



# SIVILI DÜZLEMSEL GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİNDE VERİM ARTIRMA OLANAKLARI

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 dolaşimli sistemlerde kolektör-depo arası boru eğimi ve uzunluğunun doğru seçimi üzerine bilgiler verilmiştir.

## 1. GİRİŞ

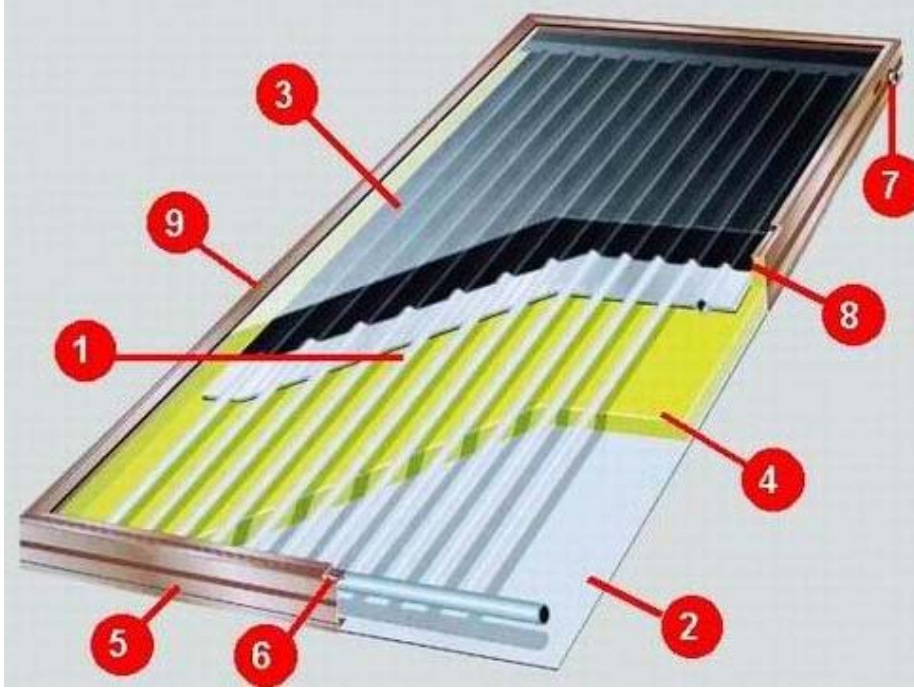
Güneş enerjili ısıtma sistemleri; güneş enerjisinden faydalanarak genellikle su akışkanını ısıtan, esas olarak kolektör, depo, bağlantı boruları ve yardımcı devre elemanlarından meydana gelen bir sistemdir. Konutlarda sıcak su temini için tüketilen enerji, konut için gerekli enerjinin %12 kadardır. Sıcak 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 içinde 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 elemanları az ve kontrolü basittir.
- Sıcak suyun her gün bulunması zorunlu değildir. Gerektiğinde belli bir süre güneşin durumuna 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 termostati, genleşme deposu, ısı değiştirici, hava tahliye cihazı, su doldurma boşaltma vanası, su filtresi, su yumuşatma cihazı).



**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]

Güneş ışınımı ile bir akışkanın sıcaklığının artmasını sağlayan gereçlere güneş kolektörleri adı verilir,(Şekil 1). En basit anlamda, bir yüzeye 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 ışınım ile ısı geçişi olur. Yutulan ışınım ile çevreye olan ısı kaybının farkı, faydalanılan güneş enerjisidir ve ısıtılmak istenen akışkana geçer. Belli bir zaman aralığında kolektör üzerine gelen güneş ışınımından ( $q$ ), kolektörün ışınım yutma oranı,  $\alpha$  olmak üzere,  $\alpha \cdot q$  kadar kolektör yüzeyi tarafından yutulduktan sonra kolektörün yüzey sıcaklığı 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, zamana 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 iyileştirilmesi 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 iyileştirilir. Dış yüzeyden kayıplar, yüzeyle çevre arasındaki sıcaklık farkı kadar,  $h_d$  ısı taşınım katsayısına bağlıdır. Rüzgarlı günlerde,  $h_d$  büyüdüğü gibi, 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 ışınımı 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 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 çıkılabilesine rağmen düzlemsel kolektörlerin bir çok artısı vardır:

- Konstrüksiyonları daha basittir.
- Yayıllı ışıınımdan da faydalanılır.
- Tesisatin 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 antifirizli su dolaştırılır. Sıvılı kolektörlerin verimi hava akışkanlı kolektörlerden daha yüksek, yapımı kolay ve ucuzdur. Toplanan enerjinin depolanması için daha küçük depo yeterlidir. Fakat sıvının donma tehlikesi, korozyon ve sızdırma gibi sorunları vardır. Havalı akışkanlı kolektörler ise, daha uzun ömürlü, daha hafif, verimleri düzgün dağılımlı fakat yapımları 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 taşınımla olan ısı kaybı çok fazladır. Saydam örtü taşınımla çevreye olan ısı kaybını önlediği gibi yutucu yüzeyi yağmur, dolu ve toz gibi dış etkilerden de korur. Kolektörlerde kullanılan saydam örtülerin, kısa dalga boylu güneş ışınımlarını geçirme oranı büyük, yutucu levha tarafından yayılan uzun dalga boylu ışınımların dışarı çıkmaması için de uzun dalga boylu ışınımları geçirme oranı küçük olmalıdır. Ucuz olmalı, kolay temin edilmeli, mor ötesi güneş ışınlarından etkilenmemeli, yüksek sıcaklıklara dayanabilmeli, kolay işlenebilmeli ve çevreden gelebilecek etkilere (dolu, taş vs) mukavim olmalıdır.

