

PAPER DETAILS

TITLE: Hava Isitmali Günes Kollektörlerinin Dolgu Malzemeleri Kullanılarak Verimlerinin Arttirilmesi

AUTHORS: Recep KÜLCÜ, Yesim EMEN

PAGES: 20-27

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/900488>



Hava Isıtmalı Güneş Kolektörlerinin Dolgu Malzemeleri Kullanılarak Verimlerinin Arttırılması

Yeşim EMEN^a, Recep KÜLCÜ^{b*}

^a Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, TÜRKİYE

^b Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Ziraat Mühendisliği Fakültesi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta, TÜRKİYE

*Sorumlu yazar e-posta adres: recepkulcu@isparta.edu.tr

ÖZET:

Bu çalışma kapsamında hava ısıtmalı güneş kolektörleri olarak adlandırılan ve tarımda ürün kurutma, sera ısıtma ve mekân ısıtma uygulamalarında yaygın olarak kullanılan sistemler konu edilmiştir.

Laboratuvar şartlarında farklı dolgu malzemeleri kullanılarak hava ısıtmalı güneş kolektörlerinin ısı verimlerinin arttırılması hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda dolgu malzemesi olarak; demir talaşı, andezit taşı ve metal bulaşık teli kullanılmıştır. Kullanılan dolgu malzemeleri laboratuvar şartlarında 5 farklı hava hızı (0,6 m/s, 0,9 m/s, 1,2 m/s, 1,8 m/s, 2,4 m/s) kullanılarak ve sabit ışınlam şiddeti (1000 W/m^2) uygulanarak test edilmiştir.

Deneyisel verilerden elde edilen sonuçlara göre ısı verimleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak kullanılan dolgu malzemeleri arasında en yüksek verimin andezit taşı kullanılarak ve 2,4 m/s hava hızında elde edildiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Hava Isıtmalı Güneş Kolektörü, Dolgu Malzemeleri

Increasing of Solar Air Heating Collector's Efficiency Using Filling Materials

ABSTRACT:

In this study, air heating solar collectors which are widely used in agriculture, drying of agricultural products, greenhouse heating and space heating applications are evaluated.

It is aimed to increase the thermal efficiency of solar collectors with air heating by using different filling materials under laboratory conditions. In line with this target, as filling material; iron shavings, andesite stone, metal dish wire were used. Filling materials used in laboratory conditions using 5 different air velocities (0.6 m/s, 0.9 m/s, 1.2 m/s, 1.8 m/s, 2.4 m/s) using constant radiation intensity (1000 W/m^2).

Thermal yields were calculated according to the results obtained from experimental data. As a result, it was seen that the highest yield among the filling materials used was obtained by using andesite stone at an air velocity of 2.4 m/s.

Keywords: Renewable Energy, Solar Air Heating Collector, Porous Material

1. GİRİŞ

Ülkelerin kullanmış olduğu enerji miktarı ve kaynaklarına göre dağılımı, o ülke hakkında kalkınma, refah ve gelişmişlik gibi birçok konuda bilgi verir. Genel olarak sanayisi gelişmiş ve yaşam standartları yüksek olan ülkelerde enerji tüketimi fazladır.

Dünyadaki enerji tüketiminin büyük kısmı fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Fosil yakıtların kullanılmasıyla atmosfere yayılan karbon dioksit, kükürt dioksit, azot oksit, toz ve kurum çevreyi kirletip ölümlere yol açmaktadır. Aynı zaman da karbon dioksit ve benzeri sera gazları, küresel iklim değişikliğine etkileri nedeniyle fosil kaynakların terk edilmesinin gerekli olduğunu bize göstermektedir [1].

Dünya ülkelerinde tüketilen enerjinin yaklaşık %39'unu petrol, %27'sini kömür ve %21'ini doğalgaz, %13'ünü hidroelektrik ve yenilenebilir enerji kaynakları oluşturmaktadır. Toplamda dünyada tüketilen enerjinin %87'sini fosil yakıtlar oluşturmaktadır [2]. Enerji uzmanlarının tahminlerine göre petrol rezervlerinin yaklaşık olarak 40 yıl, doğalgaz rezervlerinin ise 62 yıl ömrü kalmıştır [1].

