

# HAVALI GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİNDE FARKLI TİP EMİCİ PLAKALARIN PERFORMANSA OLAN ETKİSİ

**Engin GEDİK, Ali KEÇEBAŞ\* ve Etem Sait ÖZ**

Makine Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Karabük Üniversitesi, 78200 Karabük

\*Makine Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon

[egedik@karabuk.edu.tr](mailto:egedik@karabuk.edu.tr), [akecebas1980@hotmail.com](mailto:akecebas1980@hotmail.com), [esoz52@hotmail.com](mailto:esoz52@hotmail.com)

(Geliş/Received: 07.05.2007 ; Kabul/Accepted: 12.08.2008)

## ÖZET

Çalışmada, Model I (zigzaglı emici yüzeye sahip) ve Model II (düz emici yüzeye sahip) olarak adlandırılan iki farklı havalı tip güneş kolektörü imal edilip deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler Karabük şartlarında Ağustos ve Eylül aylarında saat 10.00 ile 17.00 zaman dilimleri arasında toplam 5 günde yapılmıştır. Deneylerden elde edilen ölçüm değerlerine göre kolektörlerin enerji ve ekserji verimleri hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda Model II kolektörünün enerji ve ekserji verimleri Model I kolektörüne göre daha büyük olduğu görülmüştür. Model II kolektörünün enerji ve ekserji verimleri % 46,5 ve % 1.35 olurken Model I'in verimleri ise %32,72 ve % 1.13 olmuştur.

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

## EFFECT TO THE PERFORMANCE OF DIFFERENT TYPE ABSORBER PLATES ON THE SOLAR AIR COLLECTORS

### ABSTRACT

In this study, two different types of solar air collectors, zigzagged absorber surface type and flat absorber surface type called Model I and Model II respectively, have been constructed and examined experimentally. Experiments were made between 10.00–17.00 hours of August and September under Karabük conditions and tests were carried out for five days. Energy and exergy performances have been computed using the experimental data. At the end of the study, it showed that energy and exergy performances of the Model II solar air collector were better than Model I solar air collector. While energy and exergy performances of the Model II solar air collector was %46,5 and %1,35, Model I solar air collector performance was %32,72 and %1,35.

**Keywords:** Solar Energy, solar air collector, performance.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Teknoloji ve sanayinin gelişmesi ile ülkelerin artan enerji ihtiyacı, yaygın bir şekilde kullanılmakta olan fosil yakıtların olumsuzluklarını da ortadan kaldıracak nitelikte olan yenilenebilir enerji kaynakları üzerindeki çalışmaların hızlanmasını gerektirmiştir. Günümüz teknolojisiyle kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları, rüzgar, akarsu, güneş, jeotermal, biomas ve nükleer enerji olarak sıralanabilir. Bunlar içerisinde en çok sonsuz ısı ve ışık kaynağı olan güneş enerjisinden, seraların ve binaların ısıtılması, elektrik üretimi ve konutların sıcak su ihtiyacını karşılamak amacıyla

faaydalanılmaktadır [1]. Çevre kirliliğine sebep olmaması ve karşılığında hiçbir ücret ödenmemesi, güneş enerjisine duyulan ilgiyi artıran faktörlerdir. Ayrıca dünyada kullanılan toplam enerjinin yaklaşık % 50 'sinin 100 °C veya daha düşük sıcaklıklarda kullanılması ve mevcut teknoloji ile güneş enerjisini kullanarak bu sıcaklıklardaki uygulamaların mümkün olması, güneş enerjisine yönelmenin bir diğer önemli sebebidir [2]. Havalı tip güneş kolektörleri üzerine yapılan çalışmalar genellikle seraların ve binaların ısıtılması ile tarımsal ürünlerin kurutulması yönünde olmuştur. Özellikle tasarlanan kolektör tiplerinde kolektör içerisinde hava akışının nasıl olacağını belirlenmesine yönelik çalışmalar ve en iyi

performansı veren kolektör tasarımları üzerinde durulmuştur.

