

KLİMA SANTRALLERİNDE ÇEVİRİMSSEL ISI GERİ KAZANIM SİSTEMİNDE KONTROL DEVRESİ İLE OPTİMİZASYON

Optimization of Run Around Heat Recovery in Air Handling Units by Control System

Oğuz SAKA

ÖZET

Klima santralleri ile kapalı ortamların iklimlendirme ihtiyaçları sağlanırken tüketilen enerji yüksek önem taşımaktadır. Kyoto protokolünde hedeflenen 2020 yılı itibari ile CO2 emisyonunda %20 düşüm sağlanabilmesi için Avrupa'da ERP (Energy related products) direktifi yayınlanmıştır ve bunun alt direktifi kapsamında 1253/2014/EG numaralı regülasyon, merkezi havalandırma cihazlarında enerji verimliliği kriterlerini tarif etmektedir.

Klima santrallerinde enerji verimliliği iki açıdan ele alınabilir. Birincisi havalandırma için kullanılan fanların güç tüketimidir ve doğrudan sistem basınç kayıpları ile ilgilidir. İkincisi ise havanın şartlandırılması (ısıtma veya soğutma) için gereken enerji tüketimidir ve doğrudan besleme havasını şartlandırırken egzoz havası ile ısı geri kazanım yapmakla ilgilidir. Eğer klima santrali entegre kompresörlü bir cihaz ise cihaz içi ısı pompası devresinin enerji tüketimi de önemli bir konu iken, dış bir soğutma veya ısıtma kaynağının güç tüketimi klima santralinin verimi ile ilgili bir konu değildir.

Klima santrallerinde karışım havası kullanmak bir tür ısı geri kazanım sayılabilecek iken, bir yandan da yüksek taze hava ihtiyaçlarının olduğu durumlar göz önüne alınıp reküperatif veya rejeneratif ısı geri kazanım sistemlerinin cihazlar içerisinde kullanımı gerekmektedir. Bu ısı geri kazanım sistemlerinin ısı tekerleği, çapraz akışlı plakalı, karşı akışlı plakalı, çevrimsel ısı geri kazanım sistemi gibi birçok çeşidi bulunmakla birlikte kullanım alanları değişmektedir. Özellikle besleme ve egzoz hava akımlarının birbirine karışmasının istenmediği veya birbirinden farklı yerlerde konumlanmış aralarında belli bir mesafe bulunan cihazlarda çevrimsel ısı geri kazanım sistemi kullanılabilir.

Çevrimsel ısı geri kazanım sistemleri klima santrali egzoz ve besleme hatlarına yerleştirilen serpantinler arasında aracı bir akışkan(su veya su antifriz-solüsyonu) ile sirkülasyon sağlanarak enerjinin bir hattan diğer hatta aktarıldığı uygulamalardır.

Isı geri kazanım için aracı akışkan olarak su veya su-antifriz solüsyonu kullanılan çevrimsel ısı geri kazanım sistemlerinde akışkan devresinin kontrolü ısı geri kazanım verimi ve sistemin sürekliliği açısından büyük önem teşkil etmektedir. Havadan havaya ısı geri kazanım sistemlerinde enerji tüketimini etkileyen önemli faktör ısı değiştirici hava basınç düşümü iken, çevrimsel ısı geri kazanım sistemlerinde su devresinin pompa enerji tüketimi de önemli bir faktördür. Ayrıca sistemin farklı koşullarda sürdürülebilir bir çalışma gösterebilmesi için suyun donma riski, egzoz havasındaki serpantin üzerinde yoğunlaşan suyun donma riski, geçiş mevsimlerinde oransal ısı geri kazanım gibi birçok parametrenin doğru bir şekilde kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu da ancak doğru otomasyon ve kontrol elemanlarının kullanıldığı ve doğru bir senaryo ile çalışan su devresi sayesinde sağlanabilir.

Bu çalışmada çevrimsel ısı geri kazanım sistemine haiz klima santrallerinde verimli ve sürdürülebilir ısı geri kazanım uygulaması için doğru su devresi ve otomasyon tasarımının önemi vurgulanacak, doğru tasarım ile toplam enerji tüketiminde nasıl tasarruf sağlanacağı örneklenecek ve sistemin sürdürülebilir çalışmasının nasıl sağlanabileceği aktarılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Isı Geri Kazanım, klima santrali, çevrimsel ısı geri kazanım, çevrimsel ısı geri kazanım su devresi, çevrimsel ısı geri kazanım sistemi otomasyon devresi, çevrimsel ısı geri kazanım pompa devir kontrolü, çevrimsel ısı geri kazanım vana kontrolü.

ABSTRACT

Energy consumption is such an important issue when AHU's meet air-conditioning requirements for indoors. ERP (Energy Related Products) regulation that is aimed in Kyoto Protocol, was published in Europe in order to obtain %20 decrease of CO₂ emission till 2020. Also Ecodesign (2009 / 125 / EC) as a subdirective of ERP defines energy consumption criterias central air handling units in 1253/2014/EG.

Energy efficiency in air handling units can be considered in two sides. The first is the power consumption of the fans used for ventilation and it is directly related to system pressure losses. The second is the energy consumption required for the treatment of the air (heating or cooling) and it is related to heat recovery by the exhaust air while directly conditioning the supply air.

The use of mixture air in air handling units is a kind of heat recovery. On the other hand, high fresh air needs are taken into consideration and recuperative or regenerative heat recovery systems should be used in units. These heat recovery systems have many types, such as heat wheels, cross flow plates, counter flow plates, water to water run around heat recovery. In particular, devices with a certain distance between them, where supply and exhaust air streams are not desired to be intermixed or located at different locations from each other, only run around heat recovery can be used.

Run around heat recovery system is an application including two heat exchanger in supply and exhaust side of air handling unit. It provides heat recovery by transfer of energy from higher to lower according to season via circulation of fluid (water or brine) between two heat exchangers.

