

Çift Fazlı (Isı Borulu) Güneş Kolektörlerini Konut Isıtmasında Kullanımın Deneysel Olarak İncelenmesi

Yrd. Doç. Dr. Sezayi YILMAZ
Öğr.Gör. Muhammet KAYFECİ
Arş. Gör. Ali KEÇEBAŞ

ÖZET

Bu çalışmada güneşten gelen ışınları verimli bir şekilde ısıtmada kullanımı için ısı borulu bir güneş kolektörü tasarlandı ve imal edilmiştir. Kolektör içerisinde yaklaşık %40 R134a doldurulmuş 10 adet fitilsiz ısı borusu kullanıldı. Karabük şartlarında Mart ve Haziran aylarında deney yapılmıştır. Mart ayında yapılan deneyler ısı borulu güneş kolektörünün giriş-çıkış sıcaklıkları farkı 2 ile 6 °C arasında olurken kolektör verimi ortalama %36 olarak hesaplanmıştır. Haziran ayında yapılan deneylerde ise giriş-çıkış sıcaklıkları farkı 5.3 ile 9.2 °C arasında olurken kolektör verimi ortalama %46 olarak hesaplanmıştır. Mart ve Haziran aylarında sistemin ortalama kazanılan ısı miktarı sırasıyla 119 ve 206 W bulunmuştur. Doğalgazın 1 m³ yakıldığında 9860 W enerji elde edilmektedir. Mart ve Haziran için gaz yakıttan kazançlar sırasıyla 0.012 ve 0.021 m³'dür. Böylece sistemden sırasıyla %1 ve %2'lik tasarruf sağlanmaktadır. Ülkemizin güneş potansiyelinin yüksek olması ve kış şartlarının hafif olduğu Akdeniz ve Ege bölgesinde kullanıldığı taktirde daha fazla enerji kazancı sağlanabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Çevresel değişiklikler, ısı kaybı, duyulur ısı, gizli ısı, insan vücudu, termo-regülasyon.

GİRİŞ

Ülkemizde enerji tüketiminin %35'i konutlarda gerçekleşmektedir [1]. Konutlarda tüketilen enerjinin de %80'i ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Bunların yanında tüketilen enerjinin sadece %30'unu kendi öz kaynaklarımızdan karşılayabiliyoruz. Bu nedenle temiz bir enerji kaynağı olarak güneş enerjisi açısından zengin bir konumda olan (yıllık ortalama güneşlenme süresi 2640 saat) ülkemizde yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemleri konut ısıtmasında kullanılabilmektedir [2].

Güneş enerjisi ile ısıtma sistemleri aktif ve pasif olarak iki gruba ayrılmaktadır. Pasif sistemle ısıtmada güneş ışınlarını doğrudan konuta kabul ederek, ısınma sağlayan düzenlerdir. Pasif olarak ısınma prensibinde konutun kendi toplayıcı olarak kullanılıp, mekanik hiçbir aksam kullanılmaz. Aktif sistemle ısıtmada güneş enerjisinden yararlanma da enerjiyi toplamak için bilinen konut elemanları dışında bir mekanik sistemden yararlanır. Kolektörlerde ısıtılan hava veya su klasik kalorifer sisteminde dolaştırılarak kapalı alanlar ısıtılır. Burada kolektör

Abstract:

In this work, since the rays incoming from sun efficiently was used in heating, the heat pipe solar collector have been designed and produced. It was used 10 wickless heat pipes with approximately 40% R134a into collector. Experiments were made in March and June under Karabük conditions. Experiments in March concluded that while the difference between inlet and output temperatures of the heat pipe solar collector was between 2 and 6 °C, the average efficiency of its was calculated as 36%. Experiments in June also concluded that while the difference between inlet and output temperatures of the collector was between 5.3 and 9.2 °C, the average efficiency of its was calculated as 46%. In March and June, the average rate of heat gain of the system was 119 and 206 W respectively. Burning 1 m³ natural gas, 9860 W energy has been obtained. In March and June, the gains from gaseous fuel were 0.012 and 0.021 m³. Thus it has been provided 1% and 2% saving from the system. Our country has high solar potential and when used in Mediterranean and Aegean regions which have mild winter conditions, more energy gain could be provided..

