

ÇEVİRİMSSEL (RUN-AROUND) ISI GERİ KAZANIM SİSTEMİNDE VERİMİ ETKİLEYEN ISI DEĞİŞTİRİCİSİ TASARIM PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ

Investigation of Heat Exchanger Design Parameters Affecting Efficiency in Run-Around Heat Recovery System

Aykut BACAĞ
Feyza ŞAHİN
Hüseyin ONBAŞIOĞLU

ÖZET

İş Merkezi, alış-veriş merkezi, hastane ve fabrika benzeri yapılarda, iç ortama taze hava beslemesi ve iç ortamdan kirli hava atımı esnasında meydana gelen enerji kaybının, belirli bir oranda geri kazanılabilmesi amacıyla kullanılan sistemler ısı geri kazanım sistemleri olarak adlandırılır. Giriş havasını doğalgaz veya elektrik gibi bir kaynak kullanarak tümünden ısıtmak yerine atık olan ısının giriş havasını ısıtmak için kullanılması ile enerji tasarrufu sağlanır. Çevrimsel ısı geri kazanım sistemi bu vazifeyi gören önde gelen sistemlerden birisi olup iki ortam veya ortamla çevre arasında duyulur ısı transferi gerçekleştiren ve iki ısı değiştiricisinden oluşur.

Bu çalışmada çevrimsel (run-around) ısı geri kazanım sisteminin veriminin, Eurovent SC1 şartlarında ısı değiştirici lamel geometrisi, lamel malzemesi, boru çapı, hatve ve etilen glikol konsantrasyonu gibi tasarım parametrelerine göre değişimi FrtCoils Heat Recovery Rating/Selection® yazılımı ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar yorumlanarak Eurovent SC1 şartları altında maksimum verimin elde edildiği sistemler karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Isı geri kazanım sistemi, Çevrimsel ısı geri kazanım, Havalandırma ısı geri kazanımı, Performans faktörleri.

ABSTRACT

The systems used in business center, shopping center, hospital and factory-like structures to recover a certain amount of energy loss caused by supplying fresh air to the indoor medium and discharging polluted air from indoor medium are called heat recovery systems. Energy saving is achieved by using the waste heat to heat the supply air rather than entirely heating the supply air using a source such as natural gas or electricity. The run-around heat recovery system is one of the leading systems that is responsible for this task and consists of two heat exchangers that perform sensible heat transfer between the two medium and/or the medium and the environment.

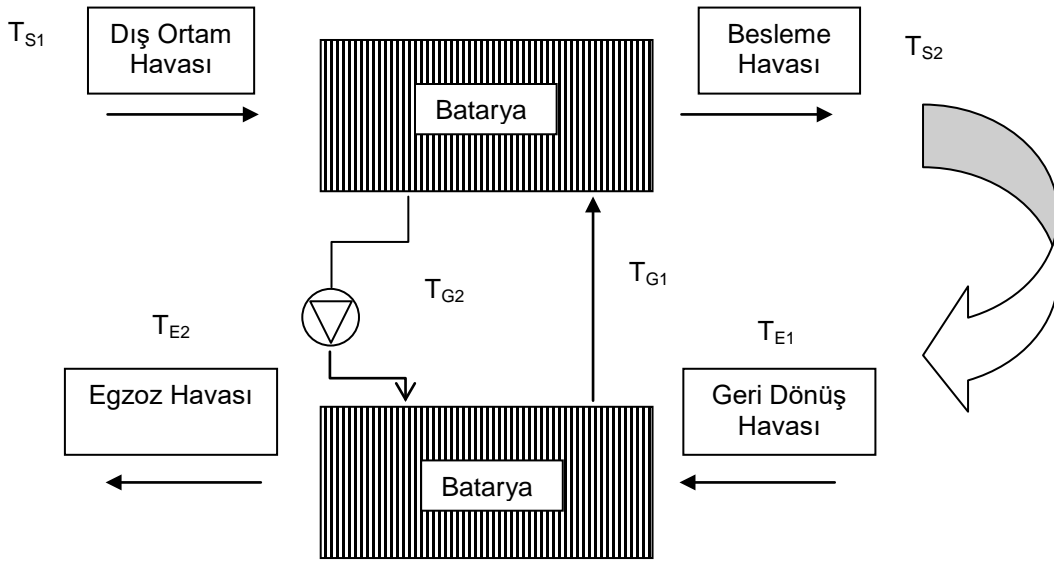
In this study, the change in the efficiency of the run-around heat recovery system according to design parameters such as the fin geometry, the fin material, the tube diameter, the pitch and the ethylene glycol concentration of heat exchanger in Eurovent SC1 conditions were investigated with FrtCoils Heat Recovery Rating/Selection® software. The results obtained were interpreted and the systems in which maximum efficiency was obtained under Eurovent SC1 conditions were compared.