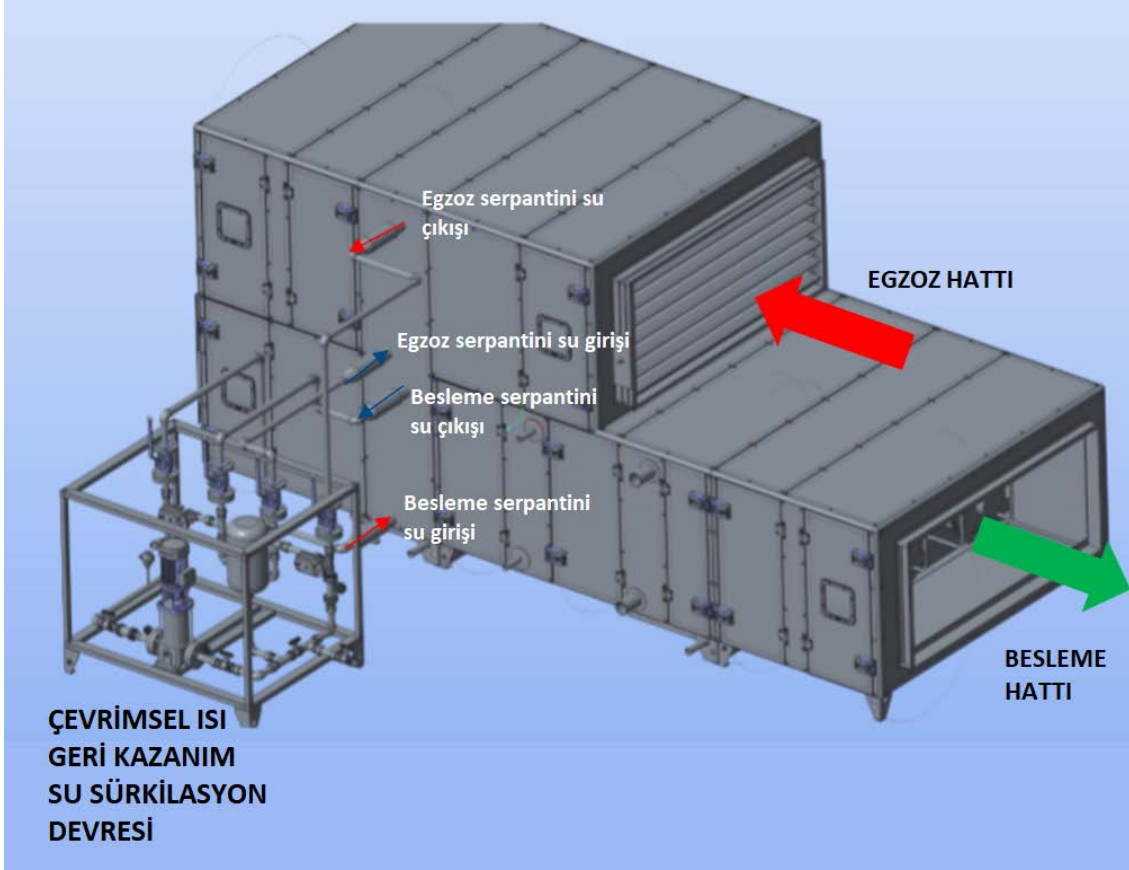
The control of the water circuit in run around heat recovery systems where the water is used as heat transfer fluid has great importance in terms of heat recovery efficiency and the continuity of the system. While the main factor affecting the energy consumption in other air-to-air heat recovery systems is the heat exchanger air pressure loss, the energy consumption of the water circuit pump in the run around heat recovery system is also an important factor. In addition, many different parameters such as preventing freezing of the water in order to show a sustainable operation in different conditions, the risk of freezing of the water condensed on the exhaust coil, proportional heat recovery during the transition seasons must be controlled accurately. This can only be achieved by the use of right automation and control elements and the water circuit that works with the correct scenario.

In this study, the importance of the right water circuit and automation design for efficient and sustainable heat recovery in run around heat recovery air handling units will be emphasized. It will be explained how to save the total energy consumption with the right design and how to ensure the sustainable operation of the system.

Key Words: Heat recovery, air handling unit, run around heat recovery, run around heat recovery fluid circuit, run around heat recovery automation, run around heat recovery pump rpm control, run around heat recovery valve control

1. GİRİŞ

Klima santrallerinde kullanılan çevrimsel ısı geri kazanım sistemlerinde egzoz ve besleme havası arasındaki ısı transferi aracı bir akışkan (su veya su-antifriz solüsyonu) ile sağlanmaktadır. Klima santrali içerisinde bir adet sulu serpantin egzoz hattına, bir adet sulu serpantin ise besleme hattına yerleştirilir. Bu iki serpantin boru bağlantıları birbiri arasında yapılır ve kapalı bir sistem kurulur. Aşağıda bulunan Şekil 1'de kapalı sistem boru bağlantıları, akışkan dolaşım yönleri ve klima santrali egzoz-besleme hatları detaylı bir şekilde açıklanmaktadır.



Şekil 1. Klima santrallerinde çevrimsel ısı geri kazanım serpantin ve su devresi arasındaki bağlantılar ve su-hava akış yönleri

Kış mevsiminde yüksek sıcaklıktaki egzoz havası üzerindeki enerjiyi egzoz hattındaki serpantin içerisindeki akışkana aktarır. İki serpantin arasında sağlanan kapalı devre sirkülasyon ile akışkan egzoz havasında üzerine aldığı enerjiyi besleme havasındaki serpantin içerisinden geçerken daha soğuk olan dış ortamdaki havaya aktarır. Bu sayede egzoz havası ve dış ortam havası arasında ısı geri kazanım sağlanmış olur. Yaz mevsimi çalışma durumunda ise tam tersi bir etki ile daha yüksek sıcaklığa sahip dış havanın enerjisi yine aracı akışkan vasıtasıyla egzoz hattına aktarılır ve besleme havası için bir miktar ön soğutma elde edilmiş olur.

Çevrimsel ısı geri kazanım sistemlerinde verimli ve sürdürülebilir çalışmayı etkileyen birçok parametre vardır. Bu parametrelere göre doğru otomasyon çalışma senaryoları tasarlanmalı ve bu senaryoları sağlayacak su devre ekipmanları ve otomasyon sistemi belirlenmelidir. Ancak bu şekilde efektif bir çevrimsel ısı geri kazanım sistemi sağlanabilir. Çevrimsel ısı geri kazanım sisteminin efektif kullanımını değerlendirecek olursak dikkat edilmesi gereken başlıca konular aşağıdaki gibidir:

- Pompa enerji tüketimi
- Soğuk dış hava şartlarında sistem sürdürülebilirliği
- Geçiş mevsimlerinde serbest soğutma kontrolü

Bu konuları etkileyen başlıca kontrol parametreleri ise su debisi, su giriş-çıkış sıcaklıkları, egzoz ısı değiştirici yüzey sıcaklığı gibi bilgilerdir ve bu parametrelerin otomasyon senaryolarında girdi ve çıktı olarak kullanılıp su devresinin optimum koşullarda çalışması sağlanabilir.

