

Sayın Okurumuz,

Bu bültenle, çalışma alanımızda Alarko Carrier ve iş ortaklarımızın teknik ve geliştirme çalışmalarımızın açıklandığı makaleleri sizlerle paylaşmak istiyoruz. Amacımız bir süre sonra okurlarımızın bilgisayarlarında her zaman başvurabilecekleri bir Alarko Carrier kütüphanesi oluşturmaktır.

Bülten konusundaki düşünceleriniz bizler için yol gösterici olacaktır. Haberleşme adresimiz aşağıda verilmiştir. Yararlı görürseniz bültenimizi çevrenizde duyurmanızdan memnun oluruz. Bültenin gönderilmesini istemiyorsanız aşağıdaki adresimize tıklamanız yeterlidir.

Saygılarımızla...



Carrier Su Soğutma Grupları ve Su Soğutma Kuleleri
Bkz. www.alarko-carrier.com.tr

ALARKO CARRIER BÜLTENLERİ

- Yeni Ürün
- Haberler
- Gerçek Konfor

Bu bültenleri e-bülten olarak e-mail ile almak isterseniz, lütfen

www.alarko-carrier.com.tr adresinden abone olunuz.

Bu bülteni almak istemiyorsanız lütfen ebulden@alarko-carrier.com.tr adresine boş e-posta gönderiniz.

Haberleşme Adresi:

info@alarko-carrier.com.tr

Performance™ Series

Energy and Heat Recovery Ventilators

Carrier
turn to the experts

Enjoy Superior Home Comfort
with Fresh Air Ventilation

ENERJİ GERİ KAZANIM HAVALANDIRMASI

ENERJİ GERİ KAZANIM HAVALANDIRMASI

SUNUŞ

Havadan havaya enerji geri kazanım cihazı uygulamaları hava koşullandırma (HK) sistemlerinde giderek daha çok kabul görmekte ve kullanılmaktadır. ASHRAE Standart 62-1989 (1999), Kabul Edilebilir İç Ortam Hava Kalitesi İçin Havalandırma ve yerel inşaat yönergeleri iç ortam hava kalitesi için gerekli dış hava miktarını artırılmış ve bunun sonucu önemli ölçüde ek soğutma ve ısıtma yükü oluşmuştur. Artan dış hava yükleri hem işletme maliyetlerini hem de sistem cihaz maliyetlerini artırıyor. Bu durum enerji geri kazanım teknolojilerine ve onların ekonomik uygulamalarına olan ilgiyi yoğunlaştırdı.

Enerji geri kazanımı hem yeni uygulamalarda hem de tadilat uygulamalarında kullanılabilir. Uygulamaların üç tipi var:

1. Endüstriden endüstriye (process-to-process),
2. Endüstriden konfora (process-to-comfort) ve
3. Konfordan konfora (comfort-to-comfort).

Endüstriden endüstriye uygulamalarında, egzoz (exhaust) havasından yalnız duyulur ısı ele geçirilir ve işlem besleme hava akışına aktarılır. Egzoz sıcaklığı 800°C'dan daha yüksek olabilir. Çoğu endüstriden konfora uygulamalarında, enerji geri kazanımı yalnız duyulur ısının ele geçirilmesi ve aktarılmasını içerir. Atık ısı takviye veya dış hava akımına aktarılır. Bu işlem kış aylarında etkilidir, fakat ilk ve sonbaharda binanın aşırı ısıtılmasının önlenmesi için ayarlama gerektirir. Genellikle yaz aylarında enerji geri kazanımı yapılmaz.

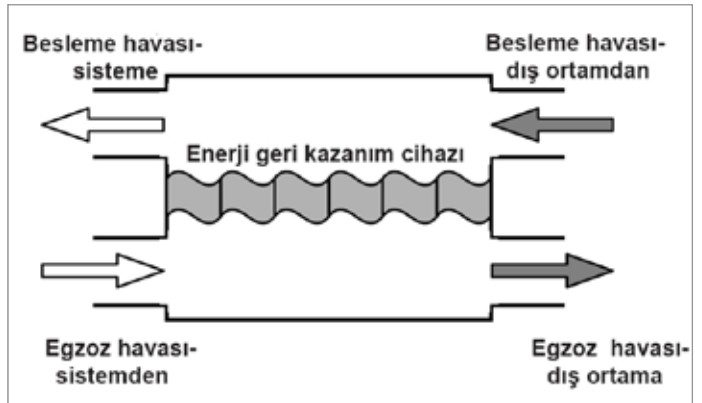
Konfordan konfora uygulamaları diğer tiplerden farklıdır, şöyle ki; bu işlemlerde hem duyulur hem gizli ısının her ikisi de yoğunlukla aktarılır. Enerji geri kazanım cihazı duyulur ısıyı daha sıcak hava akışından daha soğuk hava akışına aktarır. Cihaz aynı zamanda, yüksek nem oranlı hava akışındaki nemi daha düşük nemli hava akışına aktarır. Nem ve ısı aktarımının yönlerinin aynı olması gerekmez.

Bu incelemede havadan havaya, konfordan konfora uygulamaları tartışılacaktır. Enerji geri kazanımı havalandırması için kullanılan cihaz ve sistemler, özellikle hem ısı hem nem aktaran dönel enerji çarkları üstünden açıklanacaktır.

ENERJİ GERİ KAZANIM UYGULAMALARI

Konfor uygulamalarında havadan havaya enerji geri kazanım havalandırması için iki temel mevsimsel senaryo vardır. Birincisi kış aylarında dış atım hava akışından besleme havasına ısı ve nem aktarmaktır. İkincisi bunun tersi işlemdir: yaz aylarında besleme havasından dış atım havasına ısı ve nem aktarılır.

Havadan havaya enerji geri kazanım havalandırmasının çok sayıda uygulamasını yapmak mümkündür. Konfor hava koşullandırması ve özellikle gizli soğutmanın dış hava ihtiyacının



Şekil 1. Aralarında ısı aktarımı gerçekleşen iki akışkanın karşıt uçlardan girdiği Ters Akışlı Isı Değiştirici (Heat Exchanger) Modeli

önemli bir kısmını oluşturduğu nispeten yüksek seviyede dış hava kullanılan her binada, özellikle günün saatlerine göre değişen, önemli doluluk oranına sahip binalarda bu uygulama düşünülebilir. Tipik olarak bir ofis binasında doluluk değişkenliği sabah 8, akşam 5 arasında yüksek, diğer zamanlarda düşük olacaktır. Bu tür binalar ASHRAE Standard 62'ye uyumlu olmak zorundadır.

Bu sistemin tipik uygulama alanları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- İlk-Orta Okullar ve Üniversiteler
- Spor Salonları
- Ofis Binaları
- Hastaneler
- Huzur Evleri
- Alış-veriş Merkezleri.

Bazı uygulamaların katı koşulları vardır ve hava akımları arasında çapraz akış sırasında karışmayı önlemek için azami dikkat gösterilmelidir.