Koyuncu (2005), ürün kurutma uygulamaları için güneşsel hava ısıtıcılarında farklı tasarımların performansı” adlı çalışmada; altı farklı model tasarlayarak güneş enerjisinin kurutma sistemleri için havalı düz yüzeyli güneş kolektörlerine dayandığını belirtmiştir [3]. Ho ve diğerleri (2005), güneşsel hava ısıtıcılarında ısı transferini artırıcı yönde yaptıkları çalışmada yeniden çevrime sokulan düz plaka güneşsel hava ısıtıcısında çift geçişli kanal içinde bir emici plakaya eklenen bir aracı teorik ve deneysel olarak araştırmışlardır. Isı transferindeki önemli artış tek geçişli kanallardan veya aynı debili klasik çift geçişli ısıtıcı yerine yeniden çevrime sokulan çift geçişli kanallar kullanılmasıyla elde edilebileceğini ortaya koymuşlardır [4]. El-Sebaai ve diğerleri (2000), güneş enerjisi ile kurutma uygulamalarında, ısı depolamalı ve ısı depolamasız havalı güneş kolektörleri üzerinde çalışmışlardır. Deneysel ve teorik sonuçlar ile düz plaka havalı kolektörlerin ısı performansını hesaplamışlardır [5]. Hachemi (1999), seçici ve seçici olmayan emici plakalı havalı güneş kolektörlerinin termal performanslarının karşılaştırılmasını yapmıştır. Seçici olmayan emici olarak herhangi bir siyah boyalı plakanın kullanımı düşük maliyetle yüksek verimlilik elde etmeye imkân verdiğini belirtmiştir [6]. Durmuş ve Kurtbaş (2001), yaptıkları çalışmada, Elazığ yöresinde yetişen kayısıların, bölge şartları altında havalı güneş kolektörü ile kurutma işlemini deneysel olarak incelemişlerdir [7]. Doğan (2001), çalışmada; dört ayrı tip hava ısıtmalı güneş kolektörüyle deneysel çalışma yaparak, verimleri ve kurutmaya olan etkilerini karşılaştırmıştır [8]. Sugözü ve Sarsılmaz (2006), havalı güneş kolektörü ile iç ortam ısıtılmasının deneysel olarak araştırılmasını incelemişlerdir. Sonuç olarak yaptıkları sistemle, günlük ışıma göre odanın iç ortam sıcaklığı 5 °C ve 20 °C arasında arttığı gözlemlenmiştir [9]. Ucar ve Inallı (2006), pasif artırma teknikleri ile havalı güneş kolektörlerinin termal ve exerji analizleri üzerinde deneysel çalışmalar yapmışlardır [10]. Fidan (2003), çalışmada; yeni bir havalı kolektör tasarlanarak Diyarbakır iklim şartlarında karpuz çekirdeğinin kurutulması araştırmıştır [11]. Kırbas (2006), çalışmada; labirentli tip hava ısıtmalı güneş kolektörünün verimi deneysel olarak tespit edilmiştir. Kolektör üç değişik hava debisinde farklı gün ve sıcaklık koşullarında denenmiştir. Deney sonuçlarına göre yüksek hava hızlarında kolektör veriminin arttığı gözlenmiştir [12].

Bu çalışmada, farklı biçimde tasarlanmış iki havalı tip güneş kolektörünün performansları Karabük şartlarında deneysel olarak mukayese edilmiştir. Tasarlanan kolektörler ile seraların ısıtma havasının temini, tarımsal ürünlerin kurutulması düşünülerek, kolektörlerden elde edilen enerjinin depolardaki suya

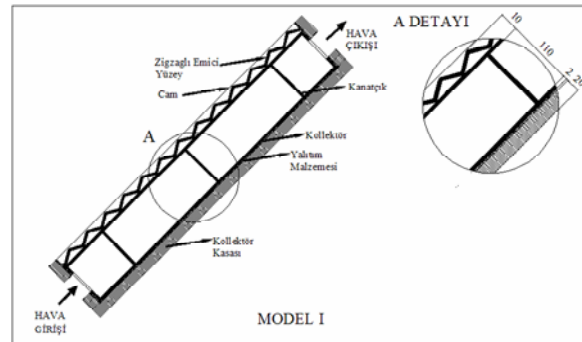
aktarılması suretiyle en iyi verimi veren kolektör tipinin bulunması amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik değişik tipte havalı güneş kolektörleriyle ilgili dünya ve Türkiye’deki çeşitli araştırmalar incelenmiştir [13-20]. Elde edilen bilgiler doğrultusunda deneyler yapılmış ve tasarlanan havalı kolektörlerin enerji ve ekserji verimleri hesaplanarak, Karabük şartlarında en uygun kolektör tipi belirlenmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

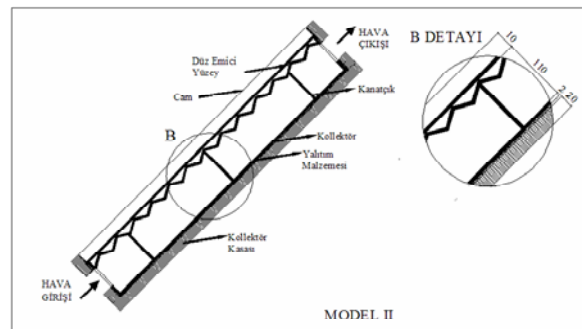
### 2.1. Kolektör Tasarımı (Collector design)

Yapılan çalışmada, Model I ve Model II olarak adlandırılan iki farklı havalı güneş kolektörü tasarlanmış ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan ve imalatı yapılan her iki kolektör için aynı özellikte malzemeler kullanılmıştır. Model I tipindeki havalı kolektör; Şekil 1’de gösterildiği gibi, Model II tipindeki havalı kolektör ise; Şekil 2’de gösterildiği gibi tasarlanarak imal edilmiştir. Her iki tip kolektörde emici plaka mat siyah boya ile boyanmıştır. Kolektörlerle ilgili teknik özellikler Tablo 1’de verilmiştir.