Key Words: Heat recovery system, Run-around heat recovery, Ventilation heat recovery, Performance factors.

1. GİRİŞ

İnsan nüfusunun artması ve yaşam koşullarının gelişmesiyle birlikte, hastane, fabrika, alışveriş merkezi gibi binalarda ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemleri kullanarak enerji tüketimleri hızlı bir şekilde artmakta, bu da enerji maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır. Bu tür binalarda insanlar, elektronik cihazlar, ısıtma sistemlerinden ve diğer kaynaklardan yayılan duyulur ve gizli ısı havalandırma sistemleri ile doğrudan atmosfere atılmaktadır. Ayrıca bu tür mekânlarda ortam ısısının ve nem miktarının dengesiz bir şekilde artması iç ortam hava kalitesini olumsuz etkilemekte, yaşam kalitesini düşürmektedir. İç ortamdaki ısı enerjinin doğrudan atmosfere atılmayıp çeşitli sistemler veya cihazlar kullanarak iç ortama aktarılan taze havayı ısıtmak amacıyla kullanılması Isı Geri Kazanımı olarak ve bu amaca hizmet eden sistemler de ısı geri kazanım sistemleri olarak adlandırılır. Isı geri kazanım prosesi ısı geri kazanım cihazları, çevrimsel ısı geri kazanım sistemleri, tamburlu ısı geri kazanım cihazları vb. ekipmanlar kullanılarak yapılmaktadır.

Basit bir çevrimsel ısı geri kazanım sistemi, taze hava ve egzoz tarafında sıvıdan havaya kanatlı borulu ısı değiştirici bataryası, bataryalar arasında sıvının iletilmesini sağlayan sirkülasyon pompası ve bağlantı boruları ve gerekiyorsa üç yollu vanadan oluşur. Isıtma modunda (kış işletmesi), egzoz bataryası içerisinde akışkan ısıtılırken, egzoz havası soğutulur, taze hava bataryasında akışkan soğutulurken, taze hava ısıtılır[1].



Şekil 1. Basit bir çevrimsel ısı geri kazanım sistemi bileşenleri.

Sistem içerisinde dolaşan akışkan genellikle su ve donmaya karşı anti-friz bir akışkan karışımıdır. Sistemdeki ısı transferi, sıcak taraftan (egzoz havası) soğuk olan (besleme havası) tarafa doğru aracı akışkan vasıtasıyla gerçekleşir. Taze hava bataryasındaki akışkanın debisi genellikle üç yollu vana veya hız kontrollü pompa ile kontrol edilir. Taze hava tarafında akışkan debisinin kontrol edilmesindeki amaç taze hava tarafında sıcaklığın, istenen sıcaklığı geçmesinin istenmemesidir [2].

Çevrimsel ısı geri kazanım sistemlerinde taze hava ve egzoz bataryaları birbirinden ayrı ve uzakta olabilirler. Bu bir sistem avantajı olup sistemin yenilenmesini mümkün kılar. Sistemin diğer bir avantajı ise glikollü su karışımı veya su taze hava ve egzoz hava akışları arasında nem ve egzoz havasındaki muhtemel kirleticileri taşımaz. Bu yüzden iki akışkan için sızdırma problemi yoktur. Bu avantaj sayesinde hastanelerde ve hijyenik kriterlerin ön planda olduğu uygulamalarda özellikle bu sistemin

kullanılması gereklidir. Sistemin en önemli dezavantajı ise sirkülasyon pompasının enerji harcamasıdır. Bu durum, bazen verimin düşmesine, bazı durumlarda da sistemin çalışmasının tümünden gereksiz olmasına neden olmaktadır [3].

İş Merkezi, alış-veriş merkezi, hastane ve fabrika benzeri yapılarda ısı geri kazanımı için uygun sistem seçimi taze / egzoz havası giriş sıcaklığı, bağıl nem, hava debisi, batarya lamel ve boru malzemesi, lamel kalınlığı, lamel iç uzunluğu, boruların geometrik dizilimi, boru sayısı, sıra sayısı ve devre sayısı gibi parametrelerle ilişkilidir. Bu parametreler kullanılarak yapılacak olan hesaplamalar sonucunda elde edilecek verim değeri ısı geri kazanım miktarını ifade etmektedir.

Isı geri kazanım sistemlerinin verimlilik alt sınıfı değeri Avrupa Birliği ECO-DESIGN Direktifi gereği belirlenen değeri 1 Ocak 2016'dan itibaren %63 iken, bu değer 1 Ocak 2018 tarafından %68'e çıkarılmıştır [4].