Yenilenebilir enerji, insanların ihtiyacı olduğu sürece kullanabilecekleri, yani belli bir rezerve bağlı olmayan ve dönüşümleri sonucunda doğal çevrimin dışında sera gazı emisyonlarına neden olmayan kaynaklara verilen bir isimdir.

Yenilenebilir enerji kaynakları güneş, rüzgâr, biokütle, hidroelektrik, dalga ve jeotermal enerjidir [3].

Türkiye bulunduğu coğrafi konum sebebiyle

güneş enerjisi bakımından şanslı durumdadır. Dünyada güneş kuşağı olarak adlandırılan enlemler arasında yer almaktadır. Sahip olduğu bu potansiyeli kullanabilmek için, güneş enerjisinden yararlanan sistemlerin arttırılması hedeflenmektedir [4].

Güneş enerjisi sistemleri, ülkemizde, genellikle konutlarda sıcak su temini için kullanılmaktadır ve bu sistem düzlemsel güneş kolektörleriyle sağlanmaktadır. Yapılan bu çalışmada ele alınan hava ısıtmalı güneş kolektörleri, güneş enerjisinin yutucu plaka tarafından ısı enerjisiye dönüştürülüp, bu enerjinin akışkan olarak havaya aktarıldığı sistemlerdir. Hava ısıtmalı güneş kolektörleri genellikle, mekân ve sera ısıtma, tarımda ürün kurutma gibi uygulamalarda kullanılmaktadır [5].

Hava ısıtmalı güneş kolektörlerinde ısı verimliliği arttırmak amacıyla literatürde çok farklı yöntemlerin uygulandığı çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar ısı verimi arttırmak amacıyla; farklı yutucu yüzey malzemeleri, farklı yutucu yüzey profilleri ve dolgu malzemelerinin geliştirilmesi alanlarında yoğunlaşmaktadır.

Kırbaş (2006), labirentli tip hava ısıtmalı güneş kolektörünün verimi deneysel olarak tespit etmiştir. Kolektör üç değişik hava debisinde farklı gün ve sıcaklık koşullarında denenmiştir. Deneysel verilere göre hava hızı arttıkça kolektör veriminin de arttığı gözlenmiştir [6].

Bayrak (2011), 5 farklı tipteki hava ısıtmalı güneş kolektörlerinin ısı performans analizlerini incelemiştir. Bu kolektörlerin emici yüzeyine, kalınlıkları 6 ve 10 mm, yüzey alanları 50 cm² olan, kapalı hücreli alüminyum köpükler yerleştirmiştir. Alüminyum köpükleri, plaka

üzerine, şaşırtmalı ve şaşırtmasız olarak yerleştirmiş ve ayrıca düz kolektör için de deneyleri aynı şartlarda yapmıştır. Deneyleri, 0.016 kg/s ve 0.025 kg/s olmak üzere iki farklı hava debisinde yapmıştır. Toplam olarak, 16 farklı parametreyi incelediği çalışma sonucunda, 6 mm şaşırtmalı kolektörün tüm debi değerlerinde en yüksek verime sahip olduğu tespit etmiştir [7].

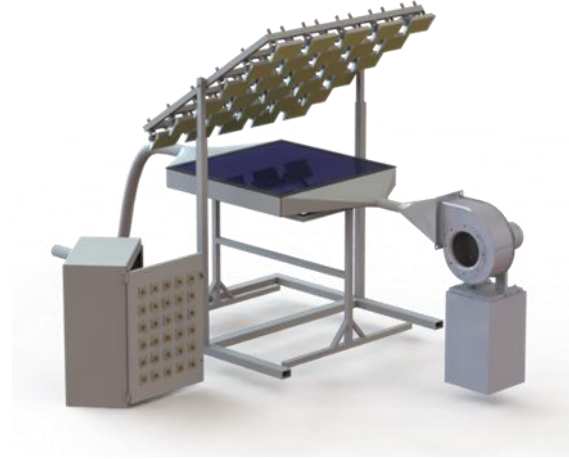
Bu çalışma kapsamında hava ısıtmalı güneş kolektörlerinde ısı verimi arttırmak amacıyla farklı dolgu malzemeleri kullanılmıştır ve laboratuvar koşullarında test edilmiştir

2. MATERİYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Deney sisteminde galvanizli sac malzemeden imal edilen güneş kolektörü kullanılmıştır. Sistemin çalışma prensibi özetle, ortamdaki havanın radyal fan yardımıyla sisteme verilmesiyle gerçekleşmektedir. Deney sistemine üflenen havanın debisi, kolektör kesit alanı ve anemometre kullanılarak ölçülen hava hızı değerlerine göre belirlenmiştir. Kurulan deney sisteminde, güneş ışınlamı, güneş simülatöründen yararlanılarak sağlanmıştır. Yapılan deneylerde kolektör yüzeyine gelen ışınlam miktarı radyometre ile ölçülüp, güneş simülatörü üzerindeki dimmer anahtarları yardımıyla ayarlanmış ve 1000 W/m^2 olacak şekilde sabitlenmiştir. Deney sisteminin sıcaklığını ölçmek için K-tipi ısı çiftlerinden yararlanılmıştır. Isıl çiftler yardımıyla 3 farklı noktada sıcaklık ölçümü yapılmıştır. Bunlar; çevre sıcaklığı, kolektör iç yüzey sıcaklığı ve kolektör içinden çıkan çıkış havası sıcaklığıdır. Deneyde kullanılan ısı çiftlerinden alınan veriler, veri kaydedicisi yardımıyla

bilgisayara aktarılmıştır. Deney düzeneği Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Deney Düzeneği

2.1.1. Deney Düzeneğinde Kullanılan Ekipmanlar

Deney düzeneğinde güneş kolektörü, güneş simülatörü, dolgu malzemeleri, radyal fan ve ölçüm cihazları kullanılmıştır. Kullanılan ekipmanlar incelendiğinde;

Deney sisteminde kullanılan güneş kolektörü $110 \times 80 \times 10$ cm boyutlarında galvanizli sac malzemeden yapılmıştır. Kolektörde üst örtü malzemesi olarak 2 mm kalınlığında cam kullanılmıştır. Cam üstü örtünün alt kısmında 2,5 cm mesafede 102×73 cm boyutlarında siyah mat boyayla boyanmış, galvanizli sacdan imal edilmiş yutucu plaka yerleştirilmiştir. Yutucu plakanın alt kısmında, $110 \times 80 \times 3$ cm boyutlarında dikdörtgen kesitli hava geçiş kanalı oluşturulmuştur. Şekil 2’de güneş kolektörü gösterilmiştir.



Şekil 2. Güneş Kolektörü

Güneş simülatörü üzerinde 30 adet 330 W gücünde halojen lamba bulunmaktadır. Simülatörde bulunan lambaların her birini ayrı kontrol edebilen dimmer anahtarları sayesinde,

kolektör yüzeyine gelen ışıının şiddeti ve dağılımı ayarlanmıştır. Güneş ışıının geliş açısı da ayarlanabilmektedir. Güneş simülatörü 0-1350 W/m² aralığında ışıınım verebilmektedir. Güneş simülatörü ve kontrol paneli Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 3. Güneş Simülatörü ve Kontrol Paneli

Deneyde kullanılan hava, fan yardımıyla sisteme üflenmiştir. Kullanılan fanın en yüksek hacimsel debisi; 1800 m³/saat, gerilimi; 220-230 V, frekansı; 50 Hz. ve güç değeri; 580 W’ tır. Kolektörün hava çıkış kanalına bağlanan fanın debisi, denemeler boyunca 5 farklı seviyede ayarlanmıştır. Radyal fan Şekil 4’te gösterilmiştir.



Şekil 4. Radyal fan

Ölçüm cihazlarına bakıldığında; kolektörün hava sıcaklıklarını ölçmek amacıyla Extech SD 2000 model 3 kanallı 3 adet ısı çifti kullanılmıştır. Isıl çiftlerden birincisi kolektörün içine, ikincisi çıkış borusunun ucuna, üçüncüsü çevre sıcaklığını ölçmek amacıyla konumlandırılmıştır.

