudan serpantin borular üstüne geldiği gibi aynı zamanda alttaki yansıtıcıdan da yansyarak toplayıcı boruları ısıtır. Genellikle vakum borulu toplayıcıların montajı kolaydır. Sızdırmazlıkla ilgili sorunlar, seri üretim yöntemi ile çözülmüştür. Vakum borulu toplayıcılardan yüksek verim sağlandığı gerçektir. Aynı zamanda elde edilen yüksek sıcaklıklar, doğrudan buhar üretilmesi mümkün kılacak seviyededir.

Buna karşın cam kırılması bazı hallerde sistemi çalışmaz hale getirmektedir. Borular arasına biriken kar örtüsü toplayıcının çalışmasını engelleyebilir. Bütün bu sakıncalara rağmen vakum borulu toplayıcılar güneş enerjisi dalında çok olumlu bir aşamadır (Yargıcı, 1994).

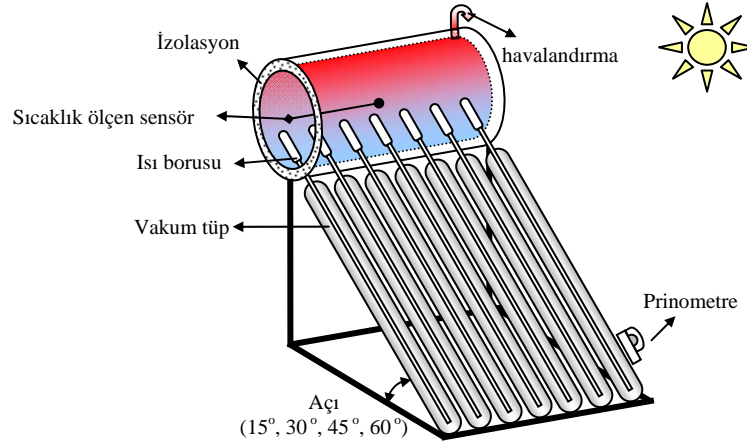


Şekil 3.8. Philips tipi toplayıcı (Yargıcı, 1994)

Yapılan bu çalışmada, vakum tüplü güneş kolektörü, hem deneysel olarak hem de teorik olarak incelenmiş olup, Isparta ili şartlarında verim analizleri yapılmıştır. Deneysel çalışmada kullanılan vakum tüplü kolektörün bazı özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneysel çalışmada kullanılan vakum tüplü kolektörün bazı özellikleri

Cam Malzemesi	Borosilikat Cam
Tüp Dış Çapı	47 mm.
Tüp İç Çapı	37 mm.
Cam Kalınlığı	1,6 mm.
Vakum Tüpün Ağırlığı	1,5 kg/adet
Vakumlu Tüpün Basıncı	$5 \times 10^{-3} Pa$
Absorber Malzemesi	Alüminyum
Absorbsiyon Katsayısı(α)	0,92
Yutucu Plaka Uzunluğu	1500 mm=1,5 m.
Seçici Yüzey Yayma Oranı(ϵ_e)	0,08
Cam Boru Yayma Oranı (ϵ_g)	0,88
Cam Kırılma İndisi (n)	1,472
Cam Sönme Katsayısı (K)	0,078 1/cm
Yutucu Plaka Isı İletim Katsayısı (k)	231 W/mK
Yutucu Plaka Özgül Isısı	0,9 (kJ/kg.K)



Şekil 3.9. Deney setinin şematik bir görüntüsü

Şekil 3.9' da kurulan deney düzeneği şematik olarak gösterilmektedir. 15°, 30°, 45° ve 60° eğim açılarında çalışan deneysel sistem Şekil 3.10' da görülmektedir. Ayrıca aynı deneysel sistem farklı açılarda Şekil 3.11 ve Şekil 3.12' de görülmektedir.

Deneysel çalışmada, farklı eğim açılarındaki kolektöre gelen toplam güneş radyasyonu, çevre sıcaklıkları ve su sıcaklıkları ölçülmüştür. Ölçülen değerlerle, farklı açılarda çalışan sistemlerin verim analizi yapılarak optimum eğim açısı tespit edilmiştir.



15°'lik Kolektör



30°'lik Kolektör



45°'lik Kolektör



60°'lik Kolektör

Şekil 3.10. Deney Seti Görüntüsü



Şekil 3.11. Değişik açılarda imal edilmiş deney seti görüntüsü



Şekil 3.12. Farklı bir açıdan deney seti görüntüsü

3.1. Vakum Borulu Kolektörün Isıl Analizi

Termodinamiğin 1. kanunu vakum tüp alıcıya uygulanırsa;

$$I_t \cdot (\tau\alpha) A = q_u + q_L + q_s \quad (3.1)$$

(3.1) eşitliğinde;

I_t : Kolektöre gelen anlık ışınım

A : Kolektör alanı

q_u : Kolektörde çalışma akışkanı için faydalı ısı transferi

q_L : Kolektörden çevreye olan toplam ısı kaybı

q_s : Kolektörde depolanan enerji

$(\tau\alpha)_e$: Efektif yutma-geçirme çarpanıdır.

Faydalı ısı;

$$q_u = A.I.(\tau\alpha) - q_L - q_S \quad (3.2)$$

olarak ifade edilebilir.

Yutucu plakadan tüpe radyasyon ve iletim ile olan ısı transferleri şu şekilde hesaplanır.

Tüpün üst kesiti için radyasyonla ısı transferi,

$$q_{1R} = \sigma.a.l. \left[\frac{1}{(1/\varepsilon_p + 1/\varepsilon_g - 1)} \right] (T_p^4 - T_{1G}^4) \quad (3.3)$$

şeklindedir(Taktakoğlu, 1996).

Burada;

σ : Stefan- Boltzman sabiti; $5,77 \times 10^{-8} W / m^2 K^4$.

a : Yutucu plaka genişliği

l : Yutucu plaka boyu

T_p : Yutucu plaka sıcaklığı

T_{1G} : Tüpün üst kesitinin cam sıcaklığı

ε_p : Yutucu plakanın yayma katsayısı

ε_g : Camın yayma katsayısıdır.

