

ISI GERİ KAZANIM CİHAZLARINDA FARKLI TİPTE ISI DEĞİŞTİRİCİ KULLANIMININ İNCELENMESİ

Investigation of Usage of Different Type Heat Exchangers in Heat Recovery Units

Göknil AĞAR
Özay AKDEMİR

ÖZET

Günümüzde inşaat sanayisindeki gelişmeler, artan nüfus ve bunlara bağlı olarak büyüyen yapılarla birlikte havalandırma ihtiyaçları da artış göstermektedir. Doğal havalandırmanın yer yer yetersiz kaldığı bu yapılarda mekanik sistemlere olan ihtiyaç ve talep hızla artmaktadır. Binaların büyüklüğü, yüksek yalıtım sınıfları ve hava sızdırmazlık özellikleri nedeniyle taze hava ihtiyaçları artmakta ve bu durum egzoz gereksinimine de neden olmaktadır. Bu ihtiyaçlara bağlı olarak elektrik tüketim miktarlarında ciddi artışlar gözlenmektedir. Havalandırma ihtiyacını sağlayabilmek ve aynı zamanda iç hava kalitesini arttırmak için ısı geri kazanım cihazlarının havalandırma sistemlerinde kullanımı yaygınlaşmaktadır. Isı geri kazanım cihazları, havalandırma ihtiyacı olan mekanlarda enerji tasarrufu sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Isı geri kazanım cihazları ile iklimlendirme sistemlerinde iç hava ile dışarıdan alınan taze hava arasında ısı transferi gerçekleştirilerek iç mekana verilecek olan havanın ön şartlandırılması sağlanmaktadır. Bu sayede ısı geri kazanımı ile kışın hacimlerin ısıtma, yazın da soğutma yükleri azaltılarak iklimlendirme sistemlerinin elektrik tüketimleri azaltılabilmektedir.

Egzoz havası ile taze hava arasındaki ısı transferi yani ısı geri kazanımı, plakalı ısı değiştiriciler, ısı tekerleği, ısı borusu gibi farklı uygulamalarla yapılabilmektedir. En yaygın kullanım şekli plakalı ısı değiştiricilerdir. Bu tip ısı değiştiriciler çapraz akışlı veya karşıt akışlı olabilmektedir. Kullanılan plaka malzemeleri de verimi etkilemektedir. Bir diğer kullanılan ısı değiştirici ise döner tip ısı değiştiricidir.

Bu çalışma kapsamında, ısı değiştirici tiplerinin detaylı anlatımına ve ısı geri kazanımlı havalandırma cihazlarında kullanılan farklı tipte ısı değiştiriciler ile yapılan karşılaştırmalı test sonuçlarına incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Havalandırma, Isı geri kazanım, Isı değiştirici, Plakalı ısı değiştirici, Döner tip ısı değiştirici (Rotor)

ABSTRACT

Today, due to the developments in the construction industry and the increasing population, the structures are growing and the ventilation needs are increasing. In these buildings where natural ventilation is insufficient, the need and demand for mechanical ventilation are rapidly increasing. Due to the size of buildings, high insulation classes and air-tightness, fresh air requirements are increasing and this causes exhaust requirements. Depending on these needs, there are significant increases in electrical consumption. The use of heat recovery units in ventilation systems is becoming widespread in order to provide the ventilation requirement and also to improve the indoor air quality. Heat recovery units are used for energy saving in places where ventilation is needed. In air conditioning systems with heat recovery units, the heat transfer between the return air and the fresh air taken from outside is carried out and the air to be given to the places is pre-conditioned. In this way, with the heat recovery, the electricity consumption of the air conditioning systems can be reduced by decreasing the cooling loads in the summer and heating loads in winter.

The heat transfer between the exhaust air and the fresh air can be carried out with different applications such as, plate heat exchangers, heat wheels and heat pipes. The most common use is

plate heat exchangers (cross-flow or counter-flow). The plate materials used also affect the efficiency. Another used heat exchanger is a rotary type heat exchanger.

In this study, detailed description of heat exchanger types and comparative test results with different types of heat exchangers used in heat recovery ventilation units were investigated.

Key Words: Ventilation, Heat Recovery, Heat Exchanger, Plate type heat exchanger, Rotary type heat exchanger

1. GİRİŞ

Günümüzde, insan yaşamında önemli yer tutan konutlar, işyerleri ve ticari binalar gibi tüm mahallerde temiz ve sağlıklı hava gereksinimi artmaktadır. Gelişen sanayi etkisinde, yüksek ve kapalı inşa edilen binalarda daha fazla insan toplulukları bulunmaktadır. Bu nedenle doğal havalandırma yöntemleri yetersiz kalmakta hatta bazı durumlarda binalarda doğal havalandırma yapılamamaktadır.

Doğal havalandırma, çoğunlukla kapılar ve pencerelerin açılması ile sağlanabilmektedir. Ancak doğal havalandırmanın yetersiz olduğu bu gibi durumlarda, mekanik havalandırma sistemleri kullanılmaktadır. Bu gibi sistemlerde genellikle taze hava ve egzoz olmak üzere iki ayrı hava hattı bulunmaktadır. Gerektiği takdirde sadece egzoz havasının uzaklaştırılması ya da sadece taze hava alımı için de cihazlar üretilmekte ve kullanılmaktadır.

Doğal havalandırmaya yardımcı mekanik sistemler ile çalışan doğal-mekanik ya da hibrit veya kombine havalandırma sistemleri de bulunmaktadır. Rüzgar enerjisi ile çalışan baca aspiratörleri buna örnektir. Rüzgar enerjisi ile dönmeye başlayan aspiratör sayesinde bacadan emiş yapılmaktadır. Aynı zamanda ısınan havanın genişmesi ve yükselmesi ile de bu sistem dönmekte ve kendiliğinden bir devridaim kazanmaktadır. Aynı zamanda sadece tek hava hattı bulunan mekanik havalandırma cihazları ya da klima santralleri mahal içerisinde yaratacağı basınç ya da vakuma bağlı olarak binada kullanılan özel menfezler sayesinde, içerideki kirli havanın doğal egzoz edilmesini ya da dışarıdan doğal taze hava alımını sağlayabilmektedir.

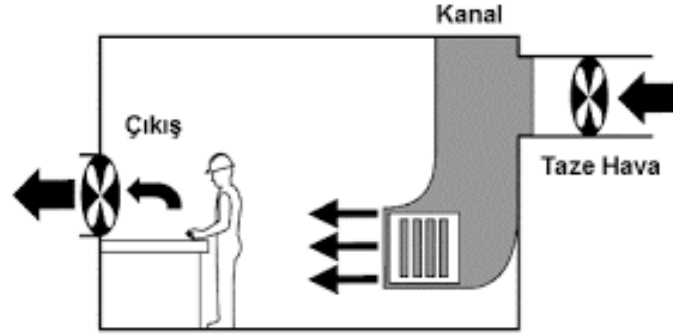
Günümüzde konutlar ya da ticari binalar gibi mahallerde mekanik havalandırma sistemleri önem kazanmıştır. Amerika ve Avrupa'da yaygın olan bu sistemlerin Türkiye'de de inşaat sektörünün gelişmesiyle yaygınlaşması ve sektör olarak gelişmesi sürmektedir.

