

# LOKAL ISI-ENERJİ GERİ KAZANIMLI HAVALANDIRMA CİHAZLARININ TASARIMI

Hüseyin BULGURCU

## ÖZET

Son yıllarda hava sızdırmazlığına sahip binalarda iç hava kalitesini, enerji en az kaybı ile sağlamak geri ısı kazanımlı havalandırma cihazları ile mümkün olabilmektedir. Bu cihazlar egzoz havasından taze besleme havasına ısı aktarımı yaparlar. Sadece ısı aktarımı yapan cihazlara HRV (ısı geri kazanımlı havalandırma cihazı), hem ısı hem de nem geri kazanımı yapabilen cihazlara ERV (enerji geri kazanımlı havalandırma cihazı) adı verilir.

Bu çalışmada lokal geri kazanımlı havalandırma cihazlarının temel özellikleri ve tasarım prensipleri incelenmiş, verim hesaplamaları örneklerle açıklanmıştır.

## 1. GİRİŞ

Ülkemizde henüz; konut, ofis, kahvehane, kantin, lokanta vb. küçük ölçekli ortamlarda iç hava kalitesi ve temiz hava ihtiyacı üzerinde pek durulmamaktadır [1]. Özellikle kahvehane, kantin, birahane gibi ortamlarda kirlenen havanın tahliyesi ve temiz hava ihtiyacı için pencerelere aspiratör-vantilatör takılır. Ancak bu cihazlar düzenli hava dağılımı yapmadığı ve soğuk havalarda iç ortamı soğuttuğu için verimli değildir.

Verimli enerji kullanan binalarda sağlıklı iç hava kalitesi, uygun havalandırma işlemine bağlıdır. PVC pencerelere sahip veya dış camları açılmayan giydirme cephe binalarda taze hava ihtiyacı için mekanik sistemlere ihtiyaç bulunmaktadır. Isı geri kazanımlı havalandırma sistemleri (HRV) bina içine, egzoz havasından aktardıkları ısı ile sürekli taze hava verirler. Enerji geri kazanımlı sistemler (ERV) ise, egzoz havasından taze havaya hem ısı hem de nem aktarımı sağlarlar. Enerji geri kazanımlı sistemler, ısıtma ve soğutma mevsimlerinde dış ortamlara atılan gizli ısı yüküne sahip nemin geri kazanılarak iç enerji yükünün azaltılmasını hedeflemektedir. [2]

Yeni tasarımlarda, kanal sistemi ile egzoz havası banyo ve mutfaktan emilir, taze hava ise oturma odası ve yatak odası gibi yaşanan ortamlardan verilir. Yine bu cihazı mutfak aspiratörüne eklemek mümkündür. HRV ve ERV'ler mevcut ısıtma-soğutma kanal sistemlerine eklenebilir, fakat onların bağımsız egzoz kanallarına bağlanması tercih edilmelidir.

Lokal ısı geri kazanım cihazları, pencereye ve duvara takılan (frivent) tipte veya ortamın her tarafını dolaşan kanal bağlantılı (klimabox) sistemlerdir. Bazı durumlarda bir ısıtma-soğutma sistemi için kullanılan bir kanal, HRV için de hava akışı sağlayabilir. Bir ısı değiştirici metal, plastik ve kağıt esaslı malzemelerden yapılarak egzoz ile taze hava arasında ısı değiştirici ortam yüzeyi oluşturur.

Isı geri kazanımlı lokal cihazlar saatte 0.35-0.5 defa hava değişimi sağlayacak şekilde seçilir. Son yıllarda bu tip cihazları üreten firmaların sayıları hızla artmaktadır. Pencere ve kanallı tip cihazların hava debileri 300-3000 m<sup>3</sup>/h arasındadır. Fiyatları ise 700-2000 \$ arasında değişmektedir.

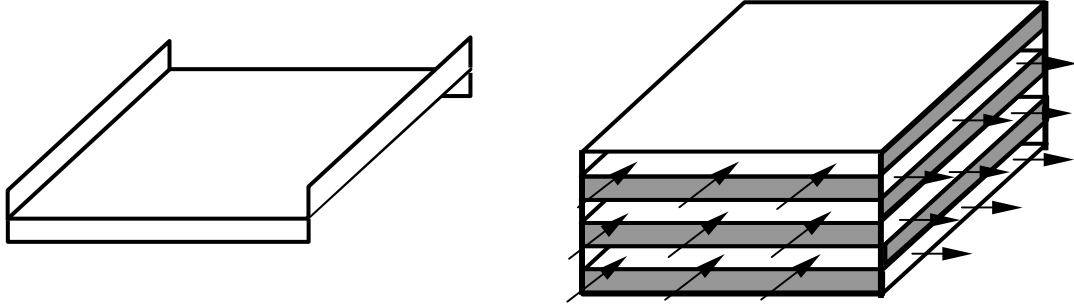
## 2. ISI DEĞİŞTİRİCİ TASARIMI

Havadan havaya ısı değıştirciler genellikle yekpare veya parçalı levha saclardan birleştirmek suretiyle imal edilirler. Malzeme olarak alüminyum, galvaniz kaplı çelik, paslanmaz çelik gibi metaller, reçine emdirilmiş kağıt, plastik, polyester ve seramik kullanılabilir. Sac levha kalınlıkları 0,15-0,50 mm arasında değişmektedir. Döküm yöntemi ile yekpare olarak imal edilen ısı değıştircilerde eleman kalınlıkları daha fazla olmaktadır. Isı değıştirci tasarımında kanal aralıkları 5-30 mm arasında alınabilir.

Parçalı levha saclardan ısı değıştirci imalatında değişik yöntem ve eleman tipleri tasarlanabilir. Bu yöntemlerden herhangi birinin tercih edilmesinde imalat kolaylığı, verimlilik ve temizlenebilme kolaylığı gibi faktörler dikkate alınmalıdır.

### 2.1. Levha Kenarları Tek Kıvrımlı Isı Deęiřtirci Modeli

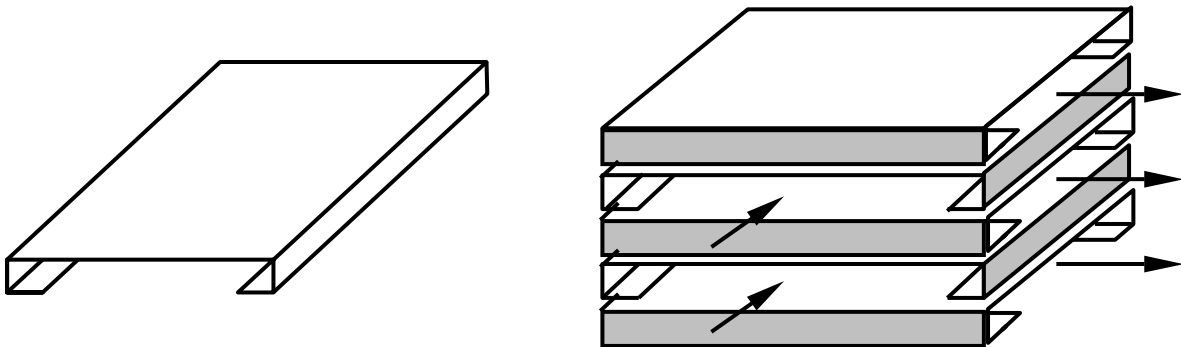
İmalat yönünden en kolay şekilde üretilebilecek bir yöntem, Şekil-1'deki gibi levhanın paralel kenarlarının  $90^{\circ}$  ters açı ile bükülmesiyle oluşturulabilir. Bu yöntemle üretilen levhaların, bükülen kenarları üst üste gelecek şekilde yerleştirilerek birleştirilirse çapraz akışlı ısı değıştirci elde edilir.



Şekil 1. Kenarları tek kıvrımlı ısı değıştirci modeli

### 2.2. Levha Kenarları Aynı Yönlü Çift Kıvrımlı Isı Deęiřtirci

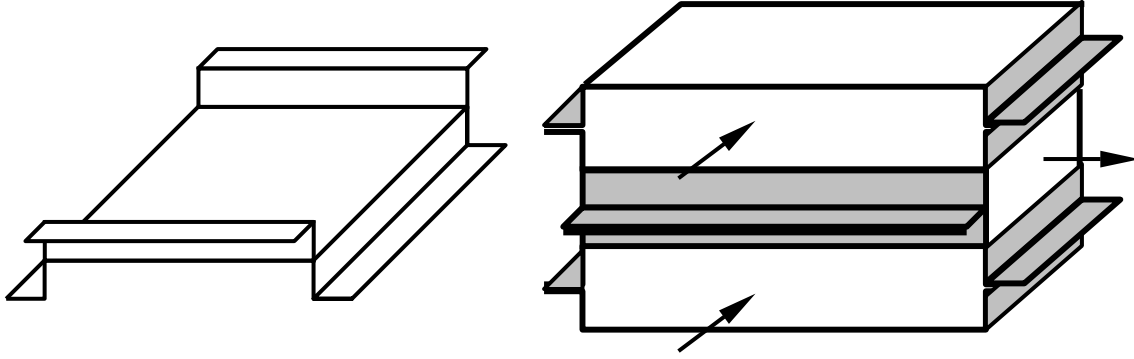
Şekil-2'deki yöntemde metal levha uçlarından aynı yönde iki defa  $90^{\circ}$  kıvrılır. Bu levhalar birbiri üzerine şaşırtmalı yerleştirilerek kenar kısımları lehim veya yapıştıcılarla eklenir. Bu şekilde birbirine  $90^{\circ}$  açılı iki ayrı yönde hava kanalcıkları elde edilir. Eklenen bu levhaların oluşturduğu ısı değıştirci, çerçeve içine yatay veya dikey yönde diyagonal olarak yerleştirilir.



Şekil 2. Levha kenarları aynı yönlü çift kıvrımlı ısı değıştirci modeli

### 2.3. Levha Kenarları Ters Yönlü Çift Kıvrımlı Isı Değiştirici

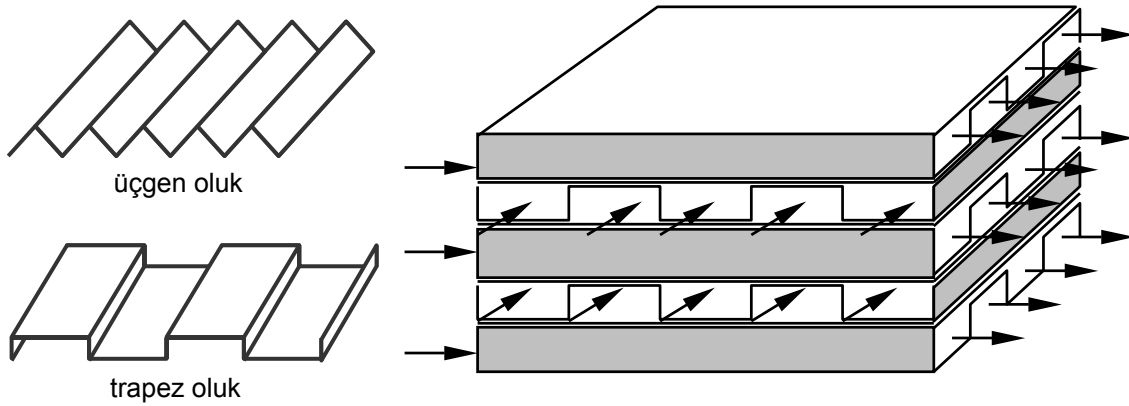
Diğer bir yöntem, sac levha metal uçları Şekil-3'teki gibi kesilerek paralel kenarlar aynı yönde olacak şekilde ikiye kenarı bir yöne diğer iki kenarı ters yöne doğru iki defa  $90^\circ$  bükülerek kıvrılır. Levhalar yine birbiri üzerine zikzaklı şekilde yerleştirilerek kenarlarından eklenir. Köşelerde kalan boşluklar, hava kaçakları olmaması için silikon vb. maddelerle kaplanır [1].



Şekil 3. Kenarlarından çift kıvrımla eklenen bir diğer ısı değiştirici modeli

### 2.4. Oluklu Levhalı Isı Değiştirici Modeli

Diğer bir ısı değiştirici tasarımı ise trapez veya üçgen oluklu levhaların birbiri üzerine zikzaklı yerleştirilmesidir. Bu oluklu levhalar arasında düz levhalar yapıştırılarak sızdırmazlık sağlanır. Bu tasarımda kullanılan malzeme miktarı öncelilere göre daha fazla olduğundan daha pahalıya gelmekte, ayrıca sızdırmazlık da önceki tasarımlardan daha kötüdür (Şekil-4).



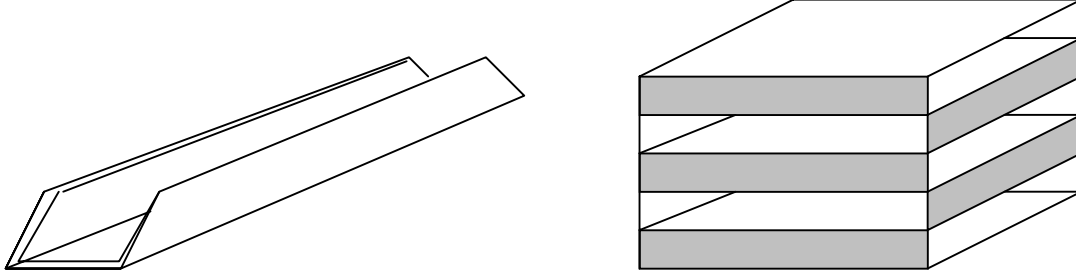
Şekil 4. Oluklu sac levhalardan yapılan ısı değiştirici

Kullanılan malzeme ve uygulanan kenetleme teknikleri ile ısı değiştirici bloğu içerisinde 4500 Pa (459 mm SS) basınç farkına kadar sızdırmazlık sağlanabilmelidir.

Plakalı ısı değiştiricilerde verim; hava hızı, kanat biçimi, kanat aralığı ve basınç kaybına bağlı olarak değişir. Plaka boyutları büyüdükçe verimlilik artar, basınç kaybı ve hava hızı azalır. Tersine hava hızı arttırıldıkça ısı değiştirici boyutları küçülür, verim ve maliyet düşer, fakat basınç kayıpları ve gürültü artar. Bundan dolayı lokal cihazların verim değerleri %50-%75 arasında, basınç kayıpları ise 100-250 Pa (10-25.4 mm SS) arasında tutulması tavsiye edilmektedir [1].

## 2.5. Kenar Flanşlı Isı Değiştirici Modeli

Bu modelde sac levhalar Şekil 5-a daki gibi U şeklinde iç içe geçirilerek orta kısımlarından kaynak veya perçinle birleştirilir. Bu flanşlara Kare şeklindeki plakalara iki kenarından paralel olacak şekilde geçirilir (Şekil-5).



Şekil 5. Kenar Flanşlı Tip Isı Değiştirici Tasarımı

## 3. ISI DEĞİŞTİRİCİ HESAPLARI

### 3.1 Isıl Tesir Katsayısı ( $\epsilon$ )

Örnek olarak 80 m<sup>2</sup> alana 3 m yüksekliğe sahip bir kafeterya için seçilen 2000 m<sup>3</sup>/h hava debisine sahip bir ısı geri kazanımlı (HRV) cihazı ısı değiştiricisinin verimi şu şekilde hesaplanabilir:

#### Tasarım Koşulları: (Şekil-6)

Dış ortam sıcaklığı: 5 [°C] ( $\phi$ =%50)

İç ortam sıcaklığı : 25 [°C] ( $\phi$ =%60)

Isı değiştirici boyutları: 0.8x0.8x0.8 [m]

Isı değiştirici kanal aralığı: 30 [mm]

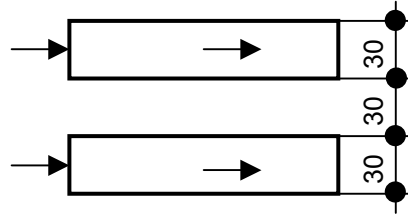
Isı değiştirici kanal sayısı: 26 adet

Malzeme: Alüminyum veya galvanizli sac levha

Malzeme kalınlığı: 0.15 [mm]

#### İstenenler:

Alüminyum ve galvanizli çelik sac malzemelere göre ısı verimleri ve ısı değiştirici çıkış sıcaklıkları.



Şekil 6. Isı kanalları

#### Çözüm:

Taze havanın kütleli debisi  $m_t = V/v_t \cdot 3600 = 0.7023$  [kg/s]

Egzoz havasının kütleli debisi  $m_e = V/v_e \cdot 3600 = 0.646$  [kg/s]

$P_i = P_e = 3.16$  [m] (çevre)

$A_i = A_e = 0.624$  [m<sup>2</sup>] (net kesit alanı)

$L_i = L_e = 0.8$  [m] (havanın yolu)

$$U=V/A=2000/0.624*3600=0.89 \text{ [m/s]}$$

$$D_h=D_t=D_e= 4*A/P=0.7898 \text{ [m] (hidrolik \u00e7ap)}$$

$$Re_t=U*D_t/\gamma_t=35863 \text{ (dış taze hava)}$$

$$Re_e=U*D_e/\gamma_e=31578 \text{ (egzoz havası)}$$

$$h_t=0.036 \text{ (k/D}_t) Re^{0.8} Pr^{0.33} (D_t/L_t)^{0.055}= 4393 \text{ [W/m}^2\text{C]}$$

$$h_e= 4137 \text{ [W/m}^2\text{C]}$$

$$1/K_u= (1/h_tA + \Sigma L/k + 1/h_eA) = 8.5034 \times 10^{-4} \text{ ise}$$

$$K_u=1176 \text{ [W/m}^2\text{C]} \text{ (galvanizli sac levha)}$$

$$K_u=1283 \text{ [W/m}^2\text{C]} \text{ (al\u00fcminyum sac levha)}$$

$$NTU= K_u/C_{min}=1176/0.646*1007= 1.8 \text{ (galvanizli sac levha i\u00e7in)}$$

$$NTU=1.97 \text{ (al\u00fcminyum sac levha i\u00e7in)}$$

$$C_{min}/C_{max}=0.9198$$

Verim de\u011feri NTU ve  $C_{min}/C_{max}$  de\u011ferlerine ba\u011flı olarak referans [3]'teki \u00e7apraz akımlı ısı de\u011fi\u015ftirici e\u011frilerinden  $\varepsilon = 0.60$  (galvanizli sac i\u00e7in),  $\varepsilon=0.62$  (al\u00fcminyum sac levha i\u00e7in) bulunur.

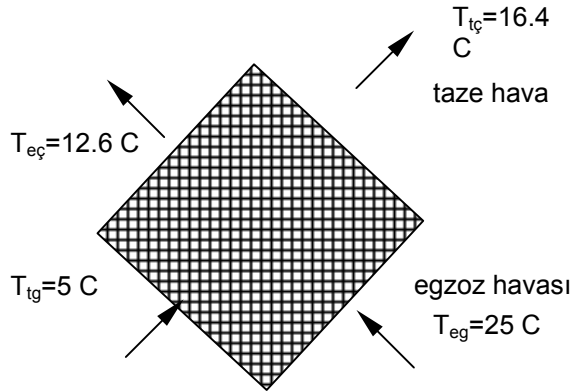
\u00c7ıkış sıcaklıkları verim e\u015ftitlikleri yardımıyla hesaplanabilir:

$$\varepsilon = T_{eg}-T_{e\check{c}}/\Delta T_{max}=25- T_{e\check{c}}/20=0.60 \text{ ise } T_{e\check{c}}=13 \text{ [}^0\text{C]} \text{ (galvanizli sac)}$$

$$T_{e\check{c}}=12.6 \text{ [}^0\text{C]} \text{ (al\u00fcminyum sac)}$$

$$\varepsilon = T_{t\check{c}}-T_{t\check{g}}/ (C_{min}/C_{max})^* / \Delta T_{max}= T_{t\check{c}}-5/ (0.9198)*20=0.60 \text{ ise } T_{t\check{c}}=16 \text{ [}^0\text{C]} \text{ (galvaniz)}$$

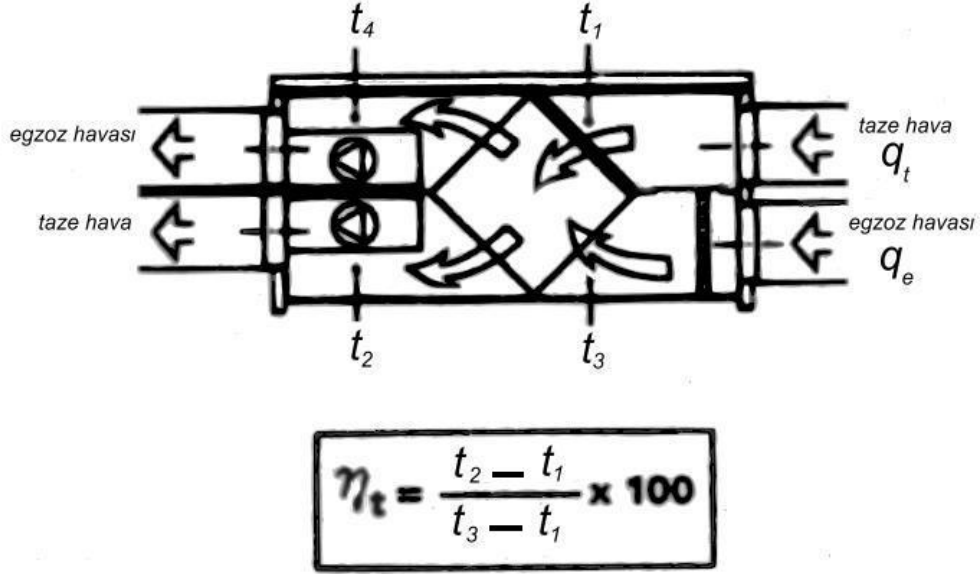
$$T_{t\check{c}}=16.4 \text{ [}^0\text{C]} \text{ (al\u00fcminyum sac) bulunur.}$$



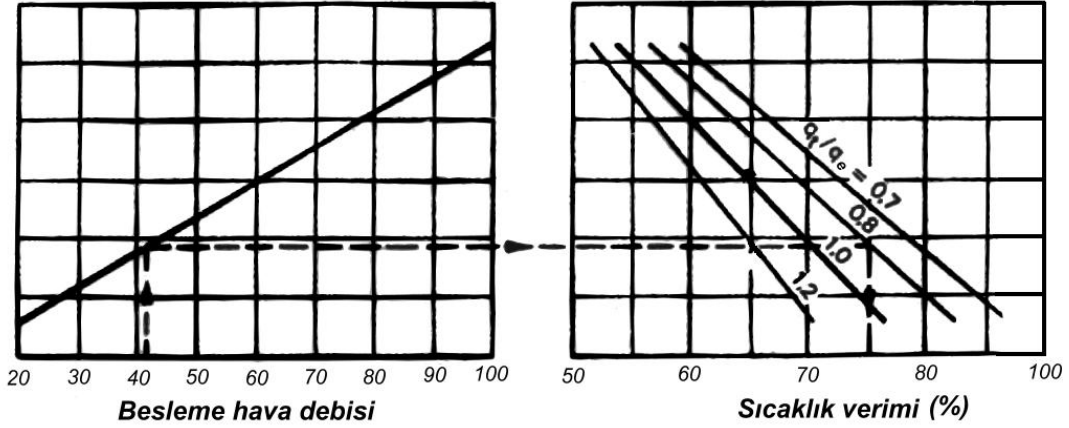
**\u015eekil 7.** Al\u00fcminyum ısı de\u011fi\u015ftiricide sıcaklık hesaplanan de\u011fi\u015fimi

### 3.2. Isıl Verimi ( $\eta_T$ )

Isı de\u011fi\u015ftiricilerde ısı verim taze havadaki sıcaklık farkının, egzoz havası ile taze hava giriş sıcaklıkları farkına b\u00f6l\u00fcnmesiyle elde edilir.



Şekil 8. Isıl veriminin şematik gösterimi [4]



Şekil 9. Bir ısı değiştirici için ısıl veriminin besleme havasına bağlı değişimi [4]

Buna göre örneğimizdeki ısı değiştiricinin ısıl verimi;

$$\eta_t = \frac{T_{tç} - T_{tg}}{T_{eg} - T_{tg}} = \frac{16.5 - 5}{25 - 5} = 0.55 \text{ [%55]} \text{ (galvanizli sac levha için),}$$

$$\eta_t = \frac{T_{tç} - T_{tg}}{T_{eg} - T_{tg}} = \frac{16.4 - 5}{25 - 5} = 0.57 \text{ [%57]} \text{ (alüminyum sac levha için) bulunur.}$$

### 3.3 Mevsimlik Enerji Tasarrufu

Balıkesir şartlarında bir kafeteryada havalandırma cihazının %57 verimle günde 8 saat çalıştığı kabul edilirse, günlük enerji tasarrufu;

$$Q = m (h_{tg} - h_{tç}) \times 8 \text{ saat} = 0.7023 \times (30.50 - 11.30) \times 8 = 107.87 \text{ [kWh]}$$

Kış mevsimi dolayısıyla sistemin 5 ay çalıştığı kabul edilirse, mevsimlik enerji kazancı;

$$\Sigma Q = 107.87 \times 5 \times 30 = 16180.5 \text{ kWh bulunur.}$$

1 kWh elektrik fiyatı 0.1 \$ civarında olduğu bilindiğine göre mevsimlik parasal kazanç;  $0.1 \times 16180.5 = 1618.05$  \$ bulunur. Bu rakam da bu kapasitedeki bir HRV cihazının satın alma fiyatına eşdeğerdir.

## 4. CİHAZ TASARIMI

### 4.1 Kabin Tasarımı

Cihaz tasarımında pencere-duvar tipi (frivent) ile kanallı tipleri (klimabox) ayrı incelemek yararlı olacaktır. Çünkü pencere tipi cihazlarda hava ortama doğrudan verilir, aynı şekilde ortamdan doğrudan emilir. Kanal bağlantılı tiplerde cihaz uygun yerlere gizlenir, kanallar asma tavan altından geçirilir.

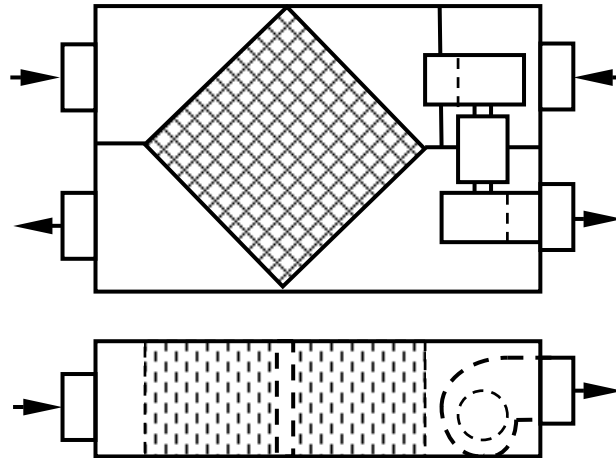
Cihaz tasarımında cihazın kullanılacağı ortam dikkate alınarak kapasite tayini yapılması gerekir. Konutlarda hava değişim sayısının 0.5 alınması tavsiye edilmektedir [1]. Buna göre 130 m<sup>2</sup>'lik bir dairede kat yüksekliği 3 m alınırsa cihaz hava debisi 200 m<sup>3</sup>/h civarında hesaplanır. Kahvehane, kantin, lokanta vb. işyerlerinde dikkate alınacak dış hava debileri Tablo-1'de verilmiştir. İç hava kalitesi yönünden havalandırma yükleri kişi başına dış hava ihtiyacına göre belirlendiği için bir işyerinin maksimum kaç kişilik olduğu dikkate alınmalıdır.

İmal edilen lokal cihazların kapasite aralıkları incelendiğinde 300-6000 m<sup>3</sup>/h arasında değiştiği görülecektir. Frivent cihazlarda debi 50-500 m<sup>3</sup>/h, kanallı tiplerde ise 500-6000 m<sup>3</sup>/h aralığında kullanılmaktadır [1].

Lokal kanallı cihazlar için Şekil-10'daki gibi bir tasarım çok yaygın olarak uygulanmaktadır.

**Tablo 1.** Değişik ortamlar için tavsiye edilen dış hava ihtiyaçları [5]

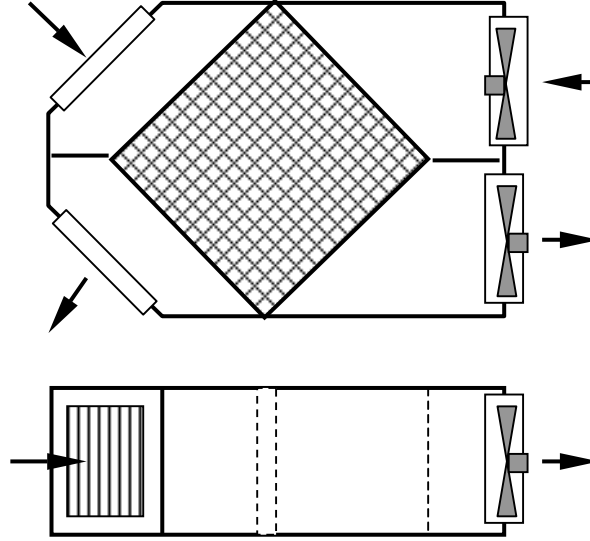
UYGULAMA	MAKSİMUM DIŞ HAVA İHTİYACI [m <sup>3</sup> /h.kişi]
Konutlar	Hava değişim sayısı 0.5 alınır.
Lokanta, kafeterya, fast food	36
Bar, kokteyl salonu	54
Mutfaklar	28.8
Sigara salonları	108
Güzellik salonu	46.8
Berber	28.8
Süper market	28.8
Disko ve balo salonları	46.8
Konferans salonları	36
Toplantı salonları	28.8
Tiyatro lobileri	36
Tiyatro salon ve sahneleri	28.8
Terminal bekleme salonları	28.8
Banka	28.8
Eczane	28.8



**Şekil 10.** Radyal fanlı kanallı tip HRV cihaz tasarımı

Pencere-duvar tipi (frivent) ısı geri kazanımlı havalandırma cihazlarında kanal bağlantısı yerine menfez bulunur. Bu menfezlerin aynı yöne bakması iç hava dolaşımı yönünden iyi olmayacağı için ısı değiştiriciye paralel yönde (diyagonal) yapılması gerekir. Bu şekilde iç ortamda taze hava ile emilen egzoz havası karıştırılmamış olur. Ancak aksiyal vantilatör çıkışında hava dönerek ilerlediği için ısı değiştirici kanallarına paralel yönde kılavuz kanatlar eklenmelidir. Aksiyal fanların basınç statik basınç farkları düşük olmasına rağmen, cihazlara kanal bağlanmadığı için bu cihazlarda problem oluşturmaz.

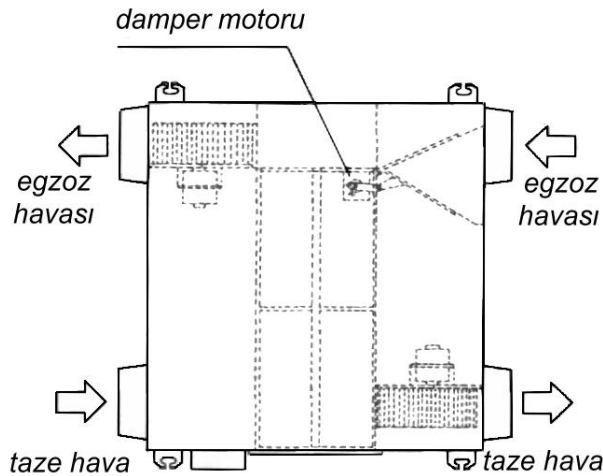
Şekil-11'de şeması verilen cihaz, kahvehane, kafeterya, birahane vb. yerler için uygundur.



Şekil 11. Pencere-duvar tipi (frivent) HRV cihaz tasarımı

Şekil-12'de bir Japon firması tarafından üretilen HRV cihazı görülmektedir. Bu cihazda ısı değiştirici yukarıda örneklenen cihazlardan farklı olarak yatay-diyagonal olarak yerleştirilmiştir. Cihazda egzoz girişine damper yerleştirilmiş olup, havanın ısı değiştiriciye veya doğrudan aspiratöre yönlendirilmesi yapılmaktadır. Özellikle bahar mevsimlerinde ısı kazanımı gerekli olmayabilir. Bu durumda direkt geçiş, basınç kayıpları azaldığından daha iyi havalandırma sağlayacaktır.

Bu cihazda uzaktan kumanda mevcut olup fanlar çift devirli çalıştırılabilir. Havalandırma konum değiştirme anahtarı yardımıyla ısı geri kazanımı-direkt geçiş (by pass) seçenekleri sensör yardımıyla otomatik veya elle ayarlanabilir.



Şekil 12. Bir Japon firması tarafından geliştirilen kanallı HRV cihaz modeli [6]





Şekil 13. Ülkemizde üretilen kanallı HRV cihazının iç yapısı [7]

#### 4.2 Cihaz Debilerine Bağlı Isı Değiştirici Boyutları

Isı değiştiricinin boyutları üretici firmaların tasarımına bağlı olarak değişebilir. Ancak firmalar tarafından benimsenen boyutlar Tablo-2'de verilmiştir [7]. Boyutlarda hacim sabit kalmak suretiyle değişiklikler yapılabilir. Yine kanal (lamel) aralıkları, ısı değiştiricinin üretim yöntemine bağlı olarak değişeceği bir gerçektir.

**Tablo 2.** Cihaz debilerine bağlı olarak lokal HRV cihazlarında tavsiye edilebilecek ısı değiştirici boyutları

CİHAZ DEBİSİ [m <sup>3</sup> /h]	ISI DEĞİŞTİRİCİ BOYUTLARI[m <sup>3</sup> ]	KANAL ARALIKLARI [mm]
300	0.3x0.3x0.3	10
500	0.4x0.4x0.3	10
800	0.5x0.5x0.4	15
1200	0.65x0.65x0.4	15
1600	0.7x0.7x0.6	20
2000	1.1x1.1x0.8	30
3000	1.5x1.5x1.0	35
4000	2.2x2.2x1.6	55
5000	2.7x2.7x2.0	70
6000	3.3x3.3x2.4	80

#### 5. ENERJİ (NEM) GERİ KAZANIMI

Enerji geri kazanımlı havalandırma cihazlarının (ERV), ısı geri kazanımlı cihazlardan (HRV) temel farkı, ısı değiştirici elemanlarındaki nem geçirme özelliği bulunmasıdır. Özellikle yaz mevsiminde egzoz havasından taze havaya aktarılan nem, klimaların soğutma yükünü önemli ölçüde azaltır. Aynı şekilde kış aylarında ısıtılmış nem, taze havaya aktarılarak yine önemli bir gizli ısı tasarrufu yapılmış olur.

Nem geri kazanım için kullanılan ısı değiştirici elemanları, reçine emdirilmiş ambalaj kağıdı (kraft), ince delikli alüminyum ve polyester levhalar kullanılabilir. Ayrıca, arasına nem tutma özelliğine sahip silikajel gibi maddeler doldurulmuş delikli alüminyum levhalar kullanılırsa nem tutma özelliği önemli ölçüde artırılmış olur.

## SONUÇ

Gerek ısı ve gerekse enerji geri kazanımlı cihazların kullanımı, hem iç hava kalitesi, hem de enerji tasarrufu yönünden son derece faydalı olmaktadır. Kahvehane, kafeterya gibi kirlenme hızı yüksek olan küçük işyerlerinde yaygınlaşması insan sağlığı için çok önemlidir. Bu cihazların en kötü ihtimalle %50 verimle çalıştığı kabul edilirse dahi, amortisman süresinin bir yıl kadar olması çok cazip bir avantajdır.

Isı geri kazanımının yanında enerji (nem) kazanımı da yapılabilirse bu amortisman süreleri daha da kısalmaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] ŞAHAN, A. Müjdat, "HVAC Uygulamalarında Isı Geri Kazanımı" TESKON'99 IV.
- [2] Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, sayfa 150-162.
- [3] Venmar Heat/Energy Recovery ventilation Systems.
- [4] TUNÇ, Murat, "Isı transferi", Doğa Yayıncılık Teknik Kitaplar No:1, Ekim 2000
- [5] ÖZKÖL, Nuri, "Uygulamalı Klima Tekniği", KOSGEB Yayınları ANKARA 1995.
- [6] Havalandırma Tesisatı, Isısan Çalışmaları, No:102
- [7] DAIKIN HRV (Heat Reclaim Ventilation) Katalogu-1998
- [8] HSK Isı Geri Kazanımlı Kompakt Havalandırma Sistemi Katalogu, 2000

## ÖZGEÇMİŞ

### Hüseyin BULGURCU

1962 yılında İzmir Kınık'ta doğdu. 1984 yılında Yıldız Üniversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesi Makine Enerji dalından lisans, 1989 yılında MÜ Fen Bilimleri Enstitüsünden Yüksek Lisans, 1994 yılında aynı Enstitüden Doktora dereceleri aldı. 1986-1989 yılları arasında Kartal Teknik Lisesinde, 1989-1995 yılları arasında Çankırı Meslek Yüksekokulunda öğretim elemanı olarak çalıştı. 1994 yılından İngiltere'de mesleki araştırmalarda bulundu. 1995 yılından bu yana Balıkesir Meslek Yüksekokulu İklimlendirme ve Soğutma Programında Yardımcı Doçent olarak çalışmalarına devam etmektedir.