Kolektörün hava çıkış kanalına sabitlenen radyal fanın debisi, CEM DT-8880 model kızgın telli anemometre kullanılarak ölçülen hava hızı değeri kullanılarak belirlenmiştir. Bu cihazın işlem sıcaklığı 0-50°C ve ölçebileceği hava hızı 0.1-25 m/s

aralığındadır.

Yapılan deneylerde güneş simülatörü tarafından, kolektör yüzeyine gelen ışıınım şiddetlerinin ölçülmesinde Delta Ohm marka HD2102.2 model Radyometre kullanılmıştır. Bu cihaz, 0-2000 W/m² arasında ölçüm yapabilmektedir. Kullanılan ölçüm cihazları Şekil 5’de gösterilmiştir.



Şekil 5. Ölçüm cihazları

Dolgu malzemesi olarak 60 adet metal bulaşık teli, kolektörün içini dolduracak kadar metal talaşı ve 2x2x2 cm boyutlarında kare şeklinde kesilmiş andezit taşları kullanılmıştır. Fan tarafından sisteme gönderilen hava, kolektör akış kanalına girdiğinde kullanılan dolgu malzemesiyle karşılaşmaktadır. Bu aşamada, dolgu malzemesinin, kolektör tarafından kazanılan ısıyı depolaması ve ısı verimi arttırması hedeflenmiştir. Kullanılan dolgu malzemelerinin kolektör içine yerleştirilmiş hali Şekil 6’da gösterilmiştir.



Şekil 6. Dolgu malzemeleri

2.2. Yöntem

Yapılan deneysel çalışma kapsamında 5 farklı hava hızı (0,6 m/s, 0,9 m/s, 1,2 m/s, 1,8 m/s, 2,4 m/s) ve sabit ışıınım şiddeti (1000 W/m²) kullanılmıştır. Bu çalışmada, hava ısıtmalı güneş kollektörlerinin farklı dolgu malzemeleri kullanılarak ısı verimlerinin arttırılması hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda dolgu

malzemesi olarak; demir talaşı, andezit taşı, metal bulaşık teli kullanılmıştır. Deney çalışmaları, ISUBÜ Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü Yenilenebilir Enerji Kaynakları laboratuvarında yapılmıştır.

Laboratuvar şartlarında, deney sisteminde uygulanabilecek maksimum hava hızı 2,4 m/s olarak belirlenmiştir. Deney sisteminde kullanılan güneş simülatörü 1000 W/m² ışınlam şiddetine ve 90° geliş açısına sabitlenmiştir. Güneş simülatörü, her denemede 2 saat çalıştırılmıştır. Kolektör yüzeyine gelen yapay güneş ışınlamı bu sayede sağlanmıştır. Güneş simülatörü kapatıldıktan sonra kolektör çıkış sıcaklığı, ortam sıcaklığının %10 seviyesine gelinceye kadar radyal fan kapatılmamış sadece simülatör kapatılmıştır.

Deneyisel veriler kullanılarak elde edilen ısı verim değerleri karşılaştırılarak, dolgu malzemeleri için en başarılı tasarım ve hava hızı değeri ortaya konulmuştur.

Kolektör içinden geçen havanın kütleli debisini etkileyen 3 değişken vardır. Bunlar; havanın yoğunluğu, hava çıkış kanalının kesit alanı ve hava akış hızıdır. Havanın kütleli debisi, 1 numaralı eşitlikle ifade edilmiştir [8].

$$\dot{m} = \rho A_c V \dots \dots \dots (1)$$

Yukarıdaki eşitlikte belirtilen ($\dot{m}$) havanın kütleli debisini, (ρ) havanın yoğunluğunu, (A_c) kolektör çıkış kesit alanını, (V) hava akış hızını ifade etmektedir.

Havanın kütleli debisi hesaplandıktan sonra bulduğumuz değerler faydalı enerjinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Faydalı enerji 2 numaralı eşitlikle belirtilmiştir [8].

$$Q = \dot{m} C_p (T_c - T_g) \dots \dots \dots (2)$$

Burada (Q) faydalı enerjiyi, (C_p) havanın özgül ısı değerini, (T_c) kolektörün çıkış sıcaklık değerini, (T_g) kolektörün giriş sıcaklık değerini ifade etmektedir.