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde çevrimsel ısı geri kazanım sistemleri ile ilgili ilk çalışma London ve Kays tarafından yapılmıştır. Sabit NTU kullanarak, havanın ve akışkanın ısı kapasiteleri eşit olduğunda optimum ısı geri kazanım elde etmişlerdir [5]. Sonrasında Emerson, çevrimsel ısı geri kazanım sisteminin tasarımını geliştirmiş, çevrimsel ısı geri kazanım sisteminin performansının ikincil akışkanın dolaşım hızına duyarlı olduğunu ve birincil akışkanların akış hızındaki değişikliklere veya kirlenme dirençlerinde optimum oranın değiştiğini buldu. Ayrıca, optimum dolaşım oranını doğrulamak için sistemi izlemek için basit bir yöntem önerdi [6]. Dhital ve ark. enerji tasarrufunu araştırmak için, çalışma ortamındaki ısı geri kazanım sistemleri ile veya bunlar olmaksızın ofis binalarının maksimum dış hava havalandırma oranı ve enerji performansı üzerinde çalışmışlardır. Sonuçlar, bir binadaki bir ısı geri kazanım sisteminin kullanılmasının, önemli miktarda enerjiye sahip olabileceğini ve enerji tüketimini artırmadan havalandırma hava akış oranının artırılabilirliğini gösterdi [7]. Bennett ve ark., daha önceden Forsyth ve Besant tarafından geliştirilen sayısal model kullanarak dalgalı lamelin lamel ve boru arasındaki ısı temas direncini inceleyerek deneysel yöntem ile uyumlu sonuçlar elde etmişlerdir [8, 9]. Vali ve ark, karşıt/çapraz akışlı plakalı iki batarya içeren çevrimsel ısı geri kazanım sistem çözümlemesini NTU, C_r kapasite oranlarını, batarya boyut oranlarını, ve giriş oranlarını baz alan bir sayısal yöntemle incelemişler ve literatürdeki mevcut korelasyonlarla tutarlı sonuçlar elde etmişlerdir [10].

3. ISI TRANSFER HESAPLARI

Bir çevrimsel ısı geri kazanım sisteminde ısı transfer miktarı:

$$Q = h * A * \Delta T_{lm} \quad (1)$$

olarak hesaplanır. Bu denklemde Q, W cinsinden transfer edilen ısı miktarı, h, W/m²K cinsinden ısı taşıma katsayısı, A, m² cinsinden ısı transfer yüzey alanı, ΔT_{lm} ise logaritmik sıcaklık farkıdır. Isı transfer alanı sabit iken, logaritmik sıcaklık farkı ve ısı transfer katsayısı değişkenlik gösterir. Logaritmik sıcaklık farkı hava ve sistemde dolaşan su veya sulu karışım arasındaki sıcaklık farkı ile ilişkili olup Denklem (2)'deki gibi hesaplanır.

$$\Delta T_{lm} = \frac{[(T_{E1} - T_{G2}) - (T_{E2} - T_{G1})]}{\ln [(T_{E1} - T_{G2}) / (T_{E2} - T_{G1})]} \quad (2)$$

(2) numaralı denklem ısı değiştiricisindeki boru diziliminin karşıt akışlı olduğu durumda logaritmik sıcaklık farkı değerini verir. Ancak günümüzde daha fazla verim alabilmek için ısı değiştiricileri çapraz akışlı olacak şekilde tasarlanmaktadır. Bu durumda F düzeltme faktörü kullanılır. F faktör, ısı değiştiricisinin geometrisi ile sıcak ve soğuk akışkanların giriş ve çıkış koşullarına bağlı düzeltme faktörüdür. Değeri 0 ile 1 arasında değişir.

$$\Delta T_{lm} (\text{Çapraz akış}) = \Delta T_{lm} (\text{Karşıt akış}) * F \quad (3)$$

Isı transfer çözümlemesi için diğer parametreler ise, havadan batarya lamellerine ve akışkandan boru yüzeyine ısı taşınım katsayısı ile boru ve lamellerdeki ısı iletim katsayısıdır. Havadan lamellere ve akışkandan boruya olan taşınım ısı transferi katsayıları ayrı hesaplanarak prostedeki ortalama taşınım katsayısına eklenir. Boru içi akışta Reynolds sayısı 2300 ile 4000 arasında olduğunda laminerden türbülansa geçiş akışı meydana geldiği için bu aralıkta ısı transfer katsayısının değişimi hızlıdır. Ayrıca viskozite ve ısı iletim katsayısı sıcaklığını bir fonksiyonu olduğu için, meydana gelecek değişimlerinde dikkate alınması gerekir.

