

# DÜZLEMSEL GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİNİN VERİMİNİ ARTTIRAN PARAMETRELER

## Çiğdem TIRIS - Mustafa TIRIS

TÜBİTAK - Marmara Araştırma Merkezi

1987 yılında E. Ü. Kimya Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. E. U. Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde Yüksek Lisans öğrenimini 1990 yılında tamamladı. Aynı enstitü'de doktora öğrenimine devam etmektedir. 1988-1992 yılları arasında Araştırma Görevlisi olarak çalıştı. Halen TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi, Enerji Sistemleri Bölümü'nde araştırmacı olarak görev yapmaktadır.

## Dr. Mustafa TIRIS

TÜBİTAK - Marmara Araştırma Merkezi

1965 yılında İzmir'de doğdu. 1987 yılında İ.T.Ü. Petrol Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Y. Lisans ve Doktora eğitimini 1990 ve 1992 yıllarında E.Ü. Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde tamamladı. 1992 yılında Leeds Üniversitesi, Yakıt ve Enerji Bölümü'nde Doktora üstü araştırmalarda bulundu. Halen TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi, Enerji Sistemleri Bölümü'nde uzman araştırmacı olarak görev yapmaktadır.

## ÖZET

Türkiye'de, düzlemsel güneş kolektörleri, evsel sıcak su ihtiyacının karşılanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat bu kolektörlerin verimi genellikle düşüktür. Düzlemsel güneş kolektörlerinin verimine etki eden parametrelerin anlatıldığı bu çalışmada, kolektör veriminin artırılması için gerekli olan düzenlemeler ve bu parametrelerin verim üzerindeki etkileri incelenmiştir.

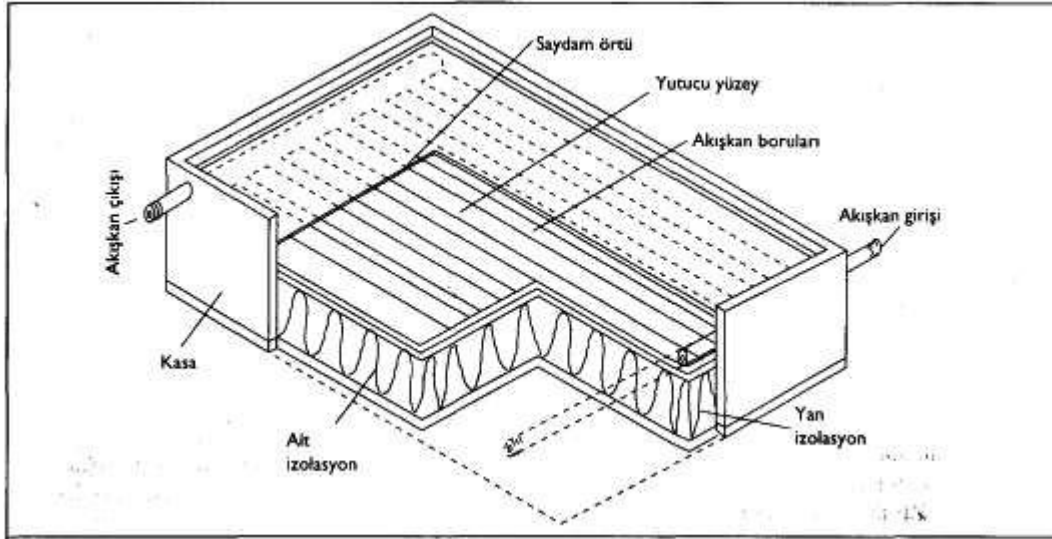
## 1. GİRİŞ

Son yıllarda hızlı endüstrileşme, nüfus artışı ve hayat standartlarının yükselmesi gibi nedenlerden dolayı Türkiye'nin enerji tüketimi süratle artmıştır. Ülkemiz yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları açısından şanslı bir bölgede yer almaktadır. Fakat bu olanaklara karşılık, Türkiye'nin birincil enerji tüketiminde güneş enerjisinin payı 1993 yılı itibariyle ancak %0.6 seviyesindedir. Aynı yıldaki birincil enerji üretim ve tüketim değerlerine bakıldığında 34 milyon TEP (ton eşdeğeri petrol) enerji açığının görülmesine karşılık güneş enerjisi üretimi ve tüketimi sadece 38 Bin TEP'dir. Ayrıca son yıllarda güneş enerjisi üretiminde azalma görülmektedir (1).

