

ISI BORULU ISI GERİ KAZANIM SİSTEMİNİN PERFORMANSINI ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN İNCELENMESİ

Investigation of The Factors That Effect The Performance of a Heat Pipe Heat Recovery System

Abdulkerim OKBAZ
Hüseyin ONBAŞIOĞLU

ÖZET

Isı boruları ilk olarak 1944 yılında kullanılmaya başlanmış ve aradan geçen yıllar boyunca kullanım alanı uzay araştırmalarından nükleer enerji santrallerine, elektronik devrelerin soğutulmasına, enjeksiyon kalıplarının soğutulmasına ve ısı geri kazanım ünitelerine kadar geniş bir yelpazeye yayılmıştır. İklimlendirme sistemlerinde iç hava koşullarının sağlanmasında sağladığı enerji tasarrufu ile alışveriş merkezleri, hastaneler ve konutlarda geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Bu çalışmada ısı borulu ısı geri kazanım sisteminin (IBIGKS) performansı farklı çalışma koşulları için FRİTERM AR-GE Merkezi tarafından geliştirilen “Heat Pipe” yazılımı kullanılarak araştırılmıştır. Buharlaştırıcı ve yoğuşturucu bölümleri için üç farklı ısı değiştiricisi modeli kullanılmıştır. Isı değiştiricileri alüminyum malzemeli dalgalı kanatlı ve bakır malzemeli yivli borudur. Farklı çalışma koşulları için 2, 3 ve 4 olmak üzere üç farklı boru sıra sayısı durumunda etkenlik değerleri hesaplanmıştır. IBIGKS etkenliği üzerine en büyük etkiye sahip parametrenin hava giriş hızı olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: ısı değiştiricisi, ısı pompası, termosifon, ısı geri kazanım, iklimlendirme

ABSTRACT

The heat pipes were first used in 1944 and over the years, the field of application has been spread over a wide range from space surveys to nuclear power plants, the cooling of electronic circuits, cooling of injection molds and heat recovery units. It has found a wide usage area in shopping centers, hospitals and residences with the energy saving in air conditioning systems. In this study, the performance of the heat pipe heat recovery system for the different operating conditions was investigated by using “Heat Pipe” software that is developed by FRİTERM R&D Center. Three different heat exchanger models were used for the evaporator and condenser sections. Heat exchangers have grooved pipes of copper material and wavy fins of aluminum material. For different operating conditions, the efficiency values were calculated in the case of three different number of tube rows of 2, 3 and 4. It has been determined that the parameter having the dominant effect on heat pipe heat recovery system effectiveness is air inlet velocity.

Key Words: heat exchanger, heat pump, thermosiphon, heat recovery, air conditioning

1. GİRİŞ

Bir ısı borusu, ısıtılmış ve soğutulmuş bölümleri boyunca neredeyse aynı sıcaklığı korurken, ısının taşınmasını sağlayan çok yüksek ısıl iletkenliğe sahip bir yapıdır. Isı boruları, ısı borusu boyunca küçük sıcaklık farkları ile yüksek miktarda ısı aktardıkları için “ısıl süper iletkenler” olarak kabul edilir[1]. Isı boruları temelde üç bölüme ayrılmıştır: buharlaştırıcı bölümü, adyabatik bölüm ve yoğuşturucu bölümü (Şekil 2). Buharlaştırıcı bölümüne ısı aktarıldığında çalışma akışkanının

buharlaşmaya başlamasıyla ısı borusu çalışmaya başlar. Buhar adyabatik bölüm boyunca düşük sıcaklıktaki yoğunlaştırıcı bölüme akar. Geleneksel bir ısı borusu ile termosifon ısı borusu arasındaki temel fark yoğunlaştırıcıdaki akışkanın buharlaştırıcıya geri dönmesi sürecinde ortaya çıkmaktadır. Geleneksel ısı boruları ısı borusu içindeki akışkan hareketini kılcal kuvvetlerin etkisi ile sağlayan fitilli yapılardan oluşur ve yoğunlaştırıcıda yoğunlaşan çalışma akışkanı fitillerin yarattığı kılcal kuvvetlerin etkisi ile buharlaştırıcıya geri döner. Termosifon ısı borularında ise fitilli yapı yoktur, yoğunlaştırıcıdaki akışkan buharlaştırıcıya yer çekimi kuvvetinin etkisi ile geri döner. Bu nedenle termosifon ısı borularında buharlaştırıcı bölümü yoğunlaştırıcı bölümünün altında olması gerekir. [2] Termosifon ısı boruları fitilsiz oldukları için geleneksel fitilli ısı borularına göre daha az maliyetlidir.

