



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

GÜNEŞ ENERJİLİ HAVALI KOLLEKTÖRLERDE V DİZİLİMLİ ÇUBUKLARIN TERMAL VE TERMOHİDROLİK VERİME ETKİSİ

CİHAN YILDIRIM
ADANA BİLİM VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ

İSMAIL SOLMUŞ
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ

GÜNEŞ ENERJİLİ HAVALI KOLLEKTÖRLERDE V DİZİLİMLİ ÇUBUKLARIN TERMAL VE TERMOHİDROLİK VERİME ETKİSİ

Effect of V-Rib Shaped Element in Solar Air Heaters on the Thermal and Thermohydraulic Efficiencies

Cihan YILDIRIM
İsmail SOLMUŞ

ÖZET

Bu çalışmada, V dizimli çubuklar kullanılarak pürüzlendirilmiş yutucu yüzeyli havalı güneş kollektörünün termal ve termohidrolik verimi araştırılmış ve düzlemsel yutucu yüzeyli havalı güneş kollektörü ile karşılaştırılmıştır. Kollektör elemanları arasındaki enerji dengesi yazılarak sistem, farklı parametreler için teorik olarak incelenmiştir. Dört farklı Relatif Pürüzlülük Yüksekliği ve dört farklı Akış Hücüm Açısı farklı hava debileri için araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Relatif Pürüzlülük Yüksekliğinin artmasının termal verimi arttırdığı, termohidrolik verimi ise belli bir Reynolds sayısına kadar arttırdığı daha yüksek Reynolds sayılarında ise azalmasına neden olduğu görülmüştür. 60° derecelik Akış Hücüm Açısının maksimum termal verimi sağladığı gözlemlenmiştir. Bununla beraber 60° derecelik Akış Hücüm Açısının düşük Reynolds sayılarında termohidrolik verimi düşürdüğü, yüksek Reynolds sayılarında ise termohidrolik verimi arttırdığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Havalı güneş kollektörü, pürüzlendirilmiş yutucu yüzey, Termal verim, Termohidrolik verim.

ABSTRACT

In this study, thermohydraulic efficiency of a solar air collector having a roughened absorber with V-shaped rib roughness element have been investigated and compared with the flat plate solar air collectors. The system has been theoretically investigated for different parameters by help of energy balance between the elements of collector. Four Relative Roughness Height and four Angle of Attack of Flow are examined for different air flow rates. According to results, Relative Roughness Height increases the thermal efficiency, and increases thermohydraulic efficiency up to certain Reynolds number and after that point decreases the thermohydraulic efficiency. 60° degree Angle of Attack of Flow gives to maximum thermal efficiency. On the other hand, 60° degree Angle of Attack of Flow leads to minimum thermohydraulic efficiency for lower Reynolds number values and maximum for the higher Reynolds number values.

Key Words: Solar air collector, Roughened absorber plate, Thermal efficiency, Thermohydrolic efficiency.

1. GİRİŞ

Fosil yakıtların neden olduğu sorunların daha iyi anlaşılması ile son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına ilgi daha da artmıştır. Bu yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinin farklı kullanımları üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Mevcut çalışmalar içerisinde yoğunluğu güneş

enerjisinin termal kullanımını oluşturmaktadır. Güneş enerjisinin termal sistemlerde kullanımını için gerekli olan toplayıcılar temelde sıvılı (genellikle sulu) ve havalı olmak üzere ikiye ayrılır. Termal verimlerinin yüksek olması ve kullanım gereksinimlerinden ötürü sulu tip toplayıcılar daha çok kullanılır. Bununla beraber ortam ısıtması, kurutma gibi işlemler için havalı güneş toplayıcılarına ihtiyaç vardır. Uygulamada kullanılan havalı toplayıcıların termal verimlerinin düşük olması nedeni ile havalı toplayıcıların verimlerini arttırmaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar arasında öne çıkanlar ise, toplayıcı yüzeyi üzerinde yapılan değişikliklerle ısı transfer katsayısını arttırmaya yönelik çalışmalar, toplayıcı üzerinde ısı depolamaya yönelik çalışmalar ve ısı transfer yüzeyini arttırmaya yönelik çalışmalardır [1]. Isı transfer katsayısını arttırmaya yönelik olarak farklı yutucu yüzey tasarımları literatürde incelenmiştir. Bu çalışmalar kapsamında yutucu yüzeyler belirli geometrilerle pürüzlendirilebildiği gibi özel kanatçık ya da türbülötörler de kullanılmaktadır.

Chamoli vd. [1] sundukları incelemede çift geçişli güneş enerjili havalı toplayıcıları ele almışlardır. Yazarlar çift geçişli havalı toplayıcılar üzerine yapılan teorik ve deneysel çalışmaları derlemişler ve termal verimi arttırmaya yönelik güncel stratejileri rapor etmişlerdir.

Tchinda [2] farklı araştırmacıların güneş enerjili havalı toplayıcılar üzerine yaptıkları teorik çalışmaları derlemiş ve kullanılan matematiksel modelleri tanıtmıştır.