Key Words:

Solar energy, Heat pipe, Residence heating, Efficiency.

Makale

sistemi normal kalorifer sisteminde kazan yerini alır. Güneş enerji sistemi normal ısıtma sistemi ile seri veya paralel bağlanabilir. Hatta güneşten akışkan vasıtasıyla alınan ısı duvar ve beton yapı içerisinde borular vasıtasıyla dolaştırılarak duvar ve betona depolama yapılabilir.

Isı borulu sistemler de bunlardan bir tanesidir. Isı boruları ısının büyük bir miktarını transfer edebilen araçlardır. Buharlaşma gizli ısıyı kullandığı için iki ısı kaynağı sıcaklığı arasındaki fark çok düşüktür. İmalat yöntemi fitil bulunan vakumlu kapalı boruda akışkanın (örneğin su, etanol, metanol) az bir miktarının eklenmesiyle oluşturulur. Akışkan sıcaklığı üçlü nokta ile kritik nokta arasında doyma sıcaklığındadır. Isı borulu sistemler, diğer sistemlere göre verimi daha yüksek olmasına rağmen maliyeti yüksek ve uygulama zorluğu bulunan sistemlerdir.

Isı borularının 1960'tan beri su ısıtma, mahal ısıtma ve binaların soğutulması gibi güneş uygulamalarındaki önemleri artmıştır [3]. Bienert ve Wolf [4] 1976'da güneş kolektörlerinde ısı pompalarının ilk çalışmalarından birini gerçekleştirmişlerdir. Sonuçları ne kesin nede iyimserdi. Son yıllarda ise Ghaddar ve Nasr [5] Lübnan Beyrut'ta çalışma akışkanı olarak R11 kullanılarak ısı borulu güneş kolektörünün deneysel olarak performansı araştırıldı. Anlık verim %20'den %60'a kadar değişti. Mathioulakis ve Belessiotis [6] tümleşik ısı borusu ile güneş sıcak su sisteminin teoriksel ve deneysel verimini incelemiştir. Sistem çalışma akışkanı olarak etanol ile fitilsiz yerçekimi ile desteklenmiş ısı borusu kullanıldı. Kondenser tankın içine doğrudan eklendi. %60'a kadar anlık verim elde etti. Taban [7] çalışmasında bakır borulu kolektörde çalışma sıvısı olarak etanol kullanmıştır. Yapılan deneylerde, 0.6 bar'a kadar vakumlanmış ısı borusunda kullanılan etanol sıcaklıkları 37 °C ile 89.8 °C değerlerine ulaşmıştır. Isı borulu güneş kolektöründe 75 litrelik depodaki su sıcaklığı 69.4 °C'ye kadar çıktığı gözlemlenmiştir. Deniz [8] deneysel çalışmasında çift fazlı sistemde çalışma sıvısı olarak etanol, indirekt sistemde ise çalışma sıvısı olarak su kullanmıştır. Eşit kolektör alanına (0.5 m²) ve eşit depo kapasitesine (21 litre)

