

DOĞAL DOLAŞIMLI, DOLAYLI VE FARKLI TİPTEKİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİNİN DENEYSEL KARŞILAŞTIRILMASI

İlhan CEYLAN*, Mustafa AKTAŞ, Hikmet DOĞAN
Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü
06500, Teknikokullar, ANKARA
***ceylan060606@hotmail.com**

ÖZET

Bu çalışmada, altı farklı güneş enerjili dönüşüm sistemi ısı verim açısından incelenmiştir. Bunlardan üçü farklı malzeme ve farklı cidar kalınlığındaki ısı değiştiricilerine sahip düz yüzeyli borulu tip güneş kolektörlü olup, bu sistemlerin deneysel karşılaştırılması yapılmıştır. Ayrıca, yine depo ve ısı değiştiricisi yapıları aynı olan prizmatik yüzeyleri farklı olan 3 adet düz yüzeyli güneş kolektörlerinin bulunduğu sistemler de kendi aralarında deneysel olarak karşılaştırılmıştır. Deneyler sonucunda, konutlarda kullanma sıcak suyu üretmek amacıyla kullanılacak olan en verimli sistemin, yüzeyleri arasındaki 2 mm mesafe olan çelik sac malzemeden yapılmış prizmatik tip kolektörlü güneş enerjisi dönüşüm sistemi olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, Prizmatik kolektör, Isı değiştirici, Sıcak su hazırlama.

ABSTRACT

In this study, six different types of solar energy conversion systems have been examined in terms of thermal performance. Three of these systems are furnished with solar collector, which have a flat surfaced pipe type heat exchangers manufactured in different materials and wall thickness, and these systems have been compared experimentally. Furthermore, 3 more systems with same tank and heat exchanger designs, but with different prismatic surfaced flat type heat collector systems have also been compared. As a result of these experiments, it is found that prismatic type collector made in steel sheet metals with 2 mm intervals between the surfaces is the best and most efficient solar energy conversion system.

Key Words: Solar energy, Prismatic collector, Heat exchanger, Hot water preparation.

1. GİRİŞ

Ülkelerin kalkınmışlık seviyeleri tükettikleri enerji miktarıyla doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu bakımdan kalkınmakta olan ülkelerde enerjiye duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Türkiye de kalkınmakta olan ülkeler arasından olduğundan, her geçen gün enerji ihtiyacı artmakta ve bu ihtiyacını gidermek için çeşitli arayışlar içerisinde bulunmaktadır. Günümüzde kullanılan enerjinin büyük bir kısmı, tükenebilir bir enerji kaynağı olan fosil yakıtlardan elde edilmektedir (1).

Dünyada birincil enerji kaynakları olan toprak kökenli enerji kaynaklarının (doğal gaz, petrol, kömür, vb.) hızla tükenmesi alternatif enerji kaynaklarının kullanımının araştırılmasına yol açmıştır. Kullanılan enerjinin büyük kısmını fosil kökenli ithal enerjilerden sağlanan Türkiye’de, enerji kaynaklarının azalması mevcut yüksek enerjili sanayi alt yapısını uzun süre korunamayacağını göstermektedir (2).

Türkiye’de, enerjinin %36.2’si sanayide, %42.4’ü konutlarda tüketilmektedir. Herhangi bir zamanda doğabilecek enerji krizinde ilk etkilenecekler yine sanayi ve konutlar olacaktır. Bu yüzden Türkiye’de alternatif enerjinin kullanımının araştırılması

gelecek için zorunlu hale gelmektedir (3). Alternatif enerji kaynakları günümüz teknolojisinde şu an için rüzgar, akarsu, güneş, jeotermal, biomas ve nükleer enerji olarak sıralanabilir. Bunlar içerisinde en çok ısı ve ışık kaynağı olan güneş enerjisinden seraların, binaların, konutların ve kullanma sıcak suyunun ısıtılması amacıyla faydalanılmaktadır.