İklimlendirme uygulamalarında fitilli ısı borusu teknolojisinin sınırlı kullanımının temel nedeni ısı borusu donanımlarının diğer ısı değiştiricilerine kıyasla ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Daha kolay imalat tekniklerinin ortaya çıkışı ve yerçekimi destekli (fitilsiz) termosifon teknolojisine benimsenmesi ısı borusu imalat sürecindeki maliyetin çoğunu ortadan kaldırmış ve termosifonlar artık birçok sistemde yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır [3]. Atık ısı geri kazanımı için termosifon ısı borularının kullanılması, enerji tasarrufu sağlamak için mükemmel bir yoldur. Bir ısı borusu ısı değiştiricisi, hem ticari hem de endüstriyel uygulamalarda hava-hava ısı geri kazanım cihazı olarak kullanılır. Isı borusu ısı değiştiricisi, egzoz gazı ve besleme havası arasında neredeyse hiçbir sızıntıya neden olmaz. Isı geri kazanım etkinliği, kompaktlığı, hareketli parçaların az olması, hafifliği, hava tarafındaki küçük basınç düşüşü, sıcak ve soğuk akışkanların tamamen ayrılması gibi birçok avantaja sahiptir. Isı borusu ısı değiştiricileri, atık ısı geri kazanım sistemleri olarak birçok sektörde (örneğin enerji mühendisliği, kimya mühendisliği ve metalurji mühendisliği) yaygın olarak uygulanmaktadır.[4]

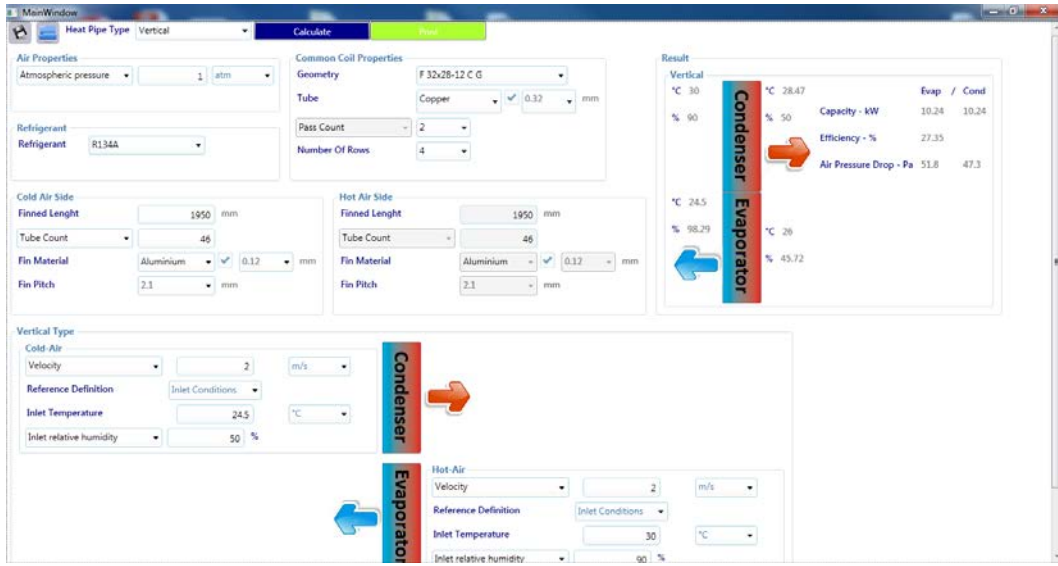
Jouhara ve Meskimmon (2010) [3] tasarlamış oldukları deneysel düzenekte iki geçişli ve altı devreli termosifon ısı değiştiricili at nalı ısı borusunun ısı performansını farklı çalışma sıcaklıkları ve hava hızları için deneysel olarak araştırmışlardır. Mevcut test düzenekleri üzerinde enerji tasarrufu analizi yapmışlardır. Jouhara ve Merchant (2012) [5] geliştirmiş oldukları test düzeneklerinde termosifon ısı değiştiricili bir ısı pompasının performansını farklı ısı yüklerinde, buharlaştırıcı giriş sıcaklıklarında ve boru eğim açılarındaki incelemişlerdir. Deneysel sonuçlarına göre termosifon ısı değiştiricileri farklı sıcaklıklardaki hava akımlarının ısı enerjilerini transfer etmek için kullanıldıklarında önemli miktarda enerji tasarrufu sağlayabilmektedir. Jouhara ve Ezzuddin (2013) [6] termosifon ısı değiştiricili at nalı ısı borusunun performansını deneysel olarak araştırmışlardır. Deneylerinde iki geçişli, her bir geçişi 330 mm uzunluğunda ve boru iç çapı 11.2 mm olan buharlaştırıcı kullanmışlardır. Çalışma akışkanı olarak ise R134a kullanmışlardır. Deneysel verilerini kullanarak ortalama ısı borusu ısı direnç ifadesi geliştirmişler ve mevcut deneysel çalışma koşulları için ısı performansını karakterize etmek amacıyla bu ifadeyi kullanmışlardır. Szulgowska ve Jouhara (2014) termosifon ısı değiştiricisinin performansını tahmin etmek için kullanılan bir yazılım aracı geliştirmişlerdir. Bu yazılım, akış özelliklerine ve ısı değiştiricisi içindeki termosifon konfigürasyonuna göre genel ısı transfer katsayısı, etkenlik, basınç düşüşü ve ısı değiştirici kapasitesi gibi değişkenlerin önceden belirlenmesini sağlamaktadır. Bunun yanında yoğunlaştırıcı ve buharlaştırıcıda kütleli debinin termosifon ısı değiştiricisinin performansı üzerine etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Mroue vd. (2015) [7] hava - su termosifon ısı değiştiricisinin performansını deneysel ve analitik olarak araştırmışlardır. Deneysel çalışmada çoklu hava geçişinin etkisini ısı boruları dâhil olmak üzere ısı değiştirici ünitesinin ısı performansını üzerine etkisini farklı hava giriş sıcaklıklarında ve giriş havası kütleli debilerinde araştırmışlardır. Mroue vd. (2017) [8] HAD yaklaşımıyla çoklu geçişli gövde borulu ısı değiştiricisinin geçiş sayısının ısı değiştirici sistemi üzerine etkisini araştırmışlardır. Test ettikleri ısı değiştiricisi sistemi altı adet düşey yerleşimli havadan suya ısı transferi gerçekleştiren termosifon ısı değiştiricilerinden oluşmaktadır. HAD modellerinde termosifonlar içindeki iki fazlı akış olaylarını modellememişler bunun yerine termosifonlar sabit ısı dirence sahip katı çubuklar olarak kabul edilmiştir. Çubukların ısı dirençleri termosifon içinde meydana gelen taşınım, kaynama ve yoğunlaşma olayları dikkate alınarak hesaplanmıştır. Termosifon içindeki iki fazlı akış için ısı dirençler ise literatürdeki korelasyonlar kullanılarak hesaplanmıştır. Gövde geçişlerinin artırılmasıyla ısı direncin azaldığını ve ısı transfer kapasitesinin arttığını belirtmişlerdir.