sahip olacak şekilde tasarlanan doğal sirkülasyonlu ve çift fazlı korunmuş bölge iki sistemden alınan ölçüm sonuçlarının karşılaştırılmasında çift fazlı korunmuş bölge sistemin, doğal sirkülasyonlu sisteme göre %29 daha verimli olduğunu tespit etmiştir. Yapılan deney sonuçlarına göre Kasım ve Mayıs aylarında sırasıyla ortalama 171-154 kcal'lik ısı tasarrufu sağlanmıştır. Esen [9] çift fazlı kapalı tip termosifonlu su ısıtma sistemini deneysel olarak incelemiştir. Yapılan çalışmada, ısı boruları içerisinde R134a, R407c ve R410a soğutucu akışkanları doldurularak oluşturulan 3 adet güneşli su ısıtma sistemi kullanılmış ve aynı deney koşullarında karşılaştırmaları yapılmıştır. Acar [1] birleşik ısı borulu ve ayrı ısı borulu olmak üzere iki farklı kolektör tipi imal edilmiş ve deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneyler sırasında her iki kolektördeki depo su sıcaklıkları, ortam sıcaklığı, ışınım şiddeti değerleri ölçülerek kolektörlerin verimleri hesaplanmıştır. Birleşik ısı borulu güneş kolektörünün ortalama verimi %57.6 olurken, ayrı ısı borulu güneş kolektörünün ortalama verimi %48.5 olmuştur.

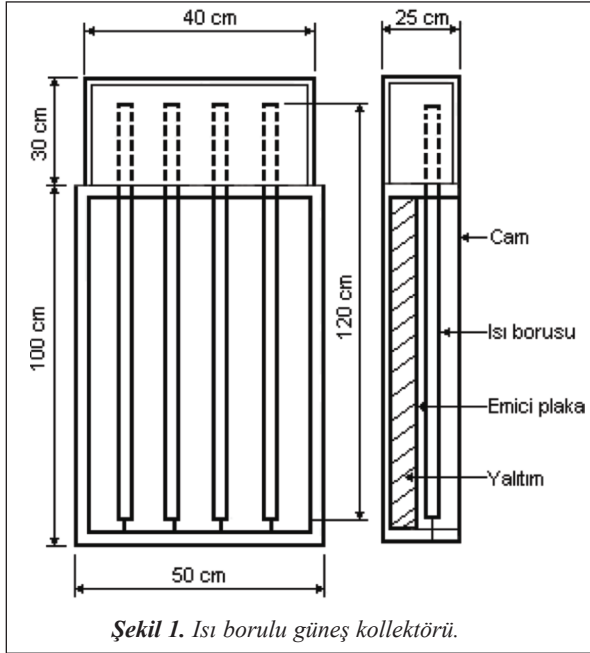
Yapılan bu çalışmada, çift fazlı (ısı borulu) güneş kolektörlü sıcak hava hazırlama cihazının performans değerinin belirlenebilmesi için, ısı borulu güneş kolektöründen bir prototipi hazırlanmıştır. Bu amaçla içlerine %40 R134a gazı doldurularak ısı boruları oluşturulmuştur. 10 adet ısı borusunun yan yana yerleştirilmesiyle elde edilen kolektörlerde ısıtılan hava ısıtılacak mahale gönderilmiştir. Deneylerde kolektör yüzeyine gelen güneş ışınımı miktarı, hava giriş-çıkış sıcaklıkları ölçülecek ve bu değerler yardımıyla sistem verim değerleri hesaplanmıştır.

2. MATERYAL ve METOT

2.1. Kolektör tasarımı

Isı borularının tasarımında boru malzemesi, fitil malzemesi ve ilgili boyutların bilinmesi ve çalışma akışkanı seçimi yanında, taşınması istenen ısı kapasitesi, çalışma sıcaklıklarının (buharlaştırıcı ve yoğunlaştırıcı bölge yüzey sıcaklıkları) belirlenmesi gereklidir. Ayrıca çalışma koşulları ile ilgili özellikler de (ısı borusu eğimi gibi) bilinmelidir. Tasarımı yapılmış

çift fazlı güneş kolektörünün kesit resmi Şekil 1’de gösterilmiştir.