Örneğin:

- Laboratuvar davlumbazı
- Gazlı ve/veya dumanlı endüstriyel uygulamalar (örneğin; kaynak işlemi)
- Zehirli ve/veya tehlikeli atık gazlı endüstriyel uygulamalar
- Lokantalar veya mutfaklar
- Hastanelerde özel tedavi alanları gibi.

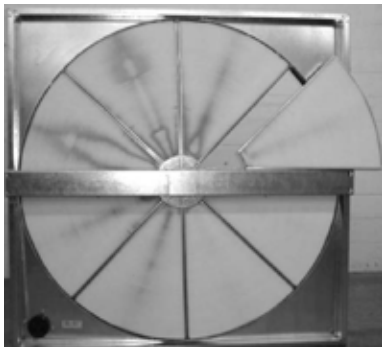
Bu durumlarda, çapraz karışmadan kaçınmak için, hava akımları fiziksel olarak yalıtılmalıdır. Bu da enerji geri kazanım seçeneklerini, sadece duyulur ısı aktarımı ile sınırlandırır.

ENERJİ GERİ KAZANIM CİHAZI: ENERJİ ÇARKLARI

Bu makalenin ana konusu hem gizli hem duyulur ısı aktarımı yapan enerji çarklarıdır. Fakat enerji çarklarının yararlarını daha iyi anlayabilmek için, diğer geri kazanım teknolojileri incelemenin faydası vardır. İlk bilinmesi gereken, bütün teknolojilerin her uygulamaya uygun olmadığıdır. Her birinin yararları ve kısıtları vardır ve belirli uygulamalar için diğerlerine göre daha uygun olabilir. Örneğin; bu makede açıklandığı şekilde enerji çarkları, konfordan konfora havalandırma uygulamaları için idealdir. Bir sirkülasyon pompası içeren basit bir boru devresinden oluşan kapalı dolanımlı (runaround) ısı geri kazanım sistemi de duyulur ısıyı aktarırken aynı verimi sağlayabilir, fakat kullanımı çok daha karmaşık ve pahalıdır. Diğer yandan, bir enerji çarkının başaramadığı zorlu süreç/endüstri (process) uygulamalarında, kapalı dolanımlı sistem başarıyla uygulanabilir. Bu makalenin sonunda yer alan Tablo 1'de, enerji geri kazanım cihazlarının özellikleri, üstünlükleri ve kısıtları özetlenmiştir.

Enerji Çarkları

Enerji geri kazanım çarklarına aynı zamanda ısı çarkları ve entalpi çarkları da denir. Bazı durumlarda bu tanımlamalar birbirinin yerine geçecek şekilde de kullanılır. Bu durumda, ısı çarkı tanımı bazen salt duyulur, Entalpi çarkı tanımı ise duyulur ve gizli birleşik enerji aktarımı uygulamalarını belirtmek için kullanılır. Her iki tipte de temel cihaz hemen hemen aynıdır. Bu anlatımda enerji çarkı tanımı dönel havadan havaya ısı değiştiricileri tümünü kapsayan bir tanımlama olarak kullanılacaktır.



Şekil 2. Dönel Enerji Çarkı

Dönel havadan havaya enerji değiştiricide, geniş bir iç yüzey alanı olan, hava-geçirgen bir maddeyle dolu dönen bir çark vardır. Çark akış yönleri birbirine ters olan, yan yana iki kanalın arasına yerleştirilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu tasarım Şekil 1'de gösterilen sisteme benzer ters akışlı bir ısı değiştirici modeline benzer. Uygulamaya bağlı olarak, çark dakikada 10 ile 60 devir arasında döner. Çark yüksek ısı hava akımından geçerken bağımsız ince tellere (filament) ısı aktarılıp depolanır, hava-geçirgen maddenin ısısı yükselir. Çark düşük sıcaklıktaki hava akışına doğru dönerken, ince teller soğur ve ısı salar. Bu ısı aktarım şekli tamamen duyulur ve yüksek ve düşük sıcaklıklı hava akışları arasındaki sıcaklığın hangi yönde ve ne kadar hızlı değiştiğini gösteren fiziksel "sıcaklık değişim değerine (gradient)" göre hareket eder. Çoğu konfordan konfora uygulamada, bazı enerji geri kazanımı süreç/endüstriden (process) uygulamalarına göre sıcaklık değişim değeri nispeten küçüktür.

Gizli ısı aktarımı iki şekilde olur. Birincisi, eğer ısı ve nem değişim değerleri yeterliyse, yüksek-nemli hava akışı içindeki soğuk hava-geçirgen maddenin üstünde su yoğunlaşır. Maddenin üstünde biriken su damlacıkları düşük-nemli hava akımına taşınır ve buharlaşır. İkinci ve daha güvenilir nem aktarım yolu, dönel çarkın içindeki hava aktarımını sağlayan maddeyi su emici ince bir tabakayla kaplamaktır. Yüksek nemli hava akışı içinde, su emici malzeme nem moleküllerini su buharının yayılımı (diffusion) süreciyle yüzeyinde tutar. Moleküller dönel çarkın üzerinde dönmeye devam eder ve alçak nemli hava akışının içine salınır.

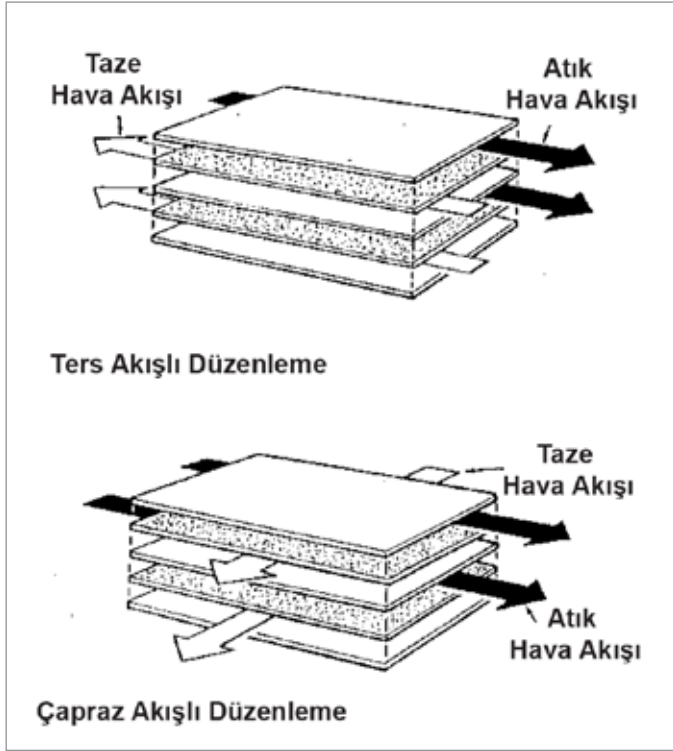
Her ne kadar süreci bütünüyle enerji aktarımı olarak açıklıyor olsak da, tanımlanan nemi yüzeyde tutma-yüzeyden salma süreci aslında bir kütle aktarım olayıdır. Yüksek-nemli ve alçak nemli hava akışları arasında su buharı, kısmi-basınç değişim değerine (gradient) göre hareket ettirilir, duyulur ısı aktarımı sıcaklık değişim değerine bağlı değildir. Bu durum ısı aktarımının bir yönde akarken nem aktarımının ters yönde olduğu anlamına gelir; çünkü onları hareket ettiren farklı mekanizmalardır.

