

Hava Isıtmalı Güneş Kollektörlerin’de Güneş Takip Mekanizması Kullanımı

İbrahim KIRBAŞ^{1*}, Bilal AYDOĞAN¹ ve Ahmet UYUMAZ²

¹ Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Gaz ve Tesisatı Teknolojisi Programı

² Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Otomotiv Teknolojisi Programı

*Sorumlu yazar e-mail: ikirbas@mehmetakif.edu.tr

Özet

Hava ısıtmalı güneş kolektörlerinde güneş enerjisinin etkin kullanımını sağlamak için güneş kolektörü güneş takip mekanizması yardımıyla hareketli hale getirilmiştir. Bu mekanizma sayesinde güneş toplayıcısının güneş ışınlarını daha fazla soğurabilmesi sağlanmıştır. Çalışmada biri sabit biri hareketli olmak üzere iki adet kolektörün çıkış sıcaklıkları arasındaki fark belirlenmek üzere 2010 yılı Ağustos ayında 3 gün süre ile ölçümler yapılmıştır. Sonuç olarak ise günün 12:00 ila 14:30 saatleri arasında çok fazla bir fark gözlenmemiştir. Sabah ve öğleden sonra ise hareketli tipteki kolektörün çıkış sıcaklığı sabit olan kolektöre göre ortalama 5-12 °C daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Güneş Enerjisi, Havalı Güneş Kollektörleri, Güneş Takip

Solar tracking mechanism, the use of solar air heater solar collectors

Abstract

Solar collector has been made with the help of follow-up mechanism to ensure the efficient use of solar energy. By this mechanism more solar radiation has been absorbed. In this study there has been any significant difference between 12:00 and 14:30 hours in the day. But in the morning and in the afternoon it is defined that the outlet temperature of the solar collector with the mechanism is 5-12 °C higher than the stable collector.

Keywords: Solar Energy, Solar Air Collectors, Solar Tracking

Giriş

Enerji, insanoğlunun bugünkü hayatının vazgeçilmez parçası olan başta sanayi, teknoloji, ulaşım, iletişim olmak üzere yapmakta ve yapacak olduğu tüm faaliyetlerini gerçekleştirmesinin başlıca temel taşıdır. Kısacası enerji, bugünkü modern bilgi toplumunun vazgeçilmez bir ihtiyacıdır. Enerji, gelecekte de en önemli kaynaklardan biri olmaya devam edecektir.

İnsanlık yakında ciddi bir enerji krizi ile karşı karşıya kalacaktır. Dünya petrol rezervinin 2050, doğalgaz rezervinin 2070 ve kömür rezervinin 2150 yılında tükenmesi beklenmektedir. Bu durum dikkatlerin alternatif enerji kaynaklarının üzerine odaklanmasına sebep olmaktadır (Kelek, 1996).

Bugün büyük miktarda ve küresel ölçekte çevre kirliliğine sebep olan klasik fosil yakıt kaynaklı enerji üretim sistemleri yerine hem çevresel etkileri daha az, hatta hiç olmayan, hem de devamlılığı ve yenilenebilirliği sağlayan enerji kaynaklarının bulunması ve geliştirilmesi zorunlu hale gelmiştir.

Enerji üretirken çevreyi kirletmek, ardından temizlemek ve arıtmak yerine çevreyi kirletmeyen enerji üretim sistemlerini ve kaynaklarını geliştirmek; üretilen enerjinin bir kısmının da arıtma için kullanılması yerine, bu enerjinin temiz üretim sistemlerinin geliştirilmesi için harcanması muhtemelen daha akıllıca olacaktır. İşte bu sebeple, günümüzde klasik enerji kaynaklarına ek olarak, yeni ve yenilenebilir enerji kaynağı olarak isimlendirilen güneş, rüzgar, jeotermal, hidrojen, biyogaz, gelgit enerjileri gibi enerji kaynakları üzerine çalışmalar ve araştırmalar yapılmakta, uygulamalar gerçekleştirilmektedir.