Isı borusu fitilsiz olarak yapılmış ve buharlaştırıcı bölgesi için 1200 mm boyunda 15 mm çapında 10 adet bakır boru alt noktalarından gümüş kaynağı ile sabitlenmiştir. Boruların üst noktalarına, gerektiği zaman boru akışkanının değiştirilebilmesi için supaplar gümüş kaynağı kullanılarak takılmıştır. Bu sayede istenildiği takdirde boruların akışkanları değiştirilebilecektir. Ayrıca kaynak işlemleri gümüş kaynağı kullanılarak yapılmıştır. Kasa kısmında kalacak olan buharlaştırıcı kısma absorblama yüzeyi olarak 60x90 cm’lik galvanizli sac soğuk lehim kaynağı ile birleştirilmiş ve yüzey mat siyah boya ile boyanmıştır. Gelen Güneş ışınlarının kırılıp yansımaması ve ısıyı daha iyi tutabilmesi için boya üzerine ince demir tozları serpilmiştir. Kasa ise 90x60x1 3 cm ölçülerine sahip ve ahşap malzemeden yapılmıştır. Buharlaştırıcı kısım, kasa içerisine yerleştirilmiştir. Kasa içerisine hava sızıntısı olmayacak şekilde strafor malzemesiyle yalıtım yapılmış ve yüzeyi 3 mm’lik cam ile kaplanmıştır. Buharlaştırıcı bölgedeki 1200 mm boyundaki ısı borularının 300 mm’lik yoğuşurucu kısmı kolektör kasası dışında bırakılmıştır. Çift fazlı güneş kolektörünün teknik özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Çift fazlı güneş kolektörünün teknik özellikleri.

Çalışma Sıvısı	R134a
Isı Borusu	0.015 m (Bakır)
Fitil Malzemesi	yok
Kolektör Yüzey Alanı	0.54 m ²
Kasa Yalıtımı	0,04 m (Strafor)
Üfleme Fanları	2 adet fan
Cam	3 mm
Isı Borusu Boyu	1.2 m
Eğim	45°

Isı borusunun yoğuşurucu bölümü ısıyı geniş bir yüzeye yaymak amacıyla boru uçlarına bakır levhalar takılmıştır. Bu ısı borusu uçları da radyatör şeklinde ve üzerinde fan bulunan bir eleman içine yerleştirilmiştir. Radyatör kısmının üzerine havanın mahale üflenmesi için 2 adet menfez konulmuş ve etrafı silikon ile kapatılmıştır. Sistem hazırlandıktan sonra vakum pompası ile sistemin içerisindeki hava boşaltılmış ve yerine R134a soğutucu akışkanını şarj edilmiştir. İmalatı gerçekleştirilmiş olan ısı borulu güneş kolektörünün genel görünüşü Şekil 2’de gösterilmiştir.



2.2. Deneyle

Deneyle Karabük şartlarında (41.12° enlem ve 32.38° boylam) kolektör güney yönünde ve kolektör eğimi 45°’de Mart ve Haziran aylarında sabah

Makale

saat 10:00'da başlanmış akşam 16:00'ya kadar sürdürülmüştür. Deneylede kollektöre giren hava sıcaklığı, mahale gönderilen hava sıcaklığı ve kollektör yüzeyine gelen güneş ışınım değerleri ölçülmüştür. Bu değerler doğrultusunda çift fazlı güneş kollektörü sisteminin verimi hesaplanmıştır.

Deney ölçümlerin gerçekleşmesinde hava sıcaklığı ve güneş radyasyonu ölçümü yapılmıştır. Bu ölçümlerde; sıcaklık ölçümü için Fe-Const Termokupl malzeme ile 1 2 kanallı Elimko-6000 tipi sıcaklık ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Cihazın kanal direnci 0.025 ohm'dan daha küçüktür, çalışma gerilimi 220 Volt, 50 Hz \pm %10 ve güç sarfiyatı 4 W'tır. Seçilen değerin göstergede kalış süresi manuel olarak anahtarın konum değiştirme süresi kadardır. Seçilen kanalın değeri \pm %0.25 doğruluktur.

