T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KLİMA SANTRALLERİNDE ATIK ISI GERİ KAZANIMININ ENERJİ VERİMLİLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

MUSTAFA ARSLAN

Prof. Dr. Recep YAMANKARADENİZ
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİMDALI

BURSA- 2010

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KLİMA SANTRALLERİNDE ATIK ISI GERİ KAZANIMININ ENERJİ VERİMLİLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

MUSTAFA ARSLAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 17/03/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Recep YAMANKARADENİZ Prof. Dr. Muhiddin CAN
Danışman

Doç. Dr. Mehmet KANIK

ÖZET

Taze hava (dış ortam havası), günümüz konfor şartları için önemli bir parametredir. Taze hava bir ihtiyaç olduğu kadar aynı zamanda iklimlendirme sistemleri için bir yüktür. Kış şartlarında soğuk havanın ortam şartlarına ısıtılması, yaz şartlarında ise taze havanın ortam şartlarına soğutulması fazladan bir maliyettir. Bu maliyeti azaltmak amacıyla farklı tipte ısı geri kazanım sistemleri mevcuttur. Bu çalışmada bu ısı geri kazanım sistemlerinden biri olan ve yaygın olarak kullanılan plakalı ısı geri kazanım (PIGK) sistemleri incelenmiştir. Kurulan bir deney tesisatı yardımıyla, PIGK sistemleri farklı dış hava şartları için test edilmiştir. Bu cihazların her dış ortam şartlarında verimli çalışmadıkları ispatlanmıştır. Ülkemizde, bazı kış günlerinde sıcaklıkların 25-26 ºC' lere yükseldiği, bazı yaz gecelerinde 13-14 ºC sıcaklık değerlerine kadar düştüğü illerimizin mevcuttur. Özellikle dış sıcaklığın 14 ºC ile 20 ºC sıcaklık aralığında bulunduğu yaz günlerinde ve dış ortam sıcaklığının 21 ºC ve üzerinde olduğu kış günlerinde, PIGK ünitesinin kullanılması pozitif etki yerine negatif etki yarattığı ortaya konmuştur. Yani bu sıcaklık aralığında ısı geri kazanım cihazının devrede olması durumunda kazançtan çok kayıp söz konusu olacaktır. Bu yüzden, PIGK ünitesinin devreden çıkartılıp, taze havanın by-pass edilmesi yani PIGK ünitesinden geçirmeden doğrudan ortam' e gönderilmesi daha uygun olacaktır. Verimliliğin arttırılması ve enerji tasarrufunun sağlanması için by-pass devreli PIGK ünitelerinin imal edilmesi veya sistem üzerinde by-pass devresi hattının kurulması gereklidir.

Anahtar Kelimeler: Taze hava, ısı geri kazanımı, , plakalı ısı geri kazanım ünitesi

ABSTRACT

Nowadays, fresh air (outdoor air) is very important parameter for comfort conditions. Fresh air is not only necessity but also extra load for air conditioning systems as well. Heating of cold air in winter and cooling of hot air in summer is extra cost for users. There are different types of heat recovery system for reducing this cost. In this study plate type heat recovery unit (PHR) used in air conditioning system was tested for different outdoor conditions. It is proved that these devices are not efficient in every outdoor condition. There are some cities where the daily temperature values increase to 25-26 ºC in winter and decrease to 13-14 ºC in summer. It was put forward that using PHR forms more negative effect than positive effect at some days, especially outdoor temperature between 14 ºC and 20 ºC in summer and outdoor temperature at 21 ºC and hotter than 21 ºC in winter. Therefore, using PHR unit at these conditions is not productive. So, it will be more suitable to make by-pass the air that is, sent it directly towards the room without sending PHR unit. It should be manufactured PHR unit with by-pass line and set up by-pass line on the system to increase productivity and save energy.

Key Words: Fresh air, heat recovery, plate heat recovery unit

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI ii
ÖZET iii
ABSTRACT iv
İÇİNDEKİLER v
KISALTMALAR DİZİNİ vii
ÇİZELGELER DİZİNİ viii
ŞEKİLLER DİZİNİ ix
SİMGELER DİZİNİ xi

GİRİŞ 1
1. ISI GERİ KAZANIM SİSTEMLERİ 2
1.1. Dış (Taze) Hava Yükü 2
1.2. Isı Geri Kazanımı 4
1.3. Isı Geri Kazanım Sistemi Çeşitleri ve Teknikleri 6
1. 3. 1. Rejeneratif Isı Geri Kazanımı Sistemi 6
1.3.1.1. Rotorlu (döner) IGK Eşanjörü ile Isı Geri Kazanımı 6
1.3.1.2. Klasik Eşanjör ile Isı Geri Kazanımı 8
1.3.2. Reküperatif Isı Geri Kazanım Sistemleri 9
1.3.2.1. Isı Borulu Isı Geri Kazanım Sistemi 10
1.3.2.2. Çapraz Akımlı Plakalı Isı Değiştiriciler (Isı Küpleri) 11
1.3.2.2.1 PIGK cihazının verimliliği 14
1.4. PIGK Cihazlarının HVAC Sistemlerinde Uygulanması 15
1.4.1. PIGK Cihazlarının Klima Santrallerinde Kullanımı 17
1.4.2. Havalandırma Kanalları Üstünde Uygulama 18
1.4.3. Isı Geri Kazanım Cihazı (Klimabox) 19
1.4.4.Çatı Tipi Uygulamalar 20

1.4.5. Konut Tipi Uygulamalar 21
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI 24
3. MATERYAL VE YÖNTEM 26
3.1.Deneysel Analiz 26
3.1.1. Hız ve Debi Ölçümleri 32
3.1.1.2. PIGK Uygulamasında Ölçüm 33
3.1.1.3. By-Pass Uygulamasında Ölçüm 33
3.1.2. Fanların Akım ve Voltajlarının Ölçümü 34
3.2. Sayısal Analiz 35
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI 38
4.1. PIGK ünitesi devrede 38
4.2. By-Pass Uygulaması (PIGK ünitesi devrede değil) 43

5. TARTIŞMA ve SONUÇ 49
6. ÖNERİLER 50
6. KAYNAKLAR 51

7. EKLER
EK 1. PIGK devrede iken alınan deney ölçüm verileri 52
Ek 2. İstanbul, İzmir ve Ankara için saatlik sıcaklık tabloları 61
TEŞEKKÜR
ÖZGEÇMİŞ

KISALTMALAR DİZİNİ

HVAC - Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme

PIGK - Plakalı ısı geri kazanımı

IGK - Isı geri kazanımı

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Taze hava miktarları 3

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Dış hava yükünün psikrometrik diyagramda gösterimi 4
Şekil 1.2.Isı geri kazanım sistemi (Anonim 2008) 5
Şekil 1.3. Rotorlu ısı değiştirici 7
Şekil 1.4. Rotorlu ısı değiştirici kullanılan bir klima santrali 7
Şekil 1.5. Klasik eşanjörlü ısı geri kazanımı 9
Şekil 1.6. Isı borulu IGK sisteminin yerleşim pozisyonu 10
Şekil 1.7.PIGK iç yapısı 12
Şekil 1.8. PIGK ünitesi hava akımı 13
Şekil 1.9. By-pass' lı IGK ünitesi 16
Şekil 1.10. Tek ve çift katlı klima santrallerinde IGK üzerindeki hava hareketleri 17
Şekil 1.11. Isı eşanjörü üzerindeki egzoz ve taze hava yönleri 18
Şekil 1.12. Havalandırma kanalları üstünde IGK uygulaması 18
Şekil 1.13. Isı geri kazanım cihazları (klimabox) 19
Şekil 1.14. Çatı tipi uygulamalarda ısı geri kazanım uygulaması 20
Şekil 1.15. Frivent ve HRV cihazlar 21
Şekil 1.16. Konut tipi ısı geri kazanım cihazları 22
Şekil 1.17. Konut için ısı geri kazanım uygulaması 23
Şekil 1.18. Konut ısı geri kazanım uygulaması (a) Tavan arası,
(b) bodrum kat yerleşimi 23
Şekil 3.1a. Deney tesisatı 27
Şekil 3.1b. Deney test ünitesinin şematik resmi 28
Şekil 3.2. Split klimaların iç üniteleri 29
Şekil 3.3. .Split klimaların dış üniteleri 29
Şekil 3.4. Kanal içerisine yerleştirilen ısıtıcı çubuklar 30
Şekil 3.5. IGK ünitesi 30
Şekil 3.6. Verilerin kaydedici vasıtasıyla bilgisayara aktarılması 31

Şekil 3.7. Hız ve sıcaklık ve bağıl nem ölçüm yerleri 32
Şekil 3.8. Hız ölçümü 32
Şekil 3.9. Ölçülen hava hızı (m/s) değerleri 33
Şekil 3.10. By-pass uygulamasında hava hızı (m/s) değerleri 33
Şekil 3.11. PIGK cihazı hava giriş- çıkış yerlerinin gösterimi 35
Şekil 3.12. PIGK cihazlarında yaz ve kış uygulamalarında gerçekleşen proseslerin psikrometrik diyagramda gösterimi 36
Şekil 4.1. PIGK giriş ve çıkış havası sıcaklık değerleri 39
Şekil 4.2. PIGK ünitesi giriş ve çıkış havası bağıl nem değerleri 40
Şekil 4.3. PIGK ünitesi giriş ve çıkışındaki entalpi değerleri 41
Şekil 4.4. PIGK ünitesi giriş ve çıkışındaki entalpi farkları 42
Şekil 4.5. PIGK ünitesinde atılan ve geri kazanılan ısı miktarları 43
Şekil 4.6. PIGK ünitesi verimi 43
Şekil 4.7. By-pass hatlı PIGK ünitesi 44
Şekil 4.8 By-pass uygulamasında sıcaklık değişimleri 45
Şekil 4.9. By-pass uygulamasında bağıl nem değişimi 46
Şekil 4.10. By-pass uygulamasında entalpi değişimleri 46
Şekil 4.11. By-pass uygulamasında PIGK ünitesine giren ve çıkan havanın ısı transfer miktarları 47
Şekil 4.12 Dış ortam sıcaklık değerlerine bağlı olarak IGK devrede ve by-pass uygulamalarında geri kazanılan ısı miktarları 48

SİMGELER DİZİNİ

A_k – Kanal kesiti (m^2)

H – Toplam entalpi (kJ)

h – Özgül entalpi (kJ/kg)

h_1 - Taze (dış)havanın özgül entalpisi (kJ/kg)

h_2 - Ortamdan atılan havanın özgül entalpisi (kJ/kg)

h_3 - Ortamdan atılan havanın özgül entalpisi (kJ/kg)

h_4 - Egzoz edilen havanın özgül entalpisi (kJ/kg)

I_f – Fanın çektiği akım (A)

$\dot{m}$ – Kütlesel debi (kg/s)

V_a – Hava hızı (m/s)

$\dot{V}_a$ – Hava debisi (m^3/h)

V_f - Fanın çalışma voltajı (V)

$\dot{Q}_{esanjor}$ - Eşanjör gövdesinden olan ısı transferi (W)

$\dot{Q}_{fan}$ - Fan gövdesinden olan ısı transferi (W)

$\dot{Q}_{hr}$ - Geri kazanılan enerji miktarı (W)

$\dot{Q}_w$ - Atılan enerji miktarı (W)

$\dot{W}_{fan}$ - Fanın çektiği güç (W)

$\cos\phi$ – Faz açısı

ρ_a - Havanın yoğunluğu (kg/m^3)

η - Verim (%)

GİRİŞ

Günümüzde enerji; dikkatle tüketilmesi gereken değerli ve pahalı bir kullanım maddesidir. Binalarda kullanılan enerjiyi en verimli şekilde değerlendirmek ise her tür kuruluşun masraflarını azaltır ve verimini yükseltir. Dünyanın pek çok ülkesinde, enerji tüketiminin yaklaşık %40' ı binaların ısıtma, havalandırma ve klima sistemleri için harcanmaktadır. Son yıllarda özellikle salgın hastalıkların artmasıyla birlikte temiz hava kavramı önem kazanmaktadır. Hasta Bina Sendromunun azaltılabilmesi, taze hava miktarının arttırılmasını gerektirmektedir. Bir mahallin sadece iklimlendirilmesi yetmeyip, iç ortamın havalandırılması da (taze hava beslemesi) gerek ve zorunlu hale gelmiştir. Binalarda havalandırma, yani temiz hava kullanımı, çeşitli nedenlerden dolayı kaçınılmazdır. Hastanelerde ortam havasını mikroplardan arındırmak, fabrika ortamından zararlı gazları uzaklaştırmak, kamu binalarında ve otellerde ise temiz ve konforlu bir ortamı sağlamak bu nedenlerden bir kaçıdır (Korun 1990).

Havalandırmada genel prensip; içeriye alınan taze hava miktarına eşit veya yaklaşık miktarda havanın egzoz havası olarak dışarı atılmasıdır. Dışarıya atılan bu havanın özellikleri, dış ortamdan alınan taze havadan daha tercih edilebilir düzeydedir. Dışarıdan içeriye alınan taze hava için ise ek bir şartlandırma (ısıtma, soğutma, nemlendirme veya nem alma) gerekecektir. Bu noktada ısı ve nem geri kazanımı önem kazanmaktadır. Bir enerji harcayarak belli bir ısı ve nem seviyesine getirdiğimiz ve sonra dışarı atmak zorunda kaldığımız hava için harcadığımız enerjinin, mümkün olduğunca yüksek bir kısmını içeriye aldığımız taze havaya aktarabilmek. Bu da ısı geri kazanım cihazları yardımıyla mümkün olabilmektedir.

İç hava kalitesi, havalandırma hava debisi HVAC sistemlerinin ilk yatırım ve işletme maliyetleri birbiri ile ilişkilidir. Taze (dış) havanın ısıtılması, soğutulması veya neminin alınması işlemleri için gereken enerji miktarları havadan havaya ısı (veya enerji) değiştirgeçleri ile önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Bu yöntemle HVAC sistemlerinin ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin azaltılmasındaki en önemli faktörler; havalandırma havası debisi gereksinimi, klimatik parametreler, ısı geri kazanım sisteminin performansı ve işletme süresidir.

Isı veya enerji geri kazanım cihazının seçiminde iç ve dış tasarım şartları ile yıllık meteorolojik değerler önemlidir. Çünkü iç ve dış havanın sıcaklığı veya entalpisi arasındaki farklar ısı geri kazanım oranını belirlemektedir (Besant, R.W. ve Simonson, 2001).

1. ISI GERİ KAZANIM SİSTEMLERİ

Isı geri kazanım (IGK) sistemlerinin uygulanması, özellikle iç hava kalitesi standartlarının daha fazla bir şekilde uygulamaya konulduğu ve önem kazandığı günümüzde iç hava kalitesini arttırmak ve iç ortamdaki zararlı mikroorganizmaların azaltılması amacıyla daha fazla taze hava gereksinimini sağlamak amacı ile yaygınlaşmaktadır.

1.1. Dış (Taze) Hava Yükü

. Taze hava gereksinim olduğu kadar, iklimlendirme sistemine getirilen ek bir yüktür. Bir ortama veya bir iklimlendirme cihazına dış ortamdan giren dış (taze) havanın getirdiği yüke, taze (dış) hava yükü adı verilir. Taze hava yükü, daha fazla yatırım ve işletme giderlerine sahip olduğu için yaz koşullarına ait bir örnek üzerinden açıklanabilir. Dış hava yükünün tanımlanabilmesi için doğal olarak bir egzoz ve karışım havasına ihtiyaç vardır. Bunu ifade edebilmek için Şekil 1.1' de görülen psikrometrik diyagram üzerinde 3 ayrı soğutma kapasitesi tanımlanmıştır.

1. (h_2 - h_4) %100 dış hava ile çalışması durumunda
2. (h_1 - h_4) %100 iç hava ile çalışması durumunda
3. (h_3 – h_4) karışım havası ile çalışması durumunda

%100 iç hava ile çalışılıyor ise havalandırmadan ve dış hava yükünden bahsedilemez. Dış (taze) hava olmadığı için dış hava yükü de yoktur. Bu uygulama için toplam yük, (1) ve (4) noktaları arasındaki entalpi farkıdır. %100 dış hava ile çalışıyor ise, dış hava yükü toplam soğutma yüküne eşittir ve (2) ile (4) noktaları arasındaki entalpi farkı ile ifade edilir. Herhangi bir oranda temiz ve dönüş havası karışımı kullanılıyor ise toplam

yük, (3) ve (4) noktaları arasındaki entalpi farkı ile belirtilir. Buradaki dış hava yükü (2) ile (3) noktaları arasındaki entalpi farkı gibi gözükmektedir. Ancak reel dış hava yükü, (2) ve (1) noktaları arasındaki entalpi farkıdır. Bir başka ifade ile, dışarıdan alınan havanın, oda şartlarına kadar soğutulması için gerekli olan yüktür. Bu yükün kalori karşılığı ve toplam soğutma yükü içindeki oranı, dış hava debisinin yüksekliği veya düşüklüğü oranında artar ya da azalır.

Çizelge 1.1. Taze hava miktarları

Uygulama Yeri	**Litre/s. kişi**
Yemek odaları	10
Otel odaları	15 (her oda için)
Ofisler ve konferans odaları	10
Genel sigara içilen odalar	30
Marketler	1-1.5 Litre/s m^2
Konferans salonları	8
Okul derslikleri	8
Hastane hasta odaları	13
Evlerde yaşam alanları	0.35 hava değişimi/h ve > 7.5 Litre/s. Kişi olmalıdır.

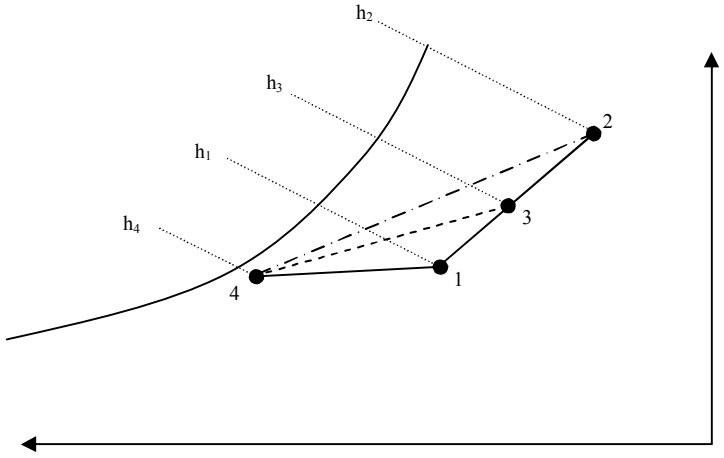
KAYNAK: Güngör, A. ve Güngör S. 2005. Havalı İklimlendirme Sistemlerinde Ekonomizer Çevrimi. Tesisat Mühendisliği Dergisi. (89). 78-78s.

Dış hava yükü (2) ve (1) noktaları arasındaki entalpi farkı olarak tanımlandığına göre, bu yükün azaltılması, ancak tanımlanan entalpi farkının düşürülmesi ile mümkündür. Entalpi farkının azaltılması için (1) ve (2) noktalarının durumunun incelenmesi gerekmektedir. (1) noktası konfor şartını, (2) noktası ise atmosferik şartları tanımladığı için isteğe göre değiştirilemez. (1) noktasının entalpi farkını azaltacak yönde (2) noktasına yaklaştırılması, tanımlanan konfor şartlarının sıcaklık ve nem yönünden bozulmasına sebep olacaktır. (2) noktasının (1) noktasına yaklaştırılması ise yalnızca insanın kendini yanıltmasına sebep olacaktır. Yapılan yük hesapları tutmayacak, şartlandırmadan

beklenilen sonuçlar elde edilemeyecektir. Görüldüğü gibi (1) ve (2) noktaları arasındaki entalpi farkını, herhangi bir termodinamik işlem yapmadan azaltmak mümkün değildir. Bu fonksiyonu sağlamak için iki termodinamik seçenek vardır:

- Dış hava için ön soğutucu kullanılabilir
- Egzoz havası ile dış hava arasında ısı geri kazanımı uygulanabilir.

Ön soğutucu kullanılması toplam soğutma yükünü azaltmaz. Toplam soğutma yükünün ön ve son soğutuculara dağıtılması durumu ortaya çıkar ki anlamsızdır.
(www.immak.com.tr/webpdf/IAQ.22.pdf Erişim Tarihi: 04.02.2010)



Şekil 1.1. Dış hava yükünün psikrometrik diyagramda gösterimi

1.2. Isı Geri Kazanımı

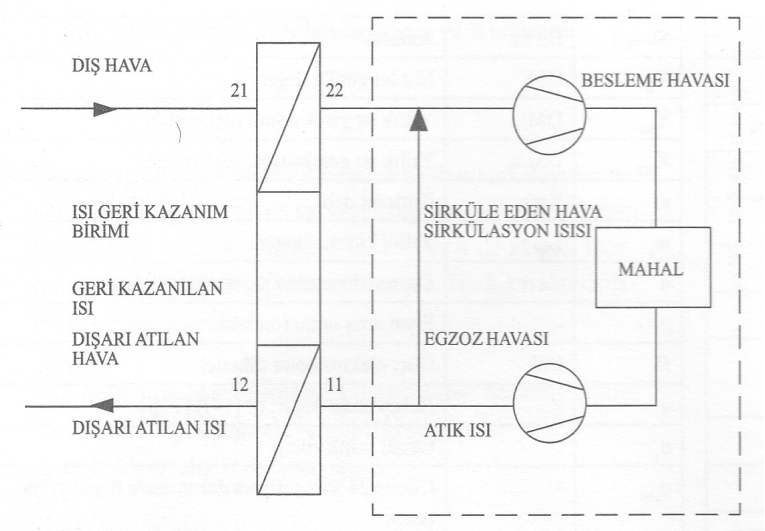
Isı geri kazanım uygulaması yapabilmenin "olmazsa olmaz" tek kuralı atık enerji bulunmasıdır. Havalandırma uygulamalarında atık enerjiler büyük çoğunlukla egzost havası ile dışarı atılırlar (Bkz. Şekil 1.2). Atılan havanın yerine de taze hava alınması kaçınılmazdır. İşte taze ve egzost havası bulunan havalandırma uygulamalarının tamamında ısı geri kazanım uygulanabilir. Egzost ve taze havalardan birinin bulunmadığı veya kontrol

edilmediği bir teknik ile yapılıyor ise, IGK uygulaması hemen hemen imkansızdır. Isı geri kazanım uygulaması taze (dış) hava yüklerini;

- Yaz şartlarında %20-40,
- Kış şartlarında %45-65

arasında azaltmaktadır. Bir başka ifade ile, kullanılan dış hava oranına göre soğutma grupları %5 ile %30 arasında, ısı merkezleri ise %20 ile %60 arasında küçültülebilmektedir. Isı merkezi ve soğutma gruplarının küçülmesi;

- Uygulamanın kurulu gücünü, elektrik ve yakıt sarfiyatını azaltmakta, işletme giderlerinde önemli oranda tasarruf sağlamaktadır.
- Ayrıca mekanik tesisatta kullanılan tüm su ve gaz devresi elemanları (vana, boru, valf, pompa, izolasyon, vs.) ve yardımcı malzemelerde küçülmekte ve ucuzlamaktadır.
- Hepsinde olmasa dahi, uygulamanın kendi kriterlerine bağlı olarak ilk yatırım maliyetinin ucuzlatılması, uygulamanın yatırım anında kendini amorti etmesi bile mümkündür.



Şekil 1.2.Isı geri kazanım sistemi (Anonim 2008)

1.3. Isı Geri Kazanım Sistemi Çeşitleri ve Teknikleri

Isı geri kazanım amacıyla kullanılan üniteler başlıca iki ana farklı sistemden oluşmaktadır:

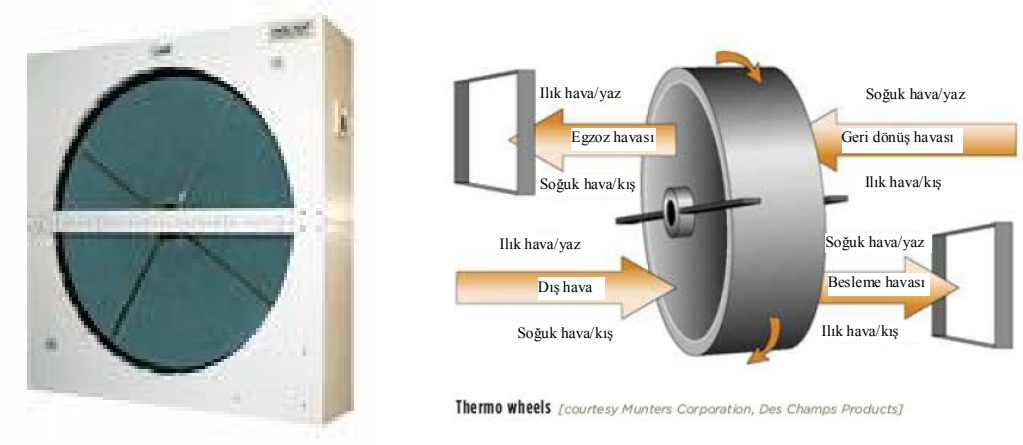
I. Rejeneratif Isı Geri Kazanım Sistemleri
II. Reküperatif Isı Geri Kazanım Sistemleri

1. 3. 1. Rejeneratif Isı Geri Kazanımı Sistemi

Atık enerjinin, atılma anında bir başka akışkan veya kütle içine depolanıp, oradan da kullanılacak akışkana geçirilmesidir. Havalandırma uygulaması için iki ayrı düzenek ile rejeneraif ısı geri kazanımı tesis edilebilir.

1.3.1.1. Rotorlu (döner) IGK Eşanjörü ile Isı Geri Kazanımı

Taşıyıcı konstrüksiyon üzerinde yataklanmış ve çerçevelenmiş dönen bir ısı değiştiricidir. Genellikle ince alüminyum şeritten üretilen rotor dolgusu, yatay bölme üzerinde hava kanalları ile ikiye bölünmüştür (Bkz. Şekil 1.3). Kanallar, alttan egzost havası, üstten taze hava (veya tersi) geçecek şekilde düzenlenmiştir. Egzost havasının ısıtarak veya soğutarak enerji yüklediği rotor dolgusu, dönüş turunu tamamlayıp taze (dış) hava tarafına geldiğinde, yüklendiği enerjiyi taze havaya aktararak, taze havayı ısıtacak veya soğutacaktır. Anlaşıldığı üzere madde dolgusu ısı değiştiricisidir. Genellikle dakikada 10 defa dönecek şekilde dizayn edilen rotorlar (ısı tekerleği) ile %90-95 ısıl verimlilik oranına çıkabilmekte birlikte, uygulanabilir optimum verimlilikleri %65 ile %85 arasındadır. Hareketli parçalara sahip olmaları, egzost ile taze hava arasında tam sızdırmazlık sağlayamamaları, önemli olumsuz tarafından bazılarıdır. Higroskopik rotor dolguları sayesinde toplam ısı geri kazanımı (duyulur+gizli) yapmaları sebebi ile nem kontrolü proseslerinde avantajlıdırlar. Rotor dönüş hızının kontrol edilmesi sayesinde, değişen egzost ve taze hava sıcaklıklarında dahi yüksek ve sabit verimlilik ile çalıştırılmaları mümkündür. 500 ile 5000 mm çaplar arasında üretilebilirler.



