



GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİNDE KULLANILAN FARKLI ISI DEĞİŞTİRİCİSİ MALZEMELERİNİN VERİME OLAN ETKİSİ

İ. CEYLAN* & M. AKTAŞ* & H. DOĞAN*

Özet

Bu çalışmada, güneş enerjili, doğal dolaşimli, dolaylı sistemlerde malzeme ve cidar kalınlığı bakımından farklı ısı değiştiricilerine sahip sistemlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Bu amaçla ısı değiştiricileri sac, paslanmaz çelik ve bakır malzemeden olmak üzere üç sistem tasarlanıp imal edilmiştir. Deneyler sonucunda, konutlarda kullanma sıcak suyu hazırlamak için kullanılacak olan en verimli ve kullanışlı sistemin çelik ısı değiştiricili depoya sahip güneş enerjisi sistemi olduğu görülmüştür.

1. Giriş

Güneş enerjili sistemlerin uygulama alanları başta konutlar için sıcak su temini olmak üzere, mekan ve sera ısıtma, güneş havuzları, güneş bacaları, su arıtma sistemleri, ürün kurutma, tuz üretimi, güneş ocakları, güneş pompaları, soğutma sistemleri, büyük soğutma ve ısıtma sistemleri, sanayi için gerekli olan sıcak su ve buhar temin eden sistemler, güneş fırınları ve metal ergitme fırınları olarak sıralanabilir. Ayrıca fotovoltajik uygulamalar da gün geçtikçe önem kazanmaktadır.

Gelişme çabasındaki Türkiye'nin karşılaştığı en önemli sorunlardan birisi, ekonomik kalkınmanın motorunu ateşleyecek enerjiyi sağlamaktır. Gün geçtikçe artan ekonomik ve ekolojik hasarlara, yerel enerji kaynaklarının sınırlı olmasının eklenmesi, Türkiye'nin enerji seçeneklerinin belirlenmesini kritik hale getirmektedir.

Yani bir anlamda Türkiye, ya Batı'nın kullanımını azaltmaya çalıştığı fosil yakıtlar ve nükleer güce yönelecek ya da verimliliği artırıp enerji ihtiyacını planlayarak, doğalgaz ve yenilenebilir kaynaklara daha fazla ağırlık verecektir [1].

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi, deniz kökenli enerjiler (deniz dalga enerjisi, deniz sıcaklık gradyanı enerjisi, deniz akıntıları enerjisi, gel-git enerjisi) hidrojen enerjisi ve hidroelektrik enerji gibi temiz enerji kaynakları sayılabilir. Dünya nüfusunun hızlı artışına paralel olarak enerji tüketiminin hızla artması, bu enerji kaynaklarının fosil kökenli olması ve yakın gelecekte tükenme tehlikesiyle karşı karşıya olması, ayrıca enerji fiyatlarının hızla yükselmesi diğer yandan çevresel problemlerle karşılaşılması insanların yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesini gerekli kılmaktadır [2].

Temiz ve güvenilir olması, çevre sorunlarına neden olmaması gibi sebeplerle, güneş enerjisi gittikçe önem kazanmaktadır. Yenilenebilir bir enerji kaynağı olan güneş enerjisiyle çalışan sistemlerin geliştirilmesi ve daha verimli hale getirilebilmesi için yapılan araştırmalar gün geçtikçe artmaktadır.

Güneş enerjisinden faydalanmak için kullanılan ısı uygulamaları düşük, orta ve yüksek sıcaklık uygulamaları olmak üzere üçe ayrılır:

- a-) Düşük sıcaklık uygulamaları, daha çok düzlem toplayıcılarla su ısıtılması, konut ve sera ısıtılması için kullanılır.
- b-) Orta sıcaklık uygulamalarında, güneş ışınımının, odaklı toplayıcılarla toplanması ile, sanayi için gerekli sıcak su ve buhar üretimi gerçekleştirilir. Genellikle bu tip toplayıcılarda, güneş ışınlarını sürekli olarak alabilmek için güneşi izleyen mekanizmalara gerek vardır.
- c-) 300 °C sıcaklık değerinin üzerine çıkılabilen, yüksek sıcaklık uygulamalarında ise, geniş bir alana gelen güneş ışınımı bir noktaya odaklanarak, metal ergitme fırınları çalıştırılabilir.