İletim ile ısı transferi ise;

$$q_{1c} = \frac{\lambda}{L} A.(T_p - T_{1G}) \quad (3.4)$$

Eşitlik 3.3'teki eşitlikte;

$$\varepsilon_{p,g} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\varepsilon_p} + \frac{1}{\varepsilon_g} - 1\right)} \quad (3.5)$$

$$A_p = a.l \quad (3.6)$$

yazılabilir (Taktakoğlu, 1996).

Bu durumda, radyasyonla olan ısı transferi,

$$q_{1R} = \sigma \cdot A_p \cdot \varepsilon_{p,g} \cdot T_P^4 - T_{1G}^4 \quad (3.7)$$

olur.

Tüpün üst kesiti için toplam ısı transferi ise eşitlik (3.4) ve (3.7)'un toplanmasıyla,

$$q_1 = q_{1R} + q_{1C} \quad (3.8)$$

şekline gelir.

Tüpün alt kesiti için; radyasyonla olan ısı transferi,

$$q_{2R} = \sigma \cdot a.l \cdot \left[\frac{1}{\left(\frac{1}{\varepsilon_p} + \frac{1}{\varepsilon_g} - 1\right)} \right] (T_P^4 - T_{2G}^4) \quad (3.9)$$

şeklindedir. Burada T_{2G} , tüpün alt cam sıcaklığıdır (Taktakoğlu, 1996).

İletim ile olan ısı transferi ise;

$$q_{2c} = \frac{\lambda}{L} A \cdot (T_P - T_{2G}) \quad (3.10)$$

şeklindedir.

Yine yukarıdaki eşitlerde gerekli kısaltmalar yapılırsa, iletim ile ısı transferi şu şekilde yazılabilir.

$$q_{2R} = \sigma \cdot A_p \cdot \varepsilon_{p,g} \cdot (T_P^4 - T_{2G}^4) \quad (3.11)$$

ifadeleri yazılabilir.

Tüpün alt kesiti için, toplam ısı transferi de eşitlik (3.10) ve (3.11)'in toplanmasıyla,

$$q_2 = q_{2C} + q_{2R} \quad (3.12)$$

şeklinde belirlenir (Taktakoğlu, 1996).

Tüpün üst kesiti için camdan dış ortama olan ısı kaybı, tüpün üst tarafından radyasyonla ve konveksiyonla olan ısı kayıplarının toplamıdır.

$$q_{üst} = \frac{\pi \cdot d_0 \cdot l}{2} \sigma \cdot \varepsilon_g \cdot (T_{1G}^4 - T_A^4) + \frac{\pi \cdot d_0 \cdot l}{2} \alpha_{ist} (T_{1G} - T_A) \quad (3.13)$$

Yine tüpün alt kesiti için camdan dış ortama olan ısı kaybı, tüpün alt tarafından radyasyonla ve konveksiyonla olan ısı kayıplarının toplamıdır (Taktakoğlu, 1996).

$$q_{alt} = \frac{\pi \cdot d_0 \cdot l}{2} \sigma \cdot \varepsilon_g \cdot (T_{2G}^4 - T_A^4) + \frac{\pi \cdot d_0 \cdot l}{2} \alpha_{ist} (T_{2G} - T_A) \quad (3.14)$$

Tüpün alt ve üst kesitindeki camdan dış ortama olan ısı kayıplarının toplamı, tüpten dış ortama olan ısı kaybına eşittir. Buna göre,

$$q_L = q_{üst} + q_{alt} \quad (3.15)$$

şeklinde yazılabilir.

Eşitlik (3.17) ve (3.18)'de ifade edilen α_{ist} , ısı transfer katsayısı Holman tarafından şu şekilde teklif edilmiştir (Roberts, 1979).

α_{ist} , doğal konveksiyon durumunda,

$$\alpha_{isi} = 1,32 \left(\frac{T_G - T_A}{d_0} \right) \quad (3.16)$$

Zorlanmış konveksiyon durumunda ise,

$$\alpha_{isi} = \frac{1}{d_0} (0,0161 \text{Re}^{0,492} + 0,007) \quad (3.17)$$

şeklinde tarif edilmiştir. SI birim sistemine göre Reynolds ifadesi de,

$$\text{Re} = 72770 \cdot d_0 V \quad (3.18)$$

eşitliğinden bulunur (Taktakoğlu, 1996).

Burada V, rüzgar hızıdır. $\text{Re} > 400$ için durum, zorlanmış konveksiyondur.

Vakumlu güneş kolektöründe yutucu plakadan vakum ortamına olan ısı transferi ile vakum ortamından dış ortama olan ısı transferi birbirine eşittir. Bundan dolayı şu eşitlikler yazılabilir.

Yutucu plakadan vakum ortamına olan toplam ısı transferi, radyasyonla ve iletimle olan ısı transferi toplamına eşittir. O halde radyasyonla olan ısı transferi, üst ve alt kesitte meydana gelen radyasyonla ısı transferinin toplamına eşit olduğundan, eşitlik (3.7) ve (3.11) toplanmasıyla şu bağıntı yazılabilir (Taktakoğlu, 1996).

$$q_{RTop} = \sigma \cdot A_p \cdot (\varepsilon_{p,g} (T_A^4 - T_{1G}^4) + \varepsilon_{p,g} (T_A^4 - T_{2G}^4)) \quad (3.19)$$

Yutucu plakadan vakum ortamına olan iletim ile ısı transferi, üst ve alt kesitteki kayıplar toplamına eşit olduğundan, eşitlik (3.4) ve (3.10)'un toplanmasıyla şu bağıntı yazılabilir.

$$q_{ctop} = \frac{\lambda}{L} A \cdot (T_P - T_{1G}) + \frac{\lambda}{L} A \cdot (T_P - T_{2G}) \quad (3.20)$$

Yutucu plakadan vakum ortamına olan toplam ısı transferi radyasyonla ve iletimle olan ısı transferlerinin toplamıdır.