Kolektör ısı verimi, 3 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır. Buradan hareketle ısı verim, faydalı enerjiye miktarına, kolektör yüzeyine düşen ışınlam şiddetine ve kolektör yüzey alanına bağlıdır [8].

$$\eta = \frac{Q}{I \times A} \dots \dots \dots (3)$$

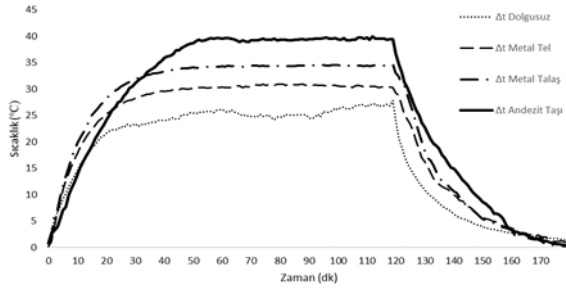
Yukarıdaki eşitlikte yer alan (I) ışınlam şiddetini (W/m²), (A) kolektör yüzey alanını ifade etmektedir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Kolektör denemelerinde 3 farklı noktadan sıcaklık ölçümü yapılmıştır. Kolektör denemelerinden elde edilen sonuçlar farklı hava hızlarına ve kullanılan dolgu malzemelerine göre gruplandırılmıştır. Her bir deneme için sıcaklık farkı (Δt , kolektöre giren ve çıkan havanın sıcaklıkları arasındaki fark) değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlerden yola çıkılarak verim hesabı gerçekleştirilmiştir.

3.1. 0,6 m/s Hava Hızında Hesaplanan Δt Değerleri

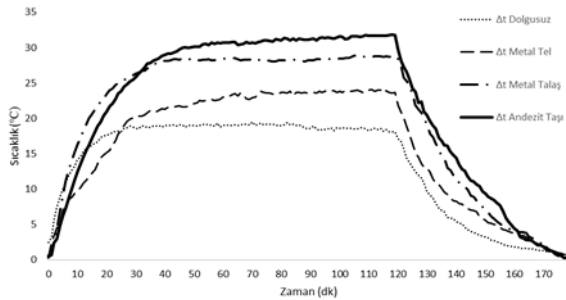
Denemelerde, 0,6 m/s hava hızında yapılan ölçümler sonucunda Δt değerlerinin sıcaklık ve zamana bağlı değişimlerinin grafiksel görünümü Şekil 7’de gösterilmiştir. Grafiğe bakıldığında dolgu malzemesi olarak andezit taşı kullanıldığında sıcaklık farkının en yüksek değeri 39,6°C olarak hesaplandığı görülmektedir. En yüksek sıcaklık farkının hesaplandığı noktada diğer dolgu malzemelerinin Δt değerleri sırasıyla metal talaş 34,2°C, metal tel 30,4°C, dolgu malzemesinin olmadığı durumda ise 26,1°C olarak hesaplandığı görülmektedir.



Şekil 7. 0,6 m/s hava hızındaki Δt değerlerinin grafiksel görünüşleri

3.2. 0,9 m/s Hava Hızında Hesaplanan Δt Değerleri

Denemelerde, 0,9 m/s hava hızında yapılan ölçümler sonucunda Δt değerlerinin sıcaklık ve zamana bağlı değişimlerinin grafiksel görünüşleri Şekil 8’de gösterilmiştir. Grafığe bakıldığında dolgu malzemesi olarak andezit taşı kullanıldığında sıcaklık farkının en yüksek değeri 31,9°C olarak gerçekleştiği görülmektedir. En yüksek sıcaklık farkının hesaplandığı noktada diğer dolgu malzemelerinin Δt değerleri sırasıyla metal talaş için 28,8°C, metal tel için 23,6°C, dolgu malzemesinin olmadığı durumda ise 18,1°C olarak hesaplandığı görülmektedir.

