

## ÇİFT OLUKLU PARABOLİK OLUK TİPİ GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜNÜN TASARIMI, İMALATI VE PERFORMANSININ İNCELENMESİ

**Ganime Tuğba ERCOŞKUN<sup>1</sup>, Ali KESKİN<sup>1</sup>, Metin GÜRÜ<sup>2</sup>, Duran ALTIPARMAK<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Mersin Üniversitesi, Tarsus Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Mersin

<sup>2</sup>Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü, Ankara

<sup>3</sup>Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü, Ankara

[gatuer@hotmail.com](mailto:gatuer@hotmail.com), [alikeskin@mersin.edu.tr](mailto:alikeskin@mersin.edu.tr), [mguru@gazi.edu.tr](mailto:mguru@gazi.edu.tr), [durational@gazi.edu.tr](mailto:durational@gazi.edu.tr)

(Geliş/Received: 23.01.2013; Kabul/Accepted: 19.09.2013)

### ÖZET

Parabolik oluk tipi güneş kollektörü kullanarak güneş ışınlarını toplamak, güneş enerjisinden faydalanmanın etkili yöntemlerinden birisidir. Parabolik oluk kollektörler; güneş ile buhar üretimi için tercih edilmektedirler. Ayrıca sıcak su elde etme, mekânların ısıtılması, iklimlendirme-soğutma uygulamaları, endüstriyel işlemler ve elektrik üretimi gibi alanlarda verimli bir şekilde kullanılmaktadır. Yoğunlaştırılmış güneş ışınları, kollektörün odağında bulunan alıcı boru üzerine düşerek, boru içerisindeki suyu ısıtmakta; bu sayede güneş radyasyonu faydalı ısıya dönüşmektedir.

Yapılan çalışmada, çift parabolik oluktan oluşan, 90cm ağız açıklığı ve 83° kenar açısına ( $Q_r$ ) sahip, parabolik güneş kollektörü tasarlanmıştır. Sistemdeki ısı kayıplarını azaltmak için; alıcı boru ile eş merkezli olarak cam bir boru yerleştirilmiş ayrıca iki boru arasında kalan hava vakumlanarak tahliye edilmiştir. Tasarlanan parabolik kollektör iki eksenli güneş takip sistemine sahiptir. Isı transfer akışkanı olarak suyun kullanıldığı performans testleri; Tarsus iklim şartlarında gerçekleştirilmiştir. Sistemin ölçülen minimum ve maksimum verim değerleri %37,59 ve %50,60, ortalama verimi ise %43,03 dür.

**Anahtar kelimeler:** Güneş Enerjisi, Parabolik Oluk Tipi Güneş Kollektörü, Verimlilik

## INVESTIGATION OF DESIGNING, MANUFACTURING AND PERFORMANCE OF DOUBLE- GROOVED PARABOLIC TROUGH-TYPE SOLAR COLLECTOR

### ABSTRACT

Collecting sun rays by using parabolic trough- type solar collector is one of the effective methods for utilization of solar energy. Parabolic trough collectors are preferred for the production of steam with the sun. In addition, it has been used efficiently in the fields such as obtaining hot water, heating of spaces, air conditioning-heating applications, industrial processes and the production of electricity. Concentrated solar radiation heats the water in the pipe by falling on the receiver pipe in the focus of the collector. Thus, solar radiation becomes useful heat.

In this study, parabolic solar collector with 90cm collector aperture and 83° rim angle ( $Q_r$ ) and consisting of double parabolic trough was designed. In order to reduce heat losses in the system, receiver pipe and glass tube is placed coaxially, also air between the two pipes vacuum were evacuated. In the designed parabolic collector, two-axis solar tracking system is used. Performance tests in which water was used as the heat transfer fluid were conducted in the climatic conditions of Tarsus. Minimum and maximum measured efficiency values of the system are 37.59 % and 50.60 % and average efficiency is 43.03 %.

**Keywords:** Solar Energy, Parabolic Trough Solar Collector, Efficiency

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dünya’da sürekli artan enerji talebi ve buna paralel olarak mevcut enerji kaynaklarının hızlı tüketimi; dünya ülkelerini yeni enerji kaynakları aramaya zorlamıştır [1]. Fosil enerji kaynaklarının atmosfere zehirli gaz salınımının olması, çevresel açıdan ciddi bir problem teşkil etmektedir [2-4]. Özellikle kalkınmakta olan ülkelerde, fosil yakıtların tüketiminin azaltılması adına çeşitli yöntemler denenmektedir [5]. Bu kaynakların fiyatlarındaki artış ve teminindeki problemler alternatif enerji kaynakları alanındaki çalışmaları yoğunlaştırmıştır [6-8]. Fosil kaynaklar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi son on yıl içerisinde dikkate alınmıştır. Güneş enerjisi, günümüzde en önemli alternatif enerji kaynağıdır. Kullanılabilir, ucuz ve çevre dostu bir alternatif kaynak olarak güneş enerjisi birçok teorik ve deneysel çalışmaya konu olmuştur [9,10]. Güneş enerjisi uygulamalarından daha fazla fayda sağlamak ve yüksek sıcaklıklara ulaşmak amacıyla; yoğunlaştırıcı sistemler kullanılmaktadır. Parabolik oluk tipi kollektörler, güneş enerjisi uygulamalarından çizgisel odaklama yapabilen orta (100–350°C) ve yüksek (>350°C) sıcaklık grubunda yer alan yoğunlaştırıcı sistemlerdir [7, 10, 12]. Bu sistemlerin teknik olarak yeterliliği kanıtlanmıştır. Hem ısı kaybının meydana geldiği alanın küçülmesi hem de absorbe edilen ışınım miktarının artması ile daha yüksek sıcaklıklara ulaşılabilir [13].