$$q_{RCTop} = \sigma \cdot a \cdot l \cdot (\varepsilon_{p,g} (T_A^4 - T_{1G}^4) + \varepsilon_{p,g} (T_A^4 - T_{2G}^4)) + \frac{\lambda}{L} A \cdot (T_P - T_{1G}) + \frac{\lambda}{L} A \cdot (T_P - T_{2G}) \quad (3.21)$$

Vakum ortamından dış ortama olan toplam ısı kaybı, eşitlik (3.15)'den görüldüğü üzere, radyasyonla ve konveksiyonla olan ısı transferlerinin toplamıdır (Taktakoğlu, 1996).

$$q_L = \frac{\pi \cdot d_0 \cdot l}{2} \sigma \cdot \varepsilon_g (T_{1G}^4 + T_{2G}^4 - 2T_A^4) + \frac{\pi \cdot d_0 \cdot l}{2} \alpha_{isi} (T_{1G} + T_{2G} - 2T_A) \quad (3.22)$$

Buna göre aşağıdaki eşitlik yazılabilir;

$$q_{RCTop} = q_L \quad (3.23)$$

$$(\tau\alpha)_e = \frac{\tau\alpha}{1 - (1 - \alpha)\rho_d} \quad (3.24)$$

Denklemin sağ tarafındaki (α) değeri, geliş açısına göre yutmayı ifade etmektedir. Geliş açısının 60° 'ye kadar olan değerleri için büyük değişiklik göstermez. Ancak daha büyük geliş açıları için yutma katsayısı hızla düşer. Yaygın yansıtma katsayısı ρ_d olup cam için 0.15 – 0.16 değerini alır. τ_r yansıtma, dolayısıyla geçirme oranı ve $\tau\alpha$ cam tarafından yutma, dolayısıyla geçirme oranı olmak üzere, cam boru geçirgenliği τ ;

$$\tau = \tau_r \cdot \tau\alpha \quad (3.25)$$

$$\tau\alpha = e^{-K \cdot t} \quad (3.26)$$

$$\tau_r = \frac{1 - \rho}{1 + \rho} \quad (3.27)$$

$$\rho = \frac{1 \sin^2 \sin^{-1}(n \cdot \sin \theta) - \theta}{2 \sin^2 \sin^{-1}(n \cdot \sin \theta) - \theta} + \frac{\tan^2 \sin^{-1}(n \cdot \sin \theta) - \theta}{\tan^2 \sin^{-1}(n \cdot \sin \theta) - \theta} \quad (3.28)$$

K, saydam örtünün sönme katsayısı, t, saydam örtü kalınlığıdır. ρ saydam örtünün yansıtma oranı, kırılma indisi n ve geliş açısı θ 'nın bir fonksiyonudur. Işınım ara yüzeye dik geliyorsa ($\theta = 0$) saydam örtünün yansıtma oranı;

$$\rho = \left(\frac{n-1}{n+1}\right)^2 \quad (3.29)$$

formülü ile bulunur.

Kollektör ısı kazanç faktörü F_R ; faydalı enerjinin, kollektör yutucu yüzeyinin her noktasında akışkan giriş sıcaklığında olması halindeki faydalı enerjiye oranı olarak tanımlanır. Kollektör ısı kazanç faktörü, akışkanın debisine ve kollektör geometrisine bağlıdır. Debi arttıkça artar ve ısı geçiş katsayısı büyüdükçe azalır. Fakat bu artma ve azalma pratikte küçüktür. F_R ısı kazanç faktörü ise şu şekilde hesaplanabilir(Yargıcı, 1994).

$$n = (w - d_0) \cdot \left(\frac{U_L}{k \cdot \delta}\right)^{0.5} \quad (3.30)$$

$$X = \frac{k \cdot \delta \cdot n}{(w - d_0) \cdot \sinh(n)} \quad (3.31)$$

$$\gamma = -2 \cosh(n) - U_L \frac{d_0}{X} \quad (3.32)$$

$$\beta_1 = \frac{L \cdot X}{m \cdot C_p} \frac{XR(1+\gamma)^2 - 1 - \gamma - X \cdot R}{(X \cdot R(1+\gamma) - 1)^2 - (X \cdot R)^2} \quad (3.33)$$

$$\beta_2 = \frac{L \cdot X}{m \cdot C_p} \frac{1}{(X \cdot R(1+\gamma) - 1)^2 - (X \cdot R)^2} \quad (3.34)$$

$$\lambda = (\beta_1^2 - \beta_2^2)^{0.5} \quad (3.35)$$

$$I = \frac{\beta_1 - \beta_2 + \lambda}{(\beta_2 - \beta_1 + \lambda).e^{2\lambda} + \beta_2 - \beta_1 + \lambda} \quad (3.36)$$

$$F_R = \frac{m.C_p}{A_p.U_L} \left(1 + \frac{2.I.\lambda - \beta_1 - \lambda}{\beta_2}\right) \quad (3.37)$$

$$q_u = A.I.(\tau\alpha) - q_L - q_s \quad (3.38)$$

Burada q_L yerine konacak olursa;

$$q_u = A.(I(\tau\alpha)) - \frac{\pi.d_0.l}{2} \sigma.\varepsilon_g (T_{1G}^4 + T_{2G}^4 - 2T_A^4) + \frac{\pi.d_0.l}{2} \alpha_{isi} (T_{1G} + T_{2G} - 2T_A) \quad (3.39)$$

olur.

Genellikle yutucu plakadaki ısı depolama miktarı az olduğundan burada q_s ihmal edilmiştir.

