

Trapez Yutucu Plakalı Güneş Enerjili Hava Kollektörünün Isıl Veriminin Deneysel Olarak İncelenmesi

Mesut ABUŞKA^a ve Mehmet Bahattin AKGÜL^b

^aAkhisar Meslek Yüksek Okulu, Makine Bölümü, Celal Bayar Üniversitesi, MANİSA

^bMühendislik Fakültesi, Makine Müh. Bölümü, Celal Bayar Üniversitesi, MANİSA

ÖZET

Bu çalışmada, trapez ve düz tip yutucu plakalı güneş enerjili hava kolektörlerin ısı verimi deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel dış hava sıcaklığı, global ışınım, yutucu plaka üzerinde iki noktadan yüzey sıcaklığı, kolektör çıkış hava hızı ve sıcaklığı ölçülmüştür. Yapılan ölçümlere dayalı olarak ısı verimleri hesaplanmıştır. Trapez yutucu plakalı kolektörün ortalama ısı verimi % 28.5 iken düz yutucu plakalı kolektörün ısı verimi ise % 23.1 olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak trapez yutucu plakalı kolektörün, düz yutucu plakalı kolektöre göre ısı veriminin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjili hava kolektörü, trapez yutucu plaka, ısı verim.

Experimental Investigation of Thermal Efficiency of Solar Air Collector with Trapeze Absorber Plate

ABSTRACT

In this study, thermal efficiency of solar air collectors with trapezoidal and flat plate absorber is experimentally investigated. In the experiments, outside air temperature, global radiation, temperatures of the two different points on the absorber plate, air velocity and temperature at the collector outlet are measured. The thermal efficiency is calculated based on the measurements. Average thermal efficiency of solar air collector with trapezoidal absorber plate is 28.5 % while average thermal efficiency of solar air collector with flat absorber plate is 23.1 %. As a result, thermal efficiency of solar air collector with trapezoidal absorber plate is higher than that of solar air collector with flat absorber plate.

Keywords: Solar air collector, trapeze absorber plate, thermal efficiency.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dünya'da enerji fiyatlarının yükselmesine paralel olarak güneş enerjisinden faydalanma talebi her geçen gün artmaktadır. Türkiye'de güneş enerjisinden faydalanma ağırlıklı olarak sıcak su hazırlama şeklindedir. Güneş enerjisinin diğer bir faydalanma şekli olan hava ısıtma yönteminin önemi her geçen gün daha da artmaktadır. Güneş enerjili hava ısıtma kolektörleri genellikle mahal ısıtma ve tarımsal ürünlerin kurutulmasında kullanılmaktadır. Türkiye güneş kuşağı adı verilen ve güneş enerjisi bakımından zengin bir bölgede yer almasına karşın, güneş enerjisinden yeteri kadar faydalanamamaktadır. Coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan Türkiye'nin; Ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2.640 saat (günlük toplam 7.2 saat), Ortalama toplam ışınım şiddeti 1.311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3.6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Manisa için Mart ayı 3.77 kWh/m² global radyasyon ve 6.57 saat güneşlenme süresi ortalama değerlerine sahiptir [1].

Güneş enerjili hava ısıtma kolektörleri ile ilgili birçok akademik çalışma yapılmaktadır. Benli,