Mühendislik uygulamalarının en önemli ve en çok karşılaşılan işlemlerinden birisi, farklı sıcaklıklardaki iki veya daha fazla akışkan arasındaki ısı değişimidir. Bu değişimin yapıldığı cihazlar, ısı değiştirici ve eşanjör olarak adlandırılmakta olup, pratikte termik santrallerde, kimya endüstrilerinde, ısıtma, iklimlendirme, soğutma tesisatlarında, taşıt araçlarında, elektronik cihazlarda, alternatif enerji kaynaklarının kullanımında ısı depolanması vb. birçok yerde bulunabilmektedir. Isı değiştiricileri içinde yoğuşma ve buharlaşma gibi bir faz değişimi yoksa, bunlara duyulur ısı değiştiricileri, içinde faz değişimi olanlara ise gizli ısı değiştiricileri denir. Ayrıca buhar kazanları, nükleer santrallerde elektrikli ısıtıcılar da içinde ısı üretimi olan birer ısı değiştiricisi olmasına rağmen ayrı olarak incelenmektedir. Genelde ısı değiştiricilerinde akışkanlar, birbiriyle karıştırılmadan ısı geçişinin doğrudan yapıldığı çoğunlukla metal malzeme olan katı bir yüzey ile birbirinden ayrılırlar. Bu tip ısı değiştiricileri yüzeyli veya reküparatif olarak adlandırılır. Dolgu maddeli veya rejeneratif olarak adlandırılan diğer tip ısı değiştiricilerinde, ısı geçişi doğrudan olmayıp, ısının önce sıcak akışkan etrafında dönmesiyle yada sabit bir dolgu maddesine verilmesiyle depo edildikten sonra soğuk akışkana verilmesiyle meydana gelir. Genel olarak reküparatif ısı değiştiricilerinde ısı değiştiricilerinde incelemeler zamandan bağımsız olarak yapılırken, rejeneratif ısı değiştiricilerinde incelemeler zamana bağlı olarak yapılır. Pratikte çok değişik tiplerde bulunabilen ısı değiştiricileri, ısı geçiş şekline, konstrüksiyon özelliklerine, akış düzenlenmesine, akışkan sayısına veya akışkanların faz değişimlerine göre, çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir [3].

2. Güneş Enerjisi

Güneş, nükleer yakıtlar dışında dünyada kullanılan bütün yakıtların ana kaynağıdır. İçinde sürekli olarak hidrojenin helyuma dönüştüğü füzyon reaksiyonları gerçekleşmekte ve oluşan kütle farkı, ısı enerjisine dönüşerek uzaya yayılmaktadır.

Ancak bu enerjinin çok küçük bir kısmı yeryüzüne ulaşmaktadır. Atmosferdeki CO₂ su buharı ve ozon gibi gazların güneş ışığını absorbe etmeleri, bunun yanı sıra katedilmesi gereken yolun uzunluğu, yeryüzüne ulaşan güneş ışığı değerinin düşük olmasına neden olur. “Sera etkisi”ne neden olan CO₂’nin atmosfere yayılımının %80’i, enerji üretimi, dağıtımı ve tüketiminden kaynaklanmaktadır. CO₂ günümüz toplumunun en büyük yanma atık ürünüdür [4].