Türkiye'de düzlemsel güneş kolektörleri yaklaşık 100 firma tarafından üretilmektedir. Ancak bazı firmaların ürettikleri sistemler standard dışı, verimsiz ve kısa ömürlü olmakta, bu durum piyasayı olumsuz yönde etkilemektedir. Ancak, güneş enerjili sıcak su sistemlerinin verimli hale getirilmesi ve yaygınlaştırılması ülkemizin enerji açığının azaltılması, çevrenin korunması, enerjide dışa bağımlılığın azaltılması gibi nedenlerle bir zorunluluktur.

## 2. SIVİLİ DÜZLEMSEL GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİ

Sivili düzlemsel güneş kolektörleri, güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştüren en basit ve yaygın olarak kullanılan araçlardan biridir. Şekil 1'de görüldüğü gibi genel olarak saydam örtü, güneş ışınımını toplayan tutucu yüzey, yüzeye entegre edilmiş taşıyıcı borular, yalıtım malzemesi ve kasadan ibarettir. Konutların sıcak su ihtiyacının karşılanmasında, ısıtma, soğutma ve kurutma sistemleri için gerekli sıcak su eldesinde kullanılabilir.



Şekil 1 : Düzlemsel Güneş Kollektörünün Kesiti

Güneş enerjisi uygulamalarında kullanılan sistemlerin verimi, malzemelerin doğru seçilmesine bağlıdır. Bu seçimde verimi yüksek ve maliyeti düşük, rekabet edebilir bir kollektör üretmek başlıca amaç olmalıdır. Bir kollektörün verimliliği, topladığı kullanılabilir enerji miktarının, üzerine düşen enerji miktarına oranı olarak tanımlanır. Verimli bir güneş kollektöründe, gelen güneş ışınımının çoğu yutulmalı, ısı kayıpları minimum düzeyde tutularak, yutulan ısı akışkana (genellikle su) yüksek oranda iletilebilmelidir.

Kollektör verimini etkileyen en önemli parametreler; yutucu plaka, yutucu yüzey kaplaması, kanal şekli, boru merkezleri arası uzaklık, kasa malzemesi, yalıtım, kollektör örtüsü, kollektör eğimi ve yönüdür.

### 3. KOLLEKTÖR VERİMİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELER

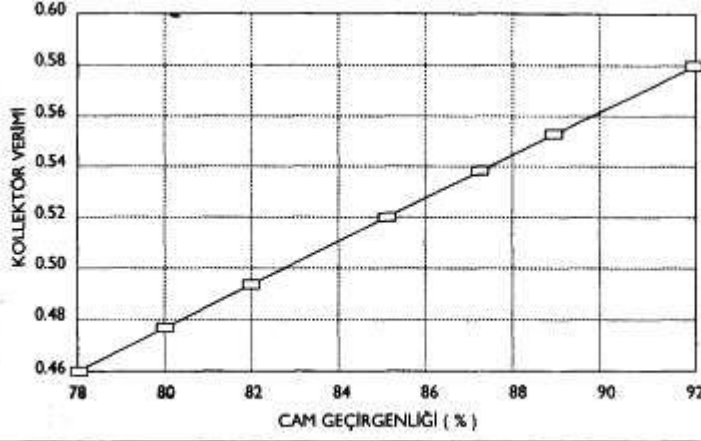
#### 3.1. Kollektör Örtüsü

Kollektör üst örtüsü, 3mm-4mm'lik camdan veya eşdeğeri saydamlık ve mor ötesi (ultraviyole) ışınlar karşı yeterli saydamlıkta malzemeden yapılmalıdır. Üst örtünün geçirgenliği zamanla önemli ölçüde azalmamalıdır ve yüksek sıcaklıklara karşı

dayanıklı olmalıdır. Saydam plastikler, cama göre dayanıklı ve elastiktir. Ancak çizilmeye ve aşınmaya karşı relatif olarak daha düşük dirençlidir (3). Örtü malzemesinin en önemli avantajı kollektörün ısı kayıplarını azaltmasıdır.