çalışmasında farklı yutucu plaka şekillerine sahip hava ısıtmalı güneş kolektörünün verimini deneysel olarak incelemiştir. Gerçekleştirdiği çalışmada ısı veriminin kolektör geometrisi ve hava akış doğrultusuna göre önemli derecede değiştiğini tespit etmiştir. Yutucu plaka üzerinde bulunan engellerin artmasıyla ısı transferinin arttığını fakat bunun yanında basınç kayıplarının da önemli ölçüde büyüdüğünü tespit etmiştir [2]. Özgen vd., çalışmasında çift geçişli güneş kolektörünün ısı performansını deneysel olarak incelemiştir. Çalışmalarında düz plaka ve alüminyum kutular bulunan iki farklı yutucu plaka geometrisini incelemiştir. Çalışmalarının sonucunda alüminyum kutu kullanılan güneş kolektörünün veriminin düz plakalı yutucu plakaya göre arttığını tespit etmişlerdir [3]. Akpınar vd. çalışmasında dört farklı yutucu plaka tipinin termal verimini deneysel olarak araştırmışlardır. Yutucu plaka tipi olarak üçgen, yaprak, dikdörtgen engelli ve düz tip yutucu plakalarda en uygun verim değerinin yaprak tip yutucu plakalı kolektörde tespit etmişlerdir [4]. Benli, iki farklı tip güneş enerjili hava kolektörünün ısı verimini deneysel olarak incelemiştir. Çalışmasında ısı veriminin tespiti için yapay sınır ağlarını kullanmıştır. Yapay sınır ağlarının güneş kolektörlerinin ısı verimini tespit etmede kullanılabileceğini vurgulamıştır [5]. Esen, yutucu plaka

* Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta:mesut.abuska@cbu.edu.tr

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2014.17.4. 177-181

üzerine yerleştirilen farklı şekildeki engellerin güneş enerjili hava kolektörünün ısı verimine etkisini deneysel olarak incelemiştir. Engeller yerleştirilen yutucu plakalı kolektörün ısı veriminin düz tip yutucu plakalı kolektöre göre daha verimli olduğunu tespit etmiştir [6].

Literatürde de görüldüğü gibi yutucu plaka geometrisinin ısı verim üzerine etkisi oldukça yüksektir. Bu çalışmada trapez ve düz tip yutucu plakalı kolektörlerin ısı verimleri deneysel olarak incelenmiştir.

2. MATERYAL (MATERIAL)

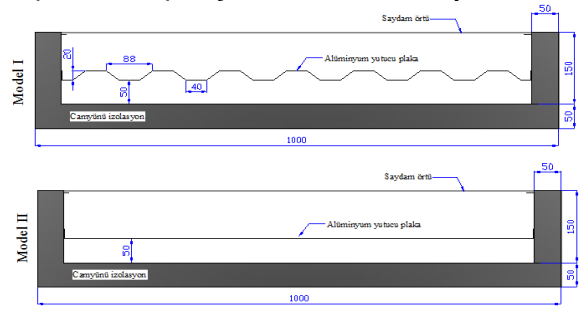
Bu çalışmada, güneş enerjili hava kolektörünün ısı verimi düz yutucu plaka ve trapez yutucu plakanın kullanıldığı durumlarda deneysel olarak belirlenmiştir. Bu amaçla iki adet aynı özelliklere sahip güneş kolektörü imal edilmiştir. Kolektörler ana hatları ile kasa, yutucu plaka, saydam örtü ve yardımcı elemanlardan oluşmuştur. İmalatı yapılan kolektörlerin teknik özellikleri Çizelge 1.'de, kurulan deney setinin ve kolektörlerin kesit görünüşleri Şekil 1. ve 2.'de verilmiştir. Kolektörler izolasyon ve montaj hatalarına karşı termal kamera yardımı ile test edilmiş ve gerekli iyileştirmeler yapılmıştır. Bu kolektörlere düz yutucu plaka ve trapez yutucu plaka monte edilerek deneysel ölçümler gerçekleştirilmiştir. Trapez yutucu plakalı kolektör "Model I", düz yutucu plakalı kolektör ise "Model II" olarak isimlendirilmiştir.