Verim ise;

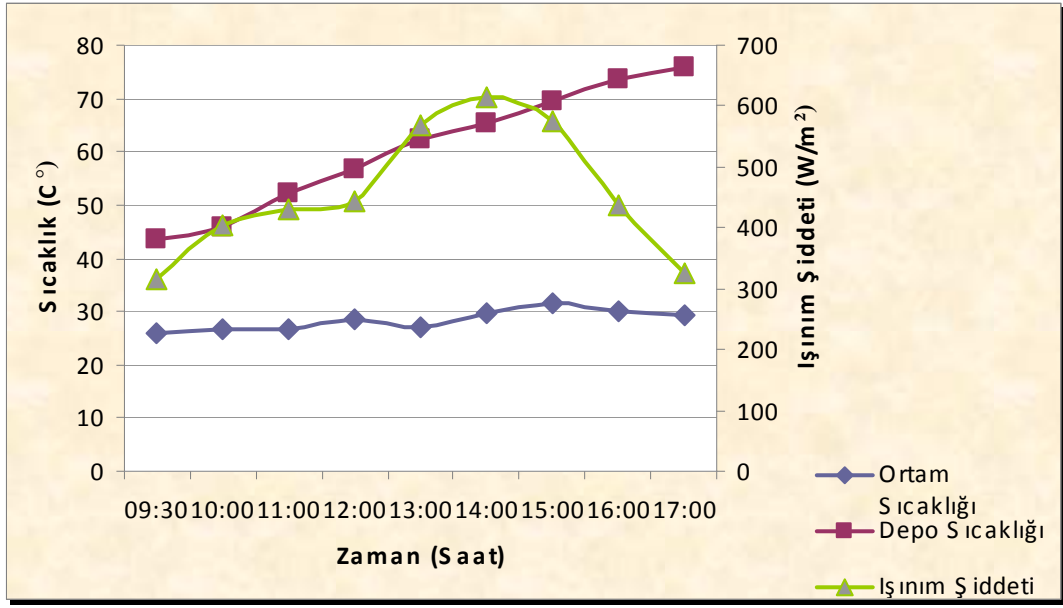
$$\eta = \frac{q_u}{A.I} \quad (3.40)$$

$$\eta = (\tau\alpha) - \left[\frac{\sigma.\varepsilon_g}{2I} (T_{1G}^4 + T_{2G}^4 - 2T_A^4) + \frac{\alpha_{isi}}{2I} (T_{1G} + T_{2G} - 2T_A) \right] \quad (3.41)$$

şekline getirilir.

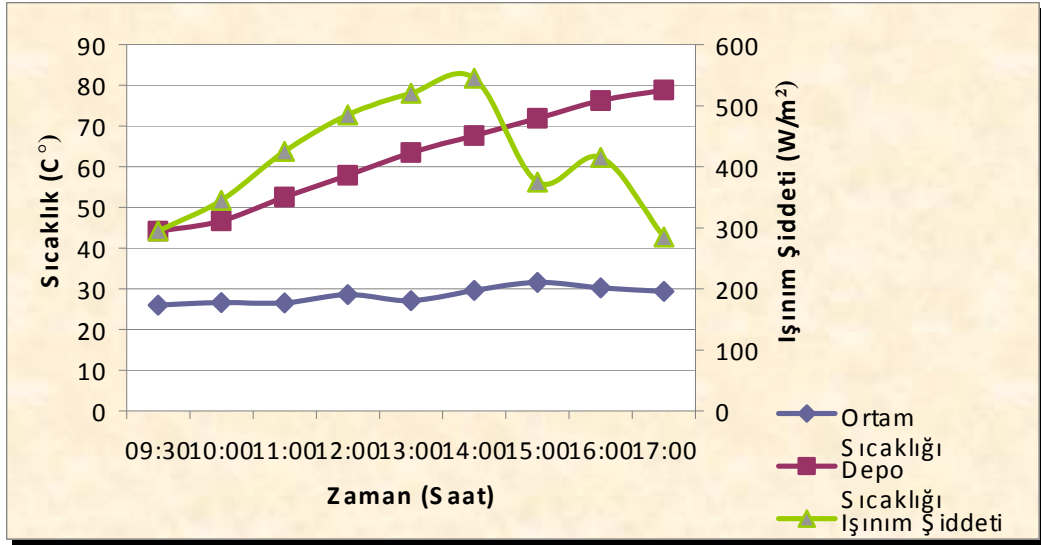
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Isparta ili şartlarında Ağustos ayının farklı günlerinde 15°, 30°, 45° ve 60° kolektör açılarında çalışan vakum tüplü güneş kolektörü sistemi deneysel olarak kurulmuştur. Deneysel çalışmada; ortam sıcaklığı, kolektör deposundaki su sıcaklığı ve kolektör yüzeyine gelen ışınım değerleri ölçülmüştür. Şekil 4.1’de 15° eğime sahip vakum tüplü güneş kolektörü sisteminde ölçülen değerler görülmektedir.



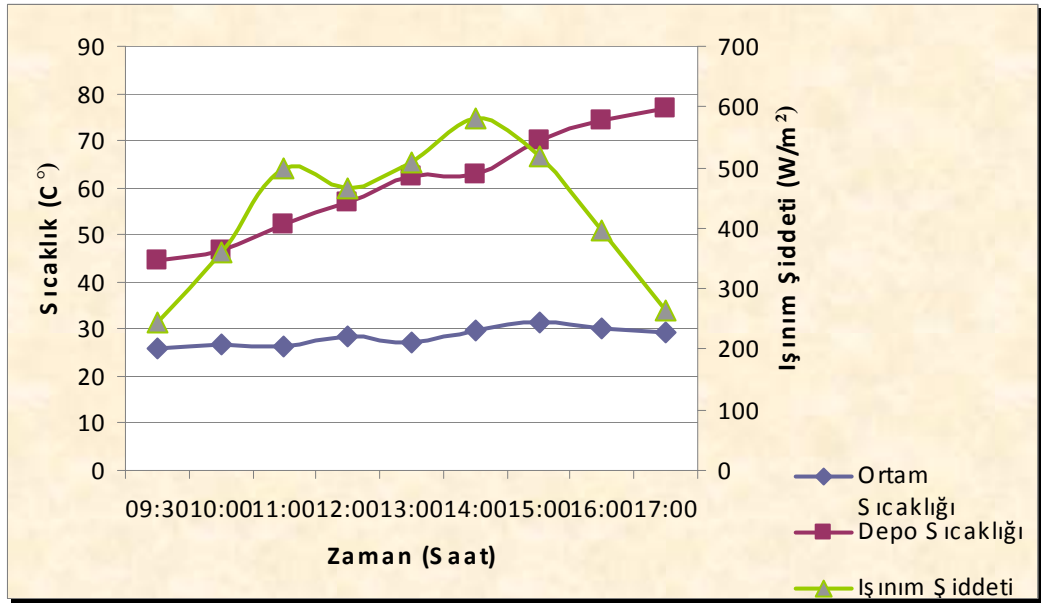
Şekil 4.1. 15°'lik açıya sahip vakum borulu kolektörün zamana göre depo sıcaklığı, ortam sıcaklığı ve ışınım değerleri değişimi

Şekil 4.2’de 30° eğime sahip vakum tüplü güneş kolektörü sisteminde ölçülen değerler görülmektedir.