Dünya’ya güneşten gelen enerji, dünyada bir yılda kullanılan enerjinin 20 bin katıdır. Güneş ile dünya arasındaki mesafe 150 milyon km ’dir. Güneşin, 5 milyar yıl sonra tükeneceği hesaplanmaktadır. Yeryüzüne düşen güneş radyasyonu değeri yaklaşık olarak 4×10^{24} J/yıl’ dır [5]. Güneşin yüzey sıcaklığı 5762 K ’dir. Güneşten yeryüzüne düşen ışınım değeri, yani *güneş sabiti*; 1367 W/m^2 ’dir [6].

Güneş ışınımının tamamı yeryüzüne ulaşmaz, %30 kadarı dünya atmosferi tarafından geriye yansıtılır. Güneş ışınımının %50’si atmosferi geçerek dünya yüzeyine ulaşır. Bu enerji ile dünya’nın sıcaklığı yükselir ve yeryüzünde yaşam mümkün olur. Rüzgar ve deniz hareketlerine de bu ısınma sebep olur. Güneşten gelen ışınımın %20’si atmosfer ve bulutlarda tutulur. Yeryüzüne gelen güneş ışınımının %1’den azı bitkiler tarafından fotosentez olayında kullanılır. Dünya’ya gelen bütün güneş ışınımı, sonunda ısıya dönüşür ve uzaya geri verilir [7].

Güneş ışınları atmosferi geçerken, toz partiküller ve gaz moleküller tarafından yansıtılarak saptırılır ve absorbe edilirler. Bu da ışınların zayıflamasına sebep olur. Güneş ışınlarının, atmosferi hiçbir engel olmadan geçen ve doğrudan yeryüzüne düşen bileşeni “*direkt ışınım*” olarak tanımlanır. Güneş ışınlarının, toz partikülleri ve gaz molekülleri tarafından yansıtılan veya absorbe edilerek yeniden aksettirilen ve doğrultusu değiştirilip yeryüzüne ulaşan bölümü ise “*yayılı ışınım*” olarak tanımlanır [8].

3. Güneş Enerjili Sıcak Su Hazırlama Sistemleri

Günümüzde güneş enerjili sistemlerin içinde en ekonomik ve en yaygın olarak kullanılanların başında sıcak su hazırlama sistemleri gelmektedir. Genellikle, çatının güney yönüne konulan düz kolektörlerle ışınım şiddetine bağlı olarak sıcak su ihtiyacının büyük bir kısmı güneş enerjisinden karşılanır. Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleri ile konut için gerekli olan toplam enerjinin %12’sini teşkil eden enerjinin temini sağlanabilir [9].

Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleri çok değişik şekillerde yapılabilmektedir. Tabii dolaşımli sıcak su sistemlerinin ısı analizi oldukça karışıktır. Sistemin analizi; dolaşan akışkanın debisi, kolektör üzerine gelen güneş ışınımı, kolektör ile depo arasındaki mesafe, sistemdeki yerel kayıplar, kolektör konstrüksiyonu gibi çok sayıda değişkene bağlıdır. Genel olarak tabii dolaşımli sıcak su sistemlerinde akışkanın kolektöre giriş ve çıkış sıcaklıkları arasında farkın açık havalarda yaklaşık 10 °C ve akışkan debisi yaklaşık 0.009 kg/sn olması tavsiye edilir. Sistemde dolaşan akışkan debisi küçük olduğundan, deponun üst noktasındaki sıcaklık alt noktasındaki sıcaklıktan daha büyüktür [10]. Güneş enerjili sıcak su sistemleri, dolaşım şekline

