

# VAKUMLU TERMOSİFON TİP GÜNEŞLİ SU ISITMA SİSTEMLERİNDE ANTİFRİZ-SU KARIŞIMI KULLANIMININ SİSTEM PERFORMANSINA ETKİLERİ

Etem Sait ÖZ  
Emrah DENİZ  
Engin ÖZBAŞ

## ÖZET

Bu çalışmada, vakumlu termosifon tip güneşli su ısıtma sistemlerinde çalışma akışkanı olarak antifriz-su karışımı kullanımının kollektör performansına etkileri araştırılmıştır. Yapılan çalışmada vakumlu termosifon tip ve doğal dolaşimli güneşli su ısıtma sistemlerinden birer prototip hazırlanarak aynı koşullarda denenmiştir. Deneylerden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında vakumlu sistemin doğal dolaşimli sisteme göre daha verimli olduğu ve sıcak su ihtiyacını daha etkin bir şekilde karşılayabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Sözcükler :** Isı Borusu, güneş kollektörü, verim.

## ABSTRACT

In this study, effects of antifreeze-water mixture, as the working fluid in vacuumed thermosiphon type solar water heating system, on the collector performance were investigated. One prototype for vacuumed thermosiphon type solar water heater and one for the solar water heating system with natural circulation were made and tested in the same conditions. When the experimental results were compared it was seen that the vacuumed system is more efficient and can meet hot water need more effectively than the system with natural circulation.

**Keywords:** Heat pipe, solar collector, efficient.

## 1. GİRİŞ

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin temel ihtiyaçlarından biri enerjidir. Günümüzde kişi başına tüketilen enerji miktarı ülkelerin gelişmişlik seviyesinin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Gelişen dünyada enerjinin pahalı oluşu, tükenbilir oluşu, çevre problemlerine sebep olması nedeniyle, kalkınmakta olan ülkeler tükettikleri enerjiyi en iyi şekilde kullanmalıdırlar.

Enerji kaynakları azalırken dünya nüfusunun sürekli artması ve enerjiye bağımlılığı, enerji açığını sürekli büyütecektir. Temel enerji kaynakları rezervleri tüketildiğinde, insanlar daha uzun ömürlü enerji kaynaklarına dönmek zorunda kalacaktır. Bunların en önemli ikisi, nükleer ve güneş enerjisidir. Nükleer enerjinin yüksek teknoloji ve maliyetinin yanında insan sağlığına son derece zararlı oluşu kullanılabilirliğini azaltmaktadır. Güneş enerjisi güvenilir bir kaynak olup, yaygın kullanımında yüksek ve özel teknoloji gerektirmemekte ve kullanılması sırasında hiç bir önemli çevre kirliliği yaratmamaktadır [1].

Güneş kolektörleri, güneş enerjisinden yararlanmak amacı ile hazırlanan düzenekler olup güneş enerjisini ısı enerjisi şeklinde toplayan bir tür ısı değiştiricilerdir. Uygulamalarda en çok kullanılan tipleri düzlemsel yapıda olan güneş kolektörleridir. Güneş enerjisinden yararlanarak sıcak su elde etmek amacıyla genellikle açık ve kapalı çevrim olmak üzere iki ayrı sistem kullanılmaktadır. Açık sistemlerde kullanılan su direkt olarak kolektör içerisinden geçmektedir. Açık çevrim prensibine göre çalışan güneş kolektörlerinin özellikle soğuk bölgelerde, kış aylarında don tehlikesinden dolayı kullanımı sınırlı kalmakta ve korozyon ve kireçlenme gibi dezavantajlarından dolayı fazla uzun ömürlü olmamaktadırlar. Güneşli su ısıtma sistemlerinde bu gibi sakıncaları ortadan kaldırmak amacıyla kapalı çevrim prensibine göre çalışan sistemler kullanılmaya başlanılmıştır. Bu sistemlerin kullanımı ile donma, korozyon ve kireçlenme problemlerin bertaraf edilmesine rağmen, verimin açık sistemlerden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte kullanılan güneş enerjili su ısıtma sistemlerinde ısı transfer sıcaklığının düşük olması, suyun en üst sıcaklık değerine ulaştıktan sonra ters yönde su sirkülasyonunun olması ve geceleri sıcaklık düşmesi sebebiyle sıcak olan suyun soğuk olan kolektöre doğru ters yönde sirkülasyonuna imkan tanımaktadır. Açık ve kapalı sistemlerin sakıncalarını ortadan kaldırmak için değişik sistem ve akışkanlar üzerinde çalışmalar yapılmaktadır [2].

