

## **Krom Bir Güneşli Su Isıtıcısının Tasarımı, Yapımı ve Denenmesi**

**Turhan KOYUNCU<sup>1</sup>, Kaan Emre ENGİN<sup>2</sup>, Ali İhsan KAYA<sup>1</sup>, Fuat LÜLE<sup>1</sup>,  
Mehmet Fırat BARAN<sup>1</sup>, Niyazi YÜKÇÜ<sup>1</sup>, Hacı SOĞUKPINAR<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Adıyaman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Adıyaman

<sup>2</sup>Adıyaman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü, Adıyaman tkoyuncu@adiyaman.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 06.06.2015      Kabul Tarihi (Accepted): 12.07.2015

**Özet:** Güneş kuşağı (45° kuzey-güney enlemleri arası) içerisinde yer alan Türkiye’de, düz yüzeyli güneş kolektörleri su ısıtmada yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Kolektörlerin imalatında kullanılan bakır ve alüminyum sıcak suyun renk, koku, tat ve kimyasal yapısını olumsuz etkilemektedir. Fakat paslanmaz çelik (krom-nikel karışımı) malzemenin hem sağlık açısından hem de ısı ile birlikte aşınmaya da dayanıklı olmasından dolayı tercih edilmesi daha yararlı olabilecektir. Bu çalışmada; şehrin basınçlı su şebekesine direk bağlanabilen, suyun kimyasal yapısına hiçbir olumsuz etkisi olmayan, kullanım süresince bakım gerektirmeyen, daha ucuz, daha uzun ömürlü, yüksek verimli, 304 mat krom malzemeden üretilmiş, yeni tip düz yüzeyli güneş kolektörleri tasarlanmış, imal edilmiş, ısıl verimleri için EN (European Union Norms) 12975-2 (2003) normlarına göre test edilmiştir. Deneyler için üç adet kolektör üretilmiştir. Kolektörlerin boru çapları 20 mm, 25 mm ve 32 mm’dir. Ayrıca sisteme bağlı bir sıcak su deposu da bulunmaktadır. Her deneme 2 gün ve her gün içinde 5 saat süresince yapılmıştır (Saat 10:00’ dan 15:00’a kadar). İlk önce üç adet kolektör paneli sıcak su deposu bağlı olmadan, sonrasında 20 ve 32 mm boru çapına sahip kolektör panelleri depo bağlantılı olarak denenmiştir. Kolektör panellerinin termal verimleri sırasıyla %67.39, %73.70 ve %76.58 bulunmuş ve verimlerin boru çapları ile doğru orantılı olarak arttığı belirlenmiştir. Deponun yalnız kendi verimi ise %69.55 olarak tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Güneş enerjisi, güneş kolektörü, düz yüzeyli, su ısıtıcı, ısıl verim.

### **Design, Manufacture and Test of a Chromium Solar Water Heater**

**Abstract:** The flat panel solar collectors are widely used for heating water in Turkey which is located between 45° North-South latitude in solar zone. Copper and aluminum which are used in the manufacturing of collectors, affects the color, odor, taste and chemical composition of the hot water. But stainless steel (chromium, nickel mixture) may be more beneficial to be preferred for their health point of view; also it’s resistance to heat and corrosion. In this study; flat plate solar chromium solar water collectors which were made of 304 matte chromium that could be directly connected to the city’s main waterworks, had no effect to the water’s chemical composition, were free of maintenance, were much cheaper, had longer life and had high efficiencies were designed, manufactured and tested by using EN (European Union Norms) 12975-2 (2003) norms for their heat efficiencies. Three different collectors were manufactured for experiments. Pipe diameters of collectors were 20 mm, 25 mm and 32 mm. A hot water tank was also connected to the system. Each experiment was conducted for 2 days and 5 hours for each day (Between 10:00 and 15:00). First, three collector panels were used without hot water tank connection for the experiments, then collector panels that have 20 mm and 32 mm pipe diameters were experimented with hot water tank connected. The thermal efficiency of collector panels were found %67.39, %73.70 and %76.58 in order and found out that the efficiency rises with increasing diameters. Hot water tank’s standalone efficiency is also determined as %69.55.

**Keywords:** Solar energy, solar collector, flat plate, water heater, thermal efficiency.

## GİRİŞ

Güneş kuşağı (45° kuzey-güney enlemleri arası) içerisinde yer alan Türkiye’de, düz yüzeyli güneş kolektörleri su ısıtmada yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle, alüminyum ve bakır tip düz yüzeyli güneş kolektörleri yüksek ısısal verimlerinden (yaklaşık %56-68) dolayı konut ve sanayi için sıcak su sağlamada en fazla (%70’ den fazla) kullanılmaktadır. Bu kolektörler, diğer enerji kaynaklarıyla kıyaslandığında oldukça karlıdırlar. Örneğin, yapılan bir çalışmada, bu kolektörlerin Türkiye’nin değişik bölgeleri için sırasıyla odun, kömür, doğal gaz, petrol, LPG ve elektrik enerjisine oranla yaklaşık 2.0, 3.5, 4.0, 6.0, 7.0 ve 12.0 kat daha karlı olduğu saptanmıştır (Koyuncu ve Ültanır, 1997).