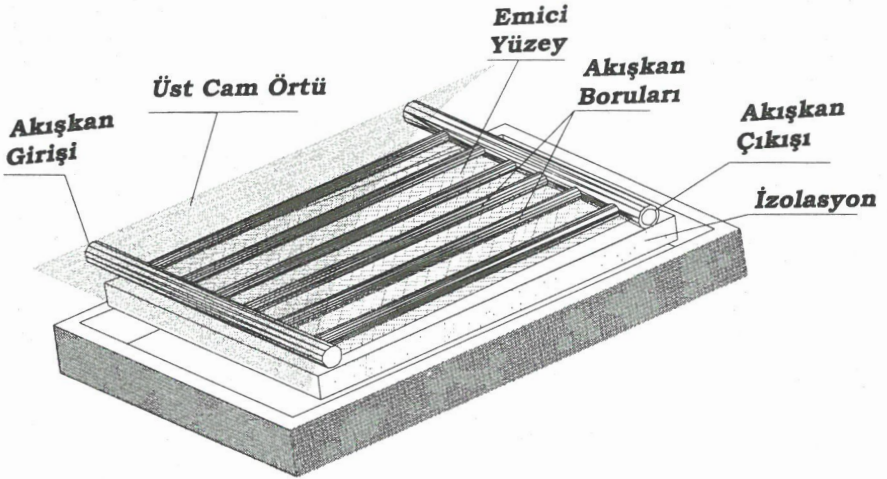
göre; *tabii dolaşım*lı, *cebri dolaşım*lı (pompalı), devre şekline göre; *doğrudan* ve *dolaylı sistemler* olarak gruplandırılabilir [11].

Cebri dolaşımlı bir sıcak su hazırlama sisteminde, genel olarak pompa, diferansiyel termostat, sıcak su deposu, genişleme tankı ve tek yönlü vana (çek valf) bulunur [12].

4. Sistemlerin Hazırlanması

Tarafımızdan tasarlanıp yapılan sistemler “*Tabii Dolaşım*lı, *Dolaylı Isıtma*lı, *Borulu Tip Kolektörlü Güneş Enerjisi Sistemi*” olarak adlandırılmıştır. Şekil 1.’de güneş kolektörünün kısımları görülmektedir.

Dolaylı ısıtma amacıyla sıcak su depoları içerisine farklı malzemeden, farklı kalınlıklarda 3 adet ısı değiştirici yapılmıştır. Isı değiştiricileri sac, paslanmaz çelik ve bakır malzemeden 1 mm, 0.5 mm ve 2 mm kalınlıklarında imal edilerek 15 litre kapasiteli sıcak su depoları içerisine yerleştirilmiştir.

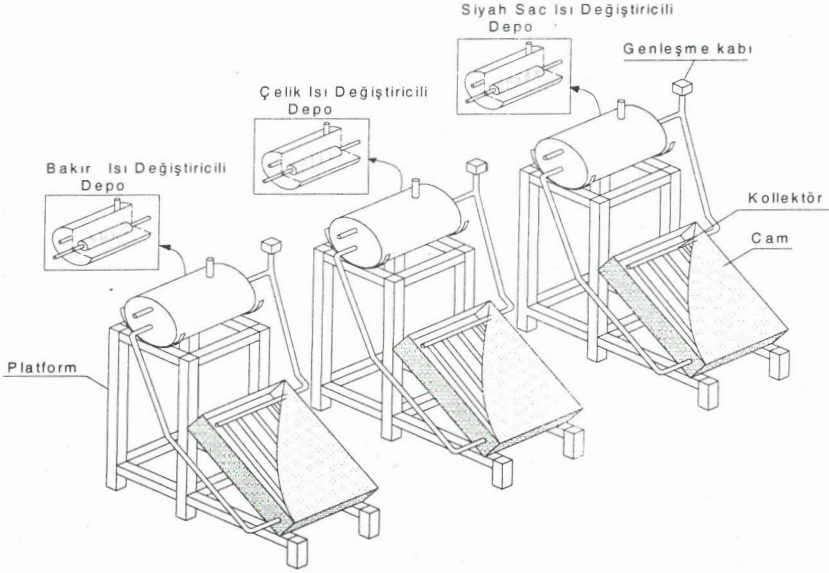


Şekil 1. Borulu tip güneş kolektörünün kısımları

Isı kaybını önlemek ve sızdırmazlık için cam kenarlarında silikon kullanılmıştır. 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 deneylere hazır hale getirilmiştir. İmal edilen bu sistemler Şekil 2.’de görülmektedir.