Bu çalışmada ise kanatlı borulu ısı değiştiricilerinden oluşan bir IBIGKS'nin farklı çalışma koşulları ve geometrik özellikleri dikkate alınarak etkenlik değerleri "Heat Pipe" yazılımı kullanılarak araştırılmıştır. Sonuçlar farklı hava giriş sıcaklıklarına, hava giriş hızlarına ve boru sıra sayılarına bağlı olarak etkenlik ve ısı transfer hızları olarak sunulmuştur.

2. TEORİK ÇALIŞMA

IBIGKS'nin basınç düşüşü ve ısı transferi hesaplamaları "Heat Pipe" yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. "Heat Pipe" yazılımının kullandığı ısı transferi ve basınç düşüşü modelleri test edilmiş ve doğrulanmıştır. Hava tarafı ısı transfer ve basınç düşüşü hesapları EUROVENT sertifikasına sahip FRTCOILS ısı değiştirici tasarım yazılımının matematiksel modelleri kullanılarak yapılmaktadır. İklimlendirme sektörüne önemli bir hizmet sağlama potansiyeli olan "Heat Pipe" yazılımının ara yüzü Şekil 1'de gösterilmiştir.

Hesaplamalarda 2, 3 ve 4 boru sıra sayılı olmak üzere üç farklı ısı borusu ısı değiştiricisi kullanılmıştır. Her bir ısı değiştiricisi alüminyum kanat ve bakır borudan oluşmaktadır. Alüminyum kanatlar dalgalı formda boru ise yivlidir. Çalışma akışkanı olarak soğutucu akışkan R134A kullanılmıştır. IBIGKS'nin şematik gösterimi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1 "Heat Pipe" yazılımı ara-yüzü

Hesaplamalar farklı boru sıra sayılarında, farklı hava giriş hızlarında ve farklı hava giriş sıcaklıklarında gerçekleştirilmiş IBIGKS'nin performansı etkenlik değerleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Etkenlik teorik olarak gerçekleşebilecek maksimum ısı transfer hızının gerçek ısı transfer hızına oranı olarak aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\varepsilon = \frac{Q}{Q_{maks}} \quad (2.1)$$