Dış yüzey sıcaklığı 6000 K olarak kabul edilen ve bilinen en büyük yıldız olan güneşin yaydığı ışınımın %70'i yeryüzüne ulaşır. Bu eksilmeler ortaya çıkmadan önce, atmosferin dışında ışınım değeri 1367 W/m^2 'dir ve bu değer "güneş sabiti" olarak alınır. Pratik olarak, yeryüzüne ulaşan güneş ışınımı değeri 1000 W/m^2 olarak kabul edilmektedir (4).

Türkiye güneş enerjisi açısından yer kürede şanslı bir konumda yer almaktadır. Yapılan ölçümlere göre Türkiye'nin %63'ünde 10 ay, %17'sinde 1 yıl boyunca güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür (5). Türkiye'nin yıllık güneşlenme süresi ortalama olarak 2640 saat civarındadır (6). Bu yüzden konutlarda sıcak su sağlamak amacıyla kullanılan düz yüzeyli güneş kolektörlerinin kullanımı kırsal alanlarda dahi her geçen gün artmaktadır. Konutlarda sıcak su üretiminde kullanılan düzlemsel güneş kolektörleri güneş enerjisinin, ısı kazanımı uygulamaları içerisinde en yaygın olanıdır. Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinin verimleri ortalama %35 civarındadır (7).

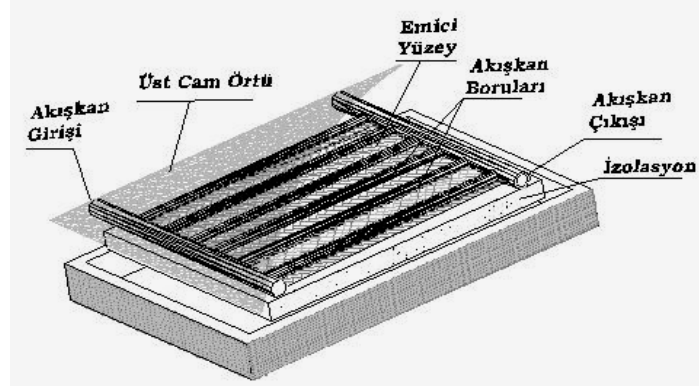
Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleri, ısı taşıyıcı akışkanın sistemde dolaşım şekline göre doğal dolaşım ve cebri dolaşım sistem olarak, devre şekline göre doğrudan ısıtım ve dolaylı ısıtım sistem olarak gruplandırılabilir (8).

Kullanma suyunun ısıtılmasında güneş enerjisi kullanılması durumunda yüksek bir enerji tasarruf potansiyeli bulunmaktadır (9). Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinde kullanılan sıcak su deposu hacminin kolektör yüzey alanına oranı yaklaşık olarak 50 l/m^2 alınabilir (10). Bu çalışmada konutların sıcak su ihtiyacını karşılamak için tasarlanan ısı değiştiricileri ve kolektör yapıları farklı doğal dolaşım, dolaylı 6 adet güneş enerjisi sıcak su hazırlama sisteminin kendi aralarında deneysel karşılaştırılması yapılarak en verimli olabilecek sistem tespit edilmeye çalışılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