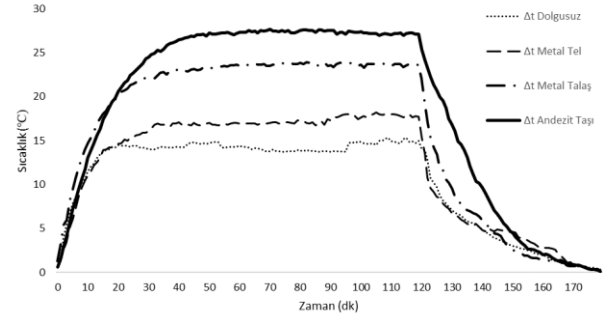


Şekil 8. 0,9 m/s hava hızındaki Δt değerlerinin grafiksel görünüşleri

3.3. 1,2 m/s Hava Hızında Hesaplanan Δt Değerleri

Denemelerde, 1,2 m/s hava hızında yapılan ölçümler sonucunda Δt değerlerinin sıcaklık ve zamana bağlı değişimlerinin grafiksel görünüşleri Şekil 9’da gösterilmiştir. Grafığe bakıldığında dolgu malzemesi olarak andezit taşı kullanıldığında sıcaklık farkının en yüksek değeri 21,4°C olarak hesaplandığı görülmektedir. En yüksek sıcaklık farkının hesaplandığı noktada diğer dolgu malzemelerinin Δt değerleri sırasıyla metal talaş için 19,5°C, metal tel için 13,8°C, dolgu malzemesinin olmadığı durumda ise 11,1°C olarak hesaplandığı görülmektedir.

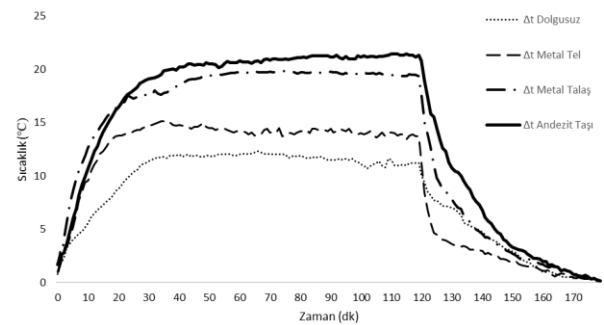
kullanıldığında sıcaklık farkının en yüksek değeri 27,7°C olarak hesaplandığı görülmektedir. En yüksek sıcaklık farkının hesaplandığı noktada diğer dolgu malzemelerinin Δt değerleri sırasıyla metal talaş için 23,5°C, metal tel için 17,1°C, dolgu malzemesinin olmadığı durumda ise 13,8°C olarak hesaplandığı görülmektedir.



Şekil 9. 1,2 m/s hava hızındaki Δt değerlerinin grafiksel görünüşleri

3.4. 1,8 m/s Hava Hızında Hesaplanan Δt Değerleri

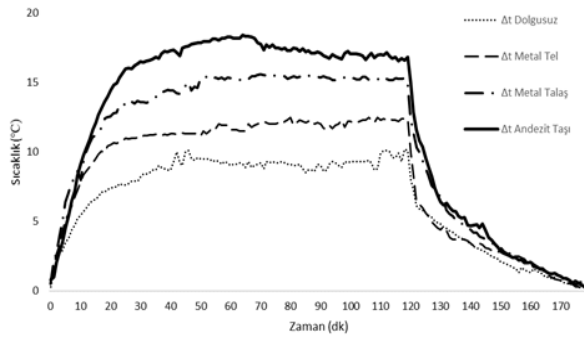
Denemelerde, 1,8 m/s hava hızında yapılan ölçümler sonucunda Δt değerlerinin sıcaklık ve zamana bağlı değişimlerinin grafiksel görünüşleri Şekil 10’da gösterilmiştir. Grafığe bakıldığında dolgu malzemesi olarak andezit taşı kullanıldığında sıcaklık farkının en yüksek değeri 21,4°C olarak hesaplandığı görülmektedir. En yüksek sıcaklık farkının hesaplandığı noktada diğer dolgu malzemelerinin Δt değerleri sırasıyla metal talaş için 19,5°C, metal tel için 13,8°C, dolgu malzemesinin olmadığı durumda ise 11,1°C olarak hesaplandığı görülmektedir.