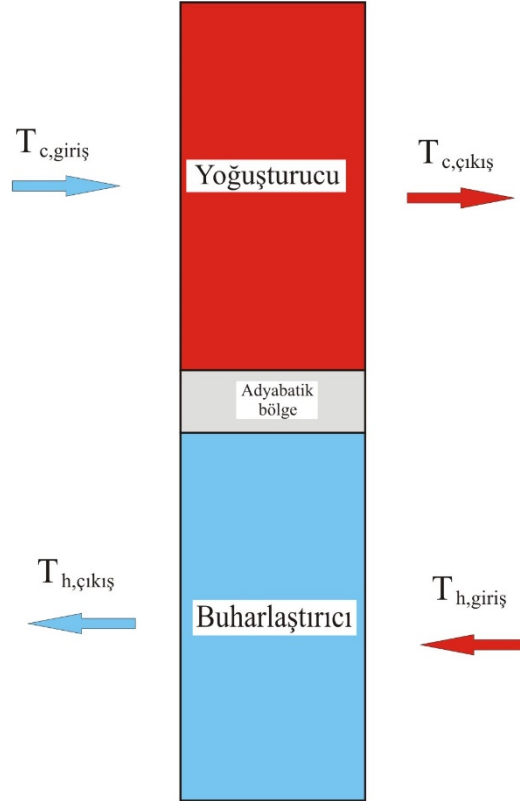
Buharlaştırıcı ve yoğuşturucu bölümlerinin ısı transfer hızları bir birine eşittir. Bu nedenle gerçek ısı transfer hızı aşağıdaki denklemden hesaplanabilir:

$$Q = m_h C p_h (T_{h,giris} - T_{h,çiktis}) = m_c C p_c (T_{c,giris} - T_{c,çiktis}) \quad (2.2)$$

IBIGKS'nin performansını değerlendirmek için kullanılan etkenlik ifadesi Denklem 2.3 veya Denklem 2.4 ile hesaplanmaktadır.

$$\varepsilon = \frac{(T_{h,giris} - T_{h,çiktis})}{(T_{h,giris} - T_{c,giris})} \quad (2.3)$$

$$\varepsilon = \frac{(T_{c,çiktis} - T_{c,giris})}{(T_{h,giris} - T_{c,giris})} \quad (2.4)$$



Şekil 2 IBIGKS'nin şematik gösterimi

BULGULAR VE TARTIŞMA

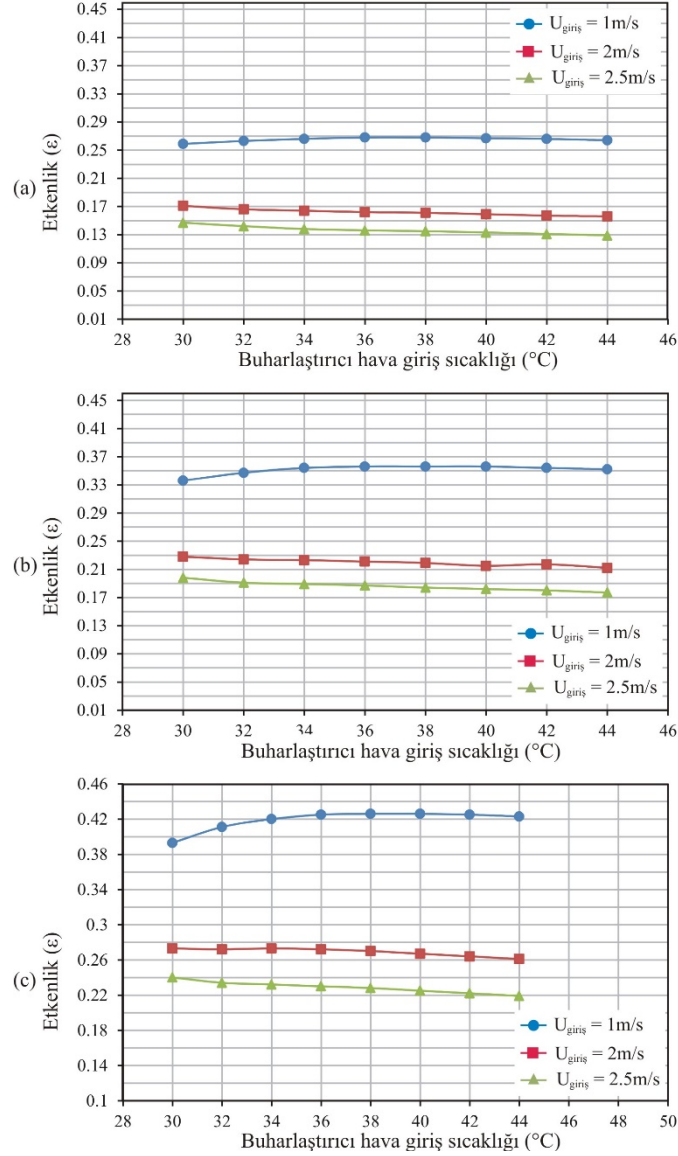
Şekil 3'te farklı boru sıra sayıları için farklı hava giriş hızlarında hava giriş sıcaklığına bağlı olarak IBIGKS'nin etkenlik değerleri verilmiştir. Bütün hava giriş hızları ve hava giriş sıcaklıklarında IBIGKS'nin etkenliği artmıştır.