Güneş radyasyon ölçümünde ise instruments haemmi messgerate solar 11 8 türü bir solarmetre cihazı kullanılmıştır. Cihazın hassasiyeti \pm %1.5'tur. Cihaz güneş radyasyonunu algılayan bir yüzey elemanı ile değeri dijital olarak gösteren bir aparattan oluşmaktadır. Cihaz üzerinde farklı birimlere ait beş kademeli bir anahtar mevcuttur.

2.3. Verim Analizi

Isı borusunun ısı transfer kapasitesi tasarım ve konumuna bağlıdır. Bir ısı borulu ısı değiştiricinin verimliliği birçok etkene bağlıdır. Bu etkenler, boru dizisi sıra sayılan, kanatların sağladığı ısı iletimi yüzey alanı, iki hava veya gaz akımının ısı kapasitelerinin oranı, değiştiriciden geçirilen hava akımlarının hızları ve ısı borusunun tasarlandığı çalışma sıcaklığı aralığı gibi sıralanabilir.

Kollektörlerde ısı taşıyıcı akışkanda toplanan güneş enerjisinin, kollektöre gelen güneş enerjisine oranına kollektör verimi denir. Kollektör giriş hava sıcaklığı arttıkça verim düşme eğiliminde olacağından genel bir verim yerine anlık verimden bahsetmek daha doğru olacaktır. Kollektör verimi (η) ısı taşıyıcı akışkanın giriş, çıkış sıcaklıkları ve debi değerlerinin sağlıklı ölçülebildiği durumlarda ve en önemlisi çevre sıcaklığının sabit olduğu durumlarda aşağdaki denklemle hesaplanmaktadır [1].

$$\eta = \frac{m \cdot c_p (T_{\dot{c}} - T_g)}{A \cdot I} \quad (1)$$

Denklemdede I güneş ışınım şiddetini, A kollektör yüzey alanını, m kütleli debiyi, c_p özgül ısınma ısısını, $T_{\dot{c}}$ ve T_g sırasıyla dış hava sıcaklığı ve deney sonucunda elde edilen sıcaklıkları göstermektedir.

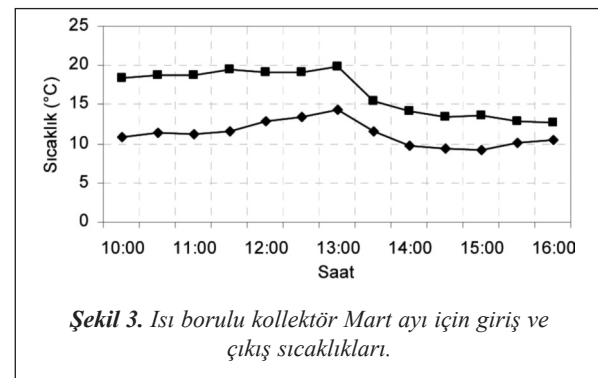
Ayrıca verim ve deney sonuçları ile çift fazlı ısı borulu güneş kollektör sistemin ortalama kazanılan ısı (Q_{ort}) miktarı aşağdaki denklemle de hesaplanabilir.

$$Q_{ort} = \eta I A \quad (2)$$

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

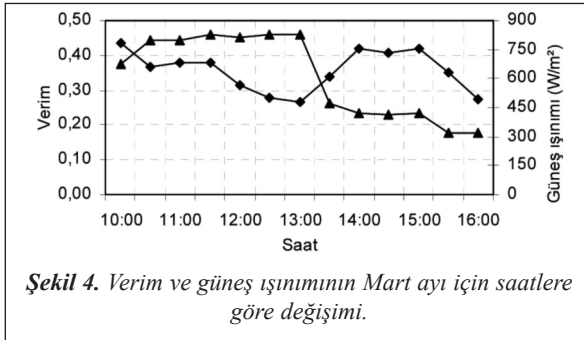
Yapılan bu çalışmada, şimdiye kadar var olan ısı borulu güneş kollektörlerinin genel kullanımından farklı olarak mahal ısıtılması için kullanımı amaçlanmıştır. Bu amaçla tasarlanan ve imalatı geliştirilen prototipin verimini hesaplamak için Mart ve Haziran aylarında deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneylede kollektör yüzeyine gelen güneş ışınımı miktarı, kollektöre giren-çıkan hava sıcaklık ve debileri ölçülmüştür. Elde edilen bu veriler yardımcıyla sistemin verimi hesaplanmıştır.