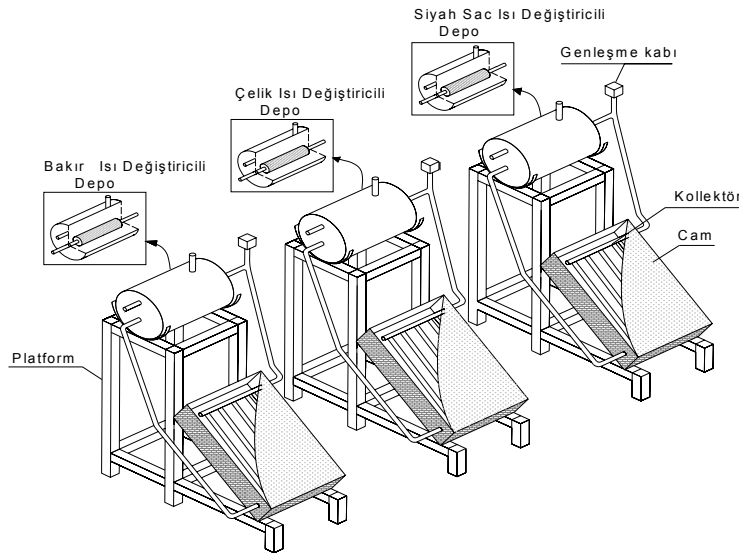
2.1. Dolaylı Isıtım, Borulu Tip Kolektörlü Güneş Enerjisi Dönüşüm Sistemi

Sistem doğal dolaşım, dolaylı ısıtım ve düz kolektörlü olarak yapıldığı için, "Doğal dolaşım, dolaylı ısıtım, borulu tip kolektörlü güneş enerjisi sistemi" olarak adlandırılmıştır. Dolaylı ısıtım amacıyla sıcak su depoları içerisine farklı malzemeden, farklı kalınlıklarda 3 adet ısı değiştiricisi yapılmıştır. Isı değiştiricileri siyah sac, krom nikel karışımdan oluşan paslanmaz çelik ve bakır malzemeden sırasıyla 1, 0.5 ve 2 mm kalınlıklarında imal edilerek 18 litre kapasiteli sıcak su depoları içerisine yerleştirilmiştir. Şekil 1.'de imal edilen borulu tip güneş kolektörünün kısımları görülmektedir.



Şekil 1. Borulu tip güneş kolektörünün kısımları

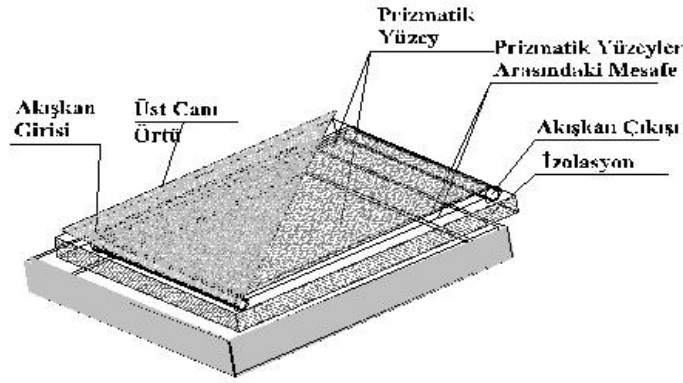
Kolektör toplam emici yüzey alanı 0.185 m^2 olarak hazırlanmıştır. İmal edilen sıcak su deposu ve emici yüzey 30 mm kare profilden yapılmış iskeletler üzerine yerleştirilerek, sistem tamamlanmıştır. İmal edilen bu sistemler Şekil 2.'de görülmektedir.