Güneş kolektörlerinin üretiminde kondüktivitelerinin yüksek, ucuz ve piyasadan kolay temin edilebilir olmaları nedeniyle bakır ve alüminyum malzemeler tercih edilmektedir. Ancak, bakır ve alüminyum sıcak suyun renk, koku, tat ve kimyasal yapısını olumsuz etkilemektedir. Fakat paslanmaz çelik (krom-nikel karışımı) malzemenin hem sağlık açısından hem de ısı ile birlikte aşınmaya da dayanıklı olmasından dolayı tercih edilmesi daha yararlı olabilecektir.

Yukarıda belirtilen ve sağlığı tehdit edici nedenlerden dolayı genel olarak bakır ve alüminyum kolektörlerde açık dolaşimli sistem yerine doğal dolaşimli kapalı sistemler tercih edilmektedir. Yani kolektörlerde ısıtılan suyun direk kullanımı yerine, krom malzemenin imal edilmiş basit yapıları eşanjörlerle ısı enerjisi temiz suya aktararak kullanılmaktadır. Akdeniz, Ege ve Marmara Bölgelerinin tamamına yakınında olmak üzere diğer bölgelerimizin büyük bölümünde doğal dolaşimli kapalı sistemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemlerde, ısıtıcı suyun kışın donmadan sistemde dolaşabilmesi için genellikle %40 glikol (antifriz) ve %60 su karışımından oluşan akışkan, güneş kolektöründe ısıtmakta ve doğal dolaşım ile eşanjöre (ısı değiştirici) ulaşarak ısıyı kullanım suyuna iletmektedir. Burada kullanılan eşanjörler, hem kullanım suyuna depoluk yapmakta hem de kolektörlerden dolaşarak ısınan antifrizli suyun kullanım suyuna karışmadan ısınmasını sağlamaktadır. Fakat ısı transferi süresince oluşan ısı kayıpları nedeniyle, ısı eşanjörlerinin verimi (yatay ve dikey tip eşanjörler için verim sırasıyla %29 ve %33’ dür) ve

kolektör sistemlerinin (kolektör paneli ve ısı eşanjörünün birlikte oluşturduğu yapı) verimi (%18-22) önemli ölçüde düşmektedir. Bunun yanı sıra, doğal dolaşimli kapalı sistemlerin çalışması için, sıcak su deposunun alt kenarının kolektör panelinin üst kenarından daha yukarıda bulunma mecburiyeti bulunmaktadır. Bu durum, sıcak su depolarının ve ısı eşanjörlerinin çatı üzerine yerleştirilmelerinden dolayı güvenlik riski ve görüntü kirliliği oluşturmada ve konutların estetiğini olumsuz etkilemektedir. Bu koşullar, kolektörlerin özellikle Türkiye’de kırsal yörelerde yaygınlaşmasını engelleyen temel faktörlerdir.

Yukarıda açıklanan bütün bu durumlar ışığında bu çalışmada; şehrin basınçlı su şebekesine direkt bağlanabilen, suyun kimyasal yapısına hiçbir olumsuz etkisi olmayan, kullanım süresince bakım gerektirmeyen, daha ucuz, daha uzun ömürlü, yüksek verimli, alüminyum ve bakır kolektörle kıyaslandığında üretimi ve montajı daha kolay olan, 304 mat krom malzemenin üretilmiş, açık dolaşım sistemi prensibine göre çalışacak yeni tip düz yüzeyli güneş kolektörleri tasarlanmış, imal edilmiş, ısısal verimleri için EN (European Union Norms) 12975-2 (2003) normlarına göre test edilmiştir.