Kollektöre giren ve çıkan hava sıcaklıklarının günün farklı saatlerine göre değişimi Şekil 3'te gösterilmiştir. Deneylede dış hava sıcaklığı 9.2 ile 14.3 °C olarak ölçülmüş ve bu değer kollektör giriş sıcaklığını da ifade etmektedir. Kollektör çıkış sıcaklıkları ise 12.6 ile 19.6 °C sıcaklıkları arasında ölçülmüştür. Grafikte kollektör giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki farkın büyük olması prototipin veriminin de büyük olmasını göstermektedir.



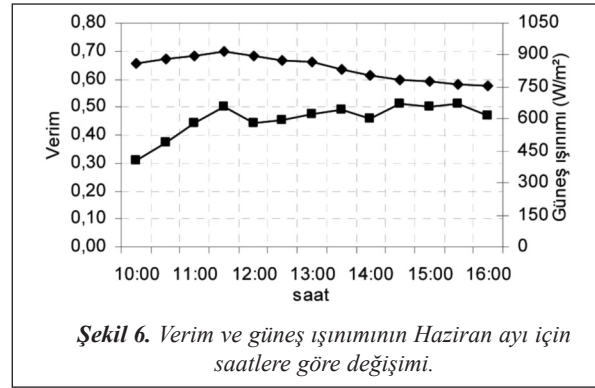
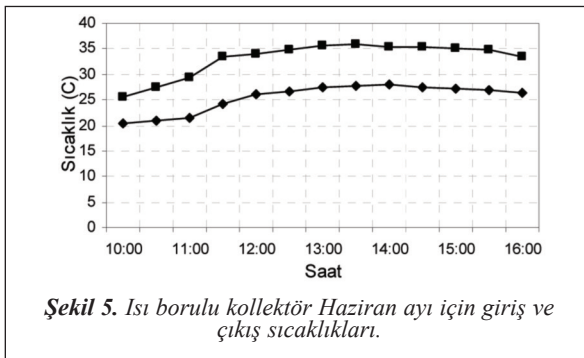
Şekil 3. Isı borulu kollektör Mart ayı için giriş ve çıkış sıcaklıkları.

Günün farklı saatlerinde ölçülen anlık güneş ışınım değerleri ve hesaplanan kollektör verimleri Şekil 4'teki grafikte gösterilmiştir. Deneyler esnasında anlık güneş ışınımı 322-829 W/m² olarak ölçülmüştür. Bu deneysel veriler kullanılarak anlık verim %27-44 değerleri arasında hesaplanmıştır. Deneysel çalışmada en yüksek verim sabah saat 10:00'da %44 olarak hesaplanırken en düşük verim %27 ile akşam saat 16:00'da elde edilmiştir. Sistem günlük ortalama verimi %36 olarak belirlenmiştir.



Haziran ayında yapılan deneylerde ise kollektör girişi ve çıkışı sıcaklıkları Şekil 5'te gösterilmiştir. Kollektör girişi 20,4 °C ile 27,9 °C olarak ve kollektör çıkışında ise 25,7°C ile 35 °C arasında ölçülmüştür.

