

Sıvılı Düzlemsel Güneş Kolektörlerinde Verim Artırma Olanakları

Sibel AĞI*
Hüseyin GÜNERHAN**

Özet

Güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan Türkiye’de güneş enerjisinden büyük bir oranda sıvılı düzlemsel güneş kolektörleri aracılığıyla yararlanılmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye’de güneş kolektörü üreten kuruluşların, ürettikleri kolektörler üzerine istatistiksel bilgiler verilmiş, güneş kolektörlerinde yüksek verim sağlanması için yapılması gerekenler de açıklanmıştır. Ayrıca kullanımı yaygın olan pompasız-doğal dolaşımli sistemlerde kolektör-depo arası boru eğimi ve uzunluğunun doğru seçimi üzerine bilgiler verilmiştir.

1. GİRİŞ

Güneş enerjili ısıtma sistemleri; güneş enerjisinden faydalanarak genellikle su akışkanını ısıtan, esas olarak kolektör, depo, bağlantı boruları ve yardımcı devre elemanlarından meydana gelen bir sistemdir. Konutlarda sıcak su temini için tüketilen enerji, konut için gerekli enerjinin %12 kadarıdır. Sıcak su temini için daha çok gaz, fuel-oil, bitkisel atıklar veya elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Son zamanlarda güneş enerjisi potansiyeli yüksek ülkelerde (Amerika Birleşik Devletleri, İsrail, Avustralya, Japonya,...) konutların sıcak su gereksinimlerinin büyük bir kısmı güneş enerjisi ile sağlanmaktadır. Birçok ülkede de sıcak suyun güneş enerjisinden yararlanılarak hazırlanması için teşvikler uygulanmaktadır.

Güneş enerjili sistemlerin ekonomik ve en yaygın olanlarının başında, sıcak su sistemleri gelir. Genellikle çatının güney yönüne yerleştirilen düzlemsel kolektörlerle, yıllık sıcak su gereksiniminin %60-75 kadarı güneş enerjisinden karşılanır. Sıcak su sistemlerinde güneş enerjisinden yaygın şekilde yararlanılmasının

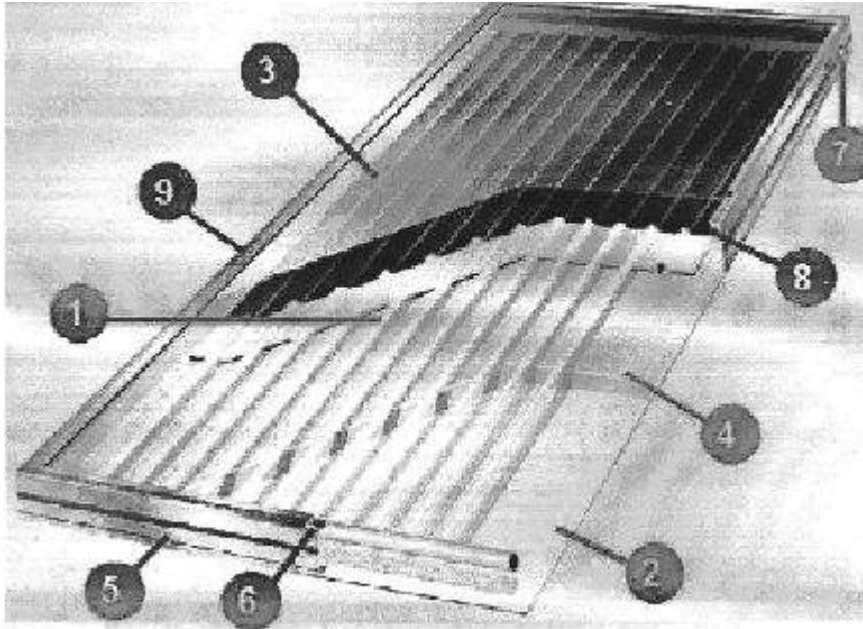
nedenlerinden bazıları aşağıda verildiği gibidir: - Sıcak su gereksinimi için gerekli enerjinin yıl boyunca aylara göre değişimi çok azdır. - Enerji gereksiniminin az ve gerekli sıcaklığın düşük olması nedeniyle büyük kolektör yüzeyine gerek duyulmaz. Dolayısıyla kolektörlerin yerleştirilmesi sorun olmaz. - Sistemin yapılması kolay, yardımcı elemanların ve kontrolü basittir. - Sıcak suyun her gün bulunması zorunlu değildir. Gerektiğinde belli bir süre güneşin durmasına göre beklenebilir [1, 2, 3, 4].

2. GÜNEŞ ENERJİLİ ISITMA SİSTEMLERİ

Güneş enerjili su ısıtma sistemini oluşturan elemanlar; kolektör, depo, bağlantı boruları, yardımcı devre elemanlarıdır: (fark termostatı, genleşme deposu, ısı değiştirici, hava tahliye cihazı, su doldurma boşaltma vanası, su filtresi, su yumuşatma cihazı).

Güneş ışınımı ile bir akışkanın sıcaklığının artmasını sağlayan gereçlere güneş kolektörleri adı verilir (Şekil 1). En basit anlamda, bir

* Öğr. Gör. Dr., İTÜ Petrol ve Doğal Gaz Müh. Bölümü.



Şekil 1. Güneş kolektörü ve elemanları (1-İç Panel, 2-Alt Taban, 3-Üst Örtü, 4-Yalıtım, 5-Kasa, 6-Cam Lastiği, 7-Conta, 8-Kasa Yalıtımı, 9-Cam Çıtası) [5]

yüzeğe düşen güneş ışınlarından bir kısmı yüzey tarafından yutulur ve akışkana doğru iletim ve taşınım ile ısı geçişi olurken, dış yüzeyden de çevreye, yüzey sıcaklığına ve ısı taşınım katsayısına bağlı olarak ısı iletimle ısı geçişi olur. Yutulan ısı iletimle çevreye olan ısı kaybının farkı, faydalanılan güneş enerjisidir ve ısıtılmak istenen akışkana geçer. Belli bir zaman aralığında kolektör üzerine gelen güneş ışınımından (q), kolektörün ısı yutma oranı, a olmak üzere, $a \cdot q$ kadar kolektör yüzeyi tarafından yutulduktan sonra kolektörün yüzey sıcaklığına ve kolektör ile çevre arasındaki ısı taşınım katsayısına (h_d) bağlı olarak taşınım ile ve ışınım ile çevreye ısı kaybı olur. Yutulan enerjinin çevreye gideninden geri kalanı, kolektör malzemesinin ısı iletim katsayısı ve kalınlığına bağlı olarak iletimle ve iç yüzeyden de su sıcaklığına ve iç yüzeyle su arasındaki ısı taşınım katsayısına bağlı olarak taşınım ile, suya geçen faydalı enerjidir. Çevre sıcaklığı ve güneş ışınımı bulunulan yere, zaman ve atmosfer şartlarına bağlı olarak kontrol dışı değiştiğinden dolayı faydalanılan enerjiyi artırmak için;

- Çevreye olan ısı kayıplarının azaltılması

- Yüzeyin yutuculuğunun artırılması
- Kolektör içindeki akışkana ısı geçişinin iyi -
leştirilmesi ve bunların yanında ısınan suyun -
değiştirilmesi ve ışınımın yoğunlaştırılması -
gerekir.

Gelen ışınımın yüzey tarafından yutulan kısmı arttıkça faydalanılan ışınımın artması için, yüzey sıcaklığının artarak dışa olan kayıpların artmaması gerekir. Bunun için de, levhanın ısı iletim katsayısı ve iç yüzeydeki ısı taşınım katsayısı büyük olmalıdır. Akışkanın hareket ettirilmesi ile hem iç yüzeydeki ısı taşınım katsayısı artırılır, hem de iç yüzeyle akışkan arasındaki sıcaklık farkı artırılarak ısı geçişi iyi -
leştirilir. Dış yüzeyden kayıplar, yüzeyle çevre arasındaki sıcaklık farkı kadar, h_d ısı taşınım katsayısına bağlıdır. Rüzgarlı günlerde, h_d büyüdükçe, yüzey sıcaklığının artması ile de h_d büyür. Bu bakımdan dış yüzeydeki hava hareketini azaltmak amacı ile ışınım geçiren bir saydam örtünün kullanılması ısı kayıplarını azaltmak için gereklidir. Böylece aradaki havanın ısı direnci dolayısıyla da ısı kaybı azalır. Diğer taraftan ısınan akışkanın güneş ışını -
mı almayan tarafından kayıpların azaltılması için yalıtılır ve bütün kısımları dış etkilerden

korumak için bir kılıf içine alınarak düzlemsel kolektör elde edilir.