2. ÇEVİRİMSSEL ISI GERİ KAZANIM SİSTEM OPTİMİZASYONUNDA KONTROL SENARYOLARI VE OTOMASYON

2.1. Pompa Enerji Tüketimi

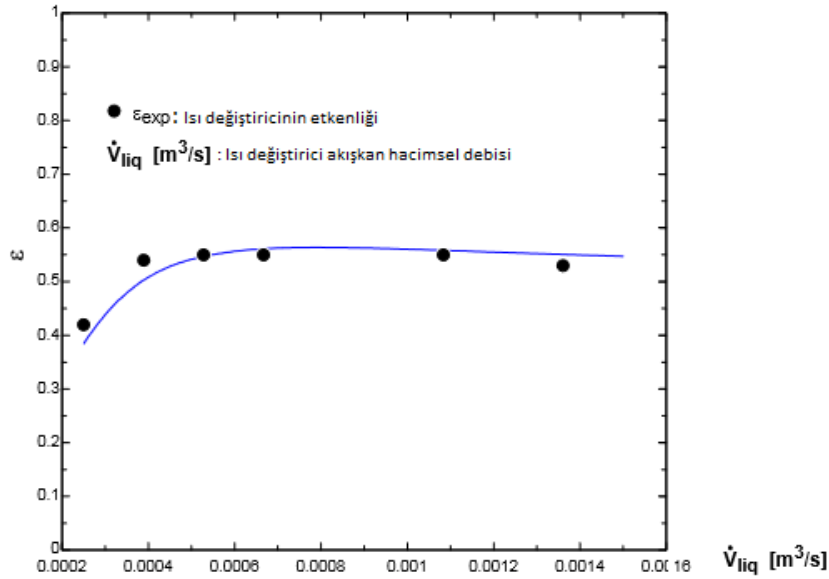
Çevrimsel ısı geri kazanım sistemleri havadan havaya ısı geri kazanım uygulamalarından (çapraz-karşı akışlı plaka, ısı tekerleği) farklı olarak ısı transferini sağlayan aracı bir ilave akışkanın (su veya su-antifriz solüsyonu) iki serpantin arasında sirkülasyonuna ihtiyaç duyar. Bu durum akışkanın sirkülasyonunu sağlayacak bir pompa ve bu pompadan gelen ilave enerji tüketimini doğurur. Toplam sistem verimini ele alırken hava tarafındaki basınç düşümünden gelen fan tüketiminin yanı sıra, aracı akışkanı dolaştıran pompanın enerji tüketimi de optimum seviyede tutulmalıdır.

2.1.1. Pompa enerji tüketimini etkileyen faktörler

Pompa enerji tüketimini etkileyen faktörler çevrimsel ısı geri kazanım akışkan devresindeki akışkanın kütleli debisi ve devrenin akışkan tarafı toplam statik basınç düşümüdür. Akışkan tarafı basınç düşümü doğru seçilmiş su devresi ekipmanları (boru çapları, vanalar vb.) ile optimum seviyede tutulabilir. Akışkan kütleli debisinin optimum seviyede tutulması ise kontrol senaryoları tarafında en önemli konulardan biridir.

Öncelikle akışkan kütleli debisinin ısı geri kazanım verimine etkisinin dikkate alınması gerekir. Sulu veya su-antifriz solüsyonu ile çalışan ısı değiştirici serpantinlerde, akışkan debisinin artışının ısı değiştirici etkenliğini arttırdığı bilinmektedir. Daha hızlı dolaşan akışkanın ısı taşınım katsayısının daha yüksek olmasından dolayı ısı değiştirici kapasitesinde bir miktar artış gözlenecektir. Fakat akışkanın kütleli debisinin artışının pompa güç tüketimine etkisinin bu artışın üçüncü dereceden kuvveti ile orantılı olduğu düşünülürse ısı geri kazanım veriminde sağlanacak artışın pompanın güç tüketimini de çok arttırmayacağı optimum bir çalışma noktasının belirlenmesi çok önemli bir konudur.

Yapılan çalışmalar çevrimsel ısı geri kazanım sistemlerinde ısı değiştirici üzerindeki hava kütleli debisi ile aracı ısı transfer akışkanın kütleli debisi arasında bir ilişki kurularak optimum çalışma noktasının yakalanabileceğini göstermektedir. Isı değiştirici üzerindeki hava kütleli debisi ile ısı geçişi aracı akışkan kütleli debisi arasında 3/1 oranı optimum çalışma noktası olduğunu göstermektedir [1]. Aracı akışkan debisi daha fazla arttırıldığında ısı değiştirici etkenliği çok düşük bir oranda artmakta iken pompa güç tüketimi çok daha fazla artacaktır.



Şekil 2. 0,96 m³/s eşdeğer hava hacimsel debisinde aracı akışkan hacimsel debisinin ısı değiştirici etkenliğiyle ilişkisi

Şekil 2'de görüleceği üzere yaklaşık olarak $0,0004 \text{ m}^3/\text{s}$ su debisi ısı değiştirici etkenliğinin maksimumuna ulaştığı, daha yüksek su debilerinde ise dikkate değer bir şekilde etkenlik artışının yaşanmadığı noktadır. Kütleli debi olarak düşünürsek yaklaşık $0,4 \text{ kg/s}$ bir aracı akışkan debisi olduğu görülmektedir. $0,96 \text{ m}^3/\text{s}$ hava hacimsel debisini kütleli debiye dönüştürecek olursak (standart hava yoğunluğu: $1,2 \text{ kg/m}^3$) $1,152 \text{ kg/s}$ sonucu çıkacaktır. Bu da yaklaşık olarak 3/1 kütleli debi oranına tekabül etmektedir.

2.1.2. Çevrimsel ısı geri kazanım sistemi akışkan debisinin otomasyon üzerinden kontrolü

Isı geri kazanım verimi ve pompa enerji tüketimi beraber değerlendirildiğinde optimum çalışma noktasının hava kütleli debisi ile akışkan kütleli debisi arasında 3/1 oranının yakalandığı değerler olduğu görülmektedir. Cihaz çalışırken bu optimum çalışma noktasının yakalanması toplam güç tüketimi açısından önem arz etmektedir.

İstenen akışkan kütleli debisinde çalışmanın sağlanabilmesi için çevrimsel ısı geri kazanım akışkan devresi üzerinde debi ölçümü yapılarak ölçüm bilgisinin otomasyon kontrolörüne aktarılması gerekmektedir. Ayrıca klima santrali otomasyonu üzerinden de klima santrali fan kütleli debilerinin ölçüm değerleri alınarak çevrimsel ısı geri kazanım sistemi akışkan devresi otomasyonunda değerlendirilmesi gerekir. Akışkan devresinde istenen akışkan kütleli debisi ölçülene kadar pompanın devri frekans konvertörü üzerinden kontrol edilmelidir.