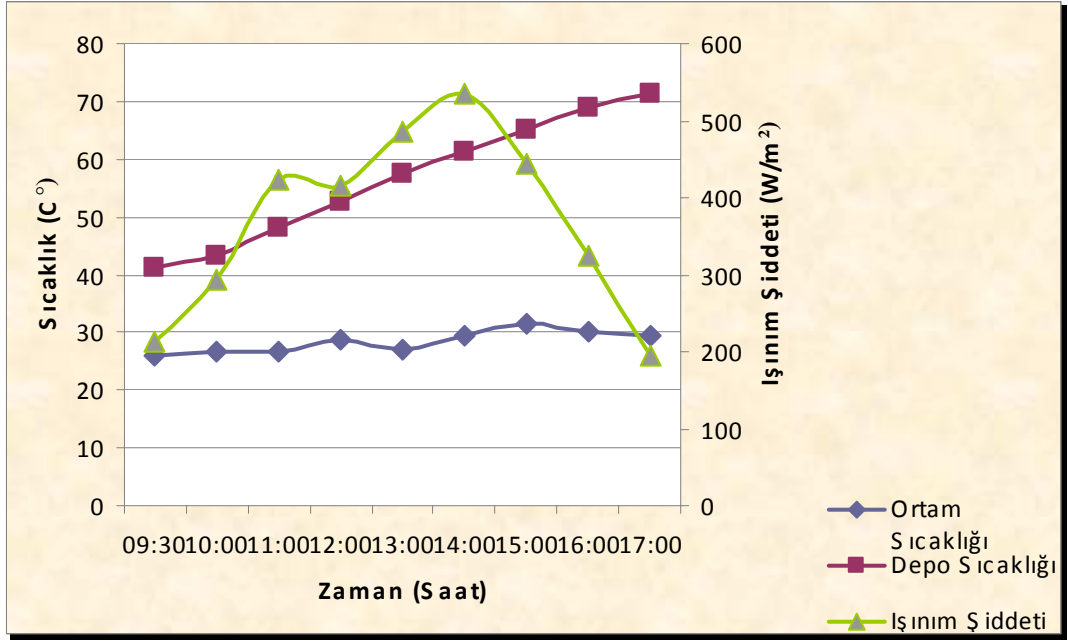
Şekil 4.2. 30°'lik açığa sahip vakum borulu kolektörün depo sıcaklığı, ortam sıcaklığı ve ışınım değerlerinin zamanla değişimi

Şekil 4.3'de 45° eğime sahip vakum tüplü güneş kolektörü sisteminde ölçülen değerler görülmektedir.



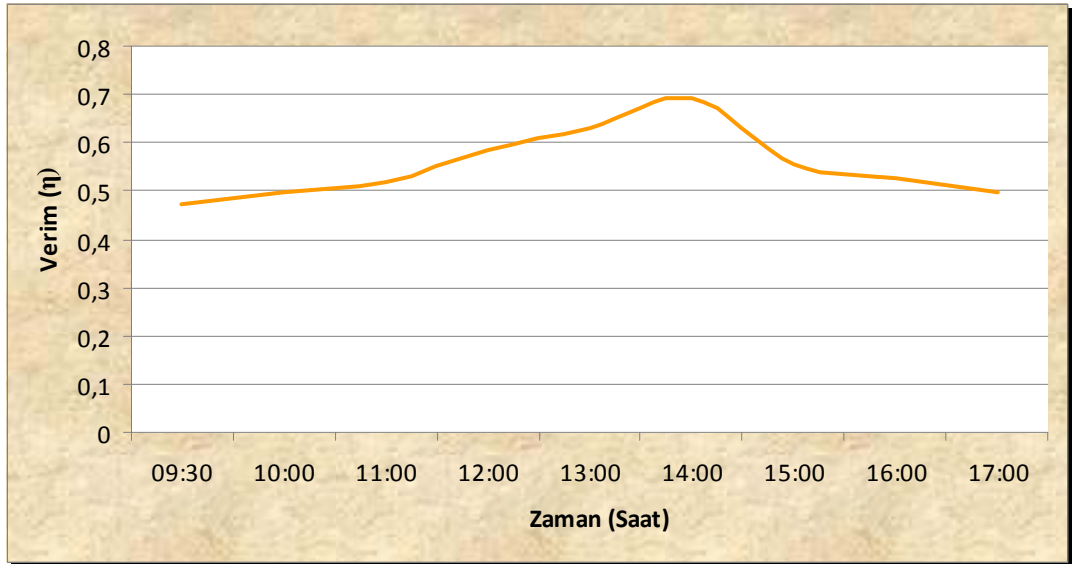
Şekil 4.3. 45°'lik açığa sahip vakum borulu kolektörün depo sıcaklığı, ortam sıcaklığı ve ışınım değerlerinin zamanla değişimi

Şekil 4.4'de 60° eğime sahip vakum tüplü güneş kolektörü sisteminde ölçülen değerler görülmektedir.