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 boyludur. 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  $\mu\text{m}$  olan güneş ışınımının büyük bir kısmını geçirir ve yutucu yüzey tarafından yayılan 3.0-50  $\mu\text{m}$  gibi uzun dalga boylu ışınımları geçirmez. Güneş ışınımından bozulmadıkları gibi, yüksek sıcaklıklara da dayanıklıdır. Buna karşın, kırılma ve kırılma 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 büyüyecek ve nem girişi sebebiyle yoğuşma olacaktır. 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.

Plastik örtülerin kısa dalga boyu güneş ışınımını geçirme oranı da yüksektir. Fakat çoğu plastik örtü uzun dalga boylu ışınımı da geçirdiklerinden yutucu yüzey tarafından yayılan ışınım dışarı kaçar. Plastikler genelde camdan daha ucuzdur. Kolay şekil alabilirler ve sızdırmazlık sağlarlar. Buna karşın, yüksek sıcaklıklarda şekilleri bozulabilir ve mor ötesi güneş ışınımına dayanıklı değildir.

Kolektörlerde güneş ışınımını yutan ve ısıyı borulardaki akışkana aktaran kısım yutucu yüzeydir. Yutucu yüzeyin, her şeyden önce güneş ışınımını yutma oranının büyük ve uzun dalga ışınım yayıcılığından küçük olması gerekir. Işınımı yutarak ısınan levhanın ısıyı temas halindeki akışkana iyi bir şekilde iletmesi için, ısı iletim katsayısı yüksek malzemeler seçilir ve ısı geçişinin çabuk ve iyi olması için levhalar ince yapılırlar. Bunların yanında, imalat kolaylığı, elde edilebilme imkanları, kolay işlenebilirliği 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, seçilen malzemenin lehim veya kaynak yapılabilme özelliği de göz önünde bulundurulmalıdır. Bakırın lehimi kolay ama pahalıdır. Alüminyumun başka bir metal ile lehim veya kaynağı ise çok zordur. Yutucu yüzeylerde ışınım geçirilmediğinden, belli bir dalga boyunda, yansıma ve yutma oranlarının toplamı birdir. Ayrıca Kirchoff kanununa göre ısı denge halinde belli bir dalga boyunda, yutma ve yayma oranları birbirine eşittir [6]. Siyah boyaların güneş ışınımı yutma oranı yüksek olduğu gibi ışınım yayma oranları da (uzun dalga boylu ışınım yutuculuğu) büyüktür. Yüzeyin yutma oranı, geliş açısına bağlı olarak değişir. Bu değişim, geliş açısının 50° 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 kısmını geliş açısına bağlı olarak yansıtır. İdeal siyah cisim aynı zamanda ısı ışınım için gerçek yayıcıdır. İdeal yutucu yüzey ise, kısa dalga boylu ışınımın tamamını yutan, ancak uzun dalga boylu ışınım yayıcılığı olmayan yüzeylerdir. Kısa dalga boylu ışınımın tamamına yakını yutan ve uzun dalga boylu ışınım yayıcılığı az olan yüzeylere seçici yüzey adı verilir. Seçici yüzeylerin, güneş ışınımını yutma oranını, uzun dalga boylu ısı ışınım yayma oranına bölümüyle elde edilen değer, seçici yüzeylerin iyilik derecesi hakkında bir bilgi verir. Genellikle seçici yüzeylerde oranı 4 değerinden daha büyüktür. Uygulamada yayma oranı çok küçülünce yutma oranı da küçülmektedir. Bu sebeple de, oranın çok büyük olması, çoğu zaman seçici yüzeyin daha iyi olduğunu belirtmez. Seçici yüzey elde edilmesinde önce, yüzey temizlenir, sonra asit banyosuna tabi tutulur. Uzun dalga boylu ışınımı yansıma oranı büyük (uzun dalga boylu ışınım yayma oranı düşük) metaller, güneş ışınımını yutma oranı büyük olan bir madde ile ince bir film halinde kaplanır. Kaplamalar, kimyasal banyo, püskürtme veya elektrotlama ile gerçekleştirilir [1, 2, 3, 4, 7].