Doğal havalandırmanın yetersiz olması, sektörü mekanik havalandırmaya itmiş ve bu sayede havalandırma amaçlı elektrik ve enerji tüketimi artmaya başlamıştır. Aynı zamanda ısıtılan ya da soğutulan ortamların havalandırılmasıyla klima gibi hava şartlandırma sistemlerin yükü de artmıştır. Bu nedenle enerji geri kazanımlı havalandırma sistemleri de büyük önem kazanmaya başlamıştır. Egzoz ve taze hava hattı olmak üzere iki ayrı hava hattına sahip olan bu cihazlarda; karşıt akışlı, çapraz akışlı, rotorlu tip, run-around coil gibi farklı tiplerde ısı değiştiriciler kullanılarak atık hava üzerindeki enerji geri kazanılmaktadır. Bu gibi sistemler sayesinde havalandırma nedeni ile kışın ortamdan atılan enerji, taze hava hattına aktarılmakta veya yaz şartlarında içeriye alınacak taze hava, ısısı kirli hava hattına aktarılmaktadır. Bu sayede klima santralleri gibi hava şartlandırma tüm sistemlerin yükü azaltılmaktadır.

2. MEKANİK HAVALANDIRMA

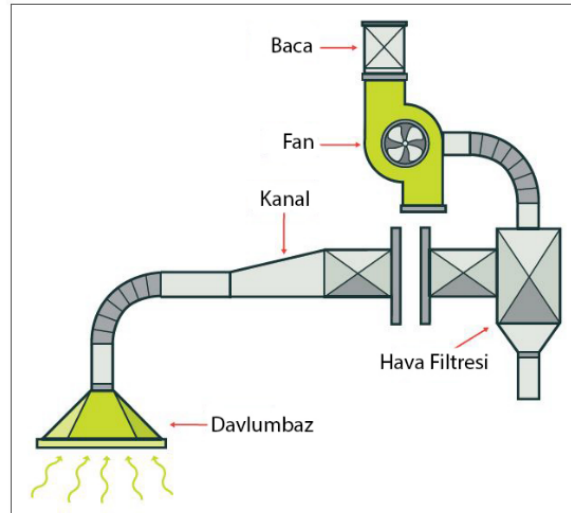
Kapalı bir ortamın havasını değiştirmek amacıyla farklı yöntemlerle ve çeşitli araçlar kullanılarak ortamdaki kirli havanın dışarıya atılması ve dışarıdan taze ve temiz hava alınması işleme havalandırma denir.

Mekanik havalandırma temel olarak iki farklı tipe tanımlanabilir. İlki ve en yaygın olanı genel mekanik havalandırma (seyreltme) ve diğeri ise lokal havalandırma sistemleridir. Genel havalandırma mahale büyük miktarda temiz hava sağlayan ve kirli havayı tahliye eden sistemdir. Sistem genellikle duvara, bir odaya ya da binanın çatısına yerleştirilmiş egzoz ve hat sayısına göre üfleme fanları içermektedir. Genel havalandırmanın amacı mahaldeki ortam kirleticilerin bütün mahalin havalandırılması yoluyla giderilmesi ya da kontrol edilmesidir. Şekil 1’de önerilen genel mekanik havalandırma örneği verilmiştir. Genel havalandırmanın etkin olabilmesi egzoz fanlarının ya da menfezlerinin çalışanların yakınında olması sağlanabilmektedir.



Şekil 1. Genel (seyreltme) havalandırma sistemi

Yüksek dozda toksik kimyasalların kontrolü ve giderilmesi zor olduğu için genellikle bu gibi durumlarda kaynağın salınım yaptığı noktalardan emiş yapan lokal havalandırma sistemleri kullanılmaktadır. Bunlara örnek olarak Şekil 2’de lokal havalandırmanın temel bileşenleri bulunmaktadır. Bu yöntem bileşenleri ile yoğun ve kaynağı belli kirleticilerin etkileri mahalden daha sağlıklı bir şekilde uzaklaştırılabilmektedir. Lokal havalandırma sistemlerinde, mahalde negatif basınç oluşma riski vardır, bu nedenle mahalde egzoz fanlarından uzağa yerleştirilecek taze hava fanları da kullanılabilir.



Şekil 2. Lokal havalandırma sistemi

Havalandırmanın amaçları ortamdaki oksijen miktarının azalmasını, karbondioksit seviyesinin yükselmesini önlemek; ortamda bulunan makinalardan ve insanlardan kaynaklı ısı artışını sınırlandırmak; sıcaklık, nem ve hava akış hızını konfor seviyesinde tutmak, toz ve zehirli gazları ortamdaki uzaklaştırmak, zararlı mikroorganizmaların çoğalmasını önlemek, yangın ve patlama riskini azaltmak, ortamdaki istenmeyen hava akımlarının önüne geçmek olarak verilebilir.

3. MEKANİK HAVALANDIRMA CİHAZLARI

Verimlilik, en geniş anlamda iş yapabilme yeteneği demektir. Enerji verimliliği Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı tarafından, enerji girdisinin üretim içindeki payının azaltılması, aynı üretimin daha az enerji tüketilerek gerçekleştirilmesi olarak tanımlanmıştır. Enerji Verimliliği Kanunu'nda ise binalarda yaşam standardında ve hizmet kalitesinde, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesinde ve miktarında düşüşe yol açmadan enerji tüketiminin azaltılması olarak tanımlanmıştır.

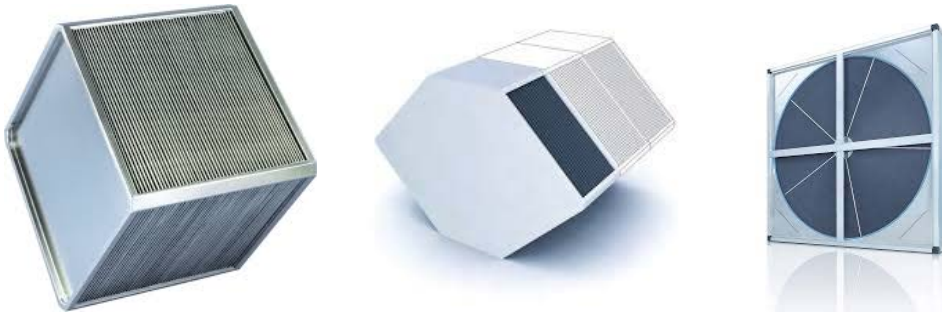
Isıtma, soğutma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sektöründe de enerji verimliliği, havalandırma ve şartlandırma konuları yaygınlaştıkça daha da önem kazanmıştır. Özellikle de enerji verimliliği konusu, yaşanan enerji krizleri ve sera gazı salınımlarının yarattığı iklim değişiklikleri göz önüne alındığında ABD ve Avrupa'da küresel ölçekte malzeme ve hizmet alımlarında karar verme süreçleri yasal düzenlemeler ile kısıtlanmaya başlamıştır. Türkiye'de bu çalışmalar kaçınılmaz bir hale gelecek ve ulusal politikaların zamanla şekillenmesi kaçınılmaz olacaktır.