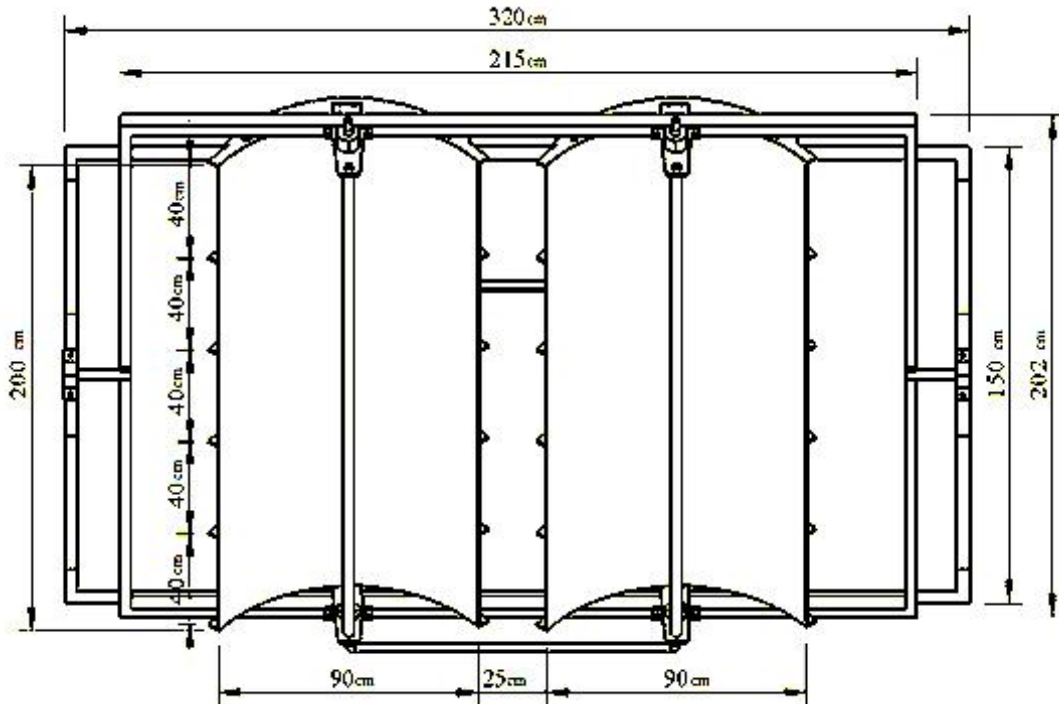
Bu çalışmada, güneş enerjisinden verimli faydalanmak için; çift parabolik oluktan oluşan, 90cm ağız açıklığı ve 83° kenar açısına (Qr) sahip parabolik güneş kollektörü tasarlanıp imal edilmiştir. Kollektörün, tasarımı ve imalatında ekonomiklik, kollektör malzemelerinin kolay temin edilmesi, imalat imkânları gibi temel parametreler göz önüne alınmıştır. Tasarlanan sistemin prototipi Tarsus Teknik Eğitim Fakültesi atölyesinde gerçekleştirilmiş ve ısı performansını deneysel olarak incelenmiştir.

## 2. PARABOLİK OLUK TİPİ GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜNÜN TASARIMI VE İMALATI (DESIGN AND MANUFACTURE OF PARABOLIC TROUGH-TYPE SOLAR COLLECTOR)

Şekil 1’de ölçüleri verilen parabolik oluk tipi güneş kollektörü iki adet parabolik oluğa sahiptir. Yansıtıcı yüzey olarak; 103x200 cm<sup>2</sup> yüzey alanına sahip 3 mm kalınlığında esnek akrilik yansıtıcı, parabolik şekilde kullanılmıştır.

Eşitlik (1)’de; x ve y, eksenlere olan uzaklık olmakla beraber, odak noktası (f) hesaplanmış [13,14], bu değer f = 25,31cm olarak bulunmuştur (Şekil 2). Bu eşitlik ile yansıtıcı yüzeyin her noktasına gelen ışınların, alıcı boru üzerine odaklanması amaçlanmıştır.

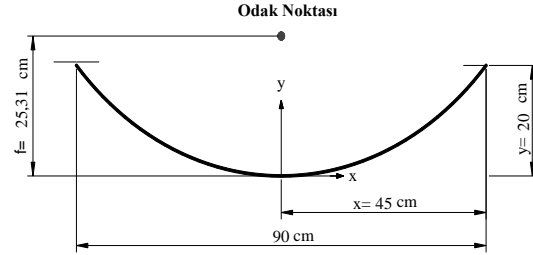
$$y = \frac{x^2}{4f} \quad (1)$$



Şekil 1. Parabolik oluk tipi kollektörünün ölçüleri (Parabolic trough-type collector dimensions)

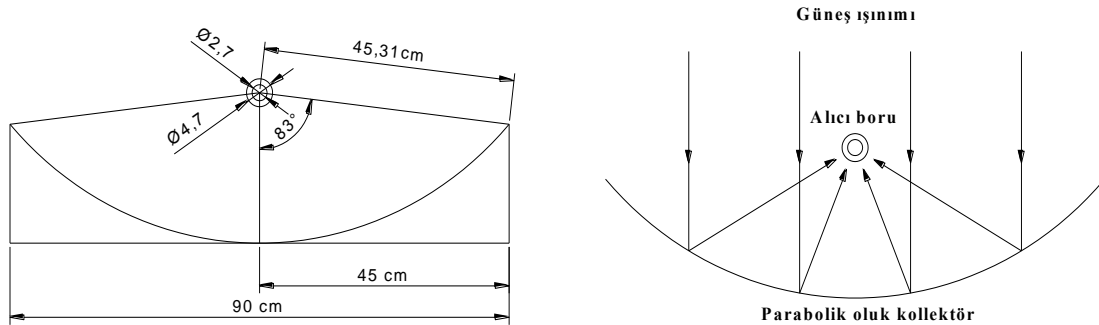
**Tablo 1.** Parabol koordinatları  
(Coordinates of parabola)