Optimum akışkan debisi kontrolünü sağlamak üzere klima santrali ve çevrimsel ısı geri kazanım devre otomasyonlarında bulunması gereken ekipmanlar aşağıdaki gibidir:

- Fan debi ölçümü için hava basınç sensörü
- Çevrimsel ısı geri kazanım devresi akışkan debi ölçümü için debimetre (ultrasonik debimetre vb.)
- Pompa frekans konvertörü

Bu ekipmanların kullanılması ve otomasyon kontrolcüsü üzerinden doğru şekilde kontrolü ile devrenin optimum akışkan debisinde çalışması ve pompa tarafında optimum güç tüketimi sağlanabilir.

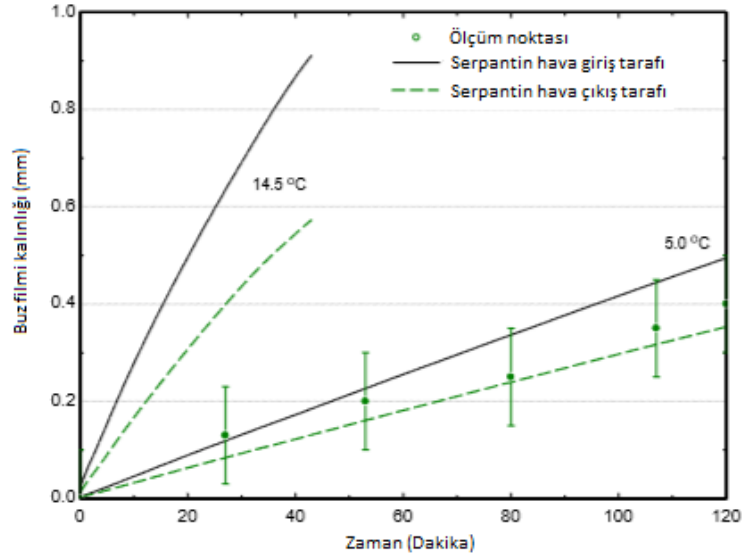
2.2. Kış Şartlarında Çalışmanın Sürdürülebilirliği

Çevrimsel ısı geri kazanım sistemlerinde düşük dış hava sıcaklıklarında dış ortam havası ile egzoz havası arasında ısı geri kazanım yapılabilecek aracı akışkanın sıcaklık rejimi 0°C değerinin altında oluşabilir. Bu da akışkanın sadece su olarak kullanıldığı durumda donmaya neden olabilir. Su rejiminin 0°C üzerinde oluşması çalışma sırasında belli otomasyon senaryoları ile sağlanabilir. Fakat devre durduğunda durgun akışkan sıcaklığı yine 0°C altına inerek donabilir. Akışkanın kapalı devre içerisinde donması ise devre borulamasına veya ısı değiştiricilere zarar verebilir. Bu nedenle çevrimsel ısı geri kazanım sistemlerinde kış çalışma şartlarında HVAC sistemlerinde yaygın olarak kullanılan etilen glikol veya propilen-glikol gibi antifriz özellikte maddeler eklenmiş sulu solüsyonlar tercih edilmelidir.

Çevrimsel ısı geri kazanım sistemlerinde akışkanın donma riskinin yanı sıra egzoz hattındaki serpantin üzerinde yoğunlaşan suyun donma riski de bulunmaktadır. Egzoz hattındaki ısı geri kazanım serpantinine devreden gelen akışkanın sıcaklığı, havanın çiğ noktasının altında olduğunda ısı değiştirici üzerinde yoğunlaşma olmaktadır. Akışkan sıcaklığı çok düştüğü durumlarda ısı değiştirici serpantin yüzey sıcaklığı da düşmekte ve ısı değiştirici üzerinde yoğunlaşan suyun donma riski oluşmaktadır. Isı değiştirici üzerinde oluşan buzlanmanın ise ısı geri kazanım verimine ve cihaz çalışmasına olumsuz etkileri olmaktadır.

2.2.1. Egzoz serpantini üzerinde donmanın sistem üzerindeki etkileri

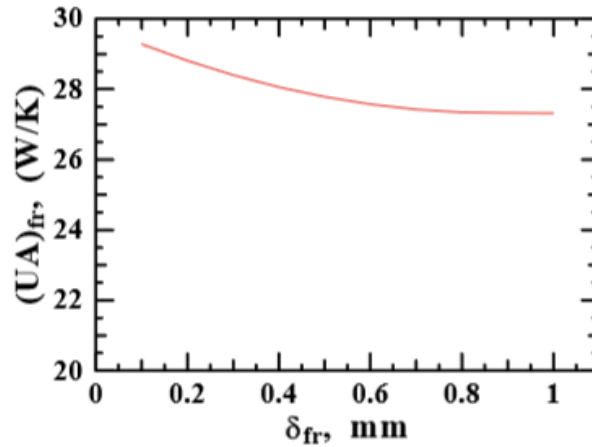
Egzoz serpantini üzerinde yoğunlaşan suyun donması lameller ve borular üzerinde ilave bir buz filmi oluşturur. Buz filmi ısı geçişine ilave bir direnç yaratır ve serpantin ısı geçişi etkenliğini düşürür.



Şekil 3. Serpantin lamelleri üzerinde buz kalınlığının zamana ve akışkan-hava çığ noktası sıcaklık farkına göre artışı

Şekil 3'de havanın çığ noktası ile akışkan sıcaklığı arasındaki farkın 14,5°C ve 5°C olduğu soğutma durumlarında serpantin üzerinde oluşan buz filmi kalınlığının zamana bağlı artışı görülmektedir. Konfor koşullarında hava sıcaklığını 20°C ve bağıl nemi %50 kabul edecek olursak dönüş havamızın çığ noktası sıcaklığı 8,5°C olacaktır. Çığ noktası 8,5°C olduğu durumda -6°C boru içi akışkan sıcaklığı için Şekil 3'de 14,5°C fark değeri elde edilir. Buna göre yaklaşık 15 dakika gibi bir sürede 0,4 mm buz filmi kalınlığı oluştuğu görülür [2].