Sabit Levhalı Isı Aktarıcılar

Sabit levhalı ısı değiştiricilerin ısı aktarım çekirdeği, iki bitişik fakat ayrı hava akımı yolu açmak için kenarlarına şekil verilmiş ve yalıtılmış, art arda gelen plakalardan yapılmıştır. En belirgin üstünlüğü hareketli parçalarının olmamasıdır. Bir hava akışından diğerine levhalar üzerinden enerji aktarımı tamamıyla pasifdir ve ısı değişim değerine (gradient) göre hareket eder. Sabit levhalı ısı aktarıcıları genellikle sadece duyulur ısı aktarımı için yararlıdır. Gizli ısı aktarımı, ancak levhalar su buharı geçiren malzemeden yapılmışsa olabilir.

Sabit levhalı ısı aktarıcılarda akışkanlardan birinin diğerine dik açıyla aktığı çapraz akış (cross-flow) en yaygın kullanılan düzendir. Ters akışlı (counter-flow) ve paralel akışlı

(parallel-flow) ısı değiştiricilerin kullanımlarını kısıtlayan tasarım ve üretim zorlukları vardır. Piyasada değişik malzeme, boyut ve modelde üniteler bulunabilir ve çoğu kez geniş hava akımı uygulamalarına göre birleşik tasarımlara izin verecek şekilde birimsel (modular) yapıdadır. Levha araları yaygın olarak 2,5 mm ile 13 mm arasında ayarlanır. Her ne kadar ısı aktarım verimini ciddi anlamda etkilemeden plastik kullanılsa da, alüminyum en yaygın kullanılan malzemedir. Nadir de olsa, sabit levhali ısı değiştiricileri, işlenmiş kağıt, mikro gözenekli polimerik zarlar gibi su buharı geçiren malzemelerden yapılabilir. Bu malzemelerin geçirgenliği sabit levhali ısı değiştiricilerin hem duyulur hem gizli ısı aktarmasını sağlar.



Şekil 3

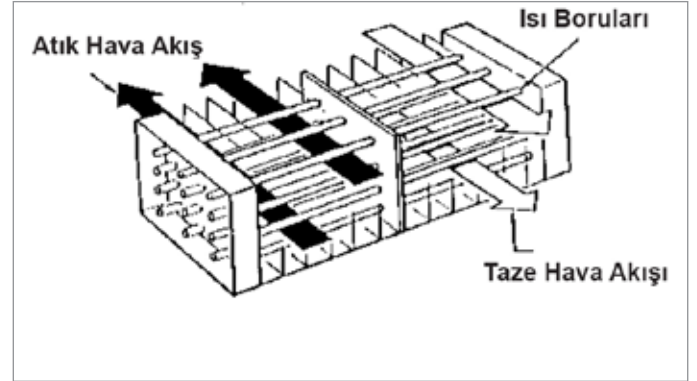
Hava akışları, levha kenarlarını katlayarak, yapıştırarak veya kaynaklayarak ve ayrı hava yolları açarak ayrılır. Hava yollarını ayırma, levhaları bütünüyle çukur veya çıkıntılı bir şekilde kalıplayarak veya dış ayırıcılarla yapılabilir. Sabit levhali ısı değiştiricileri hava akışlarının arasında çok az veya hiç sızıntı olmayacak şekilde üretilir. Çoğu ısı değiştirici, yoğunlaşma ve yıkama suyunu tahliye etmek için atık su boruları ile üretilir.

Isı Borulu Isı Değiştirici

Isı borulu ısı değiştirici sıradan bir kanatlı serpantin gibi görünür, ancak her ardışık tüp bağımsızdır ve diğer tüplerle bağlantısı yoktur. Her tüp dahili bir kılcal (capillary) fitil malzemesi ile yapılmıştır. Tüpün içi boşaltılmış, Class 1" soğutkanla doldurulmuş ve bağımsız olarak kapatılmıştır. Tüpler yatay olarak yerleştirilirse, ısı değiştiricinin yarısı buharlaştırıcı

cı, diğer yarısı da yoğunlaştırıcı gibi çalışır. Yüksek sıcaklıklı hava akışı ısı değiştiricinin buharlaştırıcı bölümünden, düşük sıcaklıklı hava akışı yoğunlaştırıcı bölümünden geçer.

Yüksek sıcaklıklı hava akışı tüplerin yarısının üstünden geçer. Soğutkan buharlaştırıcının yarısında ısınır buharlaşırken, dahili buhar basınç değişimi (gradient) gaz halindeki soğutkanı tüpün yoğunlaştırıcı ucuna iter. Yoğunlaştırıcı ucunda, sıvı soğutkan yoğunlaşırken buharlaşmanın gizli enerjisini verir, böylece düşük sıcaklıklı hava akışını ısıtır. Sıvı soğutkan dahili fitil kanallarıyla buharlaştırıcı ucuna döner.



Şekil 4. Isı Borulu Isı Değiştirici

Isı boruları çoğunlukla alüminyum kanatları olan bakır tüplerden yapılır. Tüpler yatay olarak monte edilir, fakat tüpleri her hangi bir yöne yatırarak ısı aktarım miktarı kontrol edilebilir. Örneğin; ısı borusu, buharlaştırıcı ucunu yoğunlaştırıcı ucundan daha aşağıda çalıştırmak, sıvı soğutkanın buharlaştırıcıya geri akmasını kolaylaştırır ve ısı aktarım kapasitesini artırır. Bu düzeni tersine çevirmek, sıvı soğutkan akışını zorlaştırır ve kapasiteyi düşürür.

Isı boruları sadece duyulur ısı aktarımı için yararlıdır. Eğer sıcak, nemli dış hava akışı, ısı değiştiricinin buharlaştırıcı ucundaki nemi yoğunlaştıracak kadar soğuksa, gizli ısı bakımından da yararlar elde edilebilir. Isı boruları, iki hava akışı arasındaki çapraz karışımın sifıra yakın olabileceği şekilde yerleştirilmelidir.