Binaların artık daha büyük inşa edilmesi, izolasyonun önem kazanması gibi konular nedeniyle binaların hava geçirgenliği azalmıştır. Bu nedenle havalandırma önem kazanmıştır. Havalandırma sistemlerinde enerji verimliliği için doğru projelendirme ve sistem tasarımı çok önemlidir. Havalandırma sistemlerinde enerji verimliliği için plan, sızdırmazlık, yalıtım, düşük basınç kaybı, yüksek verimli fan kullanımı, kontrol stratejileri, serpantin ve kanal temizliği, ısı geri kazanımı gibi konular çok önemlidir.

Enerji tasarrufunun sağlanması açısından sürekli çalışan ve on/off tipte olan cihazlardan yakın tarihte önem kazanan otomasyon ile oransal kontrol edilebilen ve talebe karşılık çalışma seviyesini ayarlayan cihazlar önem kazanmıştır. Talep kontrollü havalandırma, doğru yerde, doğru zamanda gerekli sıcaklıkta temiz hava miktarının mahale sağlanması olarak tanımlanabilir. Talep kontrolü; sabit basınç kontrolü, nem sensörü, sıcaklık sensörü, nem-sıcaklık sensörü, CO₂ sensörü, iç hava kalite sensörü ile mahalın talep edilen aralık değerlerine göre hava debisi değiştirilerek yapılabilmektedir.

Ayrıca havalandırma esnasında olan ısı ve nem kaybının önlenmesi için ısı geri kazanımlı havalandırma önem kazanmış ve ülkemizde de yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu havalandırma cihazları taze hava ve egzoz olmak üzere iki ayrı hava hattına sahiptir. En önemlisi de iki hava hattı arasında ısı transferi sağlayacak havadan havaya ısı değiştirici kullanılmıştır. Isı değiştiricilerin verimine bağlı olarak sıcak hava hattından soğuk hava hattına %90-95 verime kadar ısı transferi yapılabilmektedir. Bu sayede havalandırma gereksinimi olan tüm mahallerde yazın soğutma ve kışın ısıtma yükleri düşmekte ve büyük ölçüde enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

Şekil 3'de soldan sağa çapraz akışlı, karşıt akışlı ve döner tip ısı değiştirici tipleri gösterilmiştir. Çapraz akışlı ısı değiştiricilerin basınç düşümleri rotorlu ve karşıt akışlı tiplere göre daha düşükken verimleri de aynı şekilde düşük kalmaktadır.



Şekil 3. Çapraz akışlı, karşıt akışlı ve döner tip ısı değiştirici

Isı geri kazanımlı havalandırma cihazları, taze hava ihtiyacı olan mahaller için havalandırma esnasında enerji tasarrufunun da sağlanmasına olanak sağlayan cihazlardır. Bu cihazlar aynı zamanda sağladıkları enerji tasarrufu sayesinde kurulum maliyetini kısa sürede geri ödemekte ve mahalde bulunan soğutma, ısıtma ve nemlendirme cihazları gibi cihazların yüklerini de azaltmaktadırlar.

Isı geri kazanımlı havalandırma cihazları temel olarak, ortamdaki dışarı atılan havadaki enerjiyi ortama verilen taze havaya ekleme prensibi ile çalışırlar. Bu havalandırma cihazlarının kullanıldığı bir mahalde havalandırma amacıyla yazın ortamdaki soğutulmuş hava dışarı atılırken içeri alınacak taze hava soğutulurken, kışın ise ortamdaki sıcak hava dışarı atılırken içeri alınacak taze hava ısıtılmaktadır. Böylece %70'e varan enerji tasarrufu elde edilmektedir. Bahsedilen enerji geri kazanımının esnasında bu havalandırma cihazlarında sadece fanlar enerji tüketmektedir ve bu tüketim soğutma ve ısıtma yapan çatı tipi paket klima santralinde ortalama olarak toplam enerjinin %10'unu oluşturmaktadır.

Isı geri kazanım yöntemleri genellikle havadan havaya ısı geri kazanım cihazları ile yapılmaktadır. Bu ısı değiştiriciler Şekil 3'de gösterilmiştir. Havalandırma cihazlarında yaygın kullanılan ısı geri kazanım yöntemleri aşağıdaki gibidir:

1. Plakalı tip havadan havaya ısı değiştirici – çapraz ve karşıt akışlı
2. Döner tip ısı değiştirici - higroskopik ve higroskopik olmayan rotor
3. Faz değişimli (run-around coil) ve faz değişimi olmayan (ısı borusu ve ısı pompası gibi) ısı değiştirici

4. ISI DEĞİŞTİRİCİLER

Isı, direkt ya da dolaylı olarak karşılaşılan iki akışkan arasında, katı maddelerin birbirlerine temas eden molekülleri arasında, katı ile akışkan maddeler arasında sıcaklık farkı olduğunda, bu durumun zorlaması ile sıcaktan soğuğa doğru akmaktadır. Ayrıca her madde sıcaklığına bağlı olarak ısı yayılımı ve emilimi yapabilmektedir. Farklı sıcaklıklara sahip iki ya da daha fazla akışkan arasında, akışkanların genellikle birbirlerine karışmadan sadece enerji aktarımı yapıldığı cihazlara ısı değiştirici (ısı eşanjörü) denilmektedir. Isı değiştiriciler genellikle, ısıtma ve soğutma tesislerinde, kimyasal proseslerde, termik santrallerde, kağıt, gıda, kurutma, otomotiv, boya tesisleri gibi tesislerde kullanılmaktadır.

4.1. Havadan Havaya Isı Değiştiriciler

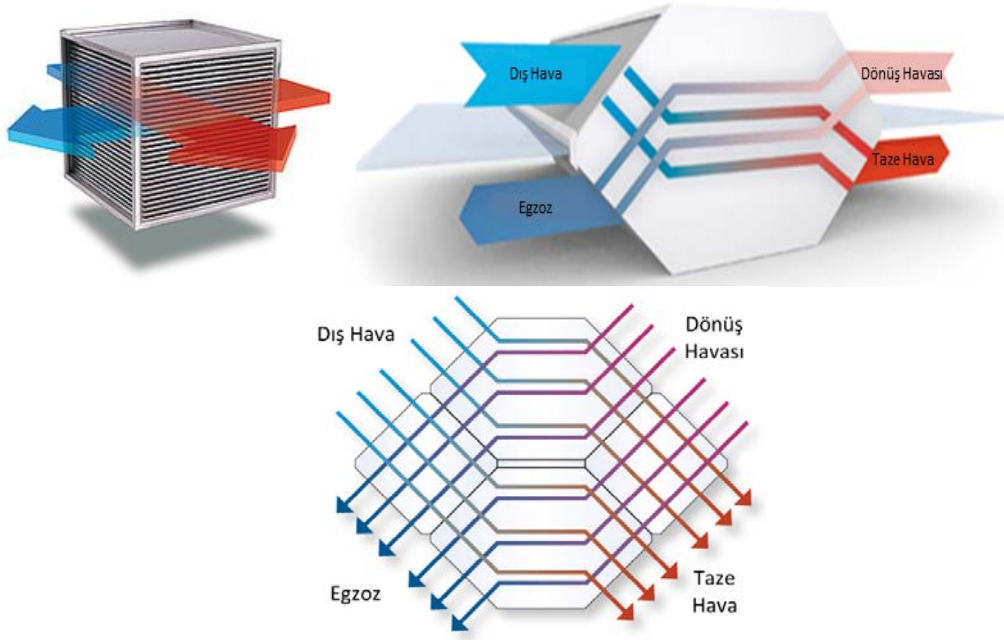
Havalandırma cihazlarında yaygın olarak kullanılan ısı geri kazanım çeşitleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Plakalı tip ısı değiştirici – Reküperatif ısı geri kazanım
2. Döner tip ısı değiştirici – Rejeneratif ısı geri kazanım
3. Isı pompalı ısı değiştirici (DX Çevrim)