El-Sebaai vd. [3] yaptıkları çalışmada dolgu yataklı çift geçişli havalı toplayıcının deneysel ve teorik incelemesini yapmışlardır. Hava debisi, dolgu yatak kütlesi ve gözenekliliğinin hava sıcaklığı ve termohidrolik verim üzerine etkileri incelenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda dolgu malzemesi olarak çakıl kullanıldığı durumda 0.05 kg/s kütleli bir akış için en iyi sonuç elde edilmiştir. Sistemin yıllık ortalama çıkış sıcaklığı ve termohidrolik verimi dolgu yatak kullanılması durumunda sırasıyla %16.5 ve %28.5 artmıştır.

Ramadan vd. [4] yaptıkları çalışmada dolgu yataklı çift geçişli havalı toplayıcının deneysel ve teorik incelemesini yapmışlardır. Kalker ve çakıl gibi gözenekliliği farklı iki doğal materyal kullanarak yaptıkları araştırmada, kütlesi yüksek fakat gözenekliliği düşük malzemelerin daha iyi sonuç verdiklerini gözlemlemişlerdir. Bununla birlikte hava debisinin 0.05 kg/s den daha fazla arttırmanın termohidrolik verimi arttırmadığı bununla beraber basınç düşümünün arttığı gözlemlenmiştir.

El-Sebaai vd. [5] yaptıkları çalışmada çift geçişli havalı toplayıcılarda düzlemsel plakalı ve V-oluklu plakalı yutucu yüzeyin toplayıcı termal ve termohidrolik verimine etkisini deneysel ve teorik olarak incelemişlerdir. V-oluklu yüzeyde, düzlemsel yüzeye göre termohidrolik verimin %11-14 arasında daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Kamthania vd. [6] çift geçişli hibrid PV/T havalı toplayıcı için enerji ve ekserji analizi yapmışlardır. Hindistan'daki 5 farklı şehir için elde ettikleri sonuçları tek geçişli havalı toplayıcı ile karşılaştırmışlardır.

Naphon [7] her iki kanala da boylamasına kanatçık yerleştirilmiş çift geçişli havalı toplayıcının teorik analizini yapmıştır. Kararlı haldeki sistemin matematiksel modelini oluşturarak toplayıcının termal verimini ve entropi üretimini hesaplamıştır.

Naphon [8] yaptığı diğer bir çalışmada dolgu yataklı çift geçişli havalı toplayıcıların sayısal analizini yapmıştır. Elde ettiği sonuçlar literatürdeki deneysel çalışmalarla ve dolgu yatak kullanmayan sistemlerle karşılaştırmıştır.

Othman vd. [9] çift geçişli hibrid (PV/T) havalı kolektörün termal ve elektriksel performansını oluşturdukları bir boyutlu kararlı matematiksel model ve hazırladıkları deney düzeneği ile incelemişlerdir.

Yamalı ve Solmuş [10, 11] yapmış oldukları teorik ve deneysel çalışmalarda çift geçişli havalı toplayıcı kullanan nemlendiricili-nemalicili damıtma sistemini incelemişlerdir.

Bhushan ve Singh, dairesel bombeler ile pürüzlendirilmiş yüzeyler üzerinde gerçekleşen ısı transferini incelemişler [12] ve deneysel veriler üzerinden oluşturdukları Nusselt sayısı ve sürtünme faktörüne ait korelasyonları havalı güneş kolektörü üzerinde teorik olarak incelemişlerdir [13].

Yıldırım ve Solmuş [14], çift geçişli düzlemsel yutucu yüzeyli bir havalı kolektörün zamana bağlı incelemesini yaparak kanal yüksekliğinin termal ve termohidrolik verime etkisini incelemişlerdir.

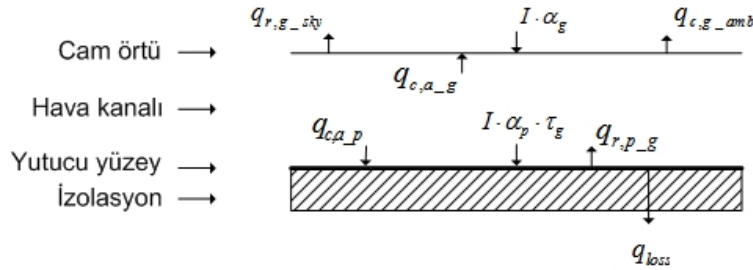
Yıldırım ve Solmuş [15] dairesel bombeler kullanılarak pürüzlendirilmiş yutucu yüzeye sahip bir havalı güneş kolektörünün teorik analizini yapmışlardır. Sistemin matematiksel modellemesi yapılarak farklı pürüzlülük parametrelerinin termal ve termohidrolik verime etkisi incelenmiştir.

Momin vd. [16] yaptıkları deneysel bir çalışmada V dizimli çubukların ısı transferine etkisini incelemişler ve elde ettikleri verileri kullanarak Nusselt sayısı ile sürtünme faktörü için korelasyonlar üretmişlerdir.