Geçmişten günümüze kadar birçok araştırmacı tarafından güneşli su ısıtma sistemleri üzerine çalışmalar yapılmış ve yapılmaktadır. Güneş enerjisinden faydalanmak amacıyla kullanılan yöntemler arasında ısı borulu sistemler diğer sistemlere oranla çok daha fazla verim sağlanabilen ancak maliyeti yüksek ve uygulama zorluğu bulunan sistemlerdir. Isı borusu, içerisinde az miktarda faz değiştirebilen bir akışkan bulunan, havası alınmış kapalı bir borudur. Belirli bir eğimde yerleştirilmiş olan bir kolektörde güneş ışınımı gören ve buharlaştırıcı (evaporatör) olarak adlandırılan kısmında ısınarak sıvı fazdan buhar fazına geçen akışkan, kolektörün üst kısmında yer alan yoğunlaştırıcı (kondenser) denilen ve içerisinde asıl kullanım suyunun bulunduğu depoya geldiğinde burada ısıyı suya terk ederek tekrar yoğuşup sıvı fazına dönüşür. Sıvı haline gelen çalışma akışkanı yerçekimi etkisiyle tekrar buharlaştırıcı (evaporatör) kısmına gelir ve çevrim tekrarlanarak devam eder [3-6].

Isı borusuyla ilgili ilk patent 1944 yılında ABD'de alınmıştır. 1960'larda uzay nükleer araştırma uygulamalarında kullanılmaya başlanıncaya kadar, ısı borusu prensibi yeterli ilgiyi görmemiştir. 1964 yılında ise bilim adamlarının tekrar araştırma konusu olmuştur. Bu tarihten itibaren ısı borusu çeşitli uygulama alanlarında denenme ve uygulama imkanı bulmuştur [7].

Dowing ve Waldin (1980), R11'li iki fazlı güneş kolektörü ile glikol-su karışımli güneş kolektörü sistemlerinin verimlerini karşılaştırmışlar ve freon gazlarının iki fazlı sistemlerde kullanılıp kullanılmayacağını araştırmışlardır. Soğutucu akışkanlar olarak kullanılan freon gazlarının kolaylıkla buharlaştığını gözlemlemişler ve R11 kullanılan kolektörün veriminin diğer kolektörlere oranla yaklaşık % 35 daha büyük olduğunu tespit etmişlerdir. Sonuç olarak iki fazlı sistemin su sıcaklığı daha çabuk artmış ve verimi diğer sisteme göre daha yüksek çıkmıştır. Deneylerinde soğutucu akışkanlardan R12, R113 ve R114'de kullanmışlardır [8].

Yılmaz (1987), yaptığı çalışmada ısı borularını depo içinde bulunan daha büyük çaplı boruya monte ederek, su içine yerleştirdiği büyük çaplı boruya yoğuşma borusu görevini yaptırmıştır. Çalışma sıvısı olarak etanol (ispirto) kullanmıştır. Kolektör güneşi görüp, ısı boruları içindeki etanol buharlaştığında, etanol buharının bir kısmı içerdeki hava ile birlikte atılmış ve sistemde bu şekilde, geceleri çalışma sıvısı yoğunlaştığında, bir vakum elde edilmiştir. Vakum sayesinde, çalışma sıvısının (etanol) daha düşük sıcaklıklarda buharlaştırılması sağlanabilmiştir. 1,17 m<sup>2</sup> yüzey alanına sahip kolektör kullanılarak yaklaşık 100 l suyun sıcaklığını, Ağustos ayı içerisinde, 75 °C'ye çıkarmıştır [9].