Boru sıra sayısının 2 olduğu durumda hava giriş hızları 2 m/s ve 2.5 m/s için hava giriş sıcaklığı arttıkça IBIGKS'nin etkenlik değeri düşmüştür. Hava giriş hızı 1 m/s olduğunda ise hava giriş sıcaklığı 38 °C'ye kadar etkenlik değeri artmış daha yüksek sıcaklıklarda düşmeye başlamıştır. Hava giriş sıcaklığı 30 °C'den 44 °C'ye artırıldığında etkenlik değerleri hava giriş hızları 2.5 m/s ve 2 m/s için sırasıyla %12.24 ve %8.77 oranlarında düşüş göstermiştir. Hava giriş sıcaklığı 30 °C için hava giriş hızının 2.5 m/s'den 1 m/s'ye düşmesiyle etkenlik değeri %76.2 artarak 0.147'den 0.259'a yükselmiştir. Hava giriş sıcaklığı 44 °C için ise hava giriş hızının 2.5 m/s'den 1 m/s'ye düşmesiyle etkenlik değeri %104.7 oranında artarak 0.129'dan 0.264'e yükselmiştir.

Hava giriş hızının düşmesiyle ısı değiştiricisine giren hava daha uzun süre kanat – boru yüzeyi ile temas emekte ve çıkış sıcaklığı buna bağlı olarak artmaktadır. Bu durum ısı borusu – ısı değiştiricisinin etkenliğinin artmasını sağlamaktadır [9].

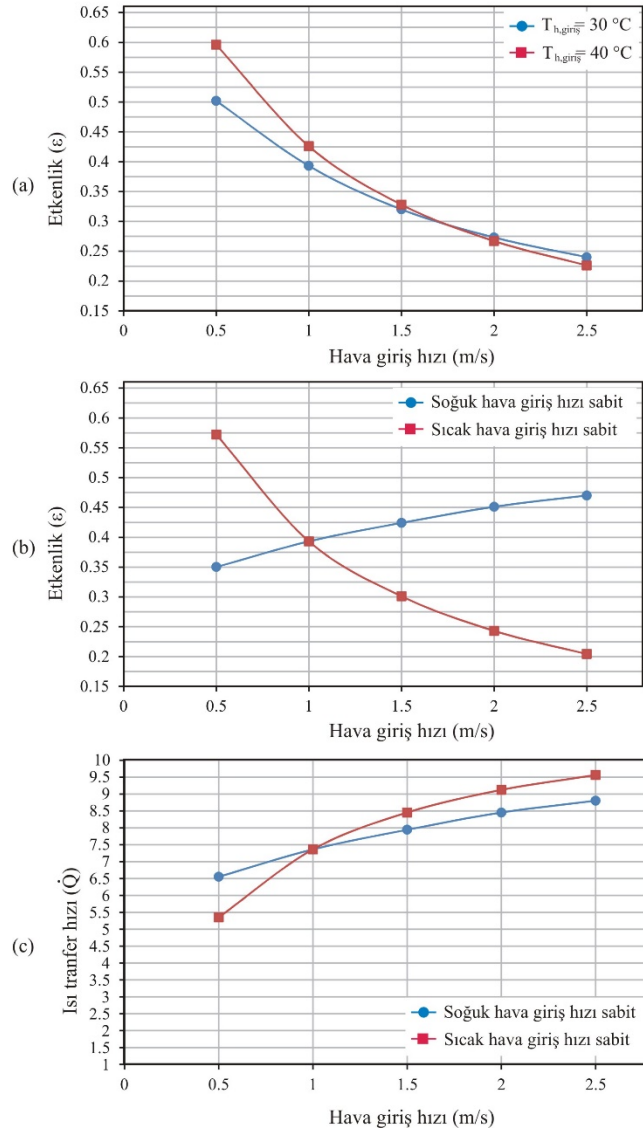
Boru sıra sayısının 3'e yükselmesiyle bütün hava giriş hızları ve sıcaklıklarında etkenlik değeri boru sıra sayısının 2 olduğu duruma göre artış göstermiştir. Boru sıra sayısının artmasıyla daha büyük bir yüzey alanından ısı transferi gerçekleşeceği için bu beklenen bir durumdur. Hava giriş sıcaklığı 30 °C'den 44 °C'ye artırıldığında etkenlik değerleri hava giriş hızları 2.5 m/s ve 2 m/s için sırasıyla %11.86 ve %7.55 oranlarında artış göstermiştir. Hava giriş hızı 1 m/s içinse hava giriş sıcaklığının 38 °C değerine kadar artan etkenlik daha yüksek sıcaklıklarda düşüş göstermiştir. Hava giriş hızının etkisi