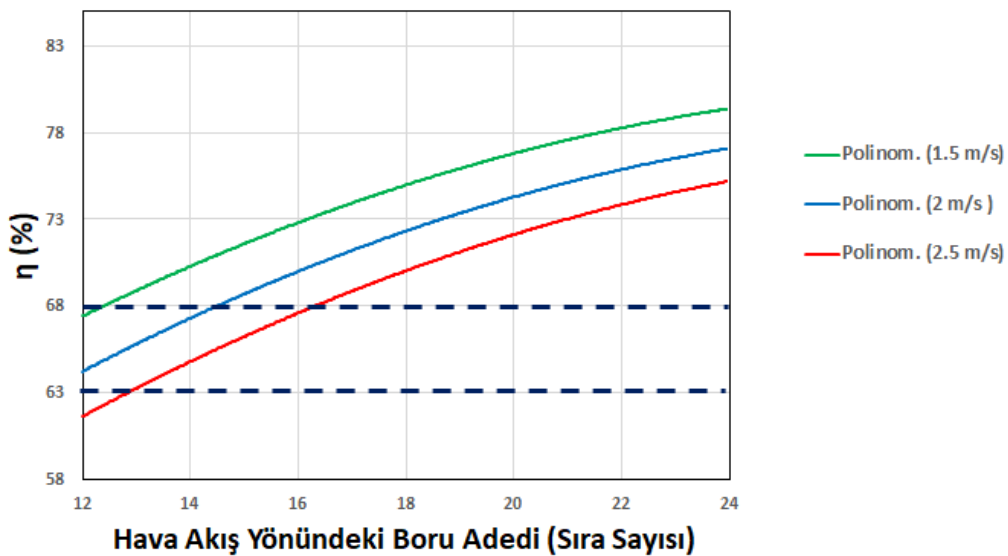
Bir çevrimsel ısı geri kazanım sisteminin verimi denklem (4) kullanılarak hesaplanır:

$$\eta_t = (T_{E1} - T_{E2}) / (T_{E1} - T_{S1}) \quad (4)$$

4. PARAMETRİK ÇALIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışmada Friterm FrtCoils Heat Recovery Rating/Selection® yazılımı kullanılarak çevrimsel ısı geri kazanım sisteminin verimi etkileyen lamel kalınlığı, sıra sayısı, devre sayısı ve hava hızı parametreleri farklı geometriler için incelenmiştir. Objektif bir karşılaştırma için incelemeler farklı geometrilerin birim kesit alanı için yapılmıştır. Boru içi akışkan olarak su ve %25 oranda glikol karışımı kullanılmıştır.

Şekil 2'de çevrimsel ısı geri kazanım sisteminin verimi belirli bir batarya için farklı hava hızlarında ve farklı sıra sayıları için incelenmiştir. Batarya alın yüzeyinden geçen hava hızının azalması ile çevrimsel ısı geri kazanım sistem veriminin arttığı gözlenmiştir. Referans batarya için 2 m/s hava hızı için 14 sıra sayısının altında, 2.5 m/s hava hızı için 16 sıra sayısının altında EU regülasyonunda tanımlı minimum sistem veriminin sağlanamadığı görülmüştür. Aynı şekilde hava akış yönündeki boru adedinin (sıra sayısı) artması sistem verimini artırıcı yönde etki etmektedir.