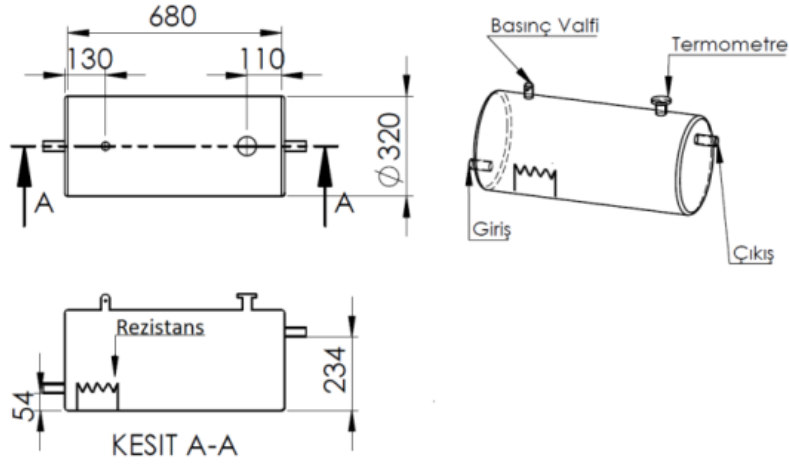
## MATERYAL ve YÖNTEM

Denemelerde kullanılan sistem; ön ısıtmalı depo, kolektör paneli, sıcak su deposu ve bağlantı elemanlarından oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan ön ısıtmalı depo yatay olarak yerleştirilmiş ve yaklaşık 30 litre su alabilecek kapasitedir. Depo içine yerleştirilmiş olan rezistans 2500 W gücünde olup sıcaklık ayarlı termostatlıdır. Ön ısıtmalı depo, Şekil 1’de verilmiştir. Kolektör panelinde örtü malzemesi olarak, kalınlığı 4 mm olan normal cam kullanılmıştır. Bu cam örtü, görünür ışınların tamamı ile infrared ışınların da 3 µm’den küçük dalga boyuna (yakın infrared) sahip olanları geçirmekte ve dalga boyu 3 µm’den büyük olan infrared (uzak infrared) ışınları da absorbe edebilmektedir (Riffat, et al., 2000). Camla absorbe edici (toplayıcı) siyah yüzey arasında 30 mm’lik hava boşluğu oluşturulmuştur. Absorbe edici yüzey 2 mm kalınlığında paslanmaz 304 krom plaka olup bu plakanın absortivitesi 15 W/(m.K)’dir.

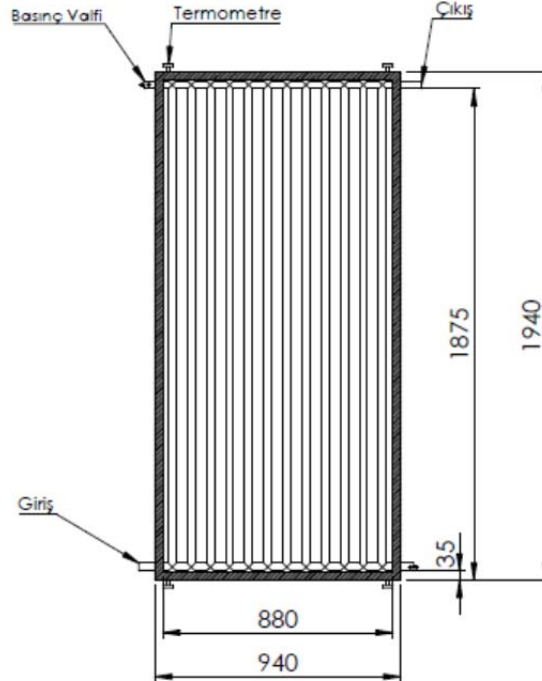
Kolektör paneli içerisindeki akışkanı sağlayan borular bir kasa içerisine monte edilmiş kasanın üst yüzeyi kolektör boyası ile boyanarak absorbe edici

yüzey olarak kullanılmıştır. Kolektör dış kasa ile akışkanı sağlayan boruların bulunduğu kasa arası 50 mm kalınlığında olup yalıtım malzemesi olarak ve kondüktivitesi 0.04 W/(m.K) olan dökme taş yünü kullanılmıştır (Şekil 2), (Anonim, 2008b). Kolektör paneli içerisinde yer alan borular sırasıyla 20, 25 ve 32 mm çapa sahip olacak şekilde tasarlanmış ve toplamda üç adet kolektör paneli üretilmiştir.

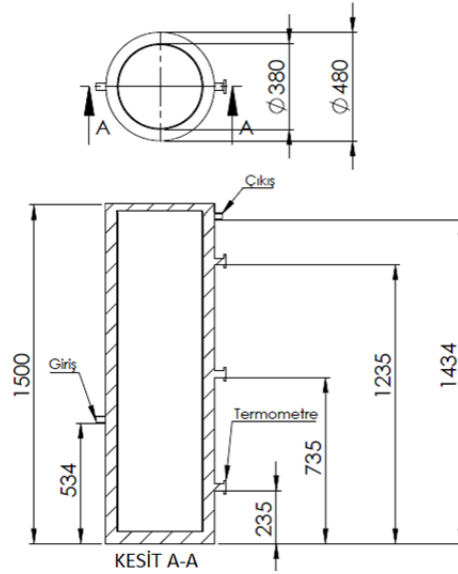
Sıcak su deposunun iç kısmı 3 mm kalınlığındaki 304 mat krom (paslanmaz çelik) malzemeden dikey olacak şekilde üretilmiş, 50 mm dökme taş yünü izolasyonu sağlandıktan sonra dış kısmı 0.40 mm kalınlığında yine 304 mat krom malzemeden basınca dayanıklı olarak imal edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 1. Ön ısıtmalı depoya ilişkin veriler (Ölçüler mm'dir).



