



**Bu bir MMO
yayıdır**

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

YUTUCU YÜZEYİ DAİRESEL BOMBE İLE PÜRÜZLENDİRİLMİŞ HAVALI GÜNEŞ KOLEKTÖRÜNÜN TERMOHİDROLİK VERİMİNİN İNCELENMESİ

CİHAN YILDIRIM
ADANA BİLİM VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ

İSMAİL SOLMUŞ
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ



YUTUCU YÜZEYİ DAİRESEL BOMBE İLE PÜRÜZLENDİRİLMİŞ HAVALI GÜNEŞ KOLEKTÖRÜNÜN TERMOHİDROLİK VERİMİNİN İNCELENMESİ

Cihan YILDIRIM
İsmail SOLMUŞ

ÖZET

Bu çalışmada, dairesel bombeler kullanılarak pürüzlendirilmiş yutucu yüzeyli havalı güneş kolektörünün termohidrolik verimi araştırılmış ve düzlemsel yutucu yüzeyli havalı güneş kolektörü ile karşılaştırılmıştır. Kolektör elemanları arasındaki enerji dengesi yazılarak sistem, farklı parametreler için teorik olarak incelenmiştir. Bombe çapının kanal hidrolik çapına oranı, akış yönündeki iki bombe arası mesafe, akışa dik yöndeki iki bombe arasındaki mesafe gibi tasarım parametreleri farklı hava debileri için incelenmiştir. Farklı tasarım parametrelerine sahip dairesel bombeler kullanılarak pürüzlendirilmiş yutucu yüzeyli kolektör ile düzlemsel plakalı kolektörlerin termal ve termohidrolik verimleri karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dairesel bombeli havalı güneş kolektörü, Termal verim, Termohidrolik verim.

ABSTRACT

In this study, thermohydraulic efficiency of a solar air collector having a roughened absorber with circular protrusions 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. Design parameters such as ratio of the protrusion diameter and equivalent diameter of the duct, distance between two downstream and distance between two cross-streams are examined for different air flow rates. Thermal and thermohydraulic efficiencies of flat plate solar air collectors and roughened solar air collectors with different design parameters are compared.

Key Words: Circular protruded solar air collector, Thermal efficiency, Thermohydraulic 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 kullanımı oluşturmaktadır. Güneş enerjisinin termal sistemlerde kullanımı 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-Sebaei 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-Sebaei 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].

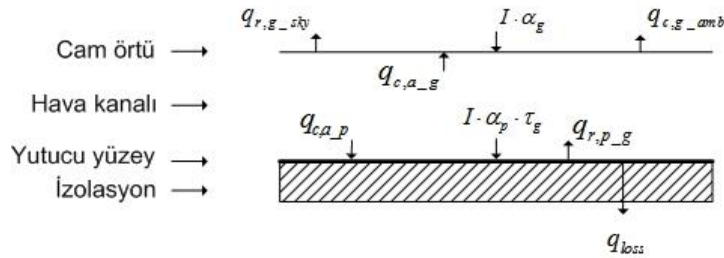
Yıldırım ve Solmuş [14], çift geçişli düzlemsel yutucu yüzeyli bir havalı kolektörün zamana bağlı incelemesini yaparak kanal yüksekliğinin termal ve termohidrolik verime etkisini incelemişlerdir.

Hegazy [15] yapmış olduğu çalışmada havalı toplayıcılar için optimum kanal derinliği/uzunluk oranını olarak tayin etmiştir. Bu oran arttıkça, hava debisinin artması ile toplayıcı veriminin düştüğünü rapor etmiştir.

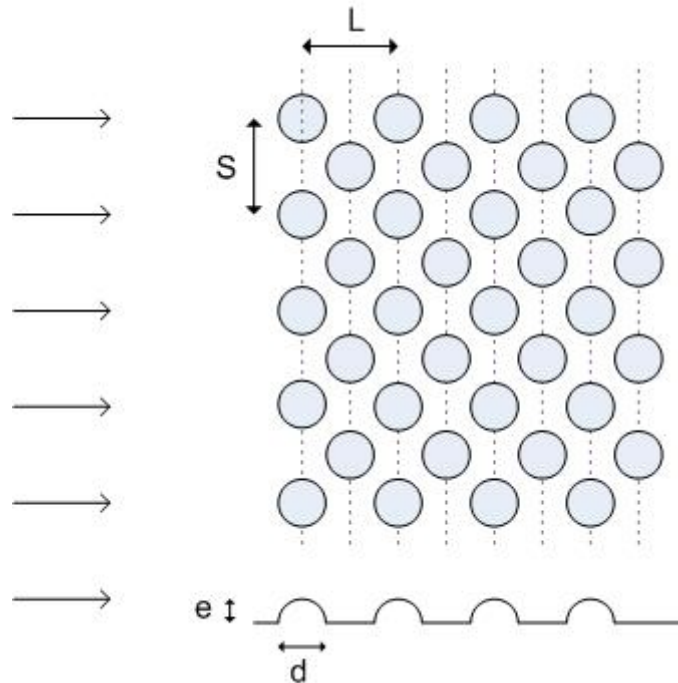
Yapılan çalışmada, dairesel bombeler kullanılarak pürüzlendirilmiş yutucu yüzeyli havalı güneş kolektörünün termohidrolik verimi araştırılmış ve düzlemsel yutucu yüzeyli havalı güneş kolektörü ile karşılaştırılmıştır.

2. TOPLAYICI SİSTEMİN TANIMI VE MATEMATİKSEL MODEL

Teorik analizi yapılan kolektörün şematik gösterimi ve parçaları arasındaki enerji dengesi şekil 1’de ve dairesel bombe ile pürüzlendirilmiş yutucu yüzeyin şematik gösterimi şekil 2’de gösterilmiştir. Toplayıcı plaka olarak 1 mm kalınlığında siyaha boyalı bakır plaka kullanılmaktadır. Kolektörün kasası 5 cm kalınlığında cam yünü ile izole edilmiştir. Kolektöre giren hava cam örtü ile yutucu yüzey arasından geçerken kolektörden aldığı ısı ile sıcaklığı artmaktadır.



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



Şekil 2. Dairesel bombeli yutucunun üst ve yandan şematik görünümü.

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.
- Toplayıcıdaki hava sıcaklığı akış boyunca doğrusal olarak değişir.
- Toplayıcıda laminer ($Re < 2300$) ya da türbülanslı ($Re > 2300$) akış tam olarak gelişmiştir.
- Güneş ışınımı değeri 700 W/m^2 , rüzgar hızı değeri 1 m/s , dış ortam sıcaklığı $27 \text{ }^\circ\text{C}$, kolektör eni 1 m , kolektör boyu 2 m , kanal yüksekliği 5 cm kabul edilmiştir.

Toplayıcıyı oluşturan her eleman için yazılan zamandan bağımsız enerji denklemleri oluşturularak hesaplamalar için MATLAB ortamında program yazılmıştır [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:

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

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. İteratif olarak çözülen denklem sistemi neticesinde kolektör elemanları ve çıkış havası sıcaklığı değerleri hesaplanır. Başlangıç koşulu olarak kabul edilen ortam sıcaklığı kullanılarak ısı transfer katsayıları hesaplanmış ve denklemler iteratif olarak çözümlenerek yeni sıcaklık değerleri ve bu sıcaklık değerlerine ait yeni ısı transfer katsayıları hesaplanmıştır. 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.

Dairesel bombe ile yüzeyi pürüzlendirilmiş yutucu yüzey için Nusselt sayısı [12, 13];

$Nu =$

$$2,1 \times 10^{-88} \times Re^{1,452} \times \left(\frac{S}{e}\right)^{12,94} \times \left(\frac{L}{e}\right)^{99,2} \times \left(\frac{d}{D}\right)^{-3,9} \times \exp[-10,4 \{\log\left(\frac{S}{e}\right)\}^2] \times \exp[-77,2 \{\log\left(\frac{L}{e}\right)\}^2] \times \exp[-7,83 \{\log\left(\frac{d}{D}\right)\}^2] \quad (7)$$

ve sürtünme katsayısı [12, 13];

$$f = 2,32 \times Re^{-0,201} \times \left(\frac{S}{e}\right)^{-0,383} \times \left(\frac{L}{e}\right)^{-0,484} \times \left(\frac{d}{D}\right)^{0,133} \quad (8)$$

olarak yazılır. (S/e) akışa dik yöndeki iki bombe arasındaki mesafenin bombe yüksekliğine oranı, (L/e) akışa paralel yöndeki iki bombe arasındaki mesafenin bombe yüksekliğine oranı, (d/D) ise bombe çapının kanalın hidrolik çapına oranını temsil eder.

3. SONUÇLAR

Pürüzlülük geometrisi parametreleri için Bhushan ve Singh'in [Bhushan SE86] kullandığı değerler ele alınıp farklı Reynolds sayıları için simülasyonlar yapılmıştır. Kullanılan parametre seti Tablo 1 de gösterilmiştir.

Tablo 1. İncelenen pürüzlülük geometrisi parametreleri

(S/e)	(L/e)	(d/D)
18,75	25,00	0,147
25,00	31,25	0,239
31,25	34,38	0,294
37,50	37,50	0,367

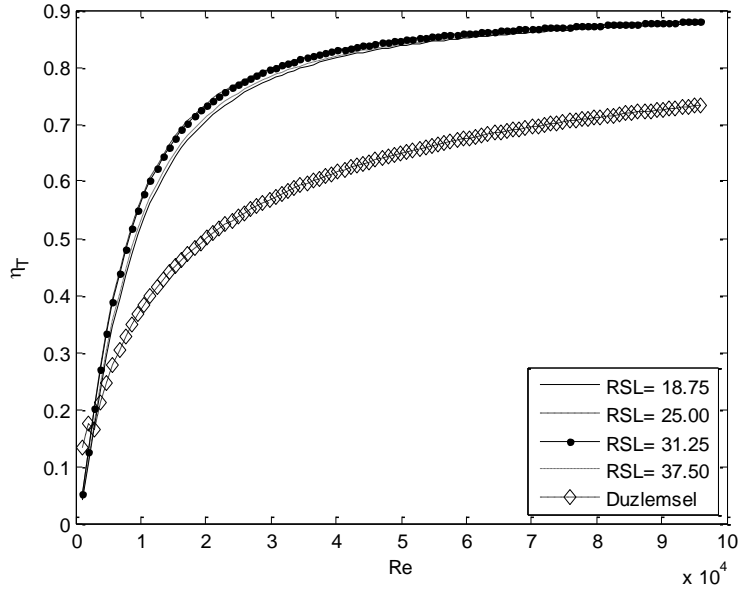
3.1. Termal verim

Yutucu yüzey üzerine uygulanan dairesel bombeli pürüzlerin kolektörün termal verimine etkisi sırasıyla Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5'de gösterilmiştir. Reynolds sayısının artırılması yani sistemden geçen havanın kütleli debinin artırılması sonucunda kolektörün termal veriminin bütün kolektör tiplerinde arttığı görülmüştür. Dairesel bombeler ile pürüzlendirilmiş yüzeylerin kolektörün termal verimini artırıcı bir etki yarattığı görülmüştür. Bunun temel sebebi akış içerisindeki türbülansın artması neticesinde ısı transfer katsayısının artmasıdır.

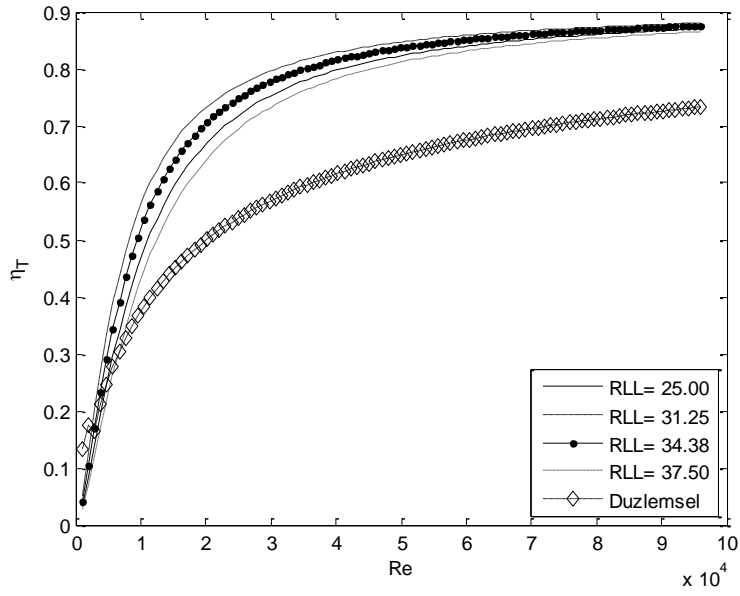
Şekil 3'de akışa dik yöndeki bombeler arası mesafenin kolektörün termal verimine etkisi ve düzlemsel yüzeyli (pürüzsüz) kolektör ile karşılaştırması yapılmıştır. Akışa dik yöndeki bombeler arası mesafenin artması neticesinde kolektör veriminin önce arttığı, fakat belli bir noktadan sonra (RSL=25,00) azaldığı gözlemlenmiştir.

Şekil 4'de akışa paralel yöndeki bombeler arası mesafenin kolektörün termal verimine etkisi ve düzlemsel yüzeyli (pürüzsüz) kolektör ile karşılaştırması yapılmıştır. Akışa paralel yöndeki bombeler arası mesafenin artması neticesinde kolektör veriminin önce arttığı, fakat belli bir noktadan sonra (RLL=31,25) azaldığı gözlemlenmiştir.

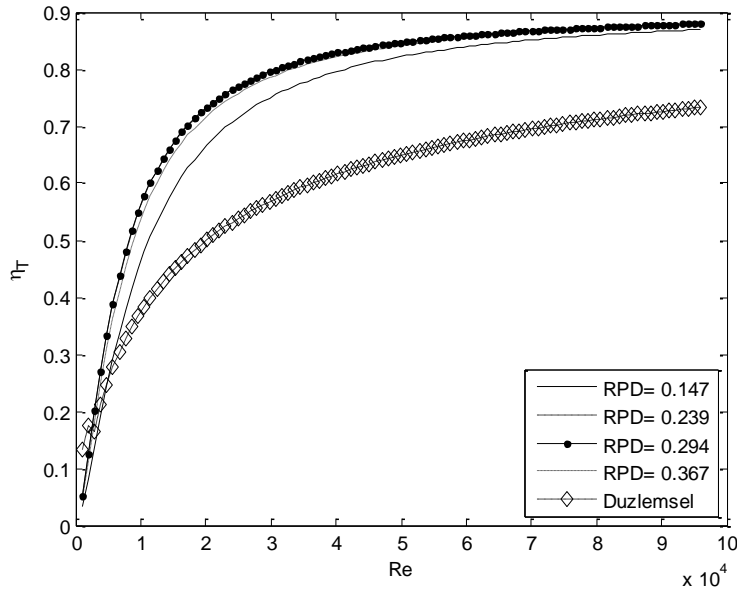
Şekil 5'de bombe yüksekliğinin kolektörün termal verimine etkisi ve düzlemsel yüzeyli (pürüzsüz) kolektör ile karşılaştırması yapılmıştır. Bombe yüksekliğinin artması neticesinde kolektör veriminin önce arttığı ve belli bir asimptotik noktaya doğru yaklaştığı gözlemlenmiştir.



Şekil 3. Akışa dik yöndeki iki bombe arası mesafenin termal verime etkisi.



Şekil 4. Akışa paralel yöndeki iki bombe arası mesafenin termal verime etkisi.



Şekil 5. Bombe yüksekliğinin termal verime etkisi.

3.2. Termohidrolik verim

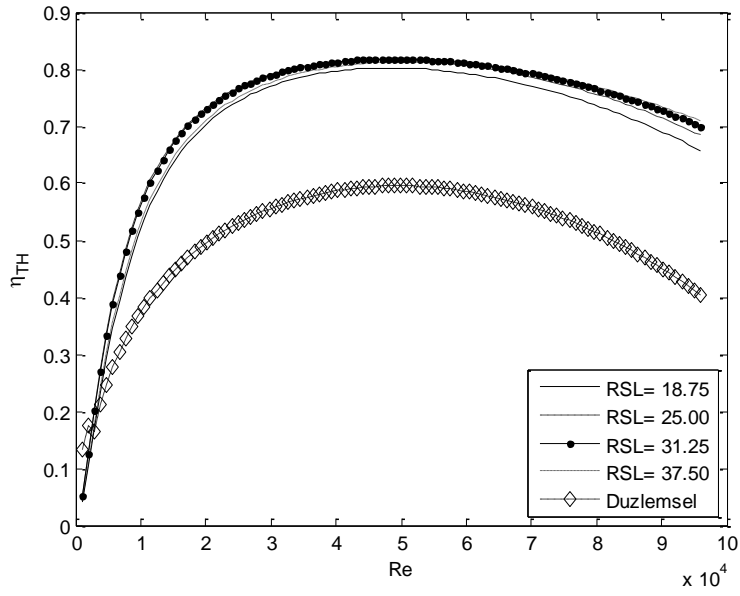
Yutucu yüzey üzerine uygulanan dairesel bombeli pürüzlerin kolektörün termohidrolik verimine etkisi sırasıyla Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8’de gösterilmiştir. Reynolds sayısının artırılması yani sistemden geçen havanın kütleli debinin artırılması sonucunda kolektörün termohidrolik veriminin bütün kolektör tiplerinde önce arttığı ardından ise sistemde oluşan basınç kayıpları neticesinde azaldığı görülmüştür. Dairesel bombeler ile pürüzlendirilmiş yüzeylerin kolektörün termohidrolik verimini artırıcı bir etki yarattığı görülmüştür. Bunun temel sebebi akış içerisindeki türbülansın artması neticesinde ısı transfer katsayısının artma ve bu sayede elde edilen faydalı ısının artmasıdır.

Şekil 6’de akışa dik yöndeki bombeler arası mesafenin kolektörün termohidrolik verimine etkisi ve düzlemsel yüzeyli (pürüzsüz) kolektör ile karşılaştırması yapılmıştır. Akışa dik yöndeki bombeler arası mesafenin artması neticesinde kolektörün termohidrolik veriminin önce arttığı, fakat belli bir noktadan sonra (RSL=25,00) azaldığı gözlemlenmiştir.

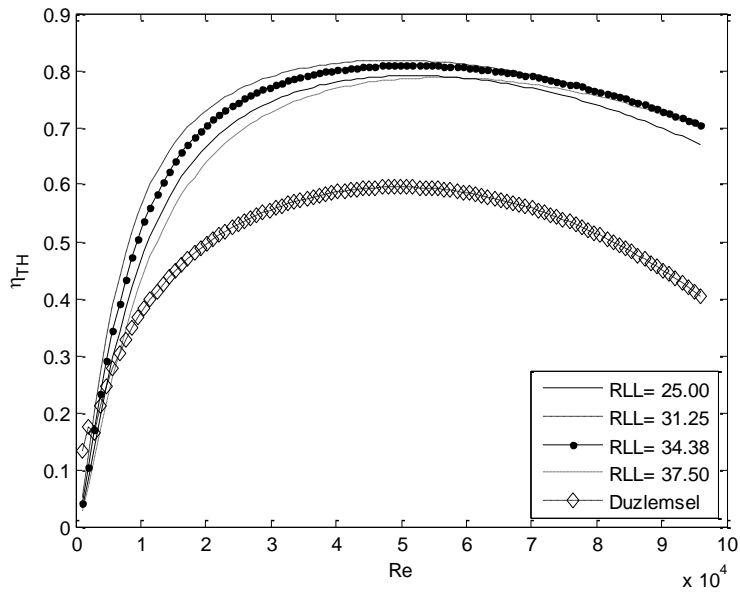
Şekil 7’de akışa paralel yöndeki bombeler arası mesafenin kolektörün termohidrolik verimine etkisi ve düzlemsel yüzeyli (pürüzsüz) kolektör ile karşılaştırması yapılmıştır. Akışa paralel yöndeki bombeler arası mesafenin artması neticesinde kolektörün termohidrolik veriminin önce arttığı, fakat belli bir noktadan sonra (RLL=31,25) azaldığı gözlemlenmiştir.

Şekil 8’de bombe yüksekliğinin kolektörün termohidrolik verimine etkisi ve düzlemsel yüzeyli (pürüzsüz) kolektör ile karşılaştırması yapılmıştır. Bombe yüksekliğinin artması neticesinde kolektör veriminin önce arttığı ve belli bir noktadan (RPD=0,294) sonra azaldığı gözlemlenmiştir. Bombe yüksekliğinin artması bir yandan ısı transfer katsayısını artırırken diğer yandan da basınç kayıplarını arttırmaktadır. Dolayısıyla bombe yüksekliğinin optimum seviyeden fazla olması termohidrolik verim üzerinde olumsuz etki yaratmaktadır.

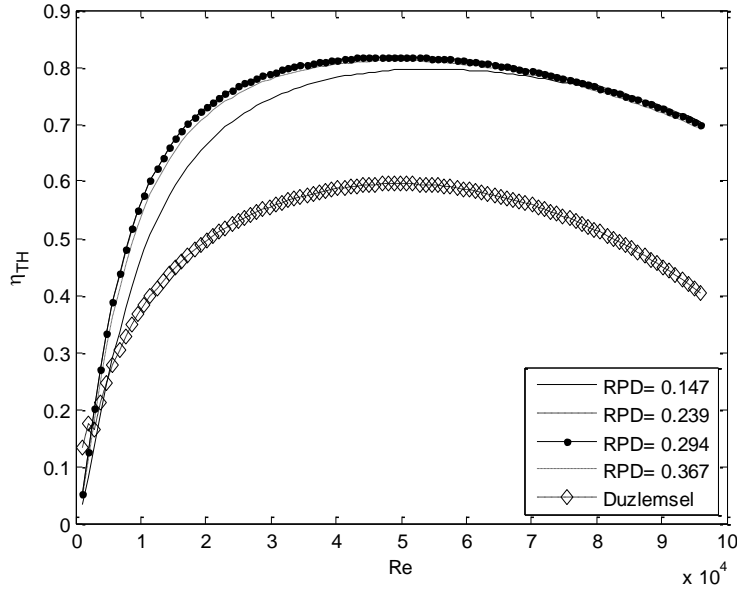
Bombeler arası mesafenin artması basınç kayıplarını azaltmakla beraber elde edilen faydalı ısı miktarını da azaltmaktadır. Bu nedenle akışa dik ve paralel yöndeki bombeler arası mesafenin optimum seviyede tutulması gerekmektedir.



Şekil 6. Akışa dik yöndeki iki bombe arası mesafenin termohidrolik verime etkisi.



Şekil 7. Akışa paralel yöndeki iki bombe arası mesafenin termohidrolik verime etkisi.



Şekil 8. Bombe yüksekliğinin termohidrolik verime etkisi.

SONUÇ

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

- Bombeler ile pürüzlendirilmiş yutucu yüzeylerin düzlemsel yüzeylere göre daha yüksek termal ve termohidrolik verime sahip olduğu;
- Akışa dik yöndeki bombeler arasındaki mesafenin artmasının termal ve termohidrolik verimi artırıcı bir etkide bulunduğu fakat belli bir noktadan (RSL=25,00) sonra ise termal ve termohidrolik verimi azaltıcı etkide bulunduğu;
- Akışa paralel yöndeki bombeler arasındaki mesafenin artmasının termal ve termohidrolik verimi artırıcı bir etkide bulunduğu fakat belli bir noktadan (RLL=31,25) sonra ise termal ve termohidrolik verimi azaltıcı etkide bulunduğu;
- Bombe yüksekliğinin artmasının termal verimi artırıcı bir etkisinin olduğu, fakat bombe yüksekliğinin ne kadar arttırılırsa arttırılsın termal verimin belli bir asimptotik noktaya yaklaştığı;
- Bombe yüksekliğinin artmasının termohidrolik verimi belli bir noktaya (RPD=0,294) kadar arttırdığı, fakat bu noktadan sonra bombe yüksekliğinin arttırılması ile sistemde oluşan basınç kayıpları neticesinde termohidrolik verimin azaldığı;

gözlemlenmiştir.

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-Sebaei 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-Sebaei 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-Sebaei 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] Hegazy A. A., Performance of flat-plate solar air heaters with optimum channel geometry for constant/variable flow operation, *Energy Conversion and Management*, 44(4), 401-430, 2000.

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 bütünleşik doktora programına başlamıştır. 2011 yılında doktorasını tamamlamıştır. 2011-2014 yılları arasında Akdeniz Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Enerji anabilim dalında Araştırma Görevlisi Doktor olarak çalışmıştır. 2014 yılı Nisan ayından beri Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde Yrd. Doç. Dr. olarak görev yapmaktadır. 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. 2012 yılı Aralık ayından beri Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Enerji Anabilim Dalında Yrd.Doç.Dr. olarak görev yapmaktadır. Adsorpsiyonlu soğutma, güneş enerjisi destekli temiz su eldesi, mikro ısı boruları, gözenekli malzemede ısı ve kütle transferi konularında çalışmaktadır.