

## Elazığ iklim koşullarında sıcak sulu güneş kolektörlerine ilişkin verimlerin araştırılması

Sinem KILIÇKAP<sup>\*1</sup>, Cengiz YILDIZ<sup>2</sup>, Gülşah ÇAKMAK<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Amasya Üniversitesi, Taşova Meslek Yüksekokulu, Amasya

<sup>2,3</sup> Fırat Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Elazığ

Makale Gönderme Tarihi: 18.06.2015

Makale Kabul Tarihi: 07.10.2015

### Öz

*İnsanların yaşam standartlarının artması ve ülkelerin endüstrileşmesi ile birlikte enerji kaynaklarına olan talep artmıştır. Artan bu enerji ihtiyacının karşılanması ve fosil yakıtların zararlarını azaltmak için yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması zorunlu olmuştur. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı önem kazanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en önemli kaynaklardan biri güneş enerjisidir. Güneş enerjisinden yararlanılan en yaygın ve en ekonomik sistem güneş enerjili sıcak su sistemleridir. Bu çalışmada, Elazığ iklim koşullarında sıcak sulu kolektör sisteminde ısı verimlerinin değişimi incelenmiştir. Bu amaçla, standart düzlem yüzeyli doğal taşınimli güneş kolektörlerinde deneyler yapılarak ısı verimleri incelenmiştir. Bu doğrultuda deneyler sırasında ışınım ve sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Temmuz-Kasım 2013 tarihleri arasında yapılan deneyler için belirli günlerdeki verim değerleri grafiklerde verilmiştir. Çalışma sonucunda standart düzlem yüzeyli sıcak sulu güneş kolektörlerinde en yüksek verim değerlerinin Temmuz ayı içerisinde elde edildiği belirlenmiştir.*

**Anahtar Kelimeler:** Güneş enerjisi, kolektör, verim

## Giriş

Güneş enerjisi yeni ve yenilenebilir bir enerji kaynağı oluşu yanında, insanlık için önemli bir sorun olan çevreyi kirletici artıkların bulunmaması, yerel olarak uygulanabilmesi ve karmaşık bir teknoloji gerektirmemesi gibi üstünlükleri sebebiyle son yıllarda üzerinde yoğun çalışmalar yapıldığı bir konu olmuştur.

Türkiye güneş enerjisi potansiyeli açısından güneş kuşağı adı verilen bir bölgede olup güneş enerjisince zengin bir potansiyele sahip bulunmaktadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün (DMİ) güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak EIE tarafından yapılmış olduğu çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7.2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m<sup>2</sup>-yıl (günlük toplam 3.6 kWh/m<sup>2</sup>) olduğu tespit edilmiştir. Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güney Doğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir. Elazığ ilinin bulunduğu Doğu Anadolu Bölgesi'nde ortalama yıllık güneşlenme süresi 2664 saat, ortalama toplam ışınım şiddeti 1365 kWh/m<sup>2</sup>-yıl'dır (Şen, 2004).

Binaların ısıtılması, soğutulması, endüstriyel bitkilerin kurutulması ve elektrik üretimi güneş enerjisinin yaygın olarak kullanıldığı alanlardır (Deriş, 1979). Güneş enerjili sıcak su üretimi için kullanılan kolektörler üzerine yapılan çalışmalar enerji ekonomisi nedeniyle önem taşımaktadır. Kolektörlerin verimlerinin artırılması amacıyla farklı metodlar uygulanmaktadır.

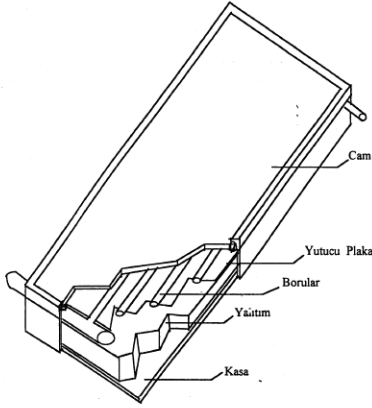
Dowing ve Waldin (1980), R11'li iki fazlı güneş kolektörü ile glikol-su karışımı güneş kolektörü sistemlerinin verimlerini karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak iki fazlı sistemin su sıcaklığı daha çabuk artmış ve verimi diğer sisteme göre daha yüksek çıkmıştır. Günerhan ve Hepbaşlı (2007), bina uygulamaları için güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinin performans değerlendirmesini ve ekserjitik modelini yapmışlardır. Ekmekeçi, Dizdar ve Özçelebi (2001), Kocaeli İli için bir

güneş enerjili su ısıtma sistemi ve boyutlandırılması konusunda çalışmışlar ve yapılan deneyler sonucunda düzlemsel yüzeyli güneş kolektörlerinde verimi artıran en önemli parametrenin kolektör bünyesindeki yutucu yüzey kaplaması olduğunu gözlemlemişlerdir. Altıntop, Tekin ve İlbaş (2001), güneş enerjisi tesisatı kolektör ve boru bağlantılarında yapılan hataların ısı verime etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Mohamad (1997), gece ısı kayıplarını azaltmak için termal diode ile yalıtılmış güneş kolektörü ve depolama tankı oluşturmuştur. Kassem (2011), çeşitli parametrelerin, birleştirilmiş bir sıcak sulu kolektör sisteminin performansına etkisini teorik olarak incelemiştir. Deneysel sonuçlara dayanarak, ortalama 545W/m<sup>2</sup>'lik güneş radyasyonun da güneş enerjili sıcak sulu kolektör verimini %60 olarak elde etmiştir.

Güneş kolektörlerinin verimine bölgenin ışınımı, hava sıcaklığı ve nemi gibi iklim koşulları etki etmektedir. Bu durum dikkate alınarak bu çalışmada standart güneş kolektörlerine Elazığ iklim koşullarının etkisini görmek amacıyla deneysel çalışmalar yapılmış ve mevcut şartlar altında ısı verim belirlenmiştir.

## Materyal ve Metot

Düzlemsel güneş kolektörleri, güneş ışınımını ısı enerjisine dönüştüren en basit ve yaygın olarak kullanılan araçlardan birisidir. Düzlemsel kolektörler yutucu plaka, saydam örtü, alt yalıtım, bağlantı boruları ve kasadan oluşmaktadır (Şekil 1). Düzlemsel kolektörleri güneş radyasyonunu toplayarak akışkana iletmektedirler. Düzlemsel kolektörünün yutucu yüzeyi üzerine camdan geçen güneş ışınımı düşer, kolektörün yutucu yüzeyi tarafından yutulan ısı enerjisi yutucu yüzey sıcaklığını artırır. Yutucu yüzeyin sıcaklığının artması sebebiyle bünyesinde ısı depolanır ve malzeme bünyesinde kondüksiyonla ısı iletimi meydana gelir. Sonuç olarak yutucu yüzeye ulaşan ısı enerjisi, ısı taşıyıcı akışkana aktarılmış olur (Taktakoğlu, 1996).



Şekil 1. Düzlemsel güneş kolektörü  
(Taktakoğlu, 1996).

Doğal dolaşımli açık devreli sistemlerde toplayıcıda dolaşan su aynı zamanda kullanma suyudur. Toplayıcıda ısınan su depoya gelir ve depodan da kullanılacak olan yerlere gönderilir. Bu sistemde kullanılan temiz su deponun en üst kısmına bir şamandıra ile bağlanır. Deponun alt kısmına bir boru ile toplayıcının alt kısmına, toplayıcının üst kısmı da bir boru ile deponun üst kısmına yakın bir yere bağlanarak toplayıcı ile depo arasında doğal sirkülasyonun olması sağlanır. Kolektör, güneşi görmeye başlayıp güneş radyasyonlarını almaya başladığı andan itibaren, kolektördeki su ısınmaya başlar. Kolektörde ısınmaya başlayan suyun yoğunluğu düşeceğinden su kolektörün üst seviyesindeki depoya doğru yükselmeye, hareket etmeye başlar. Su yükselirken arasında bir vakum oluşturacağından ve atmosfer basıncından dolayı doğal bir çevrim ve dolaşım oluşmaya başlar. Bu dolaşım; sistemden su kullanımı olduğu sürece ve kolektörle depo suyu sıcaklığı eşitleninceye kadar devam eder. Su sıcaklıklarında bir eşitlik olduğunda, gece veya güneş olmayan günlerde dolaşım durur, sistem çalışmaz (Değirmenci, 2006).

Deneylerde kullanılan güneş kolektörünün teknik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Güneş kolektörünün teknik özellikleri

Boyutlar	930 mm x 1930 mm x 87.5 mm
Ağırlık	31 kg
Brüt Alan	1.82 m <sup>2</sup>
Test Basıncı	9 bar
İşletme Basıncı	6 bar
Taşıyıcı Kanat	ETIAL 60 Ekstrüzyon Kendinden Kanatlı 16 mm, 12 Borulu
Toplayıcı Boru	ETIAL 60 Ekstrüzyon 30 mm
Panel Kaplaması	Siyah Mat Boya, Selektif Kaplama
Üst Örtü	4 mm Cam
Kasa ve Cam	Alüminyum
Çıta Malzemesi	
Alt Plaka	Alüminyum
İzolasyon	50 mm Levha Cam Yünü

Düz kolektörlerin ısı analizi yapılırken, kolektör veriminin anlık değerleri yanında günlük ortalama kolektör verimi de hesaplanır. Anlık kolektör verimi, yüzeye gelen güneş ışınımının, faydalı enerji olarak akışkana aktarılma oranı olarak tanımlanır ve aşağıdaki formülle en genel halde ifade edilir.

$$\eta_t = \frac{Q_f}{Q_g} = \frac{\dot{m} C_p \Delta T}{A_c I_e} = \frac{\dot{m} C_p (T_c - T_g)}{A_c I_e} = \frac{\rho V C_p (T_c - T_g)}{A_c I_e} \quad (1)$$

### Deneyel çalışma

Deneyel çalışma Elazığ İlinde Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Isı Tekniği Laboratuvarı terasında yapılmıştır. Deneyler 2013 yılının Temmuz- Kasım ayları arasında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde Tablo 1’de özellikleri verilen alüminyum oval borulu, düz yüzeyli, 930x1930x87.5 mm ölçülerinde güneş enerjili standart sıcak su kolektörü kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan kolektör örneği Şekil 2’de verilmiştir. Kolektör sehpa Elazığ İli’ nin enlem derecesi olan 38° eğim açısına göre ayarlanmış ve depo doğal akışa göre monte edilmiştir. (Şekil 3)



Şekil 2. Düzlemsel yüzeyli güneş kolektörü

Yapılan deneylerde, 50cm iç çapında 100cm uzunluğunda silindirik standart depo kullanılmıştır. Depoda ısı kayıplarını engellemek için 5cm kalınlığında cam yünü ile yalıtım yapılmıştır. Yalıtımlı depo Şekil 3'te verilmiştir.

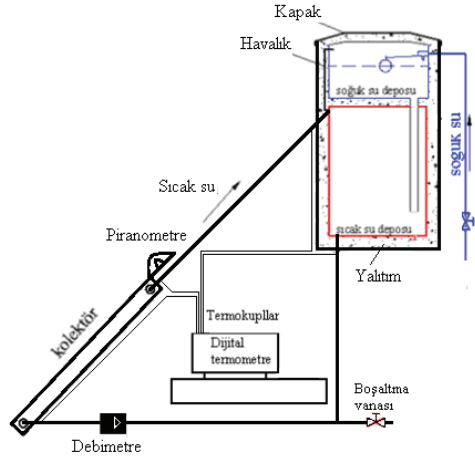


Şekil 3. Depolu güneş kolektörü ve sehpa

Sistemin verim değerlerinin belirlenebilmesi için radyasyon değerini ölçmek amacıyla deneylerde KippandZonen marka (CC12) piranometre kullanılmıştır. Piranometreden

alınan değerler  $W/m^2$  cinsindedir. Piranometre  $38^\circ$ 'lik kolektör eğim açısında, kolektörün üzerine ayarlanarak güneş ışınımını ölçmüştür. Sıcaklık ölçümünde ise gösterge cihazı olarak, Elimko E-680 serisi kullanılmıştır. Cihaz 32 girişli, IEC 668 normlarına uygun, universal giriş ve çıkışların kullanıcı tarafından kolaylıkla programlanabildiği endüstriyel bir cihazdır. Deneyde kolektör ve depodaki suyun giriş ve çıkış sıcaklığının ölçülmesi için demir konstantan termokupllar kullanılmıştır. Ölçümler 30 dakikalık zaman dilimlerinde alınmıştır. Yapılan deneyler sırasında su kullanımı yapılmamış ve depodaki su sabit tutulmuştur. Çalışma sırasında ölçülen ortalama debi değerleri  $0.022 \text{ kg/sn}$  olarak alınmıştır.

Sisteme ait tesisat şeması ve ölçme noktaları Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Sisteme ait tesisat şeması

#### DeneySEL sonuçların değerlendirilmesi

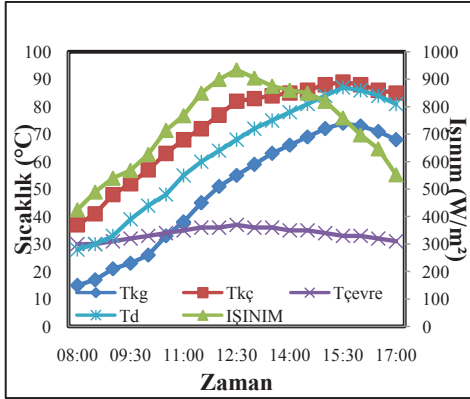
Bu çalışmada doğal taşınımlı düzlemsel yüzeyli güneş kolektörlerine yalıtımlı standart depo bağlanarak deneyler yapılmıştır. Deneyler Temmuz 2013 ve Kasım 2013 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Yapılan doğal taşınımlı kolektör deneylerinde; depo suyu sıcaklığı ( $T_d$ ), kolektör giriş ( $T_{kg}$ ) ve çıkış sıcaklıkları ( $T_{kç}$ ), çevre sıcaklığı ( $T_{çevre}$ ) ve

güneş ışınım değerleri ölçülmüştür. Deneysel içerisinde alınan değerlerin güneş ışınımına bağlı olarak zamanla değişimi ve ısı verim değerleri aşağıdaki grafiklere aktarılmıştır (Şekil 5 - Şekil 8).

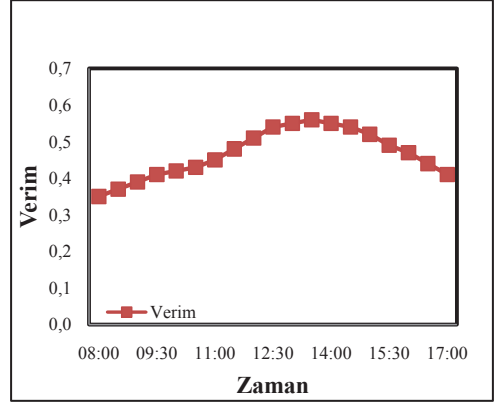
Yapılan ölçüm ve hesaplanan verim değerlerinden 17.07.2013 ve 01.11.2013 tarihlerine ait grafikler aşağıda gösterilmiştir.

Yalıtımlı standart depolu güneş kolektöründe yapılan deneylerde, kolektörden çıkan su sıcaklığının güneş ışınımına bağlı olarak değiştiği gözlenmiştir. Yalıtımlı standart depolu güneş kolektörü için gün boyunca elde edilen deney sonuçlarına göre;

- 17.07.2013 tarihinde kolektör giriş çıkış su sıcaklıkları ve depo suyu sıcaklığının saat 13.30' a kadar sürekli arttığı daha sonra azaldığı görülmüştür (Şekil 5). Deponun maksimum su sıcaklığı 87 °C olmuştur. Anlık kolektör verimi günün saatleri ve ışınımına bağlı olarak değişmiş ve 13.30' da maksimum verim % 56 olarak belirlenmiştir (Şekil 6).

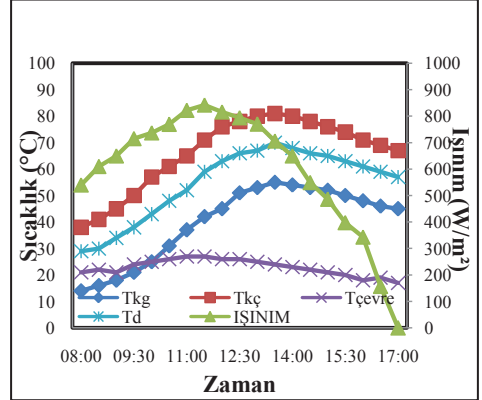


Şekil 5. Işınım ve sıcaklık değerlerinin zamanla değişimi (17.07.2013)

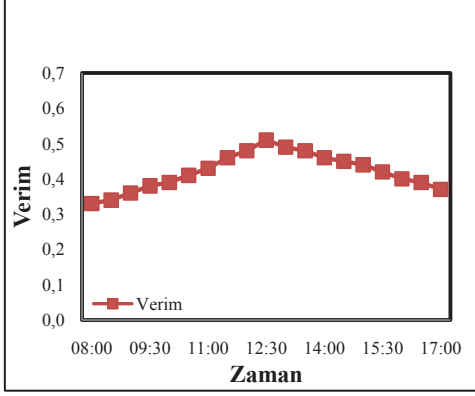


Şekil 6. Kolektör veriminin zamanla değişimi (17.07.2013)

- 01.11.2013 tarihinde kolektör giriş çıkış su sıcaklıkları ve depo suyu sıcaklığının saat 13.30' a kadar sürekli arttığı daha sonra azaldığı görülmüştür (Şekil 7). Burada maksimum depo suyu sıcaklığı 70 °C olarak belirlenmiştir. Anlık kolektör verimi günün saatleri ve ışınımına bağlı olarak değişmiş ve 12.30' da maksimum verim % 51 olarak belirlenmiştir (Şekil 8).



Şekil 7. Işınım ve sıcaklık değerlerinin zamanla değişimi (01.11.2013)



Şekil 8. Kolektör veriminin zamanla değişimi (01.11.2013)

## Sonuçlar

Yapılan deneylerde düzlemsel yüzeyli güneş kolektörlü standart depoda farklı iklim koşullarında doğal taşınımlı sistemlerin sıcaklık ve verim değerleri tespit edilmiştir.

Deneylerde elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Temmuz ayı içerisinde yapılan standart depolu güneş kolektörü deneylerinde maksimum su sıcaklığı 15.30' da 87 °C olarak elde edilmiştir.
- Kasım ayında yapılan benzer deneylerde ise aynı şartlarda standart depolu güneş kolektöründe su sıcaklığı saat 13.30' da maksimum değerini almıştır ve depodaki su sıcaklığı maksimum 70 °C olmuştur.
- 17 Temmuz 2013 tarihinde standart depolu düzlemsel yüzeyli güneş kolektörlü sistemde yapılan deneylerde maksimum verim %56 olarak elde edilmiştir.
- 1 Kasım 2013 tarihinde yapılan deneylerde ise güneş kolektörü maksimum verimi %51 olarak tespit edilmiştir.

- Yapılan deneylerden elde edilen sonuçlarda görüldüğü gibi en yüksek verim Temmuz ayı içerisinde yapılan deneylerde elde edilmiştir.

Bu sonuçlara göre, iklim şartlarının kolektörde elde edilecek sıcak su sıcaklıklarını ve dolayısıyla verimi etkilediği görülmüştür. Ayrıca, kolektör sistemlerinde sistem verimi gelen güneş radyasyonuna, çevre şartlarına, kolektör malzemesi ve bağlantı şekillerine, depo yüksekliklerine vb. parametrelere bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle kolektörlerde tüm parametreler dikkate alınarak sistem verimini artırma çalışmalarının yapılması, enerji kazanılması açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle bir bölge için verilen verim değerleri meteorolojik koşullara bağlı olarak değişkenlik gösterebilecektir. Dolayısıyla kolektörler için verilen verim değerlerinin hangi koşullarda geçerli olduğu verilmelidir.

## Semboller Listesi

- $A_f$  : Kolektör yüzey alanı ( $m^2$ )  
 $C_p$  : Suyun özgül ısısı ( $kJ/kgK$ )  
 $\rho$  : Suyun özgül ağırlığı ( $kg/m^3$ )  
 $I_e$  : Kolektör üzerine gelen anlık güneş ışınımı ( $W/m^2$ )  
 $Q_f$  : Akışkana aktarılan faydalı enerji ( $W$ )  
 $Q_g$  : Yutucu plakaya gelen ısıtım enerjisi ( $W$ )  
 $T_c$  : Akışkanın kolektörden çıkış sıcaklığı ( $^{\circ}C$ )  
 $T_g$  : Akışkanın kolektöre giriş sıcaklığı ( $^{\circ}C$ )  
 $\Delta T$  : Sıcaklık farkı ( $^{\circ}C$ )  
 $\dot{m}$  : Kütleli debi ( $kg/h$ )  
 $\dot{V}$  : Hacimsel debi ( $m^3/h$ )  
 $\eta_c$  : Anlık kolektör verimi

## Kaynaklar

- Altıntop, N., Tekin, Y., İlbaş, M., (2001). "Güneş Enerjisi Tesisatı Kolektör ve Boru Bağlantılarında Yapılan Hataların Isıl Verime Etkisinin Deneysel İncelenmesi", *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*, Kayseri, 2001, Kayseri, Bildiriler Kitabı, 43 - 52.
- Değirmenci, H., (2006). "Düzlemsel güneş kolektörlerinde su dolaşım miktarının kolektör verimine etkisinin deneysel olarak incelenmesi", *Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.

- Deriş, N.,(1979). *Güneş enerjisi sıcak su ile ısıtma tekniği*, Sermet Matbaası, İstanbul.
- Dowing, R.C. and Waldin, V.H.,(1980). "Phase-Change Heat Transfer in Solar Hot Water Heating Using R-11 And R-114", *Ashrae Transactions*, 848-856.
- Ekmekçi, İ., Dizdar, H., Özçelebi, S., (2001). "Kocaeli İli için Bir Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemi ve Boyutlandırılması", *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*, Kayseri, 2001, Kayseri, Bildiriler Kitabı, 35 - 42.
- Günerhan, H., Hepbaşlı, A., (2007). "Exergetic Modeling and Performance Evaluation of Solar Water Heating Systems for Building Applications", *Energy and Buildings*, **39**, 509-516.
- Kassem, T. K.,(2011). "Investigation of Integrated Collector Storage Solar Hot Water (ICSSHW) ", *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, **5**(6): 556-562.
- Mohamad, A. A.,(1997). "Integrated Solar Collector-Storage Tank System With Thermal Diode", *Solar Energy*, **61**, 3, pp. 211-218.
- Şen, Z.,(2004). "Türkiye'nin Temiz Enerji İmkânları", *Mimar ve Mühendis Dergisi*, **33**, Nisan - Mayıs - Haziran, 6-12.
- Taktakoğlu K.R., (1996). "Vakumlu Güneş Kolektöründe Verim Tespiti ve İncelenmesi", *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

# Investigation of the performance of hot water solar collectors under Elazığ climatic conditions

## Extended abstract

*The demand for the energy resources has increased with the improvement of the life standards of people and industrialization of the countries. It's a must to use new and renewable energy resources to meet the increasing energy needs and decrease the harms of fossil fuel. For this reason, the use of renewable energy resources has gained importance. Solar power is one of the most important resources among the renewable energy resources.*

*Solar power is a subject that has been extensively focused on in the recent years due to the superiorities such as being a new and renewable energy resource, having no pollutant to the environment that is a major problem for the humanity, being applied locally, having no complex technology. The most common and economic system that benefits from the solar power is solar-powered hot water systems.*

*The efficiency of the hot water systems with solar power has been affected by the climate conditions such as radiation, temperature and moisture of the region. Experimental studies have been conducted to observe the effect of the Elazığ climate conditions on the hot water system with standard solar power in consideration of these situations and the change of thermal efficiency in the hot water collector system in the Elazığ climate conditions has been examined.*

*The experiment has been conducted in the roof of the Heat Engineering Lab of Department of Mechanical Engineering in the Faculty of Engineering in the Province of Elazığ. The experiments were conducted between July and November in 2013. In this study, insulated standard warehouse has been connected to the sun collectors with plane surface with natural convection.*

*Thermal efficiencies have been examined by conducting experiments in the solar collectors with natural convection with standard plane surface. In parallel with this, radiance and temperature values during the experiments have been measured. It has been observed that temperature of water coming out from the collector changes depending on the solar radiation in the experiments conducted in the solar collector with insulated standard warehouse.*

*Efficiency values for the specific days have been given in the figures for experiments conducted between the July- November 2013. As a result of the study, the highest efficiency value for the solar collectors with natural convection with standard plane surface obtained in within the month of July.*

*According to the results, climate conditions affect the hot water temperatures in the collector and thus the efficiency. Furthermore, system efficiency in the collector system has been changing by depending on the parameters such as solar radiation, environment conditions, collector material and connection types, warehouse heights and so on.*

*It is important for energy gain to conduct system efficiency enhancing studies in consideration of the all parameters in the hot water system with solar power. For that reason, efficiency values for a region may change depending on the meteorological conditions. Therefore, the efficiency values given for the collectors should be mentioned for which conditions there are valid.*

**Keywords:** Solar power; collector; efficiency;