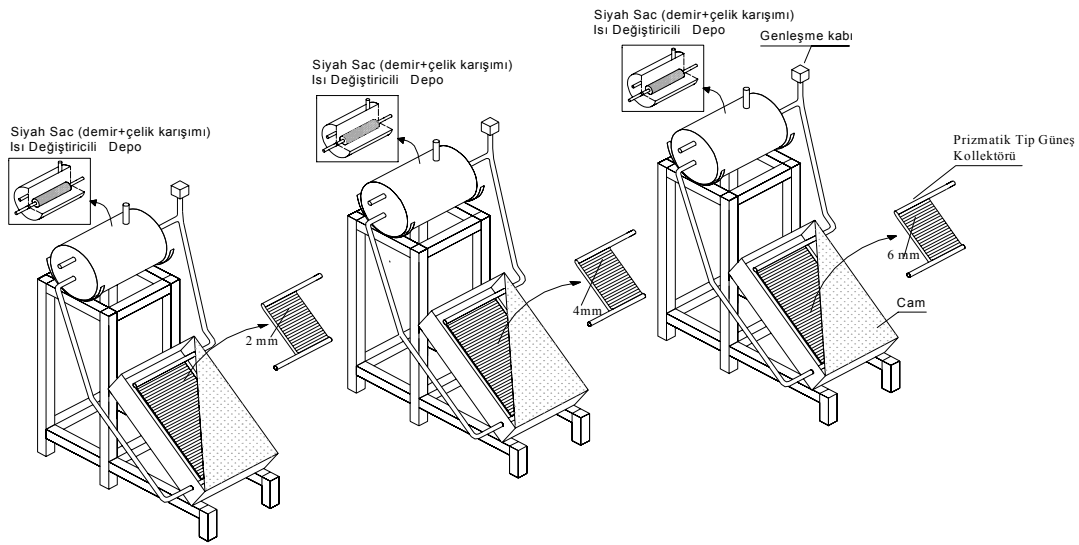
Şekil 2. Borulu tip kolektörlü güneş enerjisi dönüşüm sistemleri

2.2 Dolaylı Isıtılmalı, Prizmatik Tip Kolektörlü Güneş Enerjisi Dönüşüm Sistemi

Yine tarafımızdan tasarlanan diğer bir sistem de "Doğal dolaşım, dolaylı ısıtılmalı prizmatik tip kolektörlü güneş enerjisi dönüşüm sistemi" olarak adlandırılmaktadır. Isı değiştiricileri silindirik olarak aynı malzemeden (siyah sac levha), aynı cidar kalınlığında (1mm) imal edilerek 18 litre kapasitedeki sıcak su depoları içerisine yerleştirilmiştir. Sac levhaların aralarında 2, 4 ve 6 mm boşluk kalacak şekilde prizmatik olarak 3 adet imal edilmiş, izolasyon malzemesi ve kasa ile birleştirilerek kolektör haline getirilmiştir. Prizmatik tip güneş kolektörünün yüzey alanı 0.26 m^2 'dir. İmal edilen kolektör Şekil 3'te ve sistemler de Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 3. Prizmatik tip güneş kolektörünün kısımları



Şekil 4. Prizmatik tip kolektörlü güneş enerjisi dönüşüm sistemleri

3. DENEYLERİN YAPILIŞI

Yatay yüzeye gelen toplam güneş ışınımını birinci derecede coğrafik enlem derecesine bağlı olarak güneşlenme süresi etkilemektedir. Tertip edilecek sistemin sadece yaz aylarında kullanılması düşünülüyorsa, kolektör eğim açısı; enlem - 15°, sadece kış aylarında kullanılması düşünülüyorsa; enlem + 15°, yıl boyunca kullanılacak ise, enlem derecesine eşit alınmalıdır (11). İmal edilen sistemlerin, kolektör yüzeyleri güneşe bakacak şekilde, platform üzerine yan yana yatayla 40° eğimle yerleştirilmiştir (Şekil 5). Deneyler havanın açık olduğu günlerde 4 gün süreyle yapılmıştır. Depo içerisindeki kullanma suyu sıcaklıkları ölçümleri, 9:00 - 17:00 saatleri arasında 1'er saat ara ile Testo firmasının üretmiş olduğu ± 0.005 hassasiyette ölçüm yapan LCD ekranlı -50 °C ... 1000 °C aralığında K tipi problu cihaz ile yapılmıştır. Yapılan deneyler süresince güneşten elde edilen enerjinin hesaplanması için Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Ankara İstasyonu'ndan alınan günlük güneş ışınım değerleri kullanılmıştır (12).