Şekil 3’te görüldüğü gibi imalatı yapılan kolektörlerde; emici plaka yüzeyine gelen güneş ışınım şiddetinin oluşturduğu ısı, kolektör iç ortamına aktarılır. Kolektörde ısınan hava, fan yardımıyla Şekil 4’te gösterildiği gibi davlumbaz şeklinde tasarlanmış kutu içerisinde bulunan eşanjöre çarparak ısıyı bırakır ve hava kanalları vasıtasıyla, sistemde kapalı



Şekil 1. Model I havalı güneş kolektörünün kesit görünüşü. (Cross section view of air solar collector Model I)



Şekil 2. Model II havalı güneş kolektörünün kesit görünüşü. (Cross section view of air solar collector Model II)

**Tablo 1.** Kolektörlerin teknik özellikleri (Technical properties of collector)

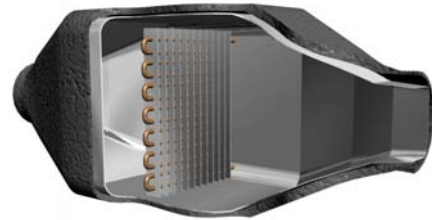
Sistem Elemanları	Teknik Özellikleri
Kolektörler	700x500x110 mm ebatlarında 1mm kalınlığındaki sacdan yapılmıştır. Hava giriş çıkış kanalları hariç bütün kenarları kaynak yapılarak hava sızıntısı olmayacak bir biçimde birleştirilmiştir. Her iki kolektörün iç kısımlarında, havanın hızını düşürmek ve yüzey alanını arttırmak amacıyla 350 x 110 mm boyutunda kanatçıklar yerleştirilmiştir.
Yalıtım	Kolektör ile kolektör kasası arasındaki yan ve alt yüzeylerde oluşan ısı kayıplarını azaltmak amacıyla, 2 mm kalınlığında strafor ile yalıtım yapılmıştır.
Yutucu Yüzey	Güneş ışınımını yutarak ısıyı iç hacme aktaran yutucu yüzey Model I ve Model II olmak üzere iki farklı şekilde imal edilmiştir. Model I’de güneş ışınımını gören yüzey zigzag şeklinde, kolektör içindeki havanın yalayıp geçtiği yüzey düz plaka şeklindedir. Model II’de ise güneş ışınımını gören kısım düz olup, kolektör iç ortamındaki havanın yalayıp geçtiği yüzey zigzag şeklindedir. Her iki emici plaka 1 mm’lik sacdan siyah mat boya ile boyanarak imal edilmiştir.
Hava Kanalları	Sistemde havanın dolaşımını sağlayan kanallar, 110 mm çapında toplam 6 metre uzunluğunda esnek borulardan oluşmaktadır. Kanallar dıştan 2 mm kalınlığında strafor ile yalıtılmıştır.
Saydam Örtü	5 mm kalınlığında cam malzemeden yapılmıştır.
Fan	Sistemde istenilen hız ve debide hava akışını sağlamak için her iki kolektör girişine 0.015 kW gücünde fan yerleştirilmiştir.
Eşanjör	8 mm lik bakır borulardan yapılarak alüminyum kanatçıklarla sabitlenmiştir. Suyun tabii dolaşımı sağlanabilmesi amacı ile Şekil 3. de gösterildiği gibi sisteme yerleştirilmiştir.
Su Deposu	İki adet 22 litre hacme sahip galvanizli sacdan silindirik olarak yapılmış depolar kullanılmıştır. Depolar yalıtım malzemesi ile yalıtılmıştır.

**Şekil 3.** İmalatı yapılan havalı güneş kolektörleri (Air solar collectors manufactured)

çevrim olarak dolaşır. Kolektör içerisinde bulunan kanatçıklar havanın hareketine yön verip, havanın kolektörden çıkışı bir miktar geciktirilerek ısı artışı meydana getirilir. Eşanjöre çarpan hava, ısısını eşanjör içinde tabii dolaşımli olarak sirkülasyonu sağlanan suya aktararak, depolardaki suyun ısınmasını sağlar.

## 2.2. Deneyleler (Experiments)

Deneyleler Karabük şartlarında (41.12° enlem 32.38

**Şekil 4.** Eşanjör (Heat exchanger)

boylam) Ağustos ve Eylül aylarında yapılarak toplam 5 günde tamamlanmıştır. İmalatı yapılan sistemlerin ışın toplama yüzeyleri, (kolektör) güneşe bakacak şekilde Karabük Üniversitesi TEF. Tesiat Eğitimi Anabilim Dalı bahçesinde yan yana yatayla 40° eğimle yerleştirilmiştir. Deneylelerde sistemler 30 dk boyunca güneşe maruz bırakılmıştır. Sonra sabit hava akımı üflenip ve datalar her saat başı alınmaya başlanmıştır. Deneylelere 09.08.2006 tarihinde deney sahasında hazırlanan sistemlerin, ölçüm alınacak yerlerine ölçüm ekipmanları bağlanarak saat 10.00 itibariyle başlanmış ve akşam 17.00’da sona erdirilmiştir. Deneyleler 2006 Ağustos ayının 9–10–11. günlerinde ve eylül ayının 14. ile 27. günlerinde olmak üzere 5 gün için yapılmıştır. Deneylelerde eşanjör giriş-çıkış (aynı zamanda kolektör çıkış-giriş) sıcaklıkları, depo suyu sıcaklıkları, ortam sıcaklığı, kolektör yüzey sıcaklığı, ışınım şiddetinin değeri ve hava hızı ölçülmüştür.

Sıcaklık ölçümü; Fe-Const. Termokupl malzeme ile 12 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 değerlerin göstergede kalış süresi manüel olarak anahtarın konum değiştirme süresi kadardır. Seçilen kanalın değeri  $\pm$  % 0,25 doğruluktur.

Güneş radyasyon ölçümünde Instruments haemmi messgerate solar 118 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.