### Seçici Yüzeyli ve Seçici Boyalı Kolektörler

Seçici yüzeyin bakır panele göre farklılığı, kolektörün iç panelinden ön cama doğru olan ışınımına bağlı olarak düşük ısı yayılımına sahip olmasından dolayı daha az ısı kaybına sahip olmasıdır. Bu, özellikle iç panel sıcaklığının yüksek olması, çevre sıcaklığının düşük olması ve güneş ışınımının az olması durumunda yüksek verim sağlamaktadır. Seçici yüzeye sahip kolektörler sayesinde bulutlu havalarda ve kışın; sıcak su elde etme olanağına sahip olunabilmektedir veya normal zamanlarda 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 sayesinde yapılmalıdır. Bu yöntem metalden metale hiçbir katkı maddesi olmadan direkt ısı geçişi sağlamaktadır ve geleneksel kaynak teknolojilerinin sonradan yaşadığı korozyonu ve dolayısıyla verim kaybını önlemektedir. Seçici yüzey nikel üzerine siyah kromun kaplanmasıyla elde edilmekte ve yüksek ısı ve optik özelliklere sahip olmaktadır. Kanatçıklardaki borular manifold borularına kaynakla birleştirilmişlerdir.

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

3-Üst Örtü: Yüksek optik özelliklere ve dayanıklılığa sahip 4 mm kalınlığında düşük demirli temperli camdan yapılmalıdır. Güneş enerjisi ve ışık geçirgenliği yüksek olmalıdır.

- 4-Yalıtım: Alt tabana doğru olan ısı kaybını önlemek için cam yünü kullanılmalıdır.
- 5-Kasa: Elektrostatik toz boyama ile kaplanmalıdır.
- 6-Cam Lastiği: Sıcaklık farklılıklarına ve UV ışınlarına karşı yüksek oranda dirençli olmalıdır. Çerçevenin ve camın sıcaklık farklılıklarına bağlı genleşmesini emmelidir.
- 7-Conta: Kasa ile manifold boruları arasındaki teması sağlamalıdır.
- 8-Kasa Yalıtımı: Kasaya doğru olan ısı kaybını önleyen cam yünü olmalıdır.
- 9-Cam Çıtası: Camın kasaya sabitlenmesini sağlamalıdır. Elektrostatik toz boyama ile kaplanmış olmalıdır [8].

Seçici boyalar iyi optik ve ısı özelliklere sahip olmasından dolayı 0.3  $\mu\text{m}$  - 2.5  $\mu\text{m}$  arası dalga boyuna sahip gün ışığında yüksek güneş enerjisi yutuculuğuna ve ısı kızıl ötesi ışınımında yüksek yansıtma gücüne sahiptir. Bu sayede hem alüminyum hem de bakır yüzeyler üzerinde seçici özellikleri elde edilmekte yani yüksek güneş enerjisi yutuculuğuna ve düşük kızıl ötesi ısı yayma özelliğine sahip olunmaktadır. Seçici boyalı iç panele sahip kolektörler sıradan siyah boyalı kolektörlerle karşılaştırıldığında %30 değerine varan oranda daha yüksek verime ve yüksek doyum sıcaklığına sahip olmakta ve düşük güneş ışınımına sahip bulutlu günlerde daha iyi çalışmaktadır. Şekil 1 dikkate alınarak, seçici yüzeylerden farklı, seçici boyalı kolektörlerin iç paneli aşağıda verildiği gibi olabilir:

1-İç Panel: Ekstürize ve kendinden kanallı alüminyum kanatçıklar, manifold borularına kaynakla tutturulmalıdır. İç panel özel işlemlerle seçici boya ile boyanmalıdır. Veya, bakır kanatçıklar manifold borularına kaynakla tutturulmalıdır [5].

Akışkan boruların içinde ilerler ve akışkanın ısı alış veriş boru çeperlerinde olur. Borular içindeki akışın düzgün olduğu ve akışkan sıcaklığının sadece akış yönünde değiştiği kabul edilebilir. Ayrıca boru cidarlarındaki ve levha kalınlığına sıcaklık gradyeni de ihmal edilebilir. 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 sıcaklığına, kolektör üzerine gelen güneş ışınımı ve ısı kayıplarına bağlı olarak değişir. Borular ile yutucu yüzey bağlantısı farklı şekillerde yapılabilir. Roll-Bond tipi kolektörlerde birleştirme ısı direnci olmadığından akışkanla çevre arasındaki ısı geçiş katsayısı, diğer tiplere göre daha küçüktür. Kelepçeli birleştirmelerde, yutucu yüzeyle boru arasındaki açıklık kalabileceğinden çevreye olan ısı kaybı büyüktür.

Kolektörlerin güneş ışınımı alamayan alt ve yan kısımlarından olan ısı kayıplarının azaltılması için, ısı iletim katsayısı küçük malzemelerle kaplanır. Yalıtım malzemesi seçilirken ısı iletim katsayısı yanında, yüksek sıcaklığa dayanabilirliği, 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 çıkılan kolektörlerde, stropor veya poliüretan üzerine, kolektör levha tarafına cam yünü konur. Yalıtım malzemesi ile yalıtım malzemesi arasında bir hava boşluğu bırakılması ve yalıtım malzemesinin üzeri ışınım yansıtma oranı büyük olan alüminyum folyo ile kaplanması durumunda ısı kaybı daha az olur ve yalıtım malzemesi yüksek sıcaklığa çıkmaz. Yalıtım malzemesi kalınlığı, yutucu yüzey sıcaklığı ile çevre sıcaklığı arasındaki farka bağlı olarak seçilir. Yüksek sıcaklıklara çıkılan kolektörlerde, yalıtım kalınlığı artırılmalı ve yalıtım malzemesinin toplam ısı geçiş katsayısı 0.5 W/(m<sup>2</sup>K) değerinden daha küçük olmalıdır.