Yansıtıcı yüzeyler kullanılarak güneş ışınımı yoğunlaştırılabilir. Akışkan sıcaklığının

lan uzun dalga boylu ışınımın dışarı çıkması için de uzun dalga boylu ışınımın geçirme oranı küçük olmalıdır. Ucuz olmalı, kolay temin edilmeli, mor ötesi güneş ışınlarından etkilenmemeli, yüksek sıcaklıklara daya

100°C değerinden daha düşük olabileceği sistemlerde düzlemsel kolektörler daha yüksek sıcaklıklarının gerekli olduğu sistemlerde odaklı kolektörler kullanılır. Odaklı kolektörlerde güneş ışınımı yoğunlaştırıldığı ve ısı kaybı yüzeyi küçüldüğü için yüksek sıcaklıklara çıkabilmesine rağmen düzlemsel kolektörlerin bir çok artısı vardır:

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

Kolektörler, dolaştırılan akışkan cinsine göre sıvılı ve hava akışkanlı kolektörler olmak üzere ikiye ayrılır. Sıvılı kolektörlerde daha çok su veya antifrizli su dolaştırılır. Sıvılı kolektörlerin verimi hava akışkanlı kolektörlerden daha yüksek, yapımı kolay ve ucuzdur. Toplanan enerjinin depolanması için daha küçük depoya yeterlidir. Fakat sıvının donma tehlikesi, korozyon ve sızdırma gibi sorunları vardır. Havalı akışkanlı kolektörler ise, daha uzun ömürlü, daha hafif, verimleri düzgün dağılımlı fakat yapıları zordur. Tozlanma ve sızdırma sorunları vardır. Uygulamada çok kullanılan basit bir düzlemsel kolektör beş kısımdan meydana gelir: Saydam yüzey, yutucu yüzey, boru malzemeleri, yalıtım malzemeleri, taşıyıcı kasa.

Saydam örtünün amacı güneş ışınımını içeri alıp çevreye olan ısı kayıplarını azaltmaktadır. Özellikle rüzgarlı bölgelerde taşınım ile olan ısı kaybı çok fazladır. Saydam örtü taşınım ile çevreye olan ısı kaybını önlediği gibi yutucu yüzeyi yağmur, dolu ve toz gibi dış etkilere korur. Kolektörlerde kullanılan saydam örtülerin, kısa dalga boylu güneş ışınımını geçirme oranı büyük, yutucu levha tarafından yayı-

nabilmeli, kolay işlenebilmeli ve çevreden gelebilecek etkilere (dolu, taş vs) mukavim olmasıdır.

Yarı saydam cisimler, güneş ışınımını yansıtır, yutar ve geçirirler. Belirli bir dalga boyunda gelen ışınımı için cismin yansıtma, yutma ve geçirme oranlarının toplamı birdir. Bu bağıntı belirli bir dalga boyu aralığı için geçerlidir. Güneş ışınımı, kısa dalga boylu, yutucu yüzey tarafından yayılan ışınım ise uzun dalga boyudur. Gerçekte; saydam örtülerin uzun dalga ve kısa dalga boylu ışınımı geçirme, yutma ve yansıtma özellikleri farklıdır fakat bütün dalga boylarında gelen güneş ışınımını büyük kısmı dalga boyu aralıklarında geldiğinden, bir çok güneş enerjisi uygulamasında, saydam örtülerin özellikleri dalga boyundan bağımsız düşünülebilir.

Saydam örtü olarak kullanılan malzemelerin öncelikle kısa dalga boylu güneş ışınımını geçirme oranı büyük olmalı ve yutucu yüzey tarafından yayılan uzun dalga boylu ışınımı geçirmemelidir. Ucuz olmalı, kolay temin edilebilmeli, kırılma ve çizilmeye karşı mukavim olmalı, güneş ışınımına dayanabilmeli ve hafif olmalıdır. Uygulamada, saydam örtü olarak genellikle, camlar ve plastik esaslı saydam malzemeler kullanılır. Camlar, dalga boyu 0.3-3.0 µm olan güneş ışınımının büyük bir kısmını geçirir ve yutucu yüzey tarafından yayılan 3.0-50 µm gibi uzun dalga boylu ışınımını geçirmez. Güneş ışınımından bozulmadıkları gibi, yüksek sıcaklıklara da dayanıklıdır. Buna karşın, kırılma oldukları için taşınması, yerine takılması ve işlenebilme güçlüğü sebebiyle hassas boyutlarda kesilmesi veya şekil verilmesi zordur. Rijit olmadıklarından ve metallere karşı dirençli olmadıklarından yerine takılırken lastik kasketler içine alınması gerekir. Aksi halde kenarlarda kalan açıklıklardan örtü altına hava girişi olacak, ısı geçiş katsayısı büyüyerek ve nem girişi sebebiyle yoğunlaşma olacak

tir. Camların geçirme oranı bileşimindeki demir oksit miktarı arttıkça azalır. Dolayısıyla, saydam örtü için demir oksit miktarı %0.05 değerinden küçük olan camlar seçilmelidir. Camların geçirgenliğine daha çok ara yüzeylerdeki yansıtma etki etmektedir. Yansıtmayı azaltmak için, camın bir veya iki yüzeyi yansıtma önleyici maddelerle kaplanır.

(ü) büyüktür. Yüzeyin yutma oranı, geliş açısına bağlı olarak değişir. Bu değişim, geliş açısının 50o değerine kadar çok yavaş daha büyük değerlerinde ise hızla azalmaktadır.

Siyah yüzey, ışınım için gerçek yutucudur. Bütün dalga boylarındaki, her açı altında gelen ışınımın tamamını yutar. Ancak, gerçek maddeler yüzeyler, her zaman, ışınımın bir kısmı

Plastik örtülerin kısa dalga boyu güneş ışını -
mını geçirme oranı da yüksektir. Fakat çoğu -
plastik örtü uzun dalga boyulu ışınımı da geçir -
diklerinden yutucu yüzey tarafından yayılan -
ışınım dışarı kaçar. Plastikler genelde cam -
dan daha ucuzdur. Kolay şekil alabilirler ve -
sızdırmazlık sağlarlar. Buna karşın, yüksek sı -
caklıklarda şekilleri bozulabilir ve mor ötesi gü -
neş ışınımına dayanıklı değildirler.

Kolektörlerde güneş ışınımını yutan ve ısıyı -
borulardaki akışkana aktaran kısım yutucu yü -
zeydir. Yutucu yüzeyin, her şeyden önce gü -
neş ışınımını yutma oranının büyük ve uzun -
dalga ışınım yayıcılığından küçük olması ge -
rekir. Işınımı yutarak ısınan levhanın ısıyı te -
mas halindeki akışkana iyi bir şekilde iletmesi -
için, ısı iletim katsayısı yüksek malzemeler se -
çilir ve ısı geçişinin çabuk ve iyi olması için -
levhalar ince yapılır. Bunların yanında, imalat -
kolaylığı, elde edilebilme imkanları, kolay işle -
nebilirliği ve fiyatı da göz önüne alınmalıdır. -
Kolektörlerde yutucu yüzey olarak genellikle -
bakır, alüminyum ve paslanmaz çelik kullanılır. -
Bakırın ısı iletim katsayısı yüksek olmasında -
rağmen diğerlerine göre çok daha pahalıdır. -
Çelik ise piyasada kolay temin edilebilir fakat -
korozyon sorunu yüksektir. Diğer taraftan, seçi -
len malzemenin lehim veya kaynak yapılabilme -
özelliği de göz önünde bulundurulmalıdır. Bakı -
rın lehimi kolay ama pahalıdır. Alüminyumun -
başka bir metal ile lehim veya kaynağı ise çok -
zordur. Yutucu yüzeylerde ışınım geçirilmedi -
ğinden, belli bir dalga boyunda, yansıma ve -
yutma oranlarının toplamı birdir. Ayrıca Kirchoff -
kanununa göre ısı denge halinde belli bir dal -
ga boyunda, yutma ve yayma oranları birbirine -
eşittir [6]. Siyah boyaların güneş ışınımı yut -
ma oranı yüksek olduğu gibi ışınım yayma -
oranları da (uzun dalga boyulu ışınım yutuculu -

nı geliş açısına bağlı olarak yansıtır. İdeal si -
yah cisim aynı zamanda ısı ışınım için gerçek -
yayıcıdır. İdeal yutucu yüzey ise, kısa dalga -
boyulu ışınımın tamamını yutan, ancak uzun -
dalga boyulu ışınım yayıcılığı olmayan yüzey -
lerdir. Kısa dalga boyulu ışınımın tamamına ya -
kınını yutan ve uzun dalga boyulu ışınım yayı -
cılığı az olan yüzeylere seçici yüzey adı verilir. -
Seçici yüzeylerin, güneş ışınımını yutma ora -
nını, uzun dalga boyulu ısı ışınım yayma ora -
nına bölümüyle elde edilen değer, seçici yüzey -
lerin iyilik derecesi hakkında bir bilgi verir. Ge -
nellikle seçici yüzeylerde oranı 4 değerinden -
daha büyüktür. Uygulamada yayma oranı çok -
küçülünce yutma oranı da küçülmemektedir. Bu -
sebeple de, oranın çok büyük olması, çoğu za -
man seçici yüzeyin daha iyi olduğunu belirt -
mez. Seçici yüzey elde edilmesinde önce, yü -
zey temizlenir, sonra asit banyosuna tabi tutu -
lur. Uzun dalga boyulu ışınımı yansıtma oranı -
büyük (uzun dalga boyulu ışınım yayma oranı -
düşük) metaller, güneş ışınımını yutma ora -
nı büyük olan bir madde ile ince bir film halinde -
kaplanır. Kaplamalar, kimyasal banyo, püskürt -
me veya elektrotlama ile gerçekleştirilir [1, 2, -
3, 4, 7].