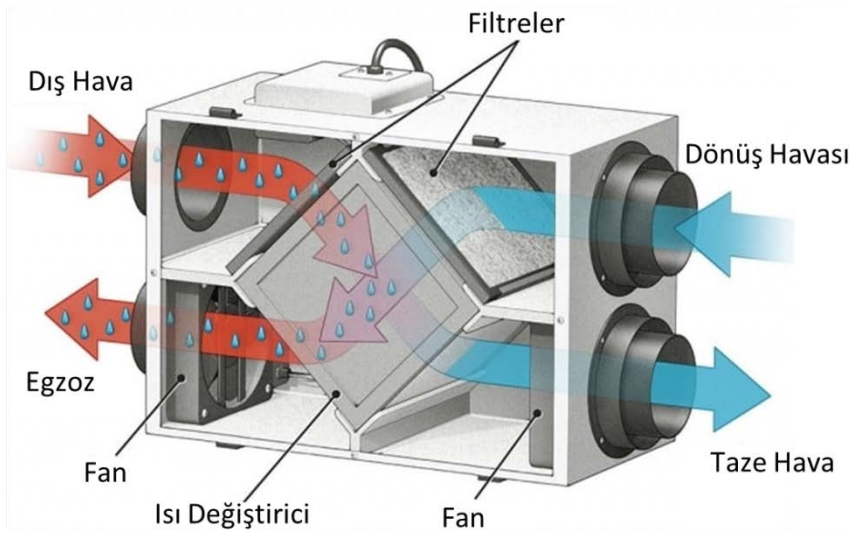
4.1.1. Plakalı Tip Isı Değiştiriciler

Plakalı ısı değiştiriciler, egzoz ve üfleme hava taraflarına ait kanallar birbirlerinden tamamen ayrılmış ve sızdırmazlığı sağlanmış bir şekilde üretilmiştir. Şekil 4'de hava akış yönleri ve Şekil 5'de çapraz akışlı ısı değiştiricili ısı geri kazanım cihazının çalışma şekli gösterilmiştir. Plaka arası mesafe 1.8 mm'den 12.5 mm'ye kadar değişebilmektedir. Isı direkt sıcak olan havadan soğuk olan havaya, ısı değiştirici içerisinden geçen havanın hızına bağlı değişen verimlilikler ile aktarılmaktadır.

Karşıt ve çapraz akışlı olmak üzere hava akış yönüne göre iki farklı tiptedir. Ancak her iki tipin bir araya getirilmesi ile aynı zamanda kombi tip havadan havaya ısı değiştiricileri de geliştirilmekte ve verim artışları sağlanabilmektedir. Her iki ısı değiştirici arasında verim ve basınç düşümü farkı vardır. Çapraz akışlı ısı değiştiricinin basınç düşümü karşıt akışlı ısı değiştiriciye göre daha düşük olduğu için fan enerji tüketimleri karşıt akışlı ısı değiştiriciye göre daha düşük olmaktadır. Ancak sıcaklık verimleri karşıt akışlı ısı değiştiricilerden daha düşüktür.



Şekil 4. Çapraz, karşıt akışlı ve kombi ısı değiştirici [1]



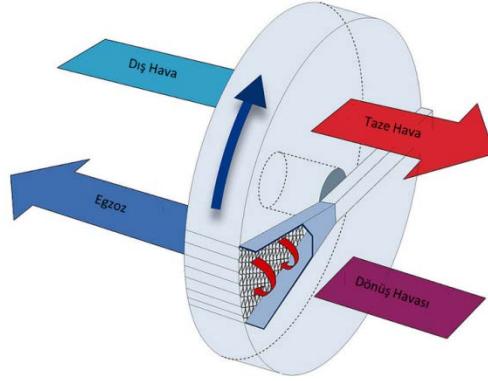
Şekil 5. Çapraz akışlı ısı değiştiricili ısı geri kazanım cihazı

Yaygın kullanılan reküperatörler sadece duyulur ısı transferi yapabilmektedir. Bu tip ısı değiştiricilerin plaka malzemeleri de plastik ya da alüminyum olarak değişmektedir. Ancak plakalar için nem absorbleme özelliği olan selülozik bir madde kullanılırsa, hava hatları arasında nem transferi yani reküperatif enerji geri kazanımı yapılması da sağlanabilmektedir.

Bu tip ısı değiştiriciler çok asidik ortamlarda kullanılacaksa, plakalar üzerine ayrıca epoksi kaplama ile yüksek korozyon dayanım özellikleri verilebilmektedir. Bu ısı geri kazanım metoduyla sıcaklık verimleri %80'lere ulaşabilmektedir. Genellikle konut ve tavan tipi havalandırma cihazlarında kullanılmaktadırlar.

Döner tip ısı değıştircilerin genel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

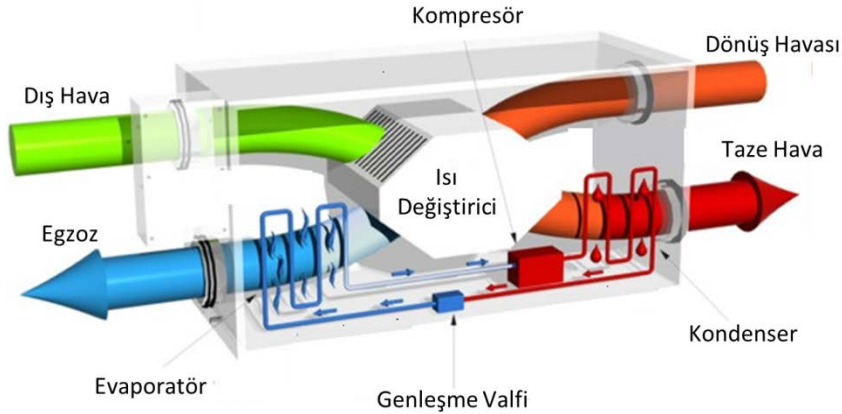
1. Isı geri kazanım verimleri yüksektir.
2. İlk yatırım maliyetleri yüksektir.
3. Hareketli parçaları olduğu için aşınma sorunu yaşanabilir.
4. Plakalı ısı değıştircilere göre daha yüksek hava hızlarında çalışabilir.
5. Montajı plakalı ısı değıştircilere göre daha zordur.
6. Taze hava ve kirli hava hatları birbirine belli oranda karışmaktadır.
7. Verimleri 80-90%'a varmaktadır.