Güneş enerjisi

Birincil ve yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlisi olan güneş, gerçekte dünyamızın temel enerji kaynağıdır. Dünyamızın aydınlatılması ve ısıtılmasının yanında, canlıların yaşamasını ve büyümesini, ayrıca bazı enerji kaynaklarının oluşmasını sağlar (Kılıç ve Öztürk, 1984). Bitkilerde canlı doku üretmek için güneş ışınımından faydalanır. Kömür, petrol, su potansiyeli, rüzgar v.s. güneş ışınımının maddeler üzerindeki fiziksel ve kimyasal etkisi ile meydana gelir (Kılıç ve Öztürk, 1983). Birincil enerji olarak atmosferi geçip bir yılda yeryüzüne ulaşan güneş enerjisi miktarı ($8,9 \times 10^{13}$ TET/yıl) (1 ton taş kömürü eşdeğeri) küçümsenmeyecek kadar büyük bir değerdir. Bu miktar dünyada bir yılda kullanılan enerjinin yaklaşık 1500 katıdır (Kılıç ve Öztürk, 1984).

Ülkemiz coğrafik konumu nedeniyle, yenilenebilir enerji kaynakları açısından şanslı bir bölgede yer almaktadır ve yeterli güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Türkiye’de ortalama güneşlenme süresi yılda 2640 saattir ve yıllık güneş enerjisi miktarı 1500 kWSa/m^2 civarındadır. Buna göre Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyeli yılda 88 milyon ton petrol eşdeğeri (mtep) civarındadır. Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güney Doğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir (Bilgili, 1998).

Güneş enerjisinin kullanım alanları; sıcak su temini, binaların ısıtılması, soğutma, kurutma, güneş fırınları, elektrik üretimi, deniz suyunun arıtılması ve tuz üretimi, sanayide buhar üretimi ve tarım şeklinde sıralanabilir.

Gedik ve diğ. (2008), havalı güneş kolektörlerinde farklı tip emici plakaların performansına olan etkisi adlı çalışmalarında zigzaglı tip emici plakalı olan kolektörün, düz yüzeyli kolektöre göre enerji ve ekserji miktarlarının, havaya aktarılan ısı miktarının ve veriminin daha iyi olduğunu saptamışlardır.

Bulut ve Durmaz (2006), bir havalı güneş kolektörünün tasarımı, imalatı ve deneysel analizi adlı çalışmalarında tasarımı ve imalatı yapılan bir havalı güneş kolektörünün ısı performansını, Şanlıurfa iklim şartlarında deneysel olarak incelemişlerdir. 2006 yılının Ocak, Şubat ve Mart aylarında 8 farklı günde yapılan ölçümler sonucunda havalı güneş kolektörünün ortalama ısı verimi %53 olarak hesaplanmıştır.

Sugözü ve Sarsılmaz (2006), havalı güneş kolektörü ile iç ortam ısıtılmasının deneysel olarak araştırılmasını incelemişlerdir. Sonuç olarak yaptıkları sistemle, günlük ışınımına göre odanın iç ortam sıcaklığı $5 \text{ }^\circ\text{C}$ ve $20 \text{ }^\circ\text{C}$ arasında arttığı gözlemlenmiştir.

Ho ve diğ. (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.

Hachemi (1999), seçici ve seçici olmayan emici plakalı havalı güneş kolektörlerinin ısı performanslarının karşılaştırılmasını yapmıştır. Seçici olmayan emici olarak herhangi bir siyah boyalı plakanın kullanımının düşük maliyetle yüksek verimlilik elde etmeye imkân verdiğini belirtmiştir.

Durmuş ve Kurtbaş (2001), Elazığ yöresinde yetişen kayısıların, bölge şartları altında havalı güneş kolektörü ile kurutma işlemini deneysel olarak incelemişlerdir. 2000 yılının Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında 5 farklı kütesel debi değeri için elde edilen anlık verimin, günün 12:00 - 13:00 saatlerinde maksimum değerine ulaştığı gözlemlenmiştir.