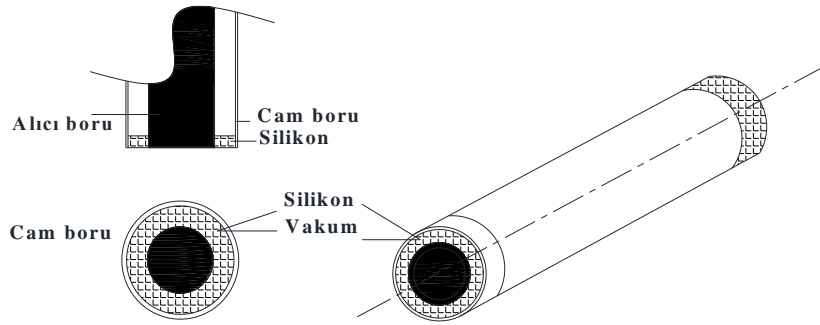
x	y	x	y
-45,00	0,00	20,00	0,00
-43,50	1,50	18,69	0,02
-42,00	3,00	17,42	0,09
-40,50	4,50	16,20	0,20
-39,00	6,00	15,02	0,36
-37,50	7,50	13,89	0,56
-36,00	9,00	12,80	0,80
-34,50	10,50	11,76	1,09
-33,00	12,00	10,76	1,42
-30,00	15,00	8,89	2,22
-28,50	16,50	8,02	2,69
-27,00	18,00	7,20	3,20
-25,50	19,50	6,42	3,76
-24,00	21,00	5,69	4,36
-22,50	22,50	5,00	5,00
-21,00	24,00	4,36	5,69
-19,50	25,50	3,76	6,42
-18,00	27,00	3,20	7,20
-16,50	28,50	2,69	8,02
-15,00	30,00	2,22	8,89
-13,50	33,00	1,80	10,76
-12,00	34,50	1,42	11,76
-10,50	36,00	1,09	12,80
-9,00	37,50	0,80	13,89
-7,50	39,00	0,56	15,02
-6,00	40,50	0,36	16,20
-4,50	42,00	0,20	17,42
-3,00	43,50	0,09	18,69
-1,50	45,00	0,02	20,00

**Şekil 2.** Parabolik oluk tipi kolektörün odak noktası  
(The focal point of the parabolic trough-type collector)

Kesiti parabolik olan oluk kolektörün iç kısmındaki yansıtıcı yüzey, güneş ışınlarını kolektörün odak eksenine üstünde konumlandırılmış alıcı boruda yoğunlaştırmaktadır (Şekil 3). Yansıtıcının odak noktası hesaplamalarından sonra; polietilen malzeme üzerinde koordinat noktaları (Tablo 1) işaretlenerek aynanın yerleştirileceği iskelet parçaları oluşturulmuştur. Yansıtıcı tutucusu olarak 1,5 mm' lik galvanizli sac kullanılmıştır. Yansıtıcı yüzey, galvanizli sac ve polietilen malzemeye cıvata ile rijit bir şekilde monte edilmiştir.

Güneş alıcısını; çelik boru, cam kılıf ve silikon conta oluşturmaktadır (Şekil 4). 3/4" çapındaki çelik boru, alıcı boru olarak kullanılmıştır. Çelik boru, kuşlama işleminden sonra güneş enerjisi sistemlerinde kullanılan; sıcaklığa dayanıklı, siyah mat boya ile boyanmıştır. 4,7 cm çapında cam boru, 2,7 cm çapındaki alıcı boru ile eş merkezli olarak yerleştirilmiştir. Bu sayede çevreye olan ısı kayıpları azaltılmıştır. Cam boru ile alıcı boru arasındaki hava, vakum pompası vasıtasıyla tahliye edilmiştir. Eş merkezli boruların arasında, bağlantı noktasında; cam kılıfın zarar görmemesi ve iki boru arasındaki vakumun kaybedilmemesi için silikon conta kullanılmıştır. Aynı şekilde ikinci parabolik oluk tipi kolektör imal edilerek, kolektörlerin ve deponun tesisat bağlantıları gerçekleştirilmiştir.

**Şekil 3.** Parabolik oluk kolektör açıları ve kolektöre gelen güneş ışınlarının alıcı boruda odaklanması  
(Parabolic trough collector angles and focus of incoming solar radiation on the receiver tube of incoming solar radiation to collector)



Şekil 4. Alıcı boru detayı (Thereceiverpipedetails)

Depolama tankında bulunan su, alıcı boruya pompalanıp kollektör sayesinde ısıtılarak depolama tankına geri dönmektedir. Hazırlanan parabolik oluk güneş kollektör sisteminin özellikleri Tablo 2’de verilmiştir. Sistemin genel görünümü ise Şekil 5’de sunulmuştur.

Kollektörlerin hareket sistemi kuzey/güney yönünde, yüksekliği ayarlanabilen bir mekanizma sayesinde

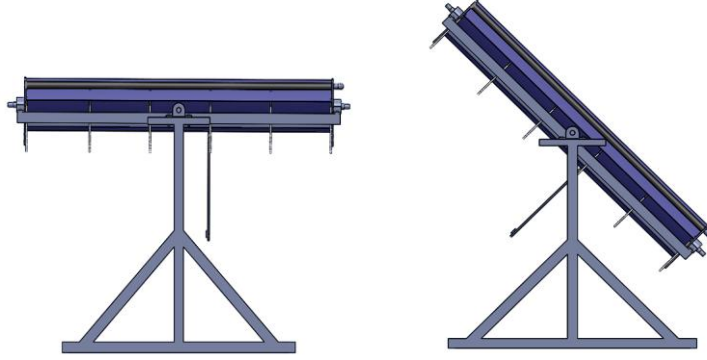
sağlanırken (Şekil 6); doğu/batı yönündeki güneş takibi kollektörlerin iskelet sistemine yatakları olduğu noktalarda manuel olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 7). İki kollektör arasında, gölgeleme faktörü göz önüne alınarak; gölgeleme yapmasına engel olmak için gereken boşluk (25 cm) bırakılmıştır. Deneyler saat 09:00-16:00 arasında gerçekleştirilmiştir ve bu saat aralığında kollektörlerde gölgeleme meydana gelmemiştir.