Şekil 7. Döner tip ısı değıştircide purge kullanımı

4.1.3. Isı Pompalı Isı Değıştirci

Isı geri kazanımlı havalandırma cihazlarında, ısı pompası çevrimi istenirse ısı değıştircisine destek ya da tek başına kullanılabilir. Şekil 8'de ısı pompalı ısı geri kazanım cihazının çalışma şekli gösterilmektedir. Yaygın kullanımı ısı değıştircili bir havalandırma cihazına yardımcı sistem olarak kullanılmasıdır. Genellikle üfleme sıcaklığının, nominal üfleme debisinde konfor koşullarındaki ortam sıcaklığına getirmesi hedeflenmektedir.

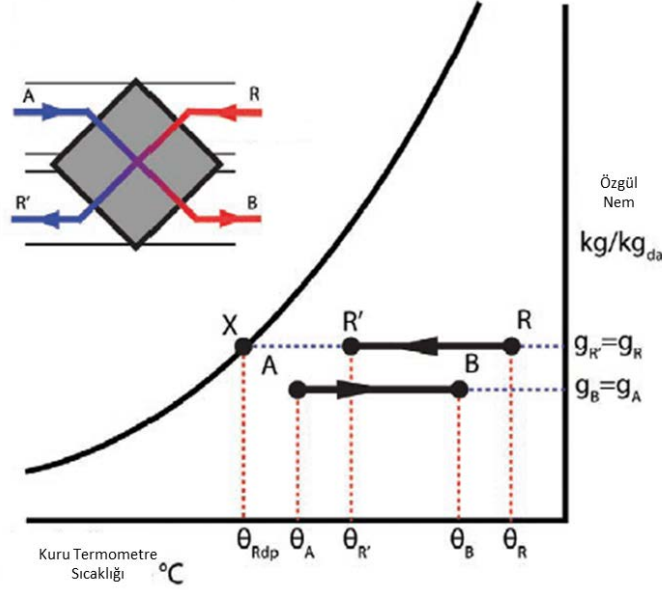


Şekil 8. Isı pompalı ısı geri kazanım cihazı

Sistem soğutma çevrimini düşünüldüğünde, egzoz havası üzerindeki atık ısının ısı pompası ile çekilerek üfleme havasına aktarılması ile olmaktadır. Evaporatör üzerinden ılık hava geçirilmesi kompresörün etkinliğini de yükseltmektedir.

5. PLAKALI VE DÖNER TİP ISI DEĞİŞTİRİCİLİ ISI GERİ KAZANIM CİHAZLARINDAKİ TEMEL HESAPLAMALAR

Plakalı tip ısı değıştirciler sadece ısı transferi yapabildikleri için psikrometrik diyagramda Şekil 9'daki gibi gösterilmektedir. Isı değıştirciye giren taze hava (A), iç ortamdan alından dönüş havası (R) arasında sadece ısı transferi yapılarak sırasıyla B ve R' olarak ısı değıştirciden çıkmaktadır. Plakalar arasında nem transferi olmadığı için psikrometrik diyagramda nem sabit olacak şekilde, düz çizgi ile sadece sıcaklığının değıştiği gösterilmektedir. Ayrıca, nem transferi yapamadığı için dışarıdan alınan taze hava (A) sıcaklığı, iç ortamdan alınan dönüş havasının (R) çiy noktası sıcaklığının altında ise yoğuşma olacaktır.



Şekil 9. Plakalı ısı değıştircinin psikrometrik diyagramda gösterimi

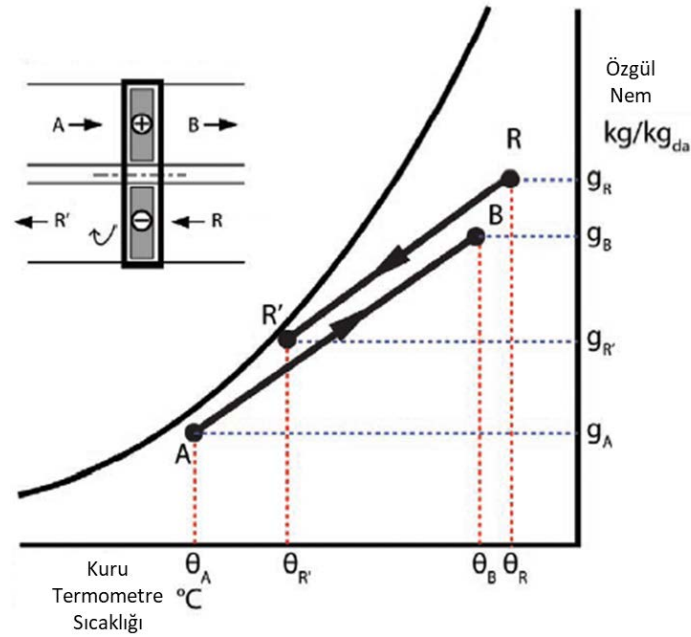
Döner tip ısı değıştircilerde nem transferi sağlamak için ısı tekerlerinin plakaları nem tutucu bir malzemeyle kaplanır. Bu malzeme, sıcak havaya maruz kaldığında hava içerisindeki nemi kendi bünyesinde hapseder ve soğuk akışkan tarafına geldiğinde bu nemi havaya transfer eder. Bu sayede, taze havada bulunan nem egzoz havasına veya tam tersi transfer edilerek nem miktarı iki hat arasında transfer edilir. Dolayısıyla döner tip ısı değıştirciler hem nem hem ısı transferi yapabildikleri için psikrometrik diyagramda gösterimleri Şekil 10'da verilmektedir.

Isı değıştircilerde verim hesabı 1 numaralı denklem ile hesaplanmaktadır. İç ortama üflenen taze havanın sıcaklığı ile dış ortamdan alınan dış hava sıcaklığı arasındaki farkın, dönüş havası sıcaklığı ile dış hava sıcaklığı arasındaki farka bölünmesi ile ısı değıştircinin verimi bulunmaktadır [3].

$$\eta_t = \frac{T_B - T_A}{T_R - T_A} \quad (1)$$

Isı geri kazanımlı havalandırma cihazları için verimden sonra bir diğer önemli kriter ise güç tüketimidir. Cihaz ne kadar az güç tüketimi ile bu ısı geri kazanımdan sağladığı verimden yararlanabilirse o kadar avantajlı konuma gelecektir. Bu durumu gözlemleyebilecek bir parametre de özgül fan gücüdür. SFP ($W/m^3/s$) olarak adlandırılan özgül fan gücü, belirli bir çalışma noktasında cihazda kullanılan enerji harcayan komponentlerin (fan gibi) toplam gücünün cihaz hava debisine oranı şeklinde hesaplanmaktadır [4].

$$SFP = \frac{\dot{W}_{(fan)}}{\dot{V}} \quad (2)$$



Şekil 10. Döner tip ısı değıştircinin psikrometrik diyagramda gösterimi

Isı geri kazanımlı havalandırma cihazlarının performans göstergelerinden bir diğeri ise performans katsayısıdır (COP - ϵ). Performans katsayısı, bir cihazın çalışması için gereken güç tüketimi (kW) ile taze havaya aktarılan ısının (kW) oranını gösterir [5]. COP ne kadar yüksek olursa cihaz o kadar çok enerji tasarrufu sağlar.

$$\epsilon = \frac{\dot{Q}}{\dot{W}_{sis}} \quad (3)$$

Son olarak da tüm bu parametreler yardımıyla hesaplanan cihaz enerji verimliliğii hesabı da ısı geri kazanım cihazları için önemli bir parametredir. Cihaz enerji verimliliğii ne kadar yüksekse, cihaz daha az enerji tüketerek yüksek verimlilik sağlıyor demektir. Enerji verimliliğii ısı değıştirci verimi ve COP kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\eta_e = \eta_t \cdot \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right) \quad (4)$$

Enerji verimliliğii, hesaplanan değierlerine göre Tablo 1'de verilen şekilde sınıflandırılmaktadır [6].