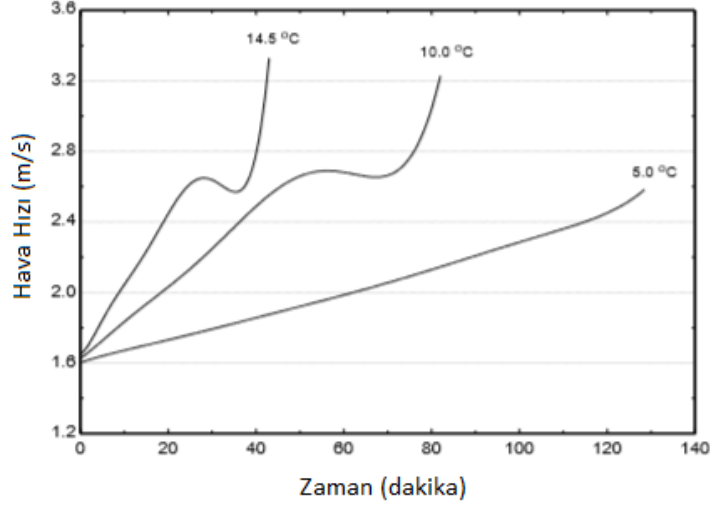
Buzlanma oluşmadan önce serpantin üzerindeki yoğuşma suyunun serpantin ve dolayısı ile ısı geri kazanım kapasitesine olumlu etkisi vardır. Serpantin üzerindeki yüksek taşınım katsayısına sahip olan su serpantin etkenliğini ve kapasitesini artırır. Ayrıca serpantin içerisindeki akışkana yoğuşma sırasında açığa çıkan gizli ısı transferi de gerçekleşir. Fakat yoğuşma suyunun donması serpantin etkenliğini olumsuz etkiler. Buz katı bir madde olduğundan taşınım etkisi yoktur, iletim ile ısı geçişi olur. Isı değiştiricinin etkenliği hesaplanırken buz filmi ilave bir ısı geçişi direnci oluşturur ve buz kalınlığı ne kadar artarsa direnç de o kadar artar. Bu da ısı değiştirici etkenliğinin azalmasına neden olur [3].



Şekil 4. Buz filmi kalınlığına bağlı olarak serpantin ısı iletkenliğinin değişimi

Şekil 4'te 0,4 mm buz filmi kalınlığı için serpantin ısı iletkenliğinin 30 W/K değerinden 27,5 W/K değerine düştüğü görülmektedir. Bu da egzoz serpantini tarafında yaklaşık %8 oranında bir kapasite kaybı oluştuğunu göstermektedir [4].

Egzoz serpantini üzerinde oluşan buz filminin serpantin kapasitesini düşürmesinin yanı sıra hava tarafı basınç düşümü üzerinde de olumsuz etkisi bulunmaktadır. Serpantin lamellerinin arasının buz tabakası ile kaplanması zamanla hava geçiş kesitinin daralmasına, buna bağlı olarak da hava hızının artmasına neden olur.



Şekil 5. 3,2 mm lamel aralığına haiz serpantin üzerinde buzlanmadan kaynaklı hava hızı artışının zamana ve akışkan-hava çığ noktası sıcaklık farkına göre değişimi

Şekil 5'te serpantin üzerindeki hava hızı artışının buzlanmadan dolayı zamanla artışı gösterilmiştir. Çevrimsel ısı geri kazanım sistemlerinde yukarıda daha önce belirtildiği üzere 14,5°C soğutma sıcaklık farkı (hava çığ noktası sıcaklığı ile akışkan sıcaklığı arasında) kabulü uygundur. 3,2 mm lamel aralığına haiz serpantinde 15 dakika içerisinde hava hızının 1,6 m/s tasarım koşulundan 2,2 m/s değerine yükseldiği görülmektedir [2]. Bu da hava hızında yaklaşık %38 bir artış olduğunu göstermektedir. Serpantin basınç düşümündeki artışın yaklaşık olarak hız değişiminin karesi ile orantılı olacağını düşünürsek basınç düşümü 15 dakika içerisinde başlangıç değerinin 2 katına çıkacaktır. Bu durum sabit fan devrinde serpantin üzerindeki hava debisinin azalmasına veya aynı hava debisinin sağlanabilmesi için daha yüksek fan devri ve fan güç tüketimine neden olacaktır. Hava debisindeki azalma ısı geri kazanım sistem verimini düşürür iken, fan güç tüketiminin artışı da toplam sistem verimini olumsuz yönde etkileyecektir.

2.2.2. Egzoz serpantini üzerinde donma koruması yöntemleri

Sistemin kış şartlarında sürdürülebilirliğinin sağlanması için egzoz ısı değiştiricisi üzerindeki buzlanmanın çözülmesi gerekmektedir. Bu buzlanmayı çözer iken sistem çalışmasının devam etmesi ve ısı geri kazanımın durdurulmaması enerji verimliliği açısından önemlidir. Donma koruması sağlanırken ısı geri kazanım veriminden bir miktar feragat etmek gerekmektedir. Fakat en doğru kontrol sistemi tasarımı ile ısı geri kazanım sistemindeki verim düşümü minimum seviyede tutulmalıdır.

Egzoz bataryası üzerinde donmanın başladığı batarya hava tarafı basınç kaybı ölçülerek ya da batarya yüzey sıcaklığı ölçülerek öğrenilir.

Donma başladıktan sonra havanın ısı değiştirici üzerindeki basınç kaybı artacaktır. Şekil 4'te görüldüğü üzere yaklaşık 5 dakikalık bir buzlanma sürecinde hava hızı yaklaşık %12 artmakta ve buna bağlı olarak da serpantin basınç düşümü başlangıç koşuluna göre yaklaşık %25 artmaktadır. Çevrimsel ısı geri kazanım sistemlerinde kullanılacak serpantinlerin minimum basınç düşümünün 100Pa olacağını düşünür isek, basınç düşümünde gerçekleşecek 25Pa artış düşük hassasiyette hava basınç sensörleri ile bile rahatlıkla ölçülebilir. Klima santrali otomasyonunda serpantin basınç

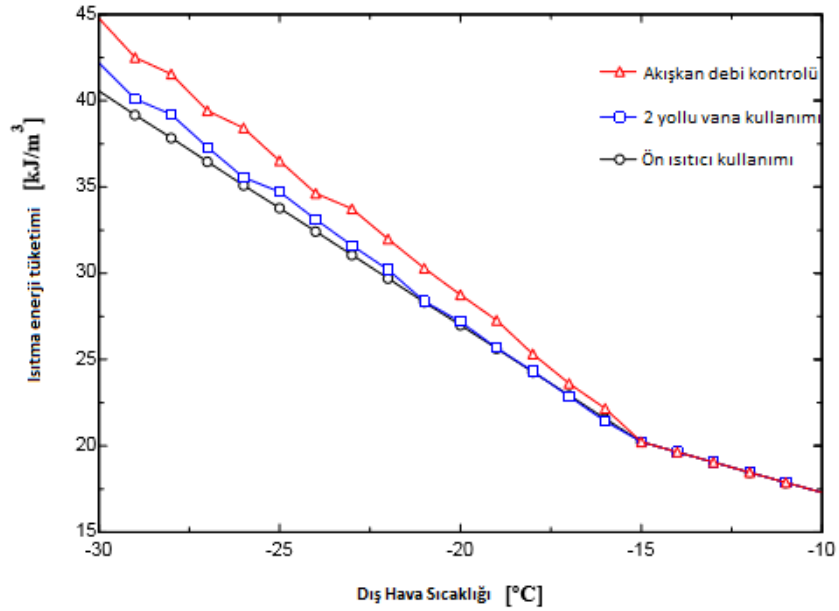
düşümünü takip etmek otomasyon donma senaryosu girdisi için uygulanabilecek bir yöntem olarak ele alınabilir. Bu durumda donma başladıktan sonra senaryonun devreye girmesi için en fazla 5 dakika gibi bir süre geçecektir ve 5 dakikalık bir sistem verim kaybı söz konusu olacaktır.