Tablo 2. Parabolik oluk kollektör sistem özellikleri  
(Parabolictroughcollectorsystems specifications)

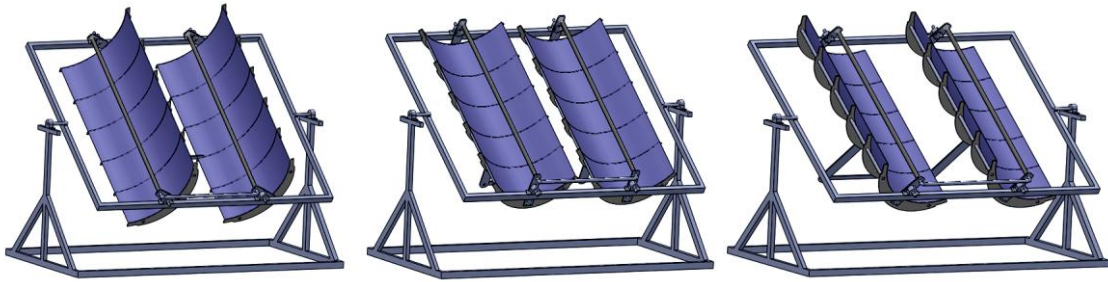
Kollektör Açıklığı	0,9 m
Kollektör Uzunluğu	2 m
Kenar Açısı (Qr)	83°
Odak Mesafesi	25,313 cm
Alıcı Boru Çapı	2,7 cm
Cam Kılıf Çapı	4,7 cm
Su akış Değeri	80 l/h
Depolama Tankı Kapasitesi	30 l



Şekil 5. İmalatı yapılan parabolik oluk tipi güneş kollektörünün görünüşü  
(View of the manufactured parabolictrough-type solar collector)



**Şekil 6.** İmal edilen kolektörün kuzey- güney doğrultusunda hareket kabiliyeti  
(Manufactured solar collector's movement capability of north-south direction)



**Şekil 7.** İmal edilen kolektörün doğu-batı doğrultusunda hareket kabiliyeti  
(Manufactured solar collector's movement capability of east- west direction)

Sistem, 30 litre hacminde bir depo ve bir sirkülasyon pompası içermektedir. Su debisi ölçümü debimetre ile sağlanmıştır. Cam tüplü paslanmaz çelik şamandıralı debimetre, sıvı için 25-250 ml/min ölçüm aralığına ve % 1 hassasiyete sahiptir. İmal edilen parabolik oluk kolektörlerin giriş - çıkış sıcaklıkları ile depo sıcaklığı sıcaklık algılayıcı proplar sayesinde deney boyunca ölçülmüştür. Sıcaklığın okunmasında testo marka 176 T4- 4 kanallı sıcaklık veri kayıt cihazı (data-logger) kullanılmış, Cu-CuNitermokuplproplarla 4 farklı noktadan paralel sıcaklık ölçümü gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, kolektör giriş ve çıkış sıcaklıkları ile depo sıcaklığını ölçmek için kullanılan daldırma tip su geçirmez propların ölçüm aralığı -200...+400°C'dir. Propların hassasiyeti, ölçüm aralığı -200...-100,1°C ise  $\pm 1\%$ , -100...+70 °C ise  $\pm 0,3$ , +70,1...+1000°C ise  $\pm 0,5\%$ 'dir.

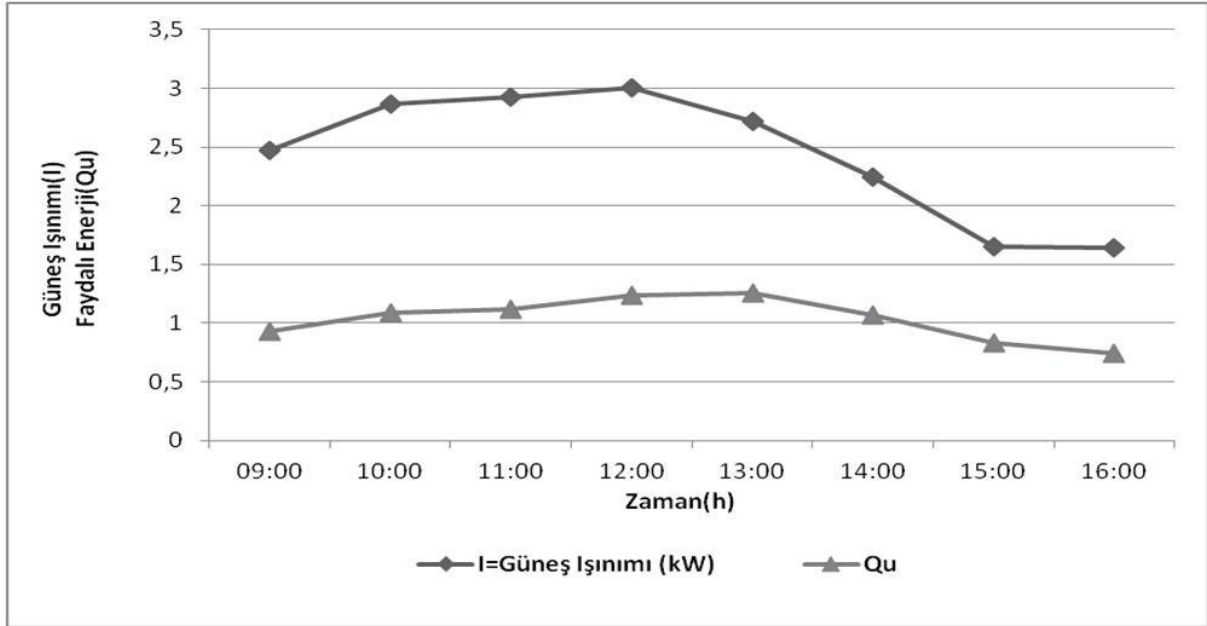
Deneyin gerçekleştirildiği Tarsus ilçesi, 36° 54' Kuzey enlemi ve 34° 58' Doğu boylamı arasında yer almaktadır. Çevre sıcaklığı, güneş ışınım şiddeti, rüzgâr hızı, günlük toplam güneşlenme süresi ve nem parametreleri meteoroloji istasyonundan elde edilmiştir. Deney sürecinde, ortalama sıcaklık; 33 °C ve ortalama güneş ışınımı; 2,43kW, günlük toplam güneşlenme süresi 12 saattir.