Doğan (2001), dört ayrı tip hava ısıtılmalı güneş kolektörüyle deneysel çalışma yaparak, verimleri ve kurutmaya olan etkilerini karşılaştırmıştır. Çalışmasının sonucunda, nem yönünden fakir ve sıcaklığı da yüksek olan hava kurutma hücresinde ürünün nemini hızlı bir şekilde emerek, daha hızlı kurumasını sağlamıştır.

Kırbaş (2006), labirentli tip hava ısıtılmalı güneş kolektörünün verimi deneysel olarak tespit etmiştir. Kolektör üç değişik hava debisinde farklı gün ve sıcaklık koşullarında denenmiştir. Deneysel sonuçlarına göre yüksek hava hızlarında kolektör veriminin arttığı gözlemlenmiştir.

Mutlu ve Ergüneş (2008), Tokat'ta güneş enerjili raflı kurutucu ile domates kurutma koşullarının belirlenmesi adlı çalışmada, güneş enerjili raflı tip kurutucu, kuruma süresi ve kalitesi açısından açık havada kurutmaya göre üstünlük sağladığı ve özellikle gündüz saatlerinde oluşan sıcaklık farkı, kurumanın ilk dönemlerinde kuruma hızını artırdığını tespit etmişlerdir. Bu durum, ürün kalitesinin korunması bakımından oldukça önemlidir.

Ceylan ve Aktaş (2008), ısı pompası destekli bir kurutucuda fındık kurutulması denemişlerdir. Sonuç olarak ise doğada kurutmaya göre daha kısa sürede kurutma işlemi yapıldığı, ısı pompalı kurutucuda kurutma havası sıcaklığının ilk kez ek enerji gereksinimi duymadan PID (Proportional-Integral-Derivative) olarak kontrol edilebildiği, kurutma işlemi ile fındıklardaki su aktivitesi değerinin uzun süreli depolamalarda bozulmasını önleyecek sınır değerinin altına inildiğini tespit etmişlerdir.

Ergüneş ve diğ. (2003), dut meyvesinde değişik kurutma tekniklerinin kuru ürün kalitesine etkisi adlı çalışmalarında kurutulan dut örnekleri renk değişimi açısından incelenmiş olup özellikle dış ortamda (açıkta) güneşe serilerek yapılan kurutmada meyve renginde önemli oranda esmerleşmelere rastlandığını belirlemişlerdir.

Materyal ve yöntem

Hava ısıtılmalı güneş kolektörleri (HIGK) ve güneş takip sistemi

HIGK, güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştüren en basit araçlardan biridir. Genel olarak bir cam veya plastik geçirgen örtü, soğurucu plaka, plakaya entegre edilmiş veya altına yerleştirilmiş kanallar,

yalıtım malzemesi ve sistemin tamamının monte edildiği kasadan oluşmaktadır. Bu kolektörlerin en önemli elemanı, gelen güneş enerjisini yutan ve bu enerjiyi çalışma akışkanına aktaran soğurucu plakalardır.

HIGK özellikle tarım ve orman ürünlerinin kurutulması ve hacim ısıtılması için uygundur. Uygulamada ısıtılan hava doğrudan kullanılacağı gibi, ışınım olmayan saatlerdeki ihtiyacı karşılamak üzere depolanabilir.

Güneş ışınları bulunduğumuz bölgeye (Burdur ili 37.43 enlem, 30.17 boylam) sürekli olarak dik açı ile gelmemektedir. Güneşin doğuşu ve batışı arasında 180 ° lik bir açı farkı bulunmaktadır. Şimdiye kadar tasarlanan hava ısıtılmalı güneş kolektörleri sabit tutulmuş ve güneş ışınımından en fazla 12:00 ila 14:30 saatleri arasında faydalanılmıştır. Çünkü bu saat dilimi güneş ışınlarının kolektör yüzeyine dik olarak geldiği saatlerdir (Turgut, 1995). Bir güneş kolektörünün verimi, kolektörün topladığı gerçek faydalı enerjinin, üzerine düşen güneş enerjisine oranı şeklinde tanımlanır, bu yüzden kolektör üzerine dik gelen güneş ışınları verimi artıracaktır. Güneş takip sistemine bu esnada ihtiyaç duyulmaktadır.

