

ISI BORULU ATIK BACA GAZLARINDAN ISI GERİ KAZANIM SİSTEMİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Emre ÜRÜN
Yusuf ÇAY
Hüseyin KURT

ÖZET

Bu çalışmada, yerçekimi destekli ısı borulu atık baca gazlarından ısı geri kazanım sisteminin ısıl performansı deneysel olarak incelenmiştir. Isı geri kazanım sistemi, bakır borudan yapılmış 16 adet ısı borusundan oluşmaktadır. Çalışma akışkanı olarak, R-410a soğutucu akışkanı kullanılmıştır. Sistem, baca içerisine yerleştirilen evaporatör bölgesinin atık baca gazlarında almış olduğu ısı enerjisinin soğutma suyunun dolaştığı bir depo içerisine yerleştirilen kondenser bölgesine taşınması şeklinde çalışmaktadır. Deneyler, beş farklı baca gazı sıcaklığında (75, 100, 125, 150, 175 °C), dört farklı baca gazı hızında (1, 1.5, 2, 2.5 m/s) ve soğutma suyu debisinde (1, 2, 3, 4 lt/dk) yapılmıştır. Deneylerden elde edilen sonuçlara göre, ısı geri kazanım sistemini oluşturan ısı borularının etkenliği % 44.1 olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yerçekimi destekli ısı borusu, R410a, baca gazı, ısı geri kazanımı

ABSTRACT

In this study, thermal performance of heat recovery system gravity assisted heat pipe has been investigated experimentally. The heat recovery system consists of 16 pieces heat pipe made copper pipe. R-410a refrigerant was used as working fluids. System works transporting to heat energy obtained from waste flue gases in the evaporator region to the condenser region that placed inside a store which is circulated cooling water. Experiments are carried out five different flue gases temperature (75, 100, 125, 150, 175 °C), different flue gases velocity (1, 1.5, 2, 2.5 m/s) and different cooling water flow rates (1, 2, 3, 4 lt/dk). According to the results obtained from experiments, the heat pipe efficiency was observed as 44.1 %.

Key Words: Thermosyphon heat pipe, R410a, flue gasses, heat recovery.

1. GİRİŞ

Bilindiği gibi ülkemiz, kalkınmakta olan ve nüfusu artan bir ülke olması nedeniyle enerji tüketimi hızlı bir şekilde artmaktadır. Ülkemiz enerji ihtiyacının büyük bir kısmı yurtdışı kaynaklardan karşılandığından dolayı, her geçen gün artan enerji talebi ile birlikte dışa bağımlılığımızda artmaktadır. Bunun yanı sıra, başta petrol olmak üzere sınırlı olarak bulunan fosil enerji kaynakları tükenmektedir. Diğer yandan fosil kaynaklı yakıt tüketimi sonucu, atmosfere bırakılan CO₂ salınımı başta olmak üzere, küresel ısınmaya yol açan gaz emisyonlarının sebep olduğu çevre sorunları önemli bir problem haline gelmiştir. Son yıllarda dünyanın gündemini meşgul eden bu problemlerin çözümü, bir dizi önlemler almayı ve yeni arayışlara yönelmeyi zorunlu hale getirmiştir. Gerek ülkemizde gerekse dünyada, bu arayışların başında, son yıllarda üzerinde önemle durulan konulardan birisi olan enerjinin verimli kullanımı gelmektedir [1-3].

Enerjinin verimli kullanılması, ülke çapında sağlanacak yararın yanında, sanayi işletmelerinin birçoğunda toplam giderler içerisinde önemli bir paya sahip olan enerji giderlerinin ve çevre kirliliğinin azaltılmasına önemli ölçüde katkı sağlayacaktır. Bu nedenlerden dolayı enerjinin verimli kullanılması alanında yapılan çalışmalar büyük önem taşımaktadır.

Baca gazlarının çevreye atılması nedeniyle oluşan ısı kayıplar %10-35 arasında değişmektedir. Bir ısı üreticinde örneğin bir buhar kazanında dışarıya atılmakta olan baca gazlarının ısısından istifade ile besleme suyu veya yakma havası ısıtılmak suretiyle ısı geri kazanımı sağlanabilir. Böylece kazan verimi yükseltilecek enerjiden dolayısıyla yakıttan tasarruf sağlanabilir. Atık ısıdan ısı geri kazanımı için reküperatif ve rejeneratif ısı değiştiricileri kullanılmakla birlikte son yıllarda ısı borulu ısı geri kazanım sistemleri kullanılmaya başlamıştır [2,3].

Bu çalışmada, farklı baca gazı sıcaklıklarında, farklı baca gazı hızlarında ve soğutma suyu debilerinde, ısı borusu kondenser bölgesinden soğutma suyuna aktarılan ısı enerjisi miktarına göre yerçekimi destekli ısı borulu ısı geri kazanım sisteminin ısı performansını incelenmiştir.