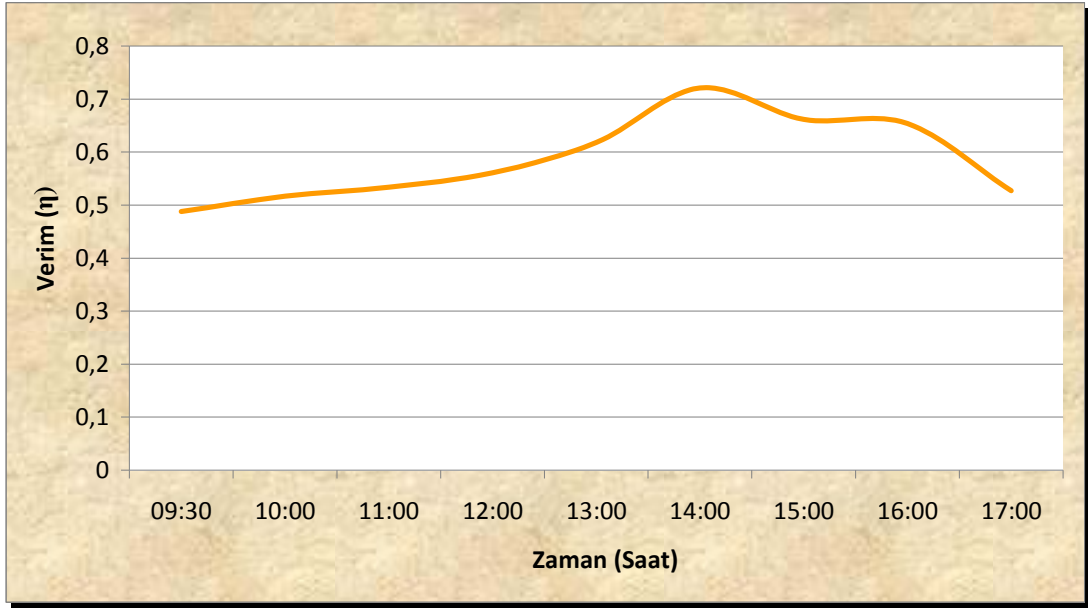
Şekil 4.4. 60°'lik açığa sahip vakum borulu kolektörün depo sıcaklığı, ortam sıcaklığı ve ışınım değerlerinin zamanla değişimi

Şekil 4.5'de 15° eğime sahip vakum tüplü güneş kolektörü sisteminde 03 Ağustos tarihindeki anlık verim değerleri görülmektedir.



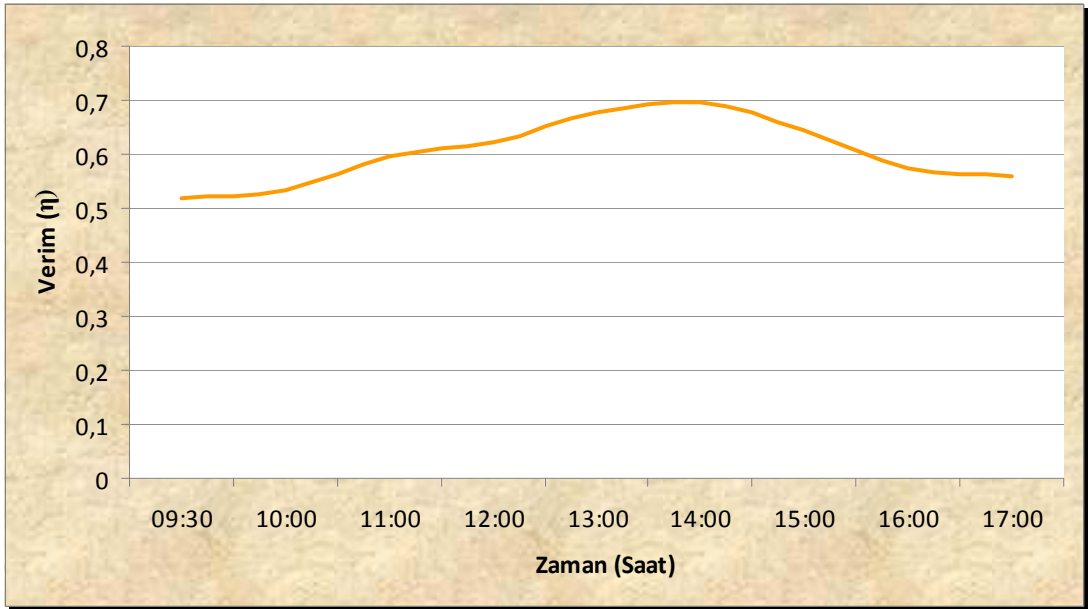
Şekil 4.5. 15°'lik açığa sahip vakum tüplü kolektörün anlık verim değerleri

Şekil 4.6'de 30° eğime sahip vakum tüplü güneş kolektörü sisteminde 03 Ağustos tarihindeki anlık verim değerleri görülmektedir.



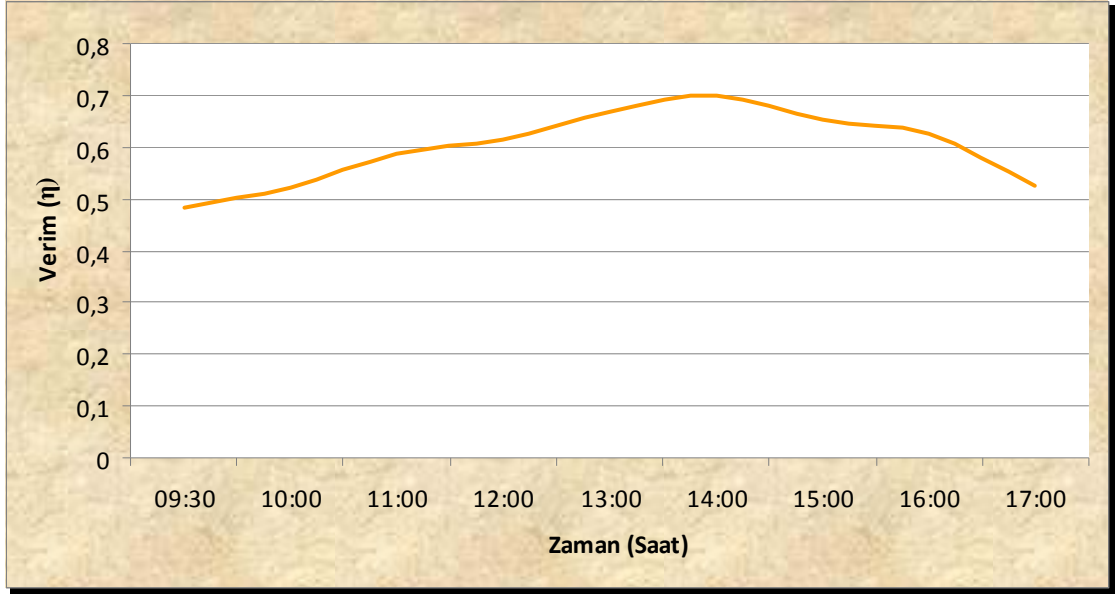
Şekil 4.6. 30°'lik açığa sahip vakum tüplü kollektörün anlık verim değerleri