Güneş enerjili su ısıtma sistemleri ile yapılan çalışmalardan açık bir şekilde görülmektedir ki, güneş kolektörlerinde ısı borusu kullanımı yüksek verim sağlamaktadır [10]. Ancak, ısı borulu sistemler imalat zorluğu ve maliyet yüksekliği gibi dezavantajlara sahiplerdir. Yapılan bu çalışmada, ısı borulu sistemlerin daha kolay ve ucuzca imal edilerek etkin kullanımının sağlanabilmesi amacıyla vakumlu termosifon tipte bir sistem tasarımı ve imalatı yapılmıştır. Sistemin performans değerlendirmesinin yapılabilmesi amacıyla aynı boyutlarda kapalı çevrim doğal sirkülasyonlu bir güneşli su ısıtma sisteminin tasarım ve imalatı yapılmıştır. Her iki sistem aynı koşullarda deneylere tabi tutularak sonuçlara ulaşılmıştır.

## 2. SİSTEM VERİMLERİ

Düzlemsel güneş kolektörlerinin termal performansı, kullanılabilir enerji kazancı miktarı “ $q_u$ ”, kolektör üzerine gelen ışınım miktarı “ $I_c$ ” ve ısı kaybı “ $U_c$ ” arasında bağlantı kurularak lineer bir verim karakteristiği olarak ifade edilebilir,

$$q_u = I_c A_c (\tau\alpha) - U_c A_c (T_c - T_a) \quad (1)$$

Kolektörün anlık verimi “ $\eta$ ”, kullanılabilir ısı kazancının “ $q_u$ ” birim alana gelen güneş ışınım miktarına “ $I_c$ ” oranlanarak belirlenir,

$$\eta = \frac{q_u}{A_c I_c} \quad (2)$$

Kolektörün anlık verimine kullanılan malzeme, absorber maddenin yapısı, camın özelliği, hava ve deney şartları vb. faktörler etki eder. Kolektör anlık verimi aşağıda verilen eşitlik ile ifade edilebilir,

$$\eta = F'(\tau\alpha) - F' U_L (T_m - T_a), \quad (3)$$

burada  $F'(\tau\alpha)$ , kolektörden ısı kaybı olmadığında ya da  $T_m = T_a$  olduğundaki maksimum kolektör verimidir.

Kolektörde kazanılan faydalı ısı, kolektör içinden geçen akışkan debisi ve giriş “ $T_{f,i}$ ” ile çıkış “ $T_{f,o}$ ” akışkan sıcaklıklarının ölçülmesiyle aşağıdaki şekilde çıkartılabilir:

$$q_u = mc_p (T_{f,o} - T_{f,i}) \quad (4)$$

$$\eta = \frac{mc_p (T_{f,o} - T_{f,i})}{A_c I_c} \quad (5)$$

Güneş kolektörlerinin termal performansı, kullanılabilir enerji kazancı miktarı “ $q_u$ ” ile kolektöre gelen toplam enerji miktarının “ $I_c$ ” birbirine oranlanması ile elde edilir. Çıkarılan bu eşitlikler kullanılarak örneğin; 27.03.2005 tarihinde vakumlu termosifon tip güneşli su ısıtma sisteminin performans değeri deneylerden elde edilen veriler yardımı ile aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$\begin{aligned} I &= 343 \text{ W/m}^2 = 0,343 \text{ kW/m}^2 \\ T_b &= 7,3 \text{ }^\circ\text{C} \\ T_s &= 33,8 \text{ }^\circ\text{C} \\ A &= 0,2 \text{ m}^2 \\ c_p &= 4,18 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C} \\ m &= 10 \text{ kg (işlemlerde 1 l. su 1 kg suya eşit alınmıştır.)} \end{aligned}$$

Bu değerler 5 numaralı eşitlikte yerine konulursa,

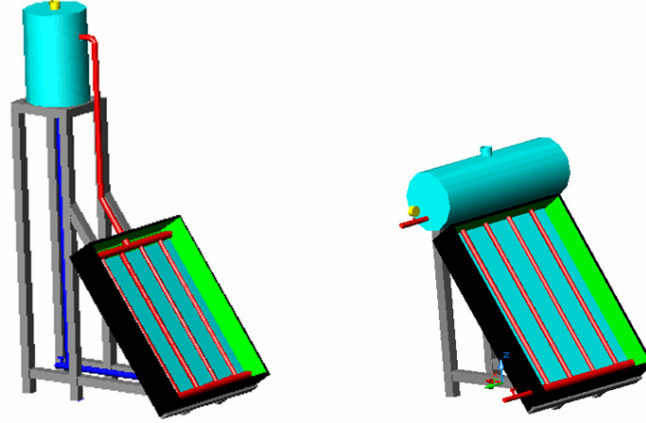
$$\eta = \frac{10}{9 \cdot 3600} \cdot 4,18 \cdot (33,8 - 7,3) = 0,49822 \Rightarrow \%49,82$$

sonucuna ulaşılır (11,12).