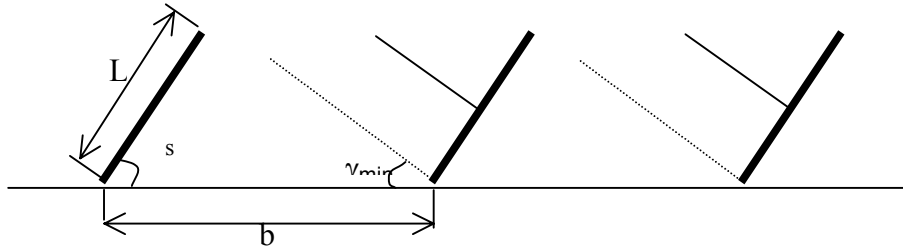
Düzlemsel güneş kolektörlerinin kasaları, genellikle alüminyumdan yapılmaktadır. Kullanılan diğer malzemeler, cam takviyeli plastik (GRP), polipropilen, PVC, galvanizli çelik ve paslanmaz çeliktir. Kolektör kasası olarak kullanılan levha alüminyum veya paslanmaz çeliğin mekanik özellikleri ve atmosfer 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 bulunduğu 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 değillerdir. Sonuç olarak, en uygun kasa malzemeler alüminyum, paslanmaz çelik ve cam takviyeli plastiktir.

Kolektörlerin birbirleriyle birleştirilme şekilleri, birim kolektörde toplanan ışıınım miktarını değiştirir. Birbirine seri bağlı kolektörlerde, basınç kaybı az ve gerekli pompa gücü küçük olmasına rağmen, akışkanın kolektöre giriş sıcaklığı kolektör sayısına bağlı olarak arttığından, sistem verimi de kolektör sayısına bağlı olarak küçülür. Bu sebeple, dörtten fazla kolektörün birbiri ile seri bağlanmamasına dikkat edilir. Paralel bağlı kolektörlerde, akışkanın bütün kolektörlere giriş sıcaklığı yaklaşık olduğundan kolektör verimi, aynı sayıda kolektörlere göre daha yüksektir. Fakat basınç daha fazla dolayısıyla pompa gücü daha büyüktür. Birbirine paralel bağlı çok sayıdaki kolektörde kullanılan dağıtma borusunun çapı yeterli büyüklükte değilse veya her kolektöre giriş için bağlantı borusu çapları değiştirilmiyorsa, orta kısımlardaki kolektörlerde kısa devre olabilir. Bu sebeple de çok sayıda kolektör paralel bağlanmaz, seri ve paralel bağlama bir arada yapılır.

Büyük sistemlerde, belli bir yüzeye yerleştirilen 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.

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



Şekil 2. Kolektörler arası uzaklık [2]

Denklem 1 ile verilen,  $\gamma_{\min}$ , güneş yükseklik açısı  $y$  ve güneş azimut açısı  $a_g$  olmak üzere Denklem 2 ile hesaplanır.

$$\tan \gamma_{\min} = \frac{\tan y}{\cos a_g} \quad (2)$$

Güneş yükseklik ve güneş azimut açıları, yılın günlerin ve günün saatlerine göre değişir. Bu nedenle, kolektörler arasındaki uzaklık, kabaca sistemden faydalanılan aylar için deklinasyon 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.
- Toksitlenme ve alevlenme özelliği yoktur.
- Fiziksel, kimyasal ve termodinamik özellikleri çok iyi bilinmektedir.
- Isı depolama özelliği iyidir (hacimsel özgül ısısı 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 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 çekilen 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 katsayısına 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 ısıl 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 dolaşımli 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 de, genellikle silindirik tanklar kullanılır. Diğer taraftan, yüksekliği genişliğine göre büyük 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 m<sup>2</sup> 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 büyüdükçe, 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 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, genişleme 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 ile depo arasındaki sıcaklık farkına bağlı olarak su dolaşım pompasını çalıştırıp durduran; 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 kullanma suyu sıcaklığına göre saptanır.

Genişleme deposu, ısı değiştiricili sistemlerde ısı aktarma akışkanının ısınması sonucu meydana gelen hacimce genişmeleri 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 genişleme katsayısı ve ısı toplama devresinin hacmi göz önünde bulundurularak uygun büyüklük ve tipte genişleme deposu kullanılır. Genişleme deposu, en yüksek çalışma sıcaklığında veya en yüksek durgun durum sıcaklığında meydana gelecek, akışkanın hacimce genişmesini karşılayabilecek ve sistem soğuk iken gerekli olan en düşük basıncı da sağlayabilecek şekilde tasarlanmalıdır.