Çalışmamızda kolektör verimini artırarak güneş enerjisinden gün içerisinde uzun süreli olarak yüksek düzeyde fayda sağlamak hedeflenmiştir. Bu amaçlar doğrultusunda kolektör, güneş takip mekanizması diye isimlendirdiğimiz bir elektro-mekanik düzenek ile hareketli hale getirilmiştir. Dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesiyle oluşan güneşin farklı konumlarını ve farklı açılarını takip edebilen bu sistem sayesinde, güneş ışınları gün içerisinde kolektör yüzeyine sürekli olarak dik açı ile gelecek ve bu da kolektör verimini artıracaktır.

Güneş takip sistemi, kolektörün hareket etmesine olanak tanır ve güneş ışınlarının kolektör yüzeyine düşme açısının sürekli olarak dik olmasını sağlar. Güneş takip sistemi iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım kolektöre hareket sağlayan motor, mil ve rulmanlardan, ikinci kısım ise LDR (ışığa duyarlı direnç) ile güneş ışınlarını algılayan ve algıladığı ışınım şiddetine göre de motora hareket komutunu veren elektriksel kumanda devresinden oluşmaktadır. Elektriksel kumanda devresinde LDR, güneş ışınımını algıladığı zaman motoru durdurup ışınım kaybolduğunda ise (güneşin kendi hareketi ile) motorun hareket ettirilmesi mantığına göre çalışmaktadır. Sisteme ek olarak bu mekanizmaya elektrik enerjisi sağlayan güneş pili mevcuttur. Bu donanım güneşten aldığı ışınımı elektrik enerjisine çevirerek elektriksel kumanda devresi ve motor için gerekli elektrik enerjisini üretmektedir. Bu sayede sistem kendi elektriğini kendisi üretecek ve dışa bağımlı olmayacaktır. Dolayısıyla bir elektrik

maliyeti söz konusu değildir.

Hareketli kollektör ile sabit kollektör arasındaki oluşacak sıcaklık farkının ölçmek için iki adet kollektör tasarlanmıştır. Bu kollektörlerin boyutları 850 x 450 x 100 mm olup kasa malzemesi olarak alüminyum kullanılmıştır. Alt tabaka 304 paslanmaz çelikten yapılmıştır. Yutucu plaka ise 0,3 mm'lik sacdan yapılmış ve siyah mat boya ile boyanmıştır. Isı kaybını önlemek amacı ile tüm bu malzemelerin yalıtımı için alt kısımda 50 mm kalınlığında, kasa yanlarında 40 mm kalınlığında cam yünü kullanılmıştır. Geçirgen örtü olarak kullanılan cam yalıtımı ise, cam ile kasa arasına yerleştirilen kauçuk fitil ile sağlanmıştır. Sistemde havanın dolaşma süresini artırmak amacı ile 35mm x 5 mm boyutunda kanatçıklar yerleştirilmiştir. Bu kanatçıklar da yutucu yüzey malzemesinden seçilip siyah mat boya ile boyanmıştır. Kollektörler taşıyıcı ayaklar üzerine azimut açısı hesabı yapılarak yerleştirilmiştir.