Kolektör imalatında dağıtım boruları olarak $\frac{3}{4}$ ” ve ısı aktarıcı olarak da $\frac{1}{2}$ ” dikişli siyah demir borular kullanılmış, emici yüzey için 0.3 mm kalınlığındaki galvanizli

saclar ½''lik borular üzerine punta kaynağıyla tutturulmuştur. Hazırlanan kolektör için 1 mm galvenizli sacdan kasa imal edilmiştir. Kasa içerisine ısı kaybını önlemek amacıyla 3 cm kalınlığında cam yünü konularak yalıtım yapılmıştır.



Şekil 2. Borulu tip kolektörlü güneş enerjisi sistemleri

5. Deneilerin Yapılışı

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 alınacağından [13] imal edilen sistemler. Işın toplama yüzeyleri (kolektör) güneşe bakacak şekilde, GÜTEF Tesisat Eğitimi Anabilim Dalı bahçesindeki platform üzerine, sistemlerin bütün bir yıl kullanılacağı düşünülerek kolektörler Ankara'nın enlem derecesinde yan yana yatayla 40° eğimle yerleştirilmiştir. Şekil 3.'de deneyi yapılan güneş enerjisi sistemleri görülmektedir.

Deneiler havanın açık olduğu günlerde 4 gün süreyle yapılmıştır. Depo içerisindeki kullanma suyu sıcaklık ölçümleri depoların üst kısmındaki ölçüm noktalarından, sabah 9:00'dan 17:00'ye kadar 1'er saat ara ile Testo firmasının ürettiği ± 0.005 'i hassasiyette ölçüm yapan LCD ekranlı -50 ile 1000 °C aralığında K tipi problu cihaz ile yapılmıştır.

Sıcak su hazırlama sistemlerinde kullanılan borulu tip kolektörler 0.185 m² yüzey alanına sahiptirler. Yapılan deneyler süresince güneşten elde edilen enerjinin hesaplanması için Çevre ve Orman Bakanlığı, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Elektronik Bilgi İşlem Müdürlüğü Ankara İstasyonun' dan alınan günlük ışınım değerleri kullanılmıştır.



Şekil 3. GÜTEF Tesisat Anabilim Dalı bahçesinde deneyleri yapılan güneş enerjisi sistemlerinin görünüşü.

6. Sistem Enerji Hesaplamaları

Kollektör yüzeyine gelen toplam güneş ışınımından elde edilen enerjiyi bulmak için;

$$I_{TOP} = [I_{DIR} \times R] + I_{DIF} \times \left[\frac{1 + \cos\beta}{2} \right] + [I_{DIR} + I_{DIF}] \times r_a \times \left[\frac{1 - \cos\beta}{2} \right] \quad (1)$$

eşitliğinden yararlanılmıştır [14,15].

Eşitlikteki bilinmeyen değerler aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır.

Direkt radyasyon değeri:

$$I_{DIR} = \varphi - I_{DIF} \quad (2)$$

Difüz radyasyon değeri:

$$I_{DIF} = [1 - (1.097 \times \varepsilon)] \times \varphi \quad (3)$$

Bulanıklık faktörü:

$$\varepsilon = \frac{\varphi}{v} \quad (4)$$

$$R = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_2} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \cos \theta = & [\sin \delta \times \sin \phi \times \cos \beta] - [\sin \delta \times \cos \phi \times \sin \beta \times \cos \gamma] + \\ & [\cos \delta \times \cos \phi \times \cos \beta \times \cos \omega] + [\cos \delta \times \sin \phi \times \sin \beta \times \cos \gamma \times \cos \omega] + \\ & [\cos \delta \times \sin \beta \times \sin \gamma \times \sin \omega] \end{aligned} \quad (6)$$

$$\cos \theta_2 = [\sin \phi \times \sin \delta] + [\cos \phi \times \cos \delta \times \cos \omega] \quad (7)$$

Deklınasyon açısı:

$$\delta = 23.45 \times \sin \left[360 \times \frac{284 + n}{365} \right] [16]. \quad (8)$$

Bulanıklık faktörünün hesaplanmasında kullanılan Ankara ilinin atmosfer öncesi aylık ortalama ışınım değerleri Çizelge 1.'de ve deneylerin yapıldığı 9:00 - 17:00 saatleri arasındaki güneş ışınım değerleri de Çizelge 2.'de verilmiştir. Bu güneş ışınım değerleri baz alınarak sistemlere ait verim hesaplamaları günlük olarak yapılmıştır.