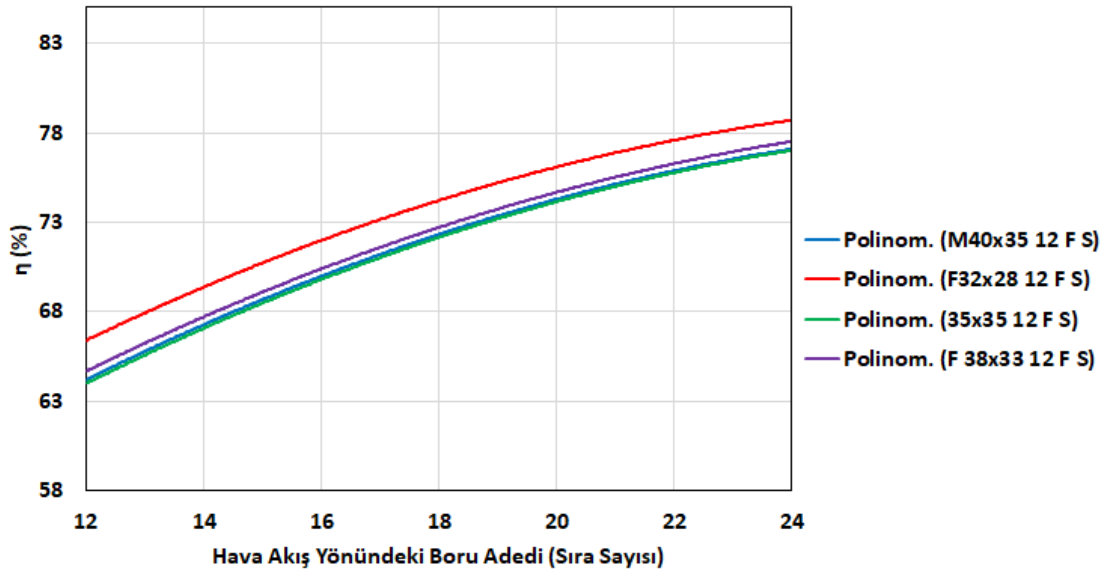


Şekil 2. Çevrimsel ısı geri kazanım sistem veriminin farklı hava hızları için sıra sayısına göre değişimi

F 32x28-12 F S CU/0.4/EP/0.14/2000/56/12/10

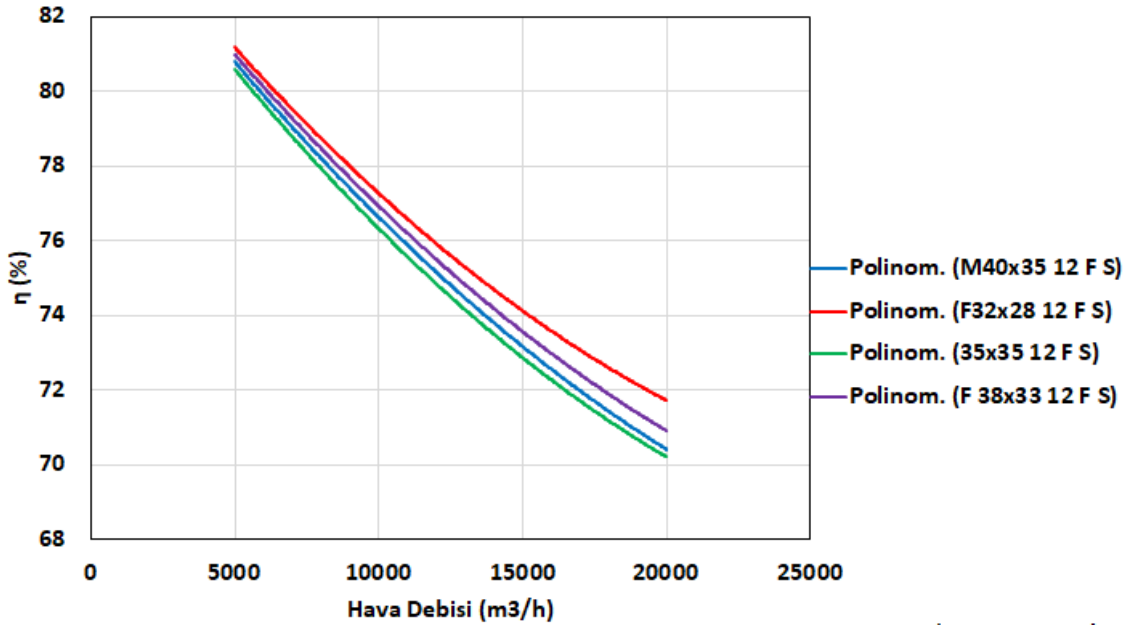
32x28 : Borular arasındaki düşey ve yatay mesafe	EP : Epoksi Kaplama Malzeme
12 : Boru dış çapı	0.4 : Boru et kalınlığı
C : Dalgalı lamel formu	0.14 : Lamel kalınlığı
F : Düz lamel formu	2000 : Lamel iç uzunluğu
Cu : Bakır Malzeme	56 : Boru Sayısı
Al : Alüminyum malzeme	12 : Sıra Sayısı
	10 : Devre Sayısı

Şekil 3'te çevrimsel ısı geri kazanım sisteminin verimi farklı geometrilere göre farklı sıra sayılarında incelenmiştir. Borular arasındaki mesafenin azalması türbülans miktarını arttırdığı için ısı geçiş katsayısını artırıcı yönde etki etmektedir. Bu nedenle kompakt geometrilerde birim kesit alan için incelendiğinde çevrimsel ısı geri kazanım sisteminin veriminin artmakta olduğu görülmüştür.