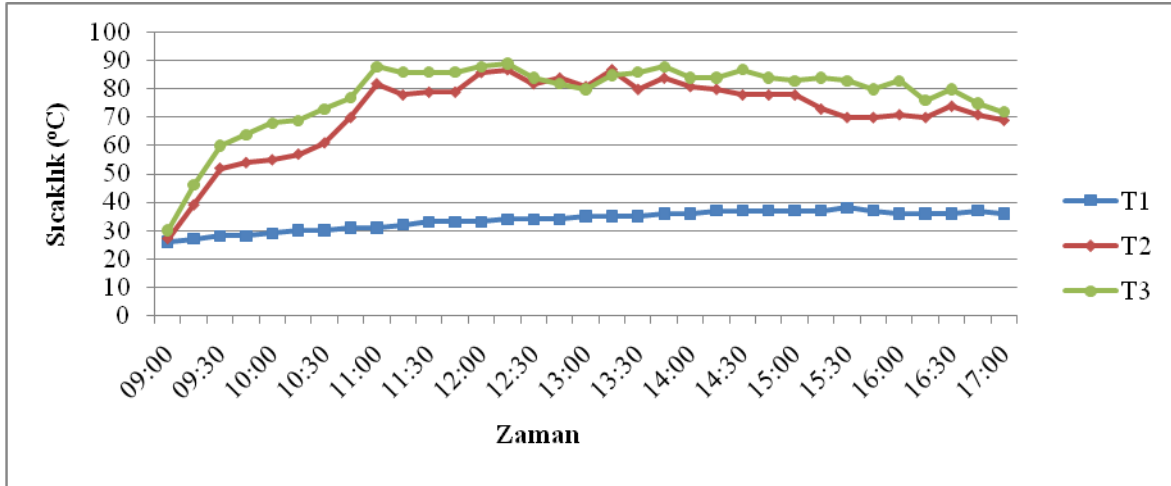
Şekil 1. Deney düzeneği

Deneyler Burdur şartlarında (37.43 enlem, 30.17 boylam ve 967 m yükseklikte) 25-27 Ağustos 2010 tarihlerinde üç gün süre ile 09:00 ila 17:00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. İmalatı yapılan kollektörlerin her ikisinde güney yönünde ve yatayla 42° açı yapacak şekilde yerleştirilmiştir. Kollektör giriş sıcaklıkları (dış hava) ve kollektör çıkış sıcaklıkları ölçülmüştür. Sıcaklık ölçümü Fe-Const ısıl-çift ile TES 1302 marka iki kanallı ölçüm cihazı ile yapılmıştır.

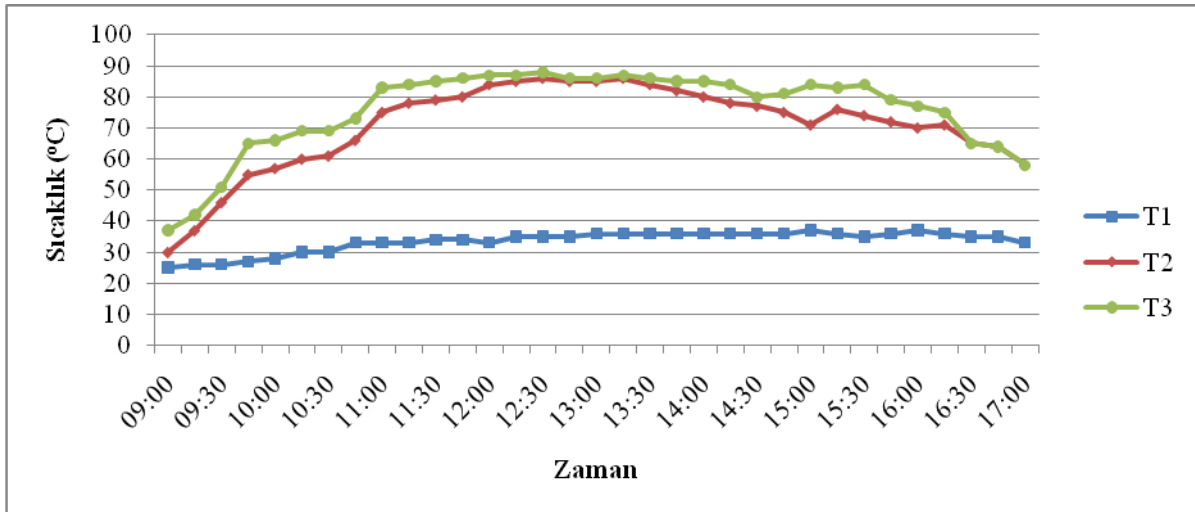
Bulgular

Hareketli ve sabit olarak farklı şekillerde imalatı yapılan havalı güneş kolektörlerinde hangi tasarımın daha verimli olduğunu tespit etmek amacıyla her iki kolektör aynı şartlar altında üç

gün süreyle denenmiştir. Yapılan deneyler neticesinde elde edilen veriler kullanılarak kolektörlerin çıkış sıcaklıkları belirlenmiştir. Tablo 1’de deney günlerini ve deney sonuçlarını gösteren kolektör giriş sıcaklığı T_1 , sabit kolektör çıkış sıcaklığı T_2 , hareketli kolektör çıkış sıcaklığı T_3 değerleri ile verilmiştir.