Bu durumun yanı sıra egzoz serpantini giriş borusu yüzey sıcaklığı 0°C değerinin altına düştüğünde donma başlayacaktır. Giriş borusuna bağlanacak yüzey tipi termometre ile donma durumunun başladığı kabul edilebilir. Bu yöntemlerden ikisi de otomasyon sisteminde kullanılabilir.

Kısacası otomasyon sisteminde hava basınç sensörü veya yüzey sıcaklık sensörü kullanılmalı ve bunlardan alınan bilgi donma koruma senaryosunu başlatmak üzere otomasyon sistemine girdi olarak gönderilmelidir.

Isı geri kazanım sisteminde egzoz ısı değiştiricisi üzerinde buzlanmanın engellenmesi için yapılabilecek başlıca şeyler aşağıdaki gibidir:

- Soğuk dış ortam havasının ısı geri kazanımdan önce ısıtılması
- 2 yollu vana ile besleme serpantinine gönderilecek akışkanın by-pass edilmesi
- Akışkan debisinin düşürülmesi



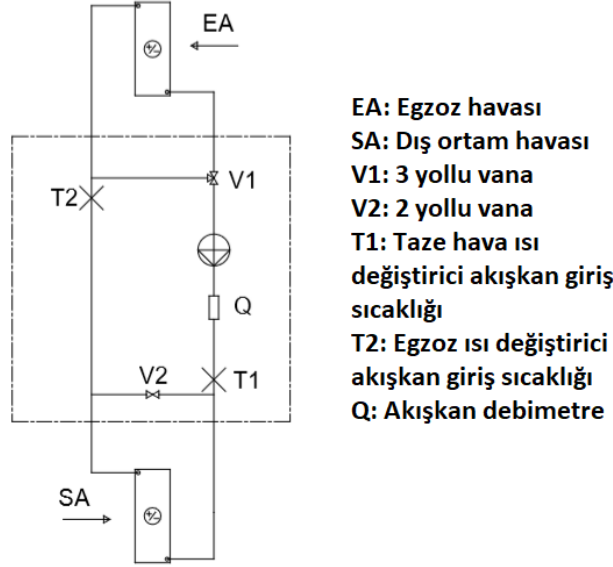
Şekil 6. Dış hava sıcaklığına bağlı olarak farklı donma koruması yöntemlerinde toplam enerji tüketimleri

Şekil 6'te görüleceği üzere bu donma koruması yöntemlerinin toplam enerji tüketimine etkisi incelendiğinde -20°C taze hava sıcaklığının altında en etkin çözümün taze havanın ısı geri kazanımdan önce ısıtılması olduğu görülmektedir [1]. Fakat 2 yollu vana kullanımı ile ön ısıtma arasında ciddi bir fark gözlenmemektedir. Akışkan debisini düşürülmesi ise toplam ısı geri kazanım verimini düşürerek bir çözüm sağlama şekli olduğu için enerji tüketiminde olumsuz bir etki göstermektedir.

2.2.3. Oransal 2 yollu vana kullanımı ile otomasyon üzerinden donma kontrolü

Toplam ısıtma enerji tüketiminden yola çıktığımızda kullanılacak en verimli donma kontrolü ön ısıtıcı kullanımı ve iki yollu vana kullanımı olarak görülmektedir. Fakat ön ısıtıcı hem cihaz maliyetini arttıracaktır hem de fan tarafında ilave basınç kaybı getirdiği için güç tüketimini arttıracaktır. Bu nedenle toplam sistem verimi açısından bakıldığında en uygun çözüm 2 yollu vana kullanımı olarak görülmektedir.

2 yollu vana kullanarak taze hava ısı değiştiricisine girecek olan akışkanın bir kısmı direkt olarak taze hava ısı değiştiricisi çıkışına by-pass edilebilir. Bu sayede besleme serpantinine sadece bir miktar akışkan gönderilir ve serpantin çıkışında daha yüksek sıcaklıkta bir akışkan elde edilir. Buna bağlı olarak egzoz serpantinine daha yüksek sıcaklıkta bir akışkan girişi sağlanarak donmanın önüne geçilebilir. Oransal kontrol edilen bir iki yollu vana ile donmanın önüne geçilirken ısı geri kazanım veriminde minimum düşüm sağlanmış olur.



şekil 7. Çevrimsel ısı geri kazanım sistemi devre ekipmanlarının ve akışkan sıcaklık ölüm noktalarının şematik gösterimi

şekil 7'de çevrimsel ısı geri kazanım sistemi devre üzerindeki ekipmanlar ile şematik olarak gösterilmiştir. Donma korumasının sağlanabilmesi için T2 sıcaklığının artırılması gerekmektedir. V2 kodlu oransal kontrollü iki yollu vana kullanarak T1 sıcaklığındaki akışkanın bir kısmı SA dış ortam ısı değiştiricisinden by-pass edilebilir. Bu sayede T2 sıcaklığı yükselir ve donma koruması sağlanmış olur. T2 sıcaklığının değeri ise direkt olarak sistemde llebilir ve 0°C değerinin üzerine çıkacak şekilde 2 yollu vana kontrolü sağlanabilir.

2.3. Mevsim Geçişlerinde Serbest Soğutmanın Optimum Düzeyde Sağlanması

Isı geri kazanım sistemlerinde toplam yıllık enerji tüketimini en çok etkileyen konulardan biri de mevsim geçişlerindeki sistem çalışmasıdır. Dış hava sıcaklığının düşük olduğu fakat mahaldeki ısıll yüklerden dolayı soğutma ihtiyacının bulunduğu durumlarda ısı geri kazanım sistemi daha düşük verimlerde veya tamamen by-pass edilerek direkt dış hava kullanımı ile serbest soğutma sağlanmalıdır.