Şekil 1.3. Rotorlu ısı değiştirici

Bu tip ısı geri kazanım cihazlarının HVAC sistemlerinde kullanılmaları halinde ilk yatırım bedelinin geri ödenmesi birkaç yıl da gerçekleşmektedir (Bkz. Şekil 1.4). Çünkü bu cihazlar set değerinin altına düşmesi altında (örneğin 15ºC) kullanılabilmektedir. Bu cihazlar sıcak iklimlerde verimli olamazlar. Fakat sıcak kuru iklimlerde evaporatif soğutucularla birlikte kullanılabilir. (Besant, R.W. ve Simonson, 2001



Şekil 1.4. Rotorlu ısı değiştirici kullanılan bir klima santrali

(KAYNAK: http://www.munters.co.uk/en/uk/News--Media/Dehumidification2/E-newsletter-articles/November-2008/DesiCool-district-heating/))

Rotorlu IGK cihazlarının avantajları(Demirel 2001) :

- Donma gibi bir problemi yoktur.
- Isı tamburları kullanıldığında ısıtma ve soğutma cihazları küçültülebilir.
- Yüksek verim ve toplam ısı transfer özellikleri

Dezavantajları:

- İlk yatırım maliyetinin fazlalığı
- Basınç düşümünün yenilebilmesi için fan' a verilecek ilave güç

1.3.1.2. Klasik Eşanjör ile Isı Geri Kazanımı

Isı rotorlu ısı değiştiricide kütleye yani rotor dolgusuna aktarılırken bu uygulamada kapalı devre dolaşan bir akışkana aktarılmaktadır. Bu akışkan büyük çoğunlukla donma noktası düşürülmüş "su" dur. Uluslar arası literatürde "run around" (oyalama) diye anılan sistemin şematik resmi Şekil 1.5' de görülmektedir. Sistemde 1 adet egzoz 1 adet de taze hava ısı değiştirici mevcuttur. Kurulan kapalı devre boru donanımı, ısı değiştiriciler, sirkülasyon pompası ve devre elemanları ile birlikte bağımsız çalışır. Egzoz havası ile dışarı atılmakta olan enerji, egzoz ısı değiştirici yardımı ile suya, su tarafından taşınan enerji ise, taze hava ısı değiştirici yardımıyla havaya aktarılır. Görüldüğü gibi dolaylı bir uygulamadır. Bu sebeple de verimi düşüktür. Optimal çözüme genellikle 6-8 sıralı ısı değiştiriciler ile ulaşılır. 6-8 sıralı ısı değiştiriciler ile elde edilebilecek verim değerleri sırasıyla %30 ile %50 arasındadır. Özellikle yüksek (%50 üzerinde) verim istenen uygulamalarda kalın (10 (10 ile 16 sıralı) ısı değiştiriciler kullanılması gerekir. Bu zorunluluk ise, yüksek hava basınç kayıpları ve sirkülasyon pompası sarfiyatı da dikkate alındığında, hesaplanan ısıl kazançların bir kısmının buralara harcanması sonucunu doğurur. Geri kazanılan ve geri kazanım için harcanan enerjilerin gerçek etütleri yapılmadığı takdirde uygulamanın başarılı olması çok zordur.



Şekil 1.5. Klasik eşanjörlü ısı geri kazanımı

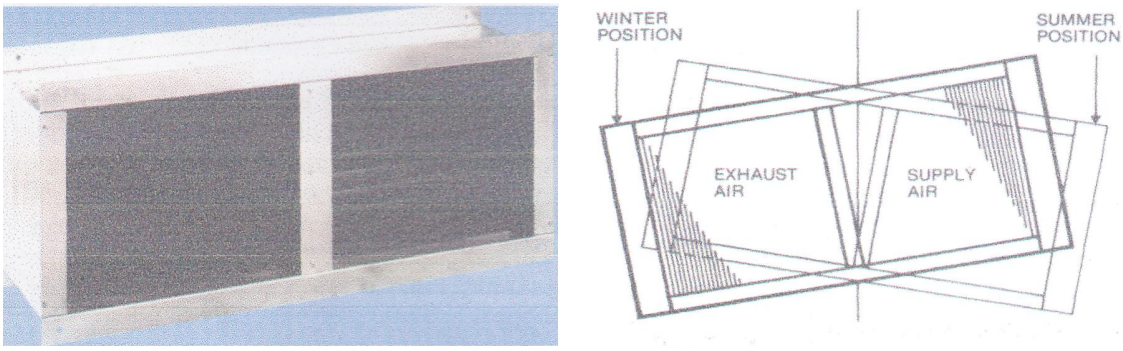
İlk yatırım maliyeti açısından da bakıldığında çok avantajlı değildir. Ayrıca; pompa, çek valf, su deposu, vana, vs.. gibi bir çok eleman kullanılması zorunluluğu sistemin bakım ihtiyacını arttırır. Kurulan sistem sürekli kontrol altında tutulmadığı takdirde kesintisiz çalışmasından emin olmak mümkün değildir. Tüm bu olumsuz yönlerine karşılık, egzoz havası kanalı ile taze hava kanalını birbirine yakınlaştırmanın mümkün olmadığı tüm projelerde uygulanabilecek tek IGK yöntemidir. Nem ve toplam ısı transferi yapmazlar. Bu uygulamanın tartışılmaz üstünlük taşıyan en önemli yönlerinden biri de egzoz havası ile taze havanın karışım riskinin "sıfır" oluşudur.

1.3.2. Reküperatif Isı Geri Kazanım Sistemleri

Atık enerjinin atılma anında ve başka hiçbir kütle ya da akışkanda depolanmaksızın, diğer akışkana aktarılması ile gerçekleştirilen bir ısı geri kazanım sistemidir. Uygulamalar, direkt ısı transferi sağlanması nedeniyle daha verimlidir. Havalandırma uygulamalarında en yaygın kullanılan ısı geri kazanım teknikleridir. Reküperatif uygulamalarda da rejeneratif uygulamalarda olduğu gibi, iki ayrı düzenek aracılığı ile gerçekleştirilir. Birincisi ısı borulu ısı, ikincisi ise çapraz akımlı plakalı değiştiricileridir. Büyük çoğunlukla duyulur ısı transferi için kullanılırlar. Özel üretilmiş bazı plakalı eşanjörler ile nem ve gizli ısı transferi yapılması da mümkündür.

1.3.2.1. Isı Borulu Isı Geri Kazanım Sistemi

Bilinen kanatlı borulu ısı değiştiricilerine çok benzerler. Borular tek tek bağımsız veya aralarında devrelendirilmiş gruplar halindedir. Müstakil boru veya müşterek devreler içine faz değiştiren akışkanlar enjekte edilmiştir. Bu akışkanlar hal değişikliği sırasında ısı emer ve yayarlar, yada ısı emdikleri veya yaydıklarında hal değiştirirler. Bu termofizik özellikleri ve yapıları sayesinde de ısı transferi ve geri kazanımı gerçekleştirilir. Isı değiştirici, yukarıda da belirtildiği gibi, tipik bir kanat-boru tipi ısı değiştiricidir. Genellikle yüksekliğinin iki katı uzunlukta üretilirler. Uzunlukları, tam ortaya yerleştirilen bir seperasyon parçası ile ikiye ayrılır. Bu ayrımın bir tarafından egzoz, diğer tarafından taze hava geçer. Ayrım, yalnızca iki hava akımının karışımını önlemek ve yönlendirmek içindir, borular ve devreleri içindeki akımı bölmez. Isı değiştirici kanat demeti ısı transfer yüzeyini ve verimliliğini arttırmak için kullanılır, fonksiyonel değildir. Eşanjör Şekil 1.6' daki gibi açılı durmak zorundadır.



Şekil 1.6. Isı borulu IGK sisteminin yerleşim pozisyonu
(KAYNAK: www.immak.com.tr/webpdf/IAQ.22.pdf Erişim Tarihi: 04.02.2010)

Egzos havasının ısıttığı akışkan, aldığı enerji ile hal değiştirerek buharlaşır. Özgül ağırlığının düşmesi sebebi ile de boru içinde yukarıya doğru hareket ederek taze hava bölümüne geçer. Bu bölümde taze havanın soğukluğu ile karşılaşır ve taşıdığı enerji taze hava tarafından emilir (ısı akımı sıcaktan soğuğa doğrudur) Enerjisini kaybederek soğuyan akışkan yoğuşur ve yer çekimi kurallarına uyarak aşağıya doğru akar, egzoz havası bölümüne döner. Hava akımlarından en az birisinin kesilmesine kadar ısı transferi ve geri

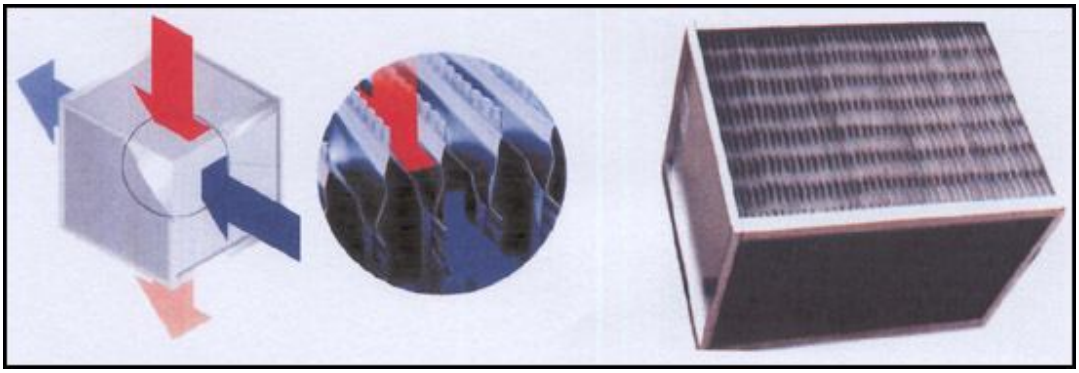
kazanımı devam eder. Kış şartları için yazılan bu senaryo ve ısı akımı yaz koşullarında tersine dönecektir. İşlemin devam etmesi için ısı değiştiricinin eğimi de tersine çevrilmelidir. Eğim değiştirilmesi el ile yapılabileceği gibi, değişik güçler ile otomatik olarak ta sağlanabilir. Isı değiştirici borularının kanatlı veya kanatçıklı yapılması, boru ve kanatların üretildiği malzemeler ile kanat aralıkları, ısı değiştiricinin verimliliği üzerinde etkilidirler. Çoğunlukla bakır borulu, alüminyum kanatlı olarak üretilirler. Verimlilikleri üzerindeki diğer önemli etkenler, sisteme enjekte edilen iç akışkan ve dış akışkan sıcaklıklarıdır. İç akışkan olarak konfor uygulamalarında genellikle freon türevleri kullanılır. Optimal verimlilikleri % 45 ile %55 arasında değişmektedir. Hiçbir hareketli parçaya sahip olmamaları sebebi ile ömürleri uzun, bakım ve işletme giderleri ise düşüktür. Kanat bloğu tozlanmaya karşı çok iyi korunmalı veya periyodik temizlikleri çok düzenli yapılmalıdır. Bu yapılmadığı taktirde, hem artan basınç kayıpları sebebi ile geri kazanılan enerjinin bir kısmı fan motorlarında tekrar harcanacak, hem de kirlenme sebebi ile eşanjörün ısıl verimliliği düşecektir.

Özellikleri diğer uygulama teknikleri ile karşılaştırıldığında en iyilerinde olmasına karşın en az kullanılan ısı geri kazanım tekniğidir. Özellikle Ülkemizde hemen hemen hiç kullanılmamakta, hatta bilinmemektedir. Yüksek bir üretim teknolojisi gerektirmemesine rağmen hassas bir iç akışkan enjeksiyonu gerektirir. Her boru veya devreye hem yalnızca gerektiği kadar hem de eşit miktarda akışkan enjekte edilmelidir. Aksi takdirde elde edilen ısı değiştiricisinden başarılı bir sonuç alınması mümkün olmayacaktır. Akışkan enjeksiyonundan önce boruların içine, yüzey arttırılmasını sağlayan ve kütle taşınmasını hızlandıran emici dolgu maddeleri yerleştirilebilir.

1.3.2.2. Çapraz Akımlı Plakalı Isı Değiştiriciler (Isı Küpleri)

En yaygın kullanılan ısı geri kazanım sistemi ve düzeneğidir. Plaka demetini oluşturan her plakanın bir yüzü egzoz, diğer yüzü ise taze hava ile temas halindedir. Egzoz havasından plakaya geçen enerji, aynı anda plakanın diğer yüzü ile temas halinde olan taze havaya geçer. Plakalı ısı geri kazanım eşanjörleri; uygulama teknikleri, verimlilikleri, ilk yatırım ve işletme giderleri açısından en çok tercih edilen ısı geri kazanım araçlarıdır.

Yalnız gaz-gaz uygulamalarda kullanılır. Uçları birbirlerine 90 derece zıt taraflardan kenetlenmiş plakaların her iki tarafında iki ayrı hava akımı mevcuttur. Yukarıdaki orta şekilde görüldüğü gibi, bu hava akımlarından birisi soğuk (mavi ok), diğeri ise sıcak (kırmızı ok) havadır (Bkz. Şekil 1.7).

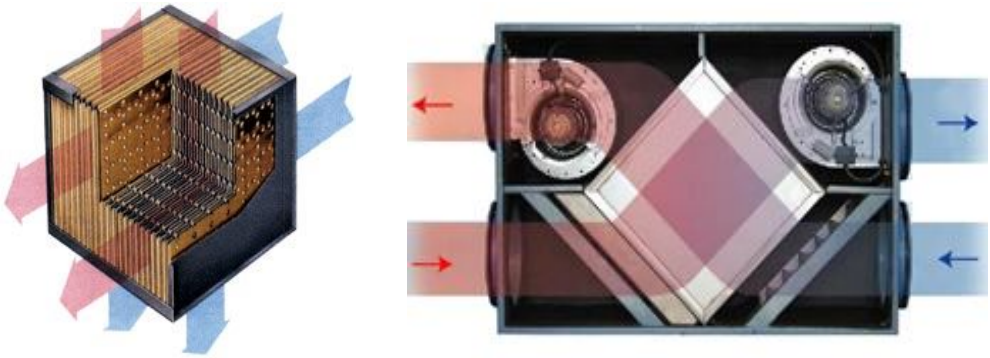


Şekil 1.7.PIGK iç yapısı
(KAYNAK: www.immak.com.tr/webpdf/IAQ.22.pdf Erişim Tarihi: 04.02.2010)

Sıcak havanın ısıttığı plakanın üzerinden yayılan ısı, kanadın diğer yüzeyine geçtiğinde soğuk hava ile karşılaşır ve soğuk hava tarafından emilir (Şekil 1.8). Bu sayede, egzoz havasının içindeki enerji taze hava içine aktarılmış olur. Doğru üretilmiş ve uygulanmış bu tip bir ısı değiştirici ile egzoz ve taze hava karışım riski sıfırdır. Uygulanabilir verimlilikleri %45 ile %%65 arasındadır. Genellikle ısıl iletkenliği yüksek metallerden üretilmekle birlikte, özellikle gizli ısı transferi sağlamak amacı ile, kraft türü malzemelerden de üretilenleri vardır. Alüminyum epoxy kaplı alüminyum, bakır ve paslanmaz çelik malzemelerden üretilebilirler. Kanal üstünde veya klima santrali içinde uygulanabilirler. Uygulamaları çok kolay olmasına karşılık, nispeten yüksek tavanlı yerler gerektirmeleri dezavantajlarıdır.

Üretim teknolojileri ve üretimlerinde kullanılan yarı mamuller sayesinde 500ºC sıcaklıktaki hava akımları içinde dahi çalışabilen tipleri mevcuttur. İki hava akımı arasındaki basınç farkı 4000 Pa' a ulaşsa dahi deforme olmayan ve sızdırmayan plaka ve

kenet yapıları mevcuttur. Sahip oldukları fiziksel ve ısıl özellikleri sayesinde, konfor havalandırması ve endüstriyel uygulamalarda da yaygın olarak kullanılırlar



Şekil 1.8. PIGK ünitesi hava akımı

.

Psikometrik gösterimi Şekil 3.12 de görüldüğü gibidir. Plakalar nem çekme özelliğine sahip ise toplam ısı ve nem transferi, değil ise yalnızca duyulur ısı transferi gerçekleştirilirler. Plakaların nem çekme özelliği, plakalara emdirilen veya üzerlerine kaplanılan kimyasallar ile sağlanır. Bu aşamada iki noktaya özellikle dikkat edilmelidir.

- Nem çekme özelliğine sahip kimyasallar, insan sağlığı için bir risk taşımamalı, tehlike yaratmamalıdır.
- Plaka yüzeylerinde sürekli hareketli olan kimyasalın belli bir kısmının, hava ile beraber plaka üzerinden ayrılması kaçınılmazdır. Bu, kimyasalın yani plakanın nem çekme özelliğinin bir ömrü olduğu anlamına gelir. Yapılan ısı değiştirici seçimlerinde ve verimlilik hesaplarında bu durum gözden kaçırılmamalıdır.

Yumuşak hatlı plaka yüzeyleri ve aşırı sık yerleştirilmemiş plaka aralıkları ile bu tip ısı değiştiricilerinin temizliği son derece kolaydır. Periyodik bakım talimatlarına veya kirlilik ikazlarına uygun olarak, yerlerinden sökülüp sıcak ve basınçlı su ile yıkanabilirler (higroskopik olmayanlar için geçerlidir). Bu özellikleri onlara aynı zamanda düşük basınç kaybı yaratma avantajını da kazandırır. Basınç kaybı, verimlilik, uygulama kolaylığı ve

işletme giderleri ile ilk yatırım maliyetleri dikkate alındığında konunun en yaygın kullanılan tipi olarak karşımıza çıkarlar. Özellikle metal plaka ile üretildikleri takdirde, son derece uzun ömürlüdür.

PIGK avantajları (Demirel 2001):

- Isı geri kazanım verimleri yüksektir.
- İlk yatırım maliyetleri düşüktür.
- Hareketli parçaları yoktur.
- Aşınma sorunları yoktur. Her zaman çalışmaya hazırdır.
- Egzoz ve taze hava akımları birbirlerine karışmayacak şekilde üretilebilirler.
- Elektrik bağlantıları yoktur.
- Ekstra işletme maliyetleri yoktur.
- Değişik ölçülerde imal edilebilirler.
- Yaygındır.
- Tüm uygulamalar için optimum çözümdür.
- Montajları kolaydır.
- Hafif ve kompakt tasarımlıdırlar.
- Dondan koruma sistemi yapılabilir.
- Basınç düşümleri düşük seçilebilirler.

1.3.2.2.1 PIGK cihazının verimliliği

Havadan-havaya ısı geri kazanım cihazlarının verimliliği genellikle bu cihazların;

- Duyulur ısı (kuru termometre)
- Gizli ısı (nem miktarı)
- Toplam ısı (entalpi) transferindeki verimlilikleri ile ifade edilirler.

$$\%\eta = \frac{Geri\ kazanilan\ ısı}{Geri\ kazanilebilecek\ ısı} x100 = \frac{h_2 - h_1}{h_3 - h_1} x100$$

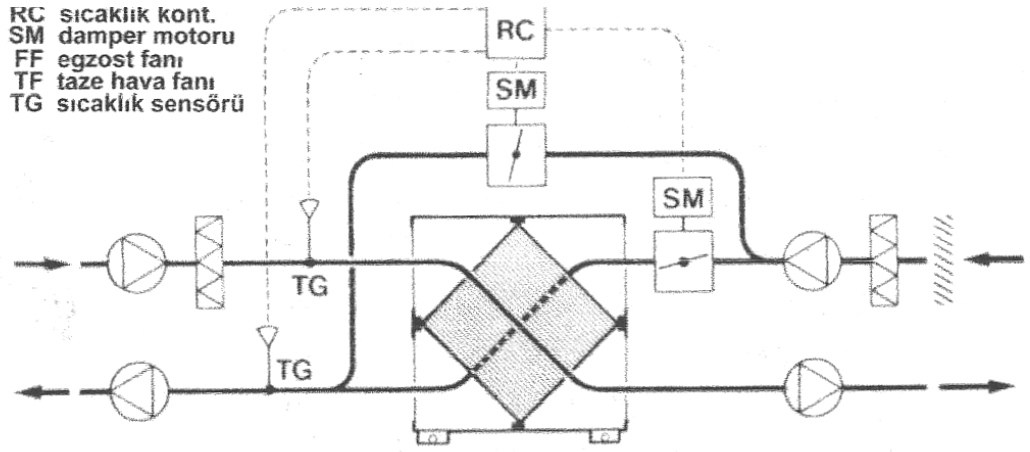
şeklinde gösterilebilir. Bu tip ısı geri kazanım cihazlarının verimliliği pek çok değişkene bağlıdır. Bunlar arasında, besleme, egzoz hava debileri, cihazın karakteristik özellikleri önemli belirleyicilerdendir. Direkt olarak üretici firmadan alınacak bilgiler ile cihazların verimleri belirlenmelidir.

1.3.2.2.2. By-Pass Devreli PIGK Cihazı ve Free Cooling (Bedava Soğutma)

Plakalı çapraz akımlı ısı değiştiriciler ile klima santrali içinde IGK uygulamalarının büyük çoğunluğunda iki katlı klima santralleri kullanılmaktadır. Özel bazı durumlar için tek katlı fakat "L" şeklinde klima santralleri de tasarlanabilir. Taze hava ve dönüş havası fanları, fan tipleri ve motor güçleri doğru seçilmek kaydı ile santral üst veya alt bölümüne yerleştirilebilir. Yerleşim yeri ısı geri kazanım uygulaması için önemli ve fonksiyonel değildir. Fanlar yerleşim pozisyonlarına bağlı olarak, emme ya da basma pozisyonlarında çalışarak hava hareketlerini sağlarlar.

Kapalı hacimlerde istenilen hava şartları yaz veya kış mevsimleri için çok büyük farklılıklar göstermez. Bu şartlar 20 ile 25ºC sıcaklık ve %40 ile %55 RH civarındadır. Ancak aynı durumu dış hava şartları için söylemek mümkün değildir. Ülkemiz nüfus yoğunluğunun bulunduğu bölgelerin iklim koşulları dikkate alındığında, dış hava sıcaklıkları -5 ile +40 ºC arasında değişmektedir. Dış hava şartlarının belli mevsim ve dönemlerde, yaratılmak istenilen iç hava şartlarına çok benzediği de bilinmektedir. Bu gibi dönemlerde IGK' nın mümkün olamayacağı hatta negatif olacağı da ortadadır. Yani iç ortam sıcaklığının dış ortam sıcaklığından yüksek olduğu, fakat iç ısı kazançları sebebi ile içeride soğutmanın yapıldığı günlerde, dışarıdan alınan taze hava filtre edilerek direkt mahallere verilebilir. Böyle bir durumda, özellikle taze hava, IGK eşanjörü üzerinden geçirilmeden mahallere verilmelidir. Bu uygulama sayesinde, hem taze hava fan motorunun daha az enerji sarf etmesi, hem de havanın IGK üzerinde ısınması önlenmiş olacaktır. Bu uygulama free cooling (bedava soğutma) olarak adlandırılır. Klima santrali üzerinde bu uygulamanın gerçekleşebilmesi için; bir by pass damperi ve kanalına, IGK devresi kesme damperine, dönüş havası ile IGK eşanjöründen çıkan taze hava sıcaklığını okuyan

sensörlere, bu sıcaklıkları yorumlayan sıcaklık ünitesine ve damper motorlarına ihtiyaç vardır. Sıcaklık sensörleri yanına nem sensörleri de ilave edilerek uygulama daha konforlu hale de getirilebilir. Değişik senaryolar yaratılması mümkün olmakla birlikte genel kullanım şöyledir. Sıcaklık sensörlerinin (TG) okuduğu sıcaklıklar RC ünitesi tarafından değerlendirilir. Bu iki sıcaklık, RC' ye set edilmiş değer kadar birbirine yakınlaşır ise, RC ünitesi, damper motoruna yolladığı sinyal ile SM damperlerinin birini kısarken diğerini açar. IGK eşanjörü üzerinden geçen hava azalırken, taze hava by-pass kanalı üzerinden direkt mahallere gönderilir (Bkz. Şekil 1.9).



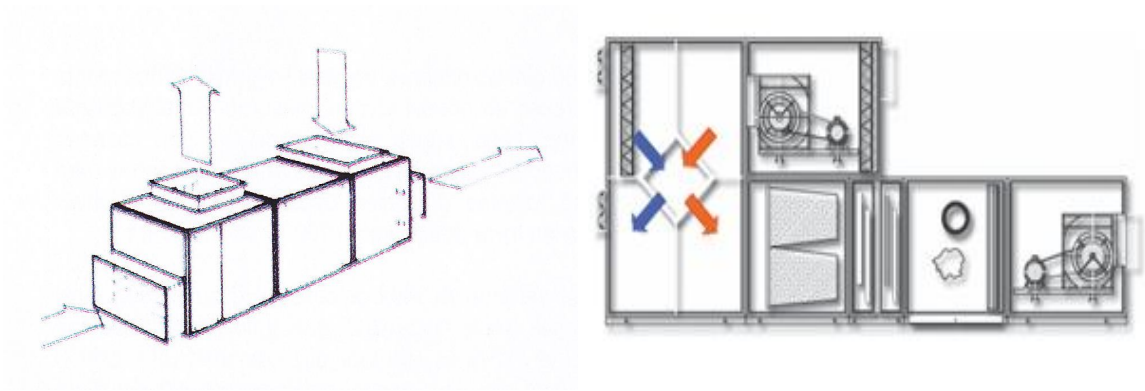
Şekil 1.9. By-pass' lı IGK ünitesi

www.immak.com.tr/webpdf/IAQ.22.pdf Erişim Tarihi: 04.02.2010

1.4. Plakalı Isı Geri Kazanım Cihazlarının HVAC Sistemlerinde Uygulanması

1.4.1. Klima Santrallerinde Kullanımı

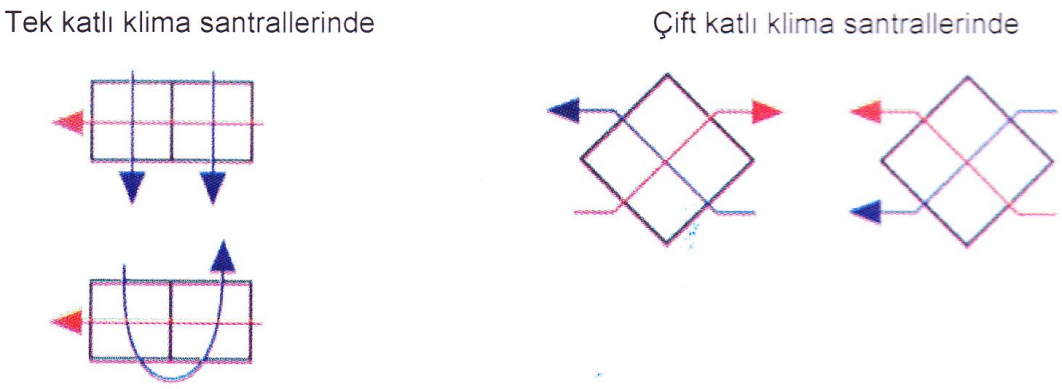
Klima santrali uygulamalarında hava debisi 5000-8000 m^3/h' tir. Eşanjörler klima santralleri içerisine düz veya diagonal (çapraz) olarak yerleştirilerek kullanılabilirler. Diagonal yerleşim, Şekil 1.10.' da görüldüğü gibi iki katlı klima santrali olarak tanımlanabilecek bir uygulamadır. Çift katlı klima santrali uygulamalarında, taze ve egzoz havası devresinde by-pass damperi konulması, cihazın geçiş dönemlerinde veya atmosferik koşulların elverdiği durumlarda, gerekenden fazla enerji sarf etmesinin önüne geçer. Isı geri kazanım eşanjörünün klima santrali içindeki temel fonksiyonu, ön ısıtıcı veya ön soğutucu görevini yapmasıdır.