Çizelge 1. Kolektör teknik özellikleri

Sistem Elemanları	Teknik Özellikleri
Kolektör kasası	1000x2000x200 mm ölçülerinde 0.8 mm'lik dkp sacdan gaz altı kaynak birleştirmeli olarak imal edilmiştir.
İzolasyon	Kolektör taban ve yanlarında 50 mm'lik cam yünü kullanılmıştır.
Yutucu Plaka	<u>Model I:</u> Et kalınlığı 0.2 mm alüminyum, yüzey alanı 1000x2000 mm trapez plakadır. <u>Model II:</u> Et kalınlığı 0.2 mm alüminyum, yüzey alanı 900x2000 mm düz plakadır.
Saydam Örtü	900x1900x3.2 mm ölçülerinde Durasol P+ marka prizma desenli düşük demirli temperli buzlu cam kullanılmıştır. Kullanılan cam <0.002 %Fe ₂ O ₃ , Gün ışığı geçirgenlik T _{d65} : %92 ve Güneş enerjisi geçirgenlik T _{sol} : %90.7 değerlerine sahiptir.
Fan	2x180 mm uzunluğunda, 60 mm çapında, 40 W / 220V ileriye eğimli çapraz akışlı ikiz radyal fan kullanılmıştır.
Sızdırmazlık	Kolektör birleşim yerlerinde epdm fitil kullanılmıştır.
Yutucu plaka boyası	Yutucu plakalar Selpa-1A marka selektif solar boya ile boyanmıştır. Kullanılan boyanın emissivitesi 0.20-0.49, absorpsivitesi 0.88-0.94 arasındadır. Kullanılan boya %100 silikon polimer bağlayıcılı ve xylene solventlidir.



Şekil 1. Güneş enerjili hava kolektörlü deney seti resmi



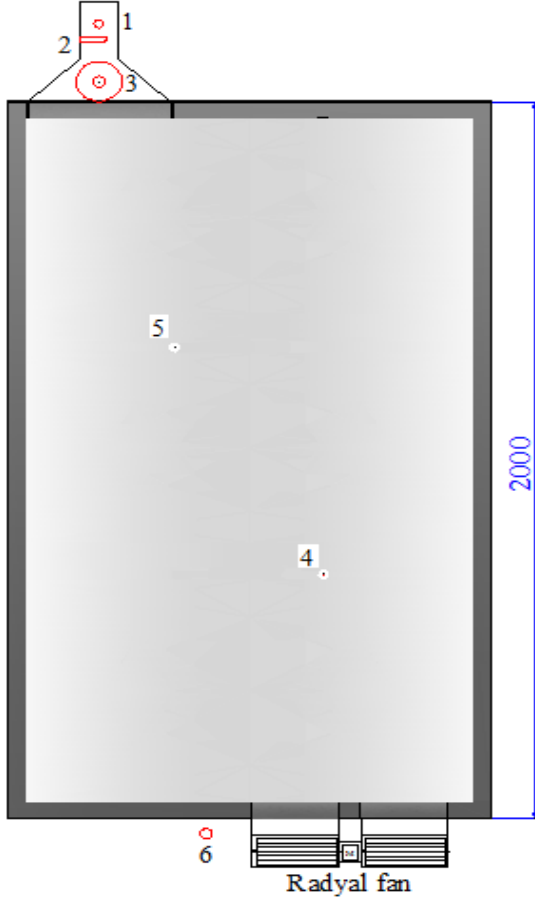
Şekil 2. Kolektör kesit detayları (Model I ve Model II)