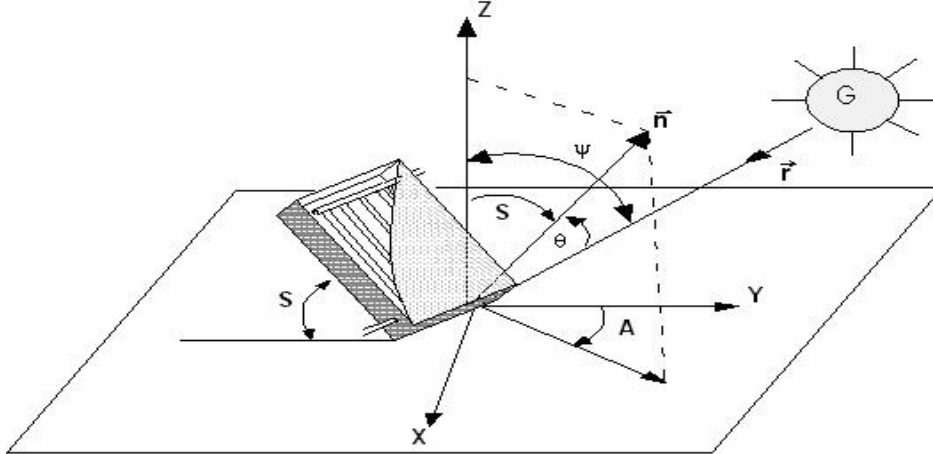


Şekil 5. Deneyi yapılan güneş enerjisi sistemleri

Kolektör yüzeyine gelen, güneş ışınımından elde edilen toplam enerji miktarı:

$$\vec{H}_{t_{egik}} = \vec{H}_{t_{yat}} R \quad (1)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Buradaki $\vec{H}_{t_{yat}}$ değeri meteorolojiden alınan yatay düzleme gelen toplam güneş ışınımı ortalama değeridir. R dönüşüm faktörü bilindiği takdirde eğik konumdaki kolektör yüzeyine gelen toplam güneş ışınımı ortalaması Eşitlik 1. ile hesaplanabilecektir (13). Şekil 6.'da kolektör düzleminin konumu ve güneş ışını ile yaptığı açılar görülmektedir. Burada ışınım geliş açısından (θ) yararlanarak güneş zenit açıları (ψ) Eşitlik 2. ile hesaplanarak Eşitlik 3.'den de R dönüşüm faktörleri bulunmuştur. Işınım geliş açıları için Çizelge 1.'den faydalanılarak, R dönüşüm faktörü, deneylerin yapıldığı Nisan (2004) ayında 40° kolektör eğimi için R hesaplanmıştır.



A: Kolektör düzleminin tam güneyden sapma açısı
(Azimut açısı)
n: Kolektör düzleminin normal vektörü
r: Güneş ışını vektörü
S: Kolektör düzleminin yatayla yaptığı eğim açısı
X: Batı

Y: Güney
Z: Başucu yüksekliği
 ψ : Güneş zenit (başucu) açısı
 θ : Güneş geliş açısı

Şekil 6. Kolektör düzleminin konumu ve güneş ışını ile yaptığı açılar

Güneş zenit (başucu) ve dönüşüm faktörleri:

$$\psi = \theta + S \quad (2)$$

$$R = \frac{\cos(\psi - S)}{\cos \psi} \quad (3)$$

eşitlikleri ile hesaplanmıştır.

Çizelge 1. (40°) Kuzey Enlemi İçin θ ve ψ Değerleri ($\psi = \theta + S$) [13].