Her iki sistemde havanın cebri dolaşımı fanlar ile sağlanmış olup, hava hızı 1.23 m/sn olarak ölçülmüştür. Hava hızı ölçümünde, Netes marka AM-4206M Model 0.5–40 m/sn aralığında  $\pm$  % 2 +0.2m/dak doğrulukta ölçüm yapan anemometre cihazı kullanılmıştır.

### 2.3. Enerji ve Ekserji analizi (Energy and Exergy Analysis)

Kolektörlerden alınan kullanılabilir güneş enerjisinin, kolektöre gelen güneş enerjisine oranı kolektör verimi olarak ifade edilir. Havalı güneş kolektöründe kullanılabilir ısı enerjisi, Termodinamiğin I.kanunu, enerji dengesinden yola çıkarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

Kullanılabilir enerji= Kolektör yüzeyinin emdiği enerji – Çevreye olan ısı kayıpları

Sözel olarak ifade edilen bu enerji dengesi denklemi matematiksel olarak aşağıdaki gibi yazılabilir [21-22].

$$Q_u/A_c = F_R I(\tau\alpha) - F_R U_L (T_i - T_a) \quad (1)$$

eşitlikte;  $T_a$  ortam sıcaklığı olmak üzere, kolektör performansı  $F_R$ ,  $U_L$ ,  $\tau\alpha$  parametreleri ile belirlenir. Bu parametreler kolektör malzemesinin yapısına, akış şartlarına ve kolektör tipine bağlı olarak değişir.  $F_R$  kolektörün ısı transfer kapasitesi,  $U_L$  ısı kayıp katsayısı,  $\tau$  camın güneş ışınımını geçirme oranı,  $\alpha$  Kolektör yüzeyinin absorblaması olarak tarif edilir.

Bu özelliklere göre kolektörün tam verimi aşağıdaki eşitlikte verildiği gibi ifade edilir [21].

$$\eta = Q_u/A_c I = F_R I(\tau\alpha) - F_R U_L (T_i - T_a) I \quad (2)$$

Kolektör veriminin hesaplanmasında kullanılan, kullanılabilir enerji  $Q_u$  aşağıda verilen eşitlikle bulunabilir [21].

$$Q_u = mC_p(T_o - T_i) \quad (3)$$

Burada  $T_i$  ve  $T_o$  sırasıyla kolektör giriş-çıkış sıcaklıklarını göstermektedir. Havalı güneş kolektörlerinde emici yüzeye gelen enerji, iletim ve taşınım yoluyla çalışma akışkanına aktarılmaktadır. Hava kanallarında, sabit debide, fan yardımıyla dolaşan sıcak hava, ısı değiştiricisi sayesinde enerjisini depolardaki suya aktarmaktadır. Dolayısıyla, her iki kolektörde de bütün şartların aynı olduğu göz önünde bulundurularak elde edilen depo suyu sıcaklıkları ile verim hesaplamaları yapılabilir.

Havalı güneş kolektörlerinde  $T_i$  ve  $T_a$ 'nın eşit olduğu durumlarda Denklem 2 kullanılamaz. Bunun yerine anlık verim değerleri hesaplanarak verim eğrisi çıkartılır.

Kolektörün anlık verimi, kullanılabilir enerjinin, birim kolektör yüzey alana gelen güneş ışınım miktarına oranlanarak Eşitlik 4'de gösterildiği gibi hesaplanır [21].

$$\eta = \frac{Q_u}{A_c I_c} \quad (4)$$

Kolektörün anlık verimi; kolektör yapı malzemesine, kolektör tipinin tasarımına, emici plakanın yapısına, camın özelliğine, hava ve deney şartlarına bağlı olarak değişir. Havalı güneş kolektörlerinin verim hesaplamalarında ısı kazanç faktörü ( $F_0$ ) belirlenmesi gerekir. Eşitlik 2 bu parametreye göre yeniden düzenlenirse;

$$\eta = Q_u/A_c = F_0 I(\tau\alpha) - F_R U_L (T_o - T_a) \quad (5)$$

şeklinde ifade edilir [13].

Kolektör performansını belirlemede önemli olan bir diğer parametre kolektör verim faktörünün ( $F'$ ) belirlenmesidir [21].

$$F' U_L = -\frac{mC_p}{AC} \ln\left(1 - \frac{F_R U_L A_c}{mC_p}\right) \quad (6)$$

Ekserji, tersinir bir süreç sonunda çevre ile denge sıcaklığı sağlandığı takdirde teorik olarak elde edilen maksimum iş miktarıdır. Havalı güneş kolektörlerinde Termodinamiğin I. Kanununa göre ekserji denkliği aşağıdaki gibi yazılır [10].

$$\dot{E}_Q - \dot{E}_W = \dot{E}_{mç} - \dot{E}_{mç} + \dot{I} \quad (7)$$

Burada;  $\dot{E}_Q$  kolektör tarafından alınan ekserjiyi,  $\dot{E}_W$  işin ekserjisi,  $\dot{E}_{mç}, \dot{E}_{mç}$  kolektöre giren ve çıkan ekserjiyi ve  $\dot{I}$  sistemden kaybolan ekserjiyi ifade eder.

Denklem sürekli rejim, havayı ideal akışkan, kolektör tek geçişli ve tek çıkışlı kabul edilirse ekserji kaybı

$$\dot{I} = \dot{E}_{\text{mg}} - \dot{E}_{\text{mç}} + \dot{E}_Q \quad (8)$$

şeklinde yazılır [10].