### 3. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA (EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION)

Tasarımı ve imalatı yapılan kolektörün ısıl performansı, bir gün boyunca (31.08.2012 tarihinde), Tarsus iklim şartlarında deneysel olarak incelenmiştir. Sistem performansı ve kolektör verimliliği, ortam sıcaklığı ve su giriş-çıkış sıcaklıkları kullanılarak güneş ışınımının farklı değerleri için belirlenmiştir [13,14]. Kolektör veriminin hesaplanmasında eşitlik (2) kullanılmıştır.

$$\eta = \frac{Qu}{I \times Aa} = \frac{m \times Cp \times (Tç - Tg)}{I \times Aa} \quad (2)$$

Deneye saat 09:00'da başlanmış ve başlangıç anında depo suyu sıcaklığı 30 °C olarak ölçülmüştür. Bir saat sonunda depo suyu sıcaklığı 39,3 °C'ye ulaşmıştır. Su sıcaklığı zamanla artmış ve saat 16:00'da 98 °C'ye ulaşmıştır. Şekil 8'de güneşten elde edilen ışınım miktarı ve toplamda 3,6 m<sup>2</sup>'lik kolektör açıklık alanına sahip sistemde bu ışınım değerinin ne kadarının faydalı enerji olarak kullanılabilirdiği (Qu) gösterilmektedir. Güneş ışınımı saat 12:00'de maksimum (3 kW) değerine ulaşmıştır. Kullanılabilir ısı kazancı (faydalı enerji) artışı da en yüksek değerine saat 12:00'de (1,23 kW) erişmiştir. Bu durum göstermektedir ki; güneş ışınımı, kullanılabilir ısı kazancını etkilemektedir.

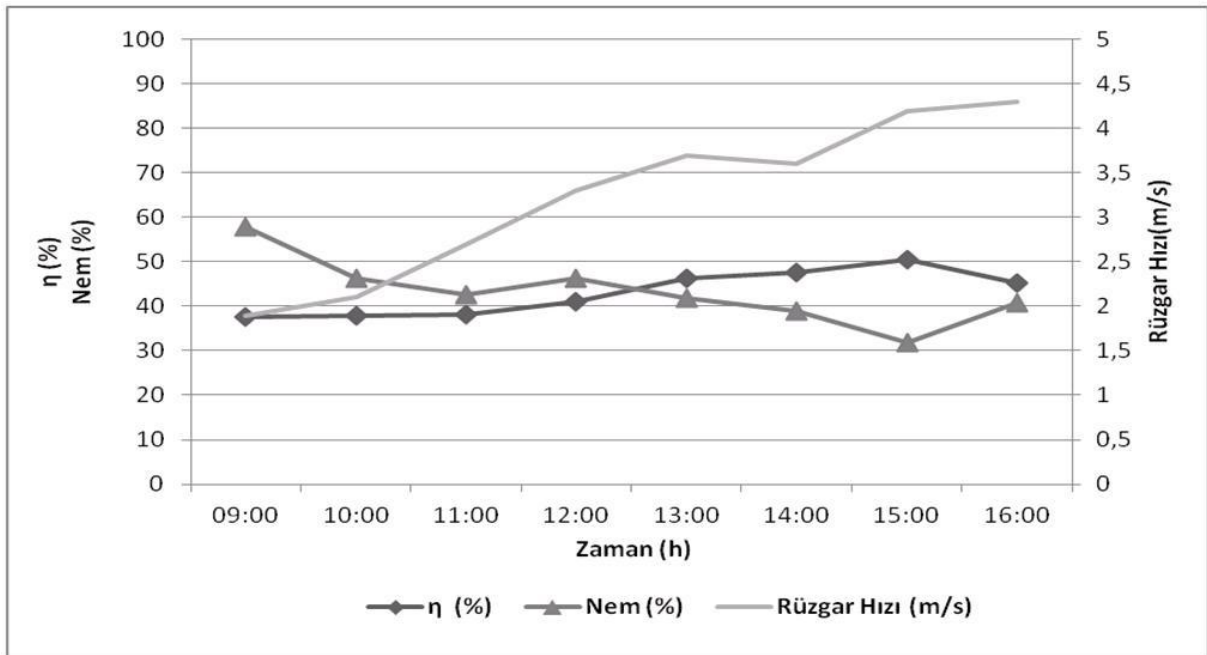


Şekil 8. Güneş ışınımı ve faydalı enerji miktarının zamana bağlı değişimi  
(Time-dependent variation of solar radiation and useful energy)

Şekil 9'da nem, eşitlik (2) kullanılarak elde edilen verim değerleri ve rüzgâr hızının zamana bağlı değişimi birlikte gösterilmiştir. Sistemde ölçülen maksimum verim değeri saat 15:00'de % 50,60 minimum verim değeri ise saat 09:00'da % 37,59 olarak elde edilmiştir. Ortalama verim değeri de % 43,03 olarak hesaplanmıştır. Burada, rüzgâr hızının verimi etkilediği; rüzgâr hızının azaldığı noktalarda verimde artış meydana geldiği görülmektedir. Rüzgârın artması, taşınım ile olan ısı transferini artırdığı için verimi olumsuz yönde etkilemektedir. Deneye başlanıldığı saatte, nem miktarında azalma

meydana gelmeye başlamış, bu azalma deney süresince devam ederek verimi olumlu yönde etkilemiştir.