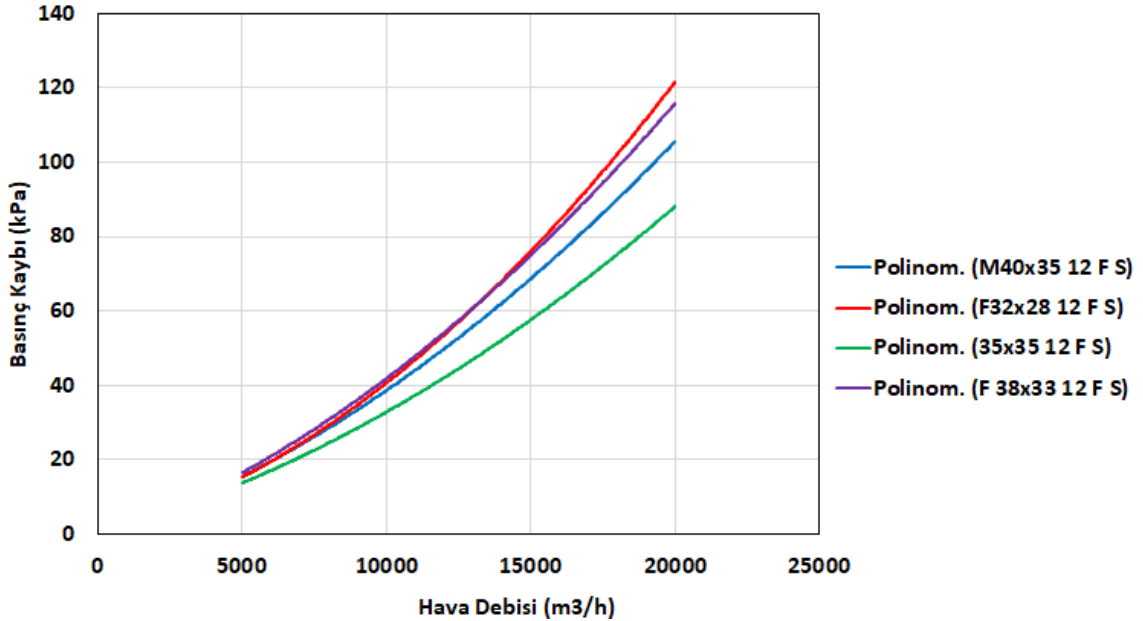
Şekil 3. Çevrimsel ısı geri kazanım sistem veriminin farklı geometriler ve farklı sıra sayısına göre değişimi

Şekil 4'te çevrimsel ısı geri kazanım sisteminin verimi, farklı geometriler için hava debileri değiştirilerek incelenmiştir. Birim kesit alan için hava debisinin artmasına bağlı olarak hava hızının da arttığı, buna bağlı olarak da verimin düştüğü görülmüştür.



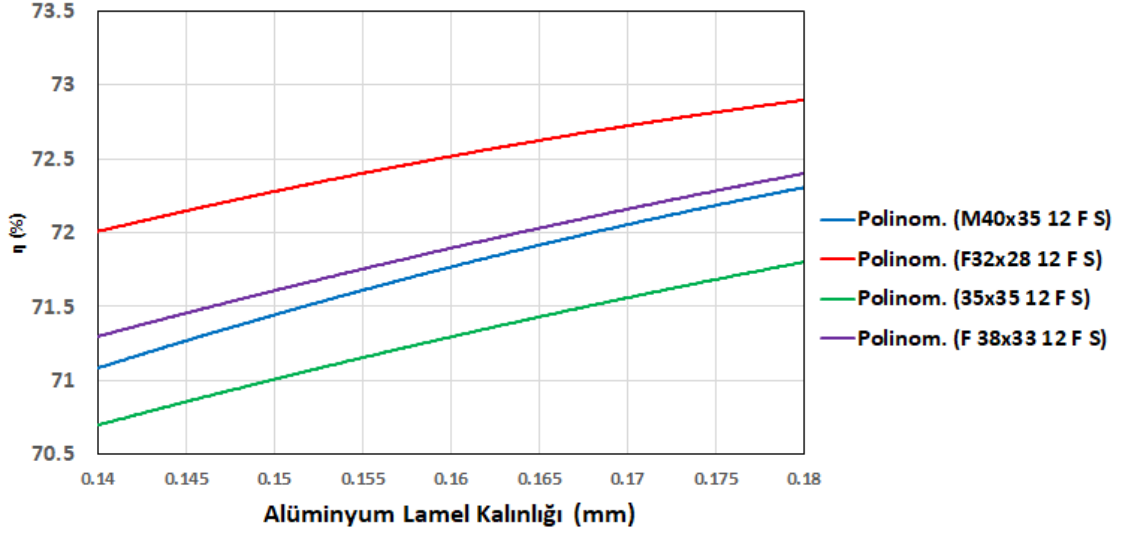
Şekil 4. Çevrimsel ısı geri kazanım sistem veriminin farklı geometriler için hava debisine bağlı değişimi

Şekil 5'te çevrimsel ısı geri kazanım sisteminin hava tarafı basınç kaybı, farklı geometriler için hava debileri değiştirilerek incelenmiştir. Birim kesit alan için hava debisinin artmasına bağlı olarak hava hızının da arttığı, buna bağlı olarak da hava tarafı basınç kaybının arttığı görülmüştür. Aynı hava debisinde borular arası mesafenin az olduğu kompakt geometrilerde basınç kaybının daha fazla olduğu görülmektedir.