hava giriş sıcaklığına göre değişiklik göstermektedir. Hava giriş sıcaklığının 30 °C olduğu durumda hava giriş hızının 2.5 m/s'den 1 m/s'ye düşmesiyle etkenlik değeri %39.7 artarken 44 °C olduğu durumda %98.87 oranında artmıştır. Hava giriş sıcaklığının nispeten yüksek değerlerinde hava giriş hızındaki değişimler etkenlik üzerinde daha büyük değişimlere neden olmuştur.



Şekil 3 IBIGKS'nin etkenliğinin farklı boru sıra sayıları ve hava giriş hızları için hava giriş sıcaklığı ile değişimi. (a) Boru sıra sayısı 2, (b) boru sıra sayısı (3), boru sıra sayısı (4).

Boru sıra sayısının en yüksek değeri 4 için de diğer boru sıra sayılarındaki ile benzer durumlar gerçekleşmiştir. IBIGKS bütün hava giriş hızları ve hava giriş sıcaklıkları için en yüksek etkenlik değerlerini boru sıra sayısının 4 olduğu durumda almıştır. Boru sıra sayısının artması daha önce de belirtildiği gibi havanın ısı değiştirici yüzeyi ile temas alanını ve süresini artırmaktadır. Dolayısıyla hava çıkış sıcaklığı artmakta ve hava çıkış sıcaklığı ulaşabileceği en yüksek sıcaklık değerine yaklaşmaktadır. Yüksek hava giriş sıcaklıklarında hava giriş hızının düşmesi ile etkenlik değerlerinde ciddi miktarda artış



Şekil 4 IBIGKS'nin etkenliğinin ve ısı transfer hızının hava giriş hızı ile değişimi. (a) Buharlaştırıcı ve yoğuşturucu bölümleri hızları eşit, (b) buharlaştırıcı ve yoğuşturucu hava giriş hızlarından biri sabit diğeri değişken, (c) buharlaştırıcı ve yoğuşturucu hava giriş hızlarından biri sabit diğeri değişken,

meydana gelmiştir. 44 °C hava giriş sıcaklığında ve 1 m/s hava giriş hızında 0.423 etkenlik değeri elde edilirken aynı hava giriş sıcaklığında ve 2.5 m/s hava giriş hızında etkenlik değeri 0.219 olmuştur.

Yukarıda açıklandığı gibi IBIGKS'nin etkenliği hava giriş hızına büyük oranda bağlıdır. Hava giriş hızının etkisini daha ayrıntılı inceleyebilmek adına Şekil 4'a da hava giriş hızına bağlı olarak etkenlik değerleri boru sıra sayısının 4 olduğu durum için hava giriş sıcaklığının 30 °C ve 40 °C değerleri için verilmiştir. Burada hava giriş hızı yoğuşturucu ve buharlaştırıcı bölümleri için aynı değerdedir. IBIGKS'nin etkenliği her iki hava giriş sıcaklığı için de hava giriş hızı ile düşmektedir. Hava giriş hızlarının artması yoğuşturucu ve buharlaştırıcı ısı transfer kapasitelerinin artmasını sağladığı halde geçen havanın ısı değiştiricileri yüzeyiyle temas süresini azaltması sebebiyle etkenlik değerleri hava giriş hızları ile birlikte önemli ölçüde düşmüştür. Hava giriş sıcaklığı 40 °C ve 30 °C için hava giriş hızlarının 0.5 m/s'den 2.5 m/s'ye yükselmesi etkenlik değerlerini sırasıyla %62.1 ve %52.2 oranlarında düşürmüştür. Hava giriş hızlarının 0.5 m/s – 1.5 m/s aralığında IBIGKS'nin etkenlik değeri hava giriş sıcaklığı 40 °C için daha yüksekken hava giriş hızları 2 m/s ve 2.5 m/s için 30 °C hava giriş sıcaklığında daha yüksek etkenlik elde edilmiştir.