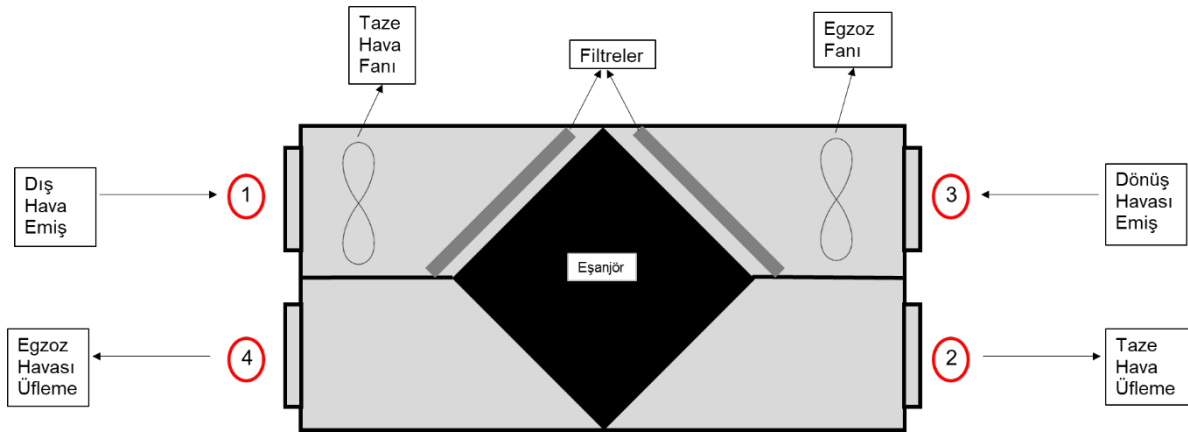
Tablo 1. Enerji verimliliğii sınıfları

Sınıflar	Enerji Verimliliğii
Sınıf H1	≥ 71
Sınıf H2	≥ 64
Sınıf H3	≥ 55
Sınıf H4	≥ 45
Sınıf H5	≥ 36
Sınıf H6	Kısıt yok

Bu anlatılan 4 parametre çerçevesinde kullanılacak olan ısı değiştirici ve ısı geri kazanım cihazının diğer komponentleri belirlenmektedir. Tüm parametrelerin optimum sonucu ısı geri kazanım cihazının tasarımının doğru yapıldığının bir göstergesi olmaktadır.

6. ISI DEĞİŞTİRİCİLİ ISI GERİ KAZANIM CİHAZLARININ PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

Isı değiştiricili ısı geri kazanım cihazlarının test prosedürleri EN 308 Isı eşanjörleri-Havadan havaya ve atık gazlardan ısı kazanımı cihazlarının performansının tayini için deney metotları test standardında detaylı olarak anlatılmaktadır. Bu standarda göre cihazın dış hava emiş (1), taze hava üfleme (2), dönüş havası emiş (3) ve egzoz havası üfleme (4) boğazlarından sıcaklık, basınç ve hava debisi ölçümleri yapılmaktadır. Ayrıca ısı geri kazanım cihazının güç tüketimi de ölçülmektedir.



Şekil 11. Isı değiştiricili ısı geri kazanım cihazı şematik gösterimi ve ölçüm noktaları

Test esnasında alınan sıcaklık ölçümleri her bir nokta için (1-2-3-4) ölçüm kanalına konumlandırılan K tipi termokupl kullanılarak yapılmıştır.

Her bir nokta için (1-2-3-4), 0-100% aralığında bağıl nem ölçümü yapan kanal tipi sensörler kullanılmıştır. Deneyler için sensörlerin kesinliği $\pm 0.4\%$ 'tür.

Cihazın dış statik basıncının hesaplanabilmesi için her üfleme ve emiş kanalı üzerinden statik basınç ölçümü yapılmaktadır. Her kanaldan alınan değerler $\pm 0.25\%$ kesinlikte ölçüm yapan mikromanometre cihazına yönlendirilmiştir ve bu mikromanometre üzerinde statik basınç değerleri okunmuştur.

Hacimsel hava debisi ventüri tüpleri sayesinde ölçülmüştür. Bu tüplerde ölçülen fark basınç yardımıyla, akışkan hızı ve basınçları arasındaki ilişki üzerinden havanın debisi hesaplanmaktadır.

Statik basınçlar, termokupllar ile yapılan tüm ölçümler ve bağıl nem ölçümleri data toplayıcı cihazlara bağlanmıştır. Statik basınç ölçümü yapılan manometreler ve enerji analizörleri MODBUS yardımıyla ölçüm bilgisayarına bağlanmıştır. Bu bilgiler ölçümler yapıldığı gibi cihazlar üzerinden bilgisayara alınmaktadır. Termokupl ve bağıl nem ölçümleri ise kalibrasyonlarının periyodik olarak yaptırıldığı, 36 inputa sahip data toplayıcı cihaz tarafından okunmakta, değerlendirilmekte ve hesaplanıp bilgisayara gönderilmektedir.

6.1. Alüminyum Çapraz Akışlı, Selülozik Çapraz Akışlı ve Alüminyum Karşıt Akışlı Isı Değiştiricili Isı Geri Kazanım Cihazlarının Karşılaştırması

Plakalı 3 farklı tip ısı değiştiricili ısı geri kazanım cihazlarında yapılmış olan test sonuçları bu bölümde karşılaştırmalı olarak incelenecektir. Bu karşılaştırma için aynı cihaza alüminyum plakalı çapraz akışlı ısı değiştirici, selülozik plakalı çapraz akışlı ısı değiştirici ve alüminyum plakalı karşıt akışlı ısı değiştirici yerleştirilerek testler gerçekleştirilmiştir. Isı değiştirici verimleri karşılaştırılacağı için cihazın hava debisi her 3 testte de birbirine yakın olacak şekilde ayarlanmıştır.