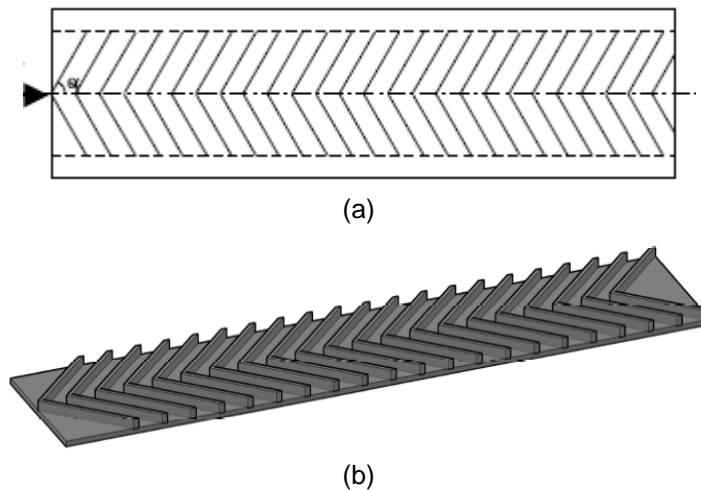
Yapılan bu çalışmada, V dizimli çubuklar kullanılarak pürüzlendirilmiş yutucu yüzeyli havalı güneş kolektörünün termal ve termohidrolik verimi araştırılmış ve düzlemsel yutucu yüzeyli havalı güneş kolektörü ile karşılaştırılmıştır. İncelemeye konu olan pürüzlülük parametreleri kanatçık yüksekliğinin hidrolik çapa oranı olan Relatif Pürüzlülük Yüksekliği (e/D_h) ve kanatçığın akış yönünde hangi açı ile dizildiğini belirleyen Hücum Açısıdır (α).

2. TOPLAYICI SİSTEMİN TANIMI VE MATEMATİKSEL MODEL

Teorik analizi yapılan kolektörün şematik gösterimi ve kolektör elemanları arasındaki enerji dengesi şekil 1'de ve V dizimli çubuklar ile pürüzlendirilmiş yutucu yüzeyin şematik gösterimi şekil 2'de gösterilmiştir. Toplayıcı plaka olarak 1 mm kalınlığında siyaha boyalı bakır plaka ($\epsilon_p = 0.95, k$) kullanılmaktadır. Kolektörün kasası 5 cm kalınlığında cam yünü ile izole edilmiştir. Kolektöre giren hava cam örtü ($\epsilon_p = 0.9$) ile yutucu yüzey arasından geçerken kolektörden aldığı ısı ile sıcaklığı artmaktadır.



Şekil 1. Havalı güneş kolektörünün şematik gösterimi ve bileşenleri arasındaki enerji dengesi [15].



Şekil 2. V dizimli çubuklu yutucunun (a) üstten şematik görünümü [16], (b) üç boyutlu modeli.

Sistemin teorik analizi; kolektör için, enerji korunumu esasına göre türetilen denklemlerden oluşturulan matematiksel modelin sayısal çözümü şeklinde olmaktadır. Bu matematiksel model belirlenen iklim verileri üzerinden farklı tasarım parametreleri için çözümlenerek sistemin termal ve termohidrolik verimi hesaplanmıştır.

Toplayıcının enerji dengesi Şekil 1’de gösterildiği gibi yazılmıştır. Hesaplamaları kolaylaştırmak için bazı kabuller yapılmaktadır:

- Sistemde hava kaçağı nedeniyle oluşan kütle kaybı yoktur. İletim ile gerçekleşen ısı transferleri ihmal edilmiştir.
- Toplayıcıdaki hava sıcaklığı akış boyunca doğrusal olarak değişir.
- Kullanılan korelasyonların incelenen tüm Reynolds sayıları için geçerli olduğu kabul edilmiştir.
- Güneş ışınımı değeri 500 W/m^2 , rüzgar hızı değeri 1 m/s , dış ortam sıcaklığı $10 \text{ }^\circ\text{C}$, kolektör eni 1 m , kolektör boyu 2 m , kanal yüksekliği 5 cm , yutucu yüzey tabanından iletim ile gerçekleşen ısı kaybı $q_{\text{loss}}=10 \text{ W/m}^2$ kabul edilmiştir.