Şekil 2. Kolektör paneline ilişkin veriler (Ölçüler mm'dir).



Şekil 3. Sıcak su deposuna ilişkin veriler (Ölçüler mm'dir).

Bütün testler EN (Avrupa Birliği Normları) 12975-2 ve TS (Türk Standartları) 3680-2'ye göre yapılmıştır (EN ve TS, 2003). Kolektörler tam güneye bakacak ve yörenin konumu nedeniyle 30°'lik eğim açısına sahip olacak biçimde yerleştirilmişlerdir. Denemelerde, güneş radyasyon intensitesini 0...1500 W/m<sup>2</sup> aralığında ve 0.1 W/m<sup>2</sup> hassasiyetinde ölçebilen piranometre, kolektörlere giren ve çıkan suyun sıcaklığını, ortam sıcaklığını ve su tankında bulunan suyun sıcaklığını belirlemede yine hassasiyeti 0.1°C olan çok sayıda sıcaklık sensörleri ve ölçülü akış kapları kullanılmıştır. Bu cihazlarla güneş radyasyonu, dış hava sıcaklığı, akışkanın kolektöre giriş ve çıkış sıcaklıkları ve akışkan kütle akışı ölçülmüştür. Veriler her 15 dakikada bir kaydedilmiştir. Denemeler, Eylül ayı başında Adıyaman'da yapılmıştır (Adıyaman için Enlem = 37.46° N, Boylam = 38.17° E ve deneme yeri yüksekliği ≈ 669m'dir). Her deneme 2 gün ve her gün içinde 5 saat denenmiştir (Saat 10:00' dan 15:00'a kadar). Tasarım aşamasında farklı sıcaklık değerlerine sahip giriş suyunun sağlanması planlanmış ancak ön ısıtmalı deponun ön denemelerin de, şebeke basıncı nedeniyle ısınan suyun depo çıkışında homojen bir dağılım sağlamadığı belirlenmiştir. Bu nedenle, kolektörler direk şehir şebekesine bağlanmıştır. Denemeler süresince, akışkan giriş sıcaklıkları 22°C...26°C ve dış hava sıcaklıkları ise 32°C...37°C arasında değişmiştir. Akışkanın kütleli akışı 0.02

kg/(s.m<sup>2</sup>) olacak şekilde manüel olarak hassas küresel vanalarla ayarlanarak sabit tutulmuştur (Şekil 4).

Güneş kolektörleri yaklaşık olarak sabit koşullar altında çalışmaktadırlar (Şekil 5). Bu koşullar altında ısısal verimleri, kolektör yüzeyine gelen güneş radyasyonundan optik ve termal kayıpların çıkarılarak elde edilen yararlı enerjinin yüzeye gelen toplam enerjiye oranlanması ile elde edilmektedir (Duffie and Beckmann, 1991; Bagach, et al., 2000; Tiwari, et al., 1991).

Elde edilen yararlı enerji aşağıdaki Eşitlik 1 ile bulunabilmektedir.

$$q_u = \dot{m}c_{p,f}(T_{f,0} - T_{f,i}) \quad (1)$$

Kolektör yüzeyine gelen güneş radyasyonu ve yararlı enerji ile gelen radyasyonun oranlanması ile bulunan verim Eşitlik 2 ve 3 yardımıyla elde edilebilmektedir.

$$q_s = I_R A_c \quad (2)$$

$$\eta = \frac{q_u}{q_s} \quad (3)$$

Ayrıca, Eşitlik (1) ve (2)'den faydalanılarak ısısal verim Eşitlik 4'deki biçimde düzenlenebilmektedir.

$$\eta = \frac{\dot{m}c_{p,f}(T_{f,0} - T_{f,i})}{I_R A_c} \quad (4)$$

Eşitlik 1, 2, 3 ve 4 ile Şekil 5'de kullanılan sembollerin anlamları ve birimleri aşağıdadır.