1.1. Isı Borulu Isı Geri Kazanım Sistemi

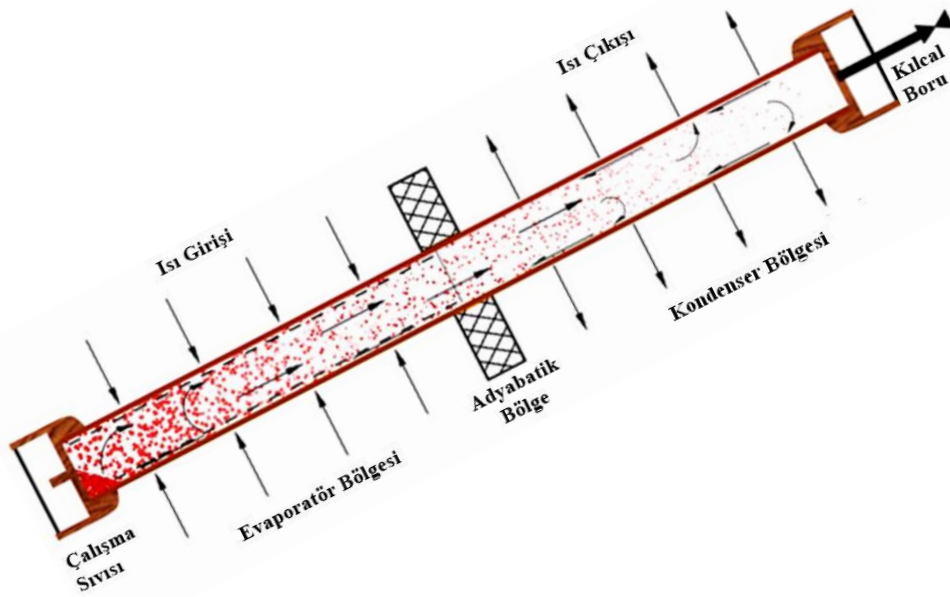
Atık ısı enerjisinin geri kazanılmasında kullanılan yöntemlerden birisi ısı borulu sistemlerdir. Isı boruları vakumlanmış, içerisinde bir miktar çalışma akışkanının bulunduğu, evaporatör (buharlaştırıcı), adyabatik (nötr) ve kondenser (yoğuşturucu) kısımlarından oluşan bir ısı transfer cihazıdır. Isı borusunun dışarıdan ısı absorbe ettiği kısım evaporatör, ısı borusundan dış ortama ısı transferinin olduğu kısım ise kondenser olarak tanımlanır. Adyabatik bölge ise herhangi bir ısı transferinin olmadığı nötr bölgedir (Şekil 1). Isı borusunun evaporatör bölgesine tatbik edilen ısı enerjisi ısı borusu içerisindeki akışkanın buharlaşmasına sebep olur. Doymuş buhar haline gelen çalışma akışkanı, ısı borusunun kondenser bölgesinden ısı çekilmesi ile birlikte yoğuşur ve çeşitli yöntemlerle cihazın evaporatör bölgesine geri döner. Isı borularında ısı transferi bu şekilde gerçekleşir ve çevrim tamamlanmış olur. Kondenser bölgesinde yoğuşan akışkanı tekrar evaporatör bölgesine geri gönderebilmek için yerçekimi, merkezkaç, manyetik, elektrostatik vb. kuvvetlerden yararlanılır. Isı borusu içerisindeki çalışma akışkanı çevrimini düzenlemek amacıyla borunun iç yüzeyine uygun malzemelerden fitil yerleştirilir. Genelde ısı borulu ısı geri kazanım sistemlerinde evaporatör bölgesi sistemin alçak konumunda bulunduğundan dolayı çevrim, ek bir kuvvete gereksinim duymadan yerçekimi kuvvetinden yararlanılarak kolaylıkla sağlanabilmektedir. Yoğuşan sıvının evaporatöre geri getirilmesi için kullanılan en genel yöntemler yerçekimi ve kılcal kuvvetlerdir [1-6].

Isı borusu konusunda ilk çalışmalar 1942 yılında R.S.Gaugler tarafından yapılmıştır. Gaugler'in çalıştığı ısı boruları, şuan kullanılan ısı borularının temelini oluşturmuştur. Özsoy ve Acar [2], yerçekimi destekli bakır-su ısı borusunu sabit bir güçte çalıştırarak ısı borusu yüzeyindeki sıcaklık dağılımı ve kondenser bölgesinden transfer edilen ısı enerjisi miktarını farklı eğim açılarında ve farklı soğutma suyu debilerinde deneysel olarak incelemişlerdir. Ersöz [3], çalışma akışkanı olarak etanol kullanarak, yerçekimi destekli ısı borusu ile baca gazları ile atılan ısının geri kazanılmasını 140 ile 170 °C baca gazı sıcaklığı aralığında deneysel olarak araştırmıştır. Ong ve ark.[4] çalışma akışkanı olarak R-134a soğutucu akışkanı kullanılan yerçekimi destekli ısı borusunun termal performansına, ısı borusu evaporatör ve kondenser bölgeleri arasındaki sıcaklık farkının, soğutma suyu debisinin ve ısı borusu çalışma akışkanı miktarının etkisini incelemişlerdir. Noie [5], havadan havaya yerçekimi destekli ısı borulu ısı değiştiricisi evaporatör bölgesinin %60'ı çalışma akışkanı su ile doldurularak, ısı borusunun ısı performansını deneysel ve teorik olarak incelemiştir. Payakaruka ve ark.[6] çalışma akışkanı R22, R123, R134a, etanol ve su kullanarak yerçekimi destekli eğik ısı borusunun 5° ile 90° eğim açısı aralığında ısı transfer karakteristiğini incelemişlerdir. Mahmood ve ark.[7] silindirik, yarı silindirik ve dikdörtgen biçimli olmak üzere 3 mm hidrolik çapa ve üç farklı geometriye sahip mikro ısı borularının 0°, 45° ve 90° eğik haldeki ısı performanslarını deneysel olarak incelemişlerdir. Isı borusunun evaporatör bölgesi elektrikli ısıtıcı ile, kondenser bölgesi ise soğutma suyu ile soğutulmuş en iyi ısı performansını sağlayan ısı borusu geometrisi belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, dairesel kesitli ısı borusunun en iyi ısı performansına sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Çalışma şartlarına bağlı olarak, ısı borusu içerisinde ısı taşıyıcı akışkan görevi yapan birbirinden farklı çalışma akışkanları kullanılabilir. Çalışma akışkanının yüksek buharlaşma gizli ısısı, yüksek