Şekil 1.10. Tek ve çift katlı klima santrallerinde IGK üzerindeki hava hareketleri

(KAYNAK: ŞAHAN, A.M. 1999. HVAC Uygulamalarında Isı Geri Kazanımı. IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, s.151-162.)

Tüm fonksiyonlara sahip (filtre, karışım, ısıtma, soğutma, nemlendirme) bir klima santralinde ısı geri kazanım uygulaması; klima santrali maliyetini %40-60, santralin sistemden çektiği toplam enerjiyi %5-15 seviyesinde arttırır. Isı geri kazanım eşanjörleri, tek katlı klima santralleri içinde de kullanılabilir. Bu tür uygulamalar genellikle %100 sabit dış havalı ve son ısıtıcı ilaveli kompak cihazlar şeklinde tasarlanırlar. Yükseklikleri, normal klima santrallerine oranla daha fazla, çift katlılara oranla daha azdır. Isı geri kazanım eşanjörü üzerindeki egzoz ve taze hava hareketleri, klima santralinin tek veya çift katlı olması durumu Şekil 1.11' de görülmektedir.

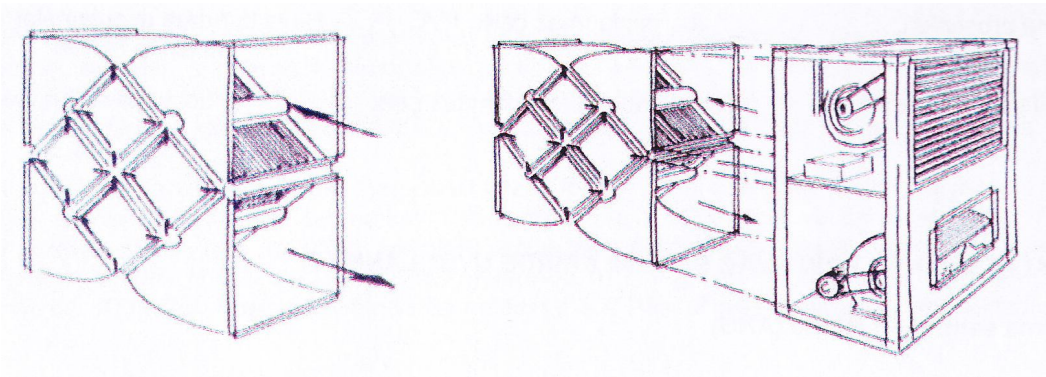


Şekil 1.11. Isı eşanjörü üzerindeki egzoz ve taze hava yönleri

(KAYNAK: ŞAHAN, A.M. 1999. HVAC Uygulamalarında Isı Geri Kazanımı. IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, s.151-162.)

1.4.2. Havalandırma Kanalları Üstünde Uygulama

PIGK eşanjörleri şekilde görüldüğü gibi bir düzenek vasıtasıyla kanal üzerine monte edilebilir. Bu tür uygulamalarda dikkat edilmesi gereken en önemli konu, olması muhtemel yoğuşma sularının kanal boyunca yayılmasına engel olunup, kanal dışına alınmalarıdır. IGK eşanjörünün sisteme sonradan uygulanması durumunda, mevcut sistemin fan ve fan motorları ısı geri kazanım eşanjörü dirençlerini yenemeyebilir. Şekil 1.12' de görülen uygulama bu tür sorunları ortadan kaldıracaktır. Bu tür uygulamalarda karşılaşılan hava debisi aralığı 1000-25000 m^3/h ' tir.



Şekil 1.12. Havalandırma kanalları üstünde IGK uygulaması

(KAYNAK: ŞAHAN, A.M. 1999. HVAC Uygulamalarında Isı Geri Kazanımı. IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, s.151-162.)

İki katlı klima santrali yüksekliğinin sorun yarattığı yerlerde ilk akla gelebilecek çözümlerden birisi kanal üstü uygulamalarıdır. Klima santrali devresinde çalışmak üzere kanal üstü montaj ile HVAC sistemine ilave edilen ısı geri kazanım eşanjörlerinin, ön ısıtıcı ve /veya ön soğutucu pozisyonunda çalışacakları unutulmamalıdır. Bir başka ifade ile, ısı geri kazanım eşanjörü santral girişinden önceki kanallara bağlanmalıdır.

1.4.3. Isı Geri Kazanım Cihazı (Klimabox)

Uygulamalarda 500-6000 m^3/h hava debisi aralığında yaygın olarak kullanılmaktadır (Bkz. Şekil 1.13). Küçük hava debililer kanallı fan coil, daha büyük hava debililer ise çatı tip klima cihazı yerine kullanılabilirler.



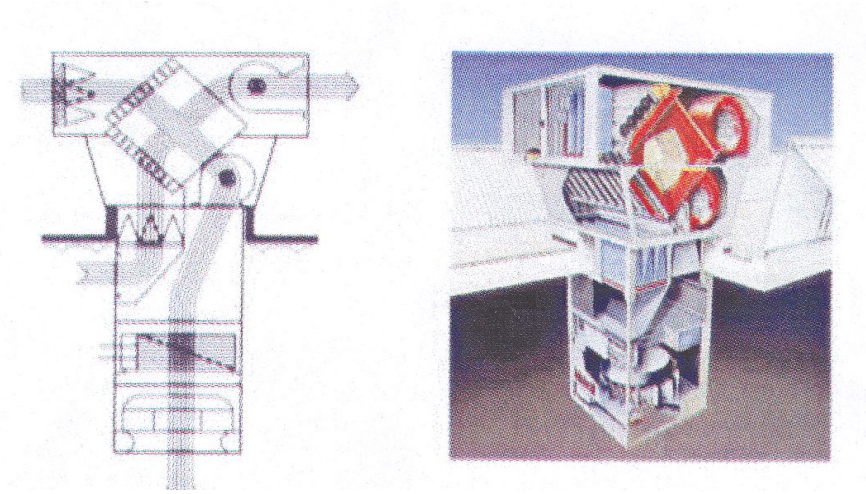
Şekil 1.13. Isı geri kazanım cihazları (klimabox)

Ön ısıtıcı veya ön soğutucu gibi çalışan IGK eşanjöründen eksik kalan kapasite, cihaz içine konulacak son ısıtıcı ve son soğutucu eşanjörler ile karşılanmalıdır. Isıtıcı eşanjörler genelde sıcak sulu (80/60ºC veya 60/50 ºC) ya da elektrikli, soğutucu eşanjörler ise soğuk sulu veya evaporatör destekli olabilir. %100 iç hava ile çalışan split klima uygulamalı mekanlarda, taze hava ihtiyacının karşılanmasında ortaya çıkan, dış hava yükünün yarattığı kapasite eksikliğini ortadan kaldırmak için ideal çözümlerdir. Seçilecek özel plaka malzemeleri ile hacmin nem kaybının önüne de geçilebilir. Üstün iç hava kalitesini yaratabilecek, %50-%75 ısı geri kazanım verimliliğine sahip, sulu ısıtmalı ve soğutmalı, son ısıtıcılı ve soğutuculu, komple HVAC cihazı olarak kullanılabilirler. Cihazlar, sulu son ısıtıcı ve soğutucuların yerine uygulanan ısı pompası ile daha kompak ve ekonomik hale

getirilebilmektedir. Yaygın olarak kullanıldıkları yerler; restoran, ofis ve alış-veriş birimleri, disko, sinema, tiyatro, okullar, yüzme havuzları, banyolar ve spor salonlarıdır. İmalat tekniklerinde büyük çoğunlukla kendinden motorlu ve devir kontrollü radyal fanların kullanılması, cihazların otomatik kontrollerini kolaylaştırır. Ayrıca, kayış-kasnak sistemi ve gerdirme donanımlarının kullanılmaması, cihazın daha küçük boyutlu yapılabilmesi olanak tanır.

1.4.4. Çatı Tipi Uygulamalar

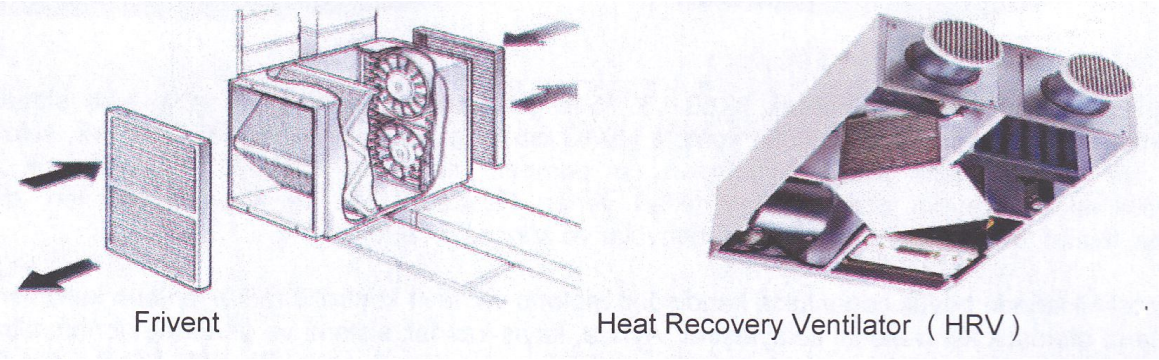
Depo, hangar, kapalı garaj ve büyük fabrika sahaları gibi, iklimlendirilen veya temiz hava ihtiyacı için havalandırılan hacimlerden atılan, havanın içindeki ısının geri kazanılmasına yönelik tasarlanmış cihazlardır (Bkz. Şekil 1.14). Soğutmadan ziyade ısıtmaya ve nem kontrolüne yönelik kullanılırlar. Bu kullanım özelliklerinden dolayı, geri kazanım eşanjörü plakaları çoğunlukla kraft ve pvc' den imal edilmiştir.



Şekil 1.14. Çatı tipi uygulamalarda ısı geri kazanım uygulaması
(KAYNAK: ŞAHAN, A.M. 1999. HVAC Uygulamalarında Isı Geri Kazanımı. IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, s.151-162.)

1.4.5. Konut Tipi Uygulamalar

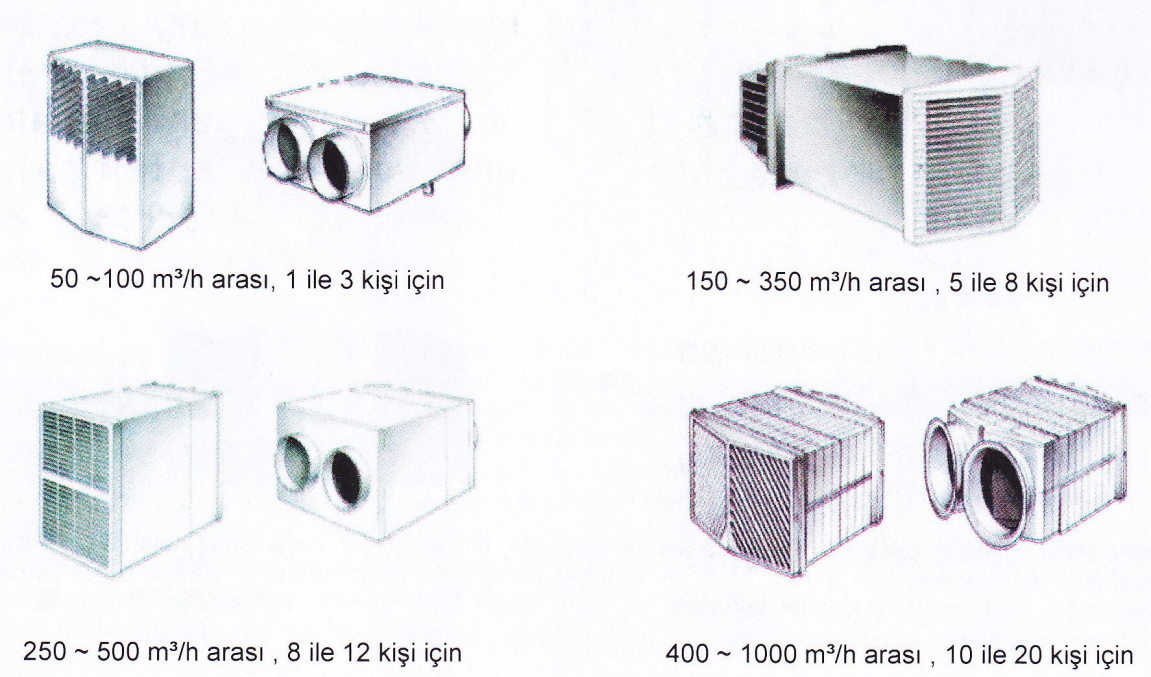
Ülkemizde henüz, konut, ofis, birahane, kahvehane, disko vs. özel ve küçük ölçekli genel yaşam mahallerinde, iç hava kalitesi ve temiz hava ihtiyacı bile yeni yeni yaygınlaşmaktadır. Split veya pencere tipi klima cihazı şeklinde, hayatımıza hızla girmekte olan bu cihazlarda ise, havalandırma özelliği veya temiz hava temini olanağı yoktur. Bugün bile, büyük iş merkezleri ve yaşam birimleri dışında, temiz hava ihtiyacımız camları açmak suretiyle karşılanmaktadır. Fakat genel mekanlarda, modern alış-veriş merkezleri ve ofis birimlerinde alışılan hava kalitesinin çok yakında özel mekanlarda da aranılır hale gelmesi kaçınılmazdır. Konut tipi HVAC uygulamaları için geliştirilmiş cihazlar, aynen bildiğimiz klima cihazlarında olduğu gibi, pencere tipi klima cihazı veya kanallı tip split klima cihazı çalışma prensibine benzerler. Pencere tipi diye adlandırabileceğimiz tipler (Frivent) 50-600 m^3/h hava debisi aralığında, diğeri ise HRV (heat recovery ventilator) 500-6000 m^3/h aralığında kullanılmaktadırlar. Frivent tipi cihazlarda eksenel veya fan-coil fanları, HRV cihazlarda ise genelde radyal fanlar kullanılmaktadır. Frivent ve HRV cihazların yapı ve şekilleri aşağıda görülmektedir.



Şekil 1.15. Frivent ve HRV cihazlar
(KAYNAK: ŞAHAN, A.M. 1999. HVAC Uygulamalarında Isı Geri Kazanımı. IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, s.151-162.)

Konut tipi IGK cihazları, tek bir oda veya banyo gibi ev birimlerinde müstakil (Frivent) olarak kullanılabileceği gibi, tüm konuta hitap edebilecek kanallı uygulamalar da mümkündür. HRV türü cihazlar, radyal fanlar sayesinde 6000 m^3/h hava debisine ve 250 Pascal kullanılabilir basınç kaybına ulaşabilirler. Bu özellikleri ile de, büyük olmayan genel

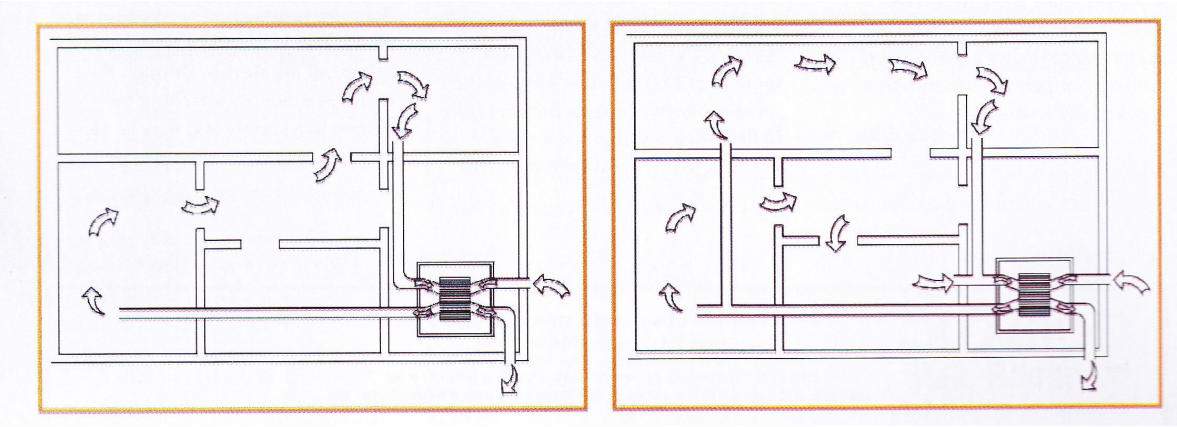
mahallerde de kullanılabilirler. Konut tipi ısı geri kazanım cihazları, aşağıda verilen bilgilere ve kriterlere göre hızlı olarak seçilebilir (Bkz. Şekil 1.16).



Şekil 1.16. Konut tipi ısı geri kazanım cihazları
(KAYNAK: ŞAHAN, A.M. 1999. HVAC Uygulamalarında Isı Geri Kazanımı. IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, s.151-162.)

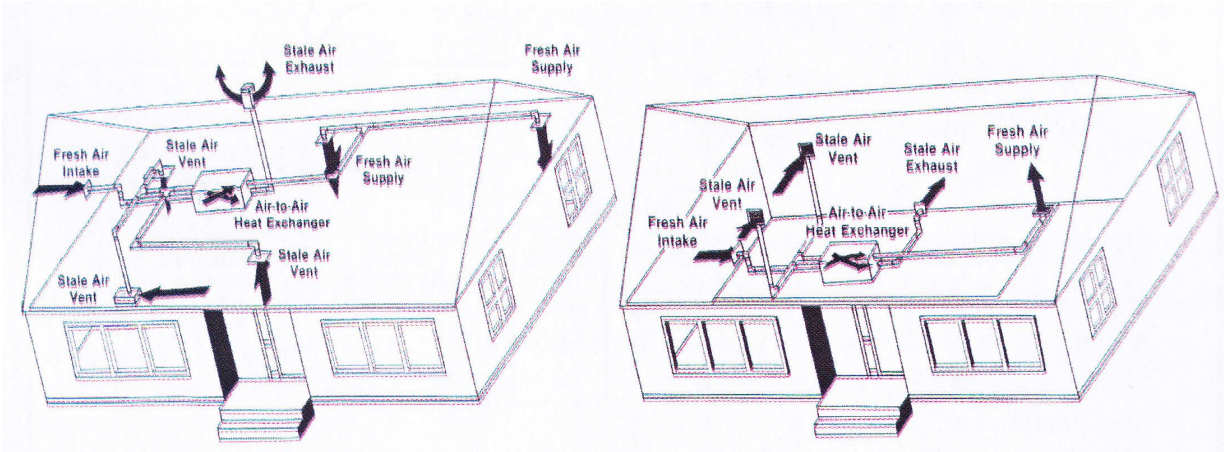
Örneklenen cihazların tamamı, eksenel veya küçük radyal fanlar ile hava sirkülasyonu sağlamaktadır. Cihazların kullanılabilir basınç kayıpları, kullanılan fan tiplerine göre 250 Pascal seviyesine çıkabilmektedir. Bu sayede ve konstrüktif olarak bağlantıya müsait yapıda olmaları kaydıyla, fazla karmaşık ve uzun olmayan kanal bağlantıları ile çalışabilirler. Temizlenebilir hava filtreleri, üç veya beş devirli fanları, yoğuşma suyu drenaj sistemi ve ısı geri kazanım eşanjörüne sahip bu cihazlar, pencere tipi veya kanallı tip iklimlendirme cihazı görüntüsündedirler. Çok özel uygulamalar ve modeller dışında, cihaz içinde son ısıtıcı veya son soğutucu fonksiyonları yoktur. Bu nedenle temiz hava üfleme sıcaklıkları, çalıştıkları iklim koşullarına da bağlı olarak; yaz şartlarında 35ºC olan dış ortam içim 28ºC, kış şartlarında 0ºC olan dış ortam için 14ºC civarındadır. Anlaşılacağı gibi, tek başına ısıtma veya serinletme amacına yönelik kullanılmazlar. Kullanılma amaç ve

yerleri, iklimlendirilen mekanlarda taze hava ihtiyacının karşılanması sırasında kaybedilen ısının bir kısmının geri kazanılmasıdır. (Şahan 1999)



(a) (b)

Şekil 1.17. Konut için ısı geri kazanım uygulaması (a) Yeterli havalandırmaya uygun olmayan basit kanallı bir havadan-havaya ısı eşanjörü, (b) Tüm yapı için uygun havalandırmayı sağlayan bir ısı değiştirici
(KAYNAK: HELLEVANG, K. and PEDERSEN, C. 2009. Air-toAir Heat Exchangers For Healtier Energy-efficient Homes, AE-1393 Healtier Homes Using Air to Air Heat Exchanger. NDSU Extension Service)



Şekil 1.18. Konut ısı geri kazanım uygulaması (a) Tavan arası, (b) bodrum kat yerleşimi
(KAYNAK: HELLEVANG, K. and PEDERSEN, C. 2009. Air-toAir Heat Exchangers For Healtier Energy-efficient Homes, AE-1393 Healtier Homes Using Air to Air Heat Exchanger. NDSU Extension Service)

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Plakalı ısı geri kazanım uygulamaları ile ilgili Demirel (2001), klima santrallerinde ve ev tipi ısı geri kazanımlı havalandırma ünitelerinde kullanılan Plakalı Isı Geri Kazanım Üniteleri (ısı küpleri) ile yine klima santrallerinde kullanılan Isı Geri Kazanım Tamburlarını (Tekerlekleri) incelemiştir. Demirel' e (2001) göre; ülkemizin büyük bir kısmında ısı geri kazanım uygulamalarının başarılı bir şekilde yapılabilmesi için gerekli iklim şartlarının mevcut olduğu, fakat ısı geri kazanım uygulamalarının henüz yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bu sistemlerin yaygınlaşması, bir taraftan enerji ihtiyacını azaltırken, diğer taraftan da yatırımcının işletme masraflarını en aza indirgeyecektir.

Bulgurcu (2001) lokal geri kazanımlı havalandırma cihazlarının temel özellikleri ve tasarım prensiplerini incelenmiş, verim hesaplamalarını örneklerle açıklamıştır. Özellikle bu tip ısı geri kazanım cihazlarının taze hava ihtiyacı gereksinimi duyulan özellikle kahvehane, kafeterya gibi kirlenme hızı yüksek olan küçük işyerlerinde yaygınlaşmasının gerekliliği vurgulanmış ve %50 verimle çalıştığı kabul edilse dahi amortisman süresinin 1 yıl kadar olmasının çok cazip bir avantaj olduğunu vurgulamıştır.

Küçüka (2006) Isı geri kazanım cihazlarının kullanılması ile 4 farklı şehir için (Ankara, İstanbul, İzmir ve Antalya) ısıtma ve soğutma tasarım yüklerinin ne oranda değiştiğini göstermiştir. Bunun için dış sıcaklık için saatlik veriler kullanılarak bölgelere ve çalışma saatlerine göre değişen yıllık toplam ısı kazancı miktarları hesaplanmış ve ayrıca ısı geri kazanım cihazının kullanılmasının ekonomik getirisini ortaya koymuştur. Elde ettiği sonuçlara göre; ısı geri kazanım cihazı kullanılması ile toplam ısı yükündeki azalma, toplam ısı kazancına göre daha yüksektir. Isıtma ve soğutma için yıllık toplam enerji kazancı, Ankara gibi karasal iklime sahip bölgelerimizde daha yüksek olmaktadır. Isı geri kazanım sisteminin geri ödeme süresi; sistemin kapasitesine, yıllık işletme süresine, yakıt fiyatlarına ve yöreye göre değişmektedir.

Şahan (1999) yaptığı çalışmada; Türkiye ılıman iklim kuşağı üzerinde bulunmakta olup, ısı geri kazanımı uygulamasının bir sonuç vermeyeceği tezini çürütmek amacıyla ısı geri kazanım sistemlerinin verimini, örnek bir proje üzerinde ispatlamıştır. Ayrıca sistemin geri kazanımın ekonomik boyutunu da incelenmiştir. Yaptığı çalışmaya göre; havadan havaya plakalı ısı eşanjörleri ile yapılacak ısı geri kazanımı, HVAC uygulaması ilk yatırımını, %100 taze hava uygulaması için %10 seviyesinde, %50 taze hava uygulaması için ise %25 seviyesinde arttırmaktadır. Bu ilk yatırım maliyeti artışına rağmen, yatırımın geri dönüşü; %100 taze hava uygulamaları için 1 yıl, %50 taze hava uygulamaları için 3 yıl civarında olduğunu belirtmektedir. Isı geri kazanımında yalnızca enerji tasarrufu açısından bakıldığında taze hava oranının % kaç olduğuna bakılmaksızın, her 10000 m^3/h egzoz havası için 7 kWh elektrik enerjisi, 3.5 m^3/h doğalgaz tasarrufu edildiğini belirtmektedir.