Şekil 4.7'de 45° eğime sahip vakum tüplü güneş kollektörü sisteminde 03 Ağustos tarihindeki anlık verim değerleri görülmektedir



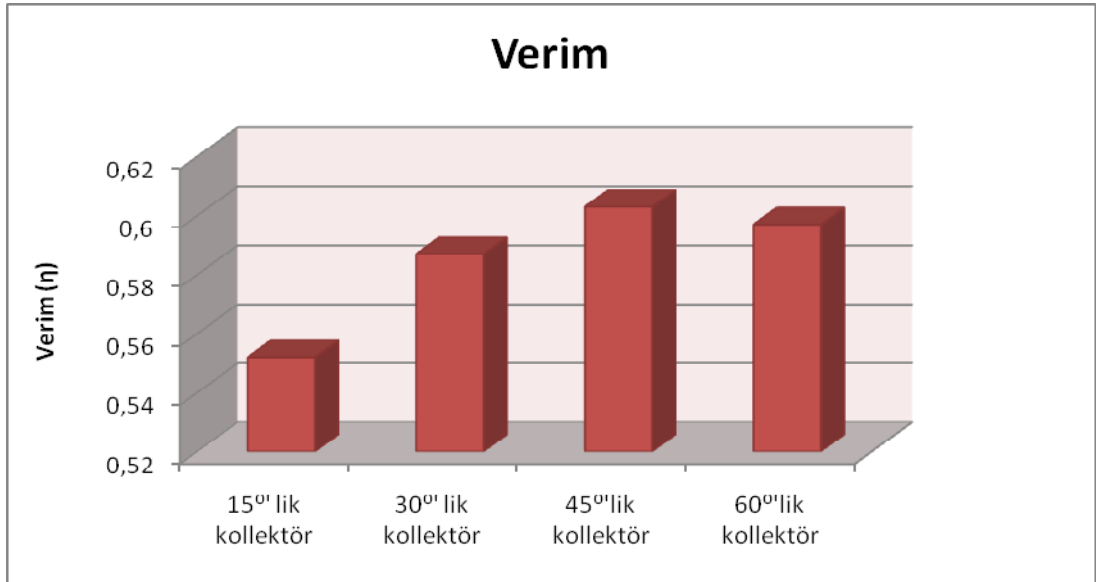
Şekil 4.7. 45°'lik açığa sahip vakum tüplü kollektörün anlık verim değerleri

Şekil 4.8'de 60° eğime sahip vakum tüplü güneş kollektörü sisteminde 03 Ağustos tarihindeki anlık verim değerleri görülmektedir.



Şekil 4.8. 60°'lik açığa sahip vakum tüplü kolektörün anlık verim değerleri

Farklı eğim açılarında çalışan deneysel kolektör sistemlerinin verimlerinin karşılaştırılması yapılmış ve Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Farklı eğim açılarında vakum tüplü güneş kolektörlerinin verimlerinin karşılaştırılması

5. SONUÇ

Enerji insanlığın en büyük ihtiyacıdır ve hemen hemen kullandığımız her türlü enerjinin kaynağı güneştir. Özellikle ısı gerektiren işlemler için güneş enerjisinin direk kendisinden yararlanmak oldukça ekonomik sayılır. Güneş enerjisi ucuz, temiz ve tükenmeyen bir kaynak olması nedeniyle en önemli alternatif sayılmaktadır. Bu nedenle güneş enerjisinden yararlanmak için çok değişik teknolojiler geliştirilmektedir. Bundan dolayı güneş kolektörleri kullanımı büyük önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada, verimi düz toplayıcılara nazaran oldukça yüksek olan vakum borulu güneş kolektörleri ele alınmıştır. Yüksek sıcaklıklar elde etmek için tavsiye edilen Owens- Illinois tip vakum borulu kolektörün Isparta ili şartlarında teorik ve deneysel analizi yapılmıştır.

15°, 30°, 45° ve 60° eğim açısına sahip vakum tüplü güneş kolektörlerinden oluşan deneysel bir sistem kurulmuştur. Ağustos ayında Isparta ili için ölçülen değerlerle teorik ve deneysel analiz yapılmıştır. Deneysel olarak ölçülen değerler ve hesaplanan değerler sonucunda, Isparta ilinde Ağustos ayında en yüksek verim değerine 45° eğim açısında çalışan vakum tüplü güneş kolektörlü sistemde ulaşılmıştır. Bu eğim açısında çalışan kolektör sisteminde elde edilen verim yaklaşık % 60,3 değerindedir.

Ayrıca yapılan deneysel çalışma; rüzgar hızı, çevre sıcaklığı, güneş radyasyonu gibi meteorolojik etkenlerin yanında yutucu plaka, kolektör tüpü yutucu plaka geometrisi gibi parametrelerin de vakum tüplü güneş kolektörü sisteminin verimini etkilediğini göstermiştir.

6. KAYNAKLAR

- Acar , H.İ. 1998. Düz Yüzeyle Güneş Isı Kollektörünün Sayısal Analizi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi,4, 16.s. Kayseri.
- Atagündüz, Gürbüz. 1989. Güneş Enerjisi Temelleri Ve Uygulamaları, Ege Üniversitesi Basım Evi, 1, 23.s. İzmir.
- Altıntop, Necdet, 1999., Güneş Günü, Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Güneş Günü Sempozyum '99., 25-27 Haziran 1999. Kayseri.
- Anarbaev, A.I., Zakhidov, R.A., And N.I.Orlova. 2006., Comparing the operational characteristics of some types of solar collectors and water heating systems in the conditions of Uzbekistan., Institute of Energetics and Automatics, Academy of Sciences of Uzbekistan Republic, Uzbekistan.
- Assilzadeh, F. Kalogirov, S.A., Ali, Y., K. Sopian., 2004. Simulation and optimization of a LiBr solar absorption cooling system with evacuated tube collectors. Department of Mechanical and Material Engineering, University Kebangsaan, Malaysia.
- Budihardjo, I., Morrison, G.L., Behnia, M. 2006. Natural circulation flow through water in glass evacuated tube solar collectors. School of Mechanical and Manufacturing Engineering, University of New South Wales, Australia.
- Furbo, S., Shah, L.J., 2003. Vertical evacuated tubular collectors utilizing solar radiation from all directions. Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark, Denmark.
- Günerhan, H., 1990., Bir Öğrenci Yurdu Binası İçin Güneş Enerjili ve Sıvı Yakıtlı Sıcak su Sistemi Tasarımı, VII. Ulusal tesisat Mühendisliği Kongresi, 561,574,s. İzmir.
- Kılıç, A., Öztürk, F., 1993., Güneş Enerjisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi, 233, 244, s. İstanbul.
- Kalogirov, S.A., 2004., Solar thermal collectors and applications. Department of Mechanical Engineering. Higher Technical Institute.
- Kim, Y., Seo, T., 2006. Thermal performances comparisons of the glass evacuated tube solar collectors with shapes of absorber tube. Department of Mechanical

Engineering, Inha Universtiy , 253, Yonghuyundong, Namgu, Inchon 402, 751, Korea.

- Li, M., Wang, L.L.2006. Investigation of evacuated tube heated by solar trough concentrating system. School of Physics and Electronic Information, Yunan Normal Universtiy.
- Lecoeuche, S., Latot, T.S., 2006. Prediction of the daily performance of solar collectors. Dovai Cedex, France.
- Morrison, G.L., Budihardjo, I.,Behnia, M.,2003. Water in glass evacuated tube solar water heaters. School Mechanical and Manufacturing Engineering, University of New South Wales, Sdney, Austiralia.
- Morrison, G.L., Budihardjo,I., Behnia, M.,2004. Measurement and simulation of flow rate in a water – in - glass evacuated tube solar water heater. School Mechanical and Manufacturing Engineering, University of New South Wales, Sdney, Austiralia.
- Özgür, A.E., Özsoy, A., 2005. Düzlemsel Güneş Kolektörlerinde Üst Yüzeyden Olan Isıl Kayıpların Azaltılmasında Çift Cam Uygulamasının Önemi, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, (3), 59, 63.
- Öz.S., Deniz,E., Özbaş, E., 2006. Vakumlu termosifon tip güneşli su ısıtma sistemlerinde antifriz- su karışımı kullanımının sistem performansına etkileri, Tesisat mühendisliği dergisi, 41,48.
- Sema güneş enerjisi, 2009. Basınçlı (kapalı) sistemlerin çalışma prensipleri, <http://www.semaiticaret.com/basincli.asp>. Erişim tarihi:09.08.2009.
- Sharma , S.D., Kitano, H., Sagora, K., 2004. Thermal performance of a solar cooker based on an evacuated tube solar collector with a PCM storage unit. Department of Architectural Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka Universtiy, 2,1, Yamadoaka, Sutia, Osaka, Japon.
- Taktakoğlu, K.R.,1996., Vakumlu güneş kolektörlerinde verimin tespiti ve incelenmesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Tırıs, M., Tırıs, Ç., Erdallı, Y., 1997., Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri, TÜBİTAK- Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü, 13,40, Kocaeli.

- Tang, R., Li, Zhimin., Zhong, H, Can, P.,2005. Assesment of uncertainty in mean heat loss coeficient of all glass evacuated solar collector tube testing. Solar Energy Research Institute, Yunan Normal Universtiy.
- Tiwari, G.N., Dimri, V., Sing, U., Chel, A and Sarkar, B. 2007. Comparative thermal performance evaluation of an active solar distillation system. Centre for Energy Studiens, İndian İnstitute of Technology Delhi, Haus Khas, New Delhi 110016, India.
- Uyarel, Y., Öz, S, Ethem, 1987. Güneş Enerjisi ve Uygulamaları, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, 7,70 s. Ankara.
- Yargıcı, N.,1994. Vakum Borulu Kolektörlerin İstanbul Şartlarında Teorik Analizi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans tezi, 10, 40.s. İstanbul.
- Yuaey, Z.T., Huaer, H.C., Cen, Hong Aek.F.3005. Investigation and analysis on a cellular heat pipe flat solar heater, China.
- Yueung, K.H., and Somath ,K., Thermodynamic analysis and optimization of a combined adsorption heating and cooling system. Department of Mechanical Engineering, University of Hong Kong.
- Yamaç, Ö. 2005. Güneş Enerjisi Destekli Isı Pompalarının Teorik İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, 1,13.s. Antakya.
- YIIPal, S., Ya & Baoji , 1998,. Selective absorbing surface for evacuated solar collector tubes. Departman of Electronrc Engmaccnng TsmgHua Un Wers. 1.& gmg. Chma.
- Zinian, He., Honchuan, G., Fulin, Jiang and Liwe1. 1996. A comparison of optical performance between evecuated collector tubes with flat and semicylindric absorbers. Beijing Solar Energy Research Institute National Enginneering Research Centre for Renewable Energy. Beijing 100083, P.R. China.
- Zhang ,X.R., H. Yamaguchi., 2006. An experimental study on evacuated tube solar collector using supercritical CO2. Department of Mechanical Engineering, Doshisha university, Kyoto, Japon.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Hasan Hüseyin EZEN

Doğum Yeri ve Yılı : Isparta – 1981

Medeni Hali: Evli

Yabancı Dili : İngilizce



Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise: Isparta Anadolu Meslek Lisesi, 1996 - 2000

Lisans : S.D.Ü., T.E.F., Tesisat Öğretmenliği, 2001 - 2005

Yüksek Lisans: S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005 - ...

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

Akdeniz Elektrik Dağıtım A.Ş. Isparta İl Müdürlüğü, ETİB Teknisyeni, 2004 - ...