Ortalama olarak 360 m³/h hava debisine sahip ısı geri kazanım cihazında EN 308 test standardına göre 3 farklı tipte ısı değiştirici ile testler gerçekleştirilmiş ve sonuçları Tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablo 2. Plakalı ısı değiştiricili ısı geri kazanım cihazlarının test sonuçları

Ölçülen Değerler		Alüminyum Çapraz Akışlı	Selülozik Çapraz Akışlı	Alüminyum Karşıt Akışlı
Sıcaklık- Dış Hava Emiş (1)	°C	4,9	5,0	5,0
Sıcaklık- Taze Hava Üfleme (2)	°C	16,4	19,4	21,6
Bağıl Nem- Dış Hava Emiş (1)	%	30,3	36,3	63,0
Bağıl Nem- Taze Hava Üfleme (2)	%	15,5	16,1	21,0
Hacimsel Debi- Dış Hava Emiş (1)	m ³ /h	343,3	373,8	362
Hacimsel Debi- Taze Hava Üfleme (2)	m ³ /h	373,9	419,0	376,0
Sıcaklık- Dönüş Havası Emiş (3)	°C	24,9	25,0	25,1
Sıcaklık- Egzoz Havası Üfleme (4)	°C	14,2	11,5	10,9
Bağıl Nem- Dönüş Havası Emiş (3)	%	22,3	15,5	22,0
Bağıl Nem- Egzoz Havası Üfleme (4)	%	47,4	36,9	54,0
Hacimsel Debi- Dönüş Havası Emiş (3)	m ³ /h	354,8	402,0	401,0
Hacimsel Debi- Egzoz Havası Üfleme (4)	m ³ /h	329,6	364,1	375
Toplam Güç Tüketimi	W	68,5	88,4	96,4
Dış Statik Basınç- Taze Hava Üfleme Hattı (1-2)	Pa	94,4	101,7	125,0
Dış Statik Basınç- Egzoz Havası Hattı (3-4)	Pa	97,7	102,4	106,0

Tablo 2’deki değerler cihaz testi esnasında ölçülen değerlerdir. Bu değerler ile Bölüm 5’de anlatılan ve formülleri verilmiş olan temel hesaplamalar yapılarak sonuçları Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Plakalı ısı değiştiricili ısı geri kazanım cihazlarının verim değerleri

Hesaplanan Değerler		Alüminyum Çapraz Akışlı	Selülozik Çapraz Akışlı	Alüminyum Karşıt Akışlı
SFP	W/m ³ /s	659,80	759,50	922,98
Verim	%	57,4	71,9	82,6
COP		21,1	22,2	21,5
Enerji Verimliliği	%	54,7	68,6	78,8
Enerji Verimliliği Sınıfı		H4	H2	H1

3 farklı tip plakalı ısı değiştiriciler ile yapılan sonuçlar kıyaslandığında en yüksek verimin alüminyum plakalı karşıt akışlı ısı değiştiricide, en düşük verimin ise alüminyum plakalı çapraz akışlı ısı değiştiricide olduğu gözlemlenmektedir. Buna rağmen karşıt akışlı ısı değiştiricinin basınç kaybının fazla olmasından kaynaklı olarak cihazın güç tüketimi artmakta ve SFP değeri de yükselmektedir. Isı değiştirici basınç kaybının fazlalığından ötürü en yüksek SFP değeri alüminyum karşıt akışlı ısı değiştiricide gözlemlenirken, en düşüğü ise alüminyum çapraz akışlı ısı değiştiricide gözlemlenmektedir. Güç tüketimi ve ısı değiştirici verimliliği göz önüne alınarak hesaplanan COP değerlerine bakıldığında ise her iki parametrenin en optimum olduğu selülozik çapraz akışlı ısı değiştiricide COP değerinin en yüksek değere çıktığı gözlemlenmektedir. Son olarak enerji verimliliği sınıflarına bakıldığında yüksek basınç kaybı ve yüksek güç tüketimine rağmen alüminyum plakalı karşıt akışlı ısı değiştiricinin yüksek ısı değiştirici veriminden dolayı en yüksek enerji verimliliğine ve sınıfına sahip olduğu görülmektedir.

6.2. Selülozik Çapraz Akışlı, Alüminyum Karşıt Akışlı, Alüminyum Kombi ve Döner Tip Isı Değiştiricili Isı Geri Kazanım Cihazlarının Karşılaştırması

Plakalı 2 farklı tip ısı değiştiricili, selülozik çapraz akışlı ve alüminyum karşıt akışlı ısı geri kazanım cihazlarında yapılmış olan testler ile alüminyum kombi (karşıt ve çapraz akışlı ısı değiştiricilerinin bir arada kullanılması ile oluşturulan ısı değiştiricili) ısı değiştiricili ve döner tip ısı değiştiricili ısı geri kazanım cihazlarında yapılmış olan test sonuçları bu bölümde karşılaştırmalı olarak incelenecektir. Bu karşılaştırma için aynı tip cihaza selülozik çapraz akışlı ve alüminyum karşıt akışlı ısı değiştiricili yerleştirilerek testler gerçekleştirilmiştir. Alüminyum kombi ısı değiştiricili ve döner tip ısı değiştiricili de bir diğer tip cihaza yerleştirilerek testler gerçekleştirilmiştir. Bu 4 tip ısı değiştiricinin verimleri karşılaştırılacağı için cihazın hava debisi her 4 testte de birbirine yakın olacak şekilde ayarlanmıştır. Ortalama olarak 1000 m³/h hava debisine sahip ısı geri kazanım cihazında EN 308 test standardına göre 4 farklı tipte ısı değiştiricili ile testler gerçekleştirilmiş ve sonuçları Tablo 4'de özetlenmiştir.

Tablo 4. 4 Farklı tip ısı değiştiricili ısı geri kazanım cihazlarının test sonuçları

Ölçülen Değerler		Selülozik Çapraz Akışlı	Alüminyum Karşıt Akışlı	Alüminyum Karşıt ve Çapraz Akışlı (Kombi)	Döner Tip
Sıcaklık- Dış Hava Emiş (1)	°C	5,0	5,0	4,9	5,0
Sıcaklık- Taze Hava Üfleme (2)	°C	20,6	22,0	22,9	22,2
Bağıl Nem- Dış Hava Emiş (1)	%	44,8	66,1	68,0	40,4
Bağıl Nem- Taze Hava Üfleme (2)	%	19,4	24,3	21,0	14,1
Hacimsel Debi- Dış Hava Emiş (1)	m ³ /h	989,9	916,7	915,0	890,8
Hacimsel Debi- Taze Hava Üfleme (2)	m ³ /h	1078,9	1038,7	974,0	1074,9
Sıcaklık- Dönüş Havası Emiş (3)	°C	25,0	25,0	24,9	25,0
Sıcaklık- Egzoz Havası Üfleme (4)	°C	10,9	9,7	9,0	10,7
Bağıl Nem- Dönüş Havası Emiş (3)	%	13,8	26,0	23,0	18,2
Bağıl Nem- Egzoz Havası Üfleme (4)	%	34,7	57,0	64,0	34,9
Hacimsel Debi- Dönüş Havası Emiş (3)	m ³ /h	1056,4	1047,9	990,0	1092,3
Hacimsel Debi- Egzoz Havası Üfleme (4)	m ³ /h	970,5	946,6	937,0	905,1
Toplam Güç Tüketimi	W	223,7	199,4	393,8	601,2
Dış Statik Basınç- Taze Hava Üfleme Hattı (1-2)	Pa	104,6	98,0	103,0	108,7
Dış Statik Basınç- Egzoz Havası Hattı (3-4)	Pa	100,3	94,1	103,0	104,3