AYLAR	(S) Kolektör Eğim Açıları									
	15°		30°		40°		45°		60°	
	θ	ψ	θ	ψ	θ	ψ	θ	ψ	θ	ψ
Aralık	50	65	35	65	25	65	20	65	5	65
Ocak, Kasım	45	60	30	60	20	60	15	60	0	60
Şubat, Ekim	35	50	20	50	10	50	5	50	-10	50
Mart, Eylül	25	40	10	40	3,3	36,6	-10	35	-20	40
Nisan, Ağustos	15	30	5	35	-10	30	-17,5	27,5	-32	28
Mayıs, Temmuz	7,5	22,5	-10	20	-20	20	-25	20	-40	20
Haziran	5	20	-13	17	-23	17	-28	17	-43	17

İmal edilen ısı değiştiricileri güneşten gelen enerjinin bir kısmını kullanma sıcak suyu iletebilmektedir. Kullanma sıcak suyu deposunda elde edilen enerji ve sistemlerin verimi:

$$Q = m c \Delta T \quad (4)$$

$$\eta = \frac{Q}{H_{t_{Egik}} F_k} \quad (5)$$

eşitlikleri ile hesaplanmıştır (14).

3.1. Deneysel Sonuçlarının Değerlendirilmesi

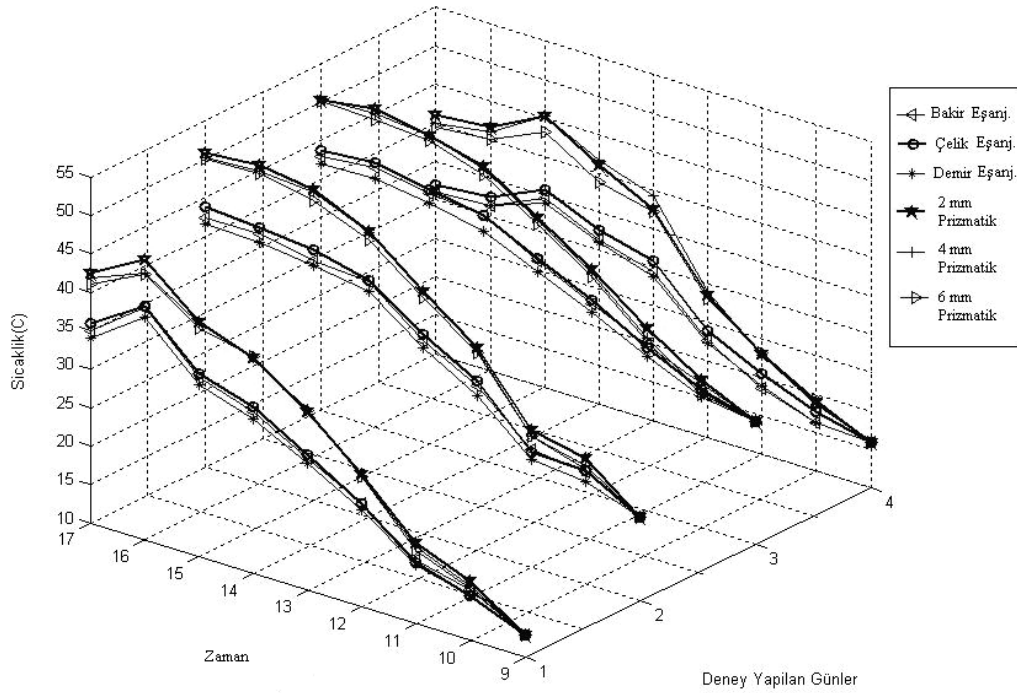
Deneysel süresince elde edilen sıcaklık değerleri zamana bağlı olarak Şekil 7.'de her bir sistem için verilmiştir. Eşitlik 3.'den 40° eğimindeki kolektörlerde "R" dönüşüm faktörü deneylerin yapıldığı Nisan ayı için 1.137 olarak bulunmuştur. Bu değere göre Eşitlik 1.'den eğik yüzeye gelen toplam ışınım değeri hesaplanarak Eşitlik 5.'den sistemlere ait verim değerleri hesaplanmış ve Çizelge 2. ile verilmiştir.