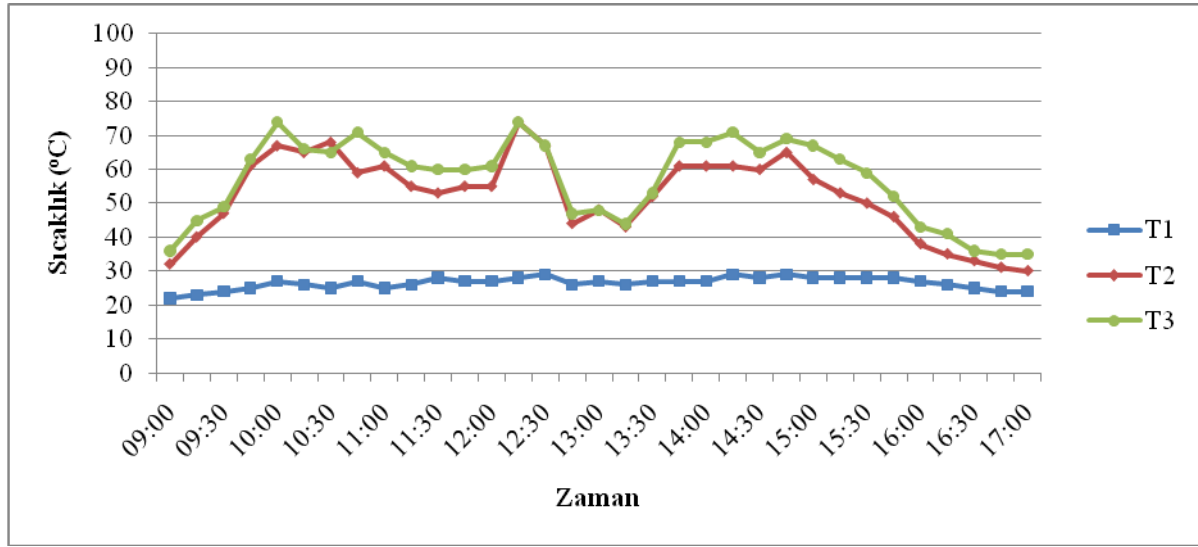
Şekil 2. 25.08.2010 tarihinde yapılan ölçümlere ait sıcaklık-zaman grafiği



Şekil 3. 26.08.2010 tarihinde yapılan ölçümlere ait sıcaklık-zaman grafiği

Tablo1. 25.08.2010 – 27.08.2010 tarihleri arasında yapılan ölçüm sonuçları. T_1 , T_2 ve T_3 sırası ile kolektör giriş sıcaklığı, sabit kolektör çıkış sıcaklığı ve hareketli kollektör çıkış sıcaklığıdır.