Toplayıcıyı oluşturan her eleman için yazılan zamandan bağımsız enerji denklemleri MATLAB ortamında hesaplanmıştır [14]:

Cam örtü:

$$0 = I\alpha_g A_c - q_{c,g-amb} - q_{r,g-sky} + q_{r,p-g} + q_{c,a-g} \quad (1)$$

Hava kanalı:

$$0 = q_{c,p-a} - q_{c,a-g} - \dot{m}c_p(T_{a-out} - T_{a-in}) \quad (2)$$

Yutucu yüzey:

$$0 = I\alpha_p \tau_g A_c - q_{c,p-a} - q_{r,p-g} - q_{\text{loss},p-amb} \quad (3)$$

Enerji dengesinin yazılması sonucu elde edilen denklem seti matris formunda yazılır:

$$[A][T]=[B] \quad (4)$$

Burada [A] matrisi ısı transfer katsayılarının hesaplanması [14] ile oluşturulur. Isı transfer katsayıları sıcaklığın bir fonksiyonu olduğu için bilinmemekte ve iteratif çözüm gerektirmektedir. Başlangıç koşulu olarak kabul edilen ortam sıcaklığı kullanılarak ısı transfer katsayıları hesaplanır ve denklemler iteratif olarak çözümlenerek yeni sıcaklık değerleri ve bu sıcaklık değerlerine ait yeni ısı transfer katsayıları hesaplanır. İteratif çözüm sonrası tüm sıcaklık değerlerinin ilk ve son hali karşılaştırılarak aradaki fark $0.01 \text{ }^\circ\text{C}$ olana kadar işleme devam edilmiştir.

Sistemin termal verimi;

$$\eta_T = \frac{\dot{m}c_p(T_{out}-T_{in})}{I.A_c} \quad (5)$$

termohidrolik verimi ise sistemdeki basınç kayıpları göz önüne alınarak;

$$\eta_{TH} = \frac{\dot{m}c_p(T_{out}-T_{in})-P_{fan}}{I.A_c} \quad (6)$$

olarak yazılır.

V dizilimli kanatçıklara sahip yüzeylerde Nusselt sayısı ve sürtünme faktörü için Momin vd. [15] tarafından verilmiş olan korelasyonlar kullanılır.

$$Nu = 0.067 \times Re^{0.988} \times RRH^{0.424} \times \left(\frac{\alpha}{60}\right)^{-0.077} \times \exp\left[-0.782 \times \left(\ln \frac{\alpha}{60}\right)^2\right] \quad (7)$$

$$f = 6.266 \times Re^{-0.425} \times RRH^{0.565} \times \left(\frac{\alpha}{60}\right)^{-0.092} \times \exp\left[-0.719 \times \left(\ln \frac{\alpha}{60}\right)^2\right] \quad (8)$$

Denklem 7 ve 8 de ifade edilen RRH; relatif pürüzlülük yüksekliği (e/D_n), α ise akışın hücum açısıdır.

3. SONUÇLAR

Pürüzlülük geometrisi parametreleri için Momin vd. [16] tarafından kullanılan değerler ele alınıp farklı Reynolds sayıları için simülasyonlar yapılmıştır. Kullanılan parametre seti Tablo 1 de gösterilmiştir

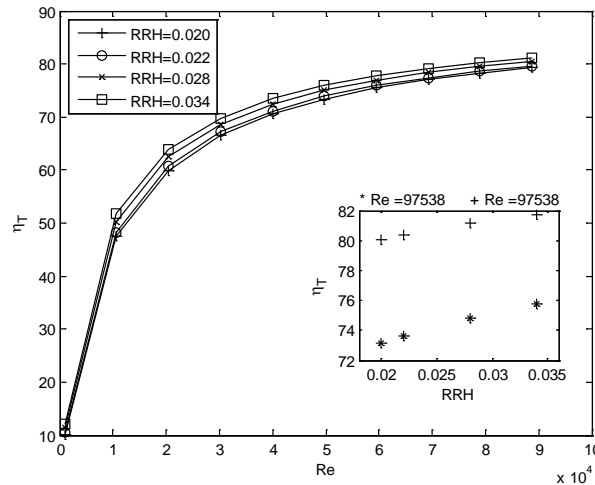
Tablo 1. Seçilen Parametre değerleri

Reynolds Sayısı (Re)	Relatif Pürüzlülük Yüksekliği (RRH)	Akışın Hücum Açısı (α)
0~100000	0.020	30
	0.022	45
	0.028	60
	0.034	90

3.1. Relatif Pürüzlülük Yüksekliğinin Termal ve Termohidrolik Verime Etkisi

Yutucu yüzey üzerine uygulanan V dizilimli çubukların, relatif pürüzlülük yüksekliklerinin kolektörün termal ve termohidrolik verimine etkisi sırasıyla Şekil 3 ve Şekil 4'de gösterilmiştir.

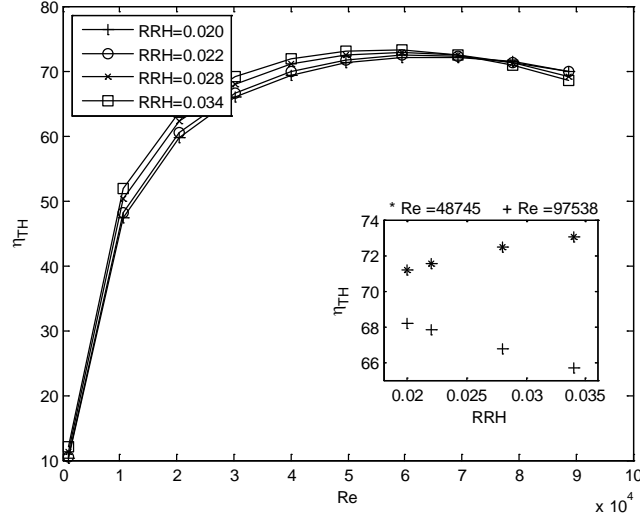
Şekil 3'de relatif pürüzlülük yüksekliğinin termal verime etkisi gösterilmiştir. Relatif pürüzlülük yüksekliğinin artması ile termal verim bir miktar artmıştır. Bunun temel sebebi çubuk yüksekliğinin artması ile akışa daha fazla engel oluşturulması ve akışın daha türbülanslı hale gelmesidir. Bu durum, Şekil 3'de verilen iç resimde de görüldüğü üzere incelenen tüm Reynolds sayısı aralığında gözlemlenmektedir.