Plakalı ısı geri kazanım cihazları, bina otomasyon sistemi aracılığıyla incelenmiş, istenen koşullarda çalışıp, çalışmadığını araştırmıştır. Bu tür sistemlerin sıcaklık, nem ve entalpi ile ilişkileri incelenmiş ve doğrudan geçiş damperleri ile havanın soğutmada kullanılmasının daha etkin olduğu gözlenmiştir. Bir ısı geri kazanım sisteminin verimliliğinin, bina otomasyon testleri ile kolayca ve kaliteli bir şekilde test edilebileceği anlaşılmıştır. Yapılan testler sonucu; ısı geri kazanım sistemlerinin, İstanbul iklim koşullarında soğutmada hemen hemen hiç kazanç sağlamadığı, doğrudan geçiş damperleriyle yapılan serbest soğutmanın (free cooling) daha uygun olacağı anlaşılmıştır. Ayrıca bu durumda fanlar üzerinde daha düşük bir yük oluştuğu görülmüştür. Ayrıca ısı geri kazanımının kış döneminde oldukça verimli olduğu, özellikle gece-gündüz, yaz-kış 24 saat çalışan bu tür binalarda ciddi bir kazanç sağladığı ortaya çıkmıştır. (ERCAN, S.M. Bina Otomasyon Sistemi ve Isı Geri Kazanımı (www.alarko-carrier.com.tr/Dosya/BYS/IsiGeriKazanim.pdf) Erişim Tarihi: 04.02.2010).

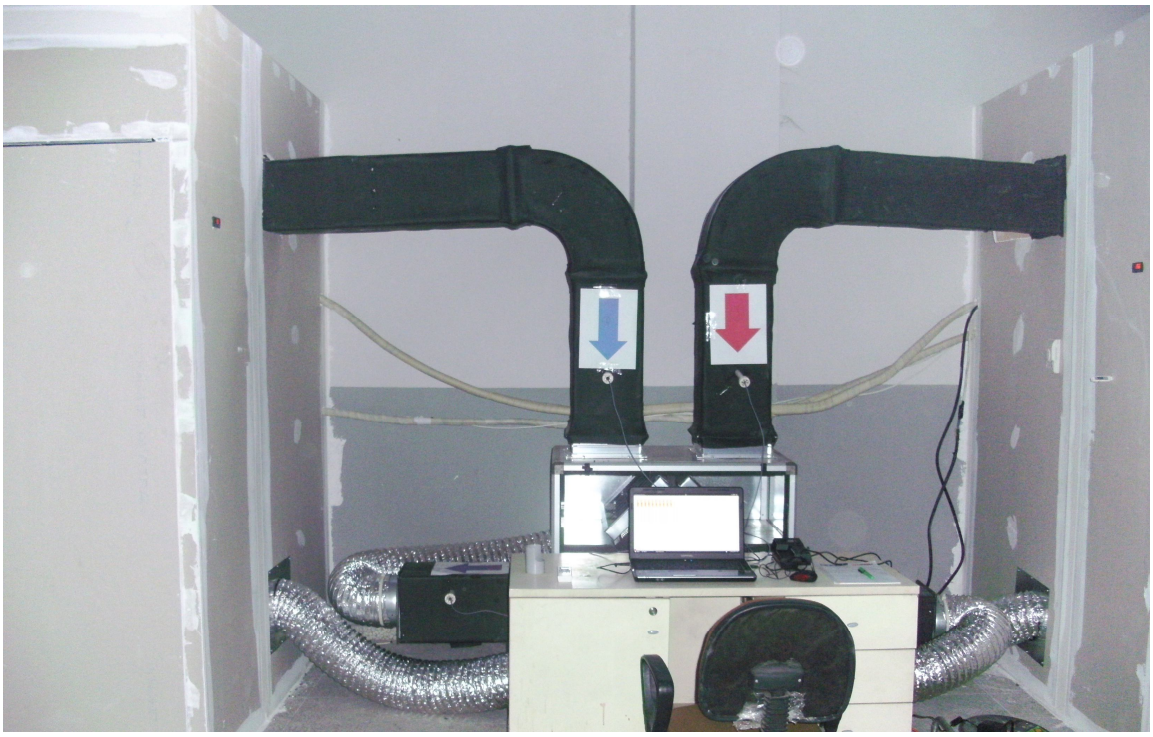
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Deneysel Analiz

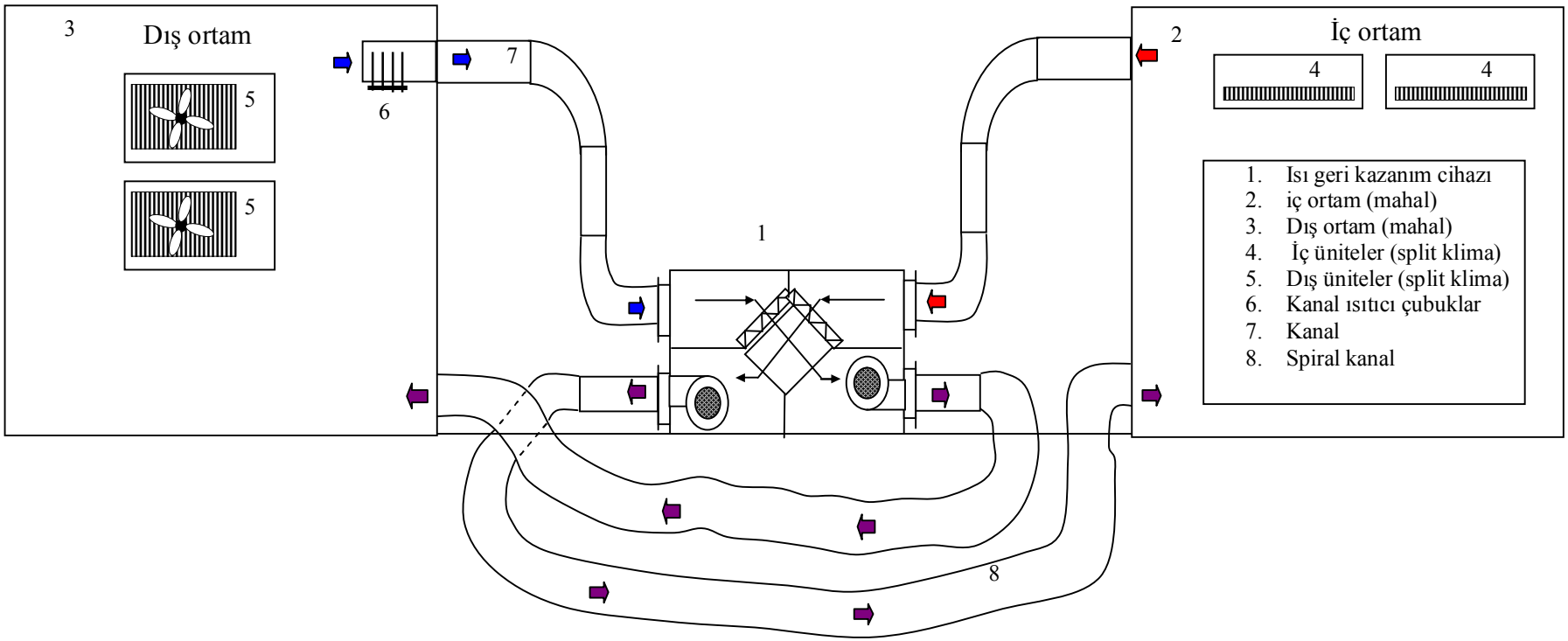
Bu çalışma için tasarlanan deney düzeneği (Şekil 3.1a ve b); iki ayrı test odası ve bu iki odanın ortasına yerleştirilen bir plakalı IGK ünitesinden oluşmaktadır. İç ortam olarak tasarlanan odaya 9000 BTU/h ve 18000 Btu/h olmak üzere 2 adet ısı pompasının iç ünitesi (Şekil 3.2) monte edilirken, dış ortam olarak tasarlanan diğer odaya ise dış üniteler yerleştirilmiştir (Şekil 3.3). Deney esnasında split klima ünitesi ısı pompası olarak çalıştırılmakta, yani iç ortam ısıtılırken, dış ortam soğutulmaktadır. İç ortamda amaç oda sıcaklığını konfor sıcaklığında (22-25ºC aralığında) muhafaza edebilmek iken, dış ortamda ise 0ºC ile 50ºC aralığında sıcaklıkların elde edebilmesidir. Bu şartları oluşturabilmek için duruma göre split klimaların teki veya her ikisi birden devreye sokulmuştur. Bunun yanında yüksek dış ortam sıcaklık şartlarına ulaşabilmek için kanal içerisine yerleştirilmiş ısıtıcı çubuk rezistanslar devreye sokulmuştur (Şekil 3.4). Ayrıca istenilen iç ve dış ortam şartlarının sağlanabilmesi için iç mahalden çıkan ve PIGK ünitesine (Şekil 3.5) giren hava, IGK çıkışından tekrar iç mahal' e, benzer şekilde dış mahalden çıkan ve IGK ünitesine giren hava IGK çıkışında tekrar dış mahal' e spiral kanallar yardımıyla gönderilmektedir. Deneysel verilerin ölçümü esnasında ise; split klimalar çalışırken kanallı ısıtıcıların da devreye alınmasıyla yüksek dış ortam sıcaklığına ulaşılmıştır. Bu arada iç ünite ortam sıcaklığının artması halinde mahal kapısı aralanmak suretiyle içerdeki sıcaklığın konfor şartlarında tutulması sağlanmıştır. Yüksek dış ortam sıcaklığına ulaşıldıktan sonra kanal içindeki ısıtıcılar kapatılmış ve sadece ısı pompaları devrede iken ölçüm alınmaya başlanmıştır. İlk olarak PIGK devrede iken, daha sonra ise hava by-pass edilerek (PIGK devreden çıkarılarak) veriler alınmıştır.

PIGK' nın devreden çıkarılması PIGK ünitesinin özel tasarımı sayesinde gerçekleştirilmiştir. İmalatçı firma IGK eşanjörü arkasında havanın by-pass edilmesini sağlayacak bir bölme bırakmıştır. Bu bölme açılarak havanın bir kısmının oradan geçirilmesi sağlanırken, diğer kısmı ise ısı transferini engellemek için karşılıklı yüzeyleri saç levhalarla kapatılan eşanjörden geçirilmektedir. PIGK ünitesinin 4 ayrı noktasında sıcaklık ve bağıl nem değerleri bir veri kaydedici (data logger) yardımıyla 5 saniye

aralıklarla ölçülerek, bilgisayar ortamına kaydedilmiştir (Şekil 3.6) Daha sonra excell formatına dönüştürülerek, excell' de gerekli entalpi, kapasite, verim hesapları yapılmıştır. Sonuçlar grafikler şeklinde sunulmuştur.



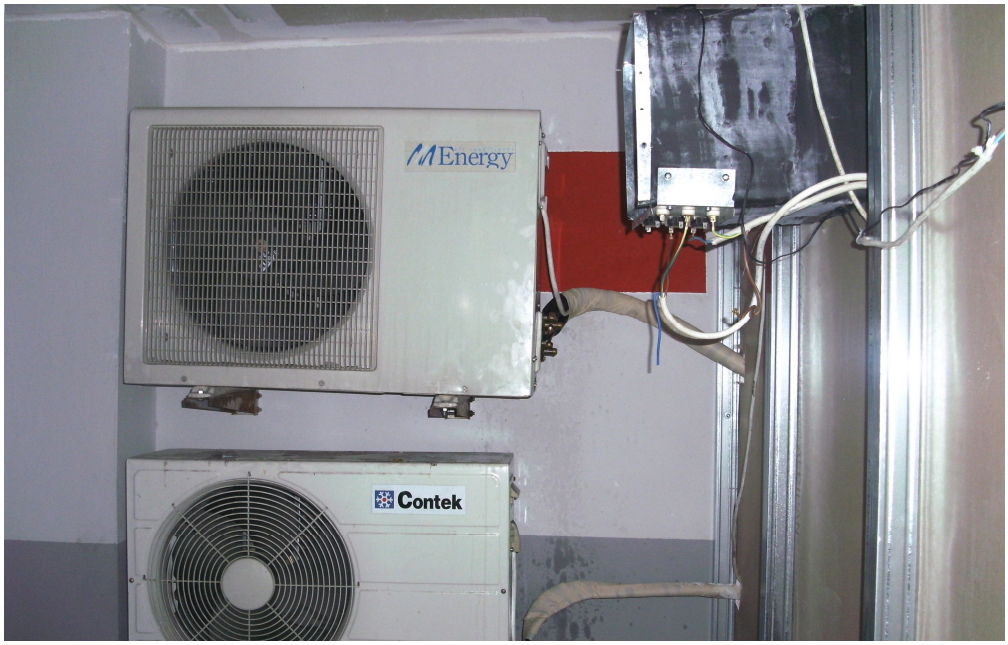
Şekil 3.1a. Deney tesisatı



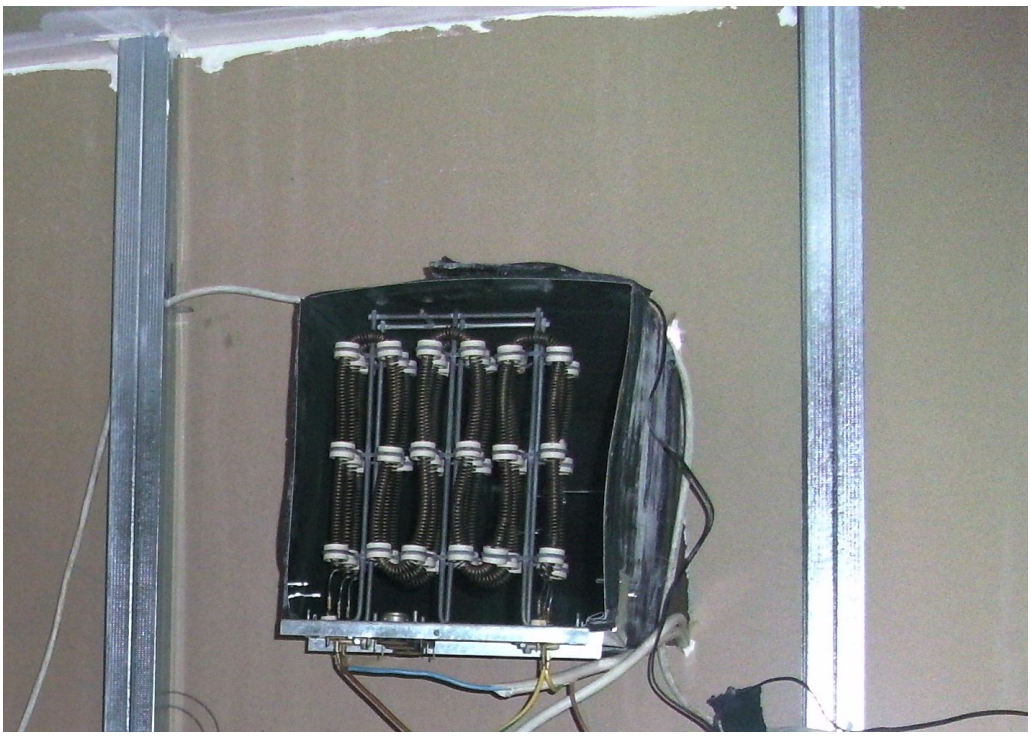
Şekil 3.1b. Deney test ünitesinin şematik resmi



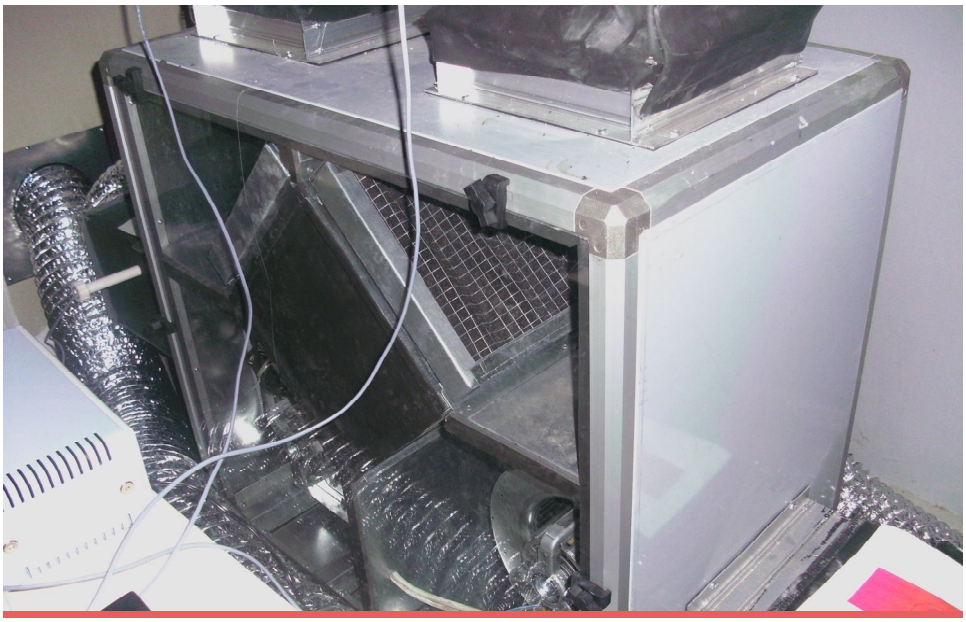
Şekil 3.2. Split klimaların iç üniteleri



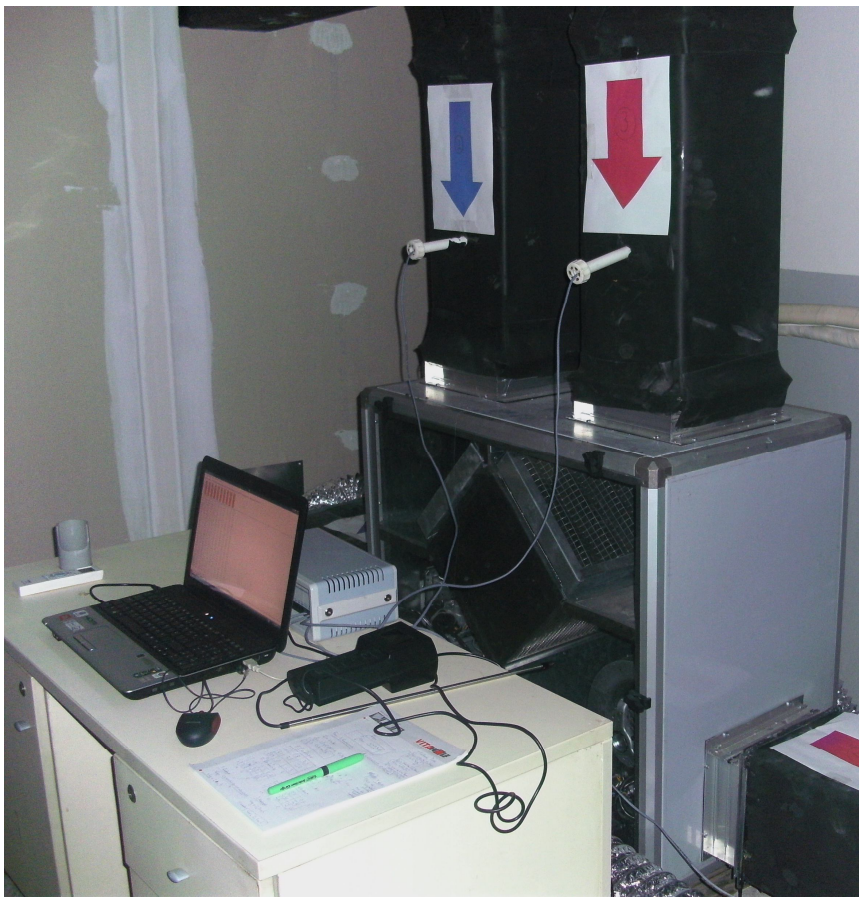
Şekil 3.3. .Split klimaların dış üniteleri



Şekil 3.4. Kanal içerisine yerleştirilen ısıtıcı çubuklar



Şekil 3.5. IGK ünitesi

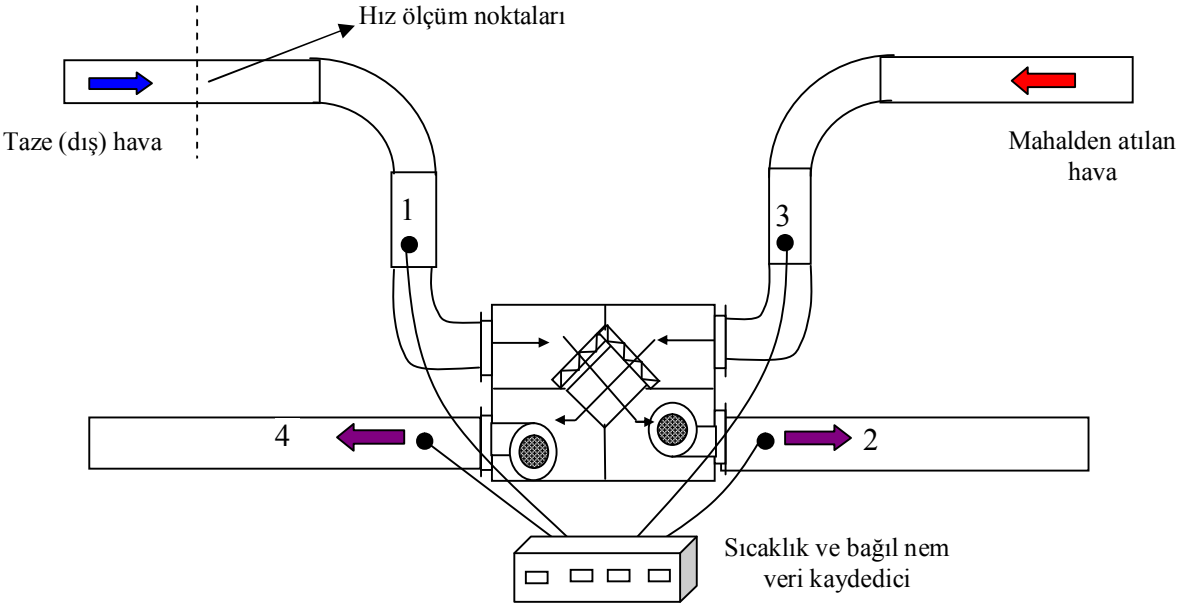


Şekil 3.6. Verilerin kaydedici vasıtasıyla bilgisayara aktarılması

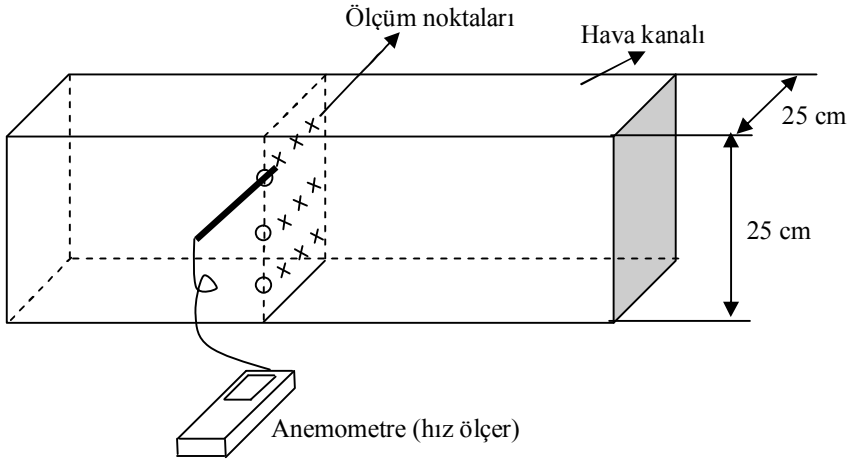
3.1.1. Hız ve Debi Ölçümleri

Hız ölçümü :

Hız ölçümü, Şekil 3.7' de belirtilen noktalardan yapılmıştır.



Şekil 3.7. Hız ve sıcaklık ve bağıl nem ölçüm yerleri

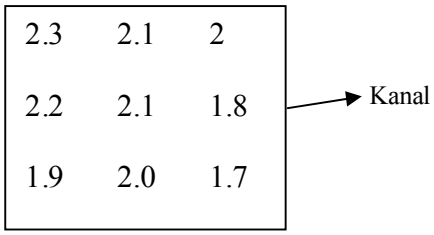


Şekil 3.8. Hız ölçümü

3.1.1.2. PIGK Uygulamasında Ölçüm

Hız ölçümü::

Ölçülen hava hızları Şekil 3.9' da görülmekte olup, bu değerlerin ortalaması alınarak kanaldaki ortalama hız bulunmaktadır.



Şekil 3.9. Hava hızı (m/s) ölçüm değerleri

$$V_a = \frac{2.3+2.1+2+2.2+2.1+1.8+1.9+2.0+1.7}{9} \cong 2\ m/s$$

Hava debisi hesabı:

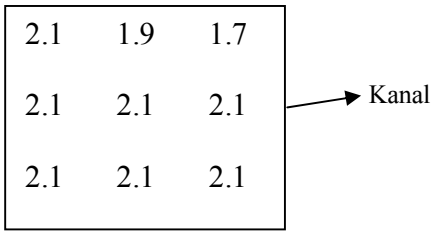
$A_k = 0.25x0.25 = 0.0625\ m^2$ olduğuna göre,

$\dot{V}_a = A_k x\ V_a = 0.0625x\ 2x3600 = 450\ m^3/h$

3.1.1.3. By-Pass Uygulamasında Ölçüm

Hız ölçümü (taze hava tarafı):

By-pass uygulamasında ölçülen hava hızları Şekil 3.10' da görülmekte olup, bu değerlerin ortalaması alınarak kanaldaki ortalama hız bulunmaktadır.



Şekil 3.10. By-pass uygulamasında hava hızı (m/s) değerleri

$$V_a = \frac{2.1+1.9+1.7+2.1+2.1+2.1+2.1+2.1+2.1}{9} \cong 2\ m/s$$

Hava debisi hesabı:

$$\dot{V}_a = A_k x\, V_a = 0.0625x\ 2x3600 = 450\ m^3/h$$

3.1.2. Fanların Akım ve Voltajlarının Ölçümü

Fan Gücü:

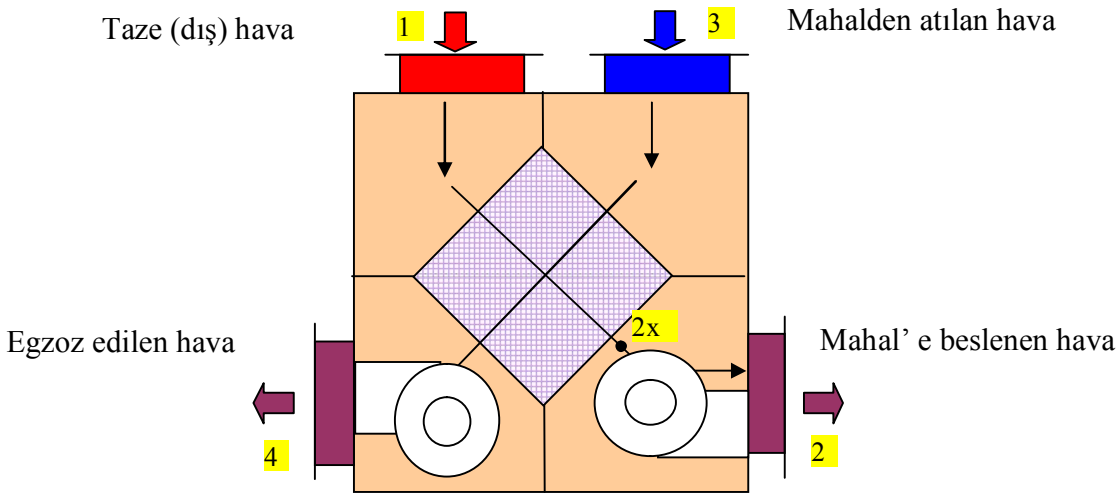
Fanların çektiği akım ve voltaj bir ampermetre ile ölçüldü.