Cam örtünün, toplam ışık geçirme oranı da kollektör verimini etkilemektedir. Cam, üzerine düşen güneş ışığının görülebilir kısmının %85-90'ını geçirir. Geriye kalan kısım, ışığın camdan geçişi sırasında cam tarafından yutulur veya yansıtılır. Yutulan ışık miktarı, camın içerdiği demir oksit ( $Fe_2O_3$ ) oranına bağlıdır. Demir oranının artmasıyla absorbe edilen ışık miktarı da artar.

Şekil 2'de görüldüğü gibi ışık geçirgenliği %85 olan pencere camı yerine, %90 olan su beyazı cam kullanıldığında kollektör veriminde %5.4'lük bir artış sağlanabilir.



Şekil 2 : Cam Örtü Geçirgenliği İle Kollektör Veriminin Değişimi

### 3.2. Yutucu Plaka

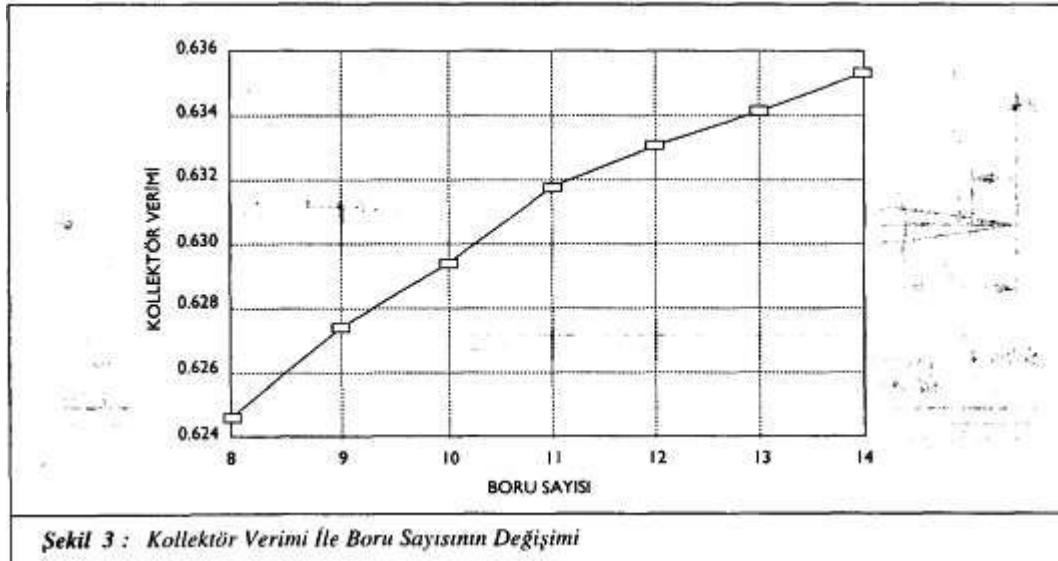
Yutucu plaka, kollektörün, güneş ışınlarını ısı enerjisine dönüştüren ve bu ısıyı akışkana aktaran

önemli bir parçasıdır. Bakır, alüminyum, paslanmaz çelik, DKP sac, plastik vb. ısı iletkenliği uygun herhangi bir malzemeden imal edilebilir. Taşıma kanalları roll-bond, ekstrüzyon, presleme, kaynak, lehim gibi işlemlerle ortasında, üstünde veya altında olacak şekilde imal edilebilir. Yutucu plakanın ve taşıma kanallarının aynı cins malzemeden bir bütün olarak imal edilmesi tercih edilmelidir. Çünkü farklı cins malzeme kullanımında korozyon, hava filmi, nem birikmesi gibi olumsuzluklarla karşılaşmaktadır. Yutucu yüzey kalınlığının bakır için 0.3-2.5 mm, alüminyum için 1.5-2.5 mm arasında olması istenir (2). Kollektör verimi de plaka kalınlığının artmasıyla artar. Bu da maliyeti arttıran bir unsurdur. Optimum kalınlık olarak alüminyum için 2 mm, bakır için 1.8 mm alınabilir (2). Yapılan karşılaştırmalı bir çalışmada (4), en yüksek verim, taşıma kanalları ortada ve bakırdan yapılan plakada gözlenmiştir.