Şekil 3. Relatif Pürüzlülük Yüksekliğinin termal verime etkisi.

Şekil 4'de relatif pürüzlülük yüksekliğinin termohidrolik verime etkisi gösterilmiştir. V dizilimli çubuklarının yüksekliklerinin artması türbülansı arttırmış, bu sayede yutucu yüzeyden transfer edilen ısı miktarı artmış bununla beraber sürtünmenin artması neticesinde sistemde oluşan basınç kayıpları da artış göstermiştir. Termohidrolik verim belli bir Reynolds sayısına kadar (~60000) artış göstermiş

fakat bu noktadan sonra basınç kaybının daha fazla artması neticesinde azalmaya başlamıştır. Şekil 4'de iç resimde farklı iki Reynolds sayısı için relatif pürüzlülük yüksekliklerinin termohidrolik verime etkisi gösterilmiştir. Görüldüğü üzere relatif pürüzlülük yüksekliğinin artması düşük Reynolds sayılarında ısı transfer miktarını basınç kayıplarına göre daha fazla arttırdığı için termohidrolik verimi artırıcı bir özellik sergilemektedir. Bununla beraber daha yüksek Reynolds sayılarında basınç kayıplarını yenmek için gerekli olan fan gücü daha fazla artış göstermiş ve sonuçta termohidrolik verimde düşüş gözlemlenmiştir.

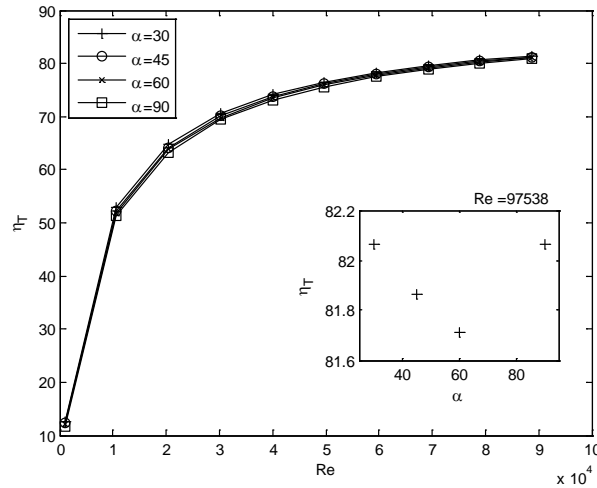


Şekil 4. Relatif Pürüzlülük Yüksekliğinin termohidrolik verime etkisi.

3.2. Akış Hücüm Açısının Termal ve Termohidrolik Verime Etkisi

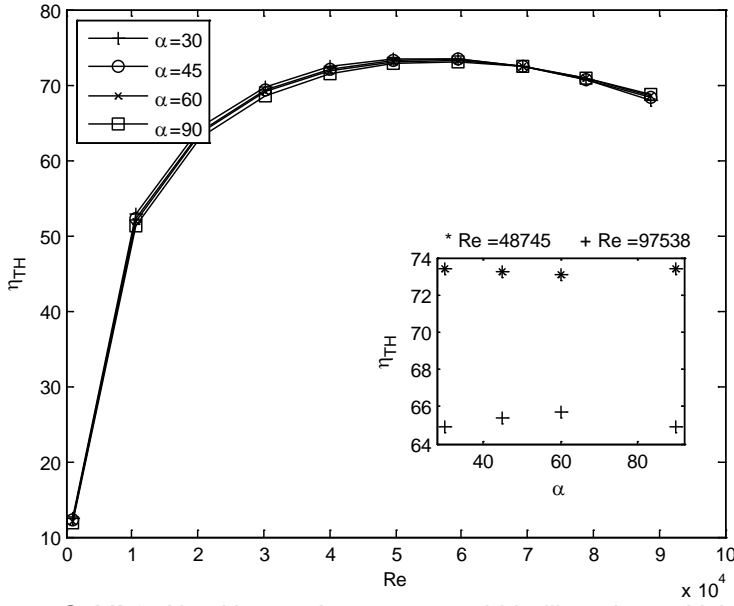
Yutucu yüzey üzerine uygulanan V dizimli çubukların, akış hücüm açılarının kolektörün termal ve termohidrolik verimine etkisi sırasıyla Şekil 5 ve Şekil 6'da gösterilmiştir.