Seçici Yüzeyli ve Seçici Boyalı Kolektörler

Seçici yüzeyin bakır panele göre farklılığı, ko -
lektörün iç panelinden ön cama doğru olan ış -
nıma bağlı olarak düşük ısı yayılımına sahip -
olmasından dolayı daha az ısı kaybına sahip -
olmasıdır. Bu, özellikle iç panel sıcaklığının -
yüksek olması, çevre sıcaklığının düşük ol -
ması ve güneş ışınımının az olması duru -
munda yüksek verim sağlamaktadır. Seçici yü -
zeye sahip kolektörler sayesinde bulutlu hava -
larda ve kışın; sıcak su elde etme olanağına -
sahip olunabilmektedir veya normal zamanlar -
da daha sıcak su elde edilebilmektedir. Şekil 1

dikkate alınarak, seçici yüzeyli kolektörlerin -
elemanları aşağıda verildiği gibi olabilir:

1-İç Panel: Bakır kanatçıklar seçici yüzeylerin -
bakır borulara ultrasonik kaynakla dikilmesi sa -
yesinde yapılmalıdır. Bu yöntem metalden me -
tale hiçbir katkı maddesi olmadan direkt ısı ge -
çiş sağlamaktadır ve geleneksel kaynak tek -
nolojilerinin sonradan yaşadığı korozyonu ve -
dolayısıyla verim kaybını önlemektedir. Seçici -
yüzey nikel üzerine siyah kromun kaplanma -
sıyla elde edilmekte ve yüksek ısı ve optik -
özelliklere sahip olmaktadır. Kanatçıklardaki

sek verime ve yüksek doyum sıcaklığına sahip -
olmakta ve düşük güneş ışınımına sahip bu -
lutlu günlerde daha iyi çalışmaktadır. Şekil 1 -
dikkate alınarak, seçici yüzeylerden farklı, seçi -
ci boyalı kolektörlerin iç paneli aşağıda verildi -
ği gibi olabilir:

1-İç Panel: Ekstürize ve kendinden kanallı alü -
minyum kanatçıklar, manifold borularına kay -
nakla tutturulmalıdır. İç panel özel işlemlerle -
seçici boya ile boyanmalıdır. Veya, bakır kanat -
çıklar manifold borularına kaynakla tutturulma -
lıdır [5].

borular manifold borularına kaynakla birleştiril - mişlerdir.

2- Alt Taban: Dışarı gaz sızıntısını önlemek için gofrajlı alüminyumdan yapılmalıdır.

3- Üst Örtü: Yüksek optik özelliklere ve daya - nıklılığa sahip 4 mm kalınlığında düşük demir - li temperli camdan yapılmalıdır. Güneş enerji - si ve ışık geçirgenliği yüksek olmalıdır.

4- Yalıtım: Alt tabana doğru olan ısı kaybını ön - lemek için cam yünü kullanılmalıdır.

5- Kasa: Elektrostatik toz boyama ile kaplan - malıdır.

6- Cam Lastiği: Sıcaklık farklılıklarına ve UV ışınlarına karşı yüksek oranda dirençli olma - lıdır. Çerçevenin ve camın sıcaklık farklılıkları - na bağlı genişlemesini emmelidir.

7- Conta: Kasa ile manifold boruları arasındaki teması sağlamalıdır.

8- Kasa Yalıtımı: Kasaya doğru olan ısı kaybı - nı önleyen cam yünü olmalıdır.

9- Cam Çıtası: Camın kasaya sabitlenmesini sağlamalıdır. Elektrostatik toz boyama ile kap - lanmış olmalıdır [8].

Seçici boyalar iyi optik ve ısıl özelliklere sahip olmasından dolayı 0.3 µm - 2.5 µm arası dalga boyuna sahip gün ışığında yüksek güneş enerjisi yutuculuğuna ve ısıl kızıl ötesi ışınım - da yüksek yansıtma gücüne sahiptir. Bu saye - de hem alüminyum hem de bakır yüzeyler üze - rinde seçici özellikleri elde edilmekte yani yük - sek güneş enerjisi yutuculuğuna ve düşük kı - zıl ötesi ısıl yayma özelliğine sahip olunmakta - dır. Seçici boyalı iç panele sahip kolektörler sı - radan siyah boyalı kolektörlerle karşılaştırıl - dığında %30 değerine varan oranda daha yük -

Akışkan boruların içinde ilerler ve akışkanın ısı alış verişi boru çeperlerinde olur. Borular içindeki akışın düzgün olduğu ve akışkan sı - caklığının sadece akış yönünde değiştiği ka - bul edilebilir. Ayrıca boru cidarlarındaki ve lev - ha kalınlığına sıcaklık gradyeni de ihmal edi - lebilir. Akışa dik olan herhangi bir kesitte yüzey sıcaklığı, boruların bulunduğu kısımda aşağı yukarı akışkan sıcaklığına eşittir ve borular arasında daha yüksektir. Akış doğrultusunda, yüzey sıcaklığı logaritmik olarak artmaktadır. Artış miktarı, kolektör tipine, akışkan giriş sı - caklığına, kolektör üzerine gelen güneş ışını - mı ve ısı kayıplarına bağlı olarak değişir. Bo - rular ile yutucu yüzey bağlantısı farklı şekiller - de yapılabilir. Roll-Bond tipi kolektörlerde bir - leştirme ısıl direnci olmadığından akışkanla çevre arasındaki ısı geçiş katsayısı, diğer tipe - re göre daha küçüktür. Kelepçeli birleştirmeler - de, yutucu yüzeyle boru arasındaki açıklık ka - labileceğinden çevreye olan ısı kaybı büyüktür.

Kolektörlerin güneş ışınımı alamayan alt ve yan kısımlarından olan ısı kayıplarının azaltıl - ması için, ısı iletim katsayısı küçük malzeme - lerle kaplanır. Yalıtım malzemesi seçilirken ısı iletim katsayısı yanında, yüksek sıcaklığa da - yanabilirliği, neme direnci şekil değiştirme, yanma ve genişleme özelliği de göz önünde bulundurulur. Cam yünü, stropor ve poliüretan ısı iletim katsayılarının küçüklüğü ve hafifliği nedeniyle en çok tercih edilen kolektör yalıtım malzemeleridir. Cam yünü yüksek sıcaklığa dayanıklı olduğundan, yüksek sıcaklıklara çıkı - lan kolektörlerde, stropor veya poliüretan üzeri -

ne, kolektör levha tarafına cam yünü konur. Ya - lıtım malzemesi ile yalıtım malzemesi arasında bir hava boşluğu bırakılması ve yalıtım malze - mesinin üzeri ışınım yansıtma oranı büyük olan alüminyum folyo ile kaplanması durumun - da ısı kaybı daha az olur ve yalıtım malzeme - si yüksek sıcaklığa çıkmaz. Yalıtım malzemesi kalınlığı, yutucu yüzey sıcaklığı ile çevre sı - caklığı arasındaki farka bağlı olarak seçilir. Yüksek sıcaklıklara çıkılan kolektörlerde, yalı - tım kalınlığı artırılmalı ve yalıtım malzemesinin toplam ısı geçiş katsayısı 0.5 W/(m²K) değe - rinden daha küçük olmalıdır.

Düzlemsel güneş kolektörlerinin kasaları, ge - nellikle alüminyumdan yapılmaktadır. Kullanı - lan diğer malzemeler, cam takviyeli plastik

dan, sistem verimi de kolektör sayısına bağlı olarak küçülür. Bu sebeple, dörtten fazla kolektörün birbiri ile seri bağlanmamasına dikkat edi - lir. Paralel bağlı kolektörlerde, akışkanın bütün kolektörlere giriş sıcaklığı yaklaşık olduğun - dan kolektör verimi, aynı sayıda kolektörlere göre daha yüksektir. Fakat basınç daha fazla dolayısıyla pompa gücü daha büyüktür. Birbiri - ne paralel bağlı çok sayıdaki kolektörde kulla - nılan dağıtma borusunun çapı yeterli büyüklük - te değilse veya her kolektöre giriş için bağlan - tı borusu çapları değiştirilmiyorsa, orta kısım - lardaki kolektörlerde kısa devre olabilir. Bu se - beple de çok sayıda kolektör paralel bağlan - maz, seri ve paralel bağlama bir arada yapılır.