Çizelge 1. Ankara İlinin Atmosfer Öncesi Aylık Ortalama Işınlam Değerleri W/m²
[16]

Aylara göre v değerleri	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
	4253.0	5725.4	7614.1	9562.1	10924.0	11479.9
	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
	11202.0	10062.2	8310.7	6253.4	4585.7	3747.1

Çizelge 2. Deney Yapılan Günlerin Güneş Işınlamı Değerleri (W/m²)

Güneş ışınlamı değeri	1	2	3	4
W / m ²	5845.23	6049.92	5658.57	5908.04

Eşitlikteki “ ϕ ” Enlem derecesi olup Ankara için 40 °; “ ω ” saat açısı olup 12:00 ‘den itibaren her saat için 15°, 16:00 için 60° ve “ γ ” yüzey azimut açısı olup, kolektör güney yönüne baktığı için 0 ° olarak çözüm yapılmıştır. Ayrıca Eşitlik 1.’deki r_a değeri; eğik düzlem çevresinin toplam güneş radyasyonu için yansıtma katsayısı ≈ 0.2 dir [9].

Sistemlerden elde edilen enerji:

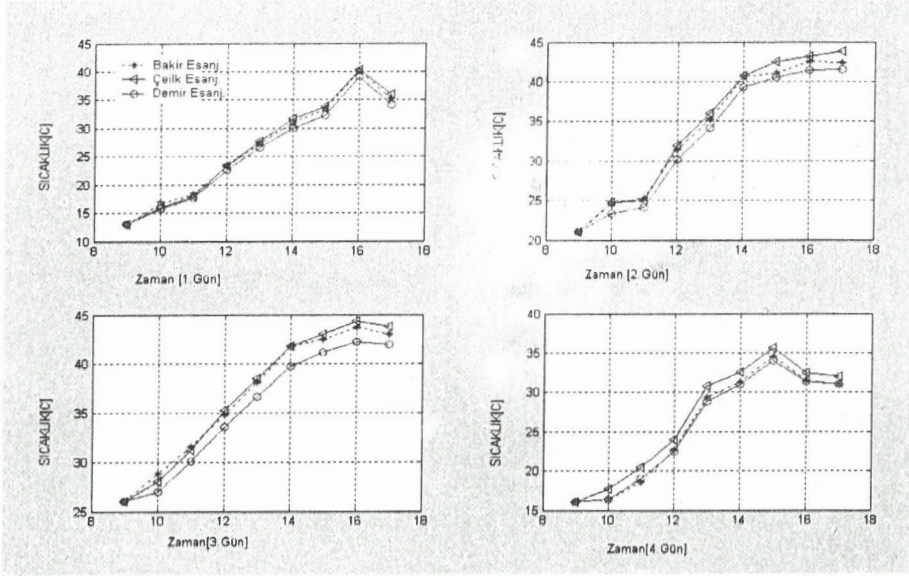
$$Q = \dot{m} c \cdot \Delta T \quad (9)$$

Sistemlerin verimleri ise:

$$\eta = \frac{Q}{F_k \times I_{TOP}} \quad (10)$$

eşitlikleri ile hesaplanmıştır [17].

Yapılan deneylerde depo suyu sıcaklık değerlerine göre çizilen grafikler Şekil 4.’de görülmektedir. Şekil 4.’de verilen grafiklerden de anlaşılacağı üzere en yüksek depo suyu sıcaklığına çelik malzemeden yapılmış ısı değiştiricisine sahip sistemde ulaşılmıştır.