Soğutma ihtiyacı olan geçiş mevsiminde mahaldeki üfleme sıcaklığının set değeri dış ortam sıcaklığından düşük veya yüksek olabilir. fleme sıcaklığı set değerinin dış ortam sıcaklığından düşük olduğu durumda mahal dönüş havası da daha yüksek bir sıcaklıkta ise, ısı geri kazanım durdurulmalı ve ilave soğutma sağlanarak flemedeki set değerine ulaşılmalıdır.

fleme sıcaklığı set değerinin mahal dönüş sıcaklığı ile taze hava sıcaklığı arasında olduğu durumlarda ise ısı geri kazanım sisteminin oransal kontrolü ile hassas sıcaklık kontrolü sağlanabilir ve ilave bir soğutma kaynağı kullanmadan minimum enerji tüketimi ile sistem çalışmasına olanak verilir. Çevrimsel ısı geri kazanım sistemi oransal ısı geri kazanımın sağlanabileceği en uygun sistemdir. Çünkü sistem yüzde yüz otomasyon üzerinden kontrol edilebilmekte ve çalışma senaryolarında birçok parametre üzerinden hassas kontrol sağlanabilmektedir.

Çevrimsel ısı geri kazanım sistemlerinde iki şekilde ısı geri kazanım kapasite kontrolü sağlanabilir:

- Isı değiştirici akışkan debi kontrolü
- Oransal kontrollü 3 yollu vana ile akışkanın egzoz serpantininden by-pass edilmesi

2.3.1. Isı değiştirici akışkan debi kontrolü

Isı geri kazanım veriminin oransal olarak kontrolü için pompa devri ayarlanabilir ve akışkan debisi düşürülebilir. Bu sayede ideal oran olan 3/1 kütleli debi oranının dışına çıkılacak ve ısı değiştirici etkinliğinin düşmesine bağlı olarak ısı geri kazanım kapasitesi düşecektir. Yine de bu durum sadece ısı değiştirici etkinliğinde değişime neden olacağı için oransal olarak çok düşük ısı geri kazanım seviyelerine inilemeyebilir. Böyle bir durumda kontrol yeterince hassas olarak sağlanamayacaktır.

Isı değiştirici etkinliği düştüğünde ısı geri kazanım kapasitesi çok büyük oranda düşüm göstermeyecektir. Akışkan debisindeki düşüme bağlı olarak akışkan rejim aralığı genişleyecek ve sıcaklık farkı değerinin artması kapasite düşümünde ciddi farklar oluşmamasına neden olacaktır. Bu da çok düşük ısı geri kazanım veriminin yeterli olduğu durumlarda istenen besleme hava çıkış sıcaklığının elde edilememesine neden olacaktır. İstenen besleme hava çıkış sıcaklığının yakalanabilmesi için ilave soğutma enerji tüketimi gerekecektir.

Tablo 1. Çevrimsel ısı geri kazanım devresinde akışkan debisindeki değişime göre besleme havası çıkış sıcaklıkları ve akışkan giriş-çıkış sıcaklıkları

Akışkan kütleli debisi (kg/h)	Besleme-Egzoz hava kütleli debisi (kg/h)	Dış Ortam Sıcaklığı (°C)	Mahal dönüş hava sıcaklığı (°C)	Mahal dönüş bağıl nemi (%)	Besleme set sıcaklık değeri (°C)	Isıtıcı serpantin su giriş sıcaklık değeri (°C)	Isıtıcı serpantin su çıkış sıcaklık değeri (°C)	Besleme Havası sıcaklık değeri (°C)	Set değeri ile besleme sıcaklık değeri arasındaki fark (°C)
485	1800	12	24	50	15	21,7	14,3	20	5
327	1800	12	24	50	15	23,1	12,9	19,6	4,6
258	1800	12	24	50	15	23,6	12,4	18,6	3,6
206	1800	12	24	50	15	23,9	12,2	17,5	2,5

Serpantin üreticisi tasarım ve performans yazılımında yapılan çalışmaya göre Tablo 1'deki veriler oluşturulmuştur. Bu tabloda 12°C dış ortam sıcaklığı olduğu durumda mahal içerisindeki ısı yüklerinden dolayı 15°C besleme hava sıcaklığı istenirken, çevrimsel ısı geri kazanımda akışkan debi kontrolü ile bunun sağlanıp sağlanamayacağı incelenmiştir. Tabloda da görüldüğü gibi akışkan kütleli debisi %45'e kadar düşürüldüğünde (pompa devri kontrolü ile) istenen besleme hava sıcaklıklarına ulaşılamamaktadır. Akışkan debisi düşürüldüğünde batarya etkinliği düşmekte fakat akışkan giriş-çıkış sıcaklıkları arasındaki fark arttığı için istenen kapasite düşümü sağlanamamaktadır.

2.3.2. Oransal kontrollü 3 yollu vana ile akışkanın egzoz bataryasından by-pass edilmesi

Çevrimsel ısı geri kazanım sisteminde hassas kapasite kontrolünün en iyi şekilde sağlanması için hem besleme-egzoz serpantinlerinde akışkan debisini düşürmek hem de besleme serpantinine girecek olan akışkan sıcaklığını düşürmek en efektif yöntemdir. Bu sayede hem ısı değiştiricinin etkinliği düşürülmekte hem de besleme serpantininin kapasitesi akışkan giriş sıcaklığından dolayı düşürülmektedir.

Frekans konvertörü ile pompa devri aşağı çekilerek sistemdeki akışkan debisi düşürüldüğünde besleme ve egzoz serpantinlerinin debileri aynı oranda düşürülmektedir. İlave olarak egzoz serpantininin kütleli debisi besleme serpantinine göre daha aşağılara çekildiğinde egzoz hattından daha az enerji sisteme aktarılabilir için istenen kapasite düşümleri daha kolay yakalanabilir.

Tablo 2. Pompa devir kontrolü ile beraber 3 yollu vana üzerinden egzoz serpantini by-pass'ı ile çevrimsel ısı geri kazanım kapasite kontrolü