Şekil 10. 1,8 m/s hava hızındaki Δt değerlerini grafiksel görünüşleri

3.5. 2,4 m/s Hava Hızında Hesaplanan Δt Değerleri

Denemelerde, 2,4 m/s hava hızında yapılan ölçümler sonucunda Δt değerlerinin sıcaklık ve zamana bağlı değişimlerinin grafiksel görünümü Şekil 11’de gösterilmiştir. Grafiğe bakıldığında dolgu malzemesi olarak andezit taşı kullanıldığında sıcaklık farkının en yüksek değeri 18,4°C olarak hesaplandığı görülmektedir. En yüksek sıcaklık farkının hesaplandığı noktada diğer dolgu malzemelerinin Δt değerleri sırasıyla metal talaş için 15,3°C, metal tel için 11,5°C, dolgu malzemesinin olmadığı durumda ise 9,1°C olarak hesaplandığı görülmektedir.



Şekil 11. 2,4 m/s hava hızındaki Δt değerlerinin grafiksel görünümü

Yapılan çalışma sonucunda verim değerleri hesaplanmıştır. Kullanılan her bir malzemenin hava hızlarına göre bulunan sonuçları Tablo 1’de sunulmuştur. Yapılan hesaplama sonucuna göre, en düşük verim değeri 0,6 m/s hava hızında ve dolgu malzemesi kullanılmadan yapılan denemeden elde edilmiştir. Hava hızının arttırılması ile verim değerlerinin arttığı tespit edilmiştir.

Bunun yanında andezit taşının ısı depolama etkisiyle, verimi diğer dolgu malzemelerine göre daha fazla yükselttiği belirlenmiştir. Bu kapsamda, andezit taşını, metal talaş ve metal sünger dolgu malzemeleri takip etmiştir. En yüksek verim değeri, 2,4 m/s hava hızında ve

dolgu malzemesi olarak andezit taşı kullanılan denemeden elde edilmiştir.

Tablo1. Farklı hava hızı ve dolgu malzemelerine göre hesaplanan verim değerleri

Kolektör Dolgu Malzemesi				
Hava Hızı (m/s)	Boş	Metal Sünger	Metal Talaş	Andezit Taşı
0,6	0,25	0,30	0,33	0,36
0,9	0,29	0,34	0,43	0,45
1,2	0,30	0,35	0,45	0,53
1,8	0,36	0,42	0,57	0,62
2,4	0,38	0,49	0,61	0,68

4. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen denemelerden elde edilen veriler bütünlük içerisinde değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- ✓ Denemelerde kullanılan dolgu malzemeleri, kolektörden çıkan havanın sıcaklığının artmasını sağlamış ve kolektör verimini yükseltmiştir.
- ✓ Kolektörden geçirilen havanın hızı ve debisinin artmasıyla birlikte kolektör verimi de artmıştır.
- ✓ En yüksek verim değerlerine 2,4 m/s hava hızında ulaşılmıştır.
- ✓ En yüksek verim artışını sağlayan dolgu malzemesi andezit taşı olmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] Pamir, N. (2003). Dünyada ve Türkiye’de Enerji, Türkiye’nin Enerji Kaynakları ve Enerji Politikaları. 57-65.
- [2] Pamir, N. (2006). Küresel Gelişmeler Paralelinde Türkiye’de Enerji Sorunu. Ulusal Bağımsızlık İçin Türkiye İktisat Politikaları Kurultayı Bildiriler Kitabı, İnönü Üniversitesi, (s. 95-110). Malatya.
- [3] Öztürk H.H. (2013). Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kitabı, Birsan Yayınevi, Ankara 442s.
- [4] Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2019. Güneş Enerjisi Teknolojileri. Erişim Tarihi:20.08.2019 İnternet Adresi:

http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx

[5] Söhmen, H. M., Tırıs, M., Tırıs, Ç., & Erdallı, Y. (1997). Güneş Kolektörleri Test Yöntemleri ve Seçici Yüzey Uygulamaları. Güneş Enerji Sistemleri Semineri, İçel, 20-21.

[6] Kırbaş, İ., (2006). Havalı Güneş Kolektörünün Performansının Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

[7] Bayrak, F., (2011). İçerisinde Gözenekli Engeller Bulunan Hava Isıtmalı Güneş Kolektörünün Performans Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

[8] 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.