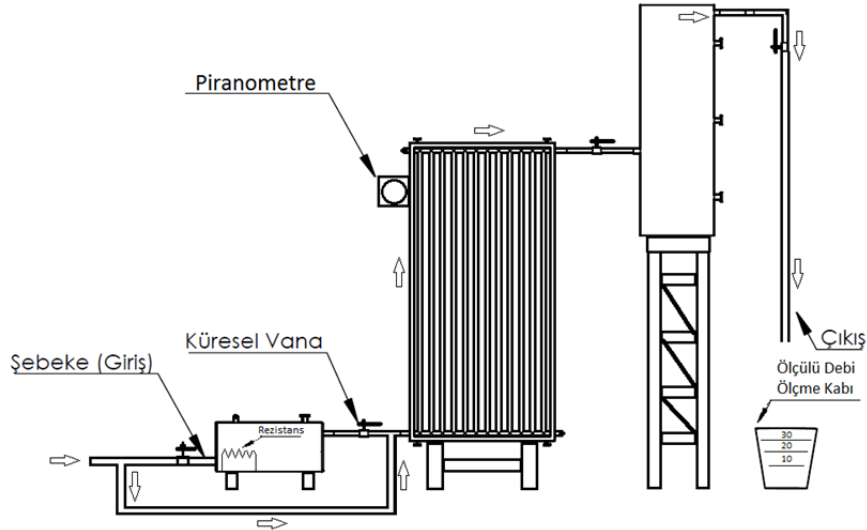
$A_c$  : Kolektör yüzey alanı, m<sup>2</sup>

$c_{p,f}$  : Akışkanın sabit basınçtaki özgül ısı, J/(kg.K)

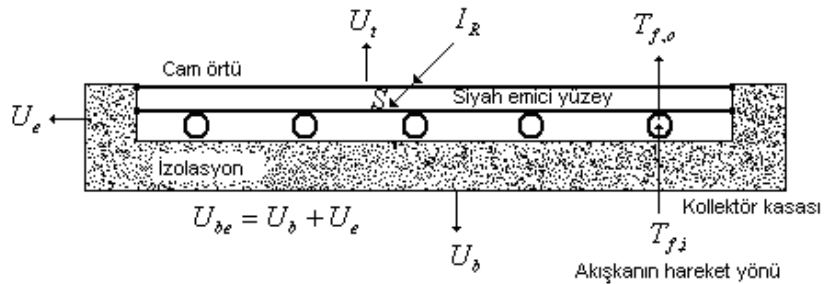
- $I_R$  : Kolektör yüzeyine gelen güneş radyasyonu,  $W/m^2$   
 $\dot{m}$  : Akışkanın kütleli akışı,  $kg/s$   
 $q_u$  : Yararlı ısısal güç,  $W$   
 $q_s$  : Kolektör yüzeyine gelen yararlı güneş radyasyon gücü,  $W$   
 $S$  : Absorbe edilen güneş radyasyonu,  $W/m^2$   
 $T_a$  : Dış (atmosfer) hava sıcaklığı,  $K$   
 $T_{f,i}$  : Akışkan giriş sıcaklığı,  $K$   
 $T_{f,o}$  : Akışkan çıkış sıcaklığı,  $K$   
 $T_m$  : Ortalama sıcaklık,  $K$   
 $U_{be}$  : Kolektör alt ve yan yüzey toplam ısı kayıp katsayısı,  $W/(m^2.K)$   
 $U_t$  : Kolektör üst yüzey ısı kayıp katsayısı,  $W/(m^2.K)$   
 $\Delta T$  : Sıcaklık farkı,  $K$   
 $\eta$  : Kolektör ısısal verimi, %

#### ARAŞTIRMA BULGULARI

Kolektörler yörenin konumu nedeniyle güneye bakacak şekilde  $30^\circ$ lik eğim açısıyla yerleştirilmiştir. Güneş radyasyon intensitesini ölçecek olan piranometre ise kolektörlere paralel olacak şekilde kolektör kenarına yapılan özel bir aparat üzerine yerleştirilmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi tasarım esnasında planlanan ve ön ısıtmalı depo ile farklı sıcaklık değerlerine sahip giriş suyu elde edilmesi, homojen bir dağılımın olmaması nedeniyle mümkün olmamıştır. Bu nedenle, kolektörler arasındaki bağlantı kesilerek tüm kolektörler şehir şebekesine direkt bağlanmıştır. Tüm deneme sonuçları kolektörler şehir şebekesine bağlı durumdayken alınmıştır. Her deneme 2 gün ve her gün içinde 5 saat süresince yapılmıştır (Saat 10:00' dan 15:00'a kadar).



Şekil 4. Kolektörün sisteme bağlanması ve denemesi.



Şekil 5. Bir güneş kolektör panelinin ana yapı elemanları, çalışma prensibi ve ısı dengesi.

Önce farklı boru çaplarına sahip kolektörler sıcak su deposuna bağlanmadan denemeler yapılmış, sonrasında 20 mm ve 32 mm boru çapına sahip olan kolektörler, sıcak su deposuna bağlanarak 2 gün daha denemelere devam edilmiştir. Her kolektör için yapılan denemelerden elde edilen verilerin ortalaması o kolektörün nihai verileri olarak değerlendirilmiştir.