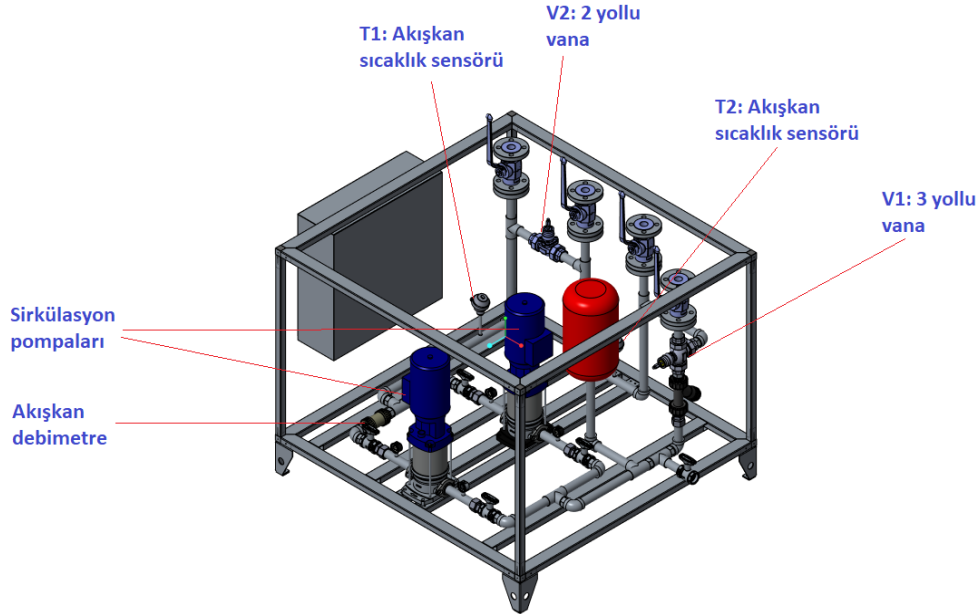
Besleme serpantini kütleli debisi (kg/h)	Egzoz serpantini kütleli debisi (kg/h)	Isıtıcı serpantin su giriş sıcaklık değeri (°C)	Isıtıcı serpantin su çıkış sıcaklık değeri (°C)	Soğutucu serpantin su giriş sıcaklık değeri (°C)	Soğutucu serpantin su çıkış sıcaklık değeri (°C)	Besleme Havası sıcaklık değeri (°C)
206	206	12,18	23,86	23,86	12,18	17,5
206	109	18,39	12,1	12,1	23,99	15

12 °C dış ortam sıcaklığı ve 24°C iç ortam sıcaklığı (%50 bağıl nem) durumunda besleme havası 15°C istendiğinde sistem akışkan kütleli debisinin düşürülmesinin yanı sıra, egzoz serpantininden akışkanın by-pass edilmesi ile elde edilebilecek sonuç Tablo 2’de gösterilmiştir. Egzoz serpantininden toplam kütleli debisinin %45’i geçirildiği için çok daha düşük kapasite düşümleri ve istenen çıkış sıcaklığı 15°C yakalanabilmektedir. Sadece sistem kütleli debisi düşürüldüğünde ancak 17,5°C besleme sıcaklık değerine kadar kapasite düşürülebilmektedir.

Şekil 7’de görülen V1 kodlu 3 yollu vana açıldığında daha düşük T2 sıcaklığındaki akışkan egzoz ısı değiştiricisinin çıkışına by-pass edilerek T1 akışkan sıcaklığının da düşmesine olanak sağlayacaktır. Bu sayede besleme serpantinine düşük sıcaklıkta akışkan gönderilerek daha düşük ısı geri kazanım kapasiteleri elde edilebilecektir. 3 yollu vananın oransal kontrol edilmesi ile hassas üfleme hava sıcaklığı kontrolü sağlanabilir.

2.4. Çevrimsel ısı geri kazanım su devresi ekipmanları ve kontrol

Bu çalışmada çevrimsel ısı geri kazanım sistemi sirkülasyon devresi ekipmanlarının ve otomasyon senaryolarının nasıl tasarlanabileceği ile ilgili bilgiler, deneysel ve teorik çalışmaların incelenmesi ile belirtilmiştir. Çalışma sonucunda kritik devre ekipmanlarının su sıcaklık sensörleri, oransal kontrollü 3 yollu ve 2 yollu vanalar, akışkan hacimsel debimetre, devir kontrollü pompalar olduğu görülmüştür. Şekil 8’de bu elemanların yerleşimlerinin nerelerde olması gerektiğini gösteren bir şematik çizim paylaşılmıştır.



Şekil 8. Çevrimsel ısı geri kazanım sistemi su devresi kritik ekipmanlar ve devre içerisinde yerleşim noktaları

3. SONUÇ

Günümüzde özellikle hijyen uygulamaları, endüstriyel sistemler ve endüstriyel mutfak uygulamalarında gittikçe kullanımı artan çevrimsel ısı geri kazanım sistemleri, diğer ısı geri kazanım sistemlerinden farklı olarak verimli çalışma ve sistem sürdürülebilirliği açısından birçok dikkat edilmesi gereken nokta içermektedir. Ancak doğru bir çevrimsel ısı geri kazanım akışkan devresi tasarımı ve doğru otomasyon sisteminin kurulması ile Ecodesign direktifinde hedeflenen %68 ısı geri kazanım verimi yakalanabilir. Tek başına ısı değiştirici boyutu, hava hızı gibi etkenler bu verimin yakalanmasında yeterli olmayacaktır. Otomasyon tarafında tasarlanacak doğru çalışma senaryoları ile ısı geri kazanım veriminin yanı sıra sistem sürdürülebilirliği ve toplam enerji tüketiminin minimum seviyede tutulması sağlanabilir. Bunun için de dış ortam koşulları da göz önünde bulundurularak gerektiğinde soğuk iklim koşullarında çalışmanın sağlanacağı, gerektiğinde geçiş mevsimi çalışmasının sağlanabileceği sirkülasyon devresi ve otomasyonu tasarlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Freund S., Simulation of Air-to-Air Energy Recovery Systems for HVAC Energy Conservation in an Animal Housing Facility, University of Wisconsin, 2003.
- [2] Da Silva D., Frost Formation on Fan-Supplied Tube-Fin Evaporators: A Visual and Numerical Analysis, Purdue University, 2012.
- [3] De Vos M., Development and experimental validation of an ice-on-coil external melt model, Ghent University, 2017.
- [4] Ali A., Ibrahim I., Effects of Condensate and Initial Formation of Thin Frost Layer on Evaporator Coil Performance of Room Air-Conditioners, Assiut University, 2007.

ÖZGEÇMİŞ

Oğuz SAKA

1990 İstanbul doğumludur. 2014 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. 2014 yılında çalışmaya başladığı Systemair HSK firmasında 2017 yılına kadar Proje ve İş Geliştirme Mühendisi olarak görev almıştır. Bu görevi sırasında özellikle hava dağıtım ve kontrol sistemleri, yangın ve duman koruma sistemleri üzerinde çalışmalar yapmıştır. 2017 yılından itibaren yine Systemair HSK firmasında Ar-Ge Şefi olarak katıldığı Ar-Ge departmanındaki görevine halen devam etmektedir. Ar-Ge Şefi olarak klima santralleri, ısı geri kazanım cihazları, havuz nem alma santralleri ve entegre otomasyonlu klima santral çözümleri üzerine Ar-Ge projelerini yürütmektedir. Systemair firmasının diğer ülkelerdeki Ar-Ge ekipleri ile beraber de çalışmalar yürüten Oğuz Saka, iyi derecede İngilizce bilmektedir.