Şekil 10'da saatlik güneş ışınımı değişimi ve parabolik kollektörlerin giriş-çıkış ve depo sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi görülmektedir.  $T_1$ ; 1. kollektör giriş sıcaklığı,  $T_2$ ; 1. kollektör çıkış sıcaklığı,  $T_3$ ; 2. kollektör çıkış sıcaklığı ve  $T_4$ ; depo suyu sıcaklığını göstermektedir. Işınım miktarı öğle saatlerine kadar artmış ve sonrasında azalmıştır. Sistem kapalı devre olarak çalıştığından; elde edilen



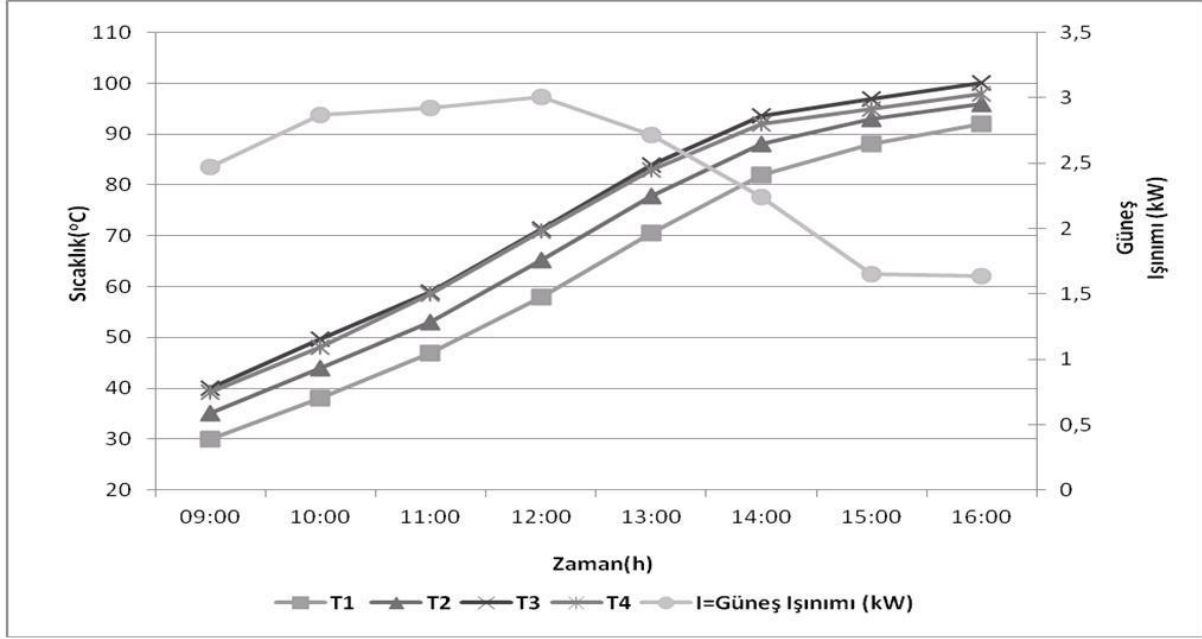
Şekil 9. Verim, nem ve rüzgâr hızının zamana bağlı değişimi  
(Time-dependent variation of efficiency, humidity and wind)



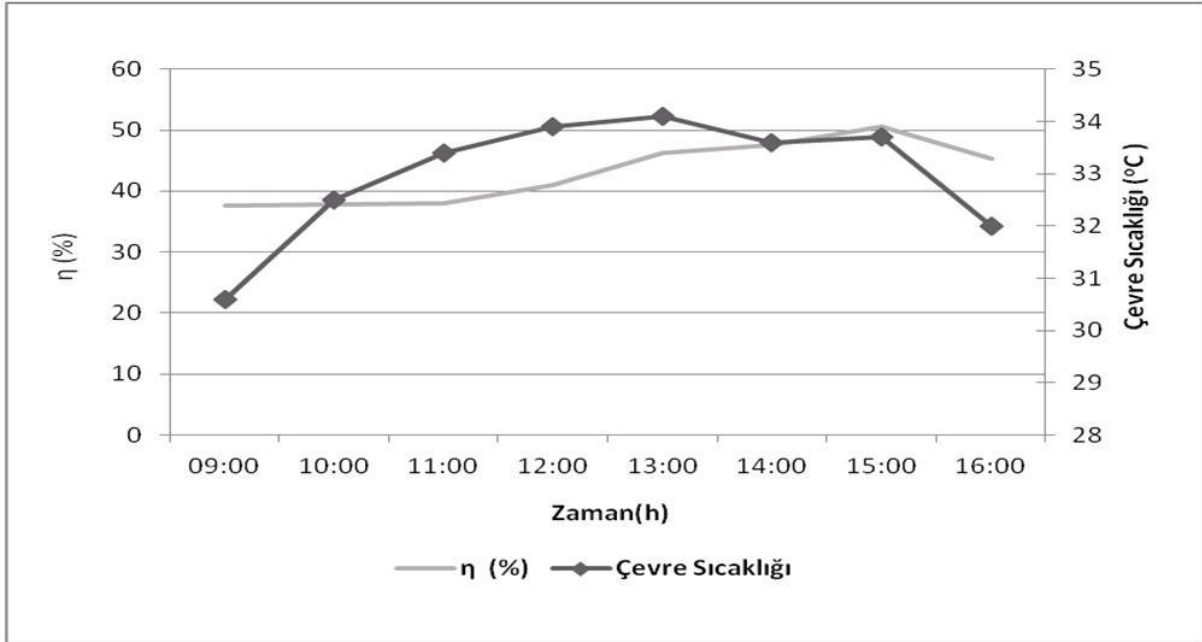
sıcaklıklar, çevre sıcaklığının ve güneş ışınımının etkisi ile artış göstermektedir. En yüksek sıcaklıklar  $T_3$  noktasında yapılan ölçümlerde elde edilmiş, her çevrimde depo suyuna ısı aktarılırken yaklaşık  $2^\circ\text{C}$  kayıp yaşanmıştır. Bunun nedeni deponun yalıtılmaması ve yüksek sıcaklıktaki su ile daha düşük sıcaklıktaki suyun birbirine karışması esnasında yaşanan, rüzgârın da etkisi ile gerçekleşen ısı

kayıplarıdır. Bu, gerçekleşmesi beklenen bir durumdur.