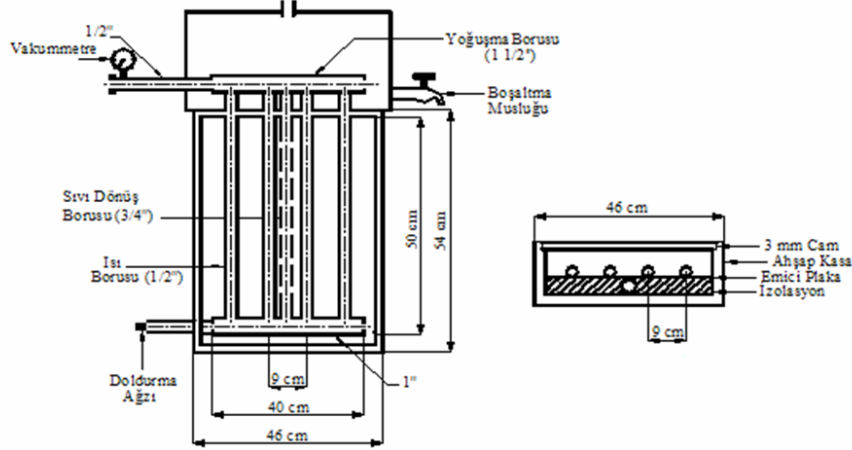
### 3. DENEYSEL DÜZENEKLER VE UYGULAMA

#### 3.1. Sistemlerin Özellikleri

Yapılan çalışmada, doğal dolaşimli güneşli su ısıtma sistemi ile vakumlu termosifon tip güneşli su ısıtma sisteminin performans değerlerinin deneysel olarak karşılaştırılması öngörüldüğünden, her iki sistemde kasa malzemesi, depolama tankı hacmi ve kollektör yüzey alanı aynı olacak şekilde tasarımı ve imalatı yapılmıştır. Hazırlanan doğal dolaşimli ve vakumlu her iki sistem Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Deneylerde Kullanılan Doğal Sirkülasyonlu ve Vakumlu Termosifon Tip Güneşli Su Isıtma Sistemleri.



Şekil 2. Çalışma Akışkanı Antifriz-Su Karışımı Kullanılan Vakumlu Termosifon Tip Güneş Kolektörü.

İmalatı yapılan vakumlu termosifon tip güneş kolektörü Şekil 2'de gösterildiği gibi bir ucu kapatılmış 12 mm'lik dört adet siyah çelik borunun, bir adet (yoğuşturucu) 49 mm'lik boruya ve bir adet (buharlaştırıcı) 34 mm'lik boruya eşit aralıklarla birleştirilip ortalarından 25 mm'lik sıvı dönüş borusuyla bağlanmış ve doğal dolaşimli sistem ile aynı özelliklere sahip olan yalıtımlı bir kasaya yerleştirilmesi ile elde edilmiştir. Sistemde soğutucu akışkan antifriz-su karışımı kullanılması nedeniyle sisteme bir adet gaz şarj aparatı (sübab) yerleştirilmiştir. Bu aparat bağlantısı kullanılarak sistem hacminin 1/3 kadarı antifriz-su karışımı ile doldurulmuştur. Daha sonra sistem ısıtılmış ve içerisindeki akışkanın buharlaşması sağlanarak sistem içerisindeki hava boşaltılmıştır. Kollektör boruları içerisindeki havanın boşaltılması ile iç hacimde vakum ortamı sağlanmıştır. Hazırlanan her iki sistem güney yönünde 41° eğim ile yerleştirilerek deneyler yapılmıştır. Vakumlu termosifon tip sistemde kullanılan akışkanlardan antifrizin özellikleri Tablo 1. de verilmiştir.