Şekil 5'de görüldüğü üzere, akış hücüm açılarının termal verim üzerindeki etkisi, relatif pürüzlülük yüksekliğine kıyasla daha az olmuştur. Akış hücüm açısının artması ile termal verim bir miktar artmış bununla beraber 60° dereceden sonra düşmüştür. Bu durum akışın ayrılması, tekrar birleşmesi ve oluşan ikincil akışların farklılığından kaynaklanmaktadır[16].



Şekil 5. Akış Hücüm Açısının termal verime etkisi.

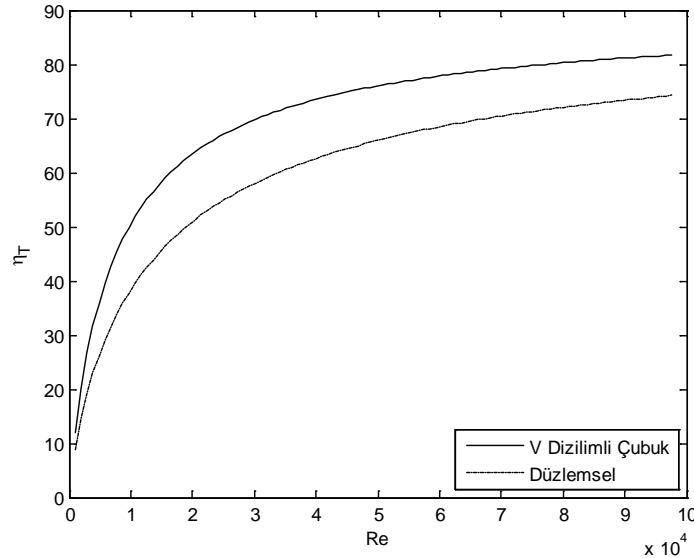
Şekil 6'da akış hücüm açılarının termohidrolik verime etkisi gösterilmektedir. Şekil 6'daki iç resimde gösterildiği üzere düşük Reynolds sayılarında termohidrolik verim akış hücüm açısının artması ile miktar düşmüş 60° dereceden sonra ise bir miktar artmıştır. Yüksek Reynolds sayılarında ise tam tersi olarak akış hücüm açısının artması ile bir miktar artmış 60° dereceden sonra ise bir miktar düşmüştür.



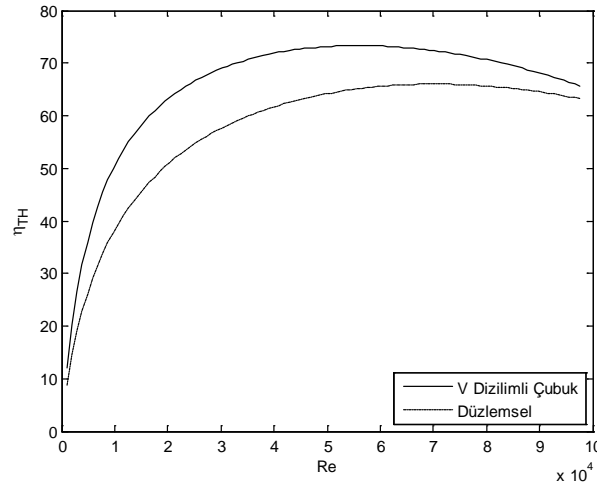
Şekil 6. Akış Hücum Açısının termohidrolik verime etkisi.

3.3. V Dizimli Çubuklar ile Yüzeyi Pürüzlendirilmiş Yutucu Yüzey ile Düzlemsel Yüzeyli Yutucu'nun Karşılaştırması

Şekil 7 ve Şekil 8'de V dizimli çubuklar ile pürüzlendirilmiş yutucu yüzey ve düzlemsel yutucu yüzey sırasıyla termal ve termohidrolik verim açısından karşılaştırılmıştır. Her iki şekilde de görüldüğü üzere yüzeyi pürüzlendirilmiş yutucu yüzey sayesinde daha fazla ısı havaya aktarılabilmiş ve bu sayede her iki verim ifadesi de düzlemsel yutucu yüzeye göre artış göstermiştir. Bununla beraber Şekil 8'de görüldüğü üzere V dizimli çubuklar ile yüzeyi pürüzlendirilmiş yutucu yüzeyde yüksek Reynolds sayılarında basınç kayıplarının artması ile sağlanan kazanç azalma eğilimine girmiştir.



Şekil 7. V dizimli çubuklar ile pürüzlendirilmiş yutucu yüzeyin ve düzlemsel yutucu yüzeyin termal verim açısından karşılaştırması (RRH=0.034, $\alpha=60^\circ$).



Şekil 8. V dizilimli çubuklar ile pürüzlendirilmiş yutucu yüzeyin ve düzlemsel yutucu yüzeyin termohidrolik verim açısından karşılaştırması ($RRH=0.034$, $\alpha=60^\circ$).

SONUÇ

Bu çalışmada V dizilimli çubuklar ile yüzeyi pürüzlendirilmiş yutucu yüzeye sahip havalı güneş kolektörünün termal ve termohidrolik verimleri incelenmiştir. Farklı pürüzlülük geometrilerine göre yapılan incelemeler sonucunda;

- Kollektörden geçen hava debisinin, yani Reynolds sayısının artması sonucunda termal ve termohidrolik verim artmıştır. Bununla beraber yüksek Reynolds sayılarına çıkıldıkça basınç kayıplarının artması neticesinde akışı sağlamak için gerekli olan fan gücü de artmış ve termohidrolik verim azalma eğilimine girmiştir.
- Yüzeyi pürüzlendirmek için kullanılan V dizilimli kanatçıkların yüksekliklerinin artması ile termal verimin arttığı termohidrolik verimin ise belli bir Reynolds (~ 60000) sayısına kadar artış gösterip ardından azaldığı gözlemlenmiştir.
- Termal verimi arttırmak için, V dizilimli çubukların akış yönünde sahip olması gereken optimum hücum açısı 60° derece olarak bulunmuştur. Hücum açısının artması veya azalması termal verimi bir miktar azaltmıştır. Bununla beraber düşük Reynolds sayılarında 60° derecelik hücum açısı minimum termohidrolik verimi verirken, yüksek Reynolds sayılarında 60° derecelik hücum açısı maksimum termohidrolik verimi vermektedir.
- Yüzeyin V dizilimli kanatçıklar ile pürüzlendirilmesi düzlemsel yüzeye göre termal ve termohidrolik verimi artırıcı bir etki göstermiştir. Bununla beraber yüksek Reynolds sayılarına çıkıldığında artan basınç kayıpları elde edilen faydayı azaltmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Chamoli S., Chauhan R., Thakur N.S., Saini J.S., A review of the performance of double pass solar air heater, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16, 481-492, 2012.
- [2] Tchinda R., A review of the mathematical models for predicting solar air heater systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13, 1734-1759, 2009.
- [3] El-Sebaïi A.A., Aboul-Enein S., Ramadan M.R.I., El-Bialy E., Year round performance of double pass solar air heater with packed bed, Energy Conversion and Management, 48, 990-1003, 2007.
- [4] Ramadan M.R.I., El-Sebaïi A.A., Aboul-Enein S., El-Bialy E., Thermal performance of a packed bed double-pass solar air heater, Energy, 32, 1524-1535, 2007.

- [5] El-Sebaai A.A., Aboul-Enein S., Ramadan M.R.I., Shalaby S.M., Moharram B.M., Investigation of thermal performance of double-pass flat and v-corrugated plate solar air heaters, *Energy*, 36, 1076-1086, 2011.
- [6] Kamthania D., Nayak S., Tiwari G.N., Energy and exergy analysis of a hybrid photovoltaic double pass air collector, *Applied Solar Energy*, 47, 199-206, 2011.
- [7] Naphon P., On the performance and entropy generation of the double-pass solar air heater with longitudinal fins, *Renewable Energy*, 30, 1345-1357, (2005).
- [8] Naphon P., Effect of porous media on the performance of the double pass flat plate solar air heater, *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 32, 140-150, 2005.
- [9] Othman M.Y., Yatim B., Sopian K., Abu Bakar M. N., Performance studies on a finned double-pass photovoltaic-thermal (PV/T) solar collector, *Desalination*, 209, 43-49, 2007.
- [10] Yamalı C., Solmuş İ., Theoretical investigation of a humidification dehumidification desalination system configured by a double-pass flat plate solar air heater, *Desalination*, 205, 163-177, 2007.
- [11] Yamalı C., Solmuş İ., A solar desalination system using humidification dehumidification process: experimental study and comparison with the theoretical results, *Desalination*, 220, 538-551, 2008.
- [12] Bhushan B., Singh R., Nusselt number and friction factor correlations for solar air heater duct having artificially roughened absorber plate, *Solar Energy*, 85, 1109-1118, 2011.
- [13] Bhushan B., Singh R., Thermal and Thermohydraulic performance of roughened solar air heater having protruded absorber plate, *Solar Energy*, 86, 3388-3396, 2012.
- [14] Yıldırım C., Solmuş İ., Çift geçişli hava akışkanlı güneş toplacı kanal yüksekliğinin termohidrolik verime etkisinin incelenmesi, *Isi Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 34, 111-122, 2014.
- [15] Yıldırım C., Solmuş İ., Yutucu yüzeyi dairesel bombe ile pürüzlendirilmiş havalı güneş kolektörünün termohidrolik veriminin incelenmesi, 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 8-11 Nisan 2015, İzmir, Türkiye.
- [16] Momin A.M.E., Saini J.S., Solanki S.C., Heat transfer and friction in solar air heater duct with V-shaped rib roughness on absorber plate, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 45, 3383-3396, 2002.