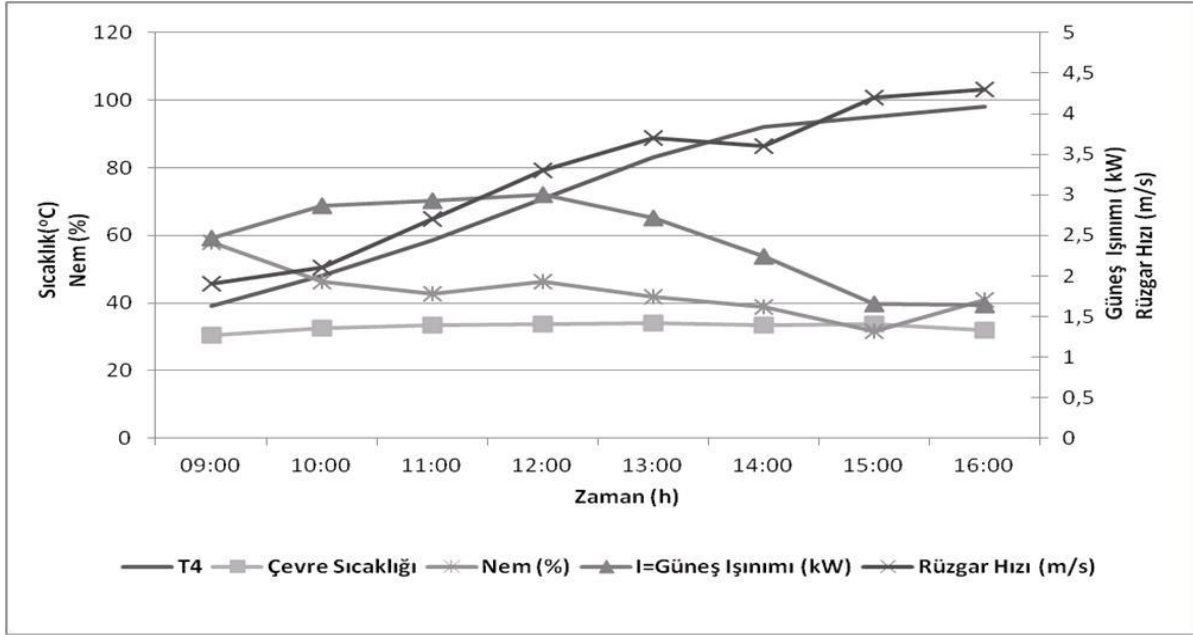
Çevre sıcaklığı, deney başlangıcında  $30,6^\circ\text{C}$ ; deney bitişinde ise  $32^\circ\text{C}$  iken, deney süresince ortalama  $33^\circ\text{C}$  olmuştur. Çevre sıcaklığının başlangıç değerinin altına düşmeyerek, birbirine yakın seyretmesi, verimin beklendiği gibi yükselmesini sağlamıştır (Şekil 11).



Şekil 10. Parabolik kolektör ile elde edilen sıcaklıkların ve ışınımın zamana bağlı değişimi  
(Time-dependent variation of radiation and the temperature obtained by the parabolic collector)



Şekil 11. Parabolik kolektör verimi ve çevre sıcaklığının zamana bağlı değişimi  
(Time-dependent variation of parabolic collector efficiency and ambient temperature)



Şekil 12. Parabolik kolektör ile elde edilen depo sıcaklığının değişimi  
(Storage temperature variation obtained by the parabolic collector)

Kolektörler ile elde edilen sıcaklıklar ölçülmüş; saat 9:00'da 30 °C su sıcaklığı ile deneye başlanmış, bir saat sonunda depo suyu sıcaklığı ( $T_4$ ) 39,3 °C'ye; saat 16:00'da ise 98 °C'ye ulaşmıştır (Şekil 12). Yapılan benzeri çalışmalar incelendiğinde: Kalagirou ve ark. (1997), buhar üretimi için parabolik oluk kolektörlerinde bir modelleme programı kullanmışlar analiz sonuçlarında güneş ışınımının % 48,9'unu buhar üretimi için kullanabilmişlerdir [15]. ValanArasu ve Sornakumar (2006), sıcak su üretme amaçlı yaptıkları; 90 °C'lik ağız açısına sahip, parabolik kolektör ile saat 09:30- 16:00 arasında 35 °C'den 78,84 °C sıcaklığa ulaşmışlardır [16]. Çetiner ve ark. (2011), 54 m<sup>2</sup> ayna alanına sahip, ikiz silindirik oluk tipi yoğunlaştırıcı ile saat 09:00–17:00 arasında % 30 ile % 38 arasında bir verim elde etmiştir [17]. Benzeri çalışmaların sonuçları ile yapılan karşılaştırma göstermektedir ki; imal edilen sistem hem ulaşılan sıcaklık açısından hem de verimliliği açısından, bu sistemler kadar üstün performanslıdır.