Toplam iki fanın çektiği akım ve voltaj: 1.53 A, 230V

Faz açısı faktörü $\cos\phi = 0.88$ olarak alınmıştır.

3.2. Sayısal Analiz

Şekilde 3.11' de görülen PIGK eşanjörü üzerinde hava giriş çıkışları görülmektedir. (1) noktasında dışarı alınan taze hava ısısını (3) noktasında mahalden atılan ısıya vermekte veya almakta ve mahal' e beslenmektedir (2). Bu arada mahalden atılan ısıda soğuyarak veya ısınarak dışarı atılmaktadır (4). PIGK cihazı hem yaz hem de kış şartlarında sisteme önemli bir enerji tasarrufu sağlamaktadır.



Şekil 3.11. PIGK cihazı hava giriş- çıkış yerlerinin gösterimi

Kütlenin korunumu:

$$\sum \dot{m}_g = \sum \dot{m}_ç$$

$$\dot{m}_1 + \dot{m}_3 = \dot{m}_2 + \dot{m}_4$$

$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}_t$ ve $\dot{m}_3 = \dot{m}_4 = \dot{m}_m$ olduğuna göre

$$\dot{m}_t = \dot{m}_m = \dot{m}_a = \dot{V}_a \rho_a$$

Fanların çektiği toplam güç:

$$\dot{W}_{fan} = V_f I_f Cos\phi$$

Fanların ve IGK gövdesinden olan toplam ısı transfer miktarı:

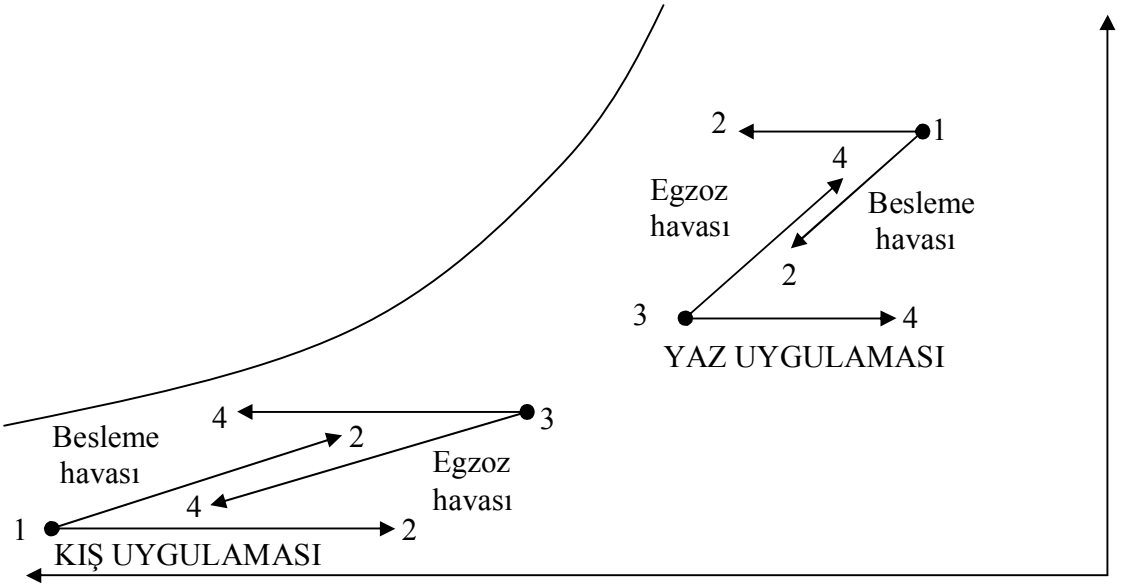
Termodinamiğin I. Kanunu

$$\dot{Q}_{12} - \dot{W}_{12} = H_{ç} - H_{g}$$

$$\dot{Q}_{fan} + \dot{Q}_{IGK} - \dot{W}_{fan} = (\dot{m}_t h_2 + \dot{m}_m h_4) - (\dot{m}_t h_1 - \dot{m}_m h_3)$$

$$\dot{Q}_{fan} + \dot{Q}_{IGK} = \dot{m}_a \left[(h_2 + h_4) - (h_1 + h_3)\right] + \dot{W}_{fan}$$

Yaz Uygulaması: Yaz uygulamasında mahal' e alınacak taze havanın (1) doğrudan içeriye alınması, iklimlendirme sistemine oldukça önemli bir yük getirmektedir. İçeriye alınan taze hava içeriye girmeden önce bu yükün bir kısmını, dış ortam sıcaklığından daha düşük sıcaklıkta olan mahalden atılan havaya (3) vererek soğur ve mahal' e öyle gönderilir (2). Bu arada mahalden atılan hava ısınarak dışarıya atılır (4). Bu işlem PIGK cihazıyla gerçekleştirilir. Bu işlemler sırasında atılan ve geri kazanılan enerji miktarları aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanabilir.



Şekil 3.12. PIGK cihazlarında yaz ve kış uygulamalarında gerçekleşen proseslerin psikrometrik diyagramda gösterimi

Atılan enerji miktarı:

$$\dot{Q}_w = \dot{V}_a \rho_a (h_1 - h_3) \quad (1)$$

Geri kazanılan enerji miktarı:

$$\dot{Q}_{hr} = \dot{V}_a \rho_a (h_1 - h_2) \quad (2)$$

Geri kazanılan enerjinin yüzdesi (verim):

$$\%\eta = \frac{\dot{Q}_{hr}}{\dot{Q}_w} = \frac{h1 - h2}{h1 - h3} x100 \quad (3)$$

Kış uygulaması: Kış uygulamasında mahal' e alınacak taze havanın (1) doğrudan içeriye alınması, iklimlendirme sistemine oldukça önemli bir yük getirmektedir. İçeriye alınan taze hava içeriye girmeden önce bu yükün bir kısmını, dış ortam sıcaklığından daha düşük sıcaklıkta olan mahalden atılan havadan (3) alınarak ısınır ve mahal' e öyle gönderilir (2). Bu arada mahalden atılan hava soğuyarak dışarıya atılır (4). Bu işlem PIGK cihazıyla gerçekleştirilir. Bu işlemler sırasında atılan ve geri kazanılan enerji miktarları aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanabilir.

Atılan enerji miktarı:

$$\dot{Q}_w = \dot{V}_a \rho_a (h_3 - h_1) \quad (4)$$

Geri kazanılan enerji miktarı:

$$\dot{Q}_{hr} = \dot{V}_a \rho_a (h_2 - h_1) \quad (5)$$

Geri kazanılan enerjinin yüzdesi (verim):

$$\%\eta_{hr} = \frac{\dot{Q}_{hr}}{\dot{Q}_w} = \frac{h2 - h1}{h3 - h1} x100 \quad (6)$$

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

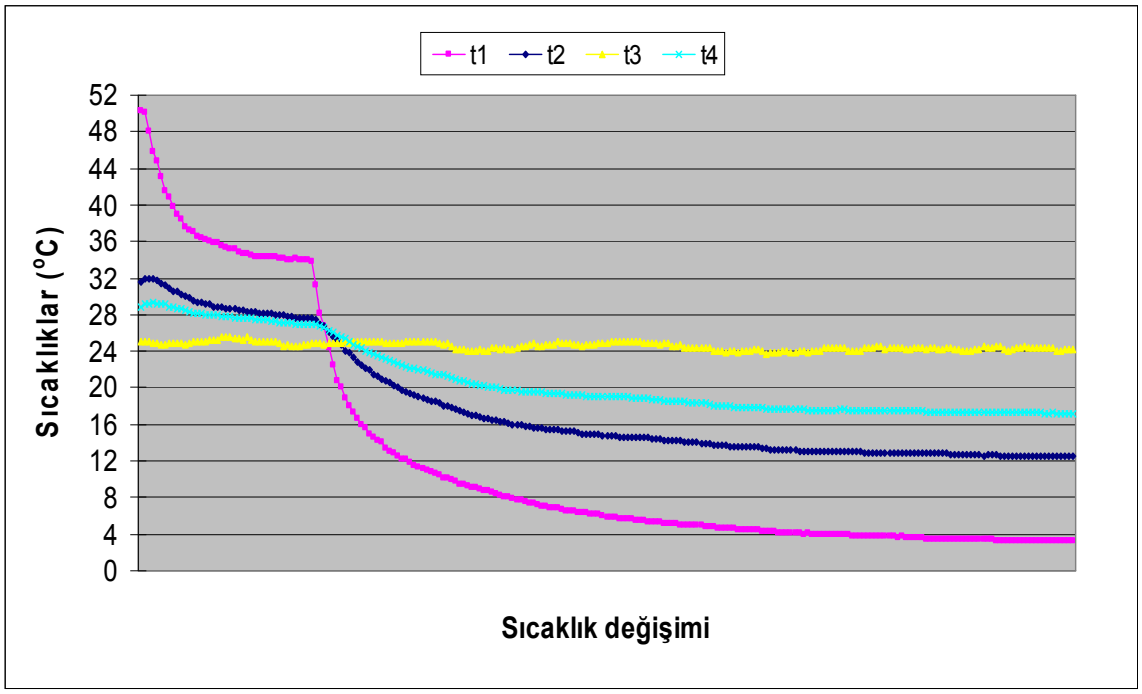
Bu çalışmada, iç ve dış ortam şartlarının oluşturulduğu iki ayrı test odası ve bunların arasına yerleştirilen ve kanallar yardımıyla odalara bağlanan bir PIGK ünitesinden oluşan deney düzeneği yardımıyla, iki farklı test gerçekleştirilmiştir. Birincisinde, PIGK devredeyken dış ortamdan alınan taze hava PIGK ünitesinden geçirilerek, mahalden dışarıya atılan egzoz havasının ısısını almakta veya ısı vermekte (yaz ve kış uygulamasına göre) ve böylelikle bir kazanç sağlanmaktadır. İkincisinde ise PIGK devresi devreden çıkarılmak suretiyle, taze hava doğrudan mahal'e gönderilmiş ve mahalden egzoz edilen hava ise doğrudan dışarıya atılmıştır (by-pass uygulaması). Yapılan bu testlerdeki amaç yaz ve kış uygulamasında sürekli devrede olan bu PIGK cihazlarının her dış ortam şartında verimli olup olmadığını tespit etmeye yöneliktir. Bu nedenle PIGK devrede ve değil iken testler gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar bu bölümde grafikler olarak ortaya konmuştur.

Bu çalışma esnasında laboratuar ortam sıcaklığı yaklaşık 9ºC civarındadır. Deney esnasında dış ünitelerin konduğu test odasında yaklaşık 3 ila 50ºC sıcaklık aralığında dış ortam şartları oluşturulurken, iç ünitelerin konduğu ve iç ortamı oluşturan test odasında ise konfor sıcaklığı 22 ile 25ºC sıcaklık şartlarında tutulmaya çalışılmıştır.

4.1. PIGK ünitesi devrede

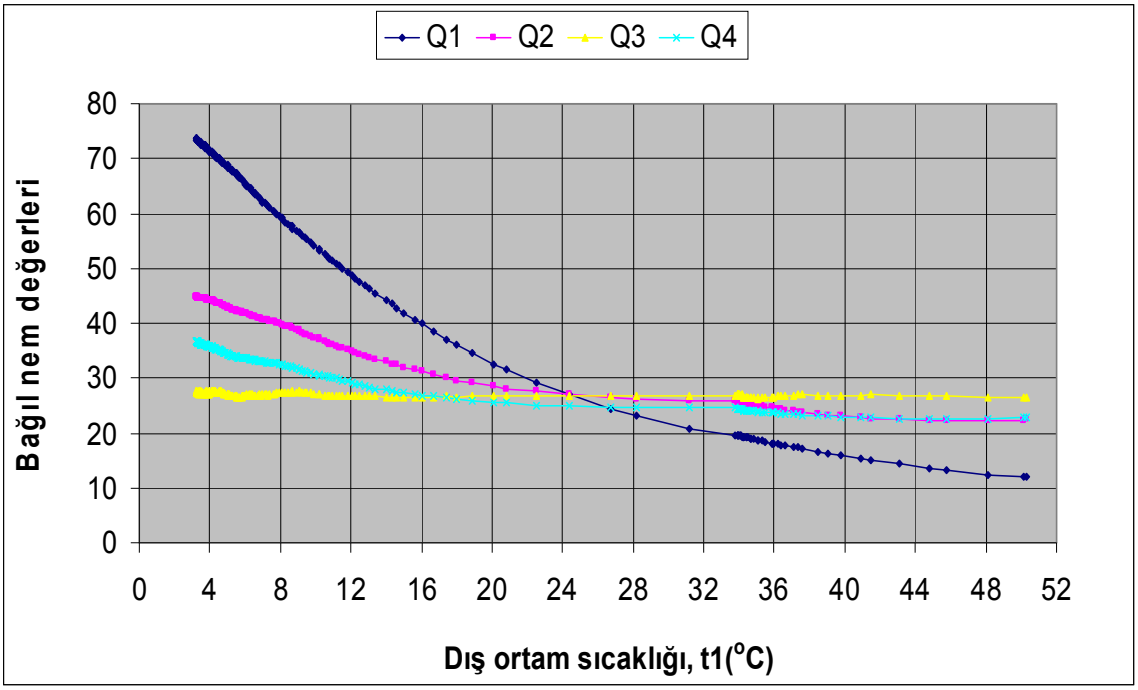
Yaklaşık 9 ºC sıcaklıkta laboratuar şartlarında, 450 m^3/h fan debisinde dış ve iç ortam sıcaklık ve bağıl nem değerleri Şekil 4.1 ve 4.2' de görülmektedir. Bilindiği gibi PIGK ünitesinde atılan hava (iç) enerjisini, içeriye alınan taze (dış) havaya vermek suretiyle önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Şekil 4.1' de dış ortam (t_1) sıcaklığı 3 ile 50 ºC aralığında değişirken, iç ortam sıcaklığı (t_3) yaklaşık 25 ºC sıcaklıkta sabit tutulmaktadır. 50 ºC dış ortam sıcaklığında PIGK ünitesine giren hava yaklaşık 32 ºC' de çıkarken (Δt=18 ºC) , 25 ºC iç ortam havası da yaklaşık 29 ºC' de dışarı atılmaktadır (Δt=5 ºC). Bu fark 34 ºC dış ortam sıcaklığına kadar hızla azalarak sırasıyla 6.5 ºC ve 1 ºC' e kadar düşmüştür. Burada sıcaklık farklarının bu kadar büyük çıkmasının sebebi, IGK ünitesinin 9 ºC ortam

şartlarında bulunmasıdır. IGK gövdesi 2cm kalınlığında poliüretan paneller ve bir yüzeyi ise test cihazı olması sebebiyle şeffaf bir malzemeden yapılmıştır. Bu sebeple +50 ºC sıcaklıkta giren dış hava ısısını sadece egzoz havasına değil aynı zamanda santral yüzeyini çevreleyen ortama da aktarmaktadır. Eğer IGK cihazları şartlandırılan mahal içerisine yerleştirilmiş ise panel kalınlıkları daha bir önem arz etmektedir. Buradan görüldüğü üzere IGK cihazlarının yalıtımının arttırılması verimliliği arttıran bir faktör olacaktır. Dikkat edilmesi gereken bir başka önemli nokta ise; yaklaşık 24 ve 28 ºC sıcaklık aralıklarında bütün sıcaklık eğrilerinin birbirine çok yaklaştığı, sıcaklık farklarının kalmadığı, 24 ºC' den daha düşük sıcaklıklarda bu farkın açıldığı net bir şekilde görülmektedir. 3 ºC dış ortam sıcaklığında PIGK ünitesine giren hava sıcaklığı 12.5 ºC' e çıkarken (Δt=9.5 ºC), 25 ºC iç ortam havası da yaklaşık 17 ºC' de dışarı atılmaktadır (Δt=8 ºC) (Şekil 4.1). İç ortam ve dış ortam sıcaklıkları arasındaki fark arttıkça verimlilikte artmaktadır.

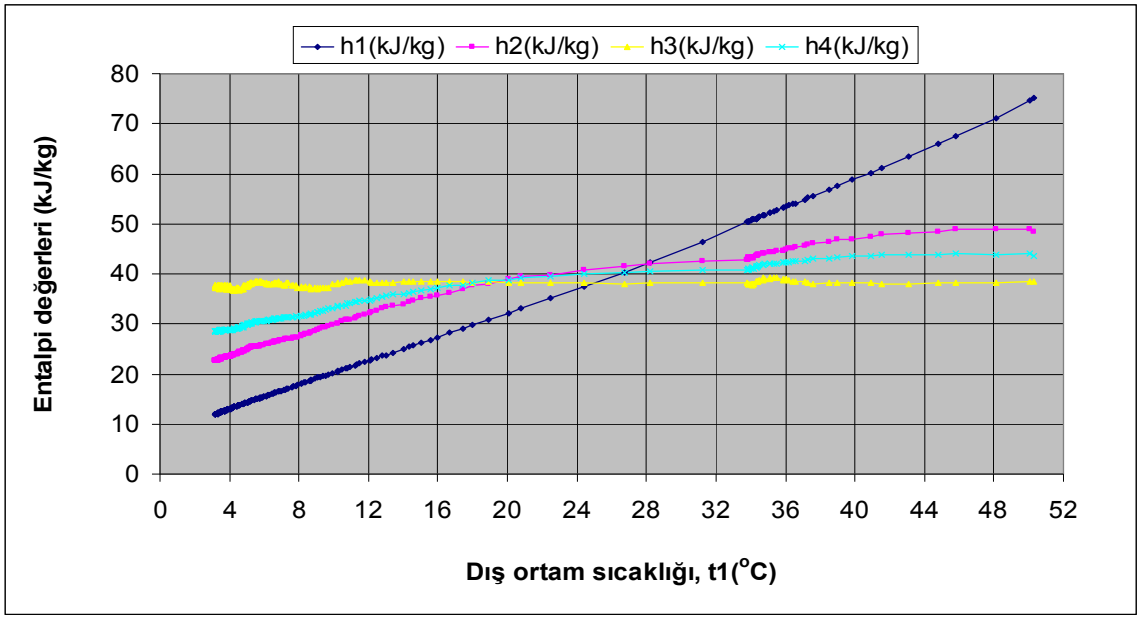


Şekil 4.1. PIGK giriş ve çıkış havası sıcaklık değerleri

Deneysel çalışmada iç ve dış ortamda nem kontrolü yapılmamaktadır. Deney kış günlerinde yapıldığı için iç ortam bağıl nem değerleri sürekli yapılan ısıtmadan dolayı yaklaşık %30 civarında seyretmektedir. Sistemde sıcaklık artışlarıyla birlikte bağıl nem değerleri de düşmektedir (Şekil 4.2.). Dış ortam sıcaklığının artmasıyla birlikte PIGK ünitesine giren dış hava entalpisi artarken, iç ortam sıcaklık ve nem değerleri sabit tutulduğundan, entalpi değerinde bir değişme olmamaktadır. PIGK ünitesi çıkışındaki havanın (h2 ve h4) entalpi değerleri birbirine benzer bir artış eğilimi göstermektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.2. PIGK ünitesi giriş ve çıkış havası bağıl nem değerleri



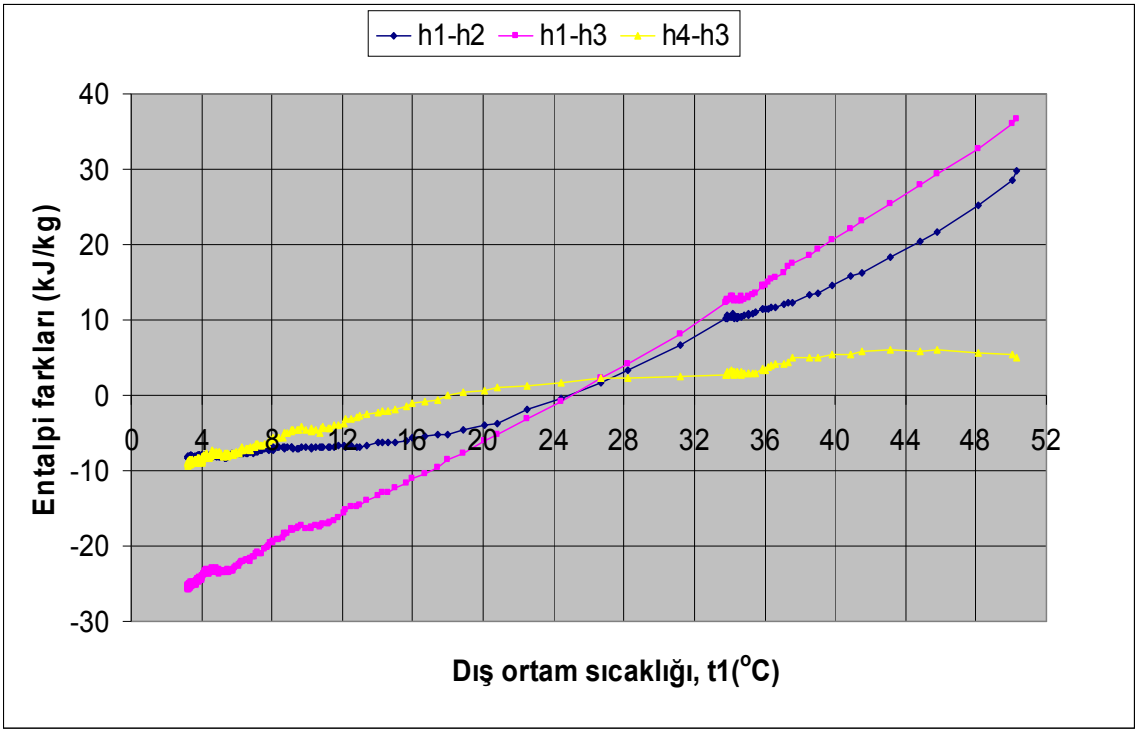
Şekil 4.3. PIGK ünitesi giriş ve çıkışındaki entalpi değerleri

PIGK ünitesi giriş ve çıkışındaki entalpi farkları Şekil 4.4' de görülmektedir. Dış ortam havası PIGK giriş çıkış entalpi farkı (h1-h2) 28ºC dış ortam sıcaklığında sıfır olurken, iç ortamdan egzoz edilen havanın PIGK giriş ve çıkış entalpi farkı (h4-h3) ise 18ºC dış ortam sıcaklığında sıfır olmaktadır (Şekil 4.4). 25 ºC ortam sıcaklığında (h1-h2) ve (h1-h3) entalpi farkları sıfır değerini almaktadır. Verim bu iki entalpi farkının oranı olduğuna göre bu sıcaklıkta verim sıfırdır.

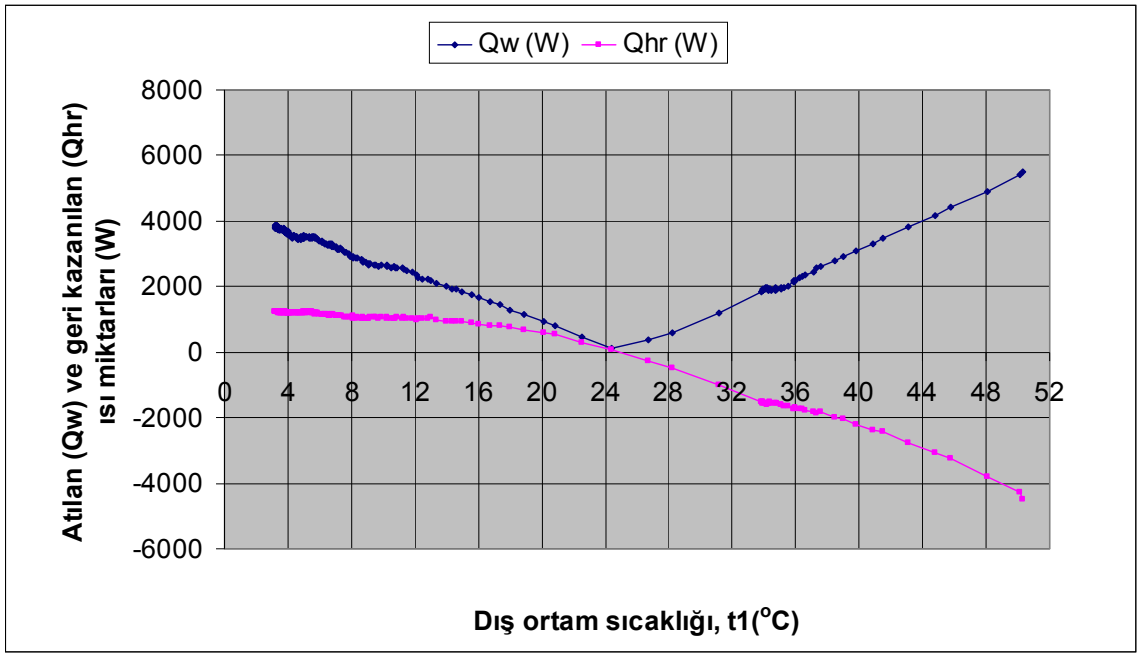
Şekil 4.5' de PIGK ünitesinde atılan ve geri kazanılan ısı miktarlarının değişimi görülmektedir. Yaklaşık 3ºC dış ortam sıcaklığında geri kazanılan ısı miktarı 1600 W iken, atılan ısı miktarı yaklaşık 3800 W' dır. Bu iki değer, yaklaşık 25 ºC' de sıfır değerini alırken, geri kazanılan ısı miktarı da azalarak yaklaşık 25 ºC' de sıfır değerini almaktadır.