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 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.

-Su ısıtıcısında sıcaklık yükseldiğinde, ısı taşıyıcı akışkanın viskozitesi azalır, bu da santrifüj pompanın basma gücünü artırarak debinin yükselmesine neden olur. Yükselen debi, yüksek sıcaklıktaki ısı aktarım verimini büyütür, sistemin ısı performansını olumlu yönde etkiler.

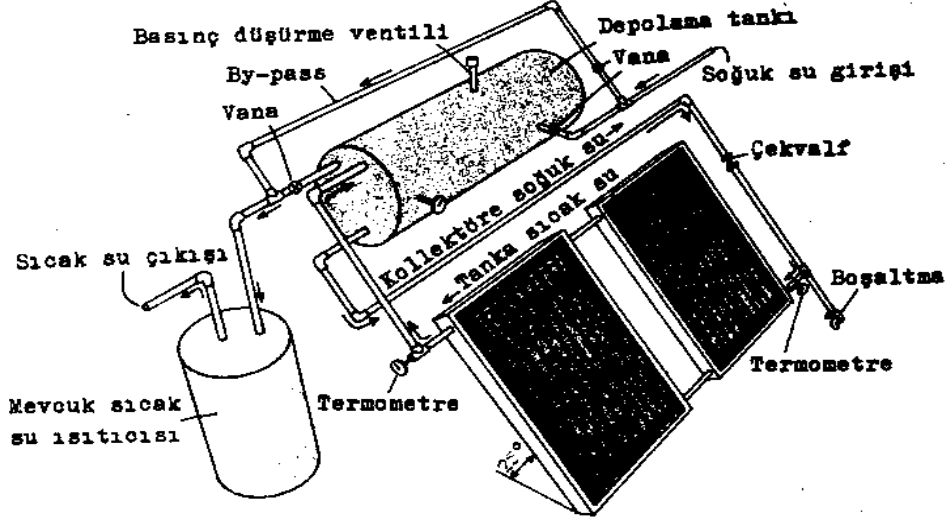
Pozitif dönüş iletimli depolar, yalnızca yağlar ve karbonhidratlar gibi, soğukken yüksek viskoziteye sahip ısı taşıyıcı akışkanlarla çalıştırılan su ısıtıcılarında kullanılmalıdır. Su ısıtıcısında kullanılacak pompanın büyüklüğü, sistemin optimum debisi ile toplam basınç düşmesi dikkate alınarak seçilmelidir.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

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



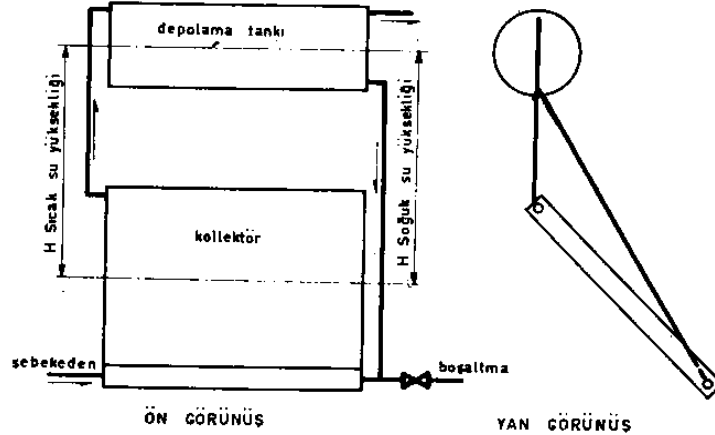
### 3. DOĞAL DOLAŞIMLI SİSTEMLER

Sıcak su gereksiniminin çok olmadığı durumlarda, özellikle konutlarda kullanılmaları yaygındır. Doğal dolaşımın olabilmesi için deponun kolektör üst seviyesinde olması gerekmektedir. Depolama tankı altının alt seviyesi ile kolektör üst seviyesi arasındaki yükseklik 55 cm değerinden az olmamalıdır (Şekil 3).



Şekil 3. Doğal dolaşımli sistem [4]

Suyun sistemde dolaşımı, kolektörde ısınan su ile daha soğuk olan deponun altındaki suyun özgül ağırlıkları arasındaki fark nedeniyle olur. Üzerine güneş düştüğünde kolektör içindeki su ısınarak genişler. Genleşen suyun özgül ağırlığı azalacağından yükselerek üstten depoya girer. Kolektörde ısınarak depoya giden suyun yerine, deponun altındaki daha soğuk olan su gelir ve o da ısınarak depoya gider. Kolektör güneş gördüğü sürece bu olay devam eder. Suyun bu şekilde hareketine termosifon olayı denildiğinden bu şekilde çalışan sistemlere de termosifon sistemi denmektedir. Depodaki su ile kolektördeki su sıcaklıkları eşit oluncaya kadar dolaşım devam eder. Depolama tankı kolektör üst seviyesinde olduğundan, gece ve güneşsiz gündüzlerde suyun ters dolaşımı da söz konusu olmaz. Bu şekilde depodaki suyun soğuması kendiliğinden önlenir. Güneşli bir günde kolektörde dolaşacak su miktarı 40-60 lt/(m<sup>2</sup>h) 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 dirençlerini azaltmak için boruların çapı en az 20 mm (3/4") olmalıdır. Doğal dolaşımli sistemde, suyun sistemde dolaşımına sağlayan basınç değeri, Şekil 4 ile açıklanmıştır.