Tablo 2'deki değerler cihaz testi esnasında ölçülen değerler olup bu değerler ile Bölüm 5'de anlatılan ve formülleri verilmiş olan temel hesaplamalar yapılarak sonuçları Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. 4 Farklı tip ısı değiştiricili ısı geri kazanım cihazlarının verim değerleri

Hesaplanan Değerler		Selülozik Çapraz Akışlı	Alüminyum Karşıt Akışlı	Alüminyum Karşıt ve Çapraz Akışlı (Kombi)	Döner Tip
SFP	W/m ³ /s	746,33	690,92	1455,52	2013,51
Verim	%	78,0	85,1	90,0	85,6
COP		24,7	28,5	14,1	9,6
Enerji Verimliliği	%	74,8	82,1	83,6	76,7
Enerji Verimliliği Sınıfı		H1	H1	H1	H1

Karşılaştırılan 4 farklı tip ısı değiştiricili de yüksek verimli ısı değiştiricilerdir. Bu gibi durumlarda verimden sonra gelen en önemli kriter cihazın güç tüketimi yani SFP değeridir. Testi gerçekleştirilmiş olan döner tip ısı değiştiricili ısı geri kazanım cihazında güç tüketiminin en yüksek olduğu görülmektedir. Isı değiştiricinin basınç kaybı yükseldikçe, cihazın güç tüketimi artmaktadır. Dolayısıyla COP değeri de düşmektedir.

Kombi tip ısı değiştiriciler yüksek hava debisi oranlarında yüksek verimleri sağlayabilmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu özelliği ile döner tip ısı değiştiricilerin kullanılmadığı, hava sızdırmazlığının istendiği alanlarda tercih sebebidirler. Tablo 4’de verilen verim değerleri karşılaştırıldığında ise döner tip ısı değiştiriciler kadar avantajlı oldukları görülmektedir.

SONUÇ

Gelişen teknoloji ve artan ihtiyaçla birlikte havalandırma konusunun bu kadar önem kazanması havalandırma cihazı seçiminin önemini ortaya çıkarmaktadır. Çeşitli yapıda, çeşitli boylarda ve çeşitli komponentlerle birlikte üretilen havalandırma cihazlarından havalandırılacak ortama en uygun olanını seçmek enerji geri kazanımı için en önemli konulardan biridir. Ortamı kaliteli bir şekilde havalandırmak aynı zamanda da en verimli cihazı seçmek için aşağıdaki durumlara dikkat edilmesi gerekir.

Isı geri kazanımlı havalandırma cihazlarında kullanılacak olan ısı değiştirici tipi temel olarak ısı geri kazanımın yapılacağı alana, istenilen ısı değiştirici verimine, ısı değiştirici maliyetine, ısı değiştirici girişindeki hava hızına ve cihazın kullanılacağı bölgenin dış hava şartlarına bağlı olarak değişmektedir.

Plakalı tip ısı değiştiriciler diğer ısı değiştiricilere nazaran daha düşük maliyetli oldukları, boyut aralığı çok geniş olduğu ve sızdırmazlık özelliğine sahip oldukları için tercih sebebidirler. Ayrıca plaka malzemesini değiştirerek farklı kullanım alanları ve amaçlarına yönelik hizmet de etmektedir. Alüminyum plakalı olanları sadece ısı transferi yapabilirken, selülozik tipte olanları ise hem ısı hem nem transferi yapabilmektedirler. Selülozik malzemeden yapılan ısı değiştiricilerin hava sızdırmazlıkları alüminyum olanlara göre daha düşüktür. Ayrıca plastik malzemeden yapılan plakalı tip ısı değiştiriciler ise düşük debili sistemlerde yüksek verim sağlaması ve hafif olmaları sayesinde evlerde kullanım için tercih sebebidirler [2].

Döner tip ısı değiştiriciler ise yüksek verimleri ve hem ısı hem nem transferi yapabilmek özellikleri nedeniyle tercih sebebidirler. Ayrıca donma konusunda daha dayanıklı olmaları döner tip ısı değiştiricilerin başka bir avantajıdır. Taze hava ve egzoz havası hattı arasında belli bir oranda karışım olması nedeniyle kullanım alanları kısıtlanmaktadır. Hastanelerdeki ameliyathaneler gibi taze hava ve kirli havanın karışmasının istenmediği yerlerde kullanıma uygun değildir.

Tercih edilecek olan ısı değiştirici tip seçimi için sadece verim değerine bakıldığında en yüksek verime sahip olan kombi tip ısı değiştirici olduğu görülmektedir. Fakat kombi tip ısı değiştiriciler hem boyut hem de maliyet açısından tercih sebebi olmamaktadırlar. Verim ve özgül fan gücü değerlerine bakılarak yapılacak olan ısı değiştirici seçiminde ise en uygun seçimin karşıt akışlı ısı değiştirici olduğu görülmektedir. Uluslararası düzeyde karşıt akışlı ısı değiştiricilerin bu sebepten dolayı daha çok tercih edildikleri görülmektedir. Ulusal düzeyde ise hem maliyet hem de boyut avantajından dolayı, yüksek verime sahip olmasa bile çapraz akışlı ısı değiştiricilerin daha çok tercih edildikleri bilinmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] <http://www.klingenburg.de/en/index.html>
- [2] <http://www.recair.com/sensible-heat-recovery>
- [3] TS EN 308 “Isı eşanjörleri-Havadan havaya ve atık gazlardan ısı kazanımı cihazlarının performansının tayini için deney metotları”, 1997
- [4] EN 13779 “Havalandırma - Konut amaçlı olmayan- Havalandırma ve oda iklimlendirmesi sistemleri için performans özellikleri”, 2007
- [5] TS EN 13141-7 “Binalarda havalandırma - Konut havalandırması için bileşenlerin/mamullerin performans deneyleri - Bölüm 7: Müstakil konutlar için tasarlanmış mekanik havalandırma sistemlerine ilişkin mekanik besleme ve egzoz havalandırma birimlerinin (ısı kazanımı dahil) performans deneyleri”, 2010
- [6] TS EN 13053 “Binaların havalandırması - hava taşıma birimleri - birimler, bileşenler ve bölümlerin performans ve oranları”, 2006



ÖZGEÇMİŞ

Göknil AĞAR

1990 yılında İzmir'de doğmuştur. Lisans öğrenimini 2014 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü'nde tamamlamıştır. 2014 yılında Ege Üniversitesi Makine Mühendisliği - Termodinamik anabilim dalında Yüksek Lisansa başlamıştır. 2013-2018 yılları arasında ENEKO Havalandırma 'da AR-GE Tasarım Mühendisi olarak çalışmıştır. 2018 Kasım ayından bu yana Samsun Yurt Savunma A.Ş.'de AR-GE Mühendisi olarak çalışma hayatına devam etmektedir.

Özay AKDEMİR

1975 yılı Ankara doğumlu, evli ve iki çocuk babasıdır. 1997 yılında Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. Yüksek Lisans eğitimini 2001 yılında Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde ve doktora eğitimini 2007 yılında Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde tamamlamıştır. 1998-2007 yılları arasında Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmıştır. 2007 yılından itibaren Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde Dr. Öğretim Üyesi olarak görev yapmaktadır.