Şekil 7.'de görülen grafiklerde koyu olan eğriler güneş enerjisi dönüşüm sistemlerinin yapılan deneyler sonucunda en verimli olanlarıdır. Sistemler kendi aralarında karşılaştırıldığında 2, 4 ve 6 mm aralıklı prizmatik güneş kolektörlerine sahip sistemlerden en verimlisinin 2 mm aralıklı prizmatik güneş kolektörlü sistemin olduğu görülmüştür. Bu durum Şekil 7. ve Çizelge 2.'den de görülmektedir.

Bakır, çelik ve siyah sac malzemedan yapılan ısı değiştiricilerine sahip güneş enerjisi sistemlerinde ise; en verimlisi levhadan imal edilen çelik ısı değiştiricisine sahip sistem olmuştur. Cidar kalınlığı 2 mm olan prizmatik kolektörün bulunduğu sistemin ısı değiştiricisi

siyah sac malzemeden yapılmıştır. Siyah sac ısı değiştiricili, borulu tip kolektörlü sistemle karşılaştırdığımızda verimi daha yüksek olanın 2 mm cidar kalınlığındaki prizmatik kolektörün bulunduğu sistem olduğu görülmektedir (Çizelge 2.).

Yapılan bu altı sistem içerisinde ölçüm sonuçlarına göre oluşturulacak en verimli sistemin 0.5 mm cidar kalınlığındaki çelik ısı değiştiricili ve kolektörü 2 mm aralıkta prizmatik tip olan güneş enerjisi dönüşüm sistemi olduğu görülmüştür.



Şekil 7. Deneysel süresince elde edilen depo suyu sıcaklık değerleri

Çizelge 2. Deneysel Süresince Elde Edilen Sistem Verim ve Güneş Işınım Değerleri.

	Bakır Isı değiş.	Çelik Isı değiş.	Siyah Sac Isı değiş.	2 mm Prizmatik	4 mm Prizmatik	6 mm Prizmatik	Güneş Radyasyonu kJ/m ²
1	0,46	0,46	0,44	0,40	0,38	0,38	21043
2	0,35	0,37	0,33	0,35	0,34	0,34	21780
3	0,31	0,33	0,30	0,35	0,33	0,32	20369
4	0,31	0,32	0,28	0,31	0,30	0,30	21269
Ortalama verim	0,35	0,37	0,33	0,35	0,33	0,33	

4. SONUÇ

Farklı özellikte olan ısı değiştiricilerinin karşılaştırıldığı sistemlerde, ısı değiştiricisi kalınlıklarının aynı olması durumunda ısı iletim katsayısı yüksek olan malzemeden yapılan ısı değiştiricisine sahip sistemin verimi de yüksek olacaktır. Bakır korozyonunun insan sağlığı üzerindeki zehirli etkisinden ve sac levhanın (demir çelik karışımı) hem ısı iletim katsayısının düşük olması hem de zamanla aşınmaya uğramasından dolayı her iki malzemenin de kulla-

nılmalarını çok uygun kılmamaktadır. Çelik (krom ve nikel karışımı) malzemenin kullanılması hem sağlık açısından, hem de ısı ile birlikte aşınmaya da dayanıklı olması tercih edilebilirliğini artırmaktadır.

Prizmatik tip kolektörlerden yüzeyler arasındaki mesafe 2 mm olan kolektör 4 ve 6 mm aralıklı kolektörlere göre daha verimli olmuştur. 4 ve 6 mm aralıklı kolektörlerin verimleri arasında fazla bir fark olmamasına karşılık yüzeyler arasındaki mesafe azaldıkça verimin de arttığı görülmüştür. Bunun nedeninin de sistemde kapalı devrede dolaşan akışkan miktarının azalması ile birlikte akışkan sıcaklığının daha çok artması, buna bağlı olarak sistemde dolaşım sayısının da artması, dolayısı ile depodaki akışkana daha fazla enerji aktarılması olduğu söylenebilir.