Kolektör tarafından alınan ekserji;

$$\dot{E}_Q = Q \left( \frac{T - T_a}{T} \right) \quad (9)$$

eşitliğiyle ifade edilir [10].

Burada; T kolektöre gelen güneş enerjisi anındaki kolektör yüzey sıcaklığı ve  $T_a$  çevre sıcaklığıdır.

Havalı kolektöre giren ve çıkan ekserji ise;

$$\begin{aligned} \dot{E}_{\text{mg}} &= \sum \dot{m}_g e_g \\ \dot{E}_{\text{mç}} &= \sum \dot{m}_ç e_ç \end{aligned} \quad (10)$$

eşitlikleri ile bulunabilir [10].

Denklem 7’de, giren ve çıkan özgül ekserji

$$\begin{aligned} e_g &= (h_g - h_a) - T_a (s_g - s_a) \\ e_ç &= (h_ç - h_a) - T_a (s_ç - s_a) \end{aligned} \quad (11)$$

olarak yazılır. [10].

Burada;  $\dot{m}_g$ ,  $\dot{m}_ç$  giren ve çıkan havanın kütleli debisi,  $h_g$ ,  $h_ç$ ,  $h_a$  giren, çıkan hava ve çevre şartındaki entalpileri,  $s_g$ ,  $s_ç$ ,  $s_a$  giren, çıkan hava ve çevre şartındaki entropileri ve  $T_a$  çevre sıcaklığını ifade eder.

Faydalı ekserji,

$$\psi = e_g - e_ç = (h_g - h_ç) - T_a (s_ç - s_g) \quad (12)$$

eşitliğinden bulunur [10].

Burada;  $\psi$  faydalı ekserji veya Termodinamiksel ekserji olarak bilinir. Sıcaklığı T ve basıncı P ile belirlenen herhangi bir durum süreci anında çevrenin sıcaklığı  $T_a$  ve  $P_a$  basıncı ile dengede olduğu durum arasındaki ekserjidir.

Buna göre Ekserji kaybı ifadesi,

$$\dot{I} = \dot{m} \psi + Q \left( \frac{T - T_a}{T} \right) \quad (13)$$

şeklinde olur [10].

Bu ifadelerle göre havalı kolektörün Termodinamiğin II Kanuna göre verimi ise;

$$\eta_{II} = \frac{\dot{E}_{\text{mç}} - \dot{E}_{\text{mg}}}{\dot{E}_Q} \quad (14)$$

eşitliğinden bulunabilir [10].

### 3. DENEYSEL SONUÇLAR (EXPERIMENTAL RESULTS)

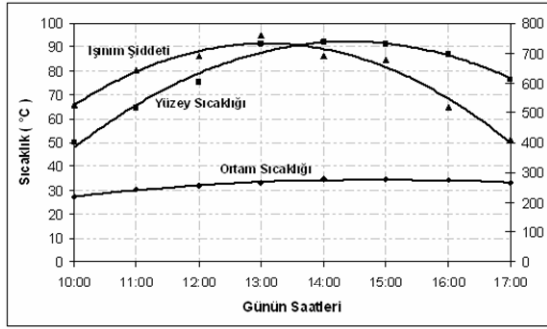
Model I ve Model II olarak farklı şekillerde imalatı yapılan havalı güneş kolektörlerinde hangi tasarımın daha verimli olduğunu tespit etmek amacıyla her iki kolektör aynı şartlar altında, sabit hava debisinde, beş gün süreyle denenmiştir. Yapılan deneyler neticesinde elde edilen veriler kullanılarak kolektörlerin enerji ve ekserji analizleri yapılarak verimleri belirlenmiştir. Tablo 2’de deney günlerini temsilen seçilmiş olan 5 günlük deney sonuçlarının ortalama değerlerini gösteren kolektör giriş sıcaklığı  $T_2$ , kolektör çıkış sıcaklığı  $T_1$ , depo suyu sıcaklıkları  $T_3$ , kolektör yüzey sıcaklıkları  $T_4$ , ortam sıcaklığı  $T_5$ , ışıma şiddeti ve hava hızı değerleri verilmiştir.

**Tablo 2.** Beş günlük deneysel verilerin ortalama değerleri (Mean values of experimental datas for five days)

Günün Sankeri	$T_1$ (°C)		$T_2$ (°C)		$T_3$ (°C)		$T_4$ (°C)		$T_5$ (°C)	$I$ (W/m <sup>2</sup> )	$v$ (m/sm)
	Model I	Model II	Model I	Model II	Model I	Model II	Model I	Model II	Ortam Sıcaklığı	Işıma Şiddeti	Hava Hızı
10	37.9	36.5	37.26	35.8	21.94	21.94	49.82	49.9	27.24	525.4	1.23
11	47.26	47.68	43.24	42.2	25.18	27.42	64.4	64.64	30.42	643	1.23
12	48.74	50.84	45.5	45.48	28.18	31.84	75.02	74.94	31.82	690.4	1.23
13	48.74	50.42	44.2	43.56	33.94	38.44	91.48	91.8	33.14	758.8	1.23
14	47.04	50.7	43.7	46.34	35.08	39.18	92.0	92.0	34.46	521.2	1.23
15	47.12	49.68	44.34	45.7	36.84	41.18	91.52	91.78	34.72	678.4	1.23
16	45.68	47.44	42.52	43.96	37.44	41.84	86.9	87.18	34.14	520.4	1.23
17	45.8	47.14	42.72	43.82	36.02	40.8	76.36	76.42	33.12	410.4	1.22