Şekil 4b'de hava giriş hızlarının etkisini buharlaştırıcı ve yoğuşturucu bölümleri için ayrı ayrı incelemek amacıyla farklı hava giriş hızları için etkenlik değerleri verilmiştir. İlk olarak yoğuşturucuya gelen hava hızı 1 m/s'de sabit tutulmuş ve buharlaştırıcıya gelen hava hızı 0.5 m/s ile 2.5 m/s arasında değiştirilmiştir. Daha sonra buharlaştırıcıya gelen hava hızı sabit tutularak yoğuşturucuya gelen hava hızları 0.5 m/s ile 2.5 m/s arasında değiştirilmiştir. Bu sırada buharlaştırıcıdaki kuru termometre sıcaklığı 30 °C, bağıl nem %90'dır. Yoğuşturucudaki kuru termometre sıcaklığı 24.4 °C ve bağıl nem ise %50'dir. Şekil 4c'de ise aynı şartlardaki yoğuşturucu ve buharlaştırıcının ısı transfer hızları verilmiştir. Buharlaştırıcı bölümündeki hızın 1 m/s'de sabit tutulup yoğuşturucu bölümündeki hava giriş hızının değiştirilmesi etkenlik değerini önemli ölçüde değiştirmiştir. Yoğuşturucu bölümündeki hava giriş hızının değiştirilmesi buharlaştırıcı bölümündeki hava giriş hızının değiştirilmesine göre IBIGKS'nin etkenliği üzerinde çok daha büyük bir etki yaratmıştır. Yoğuşturucuya gelen hava hızının artırılması etkenlik değerini düşürürken buharlaştırıcıya gelen havanın hızının artırılması etkenlik değerini artırmaktadır. Her iki durum için de yoğuşturucu ve buharlaştırıcı ısı transfer kapasiteleri hava giriş hızının artması ile artmaktadır. Ancak 1 m/s'den yüksek hava giriş hızlarında yoğuşturucu hava giriş hızının artırılması ısı transfer hızını buharlaştırıcı hava giriş hızının artırılmasından daha çok etkilemiş ve ısı transfer hızı daha yüksek olmuştur.

SONUÇLAR

Bu çalışmada ısı borulu ısı geri kazanım sisteminin (IBIGKS) performansı etkenlik ifadesi ile farklı çalışma koşulları ve farklı geometrik özellikler için teorik olarak araştırılmıştır. Hava giriş hızları 0.5 m/s ve 2.5 m/s arasında, hava giriş sıcaklıkları 30 °C ve 44 °C arasında değiştirilmiş ve 2, 3 ve 4 boru sıra sayılı ısı boruları için etkenlik ve kapasite hesapları yapılmıştır. Yoğuşturucuya giren havanın kuru termometre sıcaklığı 24.5 °C yaş termometre sıcaklığı 28.7 °C'dir. Hesaplamalar yaz koşulları için yapılmıştır. Dışardan gelen besleme havasının iç mekândaki egzoz havası ile soğutulması amaçlanmıştır. Boru sıra sayısının 2 olduğu durumda 1 m/s, 2 m/s ve 2.5 m/s hava hızları için hava giriş sıcaklığının (buharlaştırıcıdaki) artmasıyla etkenlik değeri düşmüştür. Boru sıra sayısının 3 olduğu durumda ise 1 m/s hız için hava giriş hızının artması ile etkenlik çok az artış gösterirken daha yüksek hava giriş hızlarında hava giriş sıcaklığının artması ile etkenlik değeri düşüş göstermiştir. Boru sıra sayısının dört olduğu durumda ise hava giriş hızı 1 m/s için hava giriş sıcaklığının artması etkenlik değerini önemli ölçüde artırmış daha yüksek hava giriş hızlarında yine etkenlik değeri hava giriş sıcaklığı ile düşmüştür. Buharlaştırıcı ve yoğuşturucudaki hava hızlarının aynı miktarda artırılması ile etkenlik değeri düşüş göstermiştir. Yoğuşturucu hava giriş hızının sabit tutulup buharlaştırıcı hava giriş hızının artırılması etkenliği artırırken buharlaştırıcı hava giriş hızının sabit tutulup yoğuşturucu hava giriş hızının artırılması etkenliği azaltmıştır. IBIGKS'nin etkenliği üzerinde en etkili parametrenin hava giriş hızları olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] H. Pipes, H. Jouhara, and U. Kingdom, "4.3 Heat Pipes," vol. 4, no. m, 2018.
- [2] H. Shabgard, M. J. Allen, N. Sharifi, S. P. Benn, A. Faghri, and T. L. Bergman, "International Journal of Heat and Mass Transfer Heat pipe heat exchangers and heat sinks : Opportunities , challenges , applications , analysis , and state of the art," *HEAT MASS Transf.*, vol. 89, pp. 138–158, 2015.
- [3] H. Jouhara and R. Meskimmon, "Experimental investigation of wraparound loop heat pipe heat exchanger used in energy efficient air handling units," *Energy*, vol. 35, no. 12, pp. 4592–4599, 2010.
- [4] W. Srimuang and P. Amatachaya, "A review of the applications of heat pipe heat exchangers for heat recovery," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 16, no. 6, pp. 4303–4315, 2012.
- [5] H. Jouhara and H. Merchant, "Experimental investigation of a thermosyphon based heat exchanger used in energy efficient air handling units," *Energy*, vol. 39, no. 1, pp. 82–89, 2012.
- [6] H. Jouhara and H. Ezzuddin, "Thermal performance characteristics of a wraparound loop heat pipe (WLHP) charged with R134A," *Energy*, vol. 61, pp. 128–138, 2013.