Şekil 4. Doğal dolaşımli sistemde etken basıncın oluşumu [4]

Şekil 4 ile verilen sitemde, kolektörden depolama tankına giden sıcak su borusu ile, depolama tankından kolektöre gelen soğuk su borusunun yüksekliği (kolektör eksenidepo eksenide) 'H' ile gösterilmiştir. Bu iki borudaki sıcak ve soğuk suyun statik basınçları ( $P_{S1}$ - $P_{S0}$ ) Denklem 5 ile belirlenebilir.

$$P_{S1}=H \cdot d_{S1} \text{ ve } P_{S0}=H \cdot d_{S0} \quad (5)$$

( $d_{S1}$ ) ve ( $d_{S0}$ ) sırasıyla sıcak ve soğuk suyun özgül ağırlıklarıdır. Soğuk suyun özgül ağırlığı ( $d_{S0}$ ), sıcak suyun özgül ağırlığından ( $d_{S1}$ ) büyük olduğundan, soğuk suyun statik basıncı ( $P_{S0}$ ), sıcak suyun statik basıncından ( $P_{S1}$ ) daha fazladır. Soğuk ve sıcak su basınçları farkına etken basınç ( $P_e$ ) denir. Denklem 6 ve 7 ile hesaplanır.

$$P_e= P_{S0} - P_{S1} = H \cdot (d_{S0} - d_{S1}) \text{ [kg/m}^2 \text{ ya da mmSS]} \quad (6)$$

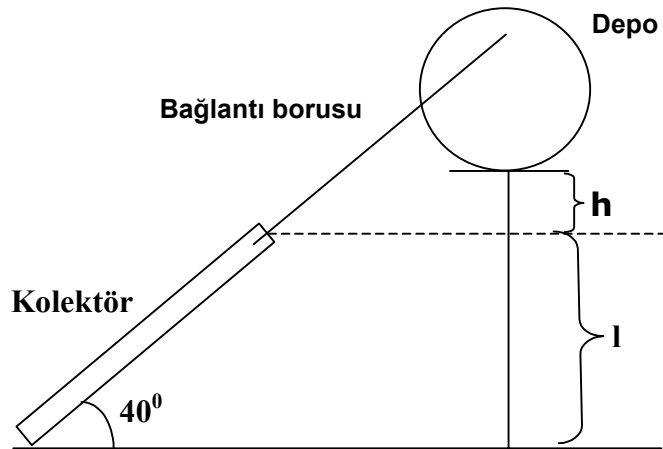
$$P_e= H \cdot (d_{S0} - d_{S0}) \text{ [kg/m}^2 \text{ veya mmSS]} \quad (7)$$

Denklem 6 ve 7 ile verilen,  $P_e$ ; suyun sistemde dolaşımını sağlayan etken basınç ( $\text{kg/m}^2$  veya mmSS), H; sıcak ve soğuk su borularının yüksekliği,  $d_{S0}$ ; soğuk suyun özgül ağırlığı ( $\text{kg/m}^3$ ),  $d_{S1}$ ; sıcak suyun özgül ağırlığıdır ( $\text{kg/m}^3$ ).

Denklemlerden görüldüğü gibi, dolaşımı sağlayan etken basınç, kolektör ile depolama tankı arasındaki yükseklik ile depolama tankına giden ve gelen sıcak su sıcaklıkları, dolayısıyla özgül ağırlıkları arasındaki farka bağlıdır. Yükseklik ve su sıcaklıkları arasındaki fark arttıkça, suyun sistemde dolaşmasını sağlayan etken basınç artacak ve sistemin çalışması daha sağlıklı olacaktır.

Etken basınç suyun kolayca dolaşımını sağlayabilmelidir. Depodaki su ısındıkça, gidiş ve dönüş borularındaki su özgül ağırlıkları farkı azalacağından, dolaşım kuvvetinin değeri de düşecektir. Dolaşım kuvvetinin en düşük değerinde bile su sistemde dolaşabilmelidir. Suyun sistemde dolaşım 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. Bu noktada deponun kurulduğu yükseklik de büyük önem taşımaktadır.

Doğal dolaşım sıcak su sistemlerinin ısıl analizi oldukça karışıktır. Sistemde dolaşan akışkanın debisi, kolektör üzerine gelen güneş ışınımını, kolektör ile depo arasındaki uzaklık sistemdeki sürtünme ve yerel kayıplar, kolektör konstrüksiyonu gibi çok sayıda değişkene bağlıdır. Genel olarak, sık kullanılan doğal dolaşım basit sıcak su sistemlerinde akışkanın kolektöre giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki fark, açık havalarda yaklaşık  $10^\circ\text{C}$  ve akışkanın debisi yaklaşık  $0.009 \text{ kg/s}$  değerindedir. Sistemde dolaşan akışkan debisi küçük olduğundan, deponun üst noktasındaki sıcaklık alt noktasındaki sıcaklıktan daha büyüktür.