Büyük sistemlerde, belli bir yüzeye yerleştiril -

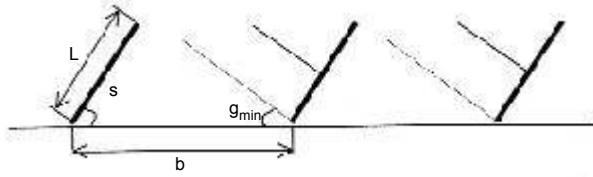
(GRP), polipropilen, PVC, galvanizli çelik ve paslanmaz çeliktir. Kolektör kasası olarak kullanılan levha alüminyum veya paslanmaz çeliğin mekanik özellikleri ve atmosfer şartlarına dayanıklılıkları iyidir. Çeliğin mekanik özellikleri de iyi olmasında rağmen atmosfer şartlarında pek dayanmaz. Korozyon nedeniyle tahrip olmaktadır. Bununla beraber iyi kalite sıcak çekilmiş galvanizli sac kuru hava şartlarında 20 yıl kadar kullanılabilir. Kolektörlerin konulduğu yerler daha ziyade çatı gibi yüksek yerler olduğundan bakım gerektiren malzemeler önerilmemelidir. Polimerik malzemelerin birçoğu alüminyum ve paslanmaz çelikten daha ucuzdur. Fakat atmosferik şartlara dayanıklılıkları tam olarak denenmemiştir. Isıl genişleme katsayılarının yüksek olması, morötesi güneş ışınımından bozulmaları ve yanıcı olmaları önemli eksileridir. Propilen ve PVC malzemesine göre cam takviyeli plastik daha dayanıklıdır, fakat pahalıdır. Ağaç ve ağaç esaslı malzemeler daha ucuz olmalarına karşın dış şartlara dayanıklı değildir. Sonuç olarak, en uygun kasa malzemeler alüminyum, paslanmaz çelik ve cam takviyeli plastiktir.

Kolektörlerin birbirleriyle birleştirilme şekilleri, birim kolektörde toplanan ışınım miktarını değiştirir. Birbirine seri bağlı kolektörlerde, basınç kaybı az ve gerekli pompa gücü küçük olmasına rağmen, akışkanın kolektöre giriş sıcaklığı kolektör sayısına bağlı olarak arttığı

len kolektörlerin birbirlerini gölgelememeleri için, eğimlerine bağlı olarak aralarında belli bir uzaklıkta bırakılmalıdır (Şekil 2). Kolektörlerin eğimi s ve uzunluğu L ise aralarındaki uzaklık Denklem 1 ile hesaplanabilir.

$$b \geq \frac{\sin(g_{\min} + s)L}{\sin g_{\min}} \quad (1)$$

Denklem 1 ile verilen, g_{\min} , güneş yükseklik açısı γ ve güneş azimut açısı α_g olmak üzere Denklem 2 ile hesaplanır.



Şekil 2. Kolektörler arası uzaklık [2]

$$\tan g_{\min} = \frac{\tan \gamma}{\cos \alpha_g} \quad (2)$$

Güneş yükseklik ve güneş azimut açıları, yılın günlerin ve günün saatlerine göre değişir. Bu nedenle, kolektörler arasındaki uzaklık, baca sistemden faydalanılan aylar için deklination açısının ortalama değerinde ve güneş

saatiyle 09:00 değerinden itibaren birbirini gölgelememesi göz önüne alınarak saptanır.

Duyulur ısı depolamasında en yaygın olarak kullanılan madde sudur. Su ile duyulur ısı depolamasının birçok artısı vardır:

- Su, ucuzdur ve kolay temin edilir.
- Toksiklenme ve alevlenme özelliği yoktur.
- Fiziksel, kimyasal ve termodinamik özellikleri çok iyi bilinmektedir.
- Isı depolama özelliği iyidir (hacimsel özgül ısı sı büyüktür).
- Isıtma ve soğutma sistemleri için gerekli sıcaklık aralığında kararlı bir sıvı-buhar dengesine sahiptir.
- Isı geçişi ve akışkan dinamiği iyi bilinmektedir.
- Korozyon etkisini azaltan inhibitör teknolojisi gelişmiştir.

Suyun bu artıları yanında bazı eksileri de bu

len enerji aynı anda olduğu gibi farklı saatlerde de olabilir veya kayıp enerji dışında enerji girişi ve çıkışı olmayabilir. Depo içindeki suyun sıcaklığı da her noktada aynı değildir. Üst ve alt kısımları arasında sıcaklık gradyeni vardır. Depo sıcaklığının uniform olması için karıştırılması gerekir. Depo ile çevresi arasındaki ısı geçişi, depo ve çevre sıcaklıkları sırasıyla T_d ve $T_{dış}$ ve çevreye ısı geçişi yüzeyi A_d olmak üzere Denklem 4 ile hesaplanır.

$$Q_k = K_d A_d (T_d - T_{dış}) \quad (4)$$

Denklem 4 ile verilen, K_d depo ile çevresi arasındaki ısı geçiş katsayısıdır. Deponun geometrisine iç ve dış yüzeylerdeki ısı taşınım katsayısına ve yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı ile kalınlığına bağlıdır. Sıcak su depolarının üst yüzey alanı yan yüzey alanından daha küçüktür ve üst yüzeydeki ısı taşınım katsayısının yan yüzeylerdeki ısı taşınım kat

Suyun bu artışı yanında bazı eksileri de bulunmaktadır:

- Donduğu zaman genişlediğinden, donmaya karşı önlem alınmalıdır.
- Korozyon yapıcı özelliğinden dolayı depo içersine inhibitör eklenmelidir. -Suyun erime ve kaynama noktaları arasındaki fark küçüktür.
- Yüksek sıcaklıklarda enerji depolamak zordur.

Genel olarak su dolu bir tank sistem olarak göz önüne alınırsa enerji dengesi Denklem 3 gibi yazılabilir.

$$(m \cdot c_p)_d \cdot dT/dt = Q_t - Q_y - Q_k \quad (3)$$

Denklem 3 ile verilen, Q_t kolektörden gelen ısı miktarı, Q_y ihtiyaç için çekilen ısı miktarı, Q_k ise depo çevresine ısı kaybıdır. Depodaki suyun sıcaklığının değişimi, depodaki suyun ısı kapasitesi ile depoya gelen, depodan çekilen ve kayıp olan ısı miktarlarına bağlıdır. Uygulamada depodan ısı kaybı sürekli olmasına rağmen, (depo sıcaklığı çevre sıcaklığına eşit olana dek) depodan çekilen ve kolektörden gelen enerji miktarları günün saatlerine göre kesintilidir. Kolektörden depoya verilen enerji ve çeki

sayısına eşit alınması halinde, toplam ısı geçiş katsayısında yapılacak hata ihmal edilebilecek mertebededir. Depo duvarının iç yüzey sıcaklığı ile depodaki su sıcaklığı da birbirine çok yakındır. Bu nedenle iç yüzeylerdeki ısı taşınım katsayısının sonsuz olduğu kabul edilebilir. Ayrıca, depo iç yüzeyinde kullanılan metal malzemenin ısı direnci de çok küçüktür. Böylece, bu kabullerle depo için toplam ısı geçiş katsayısı, deponun yan yüzeylerindeki toplam ısı geçiş katsayısına yaklaşık eşit alınabilir. Aynı hacim ve yükseklikteki kübik ve silindirik depolar için (KA)d değerleri kübik depolara göre daha küçüktür. Her iki tip depo için de yalıtım kalınlığı arttıkça (KA)d değeri logaritmik olarak azalmaktadır. Genel olarak iyi yalıtılmış depolar için K_d değeri 0.5 W/(mK) olmalıdır. Küresel depolar için K_d değeri diğer şekillerdeki depolara göre daha büyük olmasına rağmen aynı hacimdeki diğer depolara göre dış yüzey alanı çok daha küçüktür. Depodaki suyun sıcaklığı, depoya giren ve çıkan enerji miktarlarına bağlıdır. Depoya kolektörden enerji girişi olması ve gereksinim için depodan enerji çekilmesi durumunda, iyi karıştırılmış depolarda sıcaklığın uniform olduğu kabul edilebilir. Fakat, karıştırılmayan depoların alt ve üst kısımlarında sıcaklıklar farklıdır. Özellikle doğal do

laşımli sistemlerde bu fark oldukça büyüktür. Bazı sistemlerde kolektörden gelen su ile depodaki su karıştırılırken bazılarında ısı değiştiriciler kullanılır. Isı değiştiricisi kullanılması halinde, akışkanın kolektöre giriş sıcaklığı daha yüksek olduğundan, toplanan ısı daha az olmaktadır.

Sıcak su depolarında kullanılan malzemelerin korozyona dirençli, sızdırmaz ve uzun ömürlü olması istenir. Uygulamada galvanizli sac, alüminyum, beton ve fiberglas depolar yapılmaktadır. Depoların dış kısmı 4-6 cm kalınlığında cam yünü, stropor ve diğer ısı yalıtım malzemeleri ile kaplanarak çevreye ısı geçişi azaltılır. Sıcak su tanklarının geometrisinin seçiminde imalat kolaylığı ve birim hacimdeki ısı geçiş yüzeyi göz önüne alınır. Aynı hacimdeki, küresel bir tankın ısı geçiş yüzeyi, kübik ve silindirik tanklara göre daha küçüktür. Fakat, küresel tankların imalatı zordur. Yüksekliği çapına eşit olan silindirik bir tankın dış yüzey alanı, aynı hacimdeki küresel tankın yüzey alanından %17 değerinde daha büyük ve kübik tankın yüzey alanından %3 değerinde daha küçüktür. Bu nedenle genellikle silindirik tanklar kullanılır

küçükse kolektör devresi pompası durdurulur. Bağlantı boruları, kolektör, depo ve yardımcı devre elemanlarını birbirine bağlayan borular ve ekleme barçalarıdır. Basınç kayıplarında ve tüm sistemin ataletinde boruların çaplarının ve tasarımının önemli etkisi vardır. Borulardaki yüksek basınç kaybı, yatırımda ve bakımda daha yüksek maliyete neden olur. Büyük çaplı borular, daha fazla malzeme gereksinimi ile daha yüksek maliyete neden olur. Enerji kayıplarının önemli bir bölümü de borularda meydana gelmektedir. Borularda kullanılacak yalıtım malzemesi en az 3 mm kalınlığında olmalıdır. Boru çapı 30 mm değerini aştığında, yalıtım malzemesinin kalınlığı kullanılan boru çapında olmalıdır. Ayrıca tüm bağlantı elemanları yalıtılmalıdır.

Yardımcı devre elemanları, sistemin daha iyi çalışmasına yardımcı olan, fark termostatu, genleşme deposu, ısı değiştirici, rezervuar, emniyet ventili, hava boşaltma musluğu, su boşaltma vanası, çek valf, su filtresi, dolaşım pompası gibi elemanlardır.

Fark termostatu, pompalı sistemlerde kolektör

Genleşme deposu, genellikle sınırlı alanlar kullanılır. Diğer taraftan, yüksekliği genişliğine göre büyük yük olan tanklarda, dış çevre ile ısı geçiş yüzey alanı artar, tankın alt ve üst noktaları arasındaki sıcaklık farkı yükselir. Sıcak su tanklarının büyüklüğü, tankın kullanıldığı sisteme ve iklim durumuna bağlıdır. Güneş enerjili sıcak su sistemlerinde, genellikle kolektör büyüklüğüne göre 1 m² kolektör yüzey alanı için 70-100 lt hacmindeki tanklar seçilir. Isıtma sistemlerinde ve havanın uzun süre kapalı olduğu bölgelerde depo hacmi daha büyük olmalıdır. Depo büyükçe, akışkanın kolektöre giriş sıcaklığı küçüldüğünden, kolektör verimi ve dolayısıyla toplanan ısı miktarı daha fazla olur. Fakat, depo sıcaklığının da belli bir değerin üstüne (sıcak su sistemlerinde 40°C değerinin üstünde) olması istenir. Bunun için de en uygun çözüm sıcaklık kontrollü çift depo kullanmaktır. Kolektörden gelen akışkan sıcaklığı ve yükten dönen akışkan sıcaklıkları depo sıcaklığıyla kontrol edilir. Kolektörden gelen akışkanın sıcaklığı; birinci depo sıcaklığından büyükse her iki depodan geçirilir, her iki depo sıcaklığından

Fark termostatı, pompalı sistemlerde kolektör ile depo arasındaki sıcaklık farkına bağlı olarak su dolaşım pompasını çalıştırıp durdurur; böylece kolektörde toplanan ısı enerjisinin en iyi şartlarda depoya aktarılmasını sağlayan elektronik bir kontrol cihazıdır. Fark termostatının sensörlerinin yerleri, çalıştırma, durdurma sıcaklıklarının değerleri ulaşılmak istenen kulanma suyu sıcaklığına göre saptanır.

Genleşme deposu, ısı değiştiricili sistemlerde ısı aktarma akışkanının ısınması sonucu meydana gelen hacimce genleşmeleri karşılayan yeterli büyüklükte bir elemandır. İki devreli su ısıtıcılarında, ısı toplama kapalı devresi, sistemde meydana gelebilecek en düşük ve en yüksek sıcaklıklar arasındaki fark, bu sıcaklıklar arasındaki sistem basınçları, ısı taşıyıcı akışkanın hacimce genleşme katsayısı ve ısı toplama devresinin hacmi göz önünde bulundurularak uygun büyüklük ve tipte genleşme deposu kullanılır. Genleşme deposu, en yüksek çalışma sıcaklığında veya en yüksek durgun durum sıcaklığında meydana gelecek, akışkan

22
2005

TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ, Sayı 86,

nın hacimce genleşmesini karşılayabilecek ve sistem soğuk iken gerekli olan en düşük basınçta akışkanın viskozitesi azalır, bu da cı da sağlayabilecek şekilde tasarlanmalıdır. santrifüj pompanın basma gücünü artırarak Soğuk iklimlerde donmayı önlemek amacıyla kolektör dolaşım sisteminin sıcak su dolaşımından ayrı olması gerekmektedir. Bu durumda güneşten alınan ısı değiştiricisi aracılığıyla verilir. Isı değiştiricisi tipinin seçiminde, tasarımda aşağıda verilen kriterler göz önüne alınmalıdır:

- Isı aktarım etkinliği
- Basınç düşmesi/güç tüketimi, debi
- Fiziksel tasarımı, biçimi, boyutları, yapıldığı malzeme
- Maliyet ve temin kolaylığı
- Kullanma suyu ile ısı taşıyıcı akışkanın karışmasından korunma derecesi
- Sızıntı saptaması, muayene ve bakım kolaylığı
- Sistemin diğer elemanları ile malzeme uyumu
- Sistemin çalışma sıcaklıkları, debi, akışkan ısı özellikleri vb. tasarım parametreleri ile ısı uygunluk.

Hava tahliye cihazı, sistemde biriken havayı dışarı atmaya yarayan ve otomatik çalışan bir cihazdır.

Su doldurma-boşaltma vanası, sisteme su doldurmaya veya sistemin suyunu boşaltmaya

- Su ısıtıcısında sıcaklık yükseldiğinde, ısı taşıyıcısının sıcaklığı yükseldiğinde, ısı taşıyıcısının viskozitesi azalır, bu da cı da sağlayabilecek şekilde tasarlanmalıdır. santrifüj pompanın basma gücünü artırarak debinin yükselmesine neden olur. Yükselen debi, yüksek sıcaklıktaki ısı aktarım verimini büyüterek, sistemin ısı performansını olumlu yönde etkiler.

Pozitif dönüş iletimli depolar, yalnızca yağlar ve karbonhidratlar gibi, soğukken yüksek viskoziteye sahip ısı taşıyıcı akışkanlarla çalıştırılan su ısıtıcılarında kullanılmalıdır. Su ısıtıcısında kullanılacak pompanın büyüklüğü, sistemin optimum debisi ile toplam basınç düşmesi dikkate alınarak seçilmelidir. Sistemin debisi, kolektörlerin veya ısı değiştiricilerinin özellikle ri göz önünde bulundurularak tayin edilir. Sistemin iyi bir ortalama verimle çalışabilmesi için debinin 1.10⁻⁴ m²s – 2.3.10⁻⁴ m²s arasında bir değere sahip olması gerekir [1, 2, 3, 4, 7, 9].

Çeşitli şirketlerin ürettikleri kolektörlere ait istatistiksel bilgiler Tablo 1 ile verilmiştir.

3. DOĞAL DOLAŞIMLI SİSTEMLER

Sıcak su gereksiniminin çok olmadığı durumlarda, özellikle konutlarda kullanılmaları yaygındır.

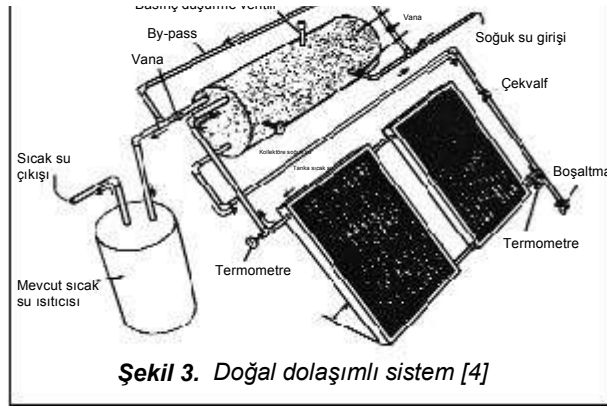


yarayan bir akış kesme elemanıdır.

Su filtresi, sisteme giren su içindeki kir, pislik vb. yabancı maddeleri tutan bir tesisat elemanıdır.

Zorlanmış dolaşimli su ısıtıcılarında, ısı taşıyıcı akışkanı kolektörlerle ısı değiştiricilerin içinde dolaştırmak için, santrifüj ya da pozitif dönüş iletimli pompa kullanılmalıdır. Santrifüj pompaların, pozitif iletimli pompalara göre aşağıda verilen artılara sahip olduğundan, küçük güçlü santrifüj pompalar seçilmelidir:

- Akışkan devresinin tıkanması sebebiyle dolaşımın kesilmesi durumunda, santrifüj pompa, devre basıncını anma değerinin çok az üstüne çıkarabildiği için, patlama tehlikesi olmadığı gibi devre elemanları ve pompanın kendisi zarara uğramaz.



Doğal dolaşımın olabilmesi için deponun kolektör üst seviyesinde olması gerekmektedir. Depo lama tankı altının alt seviyesi ile kolektör üst seviyesi arasındaki yükseklik 55 cm değerinden az olmamalıdır (Şekil 3). Suyun sistemde dolaşımı, kolektörde ısınan su ile daha soğuk olan deponun altındaki su

Tablo 1. Türkiye'de güneş kolektörü üreten bazı firmalara ait bilgiler [10]

| FİRMA | Model | Boyutlar (mm) | Yalıtım kalınlığı (mm) | Isı yalıtım katsayısı (W/m ² K) | Isı emilim katsayısı (%) | Isı transfer katsayısı (W/m ² K) | Isı kapasitesi (Wh/m ²) | Isı emilim katsayısı (%) | Isı transfer katsayısı (W/m ² K) | Isı kapasitesi (Wh/m ²) | Isı emilim katsayısı (%) | Isı transfer katsayısı (W/m ² K) | Isı kapasitesi (Wh/m ²) |
|---------|-------------|---------------|------------------------|--|--------------------------|---|-------------------------------------|--------------------------|---|-------------------------------------|--------------------------|---|-------------------------------------|
| FİRMA 7 | Düz 1215 | 1500 | 1.2 | 0.045 | 92 | 1.5 | 10000 | 92 | 1.5 | 10000 | 92 | 1.5 | 10000 |
| FİRMA 6 | Tek eksenli | 1400 | 1.5 | 0.045 | 92 | 1.5 | 10000 | 92 | 1.5 | 10000 | 92 | 1.5 | 10000 |
| FİRMA 5 | Düz 1215 | 1500 | 1.2 | 0.045 | 92 | 1.5 | 10000 | 92 | 1.5 | 10000 | 92 | 1.5 | 10000 |
| FİRMA 4 | Tek eksenli | 1400 | 1.2 | 0.045 | 92 | 1.5 | 10000 | 92 | 1.5 | 10000 | 92 | 1.5 | 10000 |
| FİRMA 3 | Tek eksenli | 1400 | 1.5 | 0.045 | 92 | 1.5 | 10000 | 92 | 1.5 | 10000 | 92 | 1.5 | 10000 |

rilir ve borularda hava toplanması önlenir. Sür -
tünme dirençlerini azaltmak için boruların çapı
en az 20 mm (3/4") olmalıdır. Doğal dolaşım
sistemde, suyun sistemde dolaşımına sağla -
yan basınç değeri, Şekil 4 ile açıklanmıştır.
Şekil 4 ile verilen sitemde, kolektörden depola -
ma tankına giden sıcak su borusu ile, depola -
ma tankından kolektöre gelen soğuk su boru -
sunun yüksekliği (kolektör eksenidepo eksenide)
'H' ile gösterilmiştir. Bu iki borudaki sıcak ve

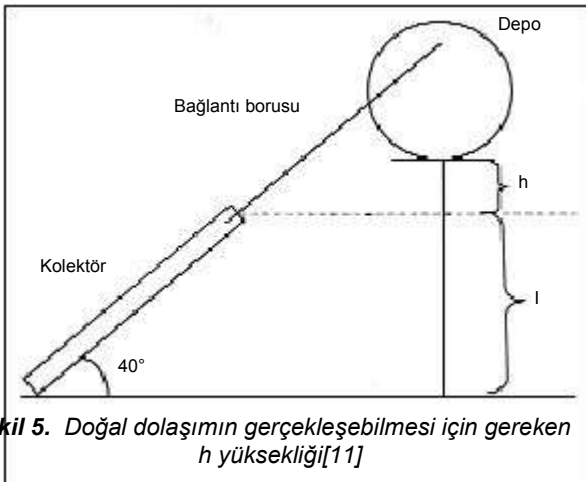
dönüş borularındaki su özgül ağırlıkları farkı
azalacağından, dolaşım kuvvetinin değeri de
düşecektir. Dolaşım kuvvetinin en düşük de -
ğerinde bile su sistemde dolaşabilmelidir. Su
yun sistemde dolaşımı sırasında, dolaşım
kuvveti boru sürtünme dirençleri ile bağlantı
parçalarının dirençleri toplamını yenebilmelidir.
Aksi takdirde sistem çalışmaz. Bu bakımdan,
boru tesisinin dirençleri azaltacak şekilde ya -
pılması son derece önemlidir. Mümkün olduğu
kadar az bağlantı parçası kullanmak ve yatay

boru uzunluklarını azaltmak sistemin daha ra -
hat çalışmasını sağlar. Bu noktada deponun
kurulduğu yükseklik de büyük önem taşımak
tadır.

Doğal dolaşım sıcak su sistemlerinin ısı
analizi oldukça karışıktır. Sistemde dolaşan
akışkanın debisi, kolektör üzerine gelen gü -
neş ışınımını, kolektör ile depo arasındaki
uzaklık sistemdeki sürtünme ve yerel kayıplar,

(Şekil 5), $d_{s0} = 976.56 \text{ kg/m}^3$ [12], $d_{s1} = 963.4$
 kg/m^3 [12], \square (boru kayıpları) = 20 mmSS
(Eğimli boru + 2 adet dirsek) [13], $P_e \square$ (boru
kayıpları) için:

$H \cdot (976.56 - 963.4) \text{ kg/m}^3 \text{ Z } 20 \text{ mmSS}$
 $(h+0.7+0.275) \text{ m} \cdot (976.56-963.4) \text{ kg/m}^3 \text{ Z } 20$
 mmSS
 $(h + 0.975) \text{ m} \cdot 13.16 \text{ kg/m}^3 \text{ Z } 20 \text{ mmSS}$
 $h \text{ Z } 0.54 \text{ m}$



Şekil 5. Doğal dolaşımın gerçekleşebilmesi için gereken h yüksekliği[11]

kolektör konstrüksiyonu gibi çok sayıda de -
ğış kene bağlıdır. Genel olarak, sık kullanılan do -
ğal dolaşım basit sıcak su sistemlerinde
akışkanın kolektöre giriş ve çıkış sıcaklıkları
arasındaki fark, açık havalarda yaklaşık 10°C
ve akışkanın debisi yaklaşık 0.009 kg/s de -
ğerindedir. Sistemde dolaşan akışkan debisi kü -
çük olduğundan, deponun üst noktasındaki sı -
caklık alt noktasındaki sıcaklıktan daha büyük -
tür.

Doğal dolaşımın sağlanabilmesi için $P_e \text{ Z}$
 \square (boru kayıpları) olmalıdır. P_e suyun hareketi -
ni sağlayan etken basınç ve boru kayıpları ko -
lektör depo arasındaki iki dirsekli eğik boru ol -
mak üzere, örnek hesaplama aşağıda verildiği
gibidir:

Hesaplamalardan görüldüğü gibi sağlıklı bir
doğal dolaşımın sağlanabilmesi için depo ko -
lektör üst seviyesinden en az 55 cm daha yük -
seğe yerleştirilmelidir. Bu yükseklik doğal dola -
şım sıcak su ısıtma sistemlerinde kritik depo yük -
sekliğidir.

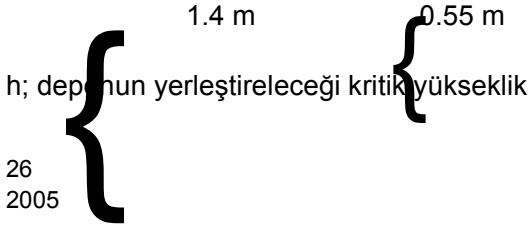
Güneşsiz gündüzleri ve geceleri sistemden
sürekli sıcak su alınması isteniyorsa, sıcak su
üzerine bir ek ısıtıcı konulabilir. Gerek güneşli
ısıtıcıdan gerekse ek ısıtıcıdan gelen sıcak su,
bir karıştırma vanası ile karıştırılabilir. Siste -
min soğuk kış günlerinde donmasını önlemek
için kolektörlerin alt seviyesine bir boşaltma
vanası konulmalıdır. Sistem soğuk su basıncı
etkisi altındadır. Bu bakımdan kolektör ve de -
polama tankının basınca dayanıklı olması ge -
rekmemektedir. Depolama tankının su ile dolabil -
mesi için üst kısımda otomatik bir hava sorun -
lar da bulunmaktadır:

- Sıcak su üretim kapasitesi azdır. Kolektörler
de dolaşım yavaş olduğundan su sıcaklığı
daha yüksektir. Kolektörlerde dolaşan suyun
sıcaklığı düşük olduğu sürece verim daha
yüksek olacağından, doğal dolaşım sistem -
lerin verimi daha düşüktür.

- Antifiriz kullanılmayan direkt doğal dolaşım
sistem kışın donma tehlikesi ile karşı karşı -
yadır. Antifiriz kullanılmadığından sistem için -
den paslanır, suda bulunan sertlik yapıcı ve
artık maddeler borularda kalarak çalışmayı

$$P_e = H \cdot (d_{s0} - d_{s1}) \text{ [mmSS]}$$

$$H = h + (\text{kolektör uzuluğu})/2 + (\text{depo çapı})/2$$



26
2005

kolay da olmayabilir.

- Sistemin bazı noktalarında olabilecek hava birikmeleri çalışmayı olumsuz yönde etkileyeceğinden, boru tesisi çok titiz yapılmalıdır. Sürtünme kayıplarını en aza indirebilmek için boru bağlantılarının kısa ve dikey olması sağlanmalıdır. Sürtünme kayıplarını azaltmak için daha büyük çaplı boru kullanılması gerekeceğinden sistemin maaliyeti artabilir.
- Sürtünme kayıplarının en fazla olduğu kısım kolektör olacağından kolektör boru çapları 20 mm (3/4") den küçük olmamalıdır. Kolektör boruları paralel olmalıdır [1, 2, 3, 4, 11].

4. VERİM ARTIRMA OLANAKLARI

Cam Kaplama

Verimi yüksek kolektörler yansımaları düşük, geçirgenliği yüksek özel bir camla kaplanmışlardır. Eğik gelen ışınların tümünün soğurucu levhaya ulaşması ancak böyle sağlanır. Özel camdaki demir payı ne kadar az olursa, ışık geçirgenliği o denli yüksek olur. Cam yüzey ile kasa birbirleri ile toz ve su geçirmeyecek şekilde birleşmiş olmalıdır.

Isı Yalıtımı

Kolektörün içindeki yalıtım etkin olmalıdır. Bunun için yalnızca mineral içeren malzemelerden yapılmış parçalar kullanılmalıdır.

Kasa

Güneş kolektörü ile çatı örtüsünün bağlantısı çatının sızdırmazlığını sürekli olarak sağlayacak şekilde olmalıdır. Kolektör çatı örtüsüne hiç bir boşluk kalmayacak şekilde kurulmalıdır.

Soğurucu Levha

Yalnızca siyah renkte bir kaplama soğurucu levhanın en üst düzeyde ısınabilmesine olanak verir. Soğurulan enerjinin yeniden geri ışımaması için kaplamanın yüksek seçici olması gereklidir. Yani bir taraftan ışık için yüksek bir geçirgenlik sağlamalı diğer yandan ısı ışınları geçirgenliği sıfıra yakın olmalıdır.

Maliyet

Kolektörün çatıya kurulması, kaliteli bir malzeme

olumsuz yönde etkiler.

- Depolama tankının kolektörlerin üst seviyesinde olması konstrüksiyon zorlukları yaratabilir. Çatıya yerleştirilmiş bir depolama tankının akması sonucu, duvar ve tavanlara verilebilecek zarar dikkate alınmalıdır. Tavan arasında konacak bir depolama tankına ulaşmak

TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ, Sayı 86,

Malzemeler

Kolektörler uzun süre her türlü hava koşuluna maruz kalırlar. Kasa için yalnızca sağlam hammaddeler kullanılmalıdır.

Sistem ve Depo

- Isı geçiş yüzeyini artırmak için sıcak akışkanı taşıyan borular enerji deposunda daha fazla dolaştırılmalıdır.
- Daha fazla ısı geçiş yüzeyi elde etmek için taşıyıcı borular kanatlandırılmalıdır.
- Zaman faktörü depolama ile doğru orantılı olduğundan sıcak akışkan depodaki borularda daha yavaş dolaştırılmalıdır.
- Kolektör üzerine gelen güneş ışınımından daha fazla yararlanmak için ışınım yoğunlaştırıcı kolektörler kullanılmalıdır.
- Güneş ışınımından her saatte maksimum yararlanmak için kolektörler, güneş ışınımını izlemek üzere, elle veya otomatik olarak hareketi sağlanacak uygunlukta yapılmalıdır.
- Sistem ve depo verimi eğrileri dikkate alındığında faz değişim maddesi olarak "CaCl₂.6H₂O" kullanılmalıdır [14].

Kolektörün Yatayla Yaptığı Eğim

Kolektörün yatayla yaptığı eğim açısı için, kolektörün bulunduğu yerin enlem derecesi (f) dikkate alınarak Tablo 2 ile verilen değerler kullanılmalıdır. İstenilen mevsime göre ve yıllık olarak ortalama eğim açısı hesaplanarak, uygun bir eğim açısı seçilmelidir.

Tablo 2. En uygun eğim açısı seçimi [15]

| Aylar | Yıl içindeki gün sayısı | En uygun eğim açısı (°) |
|---------|-------------------------|-------------------------|
| Ocak | 17 | 0.89f + 29° |
| Şubat | 47 | 0.97f + 17° |
| Mart | 75 | f + 4° |
| Nisan | 105 | f - 10° |
| Mayıs | 135 | 0.93f - 24° |
| Haziran | 162 | 0.87f - 34° |
| Temmuz | 198 | 0.89f - 30° |
| Ağustos | 228 | 0.97f - 17° |
| Eylül | 25 | 8f - 2° |

Kolektörün çatıya kurulumu önemli bir maliyet faktörü olabilir. İyi bir güneş kolektörü çatıya kolayca kurulabilmelidir.

| | | |
|--------|-----|--------------------|
| Ekim | 288 | $f + 12^\circ$ |
| Kasım | 318 | $0.93f + 25^\circ$ |
| Aralık | 344 | $0.87f + 34^\circ$ |

SONUÇ

Türkiye coğrafi konumu itibarıyla güneş kuşağı içerisinde yer almakta olup güneş enerjisinden yararlanma potansiyeli, Doğu Karadeniz Bölgesi dışında tüm bölgelerimiz için önemle ele alınması gereken bir büyüklüktedir. Güneş enerjisinden su ısıtma, konut ısıtma, pişirme, kurutma, soğutma gibi ısı amaçlarıyla yararlanılabileceği gibi, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek de olanaklıdır. Türkiye'nin sahip olduğu yüksek güneş enerjisi potansiyeli, beyin gücü ve teknoloji geliştirmeye gereken önemi vererek değerlendirilmeli ve yalnızca gelişmiş ülkelerin bir pazarı olmamalıdır. Bunun için de güneş enerjisi uygulamalarının yaygınlaşip gelişmesini sağlayacak kurumsal altyapı oluşturulmalı ve gerekli yasal düzenlemeler yapılmalıdır. Uygulamaya yönelik verimli ve maliyet etkin çözümler geliştirilmesi için, araştırmalara kaynak ayrılmalı, ilgili firma ve kullanıcılar teşviklerle desteklenmelidir.

Bugün Türkiye'de su ısıtma amaçlı 2.5-3 milyon m² kurulu kolektör alanı olup, yıllık kolektör üretimi 400-500 bin m² düzeyindedir. Kurulu kolektör alanıyla güneşten kazanılan enerji yılda 120 bin TEP (ton eşdeğer petrol) kadardır. Son yıllarda üretilen kolektörlerin üçte biri aşkın bölümünün ihraç edildiği gözlenmektedir. Kolektör sanayisinde kaliteli üretimin kontrolü ve desteklenmesi gereklidir. Türkiye'de düzlemsel güneş kolektörleri ve güneşli su ısıtma sistemlerine ilişkin standartlar bulunmakla birlikte, teknolojinin hızla gelişmesi nedeniyle, bunların yenilenmesi gerekmektedir. Güneşli soğutma teknolojileri, tarımsal ürünlerin ve gıda sanayi ürünlerinin saklanması açısından, Türkiye için üzerinde durulması gereken bir seçenektir.

Üzerinde önemle durulması gereken bir konuda, konutların güneş enerjisinden pasif olarak yararlanmaları için ileri malzemelerden yararlanarak yeni çözümler geliştirmek, bu bilgileri yaymak ve uygulamalarını teşvik etmektir. Konu güneş mimarisi ile bütünlük bir mühendislik konusu olarak ele alınmalı ve yerleşim alanları ölçeğinde geliştirilmelidir. Güneş mimarisinin başarılı olması için yasaları da

kapsayan yeni bir mevzuat hazırlanmalıdır.

Güneş enerjisine dayalı ısı elektrik santrallerinin büyük güçlerde olanları fosil yakıtlarla (özellikle doğalgazla) birleşik çevrimler kapsamında hibrid santral olarak geliştirilmektedir. Teknik ve ekonomik açıdan başarılı ilk uygulaması Amerika Birleşik Devletleri'nde (Luz Santrali, 354 MW) yapılmıştır. Türkiye'nin bu teknolojiyi yakından izlemesi gerekmektedir. Türkiye'de de Güneş-Doğalgaz Hibrid Termik Santrali kurulması konusunun gündeme alınması ve incelenmesinde yarar görülmektedir.

Güneş fotovoltaik sistemleri iletişim, trafik sinyalizasyonu, otoyollarda aydınlatma, orman kuleleri, deniz fenerleri, park ve bahçe aydınlatması, şebekeden uzak kırsal bölgelerde elektrik gereksiniminin karşılanması gibi öncelikli uygulama alanları bulabilirler. Bu sistemler, uzun dönemde birkaç yüz kW değerinin üzerindeki üretim birimleri ile ulusal elektrik ağına bağlantılı biçimde de çalışabilirler. Dünyada örnekleri olan bu tür kullanımlar pilot uygulamalarla Türkiye'de de başlatılmalı ve fotovoltaik panellerin ekonomikliğine bağlı biçimde geliştirilmelidir. Fotovoltaik çevrimle güneşten elektrik enerjisi üretiminde kullanılan fotovoltaik panellerin yerli üretimine olanak sağlayacak araştırmalar desteklenmelidir [16 ,17].