3. METOT (METHOD)

Deneyler 14-15 Mart 2014 tarihlerinde çift tekerrürlü olarak açık hava koşullarında 07:30–17:30 saatleri arasında yapılmıştır. Şekil 3.'de 4 ve 5 no'lu noktalarda gösterildiği gibi yutucu plakanın köşegeni üzerinde 700 mm aralıklarla iki noktada yüzey sıcaklık ölçümü yapılmıştır. Yutucu plaka yüzeyinde bu iki noktadan sıcaklık problemleri kullanılarak yüzey sıcaklık ölçümü yapılmış ve Comet SO141 datalogger ile kaydedilmiştir. Hava hızı kolektör çıkışına yerleştirilen hotwire tipi anemometre ile ölçülmüştür. Global radyasyon değeri kolektör üst köşesine monte edilerek pironometre ile anlık ölçülmüştür. Hava çıkış ve çevre sıcaklığı PT1000 tipi prob ile ölçülmüştür. Yüzey sıcaklığı dışındaki ölçümler Comet MS6D datalogger ile kaydedilmiştir. Dataloggerlerin veri kaydetme aralığı 1 dakika olarak ayarlanmıştır. Saat 8:30'da kolektör fanları devreye alınmıştır. Kolektör eğimleri 53° olarak ayarlanmıştır. Deney seti ölçüm noktaları Şekil 3.'de verilmiştir. Deney setinde altı noktadan aşağıdaki parametreler ölçülmüştür;

1. I. ve II. kolektör çıkış hava hızı (V_1 ve V_2)
2. I. ve II. kolektör çıkış havası sıcaklığı (T_{01} ve T_{02})
3. Güneş ışınım miktarı (I)
4. I. ve II. kolektör yutucu plaka yüzey sıcaklığı ilk noktası ($T_{1a} - T_{2a}$)

5. I. ve II. kollektör yutucu plaka yüzey sıcaklığı ikinci noktası ($T_{1b} - T_{2b}$)
6. Kollektör giriş hava sıcaklığı (T_i)



Şekil 3. Kollektör ölçüm noktaları

Deneylerde kullanılan test cihazlarının kontrolü uygulamalı olarak kapalı ortamda yapılmıştır. Bir dimmer aracılığı ile fan debileri eşitlenmiştir. Hava hızı ölçümü için Delta Ohm HD403TS1 model, 0.20-40 m/s ölçüm aralıklı ve $\pm (0.2\text{m/s} + \%3 \text{ ö.d.})$ hassasiyetli hotwire tip anemometre kullanılmıştır. Hava sıcaklık ölçümü için Comet SN234 model, $-80+200 \text{ }^\circ\text{C}$ ölçüm aralıklı ve $\pm 0.15^\circ\text{C}$ hassasiyetli sıcaklık probu kullanılmıştır. Global radyasyon miktarı ölçümü için Delta Ohm LA PYRA 02 AC model 0-2000 W/m^2 ölçüm aralıklı ve 10 W/m^2 hassasiyetli piranometre

kullanılmıştır. Yüzey sıcaklık ölçümü için Comet SN166 model, $-30+200^\circ\text{C}$ aralıklı ve ± 0.15 hassasiyetli yüzey sıcaklık probu kullanılmıştır. Kollektör termal tetkikleri ise Flir SC325 model $-20+350^\circ\text{C}$ aralıklı ve $\pm \%2$ hassasiyetli termal kamera ile yapılmıştır.

Deneylerde sıcaklık, hava hızı ve güneş ışınımı değerleri ölçülmüştür. Bu ölçümler yardımıyla kütleli debi ve ısı verim hesaplamaları yapılmıştır. Bunlara ait belirsizlikler;

$$W_R = \sqrt{[(x_1)^2 + (x_2)^2 + \dots + (x_n)^2]} \quad (3.1)$$

denklemleri ile belirlenir [7]. Belirsizlik hesaplamalarında, kütleli debideki toplam belirsizlik $\% 0.24$ iken ısı verimindeki toplam belirsizlik ise $\% 1.05$ olarak tespit edilmiştir.

4. ISIL VERİM ANALİZİ (THERMAL EFFICIENCY ANALYSIS)

Güneş enerjili hava kollektöründe faydalı enerji, kollektörden geçen akışkanın giriş ve çıkış sıcaklığına bağlı olarak,

$$Q_u = \dot{m}c_p(T_o - T_i) \quad (4.1)$$

şeklinde hesaplanır. Burada \dot{m} , kollektörden geçen havanın kütleli debisi (kg/s), c_p havanın özgül ısıdır (J/kgK), T_i ve T_o sırasıyla kollektör hava giriş ve çıkış sıcaklıklarıdır ($^\circ\text{C}$).