**Tablo 1.** Antifrizin Özellikleri [2-13].

Özellikler	Antifriz [C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> ]
Donma noktası (°C)	-12,7
1bar basınçta kaynama noktası (°C)	198
Vizkozite (0°C)	54,7
20 °C' de akışkan yoğunluğu (kg/m <sup>3</sup> )	1113
20 °C' de doymuş akışkanın buhar basıncı (mmHg)	0,05
20 °C' de akışkanın ısı kapasitesi (kJ/kg°C)	2,347
20 °C sıcaklık ve 1 atm. basınçta buharın ısı kapasitesi (kJ/kg°C)	846
20 °C' de akışkanın termal iletkenliği (W/mK)	0,249
20 °C' de kırılma indisi	1,4319

### 3.2. Deneyler

Hazırlanan güneş kolektörleri Mart ve Mayıs aylarında aynı şartlarda, beşer gün olmak üzere, 10 gün süreyle denenmiştir.

Deneylere ilk gün saat 09:00'da depoların doldurulması ile başlanmış ve saat 17:00'ya kadar her saatte ölçüm yapılarak devam edilmiştir. İkinci ve diğer günler deneylere yine saat 09:00'da bir gün önceden dolu olan depolar boşaltılarak başlanmış ve saat 09:00'dan itibaren her saat başında ölçümler kaydedilerek saat 17:00'a kadar devam edilmiştir. Tüm deneyler dokuz saat (09:00-17:00 arası) sürmüştür.

Deneylerde ölçülen parametreler, kolektör düzlemine gelen güneş ışınım şiddetleri (I), her iki sistemin depo suyu sıcaklıkları (T<sub>b</sub>, T<sub>s</sub>) ve ortam havası sıcaklığıdır (T).

Sistemlerin verim değerlerini belirleyebilmek için toplam radyasyon değerini gösterebilen solarmetre (Haenni, güneş ışınım şiddeti ölçüm cihazı) kullanılmıştır. Solarmetreden alınan değerler W/m<sup>2</sup> cinsindedir. Deneyler esnasında depo suyu ve dış ortam sıcaklığının ölçülmesinde on iki kanallı Elimko sıcaklık ölçüm cihazı (hassasiyet ±0,1 °C) kullanılmıştır.

### 3.3. Sonuçlar

#### 3.3.1 Deney Sonuçları

Deneyler sonucu elde edilen sıcaklık (T<sub>b</sub>, T<sub>s</sub>), ışınım (I), ısı kazancı (Q<sub>s</sub>) ve verim (η) değerleri Tablo 2. de verilmiştir.

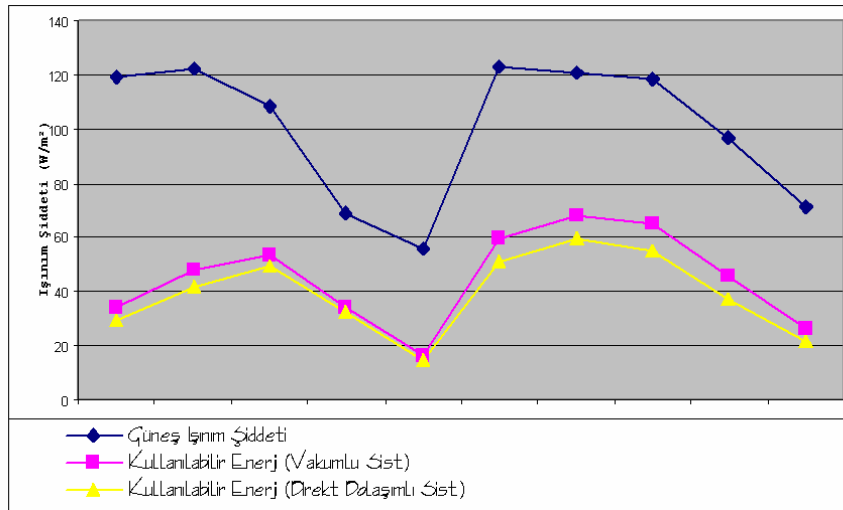
Sistemlerin performans karşılaştırmalarını kolaylaştırabilmek amacıyla Şekil 3. ve Şekil 4. deki grafikler çizilmiştir. Şekil 3. de kolektör yüzeylerine gelen ve kolektörler tarafından kullanılabilir enerjiye çevrilen ışınım şiddeti miktarları gösterilmiştir. Kolektör yüzeyine gelen ve kolektörler tarafından kullanılabilir enerjiye çevrilen ışınım miktarları günlük ortalamalar halinde hesaplanmıştır. Şekil 4. de ise sistemlerde deney süresi boyunca belirlenen performans değerlerinin günlere göre değişimi gösterilmiştir.