#### 4.SONUÇLAR (CONCLUSION)

Bu çalışmada, parabolik oluk tipi güneş kolektörü imal edilmiş ve performansı bir gün boyunca, gözlemlenmiştir. Kolektörler ile elde edilen sıcaklıklar ölçülmüş; saat 9:00'da 30 °C ile başlanılan depo suyu sıcaklığı saat 16:00'da 98°C'ye ulaşmıştır. Deney süresince ortalama çevre sıcaklığı; 33°C ve ortalama güneş ışınımı; 2,43 kW, günlük toplam güneşlenme süresi 12 saat, günlük ortalama nispi nem % 58,9'dur. Kullanılabilir ısı kazancı ( $Q_u$ ); kolektör verimi ( $\eta$ ), kolektör sıcaklıkları ( $T_1, T_2, T_3$ ), depo suyu sıcaklığı ( $T_4$ ) değerlendirilmiştir. Tüm bu parametrelerin güçlü bir güneş ışınımından etkilendiği, ışınım, çevre sıcaklığına, rüzgâr hızına

ve neme bağlı olarak kolektör ve depo sıcaklık değerlerinin değiştiği görülmüştür. Sistem ortalamada % 43,03 verim değerine, maksimum düzeyde ise % 50,60 verim değerine ulaşmıştır. Sistem, güneş enerjisini kullandığı için çevreye duyarlı olup, imalatı açısından pratik; malzemelerinin temini açısından ulaşılabilir; yoğunlaştırma esası ile çalıştığı için yaygın kullanımdaki düzlemsel kolektörlerden daha verimli bir sistemdir.

#### SEMBOLLER (SYMBOLS)

$T_c$	Akışkanın çıkış sıcaklığı [°C]
$I$	Anlık direkt ışınım [W/m <sup>2</sup> , kW]
$T_g$	Akışkanın giriş sıcaklığı [°C]
$m$	Akışkanın kütleli debisi [kg/s]
$C_p$	Akışkanın özgül ısı [kJ/kg °C]
$Q_r$	Kenar Açısı [°C]
$A_a$	Kolektör açıklık alanı [m <sup>2</sup> ]
$\eta$	Kolektör verimi
$Q_u$	Kullanılabilir ısı kazancı
$f$	Odak noktası
$T_1$	1.Parabolik oluk kolektör giriş sıcaklığı [°C]
$T_2$	1.Parabolik oluk kolektör çıkış sıcaklığı [°C]
$T_3$	2.Parabolik oluk kolektör çıkış sıcaklığı [°C]
$T_4$	Parabolik oluk kolektör depo sıcaklığı [°C]
$x$	x eksenine olan uzaklık [cm]
$y$	y eksenine olan uzaklık [cm]

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Dinçer, F., "Türkiye'de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi Potansiyeli - Ekonomik Analizi ve AB Ülkeleri ile Karşılaştırmalı Değerlendirme", **KSU. Journal of Engineering Sciences**, 14(1), 2011.



2. Derbentli T., “Dünyanın ve Türkiye’nin Enerji Durumu Üzerine Bir Değerlendirme”, **2.Anadolu Enerji Sempozyumu**, 2-4 Mayıs Diyarbakır, 2013.
3. Türkes, M., Sümer, U.M. ve Çetiner, G. ‘**Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri**’, Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası), 7-24, 2000.
4. Öz, E.S., Menlik T., Aktaş M., “ Güneş Enerjisi Sistemlerinde Kanatçık Kullanımının Verime Etkisinin Deneysel İncelenmesi” **Politeknik Dergisi**, Cilt: 7 Sayı: 3, 217-221, 2004.
5. Sevim, C., “Geçmişten Günümüze Enerji Güvenliği Ve Paradigma Değişimleri”,**Stratejik Araştırmalar Dergisi**, Sayı 13, 2009.
6. Khilef, M., Saidur S., Safari A., “A Review On Solar Energy Use In Industries”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Cilt No 15, 177-1790, 2011.
7. Kalogirou, S.A., “Solar Thermal Collectors And Applications”, **Progress in Energy and Combustion Science**, Cilt No 30, 231–295, 2004.
8. Öztürk, K., “Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye’ye Olası Etkileri”, G.Ü. **Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi**, Cilt 22, Sayı 1, 47-65, 2002.
9. R.saidur, G. Boroumandjazi, S. Mekhlief, M. Jameel, “Exergy Analysis Of Solar Energy Applications”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Cilt no 16, sayı 1, 350-356, 2012.
10. Kacan E, Ulgen K., “Effect of Collector Slope and Orientation on Solar Energy Utilization”, **Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, Cilt 27:4, 837-846, 2012.
11. Çıtıroğlu, A., “Güneş Enerjisinden Yararlanarak Elektrik Üretimi”, **Mühendis ve Makine**, Sayı 485, 32-37, 2000.
12. Tian T., Zhao C.Y., “A Review Of Solar Collectors And Thermal Energy Storage In Solar Thermal Applications”, **Applied Energy**, 104, 538-553, 2013.
13. Türkoğrul, İ., Pehlivan, D., “Konik Yoğunlaştırılmalı Bir Güneş Enerjili Hava Isıtıcının Verimine Farklı Absorber Yüzey Kullanımının Etkisi”, **Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi**, 22(2), 47-53, 2002.
14. Kartal Y., “**Parabolik Yansıtıcı Yüzeyle Yoğunlaştırıcı Güneş Kolektörü Tasarımı**”, YL Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
15. Kalogirou S., Lloyd S., Ward J., Modelling, Optimisation And Performance Evaluation Of A Parabolic Trough Solar Collector Steam Generation System, **Solar Energy**, Cilt 60, No. 1, 49-59, 1997.
16. Valan Arasu, A., Sornakumar, S.T., “Performance Characteristics Of Solar Parabolic Trough Collector With Hot Water Generation System”, **Thermal Science**, Cilt 10, Sayı 2, 167-174, 2006.
17. Çetiner C., Halıcı F., Çaçur H., “İkiz Silindirik Oluk Tipli Güneş Enerjisi Yoğunlaştırıcısında Kızgın Su Üretiminin Deneysel Ve Teorik İncelenmesi”, **Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi**, 31, 2, 87-94, 2011.