Haziran ayında yapılan deneylerde elde edilen verim ve güneş ışınımı değerlerinin saatlere göre değişim grafiği Şekil 6'da gösterilmiştir. Kollektör yüzeyine gelen anlık güneş ışınım değerleri ise 757-918 W/m² arasında ölçülmüştür. Bu değerlere göre Haziran ayında yapılan deney sonuçlarına göre en düşük verim sabah saat 10:00'da %31, en yüksek verim ise 14:30'da %51 olarak hesaplanmıştır. Günlük ortalama verim ise %46 olarak hesaplanmıştır.



Mart ve haziran ayında çift fazlı ısı borulu güneş kollektör sisteminin ortalama kazanılan ısı miktarı sırasıyla 119 W ve 206 W bulunmuştur. Doğal gazın 1 m³ yakılması sonucunda 9860 W enerji elde edilmektedir [10]. Tamamen güneş enerjisi kullanılarak bir ısıtma sistemini beslemek zordur. Doğal gaz kullanan bir ısıtma sistemini güneş enerjisi desteği sağlanırsa, Mart ve Haziran ayları için doğalgaz yakıtından kazanç sırasıyla 0,012 m³ (119/9860) ve 0,021 m³ (206/9860)'dür. Buda sistemden sırasıyla %1 ve %2'lik tasarruf sağlamaktadır. Yıllık 1000 m³ doğal gaz yakılan bir evde sırasıyla 12 m³ ve 21 m³ doğal gaz tasarrufu sağlamaktadır. Yaz aylarından kış aylarına doğru bu değerler düşmesine rağmen kollektör yüzeyinin büyütülmesi ile değerler daha da büyüyecektir.

Ayrıca ısı borulu güneş kollektörünü mahal ısıtması amacıyla kullanılacağı, ülkemizin güneş potansiyelinin yüksek olduğu ve kış şartlarının hafif olduğu Akdeniz ve Ege bölgesinde kullanıldığı takdirde ortalama 1350 W/m²-yıl [11], güneş ışınım değerlerinde yaklaşık 200 W veya daha fazla enerji kazancı sağlanacaktır.

5. KAYNAKLAR

- [1] Acar, B., Öz, E.S. ve Gedik, E., "Ayrık ve birleşik ısı borulu kollektör verimlerinin deneysel olarak incelenmesi", Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 23 (2), 425-429, 2008.
- [2] Şen, H.M., "Türkiye'nin genel enerji durumu", İTÜ Enerji Çalıştayı ve Sergisi, ENKÜS2006, İstanbul, 2006.
- [3] Susheela, N. and Sharp, M.K., "Heat pipe augmented passive solar system for heating of buil-

Makale

- dings”, Journal of Energy Engineering, 127 (1), 18-36, 2001.
- [4] Bienert, W.B. and Wolf, D.A., “Heat pipes in flat plate solar collectors”, ASME Paper No 76-WA/Sol-12, 1976.
- [5] Ghaddar, N. and Nasr, Y., “Experimental study of refrigerant charged solar collector”, International Journal of Energy Research, 22, 625-638, 1998.
- [6] Mathioulakis, E. and Belessiotis, V., “A new heat-pipe solar domestic hot water system”, Solar Energy, 72 (1), 13-20, 2002.
- [7] Taban, M., “Düzlemsel güneş kolektöründe kullanılan ısı borusunun optimizasyonu ve deneysel incelemesi” Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2002.
- [8] Deniz, E., Çift fazlı korunmuş bölgeli güneşli su ısıtıcı ile endirekt ısıtmalı güneşli su ısıtıcı verimlerinin karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003.
- [9] Esen M. and Esen H., “Experimental investigation of a two-phase closed termosyphon solar water heater”, Solar Energy, 79, 459-468, 2004.
- [10] İman, H. ve Bahçe, İ.G., “Doğal gazlı soğutma”, 7. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, TESKON 2007, İzmir, 23-26 Kasım 2007.
- [II] Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE), <http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/tgunes.html>, [Erişim tarihi: 28.09.2009].