Kollektörden geçen havanın kütleli debisi ise,

$$\dot{m} = \rho \cdot V \cdot A_k \quad (4.2)$$

şeklinde hesaplanır. Burada ρ havanın yoğunluğu (kg/m^3), V hava akış hızı (m/s), A_k ise kollektörün çıkış kesit alanı (m^2)'dir.

Termodinamiğin I. kanunundan faydalanarak kollektörün ısı verimi

$$\eta = \frac{\dot{m}c_p(T_o - T_i)}{I A_c} \quad (4.3)$$

şeklinde belirlenir. Burada, η ısı verimi, I kollektör yüzeyine gelen güneş ışınımı (W/m^2), A_c ise kollektör yüzey alanıdır (m^2). Yutucu plakalar $900 \times 2000 \text{ mm}$ ölçüsünde imal edilmiş olup hesaplamalarda saydam örtü ölçüsü olan $900 \times 1900 \text{ mm}$ ölçüsü esas alınmıştır.

5. DENEY SONUÇLARI VE BULGULAR (TEST RESULTS AND FINDINGS)

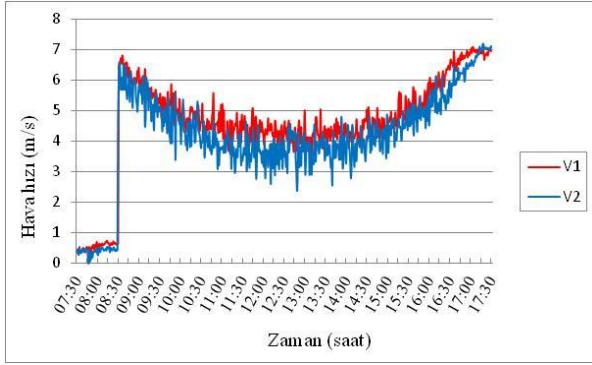
Yapılan ölçümler sonucunda belirlenen verim değerlerinin maksimum, minimum ve ortalama değerleri

Çizelge 2. Deney verilerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri

Tarih	Değer	I (W/m^2)	T_i ($^\circ\text{C}$)	T_{01} ($^\circ\text{C}$)	T_{1a} ($^\circ\text{C}$)	T_{1b} ($^\circ\text{C}$)	T_{02} ($^\circ\text{C}$)	T_{2a} ($^\circ\text{C}$)	T_{2b} ($^\circ\text{C}$)	V_1 (m/s)	V_2 (m/s)	η_1 (%)	η_2 (%)
14 Mart 2014	Min.	62.4	6.0	16.2	17.8	19.0	15.0	18.4	22.2	3.2	2.4	11.5	13.3
	Mak.	1062.4	18.6	40.3	73.0	89.5	38.4	73.4	89.7	7.0	6.6	96.8	90.1
	Ort.	813.0	14.6	32.3	56.5	68.9	30.9	57.1	70.3	4.9	4.4	28.4	23.8
15 Mart 2014	Min.	89.8	6.8	16.0	20.8	22.1	15.0	21.4	24.9	0.7	0.5	14.0	12.3
	Mak.	1073.9	22.0	43.9	76.3	92.6	42.0	76.0	92.3	7.4	6.8	89.2	82.6
	Ort.	811.5	17.4	34.8	58.7	70.8	33.3	58.6	71.3	5.1	4.3	28.6	22.4