Şekil 4. Deneysel süresince elde edilen depo suyu sıcaklık değerleri

7. Sonuç

Deneysel sonuçlarına göre yapılan hesaplamalar sonucunda; tarafımızdan tasarım ve imalatı yapılan bakır, çelik ve siyah sac malzemeden ısı değiştiricilerine sahip güneş enerjisi sistemlerinde en verimlisi çelik levhadan imal edilen ısı değiştiricisine sahip 0.5 mm cidar kalınlığındaki sistem olmuştur.

Farklı yapıdaki ısı değiştiricilerinin karşılaştırıldığı sistemlerde, ısı değiştiricilerinin kalınlıklarının hepsinde aynı olması durumunda ısı iletim katsayısı yüksek olan bakır malzemeden yapılan ısı değiştiricisine sahip sistemin verimi de yüksek olmuştur. Fakat bakırın suya karışması durumunda ağır metan zehirlenmelerine yol açacağından kullanılması uygun değildir. Isı değiştirici malzemesi olarak kullanılan sac levhanın hem ısı iletim katsayısının düşük olması hem de zamanla aşınmaya uğraması dezavantajlarındandır.

Deneysel sonuçlarına göre yapılan hesaplamalarda farklı cidar kalınlığındaki her bir sistem için verim değerleri Çizelge 3. 'de verilmiştir.

Çizelge 3. Deney Süresince Elde Edilen Sistem Verim Değerleri

Deney yapılan günler	Bakır ısı değiştirici	Çelik ısı değiştirici	Sac ısı değiştirici
1	0.53	0.53	0.50
2	0.40	0.43	0.39
3	0.35	0.37	0.33
4	0.36	0.38	0.34
Ortalama verim	0.41	0.43	0.39

Çelik malzemenin kullanılması hem sağlık açısından, hem de aşınmaya dayanıklı olması tercih edilebilirliğini arttırmaktadır. Dolayısı ile güneş enerjili dolaylı sıcak su hazırlama sistemlerinde ısı değiştirici malzemesi olarak cidar kalınlığındaki 0.5 mm olan paslanmaz çelik malzemenin kullanılması önerilir.

SEMBOLLER

- \dot{m} Suyun kütleli debisi (kg/gün)
 I_{DIR} Direkt radyasyon, (W/m^2 gün)
 I_{DIF} Difüz radyasyon, (W/m^2 gün)
 ϵ Bulanıklık faktörü
 ϕ Deneyin yapıldığı gün için ortalama yatay yüzey radyasyon değeri, (W/m^2 gün)
 ν Deney yapılan ayın ortalama atmosfer öncesi radyasyon değeri, (W/m^2 gün)
 r_a Eğik düzlem çevresinin toplam güneş radyasyonu için yansıtma katsayısı ≈ 0.2 'dir.
 β Güneş kolektörünün yatayla yaptığı açı, (40°)
 δ Deklinasyon açısı
 ϕ Enlem derecesi
 γ Yüzey azimut açısı
 ω Saat açısı
 n Hesabı yapılan gün, (takvimde 1 Ocak'tan itibaren kaçınıcı gün ise...)
 c Suyun özgül ısısı, (4.187 kJ/kg K)
 ΔT Sıcaklık farkı, ($t_{son} - t_{ilk}$), (K)
 \mathcal{Q} Depolanan toplam enerji miktarı, (J/gün)
 F_k Kolektör yüzey alanı, (m^2)
 I_{TOP} Kolektör yüzeyine gelen toplam güneş ışınımından elde edilen enerji, (W/m^2 gün)