Son yıllarda kollektör firmaları yurtdışından plastik yutucu plaka ithal etmektedirler. Bu tip plakalar düşük sıcaklık uygulamalarında tercih edilmektedir. Plastik kollektörlerin dezavantajı düşük ısı iletiminden dolayı yutucu plaka ve akışkan arasındaki ısı transferinin düşük olmasından dolayı kollektör verimini düşürmektedir. Ayrıca maliyet açısından piyasadaki kollektörlerden daha pahalıdır (5).

### 3.3. Boru Merkezleri Arası Uzaklık ve Boru Sayısı

Kollektör verimini etkileyen bir diğer önemli parametre de boru sayısıdır. Kollektörde kullanılan boru sayısı azaldıkça kollektör verimi azalır. Buna karşılık, boru sayısı arttığında sistemdeki basınç kayıpları, sarf edilen malzeme miktarı ve işçilik fazlalaşır. TS 3680'de, kullanılabilecek boru sayısının en az sekiz adet olması, boru merkezleri arası uzaklığın ise 60-125 mm arasında değişmesi gerektiği vurgulanmıştır. Bu kriterler göz önüne alınarak 1.8 m<sup>2</sup>'lik (0.94x1.94 m) brüt alana sahip alüminyum kollektör için boru sayısının verim ile değişimi hesaplanmıştır (Şekil 3). Şekil 3 incelendiğinde, 8 ile 11 adet boru arasındaki verim değişimi yüksek mertebelerde olurken, 10 adet borudan sonra bu değişim daha küçük mertebelerde olmaktadır. Buna göre optimum boru sayısı 10 adet ve boru merkezleri arası uzaklık 9.5 cm alınabilir.



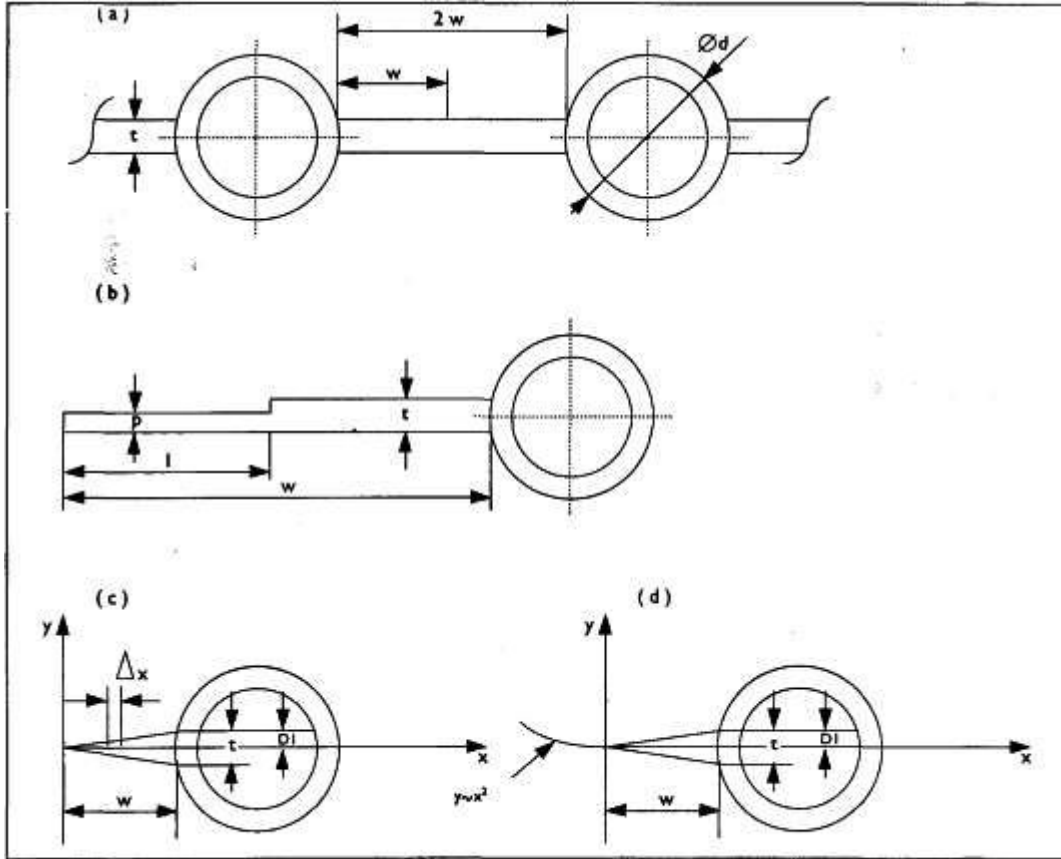
Boru merkezleri arasındaki uzaklığın hesabı için aşağıdaki eşitlik kullanılır:

$$A = n \cdot W \cdot L \quad (1)$$

Burada A, net kollektör alanı (m<sup>2</sup>); n, boru sayısı; W, boru merkezleri arası uzaklık (m); L, kollektör yutucu yüzey uzunluğu (m) olmaktadır.

### 3.4. Yutucu Yüzey Kanat Geometrisi

Düzensel güneş kollektörlerinde kanatlarda kullanılan malzeme miktarı kollektörün maliyetine direkt etki ettiğinden, gerekli enerjiyi en az maliyetle transfer edebilecek kanat yapısının belirlenmesi ekonomik açıdan önemlidir. Şekil 4'de alüminyum kollektörlerde kullanılan çeşitli kanat tipleri görülmektedir. Isı transferi ve ekonomik değerlendirme sonucunda, daha az malzeme kullanılan kanat yüzeylerinin kanat verimini çok fazla etkilenmediği (en çok %3.11) buna karşılık kollektör başına malzeme maliyetinin çok daha yüksek oranlarda etkilediğini (%16'ya kadar) göstermiştir. Çizelge 1'de dikdörtgen kanat baz alınarak yapılan ekonomik değerlendirme sonuçları verilmiştir (6).



Şekil 4 : Çeşitli Kanat Tipleri (a) Dikdörtgen Kanat, (b) Basamaklı Kanat, (c) Üçgen Kanat, (d) Azalan Parabolik Kanat

### 3.5. Yutucu Yüzey Kaplamaları

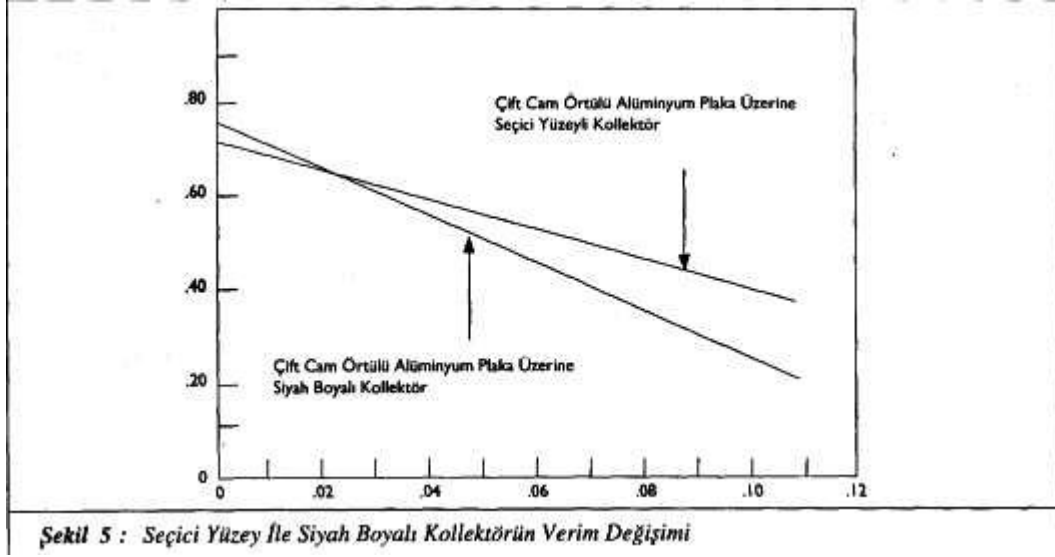
Türkiye'de üretilen kollektörlerde yutucu plakalar mat siyah boya ile boyanmaktadır. Mat siyah yüzeylerin ısınım yutma oranları %90-98, uzun dalga boylu ısınım yutma oranları %85-92 mertebesindedir. Yani yuttukları ısınımın çoğunu geriye vermektedirler. Boyalar pigment malzemesi, kuruma sırasında polimerize olan organik bir yapıştırıcı ve boya filminin kolay sürülmesini sağlayan çözücülerden oluşur. Siyah pigment olarak karbon siyahı kullanılmaktadır (7).