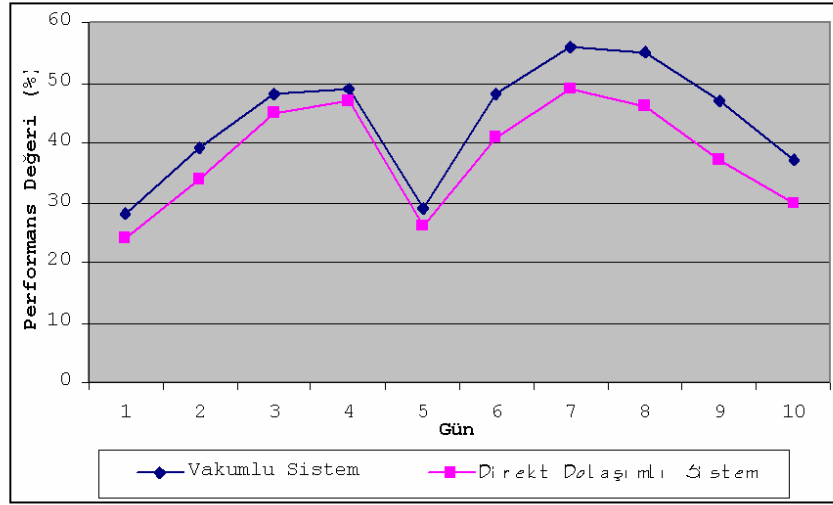
Şekil 3. deki grafik incelendiğinde vakumlu termosifon tip güneşli su ısıtma sisteminin daha etkin bir şekilde üzerine gelen ışınımı kullanılabilir enerjiye çevirebildiğini açıkça göstermektedir. Vakumlu termosifon tip güneşli su ısıtma sistemi tarafından güneş ışınımının kullanılabilir enerjiye çevrilme miktarı günlük ortalama olarak 44,99 W'tır. Aynı şekilde direkt dolaşimli sistem tarafından kullanılabilir enerjiye çevrilen miktar günlük ortalama olarak 39,16 W'tır. Güneş ışınımındaki artış ile doğru orantılı olarak sistemler arasında vakumlu termosifon tip sistem lehine belirgin bir fark gözlemlenmektedir.

**Tablo 2.** Deney Sonuçları.

Deneyler	1.Deney 24.03.2005		2.Deney 25.03.2005		3.Deney 26.03.2005		4.Deney 27.03.2005		5.Deney 28.03.2005	
	Vaku m	Direkt Dolaş.	Vaku m	Direkt Dolaş.	Vaku m	Direkt Dolaş.	Vaku m	Direkt Dolaş.	Vaku m	Direkt Dolaş.
$T_b$ (°C)	12,4	12,4	11,8	11,8	7,1	7,1	7,3	7,3	8,3	8,3
$T_s$ (°C)	38,5	35,2	48,9	44,3	48,3	45,7	33,8	32,3	20,9	19,6
$Q_s$ (W)	33,67	29,41	47,86	41,92	53,15	49,79	34,18	32,25	16,25	14,57
TRA (W)	119,5	119,5	122,0	122,0	108,5	108,5	68,62	68,62	55,46	55,46
YYRA ( $W/m^2$ )	597,7	597,7	610,3	610,3	542,7	542,7	343,1	343,1	277,3	277,3
Verim (%)	0,28	0,24	0,39	0,34	0,48	0,45	0,49	0,47	0,29	0,26