yüzey gerilimi ve çalışma bölgesinde düşük sıvı viskozitesine sahip olması yanında bu bölgede ısı bakımından kararlı olması istenir. Çalışma akışkanının kullanılan boru malzemesi ile uyumlu olmaması nedeniyle yoğunlaşmayan gaz oluşturabilme özelliği, ısı borusu etkinliğini düşüreceğinden dolayı istenmeyen bir durumdur. Düşük ve orta sıcaklık uygulamalarında en çok kullanılan akışkanlar su, metanol, amonyak ve diğer soğutucu akışkanlardır[8,9].

Isı boruları, günümüz teknolojisinde farklı birçok alanda kullanılması nedeniyle ısı sistemlerde vazgeçilmez bir unsur haline gelmiştir. Günümüzde ısı boruları; elektronik devrelerde bellek üzerinde bulunan çiplerin soğutulmasında, bilgisayarlarda işlemci ve ekran kartlarının soğutulmasında, uzay araçlarında ısı iletim mekanizmalarında, vakum tüplü güneş enerji sistemlerinde, köprü ve otoyollarda kar ve buzlanmayı önlemek amacıyla v.b. bir çok alanda ısı transfer elemanı olarak kullanılmaktadır. Hareketli parçası olmaması, sessiz çalışması, reaksiyon zamanının kısa olması, her ortam ve sıcaklık mesafesi için ısı boruları geliştirilebilmesi, ısı borularının avantajları olarak sayılabilir [4,6,10].



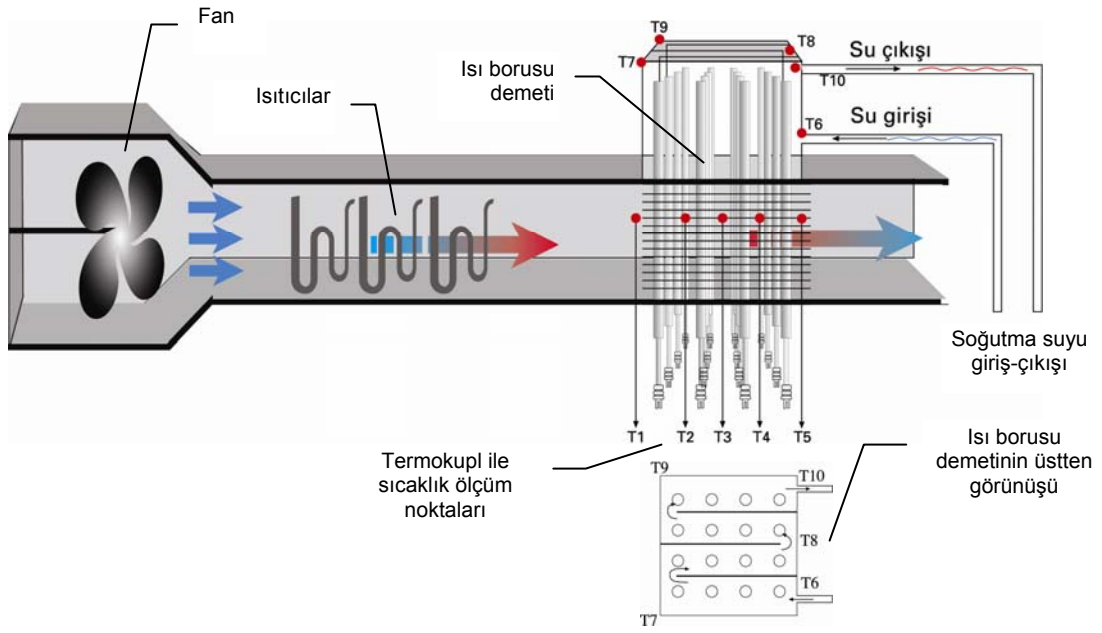
Şekil 1. Isı Borusu Şematik Yapısı ve Çalışma Prensibi