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

Doğal dolaşımın sağlanabilmesi için  $P_e \geq \Sigma(\text{boru kayıpları})$  olmalıdır.  $P_e$  suyun hareketini sağlayan etken basınç ve boru kayıpları kolektör depo arasındaki iki dirsekli eğik boru olmak üzere, örnek hesaplama aşağıda verildiği gibidir:

$$P_e = H \cdot (d_{s0} - d_{s1}) \text{ [mmSS]}$$
$$H = h + \underbrace{(\text{kolektör uzuluğu})/2}_{1.4 \text{ m}} + \underbrace{(\text{depo çapı})/2}_{0.55 \text{ m}}$$

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

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

Hesaplamalardan görüldüğü gibi sağlıklı bir doğal dolaşımın sağlanabilmesi için depo kolektör üst seviyesinden en az 55 cm daha yükseğe yerleştirilmelidir. Bu yükseklik doğal dolaşım su ısıtma sistemlerinde kritik depo yüksekliğidir.

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. Sistemin soğuk kış günlerinde donmasını önlemek için kolektörlerin alt seviyesine bir boşaltma vanası konulmalıdır. Sistem soğuk su basıncı etkisi altındadır. Bu bakımdan kolektör ve depolama tankının basınca dayanıklı olması gerekmektedir. Depolama tankının su ile dolabilmesi için üst kısımda otomatik bir hava sorunlar da bulunmaktadır:

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

-Antifriz kullanılmayan direkt doğal dolaşım sistemleri kışın donma tehlikesi ile karşı karşıyadır. Antifriz kullanılmadığından sistem içinden paslanır, suda bulunan sertlik yapıcı ve artık maddeler borularda kalarak çalışmayı 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 arasına konacak bir depolama tankına ulaşmak kolay da olmayabilir.

-Sistemin bazı noktalarında olabilecek hava birikimleri 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 maliyeti artabilir.

-Sürtünme kayıplarının en fazla olduğu kısım kolektör olduğundan 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 yüzeyi 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 ışıması 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 önemli bir maliyet faktörü olabilir. İyi bir güneş kolektörü çatıya kolayca kurulabilmelidir.

### **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 "CaCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O" kullanılmalıdır [14].

### **Kolektörün Yatayla Yaptığı Eğim**

Kolektörün yatayla yaptığı eğim açısı için, kolektörün bulunduğu yerin enlem derecesi ( $\phi$ ) 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	$0.89\phi + 29^\circ$
Şubat	47	$0.97\phi + 17^\circ$
Mart	75	$\phi + 4^\circ$
Nisan	105	$\phi - 10^\circ$
Mayıs	135	$0.93\phi - 24^\circ$
Haziran	162	$0.87\phi - 34^\circ$
Temmuz	198	$0.89\phi - 30^\circ$
Ağustos	228	$0.97\phi - 17^\circ$
Eylül	258	$\phi - 2^\circ$
Ekim	288	$\phi + 12^\circ$
Kasım	318	$0.93\phi + 25^\circ$
Aralık	344	$0.87\phi + 34^\circ$

## 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 ısıl amaçlarla yararlanılabileceği gibi, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek de olanaklıdır. Türkiye'nin sahip olduğu yüksek güneş enerjisi potansiyelini, beyin gücü ve teknoloji geliştirmeye gereken önemi vererek değerlendirmeli 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 m<sup>2</sup> kurulu kolektör alanı olup, yıllık kolektör üretimi 400-500 bin m<sup>2</sup> 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 konu da, konutların güneş enerjisinden pasif olarak yararlanmaları için ileri malzemelerden yararlanarak yeni çözümler geliştirmek, bu bilgileri yaymak ve uygulanmalarını teşvik etmektir. Konu güneş mimarisi ile bütünleşik 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 ısıl 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: mekhos, 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 ısı, güneşin ısı. Sıcak veya soğuk cisimlerin üzerimizde yaptığı etki sonucu duyularımız tarafından algılanabilen enerji şekillerinden 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: (sıfat, eski Türkçe: ısığ, sıcaklıktan ısığ-cak, ısı-cak), yakmayacak derecede ısı veren, üşümeyi önleyecek kadar ısıtan,

**Kolektör**: (isim, Fransızca: collecteur, eşanlamlısı: toplaç), Küçük kesitli birçok borudan gelen bir akışkanın toplandığı boru. Birkaç boruya dağıtılacak bir akışkanın toplandığı ana boru, toplaç: (isim, toplamaktan’tan topla-ç), kolektör.

Bu terimlerin çeşitli kaynaklarda yer alan karşılıkları Tablo EK 1 ile verilmiştir. Tablo EK 1 ile verilen terimler incelendiğinde aşağıda verilen sonuçlara varılabilir:

-Sözlüklerde “makina veya makine” olarak geçmesine ve yazım kılavuzlarında “makina” terimine rastlanılmamasına rağmen, TMMOB Makina Mühendisleri Odası tarafından da kabul edilen “makina” terimi, “makine” yerine kullanılmalıdır.