SEMBOLLER

Ac	: Kollektör yutucu yüzey alanı
I	: Kollektöre gelen güneş ışınımı miktarı
Nu	: Nusselt sayısı
Re	: Reynold sayısı
RRH	: Rölatif pürüzlülük genişliği
T	: Sıcaklık
f	: Sürtünme katsayısı
q	: Isı transferi
α	: Akış hücum açısı
α	: Camın yutma-geçirme katsayısı
η	: Verim
\dot{m}	: Kütleli debi

Alt İndisler (Sub-Indexes)

a	: Hava
amb	: Dış ortam
c	: Konveksiyon ile ısı iletimi
g	: Cam
loss	: Kollektör tabanında meydana gelen kayıp
p	: Yutucu yüzey
r	: Radyasyon ile ısı transferi
sky	: Gökyüzü

EK (ISI TRANSFER EŞİTLİKLERİ)

Cam Örtü üzerinden rüzgâr nedeniyle gerçekleşen ısı kaybı:

$$q_{c,g-amb} = A_c * h_{c,g-amb} * (T_g - T_{amb})$$

Isı transfer katsayısı

$$h_{c,g-amb} = 2,8 + 3V_{wind}$$

Cam örtü üzerinden dış ortama radyasyon ile gerçekleşen ısı kaybı:

$$q_{r,g-sky} = A_c * h_{r,g-sky} * (T_g - T_{sky})$$

Isı transfer katsayısı;

$$h_{r,g-sky} = \frac{\sigma(T_g - T_{sky}) * (T_g^2 + T_{sky}^2)}{\left(\frac{1}{\epsilon_g} + \frac{1}{\epsilon_{sky}} - 1\right)}$$

Cam örtü ile hava kanalı arasında taşınım ile gerçekleşen ısı transferi:

$$q_{c,g-a} = A_c * h_{c,g-a} * (T_g - T_a)$$

Isı transfer katsayısı

$$h_{c,g-a} = Nu * \frac{k}{D_h}$$

$$Nu = 0.023Re^{0.8}Pr^{0.4}$$

$$k = 0.0244 + 0.6773 \times 10^{-4} \times T_a$$

Yutucu yüzey ile hava arasında taşınım ile gerçekleşen ısı transferi

$$q_{c,p-a} = A_c * h_{c,p-a} * (T_p - T_a)$$

$$h_{c,p-a} = Nu * \frac{k}{D_h}$$

$$Nu = 0.067 \times Re^{0.888} \times RRH^{0.424} \times \left(\frac{\alpha}{60}\right)^{-0.011} \times \exp\left[-0.782 \times \left(\ln \frac{\alpha}{60}\right)^2\right]$$

Yutucu yüzey ile cam örtü arasında radyasyon ile gerçekleşen ısı kaybı:

$$q_{r,g-p} = A_c * h_{r,g-p} * (T_g - T_p)$$

Isı transfer katsayısı;

$$h_{r,g-p} = \frac{\sigma(T_g - T_p) * (T_g^2 + T_p^2)}{\left(\frac{1}{\epsilon_g} + \frac{1}{\epsilon_p} - 1\right)}$$

Sürtünme katsayısı

$$f = 6.266 \times Re^{-0.425} \times RRH^{0.565} \times \left(\frac{\alpha}{60}\right)^{-0.092} \times \exp\left[-0.719 \times \left(\ln \frac{\alpha}{60}\right)^2\right]$$



Basınç kaybı;

$$\Delta P = 2 * \rho_a * V^2 * f * \frac{L}{D_h}$$

Gerekli fan gücü;

$$P_{fan} = \dot{m} * \Delta P / \rho_a$$

ÖZGEÇMİŞ

Cihan YILDIRIM

1981 Ankara doğumludur. 2002 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirdikten sonra aynı yıl Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Bölümünde araştırma görevlisi olarak bütünlük doktora programına başlamıştır. 2011 yılında doktorasını tamamlamıştır. 2011-2014 yılları arasında Akdeniz Üniversitesi Makine mühendisliği bölümünde görev almıştır. 2014 yılından beri Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Termodinamik anabilim dalında Yardımcı Doçent Doktor olarak çalışmaktadır. Başlıca çalışma alanları; Doğal konveksiyon, Güneş enerjisi ve uygulamaları, Tuzsuzlaştırma ve damıtma sistemleri, Adsorpsiyonlu soğutma ve Enerji çevrim sistemleridir.

İsmail SOLMUŞ

1980 Erzincan doğumludur. 2002 yılında Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünden Lisans derecesi ile mezun olmuştur. 2006 yılında ODTÜ Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünden Yüksek Lisans, 2011 yılında yine aynı Üniversiteden Doktora derecesi almıştır. 2010-2011 yılları arasında bir yıl süreyle İngiltere’de Bath Üniversitesinde Doktora tez konusu ile ilgili çalışmalarda bulunmuştur. 2015 yılı Aralık ayından beri Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Enerji Anabilim Dalında Doçent Doktor olarak görev yapmaktadır. Adsorpsiyonlu soğutma, güneş enerjisi destekli temiz su eldesi, mikro ısı boruları, gözenekli malzemede ısı ve kütle transferi konularında çalışmaktadır.