- [7] H. Mroue, J. B. Ramos, L. C. Wrobel, and H. Jouhara, "Experimental and numerical investigation of an air-to-water heat pipe-based heat exchanger," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 78, pp. 339–350, 2015.
- [8] H. Mroue, J. B. Ramos, L. C. Wrobel, and H. Jouhara, "Performance evaluation of a multi-pass air-to-water thermosyphon-based heat exchanger," *Energy*, 2017.
- [9] A. Okbaz, A. Pınarbaşı, A. B. Olcay, and M. Hilmi Aksoy, "An experimental, computational and flow visualization study on the air-side thermal and hydraulic performance of louvered fin and round tube heat exchangers," *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 121, 2018.

KISALTMALAR VE SİMGELER

IBIGKS	Isı borulu ısı geri kazanım sistemi
HAD	Hesaplamalı akışkanlar dinamiği
Q	Isı transfer hızı (kW)
$T_{c,giriş}$	Soğuk akışkan giriş sıcaklığı (°C)
$T_{c,çıkış}$	Soğuk akışkan çıkış sıcaklığı (°C)
$T_{h,giriş}$	Sıcak akışkan giriş sıcaklığı (°C)
$T_{h,çıkış}$	Soğuk akışkan çıkış sıcaklığı (°C)
m	Hava kütleli debisi (kg/s)
C_p	Özgül ısı (kJ/Kg°C)
ε	Etkenlik değeri

ÖZGEÇMİŞ

Abdulkerim OKBAZ

1987 Anamur doğumludur. 2009 yılında Selçuk Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden lisans derecesini, 2012 yılında Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Programı Enerji Anabilim Dalı'ndan yüksek lisans derecesini almıştır. 2018 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Isı – Proses Programında doktora çalışmasını tamamlamış ve doktora derecesini almıştır. 2009 – 2012 yılları arasında Selçuk Üniversitesi'nde TÜBİTAK destekli bilimsel araştırma projesinde bursiyer olarak çalışmıştır. 2012 – 2018 yılları arasında Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Termodinamik ve Isı Tekniği Anabilim Dalı'nda Araştırma görevlisi olarak çalışmıştır. 2018 yılından itibaren FRİTERM A.Ş AR&GE Merkezi'nde AR&GE merkezinde çalışmaktadır. Araştırma alanları ısı transferi iyileştirmesi, ısı değiştiricileri, akış kontrol yöntemleri, küt cisim aerodinamiği, PIV ölçüm tekniği ve biyomimetiktir.

Hüseyin ONBAŞIOĞLU

1990 yılında, İTÜ Makine Mühendisliği Bölümü'nden mezuniyeti ardından, 1993 yılında yüksek lisans ve 1999 yılında da doktora derecelerini almış; ardından 1999 yılında A.B.D. Urbana-Champaign kentinde, University of Illinois bünyesindeki ACRC Laboratuvarlarında 9 ay süre ile misafir araştırmacı statüsünde post-doktora çalışması yapmıştır. Onbaşıoğlu, 1992 yılında, İTÜ Makine Fakültesinde akademisyen olarak başladığı iş hayatına, 2002- 2010 yılları arasında Panel Sistem Soğutma Sanayi firmasında Ar-Ge Müdürü pozisyonunda devam etmiştir. Mühendislik alanındaki değişik konularda İstanbul, İzmir, Bursa, Carsege-Fransa, PforzheimAlmanya, Contanza-Romanya, Nürnberg-Almanya, Hannover-Almanya kentlerinde birçok seminer, eğitim ve çalışmalara katılmıştır. Isıtma, soğutma, güneş enerjisi sistemleri, v.b. konularda yurtdışı ve yurtiçi dergilerde 10'u aşkın yayın, makale ve bildirileri bulunan ONBAŞIOĞLU, Eylül 2010 Aralık 2014 tarihlerinde İZODER- Isı Su ses Yangın Yalıtımcıları Derneği bünyesinde Proje Yöneticisi olarak, birçok yurtiçi ve AB destekli proje yürütmüş, ortak olarak görev almıştır. Ocak 2015 yılında Friterm Termik Cihazlar San. ve Tic. A.Ş'de Ar-Ge Bölüm Müdürü olarak göreve başlayan Onbaşıoğlu halen bu görevine devam etmektedir. Yabancı dil olarak çok iyi derecede İngilizce bilmektedir.