Deneyler	6.Deney 16.05.2005		7.Deney 17.05.2005		8.Deney 18.05.2005		9.Deney 19.05.2005		10.Deney 20.05.2005	
	Vaku m	Direkt Dolaş	Vaku m	Direkt Dolaş	Vaku m	Direkt Dolaş	Vaku m	Direkt Dolaş	Vaku m	Direkt Dolaş.
$T_b$ (°C)	12,6	12,6	13,9	13,9	16,8	16,8	15,2	15,2	14,9	14,9
$T_s$ (°C)	58,5	52,2	66,7	60,2	67,3	59,1	50,8	43,7	35,4	31,6
$Q_s$ (W)	59,21	51,08	68,11	59,73	65,15	54,57	45,92	36,76	26,44	21,54
TRA (W)	123,1	123,1	121,0	121,0	118,2	118,2	97,02	97,02	70,82	70,82
YYRA ( $W/m^2$ )	615,7	615,7	605,2	605,2	591,3	591,3	485,1	485,1	354,1	354,1
Verim (%)	0,48	0,41	0,56	0,49	0,55	0,46	0,47	0,37	0,37	0,30

**Şekil 3.** Kolektör Yüzeylerine Gelen ve Kullanılabilir Enerjiye Çevrilen Işınım Şiddeti Miktarları.



Şekil 4. Vakumlu ve Direkt Dolaşımli Güneşli Su Isıtma Sistemlerinin Performans Değerleri.

Antifriz-su karışımı, vakumlu termosifon tip güneş enerjili su ısıtma sistemi ve klasik doğal dolaşımli güneş enerjili su ısıtma sisteminin performans değerlerinin Tablo 2. ve Şekil 3-4 yardımı ile değerlendirilmesi yapıldığında, vakumlu termosifon tip sistemin doğal dolaşımli sisteme göre performans değerlerinin ortalama % 43,6, klasik doğal dolaşımli güneş enerjili su ısıtma sisteminin ise % 37,9 olduğu görülmektedir. Bu değerler vakumlu sistemin performans değerinin klasik sisteme oranla ortalama % 6 daha fazla olduğunu göstermektedir. Bu performans değerleri, vakumlu termosifon tip sistemin kapalı sisteminde kullanılan çalışma akışkanının cinsine ve kullanılan ısı borusu malzemesine göre farklılıklar gösterecektir.

### 3.3.2. Sonuç

Deneysel veriler ışığında yapılan değerlendirmeler, çalışma akışkanı olarak Antifriz-su karışımı kullanılan vakumlu termosifon tip güneşli su ısıtma sistemi her türlü çalışma koşulunda doğal dolaşımli sistemden daha üstün özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Vakumlu termosifon tip sistemin, doğal sirkülasyonlu sisteme kıyasla savunulan bütün üstünlüklere ek olarak, kışın don olayından etkilenmeyişi, akşam saatlerinde ters akımla ısı kaybı olmayışı, estetik bir görünüme sahip oluşu ve sıcak su ihtiyacını daha hızlı karşılayabilmesi gibi üstünlüklerinden dolayı tercih edileceği düşünülmektedir.

## 4. SEMBOL VE KISALTMALAR

$q_u$	: Kullanılabilir Enerji Kazancı Miktarı (W)	$\eta$	: Verim
$A_c$	: Kollektör Yüzey Alanı ( $m^2$ )	$T_c$	: Ortalama Absorber Plaka Sıcaklığı ( $^{\circ}C$ )
$I_c$	: Kollektör Üzerine Gelen Işınım Miktarı ( $W/m^2$ )	$T_a$	: Çevre Sıcaklığı ( $^{\circ}C$ )
$C_p$	: Çalışma Akışkanının Özgül Isınma Isısı ( $kJ/kg \ ^{\circ}C$ )	$T_b$	: Deneye Ait Su Başlangıç Sıcaklığı ( $^{\circ}C$ )
$m$	: Akışkanın Debisi ( $kg/s$ )	$T_s$	: Deney Süresi Sonunda Ulaşılan Su Sıcaklığı ( $^{\circ}C$ )
$F$	: Kollektör Verim Faktörü	$\Delta t$	: Sıcaklık Farkı ( $^{\circ}C$ )
$\alpha$	: Kollektör Yüzeyinin Absorblaması	$Q_s$	: Isı (W)
$\tau$	: Camın Geçirme Oranı	YYRA	: Yeryüzü Radyasyonu ( $W/m^2$ )
$U_c$	: Tüm Yüzeyin Isı Kayıp Katsayısı ( $W/m^2 \ ^{\circ}C$ )	TRA	: Kollektöre Gelen Güneş Enerjisi (W)