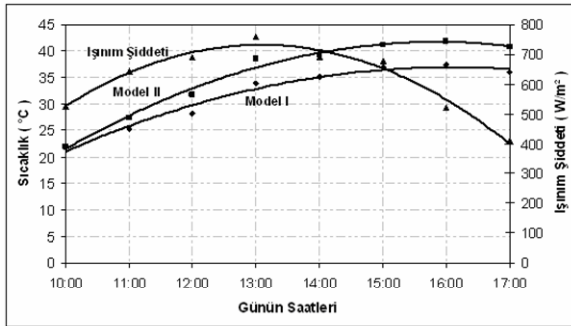
Her iki modelin güneş ışıma şiddeti, kolektör yüzey sıcaklıkları ile ortam sıcaklıklarının zamana bağlı olarak değişimi Şekil 5’te verilmiştir. Şekil 5’de belirtilen değerler 5 günlük deney sonuçlarının ortalaması şeklindedir. Dış ortam sıcaklığı 27- 33 °C arasında değişirken, güneş ışımasını 410–758 W/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Her iki kolektörün yüzey sıcaklıkları ölçülen saatte birbirine eşit olmuştur ve 50-91 °C aralığında değişmektedir. Güneş ışıma şiddetinin artma eğiliminde olduğu öğle saatlerinde her iki model kolektörün yüzey sıcaklıkları artmıştır. Kolektör yüzey sıcaklığının artması sonucu emici plakadan kolektör içerisinde dolaşan havaya ısı iletimi artarak hava sıcaklığının yükselmesine dolayısıyla





**Şekil 5.** Ortam sıcaklığı ve kolektör yüzey sıcaklıklarının değişimi (Exchange of ambient temperature and collector surface temperature)

depolardaki su sıcaklıklarının artmasına sebep olmuştur. Her iki modelde depolardaki ortalama su sıcaklıklarındaki değişim Şekil 6'da gösterilmiştir.



**Şekil 6.** Işınım şiddetine bağlı olarak değişen depo suyu sıcaklıkları (Tank water temperature changes regarding radiation amount)

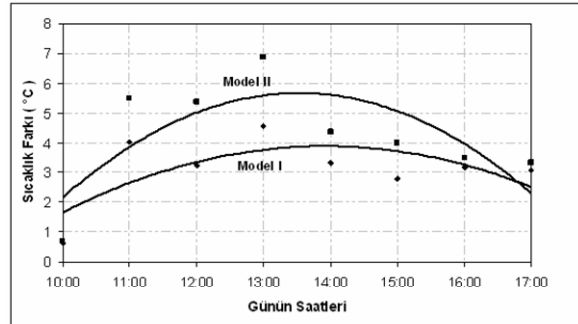
Her iki kolektör modelinin enerji verimlerinin hesaplanması için depo suyu sıcaklıkları önemlidir. Burada Model I, havalı güneş kolektöründeki depo su sıcaklığı 22-36 °C aralığında ve Model II de ise 22-41°C aralığında değişmiştir. Şekil 6'da belirtilen saatler arasındaki süre zarfında ortalama su sıcaklıkları Model I'de 32 °C ve Model II'de ise 36 °C olmuştur. Deneyin yapıldığı bazı günlerde hava durumuna bağlı olarak meydana gelen ışınım şiddetindeki değişimler her iki tip kolektörde de benzer sonuçlar vererek depolardaki su sıcaklıklarının artmasına veya azalmasına neden olmuştur. Deney süresince güneş ışınımının ve güneş yükseklik açısının düşük olduğu sabah saatlerinde, sistemlerin depo suyu sıcaklıklarında çok düşük bir fark olduğu, ancak güneş ışınımı ve güneş yükseklik açısının arttığı öğle saatlerinden sonra ise bu farkın Model 2 havalı güneş kolektörü lehine arttığı gözlenmiştir. Öte yandan güneş ışınım şiddeti değerinin azalma eğiliminde olduğu akşam saatlerine doğru her iki sistemdeki depo suyu sıcaklıklarında herhangi bir azalma söz konusu değildir. Bu da sistemde meydana gelebilecek ısı kaybının yapılan yalıtım ile önlendiğinin bir göstergesi olmuştur.

Havalı kolektörlerde, kolektöre giren ve çıkan havanın debisi, sıcaklığı, havanın girdiği ve çıktığı

yer, akış yolu şekli ve uzunluğu gibi durumlar havalı kolektörlerin verimlerini etkileyen faktörlerdir. Yapılan çalışmada her iki modelde de hava girişi ve çıkışı ölçüleri aynı olan tek yerden olmaktadır. Ayrıca aynı özelliklerde fan kullanılması ile kolektörlerde dolaştırılan hava debisi her iki modelde de eşit alınmıştır.