Kollektör verimini arttıran en önemli parametrelerden biri de, yutucu plakanın seçici yüzey ile kaplanmasıdır. Yüzeyde seçicilik özelliği bulunduğunda, yüksek yutuculuk ve düşük ısıl yayma özelliklerine sahip olacaktır. Seçici yüzey elde edilmesinde, önce kaplanacak yüzey temizlenerek asit banyosuna tabii tutulur. Isıl ısınım yayma oranı düşük ve güneş ısınımını yutma oranı büyük olan bir madde ile ince bir film halinde kaplanır. Kaplamalar, kimyasal banyo, püskürtme veya elektroliz yöntemi ile gerçekleştirilir. Elektroliz işlemi gerek basit, gerekse ekonomik olması nedeniyle yaygın olarak uygulanmaktadır. Seçici yüzey olarak siyah nikel, siyah krom, siyah bakır, kobalt oksit kullanılmaktadır (8). Şekil 5'de Tek camlı, alüminyum üzerine seçici yüzeyli kollektörle, çift camlı alüminyum üzerine siyah boyalı kollektörün verim değişimleri görülmektedir (7).

Kanat Tipi	Kanat Verimindeki Azalma (%)	Kollektör Verimindeki Azalma (%)	Malzeme Maliyetindeki Azalma * (Kollektör Başına, %)
a	0.00	0.00	0.0
b	0.86	0.59	6.9
c	1.93	1.34	12.0
d	4.44	3.11	16.0

\* Alüminyum levhanın fiyatı 4.5 \$/kg ve kollektörün fiyatı 150 \$/modül alınmıştır.

Çizelge 1 : Ekonomik Değerlendirme Sonuçları



### 3.6. Kollektör Kasası ve Yalıtımı

Kasa alüminyum, paslanmaz çelik, galvanizli çelik, plastik gibi malzemelerden yapılmaktadır. Kasada mümkün mertebe aynı cins malzeme kullanılmalıdır. Kasa yalıtkanın ıslanmasını önleyebilecek sızdırmazlıkta olmalı ve özellikle kollektör giriş ve çıkışlarında kasanın tam sızdırmazlığı sağlanmalıdır.

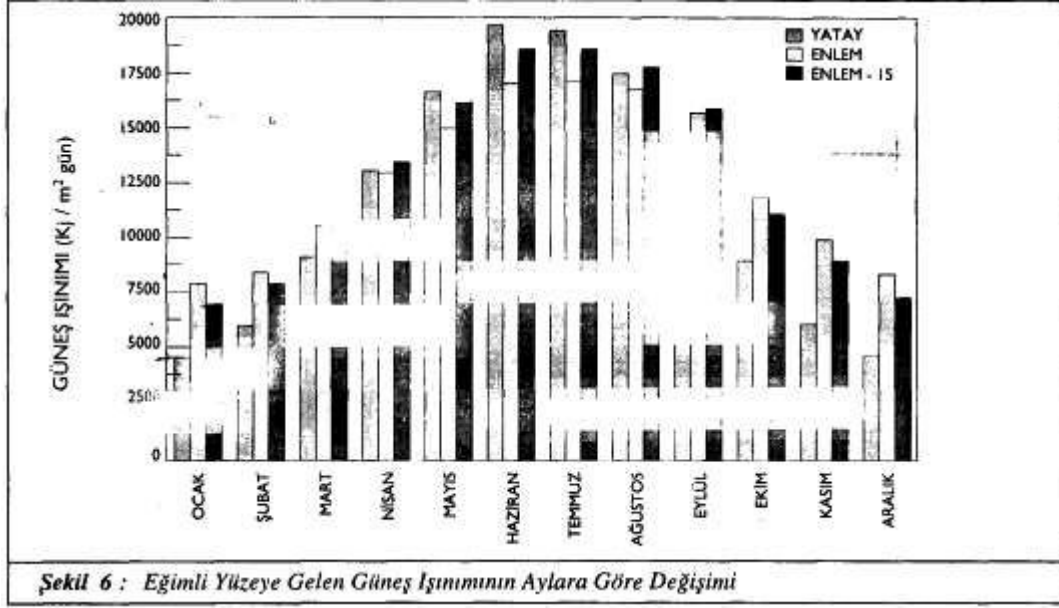
Yapımda, kulandan malzemelerin ısı genleşmeleri dikkate alınarak boyutlandırılmalıdır. Kasa kollektörü sağlam bir şekilde taşınmalı, yutucu plaka ile kasa arasına yalıtım uygulanmalıdır. Kasanın yan yüzleri ve arkasında cam yünü ise sırasıyla 20-50 mm ve 50-100 mm, poliüretan levha ise 8.5 cm, poliüretan köpük ise en az 9.5 cm alınmalıdır. Bu yalıtım malzemelerinden ısı köprü oluşturmadığı ve ısladığında iletkenliğinde azalma olmadığı için poliüretan köpük tercih edilmelidir.