## KAYNAKLAR

- [1]. UYAREL, A. Y., ÖZ, E. S., “Güneş Enerjisi ve Uygulamaları”, Birsen Yayınevi, 1987.
- [2]. ÖZBALTA, N., GÜNGÖR A., “Güneş Enerjisi Toplayıcılarında Kullanılan Isı Transfer Akışkanları”, Güneş Enerjisi Teknoloji Dergisi, Sayı 1, Ege Üniversitesi Basımevi, 1989.
- [3]. ESEN, M., YÜKSEL, T., “Isı Borulu Güneş Enerjili Termosifon Düzlemsel Kollektörün Performansı”, Fırat Üniversitesi Makine Eğitimi Bölümü, F.Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi 12(2), Sayfa 201-207, 2000.
- [4]. FAGHRI, “Heat-pipe Science and Technology”, Taylor and Francis, UK, 1995.
- [5]. C.I. EZEKWE, “Thermal Performance of Heat Pipe Solar Energy System”, Solar Wind Technology 7, 349–354, 1990.
- [6]. RADHWAN, A. M., ZAKİ, G. M., JAMİL, A., “Refrigerant-Charged İntegrated Solar Water Heater”, Int. J. Energy Res. 14, 421–432, 1990.
- [7]. ALKAÇ, Ö., “Isı Borusu Prensibinin Güneşli Su Isıtıcılarına Uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, Z. Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1996.
- [8]. DOWING, R.C., WALDİN, V.H., “Phase-Change Heat Transfer in Solar Hot Water Heating Using R-11 And R-114”, Ashrae Transactions, 848-856, 1980.
- [9]. YILMAZ, S., “Güneş Enerjili Isı Borusuyla Sıcak Su Üretimi”, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 1988.
- [10]. K.İsmail, M.Abogderah, “Performance of A Heat Pipe Solar Collector”, J. Solar Eng. 120, 51-59, 1998.
- [11]. DUFFIE, J.A., BECKMAN W.A., “Solar Engineering Thermal Processes”, October, 1991, New York.
- [12]. KARAGHOULI, A.A., ALNASER, W.E., “Experimental Study on Thermosyphon Solar Water Heater in Bahrain”, Renewable Energy, Bahrain, 2001.
- [13]. HOLMAN, J. P., “Heat Transfer Seventh Edition in SI Units”, Professor of Mechanical Engineering Southern Methodist University, 657, 1992.

## ÖZGEÇMİŞ

### Etem Sait ÖZ

1952 yılı Manisa Soma doğumludur. 1973 yılında Ankara Teknik Yüksek Öğretmen Okulunu birincilik ile bitirmiştir. 1979 yılında A.İ.T.İ.A. İşletme Yönetimi Enstitüsü'nde Yüksek Lisans ve 1989 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Doktora öğrenimini tamamlamıştır. 1995 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Anabilim Dalı'nda Doçentlik ve 2001 yılında ZKÜ. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Anabilim Dalı'nda Profesörlük unvanını almıştır. Güneş enerjisi, sıhhi tesisat, yanma, ısıtma ve çevre konularında çalışmaktadır. ZKÜ. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Anabilim Dalı öğretim üyesi ve aynı Fakültenin Dekanı olarak görev yapmaktadır.

### Emrah DENİZ

1977 yılı Zonguldak doğumludur. 2000 yılında GÜ. Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Tesisat Öğretmenliği Programını bitirmiştir. 2003 yılında ZKÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimini tamamlamıştır. 2004 yılından beri ZKÜ. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi görev yapmaktadır. Alternatif enerji kaynakları, yanma ve soğuma konularında çalışmaktadır.

### Engin ÖZBAŞ

1976 yılı Tokat Turhal doğumludur. 2001 yılında GÜ. Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Tesisat Öğretmenliği Programını bitirmiştir. 2004 yılında ZKÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimini tamamlamıştır. 2002 yılından beri ZKÜ. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi görev yapmaktadır. Yanma ve çevre konularında çalışmaktadır.