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, atık baca gazlarından yerçekimi destekli ısı borulu ısı geri kazanım sisteminin ısı performansını deneysel olarak gözlemleyebilmek amacıyla bir ısı geri kazanım sistemi tasarlanmış ve kurulmuştur. Isı geri kazanım sisteminde, bakırdan imal edilmiş 16 adet ısı borusu demeti ve ısı transfer yüzeyini arttırmak için ısı borusuna tespit edilmiş 13 adet levha tipi kanat kullanılmıştır. Sistemin evaporatör bölgesi baca gazının geçtiği kanal içerisine yerleştirilmiştir, kondenser bölgesi ise soğutma suyunun dolaştığı bir depo içerisine yerleştirilmiştir. Isı borusundaki çevrimin yerçekimi desteğiyle sağlanabilmesi için ısı borusu, evaporatör bölgesi altta ve yer düzlemine dik olacak şekilde sisteme monte edilmiştir. Deney düzeneğinde, atık baca gazı yerine rezistanslar yardımıyla ısıtılan hava kullanılmıştır. Isıtılan hava fan yardımıyla kanal içerisine gönderilerek, havanın sahip olduğu ısı enerjisi, ısı borusunun evaporatör bölgesine aktarılmıştır. Aktarılan bu ısı enerjisi, ısı borusu içerisindeki çalışma akışkanını buharlaştırarak, çalışma akışkanının kondenser bölgesine doğru yükselmesini sağlayacaktır. Isı borularında çalışma akışkanı olarak R-410a soğutucu akışkanı kullanılmıştır. Kondenser bölgesine buhar olarak ulaşan çalışma akışkanı, ısısını soğutma suyuna

vererek yoğuşmaya başlayacaktır. Böylece baca gazının sahip olduğu ısı enerjisi, soğutma suyuna aktarılmış olur.

Deneyler, kanal içerisinde geçen hava sıcaklığı 75, 100, 125, 150, 175 °C olmak üzere beş farklı sıcaklıkta, baca gazı hızı 1, 1.5, 2, 2.5 m/s olmak üzere dört farklı hızda ve kondenser bölgesinin içinde bulunduğu depoya giren-çıkan soğutma suyu debisinin 1, 2, 3, 4 lt/dk olduğu dört farklı debide yapılmıştır. Deneylerde, ısı borusu evaporatör-kondenser bölgeleri arasındaki çevrimin sağlanabilmesi ve sistemde kullanılan çalışma akışkanının faz değişiminin tamamlanabilmesi için ölçüm süresi 30 dk. olarak belirlenmiştir. Sıcaklık ölçümleri, 5 dk. aralıklarla kaydedilerek, 30 dk. sonraki sıcaklık değerinin kararlı olduğu görülmüştür. Şekil 2'de ısı geri kazanım sisteminin şematik olarak yapısı, Şekil 3'de ise deney düzeneği görülmektedir. Şekil 2'de görüldüğü gibi sistem üzerinde T1'den T10 noktasına kadar gösterilen 10 farklı noktada sıcaklık ölçümü yapılmıştır.



Şekil 2. Deney Düzeneğinin Şematik Yapısı



Şekil 3. Deney Düzeneği

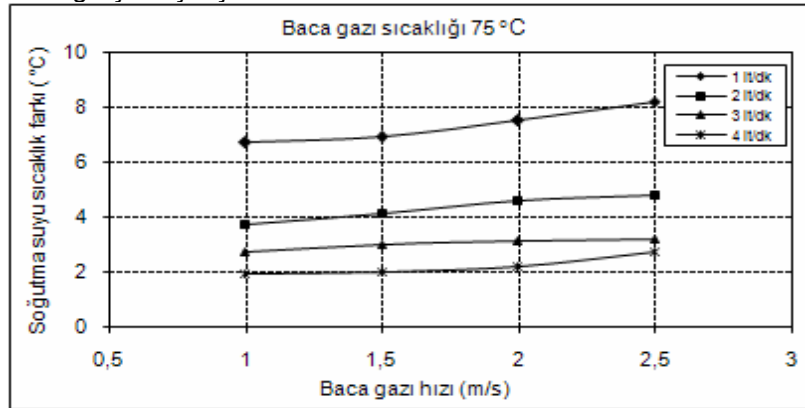
3. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Deneylerde, baca gazı sıcaklığı sabit tutularak her bir baca gazı sıcaklığında ve her bir soğutma suyu debisinde, soğutma suyu sıcaklık farkı gözlemlenmiştir. Böylece ısı geri kazanım sisteminde, baca gazından soğutma suyuna aktarılan ısı enerjisi miktarına göre sistemin ısı performansını belirlenmiştir.