Termosifon Isı Değiştiricileri

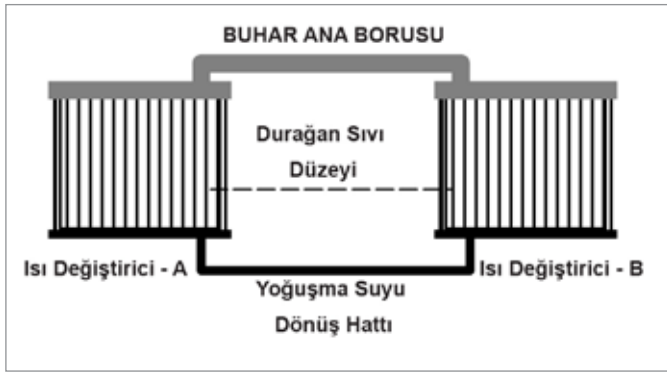
Ara bağlantı borularıyla, besleme ve atık hava akışlarına yerleştirilen ve bir soğutkan ısı aktarım akışkanı ile doldurulmuş bulunan bir boru ya da serpantinden oluşan termosifon ısı değiştirici sistemleri çalışma bakımından ısı borularına benzer. Termosifon ısı değiştirici sistemleri sızdırmaz tüplerle tek değiştirici olarak veya ayrı buharlaştırıcı ve yoğunlaştırıcı bölümleriyle, Şekil 5'te gösterildiği gibi çalışabilir. Şekil 5'te gösterilen örnekte ısı her iki tarafa da aktarılabilir, çünkü ısı değiştirici bölümleri aynı yüksekliğe yerleştirilmiştir. Eğer ısı değiştirici bölümleri farklı yüksekliklere yerleştirilirse, alçaktaki bölüm her zaman yüksek ısı akışının geçtiği buharlaştırıcı olmalıdır.

Isı boruları gibi, termosifon ısı değıştircileri sadece duyulur ısı aktarabilir. Fakat ısı borularından iki yönde farklıdır:

1. Soğutkana yardım edecek fitil olmadığı için boruların sıvı soğutkanın yer çekimiyle dönmesini sağlayacak şekilde tasarlanması zorunludur. Bilindiği gibi termosifon, yani ısıl sifonlama olayı herhangi bir pompalamaya gerek kalmadan soğutkanın yer çekimi ve ısıl değışimlerin etkisiyle akmasıdır. Bu nedenle bu sistemlere de termosifonlu ısı değıştirici" diyoruz.

2. Soğutkanın buharlaşması için kaynaması gerekir, bu da ısı boruları için gerekenden daha fazla bir sıcaklık farkının olması gerekliliğidir.

Yukarıda açıkladığımız gibi bu sistemin çalıştırılması için dolaşım (circulation) pompaları ve harici güç kaynakları gerekli değildir.



Şekil 5. İki yönlü bir termosifon çevrimli ısı değıştirici çalışma şeması. Isı değıştirici bölümleri aynı hizada yerleştirilmiş, enerji her iki yöne de aktarılabilir.

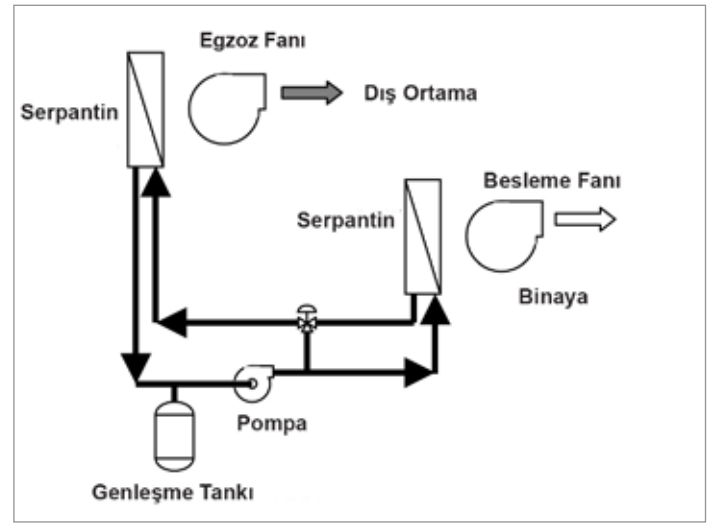
Serpantinli Enerji Geri Kazanım Çevrimleri

Sıkça "kapalı dolanımlı çevrim (runaround loop)" olarak tanımlanan, kanatlı ya da kanatsız, helisel ya da düz biçimde, ince ya da kalın borudan yapılan ısıtma ya da soğutma elemanı olan serpantinli (coil) enerji geri kazanım çevrimi aslında bir ısı geri kazanım sistemidir. Bu bakımdan enerji çarkları veya sabit levhalı ısı değıştiricileri gibi bireysel ısı değıştiricilerden farklıdır.

Serpantinli enerji geri kazanım çevrimleri çok esnektir ve endüstriyel uygulamalara veya besleme ve atık hava kanal sistemleri uzak olan "konfordan konfora" uygulamalarına çok uygundur. Isıyı, su veya glikol-su çözeltisi benzeri bir aracı akışkan yardımıyla aktarabilmek için standart kanatlı-tüp serpantinler kullanır. Bir pompa sıvıyı kapalı bir çevrim içinde iki serpantin arasında dolaştırır. Çevrimin, ısı aktarım oranını ayarlamak için mutlaka bir akış kontrol vanasıyla donatılmış olması gerekir. Ayrıca, ısıl genleşme ve aracı sıvının basınç altında tutulması için bir genleşme tankına ihtiyaç vardır.

Besleme hava akışını aşırı ısınmaktan veya aşırı soğutmaktan korumak için ısı aktarım oranı kontrol edilmelidir. Eğer dışarıdaki hava akımı çok soğuksa, kontrol edilmeyen bir sistem donma yapabilir veya egzoz sistemindeki serpantin üstünde yoğuşma sıvısını dondurur. Her bir serpantinden sıvı akışını düzenleyerek ve dış atın serpantinine giren soğuk sıvıyı sıcak sıvıyla karıştırarak, toplam ısı aktarım oranı donmadan olabilecek en yüksek seviyede sınırlandırılmıştır. Aynı şekilde aşırı ısınma da önlenmiştir.

Kapalı dolanımlı çevrimler, iki hava akımını ayrı tutmak zorunda olan uygulamalar için çok uygundur. Bu çevrimler sadece duyulur ısı geri kazanımı için uygundur, fakat ısıyı her iki yönde aktaracak şekilde de tasarlanabilirler. Kapalı dolanımlı çevrimler ayrıca aynı dolaşım (circulation) sistemini kullanarak



Şekil 6. Kapalı dolanımlı çevrim

çoklu konumlar arasında eş zamanlı ısı aktarımı yapabilme özelliğine sahiptir. Bakım ihtiyacı daha fazladır, çünkü pasif enerji aktarım cihazında olandan daha fazla sayıda donanım parçası vardır. Sistem ayrıca elektrik gücü, motor kontrolleri ve ısı kontrolleri gerektirir.

ENERJİ ÇARKLARI

Yapı

Enerji çarkı tasarımı üreticiden üreticiye fazla fark etmez, genellikle aynıdır. Çarklar, iki paralel hava yoluna (veya iki bitişik hava akışı barındıran cihaz) iliştilmiş bir sac levha üzerine monte edilmiş döner bir çarktan oluşur. Belirgin tasarım ve yerleştirme özellikleri biraz değışik olabilir. Aşağıda verilen tanımlar tipiktir ve endüstride genel geçer bilgiler olarak kabul edilmemelidir.