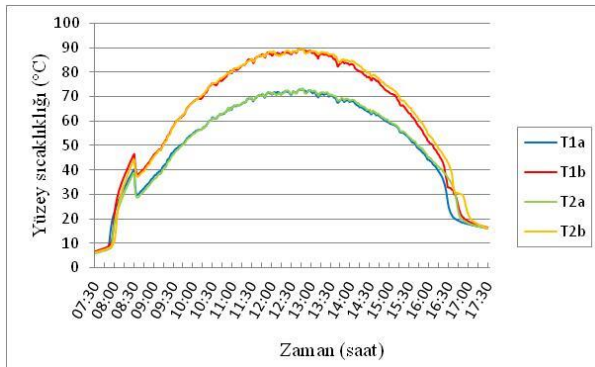
Çizelge 2.'de verilmiştir. Çizelge 2.'de görüldüğü gibi trapez yutucu plakalı güneş kolektörünün ısı verimi düz plakalı güneş kolektörüne göre daha yüksektir.

Şekil 4.'de her iki kolektör tipi için çıkış hava hızının zamana göre değişimi verilmiştir. Şekilden de görülebileceği gibi her iki kolektörde de hava hızı birbirlerine benzer bir değişim göstermektedir. Trapez yutucu plakalı kolektörde ortalama hava çıkış hızı 5.0 m/s iken düz yutucu plakalı kolektörde 4.35 m/s'dir.



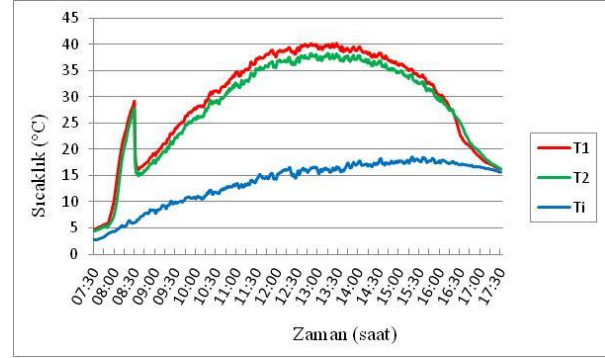
Şekil 4. Çıkış hava hızının zamana göre değişimi

Şekil 5.'de ise her iki kolektöre ait yutucu plaka yüzey sıcaklıklarının zamana göre değişimi verilmiştir. Burada T_{1a} ve T_{1b} sırası ile I. kolektör modeline ait iki farklı noktadaki yüzey sıcaklığını göstermektedir. T_{2a} ve T_{2b} ise II. kolektör modeline ait iki farklı noktadaki yüzey sıcaklığını belirtmektedir. Şekil 5.'de görüldüğü gibi her iki tip kolektör için de yüzey sıcaklıkları aynı şekilde değişmektedir.



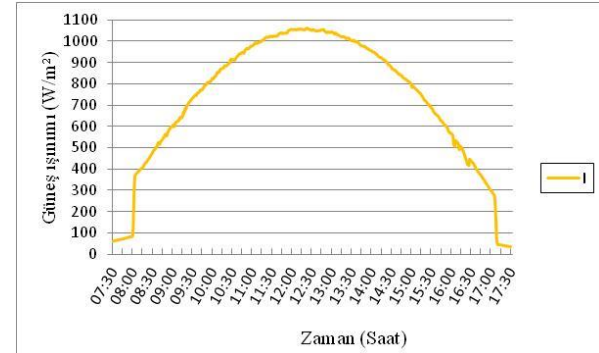
Şekil 5. Yutucu plaka yüzey sıcaklıklarının zamana göre değişimi

Şekil 6.'da her iki kolektör modelinden çıkan havanın ve çevre hava sıcaklıklarının zamana göre değişimi gösterilmiştir. T_{01} I. kolektör modelinden çıkan hava sıcaklığını, T_{02} II. kolektör modelinden çıkan hava sıcaklığını ve T_i ise çevre sıcaklığını belirtmektedir. Şekil 6.'da görüldüğü gibi trapez yutucu plakalı kolektörden çıkan havanın sıcaklığı düz plakalıya göre daha yüksektir.