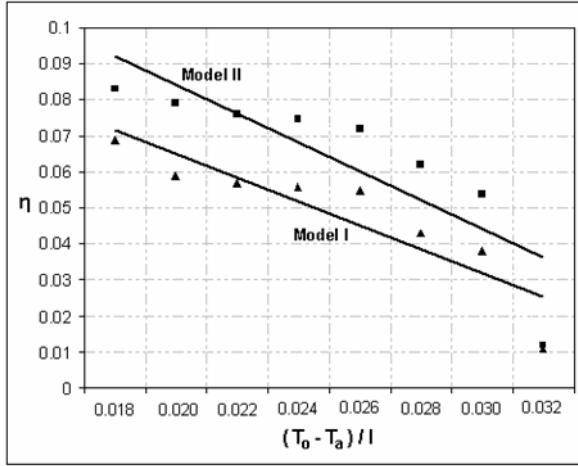
Kolektörlerin veriminin hesaplanmasında, yerel kaçakların oluşturduğu kayıplar yalıtım yapılarak giderilmeye çalışıldığından dolayı yerel kaçaklar ihmal edilmiştir.

Her iki modelde yapılan 5 deneyin kolektör giriş çıkış sıcaklık farkları ortalaması, Şekil 7'de verilmiştir. Burada her iki modelin performanslarının hesaplanmasında bu 5 deneyin ortalamasının kullanıldığını ve bu farklar ile her iki modelin verimi hakkında bilgi vermektedir. Sıcaklık farkları ortalaması, Model I için 0.64-3.08 °C arasında değişirken Model II'de ise 0.70-3.32 °C arasında değişmiştir. Model II'nin giriş çıkış sıcaklığının farkının büyük olduğu görülmektedir. Bu ise modelde iyi bir ısı transferi olduğunu ve güneş radyasyonundan alınan ısı miktarını göstermektedir. Bu farklar kolektörün farklı tiplerinin şekil ve teknik özelliklerinden dolayı oluşmaktadır.



**Şekil 7.** Beş deneyin kolektör giriş-çıkış sıcaklık farkları ortalaması (Average difference of collector input-output temperature)

Kolektör hava giriş sıcaklığının ortam sıcaklığına eşit olduğu hallerde geleneksel hava ısıtıcıları için kullanılan verim hesabı kullanılmaz. Onun yerine anlık verim ve hava çıkış sıcaklığı ve ortam sıcaklığı kullanılarak çalışma nokta parametresi  $(T_o - T_a) / I$  kullanılır. Kolektörün anlık verimi; kolektör yapı malzemesine, kolektör tipinin tasarımına, emici plakanın yapısına, camın özelliğine, hava ve deney şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Şekil 8'de 1.23 m<sup>3</sup>/s hava debisi için çalışma nokta parametreleri ile anlık verimdeki değişimler gösterilmektedir. Grafikte Model I ve Model II arasındaki anlık verimler arasında belli bir fark görülmektedir. Düşük verimlerde yüksek çalışma nokta parametrelerine ulaşılmıştır. Buda ısı veya yansıtıcı olarak güneş radyasyon kaybının radyasyon ile azaldığını göstermektedir.

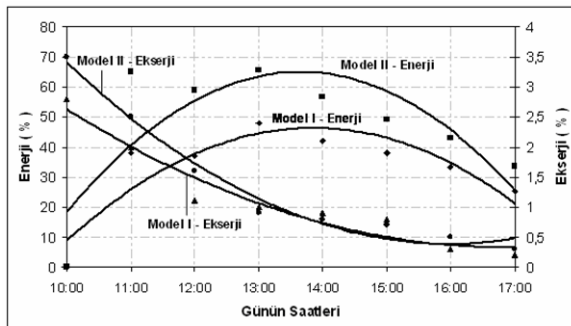


Şekil 8. Çalışma nokta parametrelerinin anlık verimlerle karşılaştırılması (Comparison of efficiencies versus the operation point parameters)

Deneylerden elde edilen veriler kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda; beş deneyin ortalaması alınarak enerji ve ekserji analizi sonuçları Şekil 9'da verilmiştir. Enerji etkinliği Model I için % 0-47.9 aralığında değişmesine karşın Model II için % 0-65.6 aralığında değişmektedir. Enerji etkinliği ortalaması Model I için % 32.7 iken Model II için % 46.5 olmuştur. Ekserji analizi genel olarak termodinamik sistemlerin ve özel olarak da güneş enerjisi sistemlerinin termodinamik ve ekonomik etkinliklerinin değerlendirilmesi için yararlı bir analizdir. Bu çalışmada da kolektör verimlerini değerlendirebilmek amacıyla enerji analizi yanında ekserji analizi de yapılmıştır. Ekserji etkinliği, Model I için % 0.2-2.8 aralığında değişmesine karşın Model II için % 0.3-3.5 aralığında değişmektedir. Ekserji etkinliği ortalaması Model I için % 1.14 iken Model II için % 1.35 olmuştur.

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Son yıllarda güneş enerjisi ile ilgili yapılan çalışmalarda temel amaç genellikle sistemin verimini iyileştirme yönünde olmaktadır. Bu amaç doğrultusunda, bu çalışmada havalı güneş kolektörlerinin verimini arttırmak için iki farklı şekilde kolektör tasarlanarak ısıl performansları



Şekil 9. 5 deneyin saatlere göre enerji ve ekserji değerlerinin ortalaması (Average values of energy and exergy by 5 experimental hours)

deneysel olarak incelenmiştir. Kolektörlerin enerji ve ekserji verimlerini tespit etmek amacıyla deneysel veriler kullanılarak kolektörlerin performansları karşılaştırılmıştır.