Enerji geri kazanım çarkları, enerji aktarım aracını (media) muhafaza eden, yüzeyi oksidasyonu önleyecek şekilde koruyucu bir oksit filmi ile kaplanan anodize ya da eloksallı alüminyum ve paslanmaz çelikten yapılmış

dairesel, kaynaklı bir çerçeveden imal edilir. Çerçeve merkezde bir göbekten çıkan kolların bağlandığı çevresel bir çember ile yapılır. Çember haddelenmiş paslanmaz çelik bir şerittir ve hareket ettirici parça olarak çalışır. Geniş, esnek bir hareket kayışı çarkın etrafına sarılıdır ve küçük bir elektrik motoruyla (yaklaşık ½ HP) çalıştırılır. Çark düz, dikdörtgen, sacdan bir muhafaza içinde desteklenmiştir ve iki yağlı rulmanın tuttuğu bir mil üzerinde döner.

Çark yan yana akan iki hava arasında döner. Kanallar arasındaki sızıntıyı asgariye indirmek için çarkın çevresine ve kanal girişine sızdırmazlık contaları yerleştirilir. Sızıntı iki etken sonucunda meydana gelebilir:

1. Kanallar arası basınç farkı ve
2. Çarkın dönmesiyle ortama karışan havanın iki hava akışı arasında değiştirilmesi.

Enerji Aktarım Aracı

Enerji aktarım aracının temel yapısı, hem sadece duyulur araçlara, hem de duyulur ve gizli bileşik araçlara benzer. İki temel tip araç vardır:

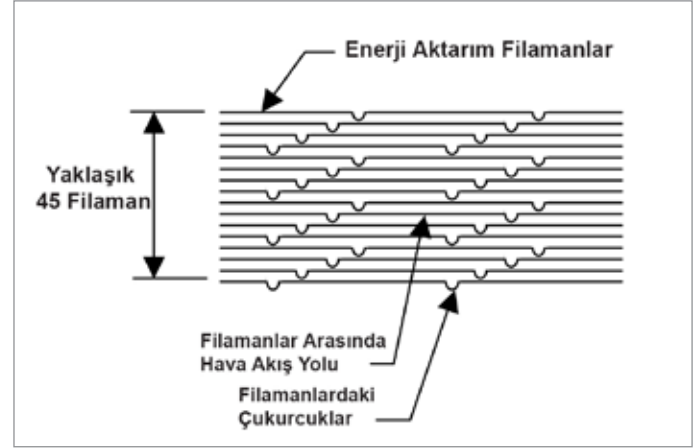
- Rastgele akışlı araç ve
- Yönlendirilmiş akışlı araç.

Rastgele akışlı araç (media) örülmüş tel veya ondüle örgülü tabakalardan yapılır. Bu tasarımda çok sayıda araç plakası üst üste konulur, her biri bir öncekine göre hafif döndürülür. Hava bu araçtan geçerken rastlantısal, türbülanslı bir akış kazanır. Bu tasarım ısı aktarımını kolaylaştırır. Büyük çarklarda, ısı aktarım aracı daha kolay kullanım için pizza dilimi gibi üçgen parçalara bölünür. Verili bir hava akışı ve basınç düşmesi için rastlantısal akışlı araç yönlendirilmiş araca göre daha geniş yüzey alanı gerektirir.

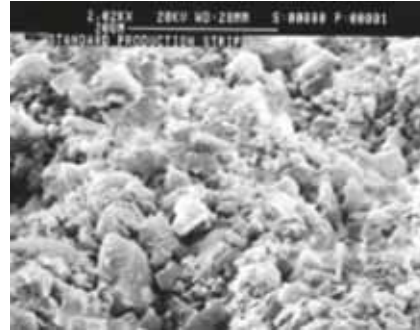
Yönlendirilmiş akışlı ısı aktarım aracı birkaç şekilde üretilir. Hepsinde akım yönünde paralel hizalanmış küçük doğrusal hava geçitleri vardır. Hava geçitlerinin performansları benzerdir, şekilleri fark etmez. Araç malzemesi, uygulamaya bağlı olarak, plastik, alüminyum veya başka bir metal, kağıt veya diğer yapay (sentetik) malzemelerden olabilir.

Yönlendirilmiş akışlı bir modeli, çark çemberinin yerinde tuttuğu, hafif polimer plastikten eş merkezli filaman şeritlerden oluşur. Çarkın dairesele şeklini oluşturmak için yüzlerce filaman kat kat yerleştirilir (bir çelik metrenin kendi etrafında sarılarak dairesele bir biçime girmesi gibi). Her tabaka bitişik tabakadan filamanın düz yüzeyine basılmış küçük çukurcuklar ile ayrılır. Çukurcuklar her tabakanın, arada havanın geçmesi için dar kanallar bırakarak, aynı aralıklarla yerleşmesini sağlar. Çarkın çapının her 1 inçte yaklaşık 45 filaman tabakası vardır.

Bir enerji çarkı hem duyulur hem gizli ısı aktarımı için kullanıldığı zaman, filaman malzemesinin üzerine kalıcı bir şekilde kurutucu bir astar yapıştırılır. Kurutucu maddelerin birkaç tipi mevcuttur: Zeolitler, silika jeli, moleküler elekler, gözenekli alümina, titan silikat, lityum klorür ve alüminyum oksit gibi. Zeolitler, silika jeli, moleküler elekler en yaygın kullanılan malzemelerdir.



Şekil 7. Enerji Aktarım Aracının Kesiti (Hava akımı yönünden bakış)



Şekil 8. Polimer filamana yapıştırılmış silika jelinin elektronik mikroskop ile taranmasından bir görüntü.

Her ne kadar değişik kurutucular değişik "yüzeyde yoğunlaştırmak (adsorption)" özelliklerine sahip olsalar da, en önemli fark performans değildir. En yüksek tutma özelliğine sahip kurutucu, silika jeli, hava akışının nem oranına bağlı olarak ağırlığının %35-40'ını yüzeye çekebilir. Moleküler elekler ve bir tür alüminyum oksit olan ve tanecik (granular) halindeki alüminanın yüzeyde yoğunlaştırma özelliği yaklaşık %20 ile, küresel alüminanın ise yaklaşık %30-35 ile sınırlıdır. Önemli nokta, kurutucu maddenin filaman şeritlerine güvenli bir şekilde yapışık kalma yeteneğidir. İkincisi, kurutucu düzenli temizlikten olumsuz etkilenmemelidir. Tüm kurutucu malzemeler kirlendiklerinde yüzeye çekme özelliklerinden kaybederler.

Enerji çarklarında 650-750 mm çapından büyük olan çarklar, parçalı olarak üretilmelidir (Bkz. Şekil 2). Parçalı çarkların kullanılması ve bakımı daha kolaydır.

Enerji Çarkının Verimi

Duyulur ısı aktarımının etkinliği tipik olarak %50 ile %80 arasındadır. Toplam enerji aktarımının verimi ise, duyulur ve gizli ısıyı birleştirerek, tipik olarak %55 ile %85 arasındadır.

Aşağıda iki ayrı yerden iki örnek verilmiştir. Her iki örnek 2,200 cfm zirve dış hava gereksinimine ve 2,000 cfm egzoz havasına sahiptir. Duyulur ve gizli ısı aktarımını birleştiren bir enerji çarkı kullanılıyor. Enerji tasarrufu, çakışan ortalama yaş termometre ve kuru termometre sıcaklıkları kullanarak ve ASHRAE tarafından yayımlanan hava durumu bilgilerinden yararlanılarak hesaplanır.