Şekil 4.6' da dış ortam sıcaklığına bağlı olarak PIGK ünitesinin verim eğrisi görülmektedir. Görüldüğü gibi, dış ortam sıcaklığı 25ºC' in altında ise ısıtma şartlarında verim değeri pozitif iken, 25 ºC' nin üzerinde verim negatif durumdadır. 25 ºC' de ise verim sıfır değerindedir. Kış şartlarında verim eğrisinin maksimum değere ulaştığı dış ortam sıcaklığı yaklaşık 21 ºC dir. Bu sıcaklık aralığı (21-26.5 ºC) dikkat edilmesi gereken bir sıcaklık aralığıdır. Bu sıcaklık aralığında ısı geri kazanım cihazının devrede olması

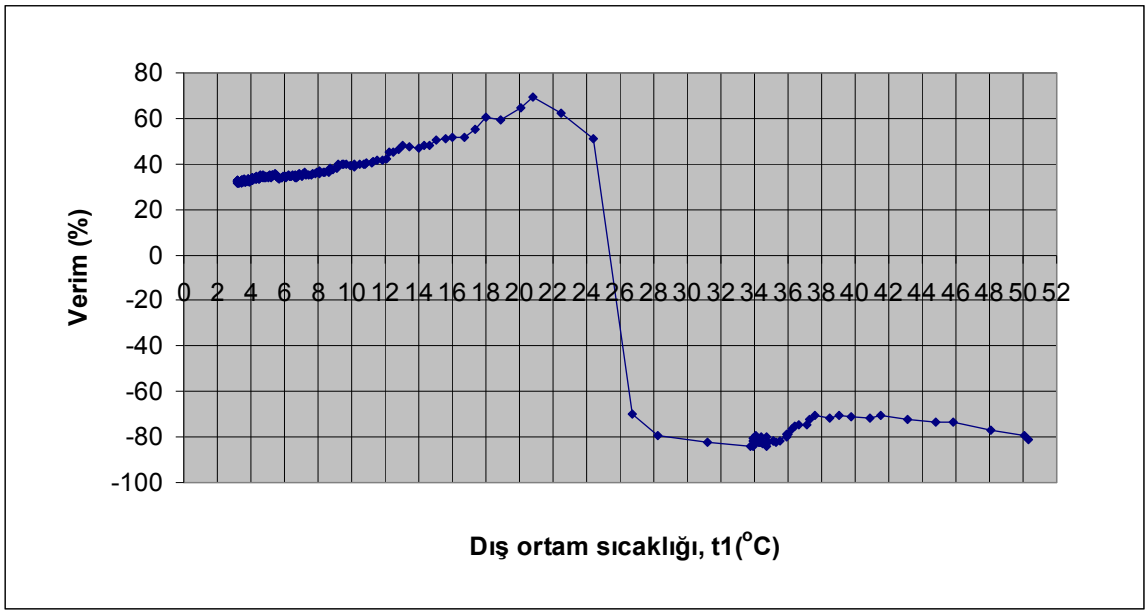
durumunda kazançtan çok kayıp söz konusu olacaktır. Bunun için dış ortam sıcaklığı 21 ºC ve üzerinde ise ve iç ortamda ısıtma ihtiyacı var ise, sistemin by-pass pozisyonunda çalıştırılması uygun olacaktır. Ayrıca Şekil 4.6' da görülmektedir ki kış şartlarında (3 ºC-25 ºC) verim ortalaması yaklaşık %46 olurken, yaz şartlarında (25 ºC-50 ºC) ise verim değeri %78 olduğu görülmektedir. Yaz şartlarında verimin yüksek çıkmasının en önemli sebebi, deney yapılan ortam sıcaklığının 9 ºC olması olarak açıklanabilir. Sıcak hava ısısının bir kısmını PIGK ünitesinde atılan havaya verirken, diğer taraftan 9 ºC olan ortama vermektedir. Bu da verimi arttırmaktadır. Aynı deneyin yaz aylarında daha sıcak bir ortam sıcaklığında yapılması halinde daha sağlıklı verim değerlerinin elde edilmesi aşikardır.



Şekil 4.4. PIGK ünitesi giriş ve çıkışındaki entalpi farkları



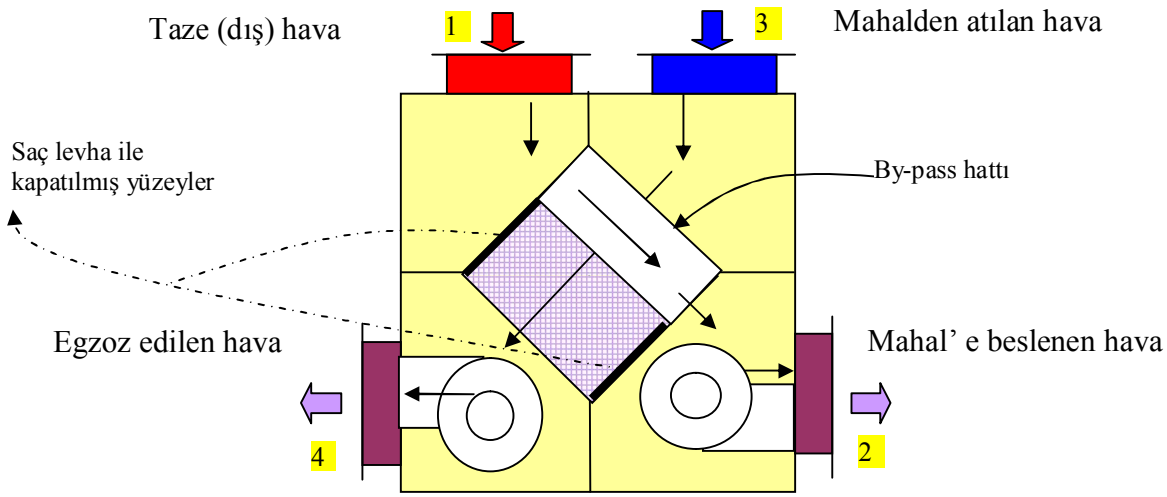
Şekil 4.5. PIGK ünitesinde atılan ve geri kazanılan ısı miktarları



Şekil 4.6. PIGK ünitesi verimi

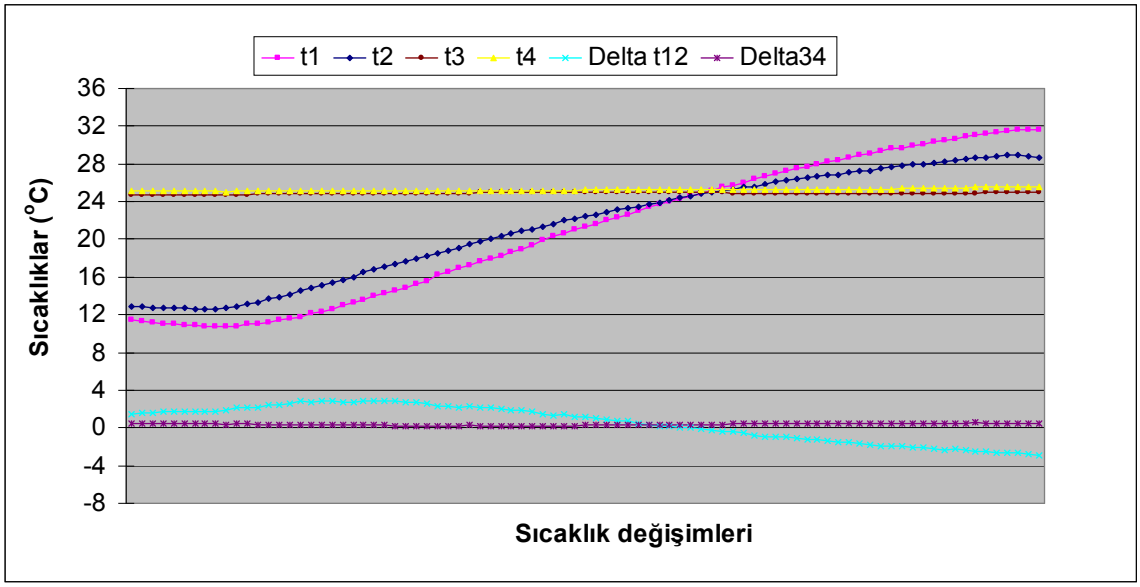
4.2. By-Pass Uygulaması (PIGK ünitesi devrede değil)

By- pass uygulaması, dış ortamdan alınan taze hava ile iç ortamdan tahliye edilen egzoz havasının birbirleriyle herhangi bir ısı transferi olmaksızın, karışmadan ayrı kanallardan gönderilmesi işlemidir. By-pass işlemi iki şekilde gerçekleştirilebilir. Birinci by-pass uygulaması için, bir by pass damperi ve kanalına, IGK devresi kesme damperine, dönüş havası ile IGK eşanjöründen çıkan taze hava sıcaklığını okuyan sensörlere, bu sıcaklıkları yorumlayan sıcaklık ünitesine ve damper motorlarına ihtiyaç vardır. Sıcaklık sensörleri yanına nem sensörleri de ilave edilerek uygulama daha konforlu hale de getirilebilir (Bkz. Şekil 1.9). İkincisinde ise PIGK üniteleri içinde gerçekleştirilen tasarımlarla by-pass uygulaması gerçekleştirilebilir. Bu üniteler içerisinde tasarlanan by-pass hattı ile, taze hava ile egzoz havası ayrı bölmelerden geçirilir. Bu çalışmada, PIGK ünitesi içerisinde imalatçı firma tarafından tasarlanmış by-pass hattı kullanılarak işlem gerçekleştirilmiştir. By-pass uygulamasında bu hat açılıp, IGK eşanjörünün diğer iki yüzü saç levhalarla kapatılarak taze ve egzoz havalarının ayrı bölmelerden geçirilmesi sağlanmıştır. By-pass uygulaması esnasında sistemde mevcut sıcaklık ve nem değişimleri Şekil 4.8 ve 4.9'da görülmektedir. By-pass uygulaması test çalışması esnasında laboratuar çalışma şartları yaklaşık 12 ºC dir.

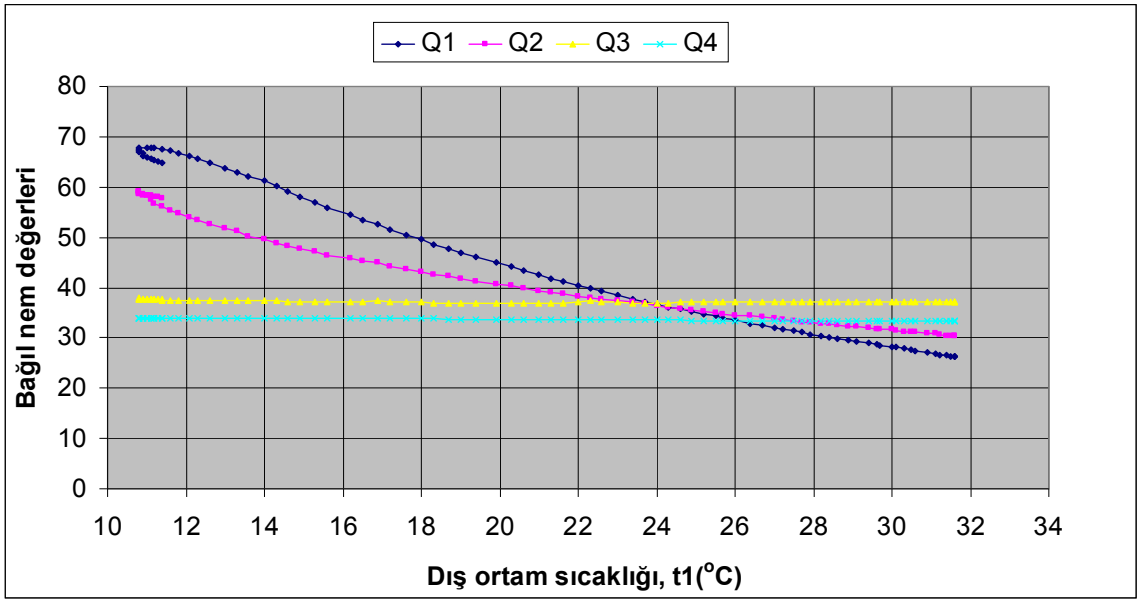


Şekil 4.7. By-pass hatlı PIGK ünitesi

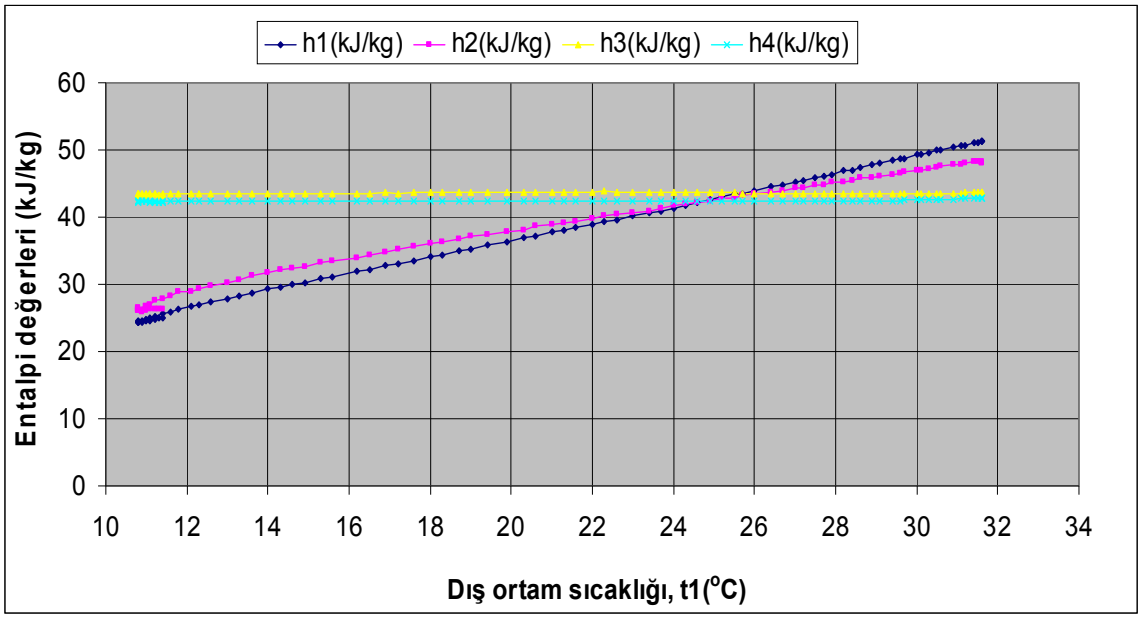
By-pass uygulamasında PIGK ünitesi devre dışı bırakıldığı için 1 noktasından giren dış (taze) hava 2 noktasında mahal' e gönderilmektedir. 3 noktasında mahalden çıkan hava 4 noktasında egzoz edilmektedir. Görüldüğü gibi, ısı geri kazanım cihazı devre dışı ve bu yüzden ısı transferi gerçekleşmediğinden, sıcaklıklar arasında önemli bir artış görülmemiştir. Ünite içerisinde ısı kaynağı olarak fanların bulunmasından dolayı, bunlardan kaynaklanan bir sıcaklık artışı 1-2 hattında görülmektedir. Yaklaşık 25ºC sıcaklığına kadar ünite çıkışındaki hava sıcaklığı, üniteye giren dış ortam sıcaklığından 2-3 ºC daha sıcak olduğu görülürken, 25ºC' den sonra ünite çıkışındaki hava sıcaklığı, girişteki hava sıcaklıktan daha düşük olduğu görülmüştür. Entalpi değişimi de benzer bir eğilim göstermektedir (Şekil 4.10).



Şekil 4.8 By-pass uygulamasında sıcaklık değişimleri



Şekil 4.9. By-pass uygulamasında bağıl nem değişimi

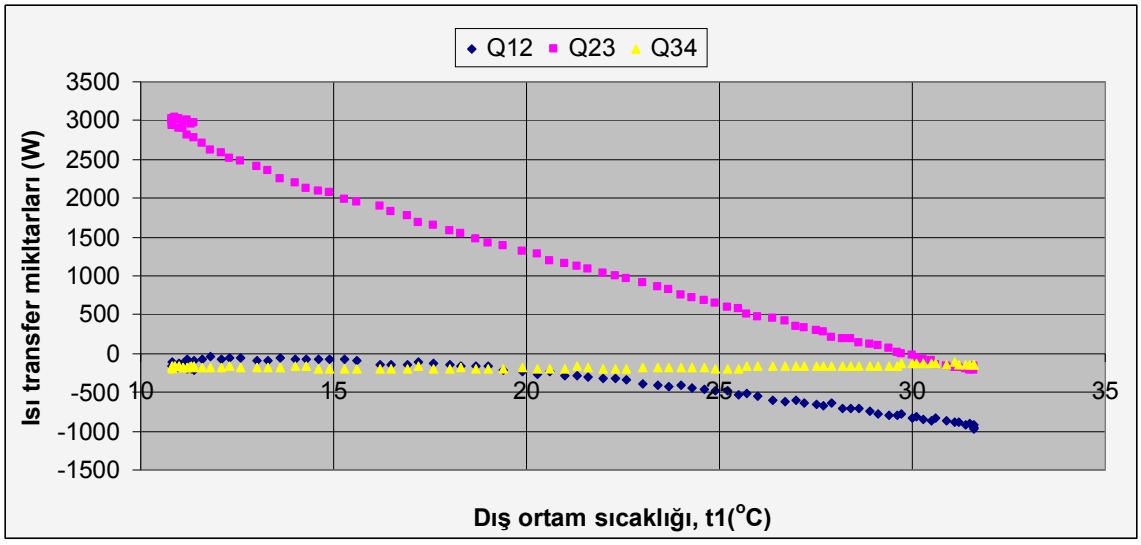


Şekil 4.10. By-pass uygulamasında entalpi değişimleri

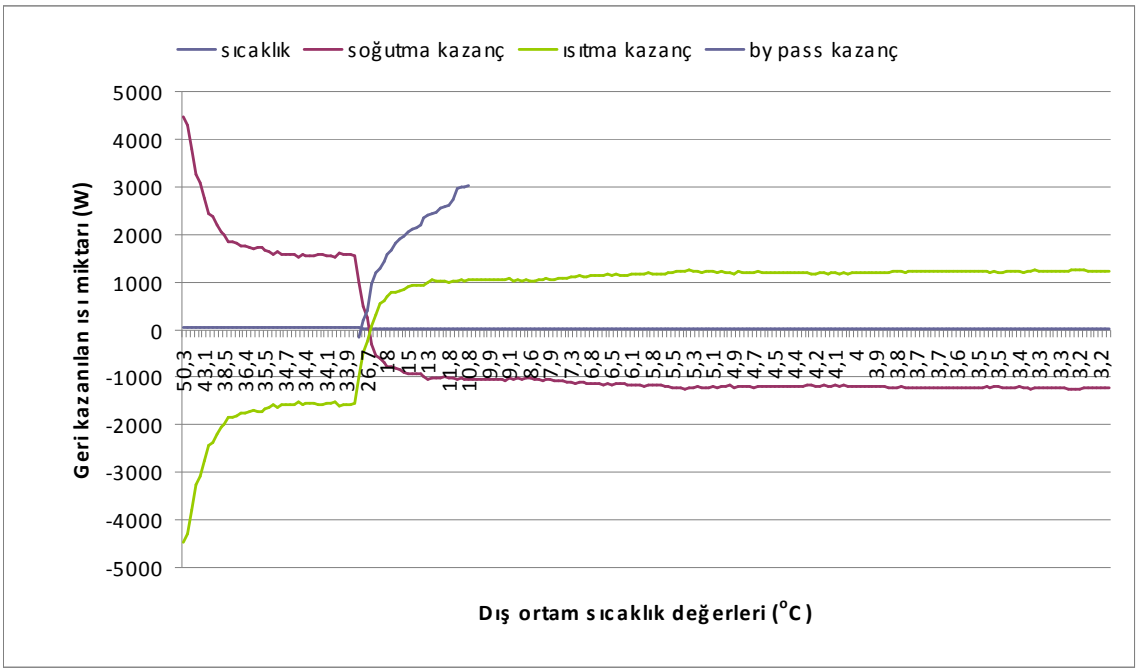
By-pass hattının bulunduğu PIGK ünitesine giren ve çıkan havanın gerçekleştiği ısı transfer miktarları Şekil 4.11' de görülmektedir. Her iki kanaldan gelen havalar bu ünite içerisinde birbirleriyle ısı transferinde bulunmamalarına rağmen, ünite içerisinde mevcut 2

adet fan gövdesinden yayılan ısı miktarı da olmasına rağmen, ünite ile çevre arasında ısı transferi mevcuttur. Şekil 4.11' de sarı eğri 3-4 hattını, mavi eğri ise 1-2 hattını göstermektedir. Görüldüğü üzere 12ºC dış ortam sıcaklığında PIGK ünitesine giren havanın çıkıştaki enerjisi düşmektedir. By-pass uygulaması sırasında test edilen laboratuar ortam sıcaklığı 12ºC olduğundan çevreye ısı transferi olduğu için PIGK ünitesinden çıkan havaların enerjileri azalmaktadır. Şekil 4.11' de dış ortam sıcaklığı arttığında, IGK ünitesinden çevreye olan ısı transferinin de arttığı görülmektedir. Bu da PIGK hücre yapısının yalıtım kalınlığının önemli olduğunun göstergesidir.

Mahalden uzaklaştırılan havanın (3) enerjisi ile PIGK ünitesinden by-pass uygulamasıyla doğrudan mahal' e gönderilen taze havanın enerjisi (2) arasındaki enerji farkı 10 ile 25ºC dış ortam sıcaklık aralığında 3000W ile 650W aralığında değişmektedir. Bu değer by-pass uygulamasında elde edilen kazançtır. Bu kazanç 450 m^3/h için hesaplanmıştır. Daha yüksek fan debilerinde kazancın, debiyle doğru orantılı olarak artacağı aşikardır.



Şekil 4.11. By-pass uygulamasında PIGK ünitesine giren ve çıkan havanın ısı transfer miktarları



Şekil 4.12 Dış ortam sıcaklık değerlerine bağlı olarak IGK devrede ve by-pass uygulamalarında geri kazanılan ısı miktarları

Şekil 4.12' de görüldüğü üzere; özellikle dış sıcaklığın 25 ºC ve altında olduğu zamanlarda eğer iç ortamda soğutma ihtiyacı var ise ve IGK ünitesi devrede ise negatif yönde bir ısı geri kazanımı söz konusudur. Bu durumda IGK ünitesi devreden çıkartılıp by-pass uygulamasına geçilmesi gerekmektedir. Böylelikle negatif olan ısı geri kazanım pozitif hale dönüştürülerek, enerji tasarrufunun sürekliliği sağlanacaktır.

Ankara, İstanbul ve İzmir illerimiz için saatlik dış sıcaklık dağılımları Ek 2' de verilmektedir. Bu değerler, ASHRAE Handbook 2001 yayınını referans alan Carrier Hourly Analysis Program 4.30 adlı hesap programından alınmıştır.

EK 2' den görüldüğü gibi, özellikle Ankara ve İstanbul' da yaz şartlarında by-pass devresinin kullanılacağı saatin PIGK ünitesinin devrede tutulması için gereken saatten daha fazla olduğu görülmektedir. İzmir için ise kış şartlarında bile by-pass devresinin çalıştırılmasının verimliliği arttıracağı görülmektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

PIGK üniteleri iklimlendirme ve havalandırma uygulamalarında ısı kazancı sağlayan cihazlar olarak bilinirler. Bu çalışmada bu cihazların her dış ortam şartlarında verimli çalışmadıkları ispatlanmaya çalışılmıştır. Bazı kış günlerinde sıcaklıkların 25-26 ºC' lere yükseldiği, bazı yaz gecelerinde 13-14 ºC sıcaklık değerlerine kadar düştüğü illerimizin olduğu Ek 2' de görülmektedir. Bu sebeple verimliliğin arttırılması ve enerji tasarrufunun sağlanması için PIGK ünitelerinin by-pass devresi ile birlikte imal edilmeli veya by-pass devresi hattının kurulması gereklidir. Özellikle dış sıcaklığın 14 ºC ile 20 ºC aralığında bulunduğu yaz günlerinde ve dış ortam sıcaklığının 21 ºC ve üzerinde olduğu kış günlerinde, PIGK ünitesinin devrede olması pozitif etki yerine negatif etki yarattıkları ortaya konmuştur. Yani bu sıcaklık aralığında ısı geri kazanım cihazının devrede olması durumunda kazançtan çok kayıp söz konusu olacaktır.

PIGK üniteleri bazen şartlandırılan mahal içine yerleştirilirken, bazen de dış ortama konmak zorundadırlar. Eğer IGK cihazları şartlandırılan mahal içerisine yerleştirilmiş ise panel kalınlıkları daha bir önem arz etmektedir. Çünkü sıcaklık farkından dolayı meydana gelecek ısı transferi verimi düşürecektir. Bu çalışmada PIGK cihazlarının yalıtımının arttırılması verimliliği arttıran bir faktör olarak tespit edilmiştir.

İki tip by-pass uygulamasından söz edilmişti. By-pass kanalları vasıtasıyla havayı PIGK ünitesi dışında by-pass kanallarından geçirmek veya PIGK ünitesi içerisinde by-pass bölmesi yapmak suretiyle taze havayı by-pass hattından, egzoz havasını eşanjörden geçirerek gerçekleştirilmektedir. Bilindiği gibi, PIGK ünitesi devredeyken, eşanjör içerisinden geçen hava oldukça ciddi bir dirençle karşılaşır ve bu basınç kaybını yenmek için fan daha çok enerji harcar. By-pass uygulamasında havanın eşanjörden geçirilmemesi durumunda ise fanın çektiği enerji azalır ve hava hızı artacağı için debi de artacaktır. Bu da önemli bir kazançtır. Bu çalışmada by-pass uygulaması PIGK ünitesi içerisinde gerçekleştiği için bu fark tespit edilememiştir. Daha büyük kapasiteli fanlar ve debiler düşünüldüğünde bu fark ciddi şekilde görülecektir. Bu da önemli bir kazançtır.

6. ÖNERİLER

Bu çalışmada tüm testler kış şartlarında gerçekleştirilmiştir. Tüm testler 9-12ºC laboratuar sıcaklık şartlarında gerçekleştirilmiştir. Kış uygulaması için normal olan bu durum, yaz uygulaması için pek uygun değildir. Özellikle bundan sonraki aşamada yaz uygulaması için verim testlerinin yaz şartlarında tekrar edilmesi uygun olacaktır. Ayrıca Bazı uygulamalarda IGK ünitesi şartlandırılmış (iç ortama) yerleştirilirken, bazı uygulamalarda bina dışında atmosfer şartlarına yerleştirilmektedir. Bir sonraki çalışmada IGK ünitesinin panel kalınlıklarının yerleştirildiği ortama göre verimlilik üzerine olan etkisinin araştırılması düşünülmektedir.

Isı geri kazanım sistemlerinde geri kazanılan ısının dışında, geri kazanılamayan ve dışarıya atılan ısının da sisteme geri döndürülmesi için sekonder devreler nasıl kurulabilir? Bu konunun da araştırılması düşünülebilir. Ayrıca, bu konuda sanayi ile işbirliği yapılması hararetle tavsiye edilir.

6. KAYNAKLAR

ANONİM 2008. Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Tesislerinde Isı Geri Kazanımı. Türk Tesisat Mühendisleri Derneği, Temel Bilgiler, Tasarım ve Uygulama Eki. Sayı 34.