- Model II havalı güneş kolektörünün enerji ve ekserji etkinliği diğer modelden sırasıyla %13.78 ve %0.21 daha iyi olmuştur.
- Model II'de emici plakaya verilen zigzag şeklinin iç tarafta havanın yaladığı yüzeyde olması nedeniyle kolektörde havaya aktarılan ısı miktarı daha fazla olmuş, dolayısıyla Model I'e göre verimi daha büyük olmaktadır.
- Düz emici plaka üzerine verilen farklı geometrik şekiller (kanatçık, v şekli, dolambaç) kullanılması havalı kolektörlerin verimini iyileştirmektedir.
- Yapılacak olan yeni çalışmalarda kolektör debisi değiştirilerek farklı debilerdeki kolektör performansları araştırılabilir.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Doğan, H., Ceylan, İ., ve Yalçın, K., "Tabii Dolaşım, Endirekt Isıtımlı Prizmatik Tip Kolektörlü Güneş Enerjisi Sistemlerinin Deneysel İncelenmesi", **Teknoloji**, Cilt 7, No 3, 395-400, 2005.
2. Yüksel, R., "Tuzak radyasyon emicili güneş kolektörü ile düzlemsel güneş kolektörünün verimlerinin karşılaştırılması", Y. Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003.
3. Koyuncu, T., "Performance of various design of solar air heaters for crop drying applications", **Renewable Energy**, Volume 31, pp. 1073-1088, 2005.
4. Ho, C.D., Yeh, H.M. and Wang, R.C., "Heat-transfer enhancement in double-pass flat-plate solar air heaters with recycle", **Energy**, Volume 30, pp. 2796-2817, 2005.
5. El-Sebaei, A.A., Aboul-Enein, S., M.R.I., Ramadan., ve H.G., El-Gohary, "Parametric study of a solar air heater with and without thermal storage for solar drying applications", **Renewable Energy**, pp. 505-522, 2000.
6. Hachemi, A., "Comparative study on the thermal performances of solar air heater collectors with selective and nonselective absorber plate", **Renewable Energy**, Volume 17, pp.103-112, 1999.
7. Durmuş, A. ve Kurtbaş, İ., "Yeni tasarlanan havalı kolektör yardımı ile Elazığ yöresi kayısılarının kurutulmasında, kayısı yüzey sıcaklığının tespiti", **Isı Bilimi ve Tekniği**, Cilt 21, 9-18, 2001.
8. Doğan, H. "Kurutmada kullanılan hava ısıtma kolektörlerinin deneysel karşılaştırılması", **Teknoloji**, Cilt 4, Sayı 1-2, s.75-82, 2001.

9. Sugözü, İ. ve Sarsılmaz, C., “Havalı güneş kolektörü ile iç ortam ısıtılmasının deneysel olarak araştırılması”, **Fırat Üniversitesi Fen ve Müh. Bil. Dergisi**, 18(2), s.257–265, 2006.
10. Ucar, A., ve Inallı, M., “Thermal and exergy analysis of solar air collectors with passive augmentation techniques”, **International Communications in Heat and Mass Transfer**, 33, 1281–1290, 2006.
11. Fidan, F., “Yeni Bir Havalı Güneş Kolektörü Yardımıyla Diyarbakır Yöresi Karpuz Çekirdeklerinin Kurutulması”, Y. Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003.
12. Kırbaş, İ., “Havalı Güneş Kolektörünün Performansının deneysel olarak İncelenmesi”, Y. Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
13. Binark, A.K., Yavuz, H., “Hava ısıtmalı güneş kolektörleri”, **Isı Bilimi ve Tekniği 8. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı**, 126-132, 1991.
14. Turgut, O., “Yatay jaluzili, aktif güneş ısıtıcılı, hava-tutuculu pencerenin ısı performansının deneysel olarak incelenmesi”, **Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi**, 17(4), 71-82, 2002.
15. Togrul İT., Pehlivan, D., Akosman, C., “Development and testing of a solar air-heater with conical concentrator”, **Renewable Energy**, 2004;29:263-275.
16. Kurtbas, İ., Durmus, A., “Efficiency and exergy analysis of a new solar air heater”, **Renewable Energy**, 29, 1489-1501, 2004.
17. Sugözü, İ., Sarsılmaz, C., “Hava kolektörlü güneş duvarının (Solarwall) Elazığ şartlarında kullanılabilirliği”, **Termodinamik**, 161, 70-78, 2006.
18. Koyuncu, T., “Performance of various design of solar air heaters for crop drying applications” **Renewable Energy**, 31, 1073–1088, 2006.
19. Karsli, S., “Performance analysis of new-design solar air collectors for drying applications”, **Renewable Energy**, 32, 1645–1660, 2007.
20. Gao, W., Lin, W., Liu, T. and Xi, C., “Analytical and experimental studies on the thermal performance of cross-corrugated and flat-plate solar air heaters”, **Applied Energy**, 84, 425–441, 2007.
21. Yıldız, C., Toğrul, İ.T., Sarsılmaz, C. ve Pehlivan, D., “Thermal efficiency of an air solar collector with extended absorption surface and increased convection”, **International Communication in Heat and Mass Transfer**, 29(6), 831-840, 2002.
22. Kreider, J.F., Kreith F. “**Solar Heating and Cooling**”, Mc. Graw Hill Book Comp., New York, 1982.