Karşılaştırmayı basit tutmak amacıyla bazı koşulların her iki örnek için de aynı olduğu varsayılmıştır:

- Bina kullanım programı: 12 ay, haftada 6 gün, ve günde 12 saat
- Elektrik bedelleri: \$0,05/kWsaat ve \$7,50/kW talep
- Soğutma sistemi EER: 10,5
- Isıtma sistemi verimi : %78
- Yakıt gideri : \$5,00/mmBtu

Örnek 1

Yer: Tampa, Florida

Yaz Koşulları:

İçeride hava: 75°F, %50 RH

En yüksek dış sıcaklık: 91°F db (kuru termometre sıcaklığı), 79°F wb (yaş termometre sıcaklığı)

Çarktan çıkan besleme havası: 78,3°F db, 66,8°F wb

Yaz Havalandırma Yüğü:

Duyulur: 38.016 Btuh

Toplam: 138.258 Btuh

Geri Kazanılan Enerji: 109.475 Btuh (9,12 ton)

Kış Koşulları:

İçeride hava: 72°F, %40 RH

En düşük dış sıcaklık: 40°F db, 38°F wb

Çarktan çıkan besleme havası: 65,3°F db, 53,6°F wb

Kış Havalandırma Yüğü:

Duyulur: 76.032 Btuh

Toplam: 99.577 Btuh

Geri Kazanılan Enerji: 78.847 Btuh

Genel Etkinlik: %76,4 ile 79,2

Yıllık Net İşletme Tasarrufu: \$1.118

Enerji Analiz Tablosu				
Dış Ortam Havaşı °Fwb	MCWB °Fwb	Yıllık Çalışma Saati	Havalandırma Yüğü MBtu	Geri Kazanım Yüğü MBtu
97,5	72,0	1	60	48
92,5	76,39	162	18,124	14,356
87,5	75,1	725	72,559	57,473
82,5	72,59	753	58,443	46,292
77,5	68,44	675	28,742	22,766
72,5	63,93	507	0	0
67,5	60,18	404	-219	-173
62,5	55,64	248	-1,971	-1,561
57,5	50,36	139	-5,353	-4,240
52,5	46,0	87	-5,390	-4,269
47,5	39,68	34	-3,154	-2,498
42,5	36,0	13	-1,390	-1,101
37,5	32,4	4	-528	-418
32,5	27,67	3	-365	-289
Toplam				
Soğutma		2.293	177,928	140,934
Isıtma		445	18,371	14,551

Yıllık Tasarruf Özeti			
Besleme Havaşı, cfm	2.200		
Dış Atım Havaşı, cfm	2.000		
Tasarruf edilen Hava Koşullandırma Yüğü		140,934	
Hava Koşullandırma İşletme Tasarrufu			\$1.076
Tasarruf Edilen Isıtma Yüğü		14,551	
Isıtma İşletme tasarrufu			\$93
Fan Enerji Tüketimi	767 kW		
Fan Çalışma Maliyeti			(\$51)
Net İşletme Tasarrufu			\$1.118

Örnek 2

Yer: Minneapolis, Minnesota

Yaz Koşulları:

İçeride hava: 75°F, %50 RH

En Yüksek dış sıcaklık: 88°F db (kuru termometre sıcaklığı),
74°F wb(yaş termometre sıcaklığı)

Çarktan çıkan besleme havası: 77,7°F db, 65,5°F wb

Yaz Havalandırma Yüğü:

Hissedilir: 30.888 Btuh

Toplam: 89.201 Btuh

Geri Kazanılan Enerji: 70.631 Btuh (5,89 ton)

Kış Koşulları:

İçeride hava: 72°F, %40 RH

En Düşük dış sıcaklık: -11°F db, -12°F wb

Çarktan çıkan besleme havası: 55,8°F db, 45,8°F wb

Kış Havalandırma Yüğü:

Duyulur: 197.208 Btuh

Toplam: 252.775 Btuh

Geri Kazanılan Enerji: 190.745 Btuh

Genel Etkinlik: %75,5 ile 79,2

Yıllık Net İşletme Tasarrufu: \$1.740

Enerji Analiz Tablosu				
Dış Ortam Havaşı °Fwb	MCWB °Fwb	Yıllık Çalışma Saati	Havalandırma Yüğü MBtu	Geri Kazanım Yüğü MBtu
92,5	72,48	51	3.879	3.072
87,5	70,62	150	8.908	7.056
82,5	68,14	227	8.869	7.025
77,5	66,02	291	6.628	5.250
72,5	62,76	333	0	0
67,5	58,84	203	-105	-83
62,5	53,64	201	-1.693	-1.341
57,5	50,14	226	-6.191	-4.904
52,5	45,69	174	-8.839	-7.001
47,5	41,91	212	-14.651	-11.605
42,5	36,91	244	-22.447	-17.780
37,5	33,12	296	-31.890	-25.259
32,5	29,57	296	-36.107	-28.600
27,5	24,69	190	-26.853	-21.270
22,5	19,97	141	-22.379	-17.726
17,5	15,27	170	-29.554	-23.409
12,5	10,67	105	-19.906	-15.767
7,5	5,43	81	-16.661	-13.197
2,5	0,42	106	-23.282	-18.441
-2,5	-5,88	34	-8.102	-6.417
-7,5	-10,85	11	-2.780	-2.202
-12,5	-16,5	7	-1.811	-1.435
-17,5	-21,0	3	-709	-561
-22,5	-25,0	1	-245	-194
Toplam				
Soğutma		712	28.284	22.403
Isıtma		2.476	274.201	217.191

Yıllık Tasarruf Özeti			
Besleme Havaşı, cfm	2.200		
Dış Atım Havaşı, cfm	2.000		
MBtu- Tasarruf edilen Hava Koşullandırma Yüğü		22.403	
Hava Koşullandırma İşletme tasarrufu			\$399
Tasarruf Edilen Isıtma Yüğü		217.191	
Isıtma İşletme Tasarrufu			\$1.392
Fan Enerji Tüketimi	767 kW		
Fan Çalışma Maliyeti			(\$51)
Net işletme Tasarrufu			\$1.740

Hava Koşullandırma Sisteminin Boyutlarını Küçültme

Yukarıdaki her iki örnekte geri kazanılan enerji HK sisteminin boyutlarının küçültmesi için yeterlidir. Tasarımcının dikkat etmesi gereken husus şudur; bir enerji geri kazanım çarkıyla çalışırken HK sistemini küçültmek yarar sağlamaktan öte aynı zamanda bir gereksinim olabilir. Bu özellikle HK sistemi için geçerlidir.