KAYNAKÇA

- [1] Çakmanus, İ., “Türkiye’nin enerji problemleri ve çözüm önerileri, Mühendis ve Makine, sayı 492, (2001) s, 29 – 34.
- [2] M., Güler, C., Akgül, M., ”Enerji üretiminde odun ve tarımsal artıkların değerlendirilmesi“, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, Kayseri, 2001, Kayseri, Bildiriler Kitabı, (2001) s, 265.
- [3] “Isı Değiştirici Tasarımı”, www.kutuphanem.net
- [4] Çıtıroğlu, A., “Güneş enerjisi ile elektrik üretimi”, Termodinamik, Ocak 2000, s, 67 – 75.
- [5] Wilson, J. I. B., “Solar Energy”, Wykeham Publications, London, (1979) s, 2.
- [6] Duffie, J. A., Beckman, W. A., “Solar Engineering of Thermal Processes”, Second Edition, John Wiley and Sons Inc., United States of America, (1991), pp, 1,4.
- [7] Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, “Güneş Enerjisi”, EİE., Ankara, (2000), s, 1 – 6.
- [8] Viesmann, “Planlama kılavuzu güneş enerjisi sistemleri ”, Viesmann, Kocaeli, (2000), s, 3.
- [9] Aktaş, M., “Güneş Enerjili Tabii Sirkülasyonlu Dolaylı Sıcak Su Hazırlama Sistemlerinde Kanatçık Optimizasyonu”. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2003, s,10-50.
- [10] Aras, H., “Kapalı devre bakır boru ve levhalı termosifon akışlı güneş toplacının ışınım ve ısı analizinin deneysel ve analitik araştırılması”, Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, , (1996), s, 59 – 60.
- [11] Öz, E., S., Menlik, T., Aktaş, M., “Güneş Enerjili Tabii Sirkülasyonlu Endirekt Sıcak Su Hazırlama Sistemlerinde Kanatçık Kullanmanın Isıl Analizi”, Teknoloji Dergisi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt 7, Sayı 2, Karabük, (2004), s, 189-195.
- [12] Campbell, S., “Build Your Own Solar Water Heater”, Garden way Publishing, United States of America, (1981), pp 5-50.
- [13] Tırıs, M., Tırıs, Ç., Erdalli, Y., “Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri” Tubitak Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü, Gebze-Kocaeli, (1997), s, 61.

- [14] Bayram, A., “Farklı Yapım Özelliklerine Sahip Doğal Dolaşımli Güneşli Su Isıtma Sistemlerinin Deneysel Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2001), s, 8-20.
- [15] Reddy, T., A., “The Design and Sizing of Active Solar Thermal Systems”, Oxford University Press, New York, (1987), pp 4-10.
- [16] Uyarel, A. Y., Öz, E. S., “Güneş Enerjisi ve Uygulamaları”, Emel Matbaacılık, Ankara, (1987),s, 66.
- [17] Shariah, A., Al-Akhras, M., A., I.A. Al-Omari, I., A., “Optimizing The Tilt Angle of Solar Collectors”, Renewable Energy, Volume s, 26, (2002), s, 587–598.
- [18] Ankara Kalaba Meteoroloji Genel Müdürlüğü, “2004 yılına ait güneş ışınımı verileri“, Ankara, (2004).

IN SOLAR SYSTEMS THE EFFECT OF DIFFERENT HEAT EXCHANGER MATERIALS ON EFFICIENCY

İ. CEYLAN* & M. AKTAŞ* & H. DOĞAN*

Abstract. In this study, solar energy and natural circulation indirect systems having different heat exchanger have been compared in terms of material and thickness. For this reason, three systems made of sheet metal, stainless steel and copper have been designed and manufactured. At the end of experiments it was determined that the best efficient and usable solar energy system having the steel heat exchanger to provide domestic hot water in residences.

Key Words: Domestic hot water, Solar energy, Heat exchanger,

* Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Makina Eğitimi, Tesisat Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

ceylan060606@hotmail.com

* Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Makina Eğitimi, Tesisat Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

mustafaaktas@gazi.edu.tr

* Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Makina Eğitimi, Tesisat Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

hdogan@gazi.edu.tr