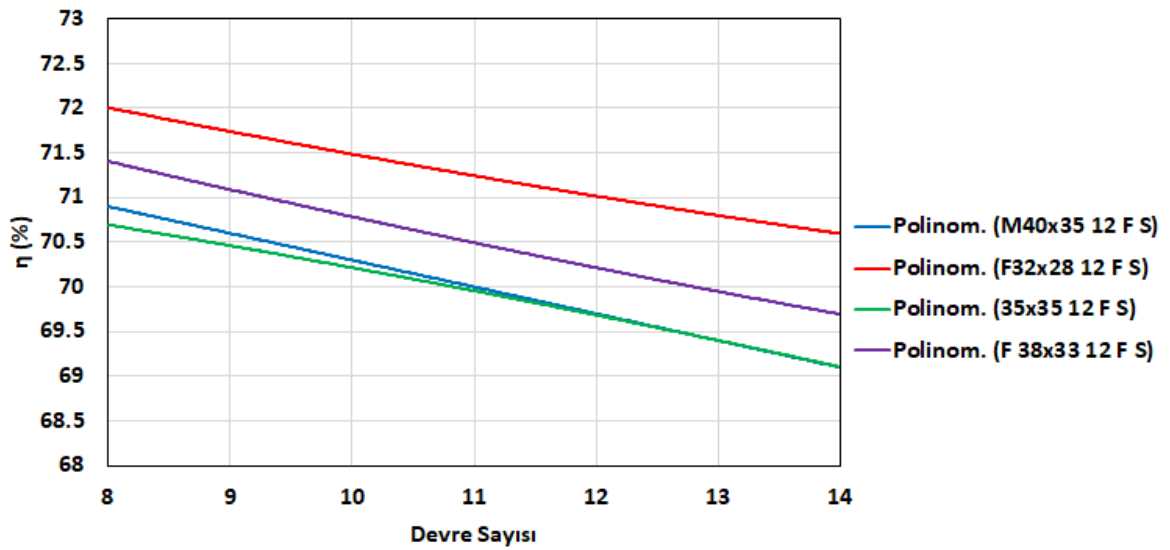
Şekil 5. Çevrimsel ısı geri kazanım sistemi hava tarafı basınç kaybının farklı geometriler için hava debisine bağlı değişimi

Şekil 6'da çevrimsel ısı geri kazanım sistem veriminin farklı geometriler için lamel kalınlığına bağlı değişimi incelenmiştir. Lamel kalınlığı artırıldığında çevrimsel ısı geri kazanım sisteminin veriminin arttığı gözlenmiştir. Lamel kalınlığının artması kanat verimini arttıracığı için genel ısı geçiş katsayısı, buna bağlı olarak verim artar.



Şekil 6. Çevrimsel ısı geri kazanım sistem veriminin farklı geometriler için lamel kalınlığına bağlı değişimi

Şekil 7'de çevrimsel ısı geri kazanım sistem veriminin, farklı geometriler için devre sayısına bağlı değişimi incelenmiştir. Tüm batarya geometrileri için devre sayısının artmasıyla çevrimsel ısı geri kazanım sisteminin veriminin azaldığı görülmektedir. Boru içinde sabit kütleli debi için devre sayısı arttıkça boru içi akışkan hızı azalacağı için genel ısı geçiş katsayısı azalır.



Şekil 7. Çevrimsel ısı geri kazanım sistem veriminin farklı geometriler için devre sayısına bağlı değişimi