Toplam sistem yükünün önemli bir bölümünü dış hava yükünün oluşturduğu bir durum düşünün. Bunu daha ileri götürelim ve tasarımcının çok tutucu olduğunu ve soğutma kapasitesi için bir enerji çarkı çalıştırmaya güvenmediğini varsayalım. Eğer HK sistemi küçültülmezse ve eğer bir enerji geri kazanım çarkı vasıtasıyla dış hava yükü %70 ile %80 arasında ortadan kaldırılmamışsa, sistem hiçbir zaman tam kapasiteye yakın çalıştırılmaz. Kısmi yük koşullarında, geri kazanılan enerji toplam sistem yükünün daha da büyük bir yüzdesini oluşturabilir. Bu şu anlama gelir; soğutucu donanım, ciddi anlamda yüksüz veya çevrim dışı bir koşula zorlanmış olabilir. O zaman nem kontrolü yapılamaz ve bina sakinlerinin konforu sağlanamaz. Bu davranışı hesaba katacak tasarım ayarlaması yapmanın önemi büyük sistemler için özellikle geçerlidir.

Bir enerji geri kazanım çarkıyla çalışırken, HK sistemi enerji geri kazanım çarkıyla paylaşacağı toplam yüke göre değil kendisine yüklenecek gerçek yük koşullarına göre boyutlandırılmalıdır. Küçültmeye gitmemek, aşırı büyük bir HK sisteme ve verimsiz çalışmaya neden olacaktır.

Çapraz – Kirlenme

Konfordan konfora uygulamalarının çoğunda besleme hava akımının dış atım havasına bulaşması bir sorun teşkil etmez. Taşıma ve kaçaklar, bütün enerji çarklarında besleme ve dış atım hava akışlarını karışmasına neden olur. Taşıma çarkın dönmesi sonucu oluşur. Enerji çarkı döndükçe, ortamdaki hava bir hava akışından diğerine taşınır. Kaçaklar, kanalların arasında önlenemez bir statik basınç farkı olduğu için meydana gelir. Kanallar arasına ve enerji çarkı çevresine sızdırmazlık contaları monte edilir, fakat bunlar tam olarak etkili değildir. Taşıma ve kaçakların toplam etkisi akış değerinin yaklaşık %3 ile %5'i arasındadır.

Güney Alabama Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, soğutma devrelerinde sistemdeki nemin tutulmasında kullanılan kalsiyum sülfat, silicagel, aluminagel, molecular sieve gibi kimyasal kurutucu maddelerin besleme hava akışına taşınabilecek dış atım sistemindeki kirlenici maddeleri yüzeyde tutma potansiyelini inceleyen bir araştırma yapmıştır. Bulgularına göre su, yüzeyde en güçlü tutulan moleküldür. Kurutucu maddelerin su moleküllerini yüzeyde tutma o kadar fazladır ki, aynı zamanda amonyak, karbondioksit ve hidrokarbonlar vb gibi kirlenici maddelerin moleküllerinin tutulması engellenir.

Dengeli bir sistemde çapraz-kirlenme tipik olarak hava akışının %5'inden az olacağı için, normal olarak bir sorun olmaz. Dış atım havası havası tuvalet havası bile olsa bu fark etmez. Konfordan konfora uygulamalarında, dış atım hava akışından besleme hava akışına sızıntı gerçekte kirlenme değil, daha ziyade orayı hiç terk etmemiş havadır. Tuvalet hava atımı uygulamalarında, atık hava akışı yüksek derecede seyreltilmiştir. Yüzde 5'lik çapraz-kirlenme fark edilir kokuları taşımaya yeterli değildir.

Çapraz-kirlenmenin sorun olacağı uygulamalarda, bir soğutma sisteminden yoğunlaşmayan gazların alınmasını sağlayan "süpürme (purge) bölümleri" olan enerji çarkları hemen bütün taşınabilecek kirleniciyi yok eder.

Ancak, yerleştirme ve işletme masrafı süpürme sisteminin kullanımı için sorun olabilir. Eğer kirlenme ciddi bir sorunsay, çevresel bir sistem gibi, bir başka enerji geri kazanım sistemi daha uygun bir çözüm olarak tercih edilebilir.

Kontroller

Enerji çarkı kontrolü, bir HK sisteminde kışın ve atık ısıdan geri-kazanım yoluyla enerji kazanılan "ekonomizer" sistemiyle soğutma yaparken besleme havasının aşırı ısınmasını önlemek için gereklidir. Çok soğuk havada kontrol, ısı aktarım ortamında donmayı önlemek için de gereklidir. Enerji çarklarıyla enerji aktarımı kontrolü için tipik olarak iki yöntem kullanılır:

1. Besleme havası pas geçişle (by-pass) kontrolü,
2. Değişken-hızlı sürücüler.

Çarktan geçmesine izin verilen hava miktarı, besleme havasının sıcaklık derecesini belirler. Çarktan geçen havayı, koşullandırılmamış dış havanın yan akımıyla karıştırmak için bir besleme havası pas geçiş kontrol kapağı (damper) kullanılır. Kapağın konumu, çarkın çıkış tarafında (downstream) karıştırılmış hava sıcaklığını düzenlemek üzere ayarlanır.

Bir noktaya kadar, bir enerji çarkının enerji aktarım etkinliği çark hızının artmasına bağlı olarak artar. Bir uygulamanın en verimli hızında çark en yüksek miktarda enerjiyi aktarır. Eğer çarkın hızı aynı koşullar altında azalırsa aktarılan enerji miktarı azalacaktır.

Bakım

Bir enerji çarkını incelediğiniz zaman ilk izleniminiz, çok iyi bir filtreleme yapıldığı yönünde olacaktır. Gerçekte, enerji çarkları çok az bakım gerektirir. Parçacık birikimi bir sorundur, o nedenle yaygın olarak uygulanan her iki hava akışının enerji çarkına girmeden önce filtre edilmeleridir. Filtrasyon çok kritik bir sorun değildir; çünkü ters akışlı yerleştirildiğinde enerji çarkı kendi kendini temizler. Dış hava akışında fila-

manlarının ön kenarlarında yakalanacak büyüklükte örneğin toz, iplik tiftiği ve katı parçacıklar, çark dış atım hava akışından geçerken üflenerek atılırlar ve akım yönü değişir.

Duman, havada asılı olan ve uçuşan yağ parçacıkları ve buhar, yukarıda sözü edilen parçacıklardan daha büyük sorunların kaynağıdır. Duman/buhar ve çok küçük parçacıklar filamanın yüzeyine çökelirler.

Bir süre sonra, filaman yüzeyinde birikimin oluşturduğu ince tabaka (film), kurutucu maddenin yüzeye nem çekme yeteneğini engelleyecektir. Eğer temizlenmezse, 1 ile 3 yıllık bir süre sonunda gizli ısı aktarım verimi %20 veya daha fazla yok olabilir.



Şekil 9. Bir enerji çarkının ısı aktarım bölmesinin temizlenmesi

Isı aktarım bölmesini temizlemek, düzenli enerji çarkı bakımının önemli bir işlemidir. Çarklar veya çark bölmeleri her 6 ile 12 ayda bir çıkarılmalı ve asit bazlı olmayan bir serpantin temizleyiciyle veya alkalin deterjan çözeltisiyle temizlenmelidir. Çark bölümlerini temizleme çözeltisi içinde bir süre bırakıldıktan sonra temiz suyla durulanmalıdır. Çark bölümü yerine yerleştirmeden önce fazla suyun süzülmesine izin verilmelidir. Enerji çarkını tekrar çalışmaya başladığında, filamanlar arasında hapsolmuş nem varsa çok çabuk buharlaşacaktır. Polimer plastik bölmeler asit bazlı temizleyici, kokulu çözücüler veya 75°C'tan sıcak suyla asla temizlenmemelidir.