Kolektör panellerinin denemelerine ilişkin akışkan giriş sıcaklığı ( $T_{fi}$ ), akışkan çıkış sıcaklığı ( $T_{fo}$ ), akışkan giriş ve çıkış sıcaklık farkları ( $\Delta T$ ), dış hava sıcaklığı (atmosfer havası sıcaklığı) ( $T_a$ ), ısıl verim ( $\eta$ ) ve kolektör yüzeyine gelen güneş radyasyonu (IR) değerleri Şekil 6, 7, 8, 9, 10 'da verilmiştir. Kolektör verimleri sırasıyla %67.39, %73.70, %76.58 bulunmuş ve verimlerin boru çapları ile doğru orantılı olarak arttığı belirlenmiştir. Sıcak su deposuna bağlanan 20 mm boru çapına sahip kolektörün depo çıkışından alınan verilere göre toplam veriminin %45, 32 mm boru çapına sahip kolektörün depo çıkışından alınan verilere göre toplam veriminin %55.44 olduğu görülmüştür. Kolektörlerden bağımsız olarak ortalama depo verimi ise %69.55 olarak tespit edilmiştir

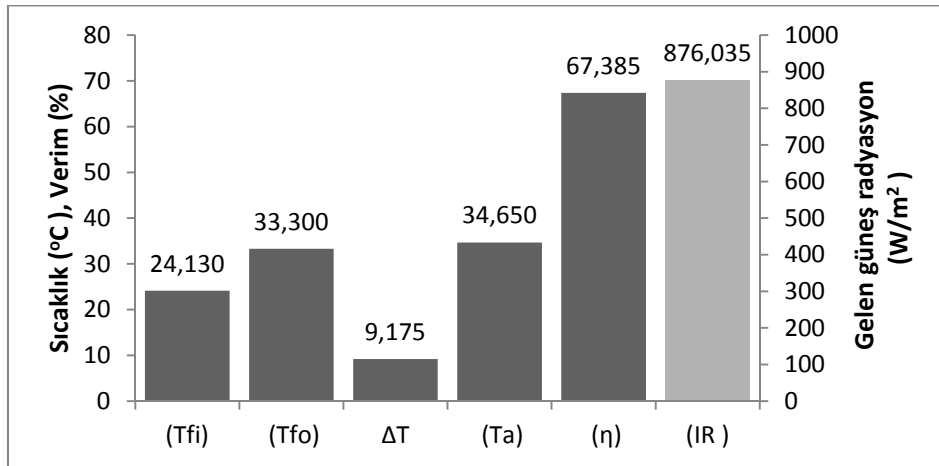
## TARTIŞMA ve SONUÇ

Ülkemizde yaygın olarak kullanılan güneş kolektör sistemlerinde açık sistem yani, kolektör panellerinde ısıtılan suyun direk kullanılması durumunda verimin boru çapına bağlı olarak nasıl değişeceği araştırılmış ve elde edilen sonuçlara göre boru çapı arttıkça

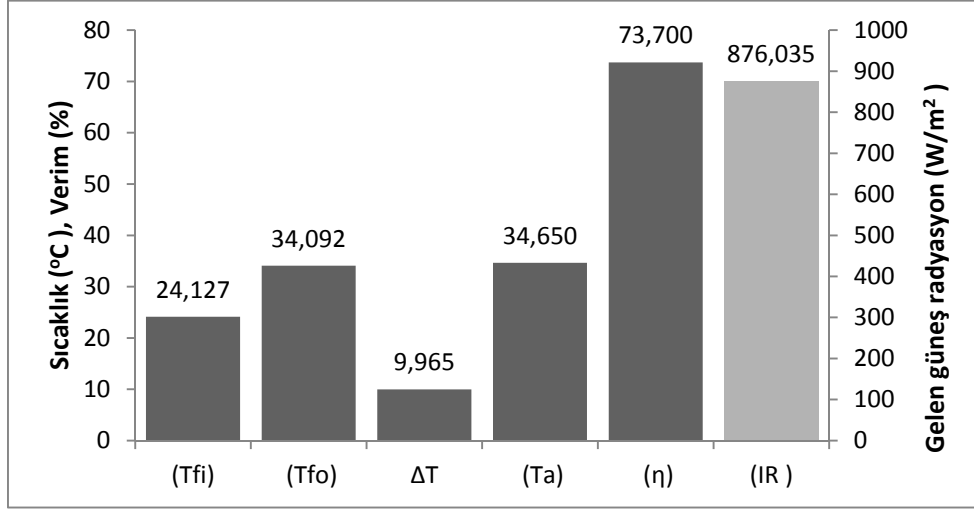
kolektör veriminin de arttığı görülmüştür. Bu durumun, boru çapının artmasıyla ısı transferi yüzey alanının artması ve daha fazla ısı enerjisinin boru içerisindeki suya aktarılmasıyla sağlanabildiği değerlendirilmektedir. Ancak boru çapı artışının limitsiz olmayıp absorban siyah yüzeyin alanıyla sınırlı olacağı da bilinmelidir. Fakat sıcak su deposuna bağlı olarak yapılan deneylerde; suyun depo içerisinde beklemesinden ve bu sırada dış ortama ısı transferinden dolayı suyun sıcaklığı düşmüş, bu durum ortalama verimin düşmesine neden olmuştur. Ayrıca suyun renk, koku, tat ve kimyasal yapısına olumsuz etkisi olmayan paslanmaz 304 mat krom malzemenin kullanılarak, basınçlı açık sistem olarak tasarlanan bu güneş kolektör sisteminde, sıcak su deposunun kolektör panelinin üzerine yerleştirilme gibi bir zorunluluğu da bulunmamaktadır. Görüntü kirliliğine neden olmayan ve mevcut güneş kolektör sistemlerinden verimi yüksek olan basınçlı açık sistem güneş kolektörlerinin kullanılmasının ülke ekonomisine büyük katkı sağlayacağı ve enerjide dışa bağımlılığı azaltmada yardımcı olacağı, insan yaşam kalitesinin yükselmesine yarar sağlayacağı kuşkusuzdur.

## TEŞEKKÜR

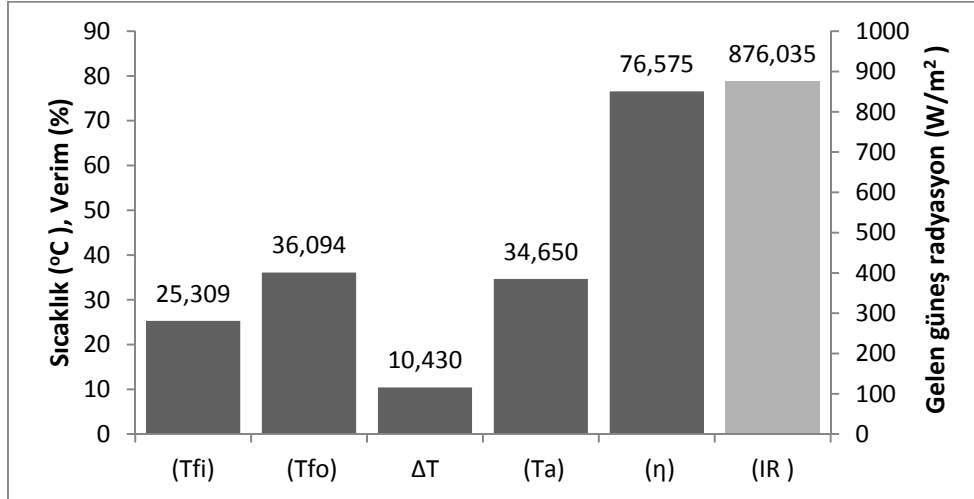
Bu çalışma, Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından TFBAP/2014-0001 no'lu "Krom Bir Güneşli Su Isıtıcısının Tasarımı, Yapımı ve Denenmesi" başlıklı proje kapsamında desteklenmiştir.



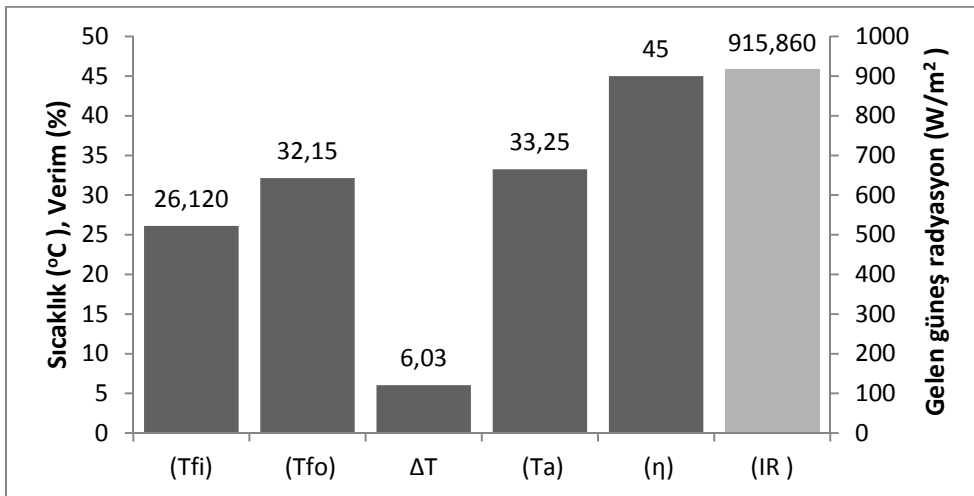
Şekil 6. 20 mm boru çapına sahip kolektör panelinin ortalama sonuçları.



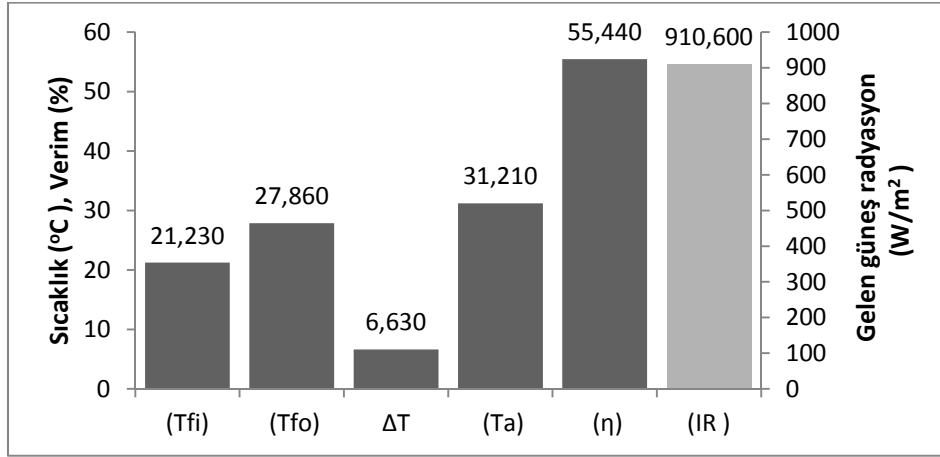
Şekil 7. 25 mm boru çapına sahip kolektör panelinin ortalama sonuçları.



Şekil 8. 32 mm boru çapına sahip kolektör panelinin ortalama sonuçları.



Şekil 9. Sıcak su deposuna bağlanan 20 mm boru çapına sahip kolektör panelinin sonuçları.



Şekil 10. Sıcak su deposuna bağlanan 32 mm boru çapına sahip kolektör panelinin sonuçları.

### LİTERATÜR LİSTESİ

- Anonim,2008a. [http://www.trakyacam.com.tr/Islenmis\\_Camlar/tr/durasolar\\_f\\_performans.htm](http://www.trakyacam.com.tr/Islenmis_Camlar/tr/durasolar_f_performans.htm). Erişim Mayıs 2008
- Anonim,2008b. <http://www.izocam.com.tr/izocam/ /Urunler/Tasyunu/Dokme-Tasyunu.aspx>. Erişim Nisan 2008
- Bagach M. N., R Tadili, A. S. Dahman, M. Boukallouch, 2000. Survey of thermal performances of a solar system used for the heating of agricultural greenhouses in Morocco. *Renewable Energy*; 20, 415-433.
- Duffie J. A., W. A. Beckman, 1991. *Solar engineering of thermal process*. John Wiley & Sons Ltd; New York.
- EN (European Norms) 12972-2, 2003. *Thermal solar systems and components-Solar collectors-Part 2: Test Methods*.
- Koyuncu T, M. Ultanir, 1997. Türkiye’de sıcak su üretiminde kullanılan düz yüzeyli güneş kolektörlerinin ekonomik yönden irdelenmesi. 17. Tarımsal Mekanizasyon Kongresi, 179-189, Tokat,.

- Koyuncu T., Y. Pınar, F Lüle, 2007a. Doğal dolaşimli ve kapalı tip güneşli su ısıtıcı sistemler için kullanılan eşanjörlerin verimlerinin belirlenmesi. *Tarım Makineleri Bilimi Dergisi*, Cilt 3, No:3, :129-135.
- Koyuncu T., Y. Pınar., F Lüle, 2007b. Efficiency of a solar water heater system widely used for domestic applications in Turkey. *The3rd International Energy, Exergy and Environment Symposium*. Portugal.
- Riffat S. B., P. S. Doherty, E. I. Abdel Aziz, 2000. Performance testing of different types of liquid flat plate collectors. *Int. J. Energy Res*; 24, 1203-1215.
- Tiwari R. C., A. Kumar, S. K. Gupta, G. D. Sootha, 1991. Thermal performance of flat-plate solar collectors manufactured in India. *Energy Conver. Mgmt*; 31, 309-313.
- TS (Türk Standardı) 3680-2, 2003. *Isıl güneş enerji sistemleri ve bileşenleri-Güneş enerji kolektörleri-Bölüm-2: Deneş metotları*.