EK 1. TÜRKÇE BİLİM VE TEKNİK DİLİ

Makina ve tesisat mühendisliğindeki yabancı kökenli bazı terimlerin yazım kuralı veya anlam açısından yanlış kullanılmakta olduğu görülmektedir. Özellikle; makina, ısı, sıcaklık, kolektör,... gibi terimlerin yanlış ve doğru kullanımları üzerine bazı bilgiler aşağıda verilmiştir:

Makina, ısı, sıcaklık ve kolektör terimleri sözlüklerde aşağıda verildiği biçimlerde tanımlanmaktadır[18]:

Makine veya Makina: (isim, Yunanca: mek-hos, alet, araç, mekhane, İtalyanca: macchina), Herhangi bir enerji türünü başka bir enerjiye dönüştürmek veya belli bir etki meydana getirmek için birleştirilmiş mekanizmalar bütünü,
Isı: (isim, eski Türkçe: ısığ), Bir cismin veya bir

yerin sıcaklığını artıran fiziksel güç, sıcaklık: vücut ısısı, güneşin ısısı. Sıcak veya soğuk cisimlerin üzerimizde yaptığı etki sonucu duyular. Günümüzde SI birim sisteminde kullanı - larımız tarafından algılanabilen enerji şekillelen sıcaklık ölçeği celcius ölçeğidir. Bu ölçek - rinden biri, ısı: (sıfat), sıcaklık derecesi yüksek olan, sıcak,

Sıcaklık: (isim, sıcak'tan sıcak-lık), Sıcak olan bir şeyin durumu veya etkisi, bir cismin ısınma durumunu gösteren bir büyüklüktür, sıcak: (sı - fat, eski Türkçe: ısığ, sıcaklıktan ısığ-cak, ısı - cak), yakmayacak derecede ısı veren, üşümelanılan "güneş kolektörü" terimi yerine, "gü - neş kolektörü veya toplayıcısı" terimleri kul -

Kolektör: (isim, Fransızca: collecteur, eşanlanılmaktadır. Doğru kullanım ise, "güneş ko - lamlısı: toplaç), Küçük kesitli birçok borudan gelen bir akışkanın toplandığı boru. Birkaç bo - ruya dağıtılacak bir akışkanın toplandığı ana boru, toplaç: (isim, toplamaktan'tan topla-ç), kolektör.

Bu terimlerin çeşitli kaynaklarda yer alan kar - şılıkları Tablo EK 1 ile verilmiştir. Tablo EK 1 ile verilen terimler incelendiğinde aşağıda ve - rilen sonuçlara varılabilir:

- Sözlüklerde "makina veya makine" olarak geçmesine ve yazım kılavuzlarında "makina" terimine rastlanılmamasına rağmen, TMMOB Makina Mühendisleri Odası tarafından da ka - bul edilen "makina" terimi, "makine" yerine kullanılmalıdır.
- Çok çeşitli bilimsel ve teknik eserlerde, sözlü ve yazılı basında, çeşitli ilanlarda,... ısı ve sıcaklık terimlerinin sürekli yanlış kullanı - lı olduğu görülmektedir. Isı, iki sistem arasında (veya sistem ile çevresi arasında) sıcaklık farkından dolayı gerçekleşen enerji geçişidir. Yani, enerji geçişi sadece sıcaklık farkından dolayı gerçekleşmişse ısı diye ta - nımlanır. Aynı sıcaklıktaki iki sistem arasında ısı geçişi olmaz. Isı, enerji geçişini vurgular. Isı sadece sistem sınırlarını geçişi sırasında tanımlanabilir. Sıcak cisimlerden soğuk cisim - lere doğru ısı geçişi olur. Isının birimi, enerji birimi olan jouledur. Soğuk ve sıcak kavram - larını bilmemize rağmen, sıcaklığın tam bir tanımını yapmak zordur. Vücut duyularımıza dayanarak, sıcaklık düzeyini dondurucu so - ğuk, ılık, sıcak, ateş gibi sözcüklerle görece - li olarak ifade edebiliriz. Bazı maddelerin bazı özelliklerinin sıcaklıkta, tekrarlanabilir ve tah -

min edilebilir bir biçimde değişmesi, hassas sıcaklık ölçümleri yapabilmemize olanak sağ - lar. Günümüzde SI birim sisteminde kullanı - larımız tarafından algılanabilen enerji şekillelen sıcaklık ölçeği celcius ölçeğidir. Bu ölçek - te, suyun donma ve kaynama noktaları dikka - te alınarak skalalar oluşturulabilir. Sonuç ola - rak, sıcaklık termodinamik bir özeldir ve biri - mi "°C, °F, K,..." gibi sıcaklık ölçeklerinden bi - ridir [19].

- Özellikle güneş enerjisi uygulamalarında kul - lanılan "güneş kolektörü" terimi yerine, "gü - neş kolektörü veya toplayıcısı" terimleri kul - lanılmalıdır.

Tablo EK 1.Terimler [20, 21, 22, 23, 24]

| İngilizce karşılığı | Yazım kılavuzunda var | Yazım kılavuzunda yok | Önerilen/Doğru kullanım |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| Machine | Makine | Makina | Makina |
| Heat | Isı | | Isı |
| Temperature | Sıcaklık | | Sıcaklık |
| Collector | Kolektör/Toplaç | Kollektör/Toplayıcı | Kolektör/Toplaç |

KAYNAKLAR

- [1] Kılıç, A, Öztürk, A, Güneş Işınımı ve Düz Toplayıcılar, SEGEM Sınai Eğitim ve Ge - liştirme Merkezi Genel Müdürlüğü, Ankara, 1984.
- [2] Kılıç, A, Öztürk, A, Güneş Enerjisi, Kipaş Dağıtımcılık, İstanbul, 1983.
- [3] Tırıs, M, Tırıs, Ç, Erdalli, Y, Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri, TÜBİTAK-MAM Ener - jisi Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü, Kocaeli, 1997.
- [4] Uyarel, Y, Öz, ES, Güneş Enerjisi ve Uygu - lamaları, Birsan Yayınevi, İstanbul, 1990.
- [5] Selektif Boyalı Kollektörler: <http://www.can-metal.com.tr/gunes.html>
- [6] Çengel, YA, Heat Transfer A Practical App - roach, Second Edition, McGraw-Hill, 2003.
- [7] TS3817 T1:2003, "Güneş Enerjisi-Su Isıt - ma Sistemlerinin Yapım Tesis ve İşletme Kuralları", TSE, Ankara, 1994.
- [8] Selektif Yüzeyli Kollektörler: <http://www.can-metal.com.tr/elektrostatik.html>
- [9] Duffie, JA, Beckman, WA, Solar Engine - ering of Thermal Proseses, John Wiley &

- Sons, Inc., 1991.
- [10] Baymak Mak. San. ve Tic. A.Ş. : <http://www.baymak.com.tr>, Beta Teknik San. ve Tic. A.Ş.:<http://www.betatek.com.tr>, Can Metal Boya San. Ve Tic. A.Ş.:<http://www.canmetal.com.tr>, AGD Solar & DAĞSAN Solar:<http://www.agdsolar.com>, Gökçek Mühendislik İnci Metal İmalat ve Pazarlama:<http://www.incimetal.com>, Hüray Güneş Enerjisi Sistemleri Broşürü, Aslanlar Metal Sanayi Ltd.Şti.:<http://www.aslanlarmetal.com/anasayfa.htm>
- [11] Deniz, SE, "Güneş Enerjili Sıcak su Tesi satı", Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Kurulum Projesi, (Proje Yöneticisi: Yard.Doç.Dr.Hüseyin Günerhan), İzmir, 2003.
- [12] Incropera, FP, DeWitt, DP, Introduction to Heat Transfer, Fourth Edition, John Wiley & Sons, 2002.
- [13] Randal, V, Giles, BS, Fluid Mechanics and Hydraulics, McGraw-Hill, 1962.
- [14] Çavuş, İ, "Güneş Kolektörlerinde Verim Arttırma Olanakları", Afyon Kocatepe Üniversitesi Uşak Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Bitirme Tezi, (Tez Yöneticisi: Yard.Doç.Dr.Hüseyin Günerhan), Uşak, 2003.
- [15] Nijegorodor N, Devan KRS, Jain PK, "Atmospheric transmittance models and an analytical method to predict the optimum slope on an absorber plate, variously orientated at any latitude", Renewable Energy 4:525, 1997.
- [16] TÜBİTAK-TTGV Bilim-Teknoloji-Sanayi Tartışmaları Platformu, Enerji Teknolojileri Politikası Çalışma Grubu Raporu, Ankara, Mayıs 1998.
- [17] Türkiye'nin Yeni ve Temiz Enerji Kaynakları, Türkiye Çevre Sorunları Vakfı, Ankara, 1984.
- [18] Meydan Larousse, Büyük Lugat ve Ansiklopedi, İstanbul, 1992. [19] Çengel, YA, Boles MA, Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, Türkçesi: T. Derbentli, McGraw-Hill, Literatür, İstanbul, 1996.
- [20] Redhouse Sözlüğü, İngilizce-Türkçe, Redhouse Yayınevi, İstanbul, 1974.
- [21] Ana Yazım Kılavuzu, Adam Yayınları, İstanbul, Mart 1991.
- [22] İmla Kılavuzu, TDK Yayınları, Ankara, 1996.
- [23] Yazım Kılavuzu, Dil Derneği Yayınları, 4.Baskı, İstanbul, 2000.
- [24] Özleştirme Kılavuzu, TDK Yayınları, Ankara, 1978.