SONUÇ

Bu çalışmada çevrimsel ısı geri kazanım sisteminin verimi etkileyen lamel kalınlığı, sıra sayısı, devre sayısı ve hava hızı parametreleri farklı geometriler için incelenmiştir. Aynı batarya için sıra sayısı arttıkça sistem veriminin arttığı görülmektedir. 2018 yılında yayınlanan EU Regülasyonunda alt sınır olarak verilen %68 veriminin yakalanması için 2,5 m/s hızda sıra sayısının tasarıma bağlı olarak minimum 14- 16 sıra olması gerekmektedir. Hava hızının düşmesi de verimi pozitif yönde etkilemektedir. Birim kesit alan için hava debisinin artmasına bağlı olarak hava hızının da arttığı, buna bağlı olarak da verimin düştüğü görülmüştür. Hava debisi artışı hava tarafı basınç kaybını da arttırmaktadır. Birim kesit alan için lamel kalınlığının artışıyla verimin arttığı görülmüştür. Referans geometriler için lamel kalınlığındaki 0,01 mm artış sistem verimliliğinde min. %0,1, maksimum %4,95 artış sağlamaktadır. Birim kesit alan için aynı sıra sayısında farklı geometrilerin sistem verimleri incelendiğinde borular arasındaki mesafenin azalmasına bağlı olarak hava tarafı basınç kaybı artışı ve verim artışı görülmüştür. Farklı geometriler için devre sayısının artması boru içi akışkan hızını azaltacağı için ısı geçiş katsayısının azalmasına bu nedenle verimin düşmesine neden olmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] ZAENGERLE, R., “ Multi-Functional, High-Performance Run Around Energy Recovery Systems in Cold Climate Zones”, 7th International Cold Climate HVAC Conference, 2012.
- [2] VALI, A., SIMONSON, C., J., BESANT, R., W., MAHMOOD, G., “Numerical Model and Effectiveness Correlations for a Run-Around Heat Recovery System with Combined Counter and Cross Flow Exchangers”, International Journal of Heat and Mass Transfer, 5827-5840, 2009.
- [3] KOROLEVA, A., “Efficiency of Heat Recovery Units in Ventilation”, Lisans Tezi, Mikkeli University of Applied Sciences, 2012.
- [4] EU Commission Regulation, No 1253/2014
- [5] LONDON, A., L., KAYS, W., M., “The Liquid-Coupled Indirect Transfer Regenerator for Gas Turbine Plants, ASME Trans., 529-542, 1951.
- [6] EMERSON, W., H., “Making the Most of Run-Around Coil Systems, Journal of Heat Recovery Systems, 265-270, 1984.
- [7] DHITAL, P., BESANT, R., W., SCHOENAU, G., J., “Integrating Run-around Heat Exchanger Systems into the Design of Large Office Buildings, ASHRAE Trans. 979-991, 1995.
- [8] BENNET, I., J., D., BESANT, R., W., SCHOENAU, G., J., “Validation of a Run-Around Heat Recovery System Model, ASHRAE Trans. 100 (1), 230-237, 1994.
- [9] BENNET, I., J., D., BESANT, R., W., SCHOENAU, G., J., JOHNSON, A., B., “Procedure for Optimizing Coils in a Run-Around Heat Exchanger System, ASHRAE Trans. 100(1), 442-451, 1994.
- [10] VALI, A., SIMONSON, C., J., MAHMOOD, G., I., “Numerical model and Effectiveness Correlations for a Run-Around Heat Recovery System with Combined Counter and Cross Flow Exchangers.

KISALTMALAR

A	Yüzey Alanı [m ²]
F	Isı Değiştirici Düzeltme Faktörü
h	Isı Taşınım Katsayısı [W/m ² K]
T _{E1}	Egzoz Bataryası Giriş Sıcaklığı (°C)
T _{E2}	Egzoz Bataryası Çıkış Sıcaklığı (°C)
T _{G1}	Egzoz Bataryasından Dönen Akışkan Sıcaklığı (°C)
T _{G2}	Egzoz Bataryasına Giden Akışkan Sıcaklığı (°C)
T _{S1}	Taze Hava Bataryası Giriş Sıcaklığı (°C)
T _{S2}	Taze Hava Bataryası Çıkış Sıcaklığı (°C)
Q	Isı Geçiş Miktarı [W]
ΔT _{lm}	Logaritmik Sıcaklık Farkı
η _t	Isıl Verim

ÖZGEÇMİŞ

Aykut BACAĞ

2013 yılında, Sakarya Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden lisans derecesini, 2016 yılında ise Gebze Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'ndan yüksek lisans derecesini almıştır. 2017 yılından itibaren Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında doktora eğitimini sürdürmektedir. Nisan 2018 yılından itibaren Friterm Termik Cihazlar San. ve Tic. A.Ş firmasında Ar-Ge Ürün Geliştirme Mühendisi olarak çalışmaktadır. Isıtma, soğutma, havalandırma, türbomakinalar ve hesaplamalı akışkanlar dinamiği ve ısı transferi konularında çalışmalar yapmaktadır.

Feyza ŞAHİN

1986 yılı Samsun doğumludur. 2008 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 2013 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Isı- Akışkan programında Yüksek lisansını tamamlamıştır. 2012 yılından beri Friterm Termik Cihazlar San. ve Tic. A.Ş'de Ar- Ge mühendisi olarak görev almaktadır. Ürün geliştirme konuları üzerine çalışmaktadır.

Hüseyin ONBAŞIOĞLU

1990 yılında, İTÜ Makina 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.