SEMBOLLER

$\vec{H}_{t_{Egik}}$	Kolektör yüzeyine gelen güneş enerjisi miktarı (kJ/m ²)
$\vec{H}_{t_{Yatay}}$	Meteorolojiden alınan güneş radyasyonu değerleri (kJ/m ²)
Q	Kullanma sıcak suyu verilen ısı (kJ)
m	Sistemlerdeki kullanma sıcak suyu miktarı (kg)
c	Suyun özgül ısısı (kJ/kgK)
ΔT	Depo suyu giriş sıcaklığı ile elde edilen kullanma sıcak suyu arasındaki sıcaklık farkı (K)
η	Güneş enerjisi dönüşüm sistemlerinin verimi
R	Dönüşüm Faktörü
F_k	Kolektör yüzey alanı (m ²)

KAYNAKLAR

- [1] Bockris, J., O, M., Veziroğlu, T.N., Smith, D., “Solar Hydrogen Energy”, İletişim Yayınları s, 11., (1993).
- [2] Rifkin, J., Howrd, T., “ Entropi” , İz Yayıncılık s, 41-47., İstanbul, (1997).
- [3] Okuyan, C., Okuyan, M. Akif., “Türkiyenin Güneş Enerjisi Potansiyeli”, **Mühendis ve Makine Dergisi**, cilt 27, sayı 318, Ankara, Temmuz, (1986).
- [4] Doğan, H., Aktaş, M., Menlik T., “Güneş Enerjisi Sistemlerinde Kanatçık Yüzeyindeki Sıcaklık Dağılımının Sonlu Farklar Metodu İle Analizi” Karaelmas Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, **Teknoloji Dergisi**, Cilt:7, Sayı 3, s, 407-414, (2004).
- [5] Öz, E., S., Menlik, T., Aktaş, M., “Güneş Enerjisi Sistemlerinde Kanatçık Kullanımının Verime Etkisinin Deneysel İncelenmesi”,Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, **Politeknik Dergisi**, Cilt:7, Sayı 3, s, 217-221, (2004).
- [6] Aktaş, M., Ceylan, İ., Doğan, H., “Güneş Enerjili Kurutma Sistemlerinin Fındık Kurutulmasına Uygulanabilirliği”, Karaelmas Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, **Teknoloji Dergisi**, Cilt:7, Sayı 4, s, 557-564, (2004).
- [7] Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi, “Sanayide Enerji Yönetimi Esasları”, cilt 4, s, 12-18., Ankara, (1997).
- [8] Uyarel, A., Y., Öz, E., S., “Güneş Enerjisi ve Uygulamaları”, s, 111-113, Ankara, (1987).

- [9] Menlik, T., Aktaş, M., Özdemir, M., B., “Türkiye’de Bölgesel Olarak Güneş Enerjili Sıcak Su Hazırlama Sistemlerinin Kapasite Hesaplarının Bilgisayar Programı İle Yapılması”, Karaelmas Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, **Teknoloji Dergisi**, Cilt:7, Sayı 2, s, 219-224, (2004).
- [10] Shariah, A.,M., Lo, F., The Optimization of Tank Volume to Collector Area Ratio For Thermosyphon Solar Water Heater, **Renewable Energy**, Volume : 7, 289–300, (1996).
- [11] Tırıs, M., Tırıs, Ç., Erdalli, Y., “Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri” **Tübitak Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü**, s, 61, Gebze-Kocaeli, (1997).
- [12] Devlet Meteoroloji İşleri Müdürlüğü, **Ankara Kalaba İstasyonu 2004 Yılı Nisan Ayı Güneş Işınımı Verileri**, (2004).
- [13] Arınç, Ümit, D., “Eğik Düzleme Gelen Işınım Hesapları İçin R Dönüşüm Faktörlerinin Bulunması”, **3. Ulusal Isı Kongresi**, s, 69-80, İstanbul, (1981).
- [14] Aktaş, M., “Güneş Enerjili Tabii Sirkülasyonlu Endirekt Sıcak Su Hazırlama Sistemlerinde Kanatçık Optimizasyonu”, **Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi**, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2003).