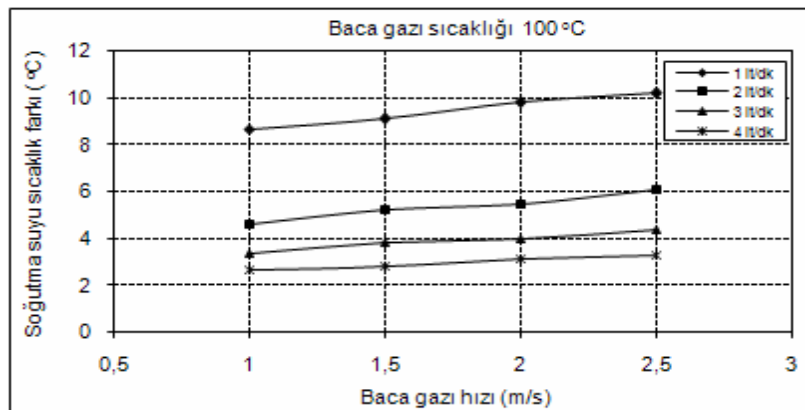
Isı geri kazanım sisteminde, 75, 100, 125, 150, 175 °C baca gazı sıcaklıklarında, 1, 1.5, 2 ve 2.5 m/s baca gazı hızlarında, 1, 2, 3 ve 4 lt/dk soğutma suyu debilerinde elde edilen soğutma suyu sıcaklık farkları Şekil 4'de gösterilmiştir. Soğutma suyu debisi arttırıldığında, birim zamanda kondenser bölgesi yüzeyinden geçen soğutma suyu miktarı arttığından dolayı kondenser bölgesi yüzey sıcaklığı bağıl olarak azalmıştır. Şekil 4. (a)'da görülebileceği gibi 75 °C baca gazı sıcaklığında, 1 m/s baca gazı hızında ve 1 lt/dk soğutma suyu debisinde elde edilen soğutma suyu sıcaklık farkı 6.7 °C olurken, aynı baca gazı sıcaklığı ve hızında, soğutma suyu debisi 2 lt/dk'ya çıkartıldığında, 3.7 °C; 3 ve 4 lt/dk çıkartıldığında ise, sırasıyla 2.7 °C ve 1.9 °C sıcaklık farkı elde edilmiştir.

Isı borusu evaporatör bölgesinin maruz kaldığı ısı kaynağının sıcaklığı arttıkça, ısı borusu içerisindeki çevrim daha hızlı tamamlanmıştır. Bu sebepten dolayı, ısı kaynağının sıcaklığı arttıkça, soğutma suyuna aktarılan ısı enerjisi artmıştır. Baca gazı sıcaklığı 75 °C iken, 2 m/s baca gazı hızında ve 1 lt/dk su debisinde elde edilen soğutma suyu sıcaklık farkı 7.5 °C olurken, aynı değerlerde baca gazı sıcaklığı sırasıyla 100, 125, 150 ve 175 °C olduğunda, 9.8, 10.5, 11.6 ve 13.6 °C soğutma suyu sıcaklık farkları elde edilmiştir.

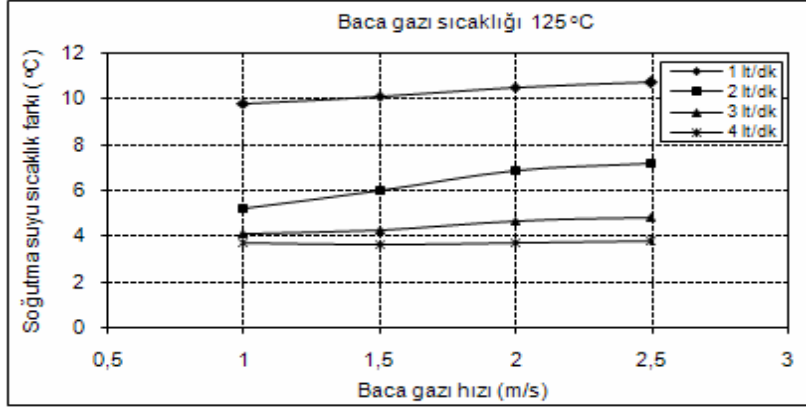
Isı borusu evaporatör bölgesinden geçen baca gazının hızı arttıkça, elde edilen soğutma suyu sıcaklık farklarının da arttığı gözlenmiştir. Baca gazı sıcaklığı 75 °C iken, 1 lt/dk soğutma suyu debisinde ve 1 m/s baca gazı hızında elde edilen soğutma suyu sıcaklık farkı 6.7 °C olurken, aynı hava sıcaklığında ve su debisinde, baca gazı hızı sırasıyla 1.5, 2 ve 2.5 m/s olduğunda ise 6.9, 7.5 ve 8.2 °C soğutma suyu sıcaklık farkı ölçülmüştür. Benzer eğilimler, baca gazı sıcaklığının 100, 125, 150 ve 175 °C olması durumunda da gerçekleşmiştir.



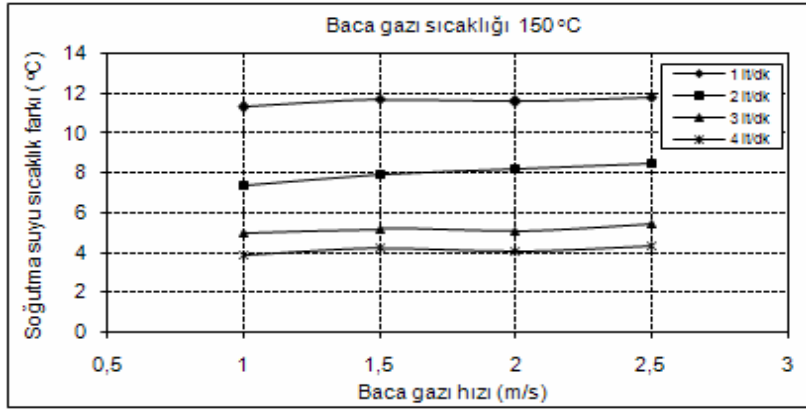
(a).



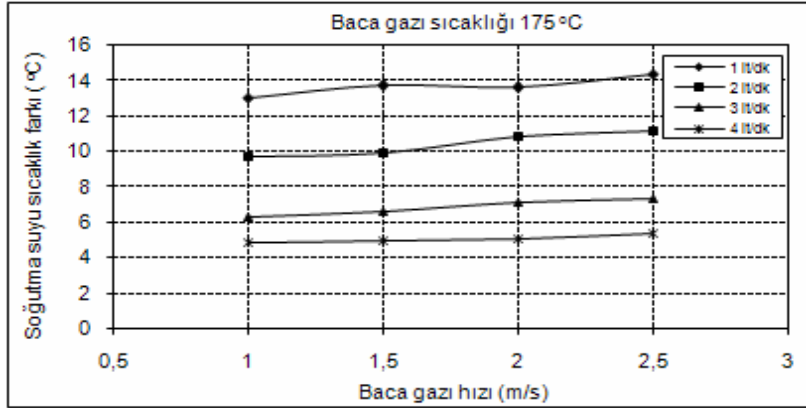
(b).



(c).



(d).



(e).

Şekil 4. Farklı Soğutma Suyu Debilerinde, Soğutma Suyu Sıcaklık Farkının Baca Gazı Hızı ile Değişimi (a).75 °C, (b).100 °C, (c).125 °C, (d).150 °C, (e).175 °C baca gazı sıcaklığı için

3.1. Isı Borusu Etkenlik Hesabı

Sistemin ısıl performansı, ısı borusu etkenliği ile belirlenmiştir. Isı borusu etkenliği, soğutma suyuna aktarılan ısı enerjisinin, baca gazının sahip olduğu ısı enerjisine oranlanmasıyla belirlenmiştir. Isı borusu aracılığıyla soğutma suyuna aktarılan ısı enerjisi,

$$\dot{Q}_{sg} = \dot{m}_{sg} C_p (T_{sgç} - T_{sgg}) \quad (1)$$

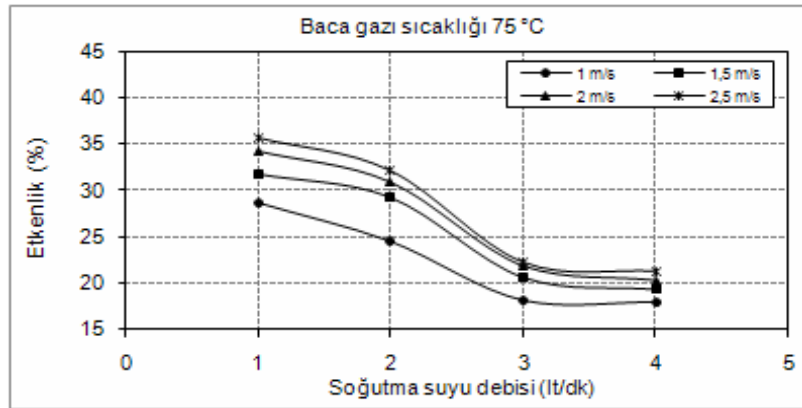
eşitliğine göre hesaplanmıştır. Denklemde, \dot{Q}_{sg} ; soğutma suyuna aktarılan ısı enerjisini (W), \dot{m}_{sg} ; soğutma suyu kütleli debisini (kg/s), C_p ; soğutma suyunun özgül ısısını (J/kg K), T_{sgg} ve $T_{sgç}$; soğutma suyu giriş ve çıkış sıcaklıklarını ($^{\circ}$ C) göstermektedir.

Isı borusu demeti bölgesine giren-çıkan baca gazının sahip olduğu ısı enerjisindeki azalma miktarının tamamı ısı borusuna aktarıldığı kabul edilerek, ısı borusu evaporatör bölgesine aktarılan ısı enerjisi,

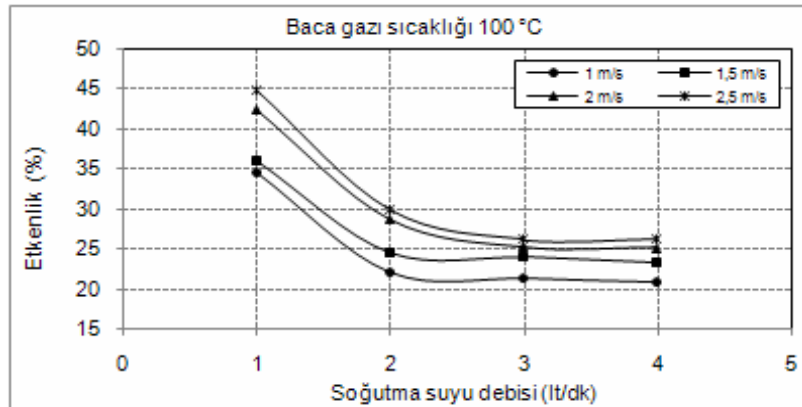
$$\dot{Q}_{bg} = \dot{m}_{bg} C_p (T_{bgg} - T_{bgç}) \quad (2)$$

eşitliğine göre hesaplanmıştır. Denklemde, \dot{Q}_{bg} ; baca gazının sahip olduğu ısı enerjisindeki azalma miktarını (W), \dot{m}_{bg} ; baca gazı kütleli debisini (kg/s), C_p ; baca gazı özgül ısısını (J/kg K), T_{bgg} ve $T_{bgç}$; baca gazı giriş ve çıkış sıcaklıklarını ($^{\circ}$ C) göstermektedir.

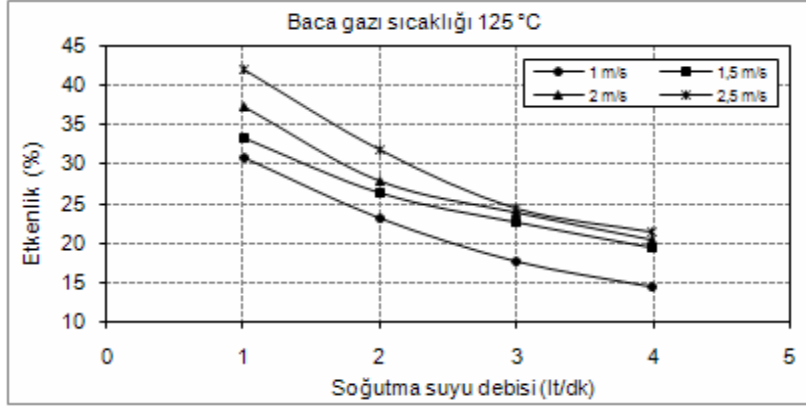
Isı borusu etkinliği farklı baca gazı sıcaklıklarında ve baca gazı hızlarında, soğutma suyu debisine bağlı olarak Şekil 5'de verilmiştir. Şekillerden de görülebileceği gibi baca gazının hızı arttıkça ısı borusu etkinliği artarken, soğutma suyu debisi arttıkça ısı borusu etkinliği azalmaktadır. Sistemdeki ısı borusu demetinin etkinliği, 75° C baca gazı sıcaklığında, 2.5 m/s baca gazı hızında ve 1 lt/dk soğutma suyu debisinde % 35.7 olurken, aynı değerlerde baca gazı sıcaklığı 175° C çıkarıldığında ise % 44.1 olmuştur.



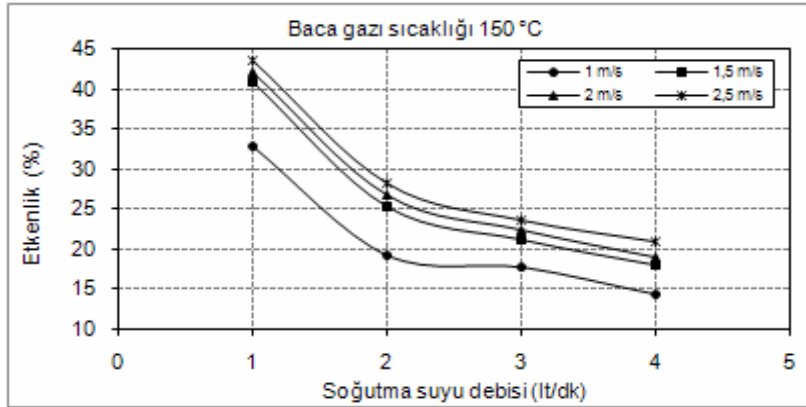
(a).



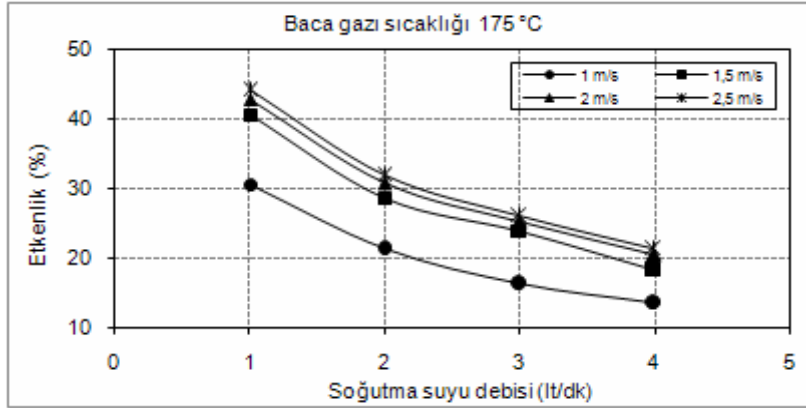
(b).



(c).



(d).



(e).

Şekil 5. Farklı Baca Gazı Hızlarında, Isı Borusu Etkenliğinin Soğutma Suyu Debisi ile Değişimi (a).75 °C, (b).100 °C, (c).125 °C, (d).150 °C, (e).175 °C baca gazı sıcaklığı için

SONUÇ

Bu çalışmada, yerçekimi destekli ısı borusunda çalışma akışkanı olarak R-410a soğutucu akışkanı kullanılarak, baca gazından ısı geri kazanımının ısı performansını incelenmiştir. Deneyle elde edilen sonuçlara göre, baca gazı hızı arttıkça ısı borusu etkinliği artarken, soğutma suyu debisi arttıkça ısı borusu etkinliği azalmıştır. Isı geri kazanım sistemindeki ısı borusu demetinin etkinliğinin

baca gazı sıcaklığı ve baca gazı hızı ile doğru orantılı, soğutma suyu debisi ile ters orantılı olarak değiştiği gözlemlenmiştir. Buna göre ısı geri kazanım sisteminin etkenliği, 75 °C baca gazı sıcaklığında, 2.5 m/s baca gazı hızında ve 1 lt/dk soğutma suyu debisinde % 35.7 olurken, aynı değerlerde baca gazı sıcaklığı 175 °C çıkarıldığında ise % 44.1 olmuştur.

Isı geri kazanım sisteminde, fitilli ısı değiştiricisi kullanılmak suretiyle kondenser bölgesinden evaporatör bölgesine çalışma akışkanının geri dönmesi için yerçekimi etkisi yanında fitil etkisi de kullanılmış olacaktır. Böylece ısı borusu çalışma çevrimi daha kısa sürede tamamlanacağından dolayı birim zamanda geri kazanılan ısı enerjisi miktarı da artacaktır. Isı geri kazanım sisteminde fitilli ısı borusu kullanılmak suretiyle sistemin ısı geri kazanım performansı artırılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Güngör A., İklimlendirmede enerji geri kazanımında ısı borulu ısı değiştiriciler, II.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, İzmir, 639-655, 1995.
- [2] Özsoy, A., Acar, M., Yerçekimi destekli bakır-su ısı borusu için deneysel bir çalışma, Tesisat Mühendisliği dergisi 90, 13-18, 2005.
- [3] Ersöz, M.A., “Baca gazlarındaki atık ısının ısı borusu ile geri kazanımının deneysel incelenmesi” Tesisat Mühendisliği, 111, 60-66 2009.
- [4] Ong, K.S., Haider-E- Alahi, M., “Performance of a R-134a-filled thermosyphon”, Applied Thermal Engineering 23, 2373-2381, 2003.
- [5] Noie, S.H., “Investigation of thermal performance of an air-to-air thermosyphon heat exchanger using ϵ -NTU method”, Applied Thermal Engineering 26, 559-567, 2006.
- [6] Payakaruk, T., Terdtoon, P., Ritthidech, S., “Correlations to predict heat transfer characteristics of an inclined closed two-phase thermosyphon at normal operating conditions”, Applied Thermal Energy 20, 781–790, 2000.
- [7] Mahmood, S.L., Akhanda, A.R., “Experimental study on the performance limitation of micro heat pipes of non-circular cross-sections”, Thermal Science 12, 91-102, 2008.
- [8] Abou-Ziyan, H.Z., Helali, A., Fatouh, M., Abo El-Nasr, M.M., “Performance of a stationary and vibrated thermosyphon working with water and R-134a”, Applied Thermal Engineering 21, 813–830, 2001.
- [9] Studer, F.A., McDonald, T.W., “Experimental study of a two-phase thermosyphon loop heat exchanger”, Transactions of Ashrae 92(2), 486–493, 1986.
- [10] Riffat, S.B., Zhu, J., “Mathematical model of indirect evaporative cooler using porous ceramic and heat pipe”, Applied Thermal Engineering 24, 457–470, 2004.

ÖZGEÇMİŞ

Emre ÜRÜN

1982 yılı Eskişehir doğumludur. 2005 yılında S. Demirel Üniversitesi. Teknik Eğitim Fakültesi Makina Eğitimi Bölümü, Tesisat Öğretmenliği Programını, 2006 yılında ise Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi İşletme Bölümünü bitirmiştir. 2010 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde yüksek lisansını tamamladı. Bir kamu kurumunda memur olarak çalışmaktadır.

Yusuf ÇAY

1963 yılı Sakarya doğumludur. 1985 yılında İTÜ Sakarya Mühendislik Fakültesi Makine bölümünü bitirmiştir. 1988 yılında Gazi Üniversitesin’den Yüksek Mühendis ve 1997 yılında İTÜ’den doktor unvanını almıştır. 1986-1990 yılları arasında Araştırma Görevlisi, 1990-1997 yılları arasında Öğretim Görevlisi, 1997-2009 yılları arasında Yrd. Doç. Dr. Olarak görev yapmıştır. 2009 yılından beri Karabük



Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Enerji Anabilim Dalı'nda Yrd. Doç. Dr. Olarak görevine devam etmektedir. Enerji verimliliği, Güneş Enerjisi Alternatif Yakıtlar konularında çalışmaktadır.

Hüseyin KURT

1971 yılı Silifke doğumludur. 1994 yılında Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği bölümünü bitirmiştir. 1997 yılında Sakarya Üniversitesi'nden Yüksek Mühendis ve 2000 yılında Marmara Üniversitesinden doktor unvanını almıştır. 1994-2001 yılları arasında Araştırma Görevlisi, 2001-2010 yılları arasında Yrd. Doç. Dr. olarak görev yapmıştır. 2010 yılında Makina Mühendisliği Isı Transferi bilim dalında doçent unvanını almıştır. Halen Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde, Doç. Dr. olarak görevine devam etmektedir. Enerji verimliliği, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği konularında çalışmaktadır.