-Çok çeşitli bilimsel ve teknik eserlerde, sözlü ve yazılı basında, çeşitli ilanlarda,... ısı ve sıcaklık terimlerinin sürekli yanlış kullanılmakta 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 tanımlanır. Aynı sıcaklıktaki iki sistem arasında ısı geçişi olmaz. Isı, enerji geçişini vurgular. Isı sadece sistem sınırlarını geçişi sırasında tanımlanabilir. Sıcak cisimlerden soğuk cisimlere doğru ısı geçişi olur. Isının birimi, enerji birimi olan jouledur. Soğuk ve sıcak kavramlarını bilmemize rağmen, sıcaklığın tam bir tanımını yapmak zordur. Vücut duyularımıza dayanarak, sıcaklık düzeyini dondurucu soğuk, ılık, sıcak, ateş gibi sözcüklerle göreceli olarak ifade edebiliriz. Bazı maddelerin bazı özelliklerinin sıcaklıkta, tekrarlanabilir ve tahmin edilebilir bir biçimde değişmesi, hassas sıcaklık ölçümleri yapabilmemize olanak sağlar. Günümüzde SI birim sisteminde kullanılan sıcaklık ölçeği celsius ölçeğidir. Bu ölçekte, suyun donma ve kaynama noktaları dikkate alınarak skalalar oluşturulabilir. Sonuç olarak, sıcaklık termodinamik bir özelliktir ve birimi “°C, °F, K,...” gibi sıcaklık ölçeklerinden biridir [19].

-Özellikle güneş enerjisi uygulamalarında kullanılan “güneş kolektörü” terimi yerine, “güneş kollektörü veya toplayıcısı” terimleri kullanılmaktadır. Doğru kullanım ise, “güneş kolektörü veya toplacı” olmalıdır.



**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 Geliştirme Merkezi Genel Müdürlüğü, Ankara, 1984.
- [2] Kılıç, A, Öztürk, A, Güneş Enerjisi, Kipaş Dağıtımçılık, İstanbul, 1983.
- [3] Tiris, M, Tiris, Ç, Erdallı, Y, Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri, TÜBİTAK-MAM Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü, Kocaeli, 1997.
- [4] Uyarel, Y, Öz, ES, Güneş Enerjisi ve Uygulamaları, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1990.
- [5] Selektif Boyalı Kollektörler: <http://www.canmetal.com.tr/gunes.html>
- [6] Çengel, YA, Heat Transfer A Practical Approach, Second Edition, McGraw-Hill, 2003.
- [7] TS3817 T1:2003, "Güneş Enerjisi-Su Isıtma Sistemlerinin Yapım Tesis ve İşletme Kuralları", TSE, Ankara, 1994.
- [8] Selektif Yüzeyle Kollektörler: <http://www.canmetal.com.tr/elektrostatik.html>
- [9] Duffie, JA, Beckman, WA, Solar Engineering of Thermal Processes, 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.betateknik.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 Tesisatı", Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Konstrüksiyon 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] Ralnd, 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] Özeleştirme Kılavuzu, TDK Yayınları, Ankara, 1978.

## ÖZGEÇMİŞLER

### Sibel AĞI

1975 yılı Çorum doğumludur. 1996 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümünü bitirmiştir. 2003 yılında Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başlamış ve halen devam etmektedir. Çevre, Yeni Enerji Kaynakları ve Biyokütle Enerjisi çalışma alanlarını oluşturmaktadır.

### Hüseyin GÜNERHAN

1966 tarihinde Urla-İzmir'de doğdu. 1983 yılında İzmir Atatürk Lisesini bitirdi. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü (Termodinamik-Enerji) 31.01.1990 tarihinde, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü Enerji Teknolojisi Anabilim Dalında yaptığı yüksek lisans öğrenimini 03.08.1992 tarihinde ve Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Güneş Enerjisi Anabilim Dalında yaptığı doktora öğrenimini 11.01.1999 tarihinde tamamladı. 23.01.1991-21.08.2001 tarihleri arasında, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü Enerji Teknolojisi Anabilim Dalında öğretim elemanı görevi ve araştırma görevlisi ünvanı ile çalıştı. 15.03.2001 tarihinden beri Ege Üniversitesi Bilim-Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (EBİLTEM)- Enerji Verimliliği ve Yönetimi Ar-Ge Biriminde (EVYAB) kurucu üye olarak çalışmaktadır. 22.08.2001 tarihinde Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik Anabilim Dalında öğretim üyesi görevi ve yardımcı doçent doktor ünvanı ile çalışmaya başlamıştır. İngilizce bilmektedir. Isı Transferi, Termodinamik, Sayısal Analiz, Faz Değişimli Isı İletimi, Isıl Enerji Depolama, Isı Yalıtımı, Toprak Kaynaklı Isı Pompaları ve Güneş Enerjisi ilgi alanlarını oluşturmaktadır.