	25.08.2010			26.08.2010			27.08.2010		
	T1 °C	T2 °C	T3 °C	T1 °C	T2 °C	T3 °C	T1 °C	T2 °C	T3 °C
09:00	26	27	30	25	30	37	22	32	36
09:15	27	39	46	26	37	42	23	40	45
09:30	28	52	60	26	46	51	24	47	49
09:45	28	54	64	27	55	65	25	61	63
10:00	29	55	68	28	57	66	27	67	74
10:15	30	57	69	30	60	69	26	65	66
10:30	30	61	73	30	61	69	25	68	65
10:45	31	70	77	33	66	73	27	59	71
11:00	31	82	88	33	75	83	25	61	65
11:15	32	78	86	33	78	84	26	55	61
11:30	33	79	86	34	79	85	28	53	60
11:45	33	79	86	34	80	86	27	55	60
12:00	33	86	88	33	84	87	27	55	61
12:15	34	87	89	35	85	87	28	74	74
12:30	34	82	84	35	86	88	29	67	67
12:45	34	84	82	35	85	86	26	44	47
13:00	35	81	80	36	85	86	27	48	48
13:15	35	87	85	36	86	87	26	43	44
13:30	35	80	86	36	84	86	27	52	53
13:45	36	84	88	36	82	85	27	61	68
14:00	36	81	84	36	80	85	27	61	68
14:15	37	80	84	36	78	84	29	61	71
14:30	37	78	87	36	77	80	28	60	65
14:45	37	78	84	36	75	81	29	65	69
15:00	37	78	83	37	71	84	28	57	67
15:15	37	73	84	36	76	83	28	53	63
15:30	38	70	83	35	74	84	28	50	59
15:45	37	70	80	36	72	79	28	46	52
16:00	36	71	83	37	70	77	27	38	43
16:15	36	70	76	36	71	75	26	35	41
16:30	36	74	80	35	65	65	25	33	36
16:45	37	71	75	35	64	64	24	31	35
17:00	36	69	72	33	58	58	24	30	35



Şekil 4. 27.08.2010 tarihinde yapılan ölçümlere ait sıcaklık-zaman grafiği

Grafiklere ve tablodaki değerlere bakıldığında kolektöre giriş sıcaklıkları (T_1), sabit ve hareketli tipteki kolektörlerin çıkış sıcaklıkları (T_2 , T_3) görülmektedir. Ölçülen bu sayısal verilere bakılarak 1. Gün sabah ilk saatlerde saat 10:00 itibari ile dış sıcaklık $29\text{ }^\circ\text{C}$ iken sabit kolektörün çıkış sıcaklığı $55\text{ }^\circ\text{C}$ ve hareketli kolektörün çıkış sıcaklığı $68\text{ }^\circ\text{C}$ olarak ölçülmüştür. Öğle saatlerinde kolektörlerin açılı arasındaki fark azalmaya başladıkça 12:00 ile 14:30 saatleri arasında yakın değerler tespit edilmiştir. Ancak benzer şekilde, akşam saatlerine doğru sıcaklık farklılıkları oluşmuş ve saat 16:00 itibari ile her iki kolektör arasındaki sıcaklık farkı $12\text{ }^\circ\text{C}$ olarak belirlenmiştir. 2. Gün ise saat 10:00 da dış sıcaklık $28\text{ }^\circ\text{C}$ iken sabit kolektörün çıkış sıcaklığı $57\text{ }^\circ\text{C}$ ve hareketli kolektörün çıkış sıcaklığı $66\text{ }^\circ\text{C}$ olarak ölçülmüştür. Akşam saatlerine doğru ise saat 16:00 itibari ile her iki kolektör arasındaki sıcaklık farkı $7\text{ }^\circ\text{C}$ olarak belirlenmiştir. 3. Gün ise saat 10:00' da dış sıcaklık $27\text{ }^\circ\text{C}$ iken sabit kolektörün çıkış sıcaklığı $67\text{ }^\circ\text{C}$ ve hareketli kolektörün çıkış sıcaklığı $74\text{ }^\circ\text{C}$ olarak ölçülmüştür. Akşam saatlerine doğru ise saat 16:00 itibari ile her iki kolektör arasındaki sıcaklık farkı $5\text{ }^\circ\text{C}$ olarak belirlenmiştir.

Bu verilere göre hareketli kolektörlerinin güneş ısısından daha fazla yararlandığı belirlenmiştir.