Enerji Çarkı Ekonomisi

Bir enerji çarkının seçimi ve uygulamasında en yüksek maliyet-fayda ilişkisi veya enerji tasarrufu ile işletmek ve bakım giderleri karşılaştırılarak bulunacak en düşük yaşam döngüsü (life cycle) maliyeti temel almalıdır. Enerji tasarrufunun doğru hesaplanması, bir enerji çarkı değerlendirmesi yaparken en karmaşık konudur.

Hava ısıtma ve soğutma yükleri zamana bağlıdır ve çoğu binada olası sıcaklık aralıkları fazladır. Binanın kullanım süresi, aynı saat başı havalandırma gereksinimi ve elektrik giderleri gibi değişir. Isıtma uygulamaları, donmayı önlemek için ısı aktarım kontrolünün zorunlu olduğu, ısı geri kazanımın zirve yaptığı dönemlerdir. Ayrıca, çoğu konfordan konfora uygulamalarının besleme ve dış atım hava akışları arasında nispeten küçük sıcaklık farkları vardır. Bu küçük

farklar; maliyet-fayda oranını en yüksek değere çıkartmak veya yaşam-döngüsü maliyetini en düşük değere indirmek için, daha doğru bir enerji modeline olan ihtiyaca işaret eder. İnceleme karmaşıklığına rağmen, enerji çarkı sisteminin 6 ile 36 ay arası kendini geri ödemesi beklenir. Bazı uygulamalarda, özellikle sıcak, nemli ortamlarda, geri ödemenin birkaç ayda gerçekleştiği büyük tasarruflar da görülebilir.

Verim Değerlendirmesi

ASHRAE Standard 84, Havadan-Havaya Isı Değiştiricileri Test Etme Yöntemleri, cihazın verimiyle ilgili verileri toplamak için, standart bir test yöntemi tanımlamış, ayrıca, gerekli verileri, kullanılacak hesaplamaları, raporlama usullerini ve kullanılacak test donanımını da belirlemiştir. ARI Standard 1060, Havadan-Havaya Enerji Geri Kazanım Havalandırma Donanımı Değerlendirmesi endüstrinin yerleştirdiği bir standarttır, havadan-havaya ısı ve enerji değiştiricileri değerlendirmek için enerji geri kazanım havalandırma cihazlarında kullanılır. Değiştirilmiş ARI Standard 1060'da belirtilen yerler dışında cihazlar ASHRAE Standard 84' göre test edilir. ARI ayrıca, üreticilerin yayımladığı değerlendirmeleri doğrulamak için Sertifikasyon Programı 1060'ı oluşturdu.

KAYNAKÇA

ARI. 1997. Rating Air-to-Air Energy Recover Ventilation Equipment, Standard 1060. Air-Conditioning and Refrigeration Institute, Arlington, VA.

ASHRAE. 1994 and 1986. Bin and Degree Hour Weather Data for Simplified Energy Calculations. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA.

ASHRAE. 1991. Method of Testing Air-to-Air Heat Exchangers. Standard 84-1991. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA.

ASHRAE. 2000. HVAC Systems and Equipment Handbook, Chapter 44. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA.

Hayhurst, David T., T. Orhan, and S. M. Kuznicki. 1999. "Do Energy Recovery Wheels Affect IAQ?" Contracting Business (August): 173-76.

Havadan Havaya Enerji Geri Kazanım Cihazlarının Karşılaştırılması

	Dönel Çarklı	Sabit Plakalı	Isı Borulu	Kapalı Çevrimli	Termosifonlu
Hava Akış Düzenlemesi	Ters Akışlı Paralel Akışlı	Ters Akışlı Paralel Akışlı Çapraz akışlı	Ters Akışlı Paralel Akışlı	Ters Akışlı Paralel Akışlı	Ters Akışlı Paralel Akışlı
Cihaz Kapasite aralığı ft ³ /dak	50 ile 70,000	50 ve daha yüksek	100 ve daha yüksek	100 ve daha yüksek	100 ve daha yüksek
Isı Aktarım Tipi (Tipik Verimlilik)	duyulur (%50-80) toplam (%55-85)	duyulur (%50-80) toplam (%55-85)	duyulur (45-65%)	duyulur (55-65%)	duyulur (40-60%)
Uygun Yüzey Hızı (ft/dak)	500 - 1,000	100 - 1,000	400 - 800	300 - 600	400 - 800
Tipik Tasarım Hızı (ft/dak)	500 - 1,000	200 - 1,000	450 - 550	300 - 600	450 - 550
Basınç Düşmesi (in-SS)	0.25 - 1.0	0.02 - 1.8	0.4 - 2.0	0.4 - 2.0	0.4 - 2.0
TipikTasarım Basınç Düşümü (in-SS)	0.25 - 1.0	0.10 - 1.5	0.4 - 2.0	0.4 - 2.0	0.4 - 2.0
Sıcaklık Aralığı (°F)	-70°F 200°F	-70°F 1,500 °F	-40°F 95°F	-50°F 900°F	-40°F 104°F
Üstünlükleri	- Gizli ısı (nem kütleleri) aktarımı - Uygun boyutlar - Düşük basınç düşümü	- Hareketli parça yok - Düşük basınç düşümü - Kolay temizlik	- Hareketli parça yok (Eğim dışında) - Fanın yeri önemli değil - İzin verilen basınç farkı 60 İn-SS	- Atık hava akışı besleme hava akışından ayrı - Fanın yeri önemli değil	- Hareketli parça yok - Atık hava akışı besleme hava akışından ayrı - Fanın yeri önemli değil
Sınırlandırmalar	- Çapraz-kirlenme mümkün - Soğuk iklimlerde bakım gerekebilir	Gizli ısı aktarımı sadece hidrooskopik maddelerle yapılabilir	- Basınç düşümü ve naliyet nedeniyle verimliliği sınırlı - Üreticisi az	Yüksek verim için hassas simülasyon modellemesi gerekir	- Basınç düşümü ve naliyet nedeniyle verimliliği sınırlı - Üreticisi az
Çapraz Akışta Kaçak	1 - 10%	0 - 5%	0%	0%	0%
Isı Değişim Kontrolü	Çark hızının kontrolü veya pas geçiş kapağı	Pas geçiş kapağı ve dağıtım kanalı	Eğim açısını düşürerek en yüksek ısı değerini %10 azaltma	Tam kapasitenin üzerinde pas geçiş vanası veya pompa hızının kontrolü	Tam kapasitenin üzerinde kontrol vanası

KAYNAK: ASHRAE. 2000. HVAC Systems and Equipment Handbook, Chapter 44. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta,