

Makale

Hakan KARAKAYA
Doç. Dr. Aydın DURMUŞ

Abstract:

Passive methods such as increasing the surface area of the collector, placing turbulence generating fins inside the flow medium of the fluid, and extending the flow path of the heated fluid are some of the techniques employed to increase heat transfer in solar collectors. In our study, three different collectors of 1.6 x 1.6 m² surface area and spiral flow paths were used and the fluid was subjected to turbulence due to the extension of the flow path as well as the flow path geometry. This leads to a significant increase in heat transfer as well as major increases in pressure losses. Efficiency figures obtained from our study were compared with air collectors with different surface geometries and exergy analysis was made for collectors.

Key Words:

Solar energy, Solar Air Collector, Thermal Efficiency.

Farklı Tip Yüzey Geometrilerine Sahip Havalı Kolektörlerde Verim ve Ekserji Analizi

ÖZET

Toplayıcı yüzey alanını artırmak, akışkanın akış ortamına türbülans etkisi verecek kanatçıklar yerleştirmek, ısıtılacak akışkanın akım yolunu uzatmak gibi pasif yöntemler güneş kolektörlerinde ısı transferini artırmak için kullanılan yöntemlerden bazılarıdır. Çalışmamızda tasarlamış olduğumuz (1,6x1,6 m²) yüzey alanına sahip akım yolu spiral dönmeli olarak imal edilen üç farklı kolektör kullanılmış olup akım yolunun uzatılması ve akım yolu geometrisinden dolayı akışkan türbülansa uğramaktadır. Böylece ısı transferi büyük oranda artmakta aynı zamanda basınç kayıplarında da büyük artışlar görülmektedir. Bizim çalışmamızda elde edilen verim değerleri farklı yüzey geometrilerine sahip havalı kolektörlerle kıyaslanmış ayrıca kolektörler için ekserji analizi yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Güneş Enerjisi, Havalı Güneş Kolektörü, Isıl verim.

1. GİRİŞ

İnsanlar tarih boyunca çeşitli enerji kaynaklarından faydalanmışlardır. İlk zamanlar enerji ihtiyacını karşılamak için yalnızca odun, kömür ve benzeri yakacaklar kullanılmış fakat daha sonra bunların yerini petrol ve doğal gaz almaya başlamıştır. Günümüzde ise halen kullanılmakta olan enerjinin büyük bir kısmı petrol doğal gaz gibi yakacaklardan, hidrolik ve nükleer enerjiden sağlanmaktadır. Ancak teknolojinin gelişmesiyle sanayi yatırımları ve Dünya nüfusunun artması sebebiyle, enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Dünya üzerinde çokça kullanılan petrol, doğal gaz gibi yer altı kaynaklarının yakın gelecekte tükenme ihtimalinin olması ve çevre kirliliğine sebep olmaları nedeniyle yeni enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmuştur. Dünya, enerjiyi verimli ve tasarruflu bir şekilde kullanmayı amaçlamıştır. Diğer taraftan da alternatif enerji kaynakları bulabilmek için çaba göstermiştir.

Bundan dolayı kendini yenileyebilen, kolayca faydalanma imkânı sağlayan, çevreye karşı herhangi bir zarar teşkil etmeyen, teknolojik bakımdan yüksek maliyet gerektirmeyen en ideal enerji kaynaklarından biri olan Güneş enerjisine olan rağbet artmıştır.

Havalı Güneş kolektörleri akışkan olarak kullanılan hava ile Güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştüren sistemler olarak bilinir. Kolektöre gelen Güneş enerjisinin bir kısmı yutucu yüzey tarafından yutulurak akışkan olan havaya aktarılırken bir kısım enerjide kayıp olarak dış ortama transfer olur. Kolektör üzerine gelen Güneş enerjisinin bir kısmı da kolektörün ısı kapasitesi için harcanır. Kolektörden elde edilen faydalı ısı enerjisi kolektörde kullanılan akışkanın giriş ve çıkış entalpi değerleri arasındaki fark olarak hesaplanabilir. Havalı Güneş kolektörleri daha çok tarım ve orman endüstrisinde kurutma amaçlı, bina ısıtılmasında ve hacim ısıtılmasında kullanılır. Havalı güneş kolektörleri ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır.

Yeh ve Ting 1987 yılında yaptıkları çalışmalarda cam ile yutucu plaka arasına demir talaşı doldurmak suretiyle yutucu yüzeyinin ortasında olduğu normal kolektöre göre kolektör veriminin %38 artış gösterdiğini tespit etmişlerdir [1].

Garg ve Datta, kanatlı tip bir hava ısıtmalı güneş kolektörünü deneysel ve teorik olarak incelemişlerdir. Üstteki plakanın sıcaklığı alttaki plakanın sıcaklığından yüksek olacağından, üstteki plakaya eklenen kanatlarla daha yüksek verim sağlandığı görülmüştür. Sıcaklığın, üstte ve alttaki plakaların her ikisine kanatlar eklendiğinde en yüksek ve yalnız alttaki plakaya ilave edildiğinde ise en düşük olduğu sonucuna varılmıştır [2].

Parker ve arkadaşları V oluklu yutucu plaka kullanarak hava akışının yutucu yüzeyin altından, hava akışının yutucu yüzeyin üstünden ve hava akışının yutucu yüzeyin altından ve üstünden olduğu üç farklı kolektör için deneyler yapmışlardır. Bu çalışmalarda kolektörlerin ısı performansını ve verimi incelenmiştir [3].

Binark ve Deliçay 1993 yılında yaptıkları çalışmalarda havanın dolaştığı kanalın boş olduğu, diğerlerinde ise değişik şekillerde tasarlanmış kanallara sahip üç farklı kolektörle deneyler yapmışlardır. Kolektörler için sıcaklık farkı- zaman ve verim-

zaman grafikleri çizilmiştir. Düşük hızlarda çift geçişli ve çift camlı labirentli kolektörün diğerlerine göre veriminin ve sıcaklık farkının daha yüksek olduğu gözlenmiştir [4].

Yeh ve Lin yaptıkları çalışmalarda hava ısıtmalı güneş kolektörlerinde birbirine paralel şekilde yerleştirilmiş engellerin kolektör verimi üzerindeki etkisini deneysel ve teorik olarak araştırmışlardır. Engellerin farklı yerlere bırakılmasıyla yapılan deneylerde kolektöre merkezine engel bırakıldığında en yüksek verimin elde edildiğini ve engel sayısının artmasıyla verimin arttığını bulmuşlardır [5].

Tırıs ve Türe, güneş kolektör verimi ve malzeme maliyeti üzerinde değişik kanat biçimlerinin etkilerini araştırmışlardır. Alüminyum düz plakalı bir güneş kolektöründe kullanılan kanatların ısı transfer analizini yapmışlardır. Isı akılarını kanatların tek yüzü için düşünmüşlerdir. Kanat ve kolektör verimleri, kanat tipi ısı kaybı parametresi ve kanat uzunluğunu hesaplayarak ekonomik bir hesap metodunu vermişlerdir [6].

Mohammad, kolektörün üst yüzeyinden olan ısı kaybını azaltmak ve yutucu plakadan sağlanan ısı kazancını maksimum yapmak için, ters-akışlı ısı değiştiricisi şeklinde, ilave bir örtünün kullanıldığı bir kolektör imal ederek, bunun ısı analizini yapmıştır. Ters akışlı hava kanalına sahip kolektörün veriminin, çift saydam örtülü ve hava akışı siyah yüzeyin yukarısında olan kolektöre göre %18 ve bir saydam örtülü kolektöre göre % 25 daha yüksek olduğu belirlenmiştir [7].

Altuntop ve arkadaşları alt kısımdaki bakır levha üzerine siyah mat boyalı, emici yüzey ve üzerine değmeyecek şekilde çapraz biçimde iki katlı yerleştirilmiş, yatayla 600'lik açığa sahip V biçiminde bükülerek oluşturulan siyah mat boyalı sinek telinden ikinci bir emici yüzeyi bulunan matris tip havalı güneş kolektörünü analitik olarak incelemişlerdir [8].

H-M.Yeh ve arkadaşları 2002 yılında yaptıkları

Makale

çalışmalarda kollektörde absorberın altında ve üstünde kanatçıkların olduğu ve absorberın hem altından hem üstünden hava akışının olduğu 3 farklı debi ve 5 farklı kanatçık büyüklüğü için deneyler yaptılar. Yaptıkları deneyler sonucunda en yüksek verimi % 70 olarak buldular [9].

Paisorn Naphon ve Bancho Kontragool 2003 yılında yaptıkları çalışmalarda 5 farklı düzlemsel kollektörün deneysel olarak ısı transferi karakteristiklerini ve ısı performanslarını incelediler. Bu kollektörlerin birincisinde normal bir havalı kollektörü, ikincisinde iki saydam örtülü(iki camlı) bir havalı kollektör, üçüncüsünde yine iki camlı ve alttaki camın, üstünden hava girişi altından ise hava çıkışı olan bir kollektör, dördüncüsünde absorberın (yutucu yüzeyin) hem altından hem üstünden hava akışı olan bir havalı kollektör, beşincisinde ise absorberın üstünden hava girişi altından ise hava çıkışı olan bir kollektör için deneyler yaptılar. Deneysel sonuçlarda normal kollektör için en düşük, absorberın üstünden hava girişinin altından ise hava çıkışının olduğu beşinci model için ise en yüksek verim bulunmuştur [10].

H.D. Ammari 2003 yılında yaptığı çalışmada hava akışının kollektörün yan yüzeyinden olduğu bir kollektör için ısı performans üzerine deneyler yapmıştır. Dört farklı debi için yapılan deneyler sonucunda 50 lt/sn için ısı verim % 72 olarak bulunmuştur [11].

2. FARKLI YÜZEY GEOMETRİLERİNE SAHİP HAVALI KOLLEKTÖRLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Havalı toplayıcılar konusunda bugüne dek yapılmış olan teorik ve deneysel araştırmalar dikkate alınarak ve imkanlar gözönünde tutularak aşağıda gösterilen basit bir deney düzeneği oluşturulmuştur. Sistem tasarlanırken hem istenen amaçlara uygun olmasına hem de ekonomik olmasına dikkat edilmiştir.

İnsanlar tarih boyunca çeşitli enerji kaynaklarından faydalanmışlardır. İlk zamanlar enerji ihtiyacını karşılamak için yalnızca odun, kömür ve benzeri yakacaklar kullanılmış fakat daha sonra bunların yerini petrol ve doğal gaz almaya başlamıştır. Günümüzde

ise halen kullanılmakta olan enerjinin büyük bir kısmı petrol doğal gaz gibi yakacaklardan, hidrolik ve nükleer enerjiden sağlanmaktadır. Ancak teknolojinin gelişmesiyle sanayi yatırımları ve Dünya nüfusunun artması sebebiyle, enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Dünya üzerinde çokça kullanılan petrol, doğal gaz gibi yer altı kaynaklarının yakın gelecekte tükenme ihtimalinin olması ve çevre kirliliğine sebep olmaları nedeniyle yeni enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmuştur.

Dünya, enerjiyi verimli ve tasarruflu bir şekilde kullanmayı amaçlamıştır. Diğer taraftan da alternatif enerji kaynakları bulabilmek için çaba göstermiştir.

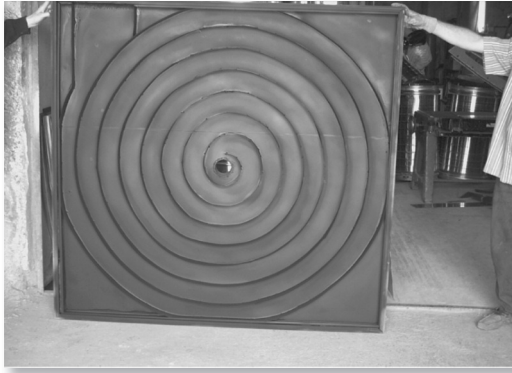
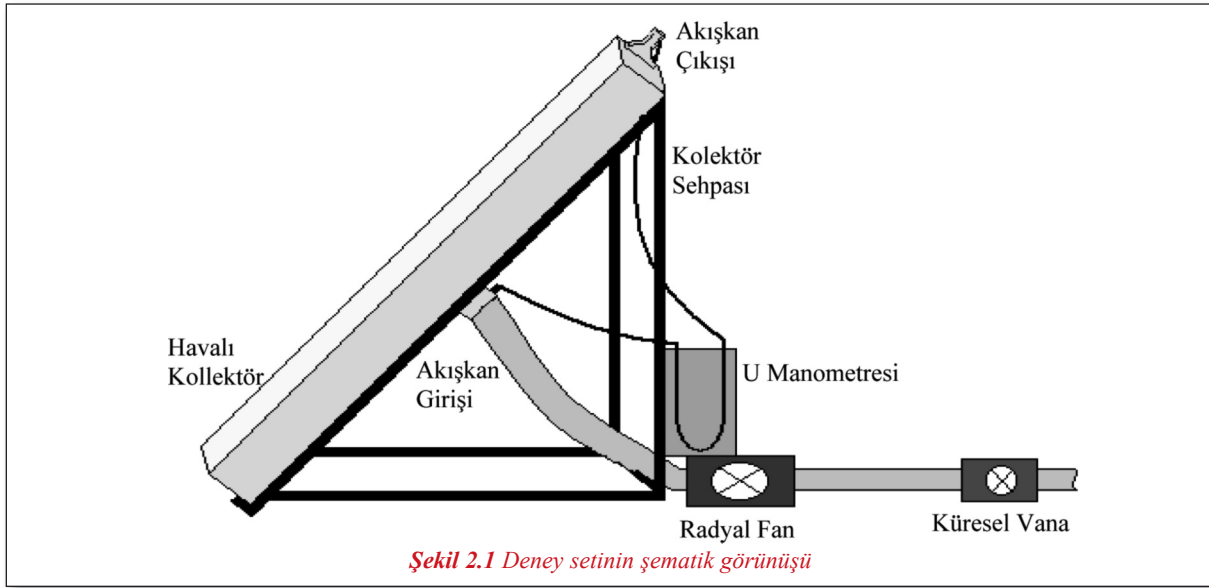
Bundan dolayı kendini yenileyebilen, kolayca faydalanma imkânı sağlayan, çevreye karşı herhangi bir zarar teşkil etmeyen, teknolojik bakımdan yüksek maliyet gerektirmeyen en ideal enerji kaynaklarından biri olan Güneş enerjisine olan rağbet artmıştır.

2.1 DENEYSEL YÖNTEM

Deneylerde özel olarak tasarlanmış üç adet kollektör kullanılmıştır. Bu kollektörler 1,6 x 1,6 m² yüzey alanına sahip olup, saydam örtü olarak 5 mm'lik cam kullanılmıştır. Kollektörlerde hava akışı siyah yüzeyin altından olmaktadır. Kollektöre hava girişi merkezinden, hava çıkışı ise üst köşesinden olmaktadır. Kollektör giriş ve çıkış çapı 75 mm olarak yapılmıştır. Hava akış yolu spiral dönmeli kanal şeklinde tasarlanmıştır. Spiral kanalın aralığı I. Kollektör için 20 cm, II. Kollektör için 15cm, III. Kollektör için 10cm olarak belirlenmiştir. Şekil 2.2'de spiral kanalın fotoğrafı gösterilmektedir.

Anlık ölçüme dayanan test yöntemleri çalışma akışkanı sıvı veya hava olan tüm toplayıcılara uygulanır. Bu yöntem toplayıcıdan geçen ısı transfer akışkanının kütleli debisini, toplayıcıya giriş ve çıkış sıcaklıklarını, toplayıcı düzlemine gelen güneş ışınım miktarını aynı anda ölçmeye dayanır [12].

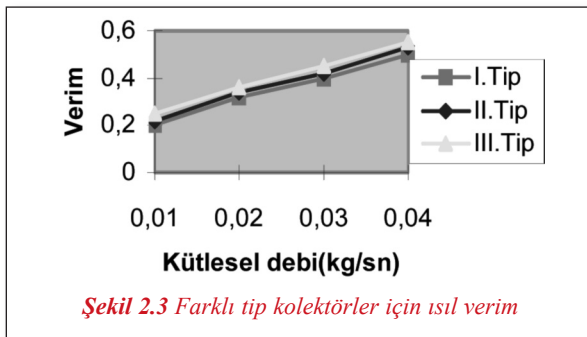
Toplayıcılarda toplam enerjinin, toplayıcı üzerine gelen güneş ışınımına oranı "toplayıcı verimi" olarak tarif edilir. Anlık toplayıcı verimi;



Şekil 2.2 Kollektörlerin iç yüzeyindeki spiral kanallar

$$\eta = \frac{Q}{I \cdot A} \quad (2.1)$$

şeklindedir. Burada Q transfer edilen ısı miktarıdır.

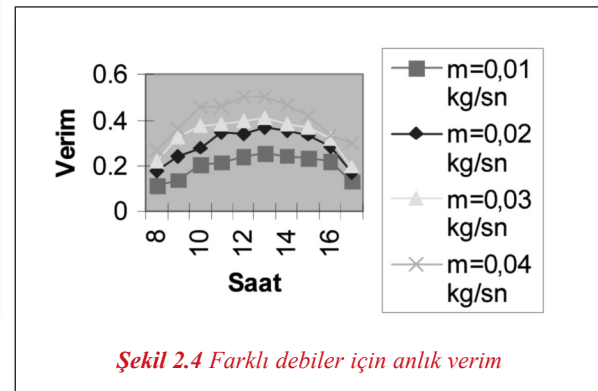


$$Q = m C_p \Delta T \quad (2.2)$$

Bu denklemlerde A: Toplayıcı faydalı yüzey yüzey alanı (m²), I : Yatay düzleme gelen anlık güneş ışınımı vermektedir. Burada ρ (yoğunluk) ve özgül ısı C_p hava sıcaklığına göre havanın fiziksel özellikleri tablolarından seçilmiştir.

Toplayıcıların veriminin incelenmesinde, yerel kaçakların etkisi önemli derecededir. Bu durum toplayıcı boyunca yerel kaçakların belirlenmesini gerekli kılmaktadır. Bizim çalışmamızda toplayıcı boyunca yerel kaçaklar ihmal edilmiştir.

Farklı tip kolektörler için anlık verimler Şekil 2.3'de verilmektedir. Buna göre verim en düşük I. Tip kolektörde sonra sırasıyla II. ve III. Tip kolektörlerde olmaktadır. Bu kolektörlerden en yüksek verime sahip I. Tip kolektör için farklı debilerdeki verim değişimleri Şekil 2.4'de verilmiştir.

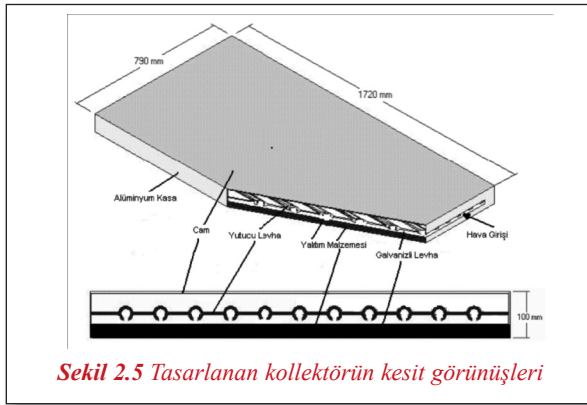


Makale

Tasarlanan kollektörlerde düz bir havalı kollektöre göre % 31-45 oranlarında artış görüldü[13].

Havalı kolektörlerin yüzey geometrilerinin değiştirilmesi konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Bunlardan bazıları; Hüsamettin Bulut ve A. Fatih Durmaz yaptıkları çalışmada Havalı kollektörün yapımında tamamen düz yüzeyli sıvı kollektörlerde kullanılan malzemelerden yararlanmıştır. Yutucu levhada suyun geçtiği oval kesitler kesilerek kanatçık görevi yapması sağlanmıştır. Tam sızdırmazlık sağlanması için kasa ve cam arasında ultraviyole ışınlarına dayanıklı conta kullanılmıştır.

Sekil 2.5’de havalı güneş kollektörünün kesit görünüşleri, Sekil 2.6’da ise sistemin resimleri verilmiştir.

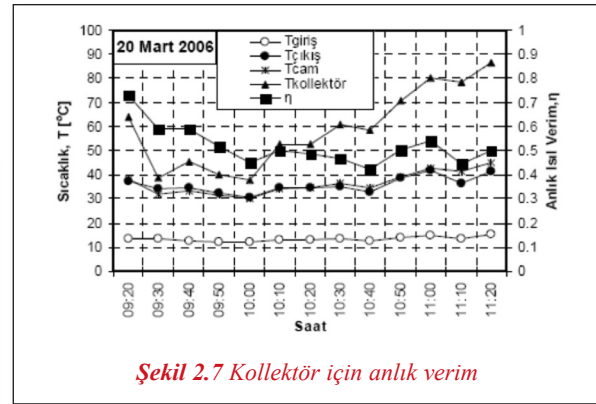


Şekil 2.5 Tasarlanan kollektörün kesit görünüşleri



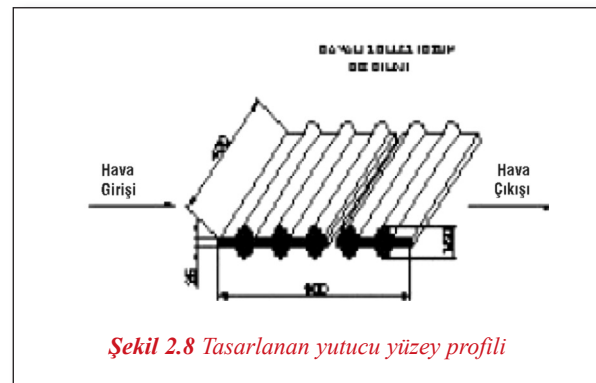
Şekil 2.6 Tasarlanan havalı güneş kollektörünün resimleri

Bu çalışmada, tasarım ve imalatında ekonomiklik, kollektör malzemelerinin kolay temin edilmesi, imalat imkânları ve ısıl özellikler gibi temel parametreler göz önüne alınmış bir havalı güneş kollektörü yapılmış ve performansı Şanlıurfa iklim şartlarında deneysel olarak analiz edilmiştir. Havalı güneş kollektörünün anlık ve ortalama ısıl verimi hesaplanmıştır (Şekil 2.7). Tasarımı ve imalatı yapılan bir havalı güneş kollektörünün ısıl performansı, Şanlıurfa iklim şartlarında deneysel olarak incelenmiştir. 8 farklı günde yapılan ölçümler sonucunda havalı güneş kollektörünün ortalama ısıl verimi %53 olarak hesaplanmıştır[17].



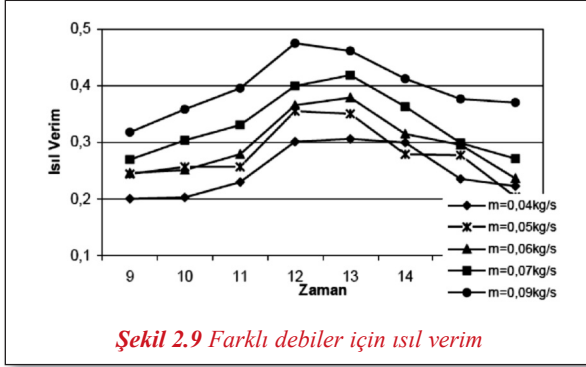
Şekil 2.7 Kollektör için anlık verim

İrfan KURTBAŞ ve Aydın DURMUŞ yaptıkları çalışmada Elazığ yöresinde yetişen kayısıların yine aynı bölge şartları altında güneş enerjisi yardımıyla kurutulmasında, kayısı yüzey sıcaklığı deneysel olarak tespit edilmiştir. Deneylerde havalı güneş kollektörü ve dikey konumlu tepsili kurutucu kullanılmıştır. Çalışmada havalı güneş kollektörü olarak ondülin yüzey profilli yeni bir tip kollektör tasarlanmıştır (Şekil 2.8).

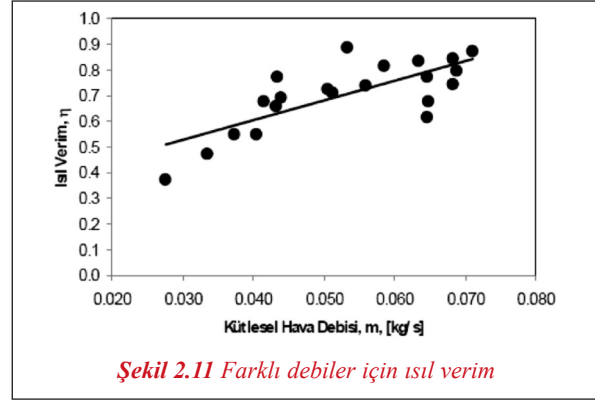
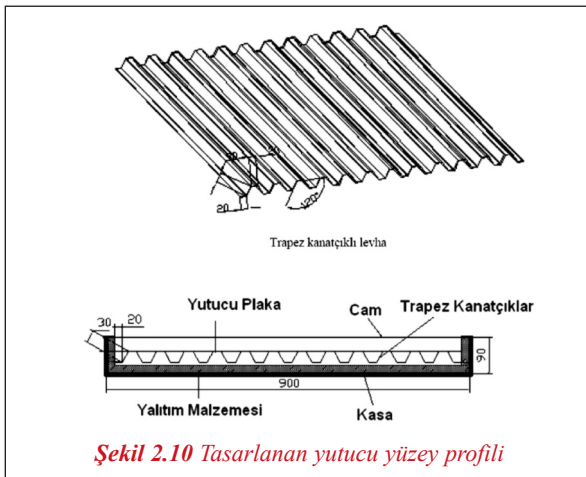


Şekil 2.8 Tasarlanan yutucu yüzey profili

Elazığ ilinde 2000 yılının Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında çekirdeği çıkartılmış, yaklaşık eşit büyüklüklere sahip kayısılar üzerinde yapılan Deney düzeneğinde kullanılan havalı kollektörün anlık ısı verimi, hava debisine bağlı olarak % (44-72) arasında değişmiştir (Şekil 2.9) [18].



Hüsamettin BULUT, Asım Fatih DURMAZ Mehmet Azmi AKTACİR yaptıkları çalışmada Tasarımı ve imalatı yapılan bir trapez kanatçıklı havalı güneş kollektörünün ısı performansını, Şanlıurfa kış iklim şartlarında deneysel olarak incelemiştir (Şekil 2.10). Havalı güneş kollektörünün çevre havası sıcaklığını önemli bir derecede artırdığı ve çıkış havası sıcaklığının ortalama olarak 31 °C olduğu görülmüştür. Kollektörün giriş hava sıcaklığını ortalama 16.4 °C artırdığı tespit edilmiştir. Havalı güneş kollektörlerinin havalandırma için gerekli dış havanın ısıtılmasında kullanılabilirliği görülmüştür. Farklı günlerde yapılan ölçümler sonucunda havalı güneş kollektörünün ortalama ısı verimi %71 olarak hesaplanmıştır (Şekil 2.11)[19].



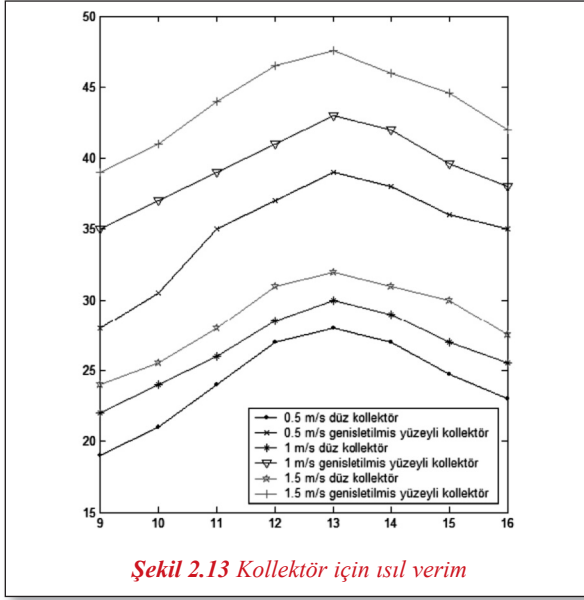
Gülşah ÇAKMAK, Cengiz YILDIZ yaptıkları çalışmada yeni geliştirilen havalı güneş kollektörlerinin verimini araştırmıştır. Bu amaçla türbülans etkisi artırılmış genişletilmiş yüzeyli kollektör dizayn edilmiş ve hava hızı ve zamana bağlı olarak verimler tespit edilmiştir (Şekil 2.12). Deneyler temmuz ayında



Elazığ'da yapılmıştır. Elde edilen veriler ile aynı boyutta klasik düz yüzeyli havalı güneş kollektörü ile yapılan deneylerdeki kollektör verimleri mukayese edilmiştir. Aynı anda çalıştırılan düz yüzeyli havalı kollektör ve genişletilmiş yüzeyli havalı kollektörlerde 0.5 m/s, 1m/s ve 1.5 m/s olmak üzere üç farklı hava debisinde deneyler yapılmış, kollektör giriş, çıkış sıcaklıkları ve güneş ışınım şiddeti değerleri grafiklere aktarılmıştır. Geliştirilen havalı güneş kollektörünün ortalama ısı veriminin düz yüzeyli kollektöre göre % 15 daha iyileştiği tespit edilmiştir (Şekil 2.13) [20].

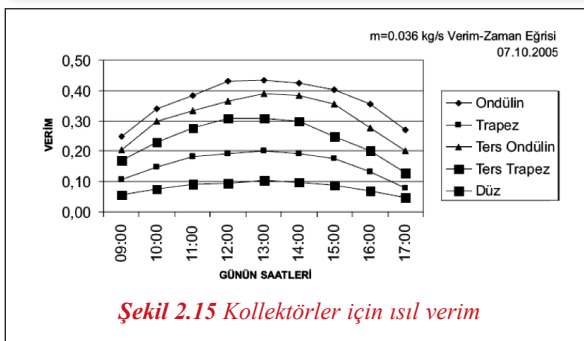
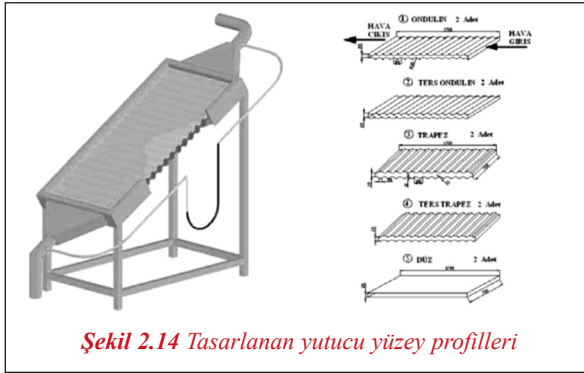
Hüseyin BENLİ ve Aydın DURMUŞ'un yaptıkları çalışmada, bir serada ısıtma gereksinimleri karşılayacak güneş hava kollektörlerinin ve Faz Değiştirici Malzemelerin performansları araştırılmıştır. Sera içerisinde bulunan gizli ısı depolama tankı, faz

Makale



değiştirici malzeme ile doldurulmuş, gün ışınının olduğu saatlerde havalı güneş kolektörleri yardımıyla sera ısıtılması ve kimyasal madde şarj edilmiştir.

Yapılan çalışmada kullanılan kolektörlerle yapılan deneylerde çalışılan debide, verimzaman eğrilerinde, 07.10.2005 tarihinde maksimum verim % 43 ile ondülin tip kolektörlerde bulunmuştur (Şekil 2.14-15)[21].



3. EKSERJİ ANALİZİ

Teorik olarak ekserji çevre şartları ile dengede olan tersinir bir işlem sonucunda elde edilen maksimum işin ortalaması olarak tanımlanır. Bu tanıma göre ekserjiyi hesaplamak için çevre şartlarının bilinmesi gerekir [14].

Sürekli akışlı sürekli açık bir sistem için ekserji dengesi aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\sum E_i - \sum E_0 + \sum E_{\text{Üretilen}} = 0 \quad (3.1)$$

Kayıp iş maksimum iş ile gerçek iş arasındaki fark olarak tanımlanabilir.

$$W_{\text{kayta}} = W_{\text{maksimum}} - W_{\text{gerçek}} = E \quad (3.2)$$

Bu ifade ekserji kaybı eşitliğidir. Sonuç olarak açık sistemlerde ekserji kaybı;

$$E = \sum \dot{m}_i (h_i - T_e S_e) - \sum \dot{m}_0 (h_0 - T_e S_0) + \sum Q \left(1 - \frac{T_e}{T_s} \right) - W \quad (3.3)$$

Denklem 3.3. kolektörde ekserji dengesini verir. Bu denklem yazılırken kolektör için tek girişli ve tek çıkışlı, ideal akışkan olarak hava, sürekli bir akış kabulleri yapılarak [15],

$$E = \dot{m} (e_i - e_0) + E_R \quad (3.4)$$

yazılabilir.

Burada;

$$e_i = (h_i - T_e S_i) - (h_e - T_e S_e) \quad (3.5)$$

$$e_0 = (h_0 - T_e S_0) - (h_e - T_e S_e) \quad (3.6)$$

Bu denklemler denklem 6.4' de yerine konulursa;

$$E = \dot{m} ((h_i - H) - T_e (S_0 - S_i)) + IA \left(1 - \frac{T_e}{T_s} \right) \quad (3.7)$$

olarak bulunur [16].

Entalpi ve entropi değişimi;

$$\Delta h = C_p \Delta T \quad (3.8)$$

$$\Delta S = C_p \ln \left(\frac{T_0}{T_i} \right) - R \ln \left(\frac{P_0}{P_i} \right) \quad (3.9)$$

yazılır. Bu denklemler 6.7 eşitliğinde yerine yazılır-
sa;

$$E = \dot{m} C_p \Delta T + \dot{m} C_p T_c \ln \left(\frac{T_0}{T_i} \right) \quad (3.10)$$

$$- \dot{m} R T_c \ln \frac{P_0}{P_i}$$

$$+ IA \left(1 - \frac{T_0}{T_i} \right)$$

elde edilir.

Boyutsuz ekserji kaybı ise aşağıdaki gibi yazılır[16].

$$E_D = \frac{E}{Q} \quad (3.11)$$

$$= \frac{T_e}{\Delta T} \ln \left(\frac{T_0 / T_i}{\left(\frac{P_0}{P_i} \right)^{\frac{k}{k-1}}} \right) + \frac{1}{\eta} \left(1 - \frac{T_e}{T_s} \right) - 1$$

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda güneş kolektörleri ile ilgili yapılan çalışmalarda temel amaç kolektörün ısı veriminin yükseltilmesi konusunda olmaktadır.

Yapılan çalışmalarda havalı kolektörlerin yutucu yüzey geometrisinin değiştirilmesiyle veya akım yolunun uzatılmasıyla kolektörün ısı veriminde önemli artışlar sağlanmaktadır. Gerek bizim çalışmalarımızda gerekse diğer yapılan çalışmalarda kolektör verimlerinde dikkate değer artışlar görülmektedir. Havalı kolektörlerin mevcut teknolojik imkânlarla kullanımının uygun olduğu ayrıca sulu kolektörlere göre de maliyetinin fazla olmadığı görülmektedir.

Ciddi bir güneş enerjisi potansiyeline sahip ülkemizde tarım ve orman endüstrisinde kurutma işlemlerinde bina ve hacim ısıtılmasında ve elektrik üretiminde rahatlıkla kullanılabilir.

SEMBOLLER

Q Transfer edilen ısı miktarı (W)

W İş (J)

Re Reynolds sayısı (-)

Nu Nusselt sayısı (-)

Pr Prandtl sayısı (-)

I Işınım şiddeti (W/m²)

E Ekserji kaybı (W)

E_D Boyutsuz Ekserji kaybı (-)

e Özgül akış ekserjisi (J/kg)

h Entalpi (J/kg)

S Entropi (J/kg.K)

C_p Sabit basınçta özgül ısı (J/kg.K)

C_v Sabit hacimde özgül ısı (J/kg.K)

R İdeal gaz sabiti (J/kg.K)

k Adyabatik üs (-)

ΔP Basınç farkı (N/m²)

m Kütleli debi (kg/sn)

T Sıcaklık (°C)

T_e Ortam sıcaklığı (K)

T_s Güneş sıcaklığı (Yaklaşık 5760 K)

A Alan (m²)

ALT İNDİSLER

i Giriş

o Çıkış

e Çevre

KAYNAKLAR

1. Yeh, H., Ting C., Efficiency of Solar Air Heaters Packed With iron Fillings, Energy, 13, 7, 543-547, 1987.
2. Garg, H. P. And Datta, G., Performance Studies On A Finned-Air Heater, Energy, 14, 2, 87-92, 1988.
3. Parker, B. F. Lindley, M. R., Colliver, D. G., Murphy, W. E., 1998, Thermal Performance Of Three Solar Air Heaters, Solar Energy, 13, 7, 543-547.
4. Binark, K., Deliçay, □., Hava Isıtılmalı Güneş

Makale

- Kollektörleri Dizaynı. Isı Bilimi Tekniği 9. Ulusal Kongresi, Elazığ, S.204- 212, 1993.
5. Yeh, H., Lin, T., Efficiency Improvement Of Flat Plate Solar Air Heaters Energy, 21, 6, 435-443, 1995.
 6. Tırıs, M., Tırıs, Ç., Erdallı, Y., Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri, Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri Ve Çevre Araştırma Enstitüsü, İst., 1997.
 7. Mohammad, A. A., Counter-Current Solar Air Heater. Proceedings Of The First Trabzon International Energy And Environment Symposium, 1996.
 8. Altıntop, N., Demiral, D., Çınar, G., Matrix Tip Düzlemsel Havalı Güneş Kollektörlerin Analitik Ve Deneysel İncelenmesi. Ulıbtk'97 11. Ulusal Isı Bilimi Ve Tekniği Kongresi, Edirne, 992-1001s, 1997.
 9. H-M. Yeh, C-D. Ho, J-Z. Hou, Collector Efficiency of Double-Flow Solar Air Heaters with Fins Attached, Energy, 27, 715-727, 2002.
 10. Paisorn N, Bancho K., Theoretical Study On Heat Transfer Characteristics And Performance Of The Flat-Plate Solar Air Heaters, İnt. Comm. Heat Mass Transfer, 30, 8, 1125-1136, 2003.
 11. Ammari, H.D., A mathematical Model Of Thermal Performance Of A Solar Air Heater With Slats, Renewable Energy, 28, 1597-1615, 2003.
 12. Kılıç, A., Öztürk, A., Güneş Enerjisi, Kipaş Dağıtımcılık, İstanbul 1980.
 13. Karakaya, H., Değişik Yüzey Geometrilerine Sahip Havalı Kollektörlerin Tasarlanması ve Isıl Performansının Deneysel Olarak Araştırılması, F.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Elazığ, 2005.
 14. Durmus A., Heat Transfer and exergy loss in a concentric heat exchanger with snail entrance, İnt. Comm. Heat and Mass Transfer, 29, 303-312, 2002.
 15. Yorgancıoğlu, H., Second low optimization –cooled flat-plate solar collectors, MS tesis, Mechanical Engineering Department, METU, 1996.
 16. Kurtbas, İ., Durmus A., Efficiency and Exergy Analysis of a new Solar Air Heater, Renewable Energy, 29, 148 1. 9-1501, 2004.
 17. Bulut, H., Durmaz, F., Bir Havalı Güneş Kollektörünün Tasarımı, İmalatı ve Deneysel Analizi, UGHEK 06: I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, Eskişehir, 168-175, 2006.
 18. Durmuş, A., Yeni Tasarlanan Havalı Kollektör Yardımı ile Elazığ Yöresi Kayıslarının Kurutulması ve Kollektör Verimi, Balıkesir Üniversitesi IV. Mühendislik-Mimarlık Sempozyumu, Balıkesir, 401-408, 2002.
 19. Bulut, H, Durmaz, F., Aktacı, M., Bir Havalı Güneş Kollektörünün Isıl Performans Analizi, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, 53-61, Mersin, 2007.
 20. Çakmak, G., Yıldız, C., Türbülans Etkisi Artırılmış Genişletilmiş Yüzeyle Havalı Güneş Kollektöründe Verim Analizi, Fırat Üniversitesi Fen ve Müh. Bil. Dergisi, 20 (4) 641-648, Elazığ, 2008.
 21. Benli, H., Durmuş, A., Havalı Güneş Kollektörleri ve Gizli Isı Depolama Yöntemi Kullanılarak Sera Isıtılması, Mühendis ve Makine, 48 (569) 16-25, 2007.