Sonuç

Farklı gün ve sıcaklıklarda kolektörler üzerinde yapılan ölçümler sonucu hareketli tipteki kolektör ile sabit duran kolektör için çıkış sıcaklıklarında, günün 12:00 ile 14:30 saatleri arasında çok fazla bir fark gözlenmemiştir. Sabah ve akşam saatlerinde ise hareketli tipteki kolektörün çıkış sıcaklığı sabit olan kolektöre göre ortalama 5-12 °C daha fazla olduğu belirlenmiştir. Deneysel sonuçlar değerlendirildiğinde hareketli tip hava ısıtılmalı güneş kolektöründen, sabit duran hava ısıtılmalı güneş kolektörüne göre gün içerisinde daha fazla yararlanmak mümkündür.

Teşekkür

Deney sisteminin yapımı aşamasında sağlamış olduğu katkılarından dolayı Sayın Hüseyin Kuvan'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Bilgili, M.E., (1998). Hava ısıtılmalı güneş kolektörlerinde ısıl verimin tahmini üzerine bir araştırma, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya (Yayınlanmış yüksek lisans tezi).
- Bulut, H., Durmaz, A.F., (2006). 1. Ulusal güneş ve hidrojen enerjisi kongresi, ESOGÜ, Eskişehir.
- Ceylan, I., Aktaş, M., (2008). Isı Pompası Destekli Bir Kurutucuda Fındık Kurutulması, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Engineering Index*, Cilt 23, No 1, 215-222.
- Doğan, H., (2001). Kurutmada kullanılan hava ısıtma kolektörlerinin deneysel karşılaştırılması, *ZKÜ. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Teknoloji Dergisi*, Cilt 4, Sayı 1-2, s.75-82.
- Durmuş, A., ve Kurtbaş, İ., (2001). Yeni tasarlanan havalı kolektör yardımı ile Elazığ yöresi kayısılarının kurutulmasında, kayısı yüzey sıcaklığının tespiti, *Isı Bilimi ve Tekniği*, Cilt 21, 9-18.
- Ergüneş, G., Güneş, M., Çekiç, Ç., (2003). Dut meyvesinde değişik kurutma tekniklerinin kuru ürün kalitesine etkisi, *Ulusal kivi ve üzümü meyveler sepozyumu*, Ordu, 442-447.
- Gedik, E., Keçebaş, A., Öz, E.S., (2008). Havalı güneş kolektörlerinde farklı tip emici plakaların performansına olan etkisi, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.* Cilt 23, No 4, 777-784, 2008.

- Hachemi, A., (1999). Comparative study on the thermal performances of solar air heater collectors with selective and nonselective absorber plate, *Renewable Energy*, Volume 17, pp.103–112.
- Ho, C. D., Yeh, H. M. and Wang, R.C., (2005). Heattransfer enhancement in double-pass flat-plate solar air heaters with recycle, *Energy*, Volume 30, pp. 2796–2817.
- Kelek, N.Ü., (1996). Hava ısıtıcılı optimum güneş kollektörü dizaynı, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri (Yayınlanmış yüksek lisans tezi).
- Kılıç, A., Öztürk, A., (1984). Güneş ışınımı ve düz toplayıcılar, Segem, Ankara.
- Kılıç, A., Öztürk, A., (1983). Güneş enerjisi, Kipaş Dağıtımçılık, İstanbul.
- Kırbaş, İ., (2006). Havalı Güneş Kolektörünün Performansının deneysel olarak incelenmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yayınlanmış yüksek lisans tezi).
- Mutlu, A., Ergüneş, G., (2008). Tokat'ta Güneş Enerjili Rafli Kurutucu ile Domates Kurutma Koşullarının Belirlenmesi *TABAD-Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, Cilt: 1, Sayı : 1, s. 61-68, Nobel Bilim ve Araştırma Merkezi, Ankara.
- Turgut, O., (1995). Güneş enerjisinden aktif olarak yararlanan dikey jaluzili pencere tasarımı ve deneysel olarak incelenmesi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yayınlanmış yüksek lisans tezi).
- Sugözü, İ., ve Sarsılmaz, C., (2006). Havalı güneş kolektörü ile iç ortam ısıtılmasının deneysel olarak araştırılması, *Fırat üniversitesi Fen ve Müh. Bil. Dergisi*, 18(2), s.257–265.