BESANT, R.W. and SIMONSON, J.C. (Çeviren ÇAKMANUS, İ), 2001.Havadan havaya ısı geri kazanımı. Türk Tesisat Mühendisleri Dergisi. Sayı:16: 37-42.

BULGURCU, H. 2001. Lokal Isı-Enerji Geri Kazanımlı Havalandırma Cihazlarının Tasarımı. V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi TESKON 01 Bildiriler Kitabı, s.141-150.

Carrier Hourly Analysis Program 4.30 (Data Source ASHRAE 2001)

DEMİREL, Ö. 2001. Klima Sistemlerinde Isı Geri Kazanımı. Türk Tesisat Mühendisleri Dergisi. Sayı:16, s.30-31.

ERCAN, S.M. Bina Otomasyon Sistemi ve Isı Geri Kazanımı (www.alarko-carrier.com.tr/Dosya/BYS/IsiGeriKazanim.pdf) Erişim Tarihi: 04.02.2010

GÜNGÖR, A. ve GÜNGÖR, S. 2005. Havalı İklimlendirme Sistemlerinde Ekonomizer Çevrimi. Tesisat Mühendisliği Dergisi. Sayı 89: 78-87.

HELLEVANG, K. and PEDERSEN, C. 2009. Air-toAir Heat Exchangers For Healtier Energy-efficient Homes, AE-1393 Healtier Homes Using Air to Air Heat Exchanger. NDSU Extension Service

KÜÇÜKA, S. 2006. Isı Geri Kazanım Cihazlarının bazı Şehirlerdeki Yıllık Toplam Isıtma ve Soğutma Kazançları. Tesisat Mühendisliği Dergisi. Sayı 93: 13-19.

KORUN, T. 1990. Binalarda Atılan Havadan Isı ve Nem Geri Kazanım Sistemleri. Birinci Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Sempozyumu

ŞAHAN, A.M. 1999. HVAC Uygulamalarında Isı Geri Kazanımı. IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, s.151-162.

www.immak.com.tr/webpdf/IAQ.22.pdf Erişim Tarihi: 04.02.2010

www.munters.co.uk/en/uk/News--Media/Dehumidification2/E-newsletter-articles/November-2008/DesiCool-district-heating/) Erişim Tarihi: 05.02.2010

EK 1. Deney ölçüm verileri

IS GERİ KAZANIM DEVREDE

Debi (m^3/h)	Sıcaklıklar (ºC)					Bağıl nem değerleri				Fan Akımı (A)	Voltaj (V)	Cos Φ	tek bir fan	Entalpi değerleri (kJ/kg)				Atılan Isı (h3-h1)	Geri Kazanılan Isı (h1-h2)	Verim
Va	T1	T2	T2	T3	T4	$\phi 1$	$\phi 2$	$\phi 3$	$\phi 4$	If	Vf	Cos Q	Wfan	h1 (kJ/kg)	h2 (kJ/kg)	h3 (kJ/kg)	h4 (kJ/kg)	Qw (W)	Qhr (W)	%n
450	50,3	30,0	31,5	25,1	28,9	12,0	22,6	26,5	23,0	0,77	230,00	0,88	154,84	75,21	45,37	38,51	43,55	5.505,22	-4.475,47	-81,30
450	50,1	30,4	31,9	25,1	29,2	11,9	22,3	26,5	22,8	0,77	230,00	0,88	154,84	74,55	45,93	38,51	43,98	5.405,87	-4.292,17	-79,40
450	48,1	30,4	31,9	25,0	29,2	12,4	22,2	26,5	22,7	0,77	230,00	0,88	154,84	71,09	45,86	38,32	43,92	4.914,58	-3.784,05	-77,00
450	45,8	30,4	31,9	24,8	29,3	13,2	22,2	26,8	22,7	0,77	230,00	0,88	154,84	67,51	45,86	38,11	44,11	4.409,53	-3.246,98	-73,64
450	44,8	30,2	31,7	24,8	29,2	13,6	22,3	26,8	22,7	0,77	230,00	0,88	154,84	66,02	45,55	38,11	43,92	4.185,83	-3.070,30	-73,35
450	43,1	29,9	31,4	24,7	29,2	14,3	22,5	26,9	22,7	0,77	230,00	0,88	154,84	63,48	45,11	37,98	43,92	3.824,51	-2.754,47	-72,02
450	41,5	29,7	31,2	24,7	29,1	15,0	22,7	27,0	22,8	0,77	230,00	0,88	154,84	61,10	44,87	38,03	43,80	3.461,23	-2.435,52	-70,37
450	40,9	29,4	30,9	24,8	28,9	15,3	22,9	26,9	22,9	0,77	230,00	0,88	154,84	60,25	44,43	38,16	43,48	3.313,75	-2.373,54	-71,63
450	39,8	29,1	30,6	24,8	28,9	15,9	23,2	26,9	23,0	0,77	230,00	0,88	154,84	58,74	44,06	38,16	43,55	3.086,16	-2.201,86	-71,35
450	39,0	29,0	30,5	24,8	28,7	16,3	23,3	26,9	23,1	0,77	230,00	0,88	154,84	57,57	43,93	38,16	43,24	2.911,73	-2.046,16	-70,27
450	38,5	28,7	30,2	24,8	28,6	16,5	23,5	26,9	23,2	0,77	230,00	0,88	154,84	56,78	43,49	38,16	43,11	2.793,60	-1.994,01	-71,38
450	37,6	28,5	30,0	24,7	28,5	17,0	23,7	27,0	23,3	0,77	230,00	0,88	154,84	55,52	43,24	38,03	42,99	2.623,19	-1.841,46	-70,20
450	37,3	28,3	29,8	24,8	28,3	17,3	23,8	27,0	23,4	0,77	230,00	0,88	154,84	55,23	42,92	38,21	42,68	2.552,82	-1.845,71	-72,30
450	37,1	28,1	29,6	25,0	28,2	17,3	24,0	26,8	23,5	0,77	230,00	0,88	154,84	54,83	42,67	38,48	42,55	2.452,76	-1.823,44	-74,34
450	36,6	27,9	29,4	25,0	28,2	17,6	24,2	26,7	23,5	0,77	230,00	0,88	154,84	54,13	42,42	38,43	42,55	2.356,37	-1.757,57	-74,59
450	36,4	27,8	29,3	25,0	28,1	17,8	24,3	26,8	23,6	0,77	230,00	0,88	154,84	53,94	42,29	38,48	42,43	2.318,91	-1.746,84	-75,33
450	36,2	27,7	29,2	25,1	28,0	17,9	24,4	26,7	23,7	0,77	230,00	0,88	154,84	53,64	42,16	38,61	42,30	2.254,03	-1.720,99	-76,35
450	36,0	27,6	29,1	25,3	28,0	18,1	24,5	26,6	23,8	0,77	230,00	0,88	154,84	53,43	42,03	38,92	42,36	2.176,18	-1.709,75	-78,57
450	35,9	27,4	28,9	25,3	27,9	18,1	24,7	26,5	23,8	0,77	230,00	0,88	154,84	53,23	41,78	38,87	42,18	2.154,04	-1.718,38	-79,77
450	35,9	27,4	28,9	25,2	27,9	18,1	24,7	26,6	23,9	0,77	230,00	0,88	154,84	53,23	41,78	38,74	42,24	2.173,86	-1.718,38	-79,05
450	35,5	27,3	28,8	25,5	27,8	18,4	24,8	26,4	23,9	0,77	230,00	0,88	154,84	52,73	41,65	39,19	42,05	2.030,42	-1.661,47	-81,83
450	35,3	27,2	28,7	25,5	27,8	18,5	24,9	26,4	23,9	0,77	230,00	0,88	154,84	52,42	41,52	39,19	42,05	1.985,01	-1.635,40	-82,39
450	35,1	27,2	28,7	25,5	27,8	18,6	24,9	26,3	23,9	0,77	230,00	0,88	154,84	52,12	41,52	39,14	42,05	1.947,40	-1.589,95	-81,64
450	35,1	27,1	28,6	25,4	27,7	18,7	25,0	26,4	24,0	0,77	230,00	0,88	154,84	52,21	41,39	39,01	41,92	1.981,04	-1.623,21	-81,94
450	34,8	27,0	28,5	25,4	27,7	18,9	25,1	26,4	24,0	0,77	230,00	0,88	154,84	51,80	41,26	39,01	41,92	1.919,40	-1.580,99	-82,37
450	34,7	27,0	28,5	25,2	27,6	19,0	25,1	26,4	24,0	0,77	230,00	0,88	154,84	51,69	41,26	38,64	41,74	1.958,32	-1.564,90	-79,91
450	34,7	26,9	28,4	25,5	27,6	18,9	25,2	26,4	24,1	0,77	230,00	0,88	154,84	51,60	41,13	39,19	41,80	1.862,15	-1.570,80	-84,35
450	34,5	26,8	28,3	25,3	27,6	19,1	25,2	26,4	24,1	0,77	230,00	0,88	154,84	51,39	40,94	38,82	41,80	1.885,03	-1.566,51	-83,10
450	34,4	26,8	28,3	25,1	27,5	19,1	25,3	26,4	24,1	0,77	230,00	0,88	154,84	51,19	41,00	38,46	41,61	1.910,32	-1.528,43	-80,01
450	34,4	26,7	28,2	25,1	27,5	19,2	25,3	26,6	24,1	0,77	230,00	0,88	154,84	51,28	40,82	38,56	41,61	1.908,34	-1.569,73	-82,26
450	34,4	26,7	28,2	25,1	27,4	19,2	25,4	26,6	24,1	0,77	230,00	0,88	154,84	51,28	40,87	38,56	41,43	1.908,34	-1.561,28	-81,81
450	34,3	26,6	28,1	25,0	27,4	19,2	25,5	26,6	24,2	0,77	230,00	0,88	154,84	51,08	40,74	38,37	41,48	1.906,18	-1.551,25	-81,38
450	34,3	26,6	28,1	25,1	27,3	19,2	25,6	26,6	24,2	0,77	230,00	0,88	154,84	51,08	40,80	38,56	41,30	1.878,75	-1.542,86	-82,12
450	34,3	26,5	28,0	25,0	27,3	19,2	25,6	26,6	24,2	0,77	230,00	0,88	154,84	51,08	40,61	38,37	41,30	1.906,18	-1.570,83	-82,41
450	34,1	26,4	27,9	24,8	27,2	19,4	25,6	26,7	24,3	0,77	230,00	0,88	154,84	50,86	40,42	38,06	41,17	1.920,56	-1.565,98	-81,54
450	34,1	26,4	27,9	24,6	27,2	19,4	25,7	26,9	24,3	0,77	230,00	0,88	154,84	50,86	40,48	37,80	41,17	1.960,20	-1.557,69	-79,47
450	33,9	26,3	27,8	24,7	27,1	19,5	25,7	27,0	24,4	0,77	230,00	0,88	154,84	50,56	40,29	38,03	41,04	1.879,42	-1.539,57	-81,92

Va	T1	T2	T2	T3	T4	$\phi 1$	$\phi 2$	$\phi 3$	$\phi 4$	If	Vf	Cos Q	Wfan	h1 (kJ/kg)	h2 (kJ/kg)	h3 (kJ/kg)	h4 (kJ/kg)	Qw (W)	Qhr (W)	%n
450	33,9	26,3	27,8	24,6	27,1	19,5	25,8	27,0	24,4	0,77	230,00	0,88	154,84	50,56	40,35	37,85	41,04	1.906,76	-1.531,33	-80,31
450	34,2	26,2	27,7	24,6	27,0	19,3	25,8	27,0	24,5	0,77	230,00	0,88	154,84	50,97	40,16	37,85	40,92	1.969,19	-1.621,63	-82,35
450	34,0	26,2	27,7	24,6	27,0	19,4	25,9	27,1	24,5	0,77	230,00	0,88	154,84	50,67	40,22	37,90	40,92	1.915,84	-1.567,50	-81,82
450	33,9	26,1	27,6	24,7	27,0	19,5	25,9	27,0	24,5	0,77	230,00	0,88	154,84	50,56	40,03	38,03	40,92	1.879,42	-1.578,85	-84,01
450	33,9	26,1	27,6	24,7	26,9	19,5	26,0	27,0	24,5	0,77	230,00	0,88	154,84	50,56	40,09	38,03	40,73	1.879,42	-1.570,71	-83,57
450	33,8	26,1	27,6	24,8	26,9	19,5	26,0	26,9	24,6	0,77	230,00	0,88	154,84	50,36	40,09	38,16	40,79	1.830,07	-1.541,27	-84,22
450	31,2	25,9	27,4	24,9	26,9	20,8	26,0	26,8	24,6	0,77	230,00	0,88	154,84	46,38	39,72	38,29	40,79	1.213,04	-999,70	-82,41
450	28,2	25,5	27,0	24,9	26,8	23,2	26,3	26,8	24,6	0,77	230,00	0,88	154,84	42,37	39,14	38,29	40,61	611,08	-484,54	-79,29
450	26,7	25,2	26,7	24,7	26,6	24,5	26,5	26,9	24,8	0,77	230,00	0,88	154,84	40,37	38,69	37,98	40,35	357,99	-251,29	-70,19
450	24,4	24,6	26,1	24,9	26,3	27,0	27,1	26,8	25,0	0,77	230,00	0,88	154,84	37,48	37,90	38,29	39,91	121,59	61,90	50,91
450	22,5	24,0	25,5	24,9	26,1	29,3	27,7	26,8	25,1	0,77	230,00	0,88	154,84	35,12	37,10	38,29	39,60	476,34	296,64	62,28
450	20,8	23,7	25,2	24,9	25,8	31,6	28,0	26,8	25,5	0,77	230,00	0,88	154,84	33,03	36,69	38,29	39,26	789,55	549,56	69,60
450	20,1	23,2	24,7	24,9	25,5	32,6	28,7	26,8	25,7	0,77	230,00	0,88	154,84	32,17	36,11	38,29	38,82	918,57	591,29	64,37
450	18,9	22,6	24,1	25,0	25,4	34,5	29,3	26,7	25,9	0,77	230,00	0,88	154,84	30,73	35,30	38,43	38,75	1.153,91	684,65	59,33
450	18,0	22,3	23,8	24,9	25,0	36,1	29,5	26,6	26,2	0,77	230,00	0,88	154,84	29,69	34,85	38,19	38,17	1.275,77	773,76	60,65
450	17,4	21,8	23,3	25,0	24,7	37,0	30,1	26,8	26,5	0,77	230,00	0,88	154,84	28,92	34,21	38,48	37,78	1.432,84	792,28	55,29
450	16,7	21,3	22,8	25,1	24,6	38,6	30,7	26,6	26,7	0,77	230,00	0,88	154,84	28,19	33,56	38,56	37,70	1.555,06	805,61	51,81
450	16,0	20,9	22,4	25,0	24,3	39,9	31,2	26,6	26,9	0,77	230,00	0,88	154,84	27,35	33,05	38,37	37,25	1.653,84	855,18	51,71
450	15,6	20,7	22,2	25,1	24,1	40,6	31,5	26,6	27,2	0,77	230,00	0,88	154,84	26,85	32,81	38,56	37,04	1.756,03	894,37	50,93
450	15,0	20,4	21,9	25,1	23,8	41,9	31,9	26,6	27,4	0,77	230,00	0,88	154,84	26,16	32,44	38,56	36,59	1.859,00	940,80	50,61
450	14,6	20,0	21,5	25,1	23,7	42,8	32,4	26,6	27,5	0,77	230,00	0,88	154,84	25,71	31,92	38,56	36,46	1.927,33	931,45	48,33
450	14,3	19,8	21,3	25,0	23,5	43,6	32,6	26,6	27,8	0,77	230,00	0,88	154,84	25,40	31,64	38,37	36,24	1.946,87	936,70	48,11
450	14,0	19,5	21,0	25,0	23,3	44,1	33,0	26,6	28,1	0,77	230,00	0,88	154,84	25,00	31,26	38,37	36,02	2.005,77	938,36	46,78
450	13,4	19,2	20,7	24,9	23,2	45,3	33,4	26,7	28,1	0,77	230,00	0,88	154,84	24,26	30,88	38,24	35,84	2.096,98	991,90	47,30
450	13,0	19,1	20,6	24,9	23,0	46,3	33,6	26,8	28,4	0,77	230,00	0,88	154,84	23,81	30,77	38,29	35,62	2.172,11	1.043,76	48,05
450	12,8	18,8	20,3	24,9	22,8	46,8	34,0	26,8	28,6	0,77	230,00	0,88	154,84	23,59	30,39	38,29	35,35	2.206,21	1.020,01	46,23
450	12,5	18,5	20,0	24,8	22,6	47,5	34,3	26,8	28,8	0,77	230,00	0,88	154,84	23,23	29,96	38,11	35,08	2.232,05	1.010,14	45,26
450	12,2	18,3	19,8	24,8	22,5	48,2	34,7	26,8	28,9	0,77	230,00	0,88	154,84	22,87	29,75	38,11	34,94	2.285,65	1.031,64	45,14
450	12,1	18,1	19,6	25,0	22,3	48,6	34,8	26,8	29,2	0,77	230,00	0,88	154,84	22,79	29,44	38,48	34,72	2.352,90	996,93	42,37
450	11,8	17,9	19,4	25,1	22,2	49,4	35,1	26,8	29,5	0,77	230,00	0,88	154,84	22,45	29,19	38,66	34,67	2.431,34	1.010,57	41,56
450	11,5	17,7	19,2	25,1	22,2	50,0	35,4	26,8	29,6	0,77	230,00	0,88	154,84	22,07	28,94	38,66	34,71	2.489,10	1.030,93	41,42
450	11,3	17,6	19,1	25,1	22,0	50,5	35,5	26,9	29,8	0,77	230,00	0,88	154,84	21,83	28,80	38,71	34,44	2.532,21	1.045,27	41,28
450	11,2	17,4	18,9	25,1	21,9	50,7	35,8	26,9	30,0	0,77	230,00	0,88	154,84	21,70	28,55	38,71	34,34	2.551,57	1.027,09	40,25
450	10,9	17,2	18,7	25,0	21,8	51,4	36,1	26,8	30,1	0,77	230,00	0,88	154,84	21,33	28,30	38,48	34,21	2.571,50	1.044,55	40,62
450	10,8	17,1	18,6	25,0	21,7	51,8	36,2	26,8	30,2	0,77	230,00	0,88	154,84	21,24	28,16	38,48	34,07	2.584,86	1.036,74	40,11
450	10,7	17,0	18,5	25,1	21,5	52,1	36,5	26,8	30,3	0,77	230,00	0,88	154,84	21,13	28,08	38,66	33,75	2.628,87	1.041,22	39,61
450	10,5	16,8	18,3	24,8	21,4	52,7	36,8	26,9	30,5	0,77	230,00	0,88	154,84	20,91	27,82	38,16	33,66	2.587,16	1.036,44	40,06
450	10,2	16,6	18,1	24,7	21,4	53,2	37,0	27,0	30,5	0,77	230,00	0,88	154,84	20,50	27,54	38,03	33,66	2.629,08	1.055,78	40,16
450	10,2	16,5	18,0	24,8	21,2	53,4	37,2	27,0	30,7	0,77	230,00	0,88	154,84	20,54	27,43	38,21	33,38	2.650,65	1.033,14	38,98
450	9,9	16,3	17,8	24,6	21,1	54,1	37,4	27,0	30,8	0,77	230,00	0,88	154,84	20,17	27,14	37,85	33,25	2.652,12	1.046,85	39,47
450	9,7	16,1	17,6	24,2	21,0	54,7	37,7	27,3	30,9	0,77	230,00	0,88	154,84	19,94	26,89	37,27	33,11	2.598,99	1.042,53	40,11
450	9,5	16,0	17,5	24,2	20,8	55,3	37,8	27,4	31,1	0,77	230,00	0,88	154,84	19,71	26,75	37,31	32,83	2.640,28	1.055,31	39,97
450	9,4	15,9	17,4	24,2	20,7	55,5	38,0	27,4	31,3	0,77	230,00	0,88	154,84	19,58	26,63	37,31	32,74	2.660,14	1.058,19	39,78
450	9,2	15,7	17,2	24,1	20,6	55,8	38,3	27,5	31,4	0,77	230,00	0,88	154,84	19,30	26,38	37,18	32,60	2.682,65	1.062,35	39,60
450	9,1	15,5	17,0	24,0	20,5	56,4	38,5	27,6	31,5	0,77	230,00	0,88	154,84	19,24	26,10	37,05	32,46	2.671,67	1.028,81	38,51
450	9,1	15,5	17,0	24,1	20,4	56,5	38,7	27,6	31,7	0,77	230,00	0,88	154,84	19,25	26,15	37,23	32,36	2.696,16	1.034,41	38,37

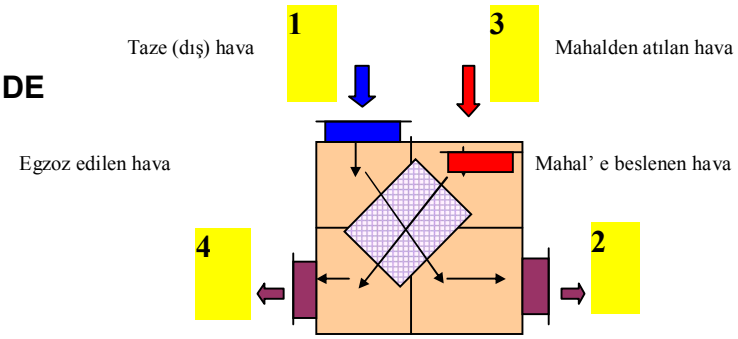
Va	T1	T2	T2	T3	T4	$\phi 1$	$\phi 2$	$\phi 3$	$\phi 4$	If	Vf	Cos Q	Wfan	h1 (kJ/kg)	h2 (kJ/kg)	h3 (kJ/kg)	h4 (kJ/kg)	Qw (W)	Qhr (W)	%n
450	8,9	15,3	16,8	24,2	20,3	56,9	38,8	27,4	31,8	0,77	230,00	0,88	154,84	18,99	25,84	37,31	32,22	2.748,93	1.027,63	37,38
450	8,7	15,2	16,7	24,1	20,2	57,2	39,0	27,5	31,9	0,77	230,00	0,88	154,84	18,70	25,72	37,18	32,08	2.771,60	1.053,07	38,00
450	8,7	15,1	16,6	24,0	20,1	57,6	39,1	27,6	32,0	0,77	230,00	0,88	154,84	18,77	25,58	37,05	31,95	2.741,02	1.021,20	37,26
450	8,6	15,0	16,5	24,3	20,0	57,7	39,3	27,4	32,2	0,77	230,00	0,88	154,84	18,62	25,47	37,50	31,84	2.830,97	1.026,62	36,26
450	8,4	14,9	16,4	24,3	20,0	58,1	39,4	27,3	32,2	0,77	230,00	0,88	154,84	18,36	25,32	37,45	31,84	2.863,82	1.045,44	36,51
450	8,3	14,8	16,3	24,2	19,9	58,4	39,5	27,4	32,3	0,77	230,00	0,88	154,84	18,24	25,18	37,31	31,71	2.861,36	1.041,65	36,40
450	8,1	14,8	16,3	24,3	19,8	58,8	39,7	27,4	32,4	0,77	230,00	0,88	154,84	17,97	25,24	37,50	31,57	2.928,83	1.089,80	37,21
450	8,1	14,6	16,1	24,2	19,8	59,1	39,8	27,4	32,5	0,77	230,00	0,88	154,84	18,02	24,93	37,31	31,60	2.893,98	1.035,60	35,78
450	7,9	14,5	16,0	24,2	19,7	59,5	40,0	27,4	32,6	0,77	230,00	0,88	154,84	17,75	24,81	37,31	31,46	2.934,32	1.058,53	36,07
450	7,8	14,5	16,0	24,4	19,7	59,7	40,0	27,3	32,7	0,77	230,00	0,88	154,84	17,62	24,81	37,63	31,50	3.001,74	1.078,71	35,94
450	7,7	14,4	15,9	24,5	19,6	60,1	40,2	27,2	32,7	0,77	230,00	0,88	154,84	17,52	24,69	37,76	31,33	3.036,96	1.076,51	35,45
450	7,6	14,3	15,8	24,5	19,6	60,5	40,3	27,2	32,8	0,77	230,00	0,88	154,84	17,41	24,55	37,76	31,36	3.052,29	1.070,50	35,07
450	7,4	14,3	15,8	24,7	19,6	61,0	40,3	27,2	32,8	0,77	230,00	0,88	154,84	17,16	24,55	38,13	31,36	3.145,20	1.108,61	35,25
450	7,3	14,2	15,7	24,8	19,6	61,3	40,5	26,9	32,9	0,77	230,00	0,88	154,84	17,04	24,43	38,16	31,40	3.168,05	1.108,99	35,01
450	7,2	14,2	15,7	24,5	19,5	61,6	40,5	27,0	32,9	0,77	230,00	0,88	154,84	16,92	24,43	37,66	31,22	3.111,47	1.126,92	36,22
450	7,1	14,1	15,6	24,5	19,5	61,9	40,5	27,2	33,0	0,77	230,00	0,88	154,84	16,80	24,27	37,76	31,26	3.144,18	1.119,75	35,61
450	7,0	14,0	15,5	24,7	19,4	62,1	40,6	27,1	33,1	0,77	230,00	0,88	154,84	16,67	24,12	38,08	31,12	3.211,86	1.118,80	34,83
450	6,9	14,0	15,5	24,7	19,4	62,5	40,8	26,9	33,1	0,77	230,00	0,88	154,84	16,56	24,17	37,98	31,12	3.212,61	1.142,01	35,55
450	6,8	13,9	15,4	24,7	19,4	62,8	40,9	27,0	33,1	0,77	230,00	0,88	154,84	16,44	24,03	38,03	31,12	3.238,14	1.138,73	35,17
450	6,8	13,9	15,4	25,0	19,4	63,0	40,9	26,8	33,1	0,77	230,00	0,88	154,84	16,47	24,03	38,48	31,12	3.300,73	1.134,10	34,36
450	6,7	13,8	15,3	24,9	19,4	63,3	40,9	26,8	33,1	0,77	230,00	0,88	154,84	16,35	23,87	38,29	31,12	3.291,41	1.127,19	34,25
450	6,6	13,8	15,3	24,8	19,3	63,6	41,1	26,8	33,2	0,77	230,00	0,88	154,84	16,23	23,91	38,11	30,98	3.282,19	1.152,78	35,12
450	6,6	13,7	15,2	24,8	19,3	63,7	41,1	26,9	33,3	0,77	230,00	0,88	154,84	16,24	23,75	38,16	31,02	3.287,42	1.125,47	34,24
450	6,5	13,7	15,2	24,7	19,2	63,8	41,2	26,9	33,3	0,77	230,00	0,88	154,84	16,09	23,77	37,98	30,84	3.282,80	1.151,91	35,09
450	6,4	13,6	15,1	24,7	19,2	64,1	41,3	27,0	33,3	0,77	230,00	0,88	154,84	15,97	23,63	38,03	30,84	3.308,49	1.148,79	34,72
450	6,3	13,5	15,0	24,6	19,2	64,4	41,4	27,0	33,4	0,77	230,00	0,88	154,84	15,85	23,49	37,85	30,88	3.299,39	1.145,72	34,73
450	6,3	13,5	15,0	24,7	19,1	64,6	41,5	26,9	33,5	0,77	230,00	0,88	154,84	15,88	23,51	37,98	30,74	3.314,79	1.144,89	34,54
450	6,2	13,5	15,0	24,7	19,1	64,7	41,6	27,0	33,5	0,77	230,00	0,88	154,84	15,73	23,54	38,03	30,74	3.345,01	1.171,28	35,02
450	6,1	13,4	14,9	24,7	19,0	65,1	41,7	27,0	33,6	0,77	230,00	0,88	154,84	15,62	23,39	38,03	30,60	3.361,11	1.166,03	34,69
450	6,1	13,4	14,9	24,9	19,0	65,3	41,7	26,8	33,7	0,77	230,00	0,88	154,84	15,65	23,39	38,29	30,63	3.396,47	1.161,61	34,20
450	6,0	13,3	14,8	24,8	19,0	65,4	41,8	26,8	33,7	0,77	230,00	0,88	154,84	15,50	23,25	38,11	30,63	3.391,85	1.163,04	34,29
450	5,9	13,3	14,8	24,9	19,0	65,8	41,9	26,9	33,7	0,77	230,00	0,88	154,84	15,39	23,28	38,34	30,63	3.443,01	1.182,84	34,35
450	5,8	13,2	14,7	25,0	19,0	66,1	41,9	26,8	33,8	0,77	230,00	0,88	154,84	15,27	23,11	38,48	30,67	3.481,33	1.176,35	33,79
450	5,8	13,2	14,7	25,1	19,0	66,3	42,0	26,6	33,7	0,77	230,00	0,88	154,84	15,30	23,13	38,56	30,63	3.489,22	1.175,59	33,69
450	5,7	13,1	14,6	25,0	19,0	66,4	42,0	26,6	33,8	0,77	230,00	0,88	154,84	15,14	22,97	38,37	30,67	3.484,58	1.173,49	33,68
450	5,7	13,1	14,6	25,1	19,0	66,7	42,0	26,6	33,8	0,77	230,00	0,88	154,84	15,19	22,97	38,56	30,67	3.505,56	1.167,05	33,29
450	5,6	13,1	14,6	25,1	19,0	66,8	42,0	26,5	33,8	0,77	230,00	0,88	154,84	15,04	22,97	38,51	30,67	3.520,71	1.189,84	33,80
450	5,6	13,1	14,6	25,0	18,9	66,9	42,1	26,6	33,8	0,77	230,00	0,88	154,84	15,05	22,99	38,37	30,49	3.498,80	1.191,26	34,05
450	5,5	13,1	14,6	25,0	18,9	67,1	42,2	26,7	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	14,91	23,01	38,43	30,53	3.527,07	1.215,47	34,46
450	5,5	13,1	14,6	25,0	18,8	67,3	42,2	26,6	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	14,94	23,01	38,37	30,35	3.515,23	1.211,23	34,46
450	5,5	13,1	14,6	24,8	18,8	67,3	42,3	26,8	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	14,94	23,04	38,11	30,35	3.475,60	1.214,78	34,95
450	5,4	13,1	14,6	24,8	18,8	67,4	42,4	26,8	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	14,79	23,06	38,11	30,35	3.498,39	1.241,12	35,48
450	5,3	13,0	14,5	24,8	18,7	67,7	42,4	26,8	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	14,66	22,90	38,11	30,18	3.516,98	1.234,78	35,11
450	5,3	13,0	14,5	24,8	18,7	67,8	42,5	26,8	34,0	0,77	230,00	0,88	154,84	14,68	22,92	38,11	30,21	3.514,89	1.236,21	35,17
450	5,3	12,9	14,4	24,7	18,7	67,9	42,5	26,9	34,0	0,77	230,00	0,88	154,84	14,69	22,75	37,98	30,21	3.492,95	1.209,24	34,62
450	5,2	12,8	14,3	24,8	18,6	67,9	42,6	26,8	34,1	0,77	230,00	0,88	154,84	14,53	22,61	38,11	30,07	3.537,66	1.212,75	34,28