Ayrıca yutucu plaka ile arka yalıtım arasında 1-2 cm boşluk bırakılarak yalıtımın yutucu plakaya bakan kısmı alüminyum folyo ile kaplanarak uzun dalga boylu ışınların plaka geri dönüşü ve yalıtımın sızdırmazlığı sağlanmalıdır (3).

### 3.7. Kollektör Eğimi ve Yönü

Kollektör yüzeyi genel olarak tam güneye bakmalıdır. Ancak özel yerleştirmeyi gerektiren durumlarda kollektör yüzeyi güneyden doğuya veya batıya doğru en çok 15° döndürülebilir.

Kollektörün eğim açısı, genel olarak kurulduğu yerin enlem derecesine eşit olmalıdır. Ancak kollektör yaz aylarında kullanılacaksa, enlem derecesinden 15° eksik, kış aylarında enlem derecesinden 15° fazla olmalıdır. Şekil 6'da İstanbul için yatay ve eğimli yüzeye gelen güneş ışınımının aylara göre değişimi görülmektedir.



## SONUÇ

Düzlemsel güneş kolektörleri, Türkiye'deki ticari öneme sahip öncelikli alandır. Ancak kolektör verimlerinin artırılması, üstün özellikler gösteren ekonomik kolektörlerin imalatı, uygulama alan ve miktarını büyütecektir. Bu nedenle kolektör tasarımı ve malzeme seçiminde günlük ekonomik kaygılar aşılmalı, uzun vadeli bir program dahilinde -ihracatı da kapsayan- planlar yapılmalıdır. Bu çerçevede kolektör verimleri mutlaka artırılmalı, verime etki eden parametreler proje bazında detaylandırılmalı ve uygulanmalıdır.

## KAYNAKÇA

1. Türkiye 6. Enerji Kongresi istatistikleri, İzmir, Ekim 1995.
2. Güneş Enerjisi Düz Toplayıcıları, TS 3680 Nisan 1989.
3. Tırıs, Ç., Varol, H.S., Sivili Düzlemsel Güneş Kolektörlerinin Optimizasyonit, imalatı ve Türkiye'nin Farklı Bölgelerine Uygulamaları, Proje Raporu (16.1.002) Enerji Sistemleri Bölümü, TÜBİTAK-M.A.M., Kocaeli, 1994.
4. Husain, Md.S., Bondings for tubular solar collectors, 1 st. World Renewable Energy Congress Volume 2, pp 1062-1066, Pergamon Press, England, 1990.
5. Tırıs, Ç., Tırıs, M., Söhmen, H.M., Edin, M., "Plastik Güneş Kolektörlerinin Karşılaştırmalı Verim Analizi", 5. Türk-Alman Enerji Sempozyumu "Güneş Enerjisi ve Diğer Yenilenebilir Enerji Uygulamalarındaki Gelişmeler", İzmir, 1995.
6. Tırıs. Ç., Tırıs, M., Türe, İ.E., Effect of Fin Design on Collector Efficiency, Energy, 1995 (Baskıda).
7. Niklasson, G.A., Selectively Solar Absorbing Surface Coating, Optical Properties and Degradation, Materials Science for Solar Energy Conversion System, Pergamon Press, North Holland, 1991.
8. Lunde, P. J., Solar Thermal Engineering, Space Heating and Höt Water Systems, John Wiley&Sons, New York, 1980.