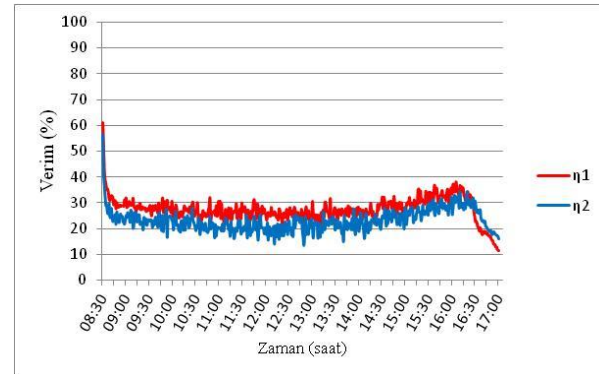


Şekil 6. Kolektör çıkış sıcaklıklarının zamana göre değişimi

Şekil 7.'de güneş ışınımının zamana göre değişimi verilmiştir. Şekil 8.'de ise her iki kolektöre ait ısı veriminin zamana göre değişimi gösterilmiştir. Şekil 8.'de görüldüğü üzere hava hızındaki ve kolektör çıkış sıcaklığındaki farklılıklardan dolayı trapez yutucu plakalı kolektörün ısı verimi beklenildiği gibi düz yutucu plakalı kolektöre göre daha yüksek çıkmıştır.



Şekil 7. Güneş ışınımının zamana göre değişimi



Şekil 8. Isıl veriminin zamana göre değişimi

6. SONUÇLAR (RESULTS)

Bu çalışmada trapez ve düz yutucu plakalı güneş enerjili hava kolektörleriyle yapılan deneylerde ölçüm parametrelerine bağlı olarak termal verim hesaplanmıştır. Ortalama değerler ile Model I - trapez yutucu plakalı kolektörde ısı verim % 28.5 iken, Model II - düz yutucu plakalı kolektörde % 23.1 olarak tespit edilmiştir. Deneylerde fanların hassasiyetinden dolayı dalgalı hava hızı değerleri gözlemlenmiştir. Daha hassas ölçümler için rulman yataklı fan kullanılması öngörülmüştür. Ayrıca yutucu plaka geometrisi kaynaklı hava hızında oluşan farkın, fark basınç sensörlü sabit

debi kontrol ünitesi ile fan debilerinin sabitlenerek ölçüm yapılması gerektiği öngörülmüştür. Farklı trapez ölçülerinde ve hava dolaşım kanalları ile yeni çalışmalar yapılabilir. Sonuç olarak trapez yutuculu güneş enerjili hava kollektörünün yutucu plaka yüzey alanı daha büyük olduğu için ısı veriminin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

7. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- 1) "GEPA-Güneş enerjisi potansiyeli atlası", www.eiei.gov.tr
- 2) Benli H., "Experimentally derived efficiency and exergy analysis of a new solar air heater having different surface shapes", *Renewable Energy*, 50: 58-67, (2013).
- 3) Ozgen F., Esen M. ve Esen H., "Experimental investigation of thermal performance of a double-flow solar air heater having aluminium cans", *Renewable Energy*, 34: 2391–2398, (2009).
- 4) Akpınar E.K. ve Koçyiğit F., "Experimental investigation of thermal performance of solar air heater having different obstacles on absorber plates", *Int. Com. In Heat and Mass Transfer*, 37: 416-421, (2010).
- 5) Benli H., "Determination of thermal performance calculation of two different types solar air collectors with the use of artificial neural networks", *Int. Jo. of Heat and Mass Transfer*, 60: 1-7, (2013).
- 6) Esen H., "Experimental energy and exergy analysis of a double-flow solar air heater having different obstacles on absorber plates", *Building and Environment*, 43: 1046-1054, (2008).
- 7) Holman JP. "Experimental Methods for Eng.", Singapore, McGraw-Hill;1994.