Va	T1	T2	T2	T3	T4	$\phi 1$	$\phi 2$	$\phi 3$	$\phi 4$	If	Vf	Cos Q	Wfan	h1 (kJ/kg)	h2 (kJ/kg)	h3 (kJ/kg)	h4 (kJ/kg)	Qw (W)	Qhr (W)	%n
450	5,2	12,8	14,3	24,8	18,6	68,0	42,6	26,8	34,1	0,77	230,00	0,88	154,84	14,54	22,61	38,11	30,07	3.535,59	1.210,67	34,24
450	5,1	12,8	14,3	24,6	18,6	68,2	42,6	26,9	34,2	0,77	230,00	0,88	154,84	14,40	22,61	37,80	30,10	3.509,14	1.231,37	35,09
450	5,1	12,7	14,2	24,6	18,6	68,3	42,7	27,0	34,2	0,77	230,00	0,88	154,84	14,42	22,47	37,85	30,10	3.514,50	1.207,97	34,37
450	5,0	12,7	14,2	24,7	18,5	68,4	42,8	26,9	34,3	0,77	230,00	0,88	154,84	14,26	22,49	37,98	29,96	3.557,13	1.234,18	34,70
450	5,0	12,6	14,1	24,4	18,5	68,5	42,8	27,0	34,3	0,77	230,00	0,88	154,84	14,28	22,33	37,48	29,96	3.480,73	1.207,36	34,69
450	5,0	12,6	14,1	24,4	18,4	68,7	42,9	27,2	34,4	0,77	230,00	0,88	154,84	14,31	22,35	37,58	29,82	3.491,30	1.206,70	34,56
450	5,0	12,5	14,0	24,4	18,4	68,8	42,9	27,2	34,5	0,77	230,00	0,88	154,84	14,32	22,18	37,58	29,86	3.489,26	1.179,92	33,82
450	4,9	12,5	14,0	24,3	18,3	68,8	43,1	27,2	34,5	0,77	230,00	0,88	154,84	14,15	22,23	37,40	29,68	3.486,83	1.211,54	34,75
450	4,9	12,4	13,9	24,4	18,3	68,9	43,1	27,2	34,6	0,77	230,00	0,88	154,84	14,17	22,07	37,58	29,72	3.512,03	1.184,78	33,73
450	4,8	12,4	13,9	24,4	18,3	69,1	43,2	27,2	34,6	0,77	230,00	0,88	154,84	14,03	22,09	37,58	29,72	3.532,76	1.208,89	34,22
450	4,8	12,4	13,9	24,3	18,2	69,2	43,2	27,2	34,7	0,77	230,00	0,88	154,84	14,04	22,09	37,40	29,58	3.503,52	1.206,88	34,45
450	4,8	12,3	13,8	24,0	18,1	69,2	43,3	27,4	34,7	0,77	230,00	0,88	154,84	14,04	21,95	36,95	29,40	3.436,53	1.185,55	34,50
450	4,7	12,3	13,8	24,0	18,1	69,3	43,4	27,5	34,8	0,77	230,00	0,88	154,84	13,89	21,97	37,00	29,44	3.466,42	1.211,65	34,95
450	4,7	12,2	13,7	24,0	18,0	69,5	43,4	27,5	34,9	0,77	230,00	0,88	154,84	13,92	21,80	37,00	29,30	3.462,42	1.182,98	34,17
450	4,6	12,2	13,7	23,8	18,0	69,6	43,5	27,6	35,0	0,77	230,00	0,88	154,84	13,77	21,83	36,69	29,33	3.438,10	1.209,05	35,17
450	4,6	12,1	13,6	24,0	18,0	69,7	43,5	27,6	35,0	0,77	230,00	0,88	154,84	13,78	21,66	37,05	29,33	3.490,32	1.182,43	33,88
450	4,6	12,1	13,6	24,0	17,9	69,8	43,6	27,5	35,1	0,77	230,00	0,88	154,84	13,79	21,68	37,00	29,19	3.481,19	1.183,76	34,00
450	4,5	12,1	13,6	23,9	17,9	69,9	43,6	27,5	35,1	0,77	230,00	0,88	154,84	13,64	21,68	36,82	29,19	3.476,83	1.206,49	34,70
450	4,5	12,0	13,5	24,0	17,9	70,1	43,7	27,6	35,2	0,77	230,00	0,88	154,84	13,67	21,54	37,05	29,22	3.507,12	1.181,24	33,68
450	4,5	12,0	13,5	24,1	17,9	70,1	43,7	27,5	35,2	0,77	230,00	0,88	154,84	13,67	21,54	37,18	29,22	3.527,14	1.181,24	33,49
450	4,5	12,0	13,5	24,1	17,8	70,1	43,7	27,4	35,3	0,77	230,00	0,88	154,84	13,67	21,54	37,13	29,08	3.519,94	1.181,24	33,56
450	4,4	12,0	13,5	24,2	17,8	70,2	43,7	27,4	35,3	0,77	230,00	0,88	154,84	13,52	21,54	37,31	29,08	3.569,86	1.203,97	33,73
450	4,4	12,0	13,5	24,2	17,8	70,3	43,7	27,3	35,3	0,77	230,00	0,88	154,84	13,53	21,54	37,27	29,08	3.560,66	1.202,01	33,76
450	4,3	11,9	13,4	24,0	17,8	70,4	43,8	27,4	35,3	0,77	230,00	0,88	154,84	13,38	21,40	36,95	29,08	3.536,31	1.203,42	34,03
450	4,3	11,9	13,4	23,7	17,7	70,5	43,8	27,8	35,4	0,77	230,00	0,88	154,84	13,39	21,40	36,60	28,94	3.481,48	1.201,48	34,51
450	4,3	11,8	13,3	23,8	17,7	70,6	43,9	27,8	35,5	0,77	230,00	0,88	154,84	13,40	21,26	36,78	28,97	3.506,63	1.178,25	33,60
450	4,3	11,8	13,3	23,9	17,7	70,7	43,9	27,6	35,5	0,77	230,00	0,88	154,84	13,42	21,26	36,87	28,97	3.517,63	1.176,31	33,44
450	4,2	11,8	13,3	23,8	17,6	70,7	44,0	27,6	35,5	0,77	230,00	0,88	154,84	13,25	21,28	36,69	28,80	3.515,21	1.204,21	34,26
450	4,2	11,8	13,3	24,0	17,6	70,8	44,0	27,6	35,5	0,77	230,00	0,88	154,84	13,26	21,28	37,05	28,80	3.567,49	1.202,28	33,70
450	4,2	11,7	13,2	24,0	17,6	70,9	44,1	27,5	35,6	0,77	230,00	0,88	154,84	13,28	21,14	37,00	28,83	3.558,41	1.179,06	33,13
450	4,1	11,7	13,2	23,9	17,6	70,9	44,1	27,6	35,6	0,77	230,00	0,88	154,84	13,11	21,14	36,87	28,83	3.563,04	1.203,68	33,78
450	4,1	11,7	13,2	23,9	17,6	71,1	44,1	27,6	35,7	0,77	230,00	0,88	154,84	13,14	21,14	36,87	28,86	3.559,20	1.199,85	33,71
450	4,1	11,6	13,1	24,0	17,6	71,1	44,1	27,6	35,7	0,77	230,00	0,88	154,84	13,14	20,97	37,05	28,86	3.586,34	1.175,37	32,77
450	4,0	11,6	13,1	24,0	17,6	71,2	44,1	27,5	35,7	0,77	230,00	0,88	154,84	12,99	20,97	37,00	28,86	3.601,88	1.198,05	33,26
450	4,1	11,6	13,1	23,9	17,5	71,2	44,2	27,6	35,7	0,77	230,00	0,88	154,84	13,15	21,00	36,87	28,69	3.557,29	1.176,66	33,08
450	4,0	11,6	13,1	24,1	17,5	71,3	44,2	27,6	35,8	0,77	230,00	0,88	154,84	13,00	21,00	37,23	28,72	3.634,33	1.199,36	33,00
450	4,0	11,6	13,1	24,1	17,5	71,2	44,2	27,5	35,8	0,77	230,00	0,88	154,84	12,99	21,00	37,18	28,72	3.629,04	1.201,26	33,10
450	4,0	11,6	13,1	24,1	17,5	71,3	44,2	27,5	35,8	0,77	230,00	0,88	154,84	13,00	21,00	37,18	28,72	3.627,14	1.199,36	33,07
450	4,0	11,6	13,1	24,3	17,5	71,4	44,2	27,2	35,8	0,77	230,00	0,88	154,84	13,01	21,00	37,40	28,72	3.657,91	1.197,45	32,74
450	4,0	11,6	13,1	24,4	17,5	71,4	44,2	27,2	35,8	0,77	230,00	0,88	154,84	13,01	21,00	37,58	28,72	3.685,14	1.197,45	32,49
450	4,0	11,6	13,1	24,3	17,5	71,4	44,2	27,3	35,8	0,77	230,00	0,88	154,84	13,01	21,00	37,45	28,72	3.665,19	1.197,45	32,67
450	3,9	11,5	13,0	24,4	17,5	71,5	44,2	27,2	35,8	0,77	230,00	0,88	154,84	12,86	20,83	37,58	28,72	3.707,82	1.195,69	32,25
450	3,9	11,5	13,0	24,4	17,6	71,7	44,2	27,2	35,8	0,77	230,00	0,88	154,84	12,89	20,83	37,58	28,89	3.704,03	1.191,91	32,18
450	3,9	11,5	13,0	24,3	17,6	71,8	44,2	27,2	35,8	0,77	230,00	0,88	154,84	12,90	20,83	37,40	28,89	3.674,91	1.190,01	32,38
450	3,9	11,5	13,0	24,0	17,5	71,8	44,3	27,5	35,9	0,77	230,00	0,88	154,84	12,90	20,85	37,00	28,75	3.615,08	1.193,20	33,01
450	3,8	11,5	13,0	24,0	17,5	71,8	44,3	27,6	35,9	0,77	230,00	0,88	154,84	12,74	20,85	37,05	28,75	3.646,79	1.217,77	33,39

Va	T1	T2	T2	T3	T4	$\phi 1$	$\phi 2$	$\phi 3$	$\phi 4$	If	Vf	Cos Q	Wfan	h1 (kJ/kg)	h2 (kJ/kg)	h3 (kJ/kg)	h4 (kJ/kg)	Qw (W)	Qhr (W)	%n
450	3,8	11,5	13,0	24,0	17,5	71,9	44,3	27,6	36,0	0,77	230,00	0,88	154,84	12,75	20,85	37,05	28,78	3.644,91	1.215,89	33,36
450	3,8	11,5	13,0	24,0	17,5	71,9	44,4	27,6	36,0	0,77	230,00	0,88	154,84	12,75	20,88	37,05	28,78	3.644,91	1.219,07	33,45
450	3,8	11,4	12,9	24,3	17,5	71,9	44,4	27,4	36,0	0,77	230,00	0,88	154,84	12,75	20,71	37,50	28,78	3.712,17	1.194,65	32,18
450	3,7	11,4	12,9	24,4	17,5	72,0	44,4	27,2	36,0	0,77	230,00	0,88	154,84	12,60	20,71	37,58	28,78	3.747,49	1.217,30	32,48
450	3,7	11,4	12,9	24,4	17,5	72,1	44,4	27,2	36,0	0,77	230,00	0,88	154,84	12,61	20,71	37,58	28,78	3.745,62	1.215,44	32,45
450	3,7	11,4	12,9	24,5	17,5	72,3	44,4	27,2	36,0	0,77	230,00	0,88	154,84	12,63	20,71	37,76	28,78	3.769,19	1.211,71	32,15
450	3,7	11,4	12,9	24,5	17,5	72,3	44,4	27,2	36,0	0,77	230,00	0,88	154,84	12,63	20,71	37,76	28,78	3.769,19	1.211,71	32,15
450	3,7	11,4	12,9	24,2	17,5	72,4	44,4	27,3	36,0	0,77	230,00	0,88	154,84	12,65	20,71	37,27	28,78	3.692,88	1.209,85	32,76
450	3,7	11,4	12,9	24,3	17,5	72,4	44,4	27,4	36,0	0,77	230,00	0,88	154,84	12,65	20,71	37,50	28,78	3.727,37	1.209,85	32,46
450	3,7	11,4	12,9	24,4	17,5	72,4	44,4	27,2	36,0	0,77	230,00	0,88	154,84	12,65	20,71	37,58	28,78	3.740,03	1.209,85	32,35
450	3,6	11,4	12,9	24,3	17,5	72,4	44,4	27,3	36,0	0,77	230,00	0,88	154,84	12,48	20,71	37,45	28,78	3.744,61	1.234,37	32,96
450	3,7	11,4	12,9	24,3	17,5	72,4	44,4	27,4	36,1	0,77	230,00	0,88	154,84	12,65	20,71	37,50	28,81	3.727,37	1.209,85	32,46
450	3,6	11,4	12,9	24,2	17,5	72,4	44,4	27,4	36,1	0,77	230,00	0,88	154,84	12,48	20,71	37,31	28,81	3.724,64	1.234,37	33,14
450	3,6	11,3	12,8	24,2	17,5	72,5	44,5	27,4	36,1	0,77	230,00	0,88	154,84	12,50	20,57	37,31	28,81	3.722,79	1.211,30	32,54
450	3,6	11,3	12,8	24,3	17,5	72,5	44,5	27,4	36,1	0,77	230,00	0,88	154,84	12,50	20,57	37,50	28,81	3.750,04	1.211,30	32,30
450	3,6	11,3	12,8	24,4	17,5	72,6	44,5	27,3	36,1	0,77	230,00	0,88	154,84	12,51	20,57	37,63	28,81	3.768,18	1.209,44	32,10
450	3,6	11,3	12,8	24,4	17,5	72,6	44,5	27,2	36,1	0,77	230,00	0,88	154,84	12,51	20,57	37,58	28,81	3.760,86	1.209,44	32,16
450	3,5	11,3	12,8	24,2	17,4	72,6	44,5	27,4	36,2	0,77	230,00	0,88	154,84	12,34	20,57	37,31	28,67	3.745,44	1.233,94	32,95
450	3,5	11,3	12,8	24,4	17,4	72,7	44,6	27,4	36,2	0,77	230,00	0,88	154,84	12,36	20,59	37,68	28,67	3.798,17	1.235,25	32,52
450	3,5	11,3	12,8	24,3	17,4	72,8	44,6	27,2	36,2	0,77	230,00	0,88	154,84	12,37	20,59	37,40	28,67	3.754,45	1.233,41	32,85
450	3,5	11,3	12,8	24,2	17,4	72,9	44,6	27,4	36,2	0,77	230,00	0,88	154,84	12,38	20,59	37,31	28,67	3.739,92	1.231,57	32,93
450	3,5	11,3	12,8	24,2	17,4	72,9	44,6	27,5	36,3	0,77	230,00	0,88	154,84	12,38	20,59	37,36	28,70	3.747,16	1.231,57	32,87
450	3,5	11,3	12,8	24,3	17,4	72,8	44,6	27,4	36,2	0,77	230,00	0,88	154,84	12,37	20,59	37,50	28,67	3.769,01	1.233,41	32,72
450	3,5	11,2	12,7	24,3	17,4	72,9	44,6	27,4	36,2	0,77	230,00	0,88	154,84	12,38	20,43	37,50	28,67	3.767,18	1.207,22	32,05
450	3,4	11,2	12,7	24,2	17,4	73,0	44,6	27,5	36,3	0,77	230,00	0,88	154,84	12,23	20,43	37,36	28,70	3.769,82	1.229,87	32,62
450	3,5	11,2	12,7	24,2	17,3	73,0	44,6	27,5	36,3	0,77	230,00	0,88	154,84	12,39	20,43	37,36	28,53	3.745,33	1.205,38	32,18
450	3,5	11,2	12,7	24,1	17,3	72,9	44,6	27,6	36,3	0,77	230,00	0,88	154,84	12,38	20,43	37,23	28,53	3.727,13	1.207,22	32,39
450	3,4	11,2	12,7	24,0	17,3	73,0	44,6	27,6	36,4	0,77	230,00	0,88	154,84	12,23	20,43	37,05	28,56	3.722,57	1.229,87	33,04
450	3,4	11,2	12,7	24,1	17,3	73,0	44,6	27,6	36,4	0,77	230,00	0,88	154,84	12,23	20,43	37,23	28,56	3.749,78	1.229,87	32,80
450	3,4	11,2	12,7	24,2	17,3	73,1	44,6	27,6	36,4	0,77	230,00	0,88	154,84	12,24	20,43	37,41	28,56	3.775,23	1.228,04	32,53
450	3,4	11,2	12,7	24,2	17,3	73,1	44,6	27,5	36,5	0,77	230,00	0,88	154,84	12,24	20,43	37,36	28,59	3.767,99	1.228,04	32,59
450	3,4	11,1	12,6	24,5	17,3	73,0	44,5	27,2	36,5	0,77	230,00	0,88	154,84	12,23	20,25	37,76	28,59	3.829,79	1.202,47	31,40
450	3,4	11,2	12,7	24,4	17,3	73,1	44,6	27,2	36,4	0,77	230,00	0,88	154,84	12,24	20,43	37,58	28,56	3.800,67	1.228,04	32,31
450	3,4	11,2	12,7	24,3	17,3	73,1	44,6	27,3	36,4	0,77	230,00	0,88	154,84	12,24	20,43	37,45	28,56	3.780,72	1.228,04	32,48
450	3,3	11,2	12,7	24,5	17,3	73,1	44,6	27,3	36,5	0,77	230,00	0,88	154,84	12,08	20,43	37,81	28,59	3.859,79	1.252,49	32,45
450	3,3	11,1	12,6	24,5	17,3	73,2	44,5	27,2	36,4	0,77	230,00	0,88	154,84	12,09	20,25	37,76	28,56	3.850,60	1.223,28	31,77
450	3,3	11,1	12,6	24,2	17,3	73,2	44,5	27,4	36,4	0,77	230,00	0,88	154,84	12,09	20,25	37,31	28,56	3.783,39	1.223,28	32,33
450	3,3	11,1	12,6	24,1	17,3	73,3	44,5	27,5	36,5	0,77	230,00	0,88	154,84	12,10	20,25	37,18	28,59	3.761,58	1.221,47	32,47
450	3,3	11,1	12,6	24,2	17,3	73,3	44,6	27,5	36,5	0,77	230,00	0,88	154,84	12,10	20,27	37,36	28,59	3.788,81	1.224,57	32,32
450	3,3	11,1	12,6	24,3	17,3	73,3	44,6	27,4	36,5	0,77	230,00	0,88	154,84	12,10	20,27	37,50	28,59	3.808,83	1.224,57	32,15
450	3,3	11,1	12,6	24,3	17,3	73,4	44,7	27,4	36,6	0,77	230,00	0,88	154,84	12,12	20,29	37,50	28,62	3.807,02	1.225,86	32,20
450	3,3	11,1	12,6	24,5	17,3	73,4	44,7	27,3	36,6	0,77	230,00	0,88	154,84	12,12	20,29	37,81	28,62	3.854,35	1.225,86	31,80
450	3,3	11,1	12,6	24,4	17,3	73,4	44,7	27,3	36,6	0,77	230,00	0,88	154,84	12,12	20,29	37,63	28,62	3.827,01	1.225,86	32,03
450	3,2	11,1	12,6	24,3	17,3	73,5	44,7	27,4	36,6	0,77	230,00	0,88	154,84	11,97	20,29	37,50	28,62	3.829,64	1.248,49	32,60
450	3,2	11,1	12,6	24,4	17,3	73,5	44,7	27,4	36,6	0,77	230,00	0,88	154,84	11,97	20,29	37,68	28,62	3.856,96	1.248,49	32,37
450	3,2	11,1	12,6	24,3	17,3	73,5	44,7	27,4	36,6	0,77	230,00	0,88	154,84	11,97	20,29	37,50	28,62	3.829,64	1.248,49	32,60

Va	T1	T2	T2	T3	T4	$\phi 1$	$\phi 2$	$\phi 3$	$\phi 4$	If	Vf	Cos Q	Wfan	h1 (kJ/kg)	h2 (kJ/kg)	h3 (kJ/kg)	h4 (kJ/kg)	Qw (W)	Qhr (W)	%n
450	3,2	11,1	12,6	24,3	17,2	73,5	44,7	27,5	36,6	0,77	230,00	0,88	154,84	11,97	20,29	37,54	28,45	3.836,93	1.248,49	32,54
450	3,2	11,0	12,5	24,4	17,2	73,5	44,7	27,5	36,6	0,77	230,00	0,88	154,84	11,97	20,13	37,73	28,45	3.864,30	1.224,22	31,68
450	3,2	11,0	12,5	24,4	17,3	73,5	44,7	27,3	36,6	0,77	230,00	0,88	154,84	11,97	20,13	37,63	28,62	3.849,64	1.224,22	31,80
450	3,2	11,0	12,5	24,1	17,2	73,6	44,7	27,5	36,6	0,77	230,00	0,88	154,84	11,98	20,13	37,18	28,45	3.780,60	1.222,43	32,33
450	3,2	11,0	12,5	24,1	17,2	73,6	44,7	27,6	36,7	0,77	230,00	0,88	154,84	11,98	20,13	37,23	28,48	3.787,80	1.222,43	32,27
450	3,2	11,0	12,5	24,2	17,2	73,6	44,7	27,6	36,7	0,77	230,00	0,88	154,84	11,98	20,13	37,41	28,48	3.815,07	1.222,43	32,04
450	3,2	11,0	12,5	24,2	17,2	73,7	44,7	27,5	36,7	0,77	230,00	0,88	154,84	11,99	20,13	37,36	28,48	3.806,03	1.220,63	32,07
450	3,2	11,0	12,5	24,2	17,2	73,7	44,8	27,6	36,7	0,77	230,00	0,88	154,84	11,99	20,15	37,41	28,48	3.813,27	1.223,71	32,09

BY- PASS DEVREDE



Debi (m^3/h)			Sıcaklıklar (ºC)			Bağıl nem değerleri (Φ)				Fan Akımı (A)	Voltaj (V)	Cos Φ	Fan gücü (W)	Entalpi değerleri (kJ/kg)				Free Cooling m(h3-h2)
Va	t1	t2	t3	t4	ϕ1	ϕ2	ϕ3	ϕ4	If	Vf	Cos Q	Wfan	h1(kJ/kg)	h2(kJ/kg)	h3(kJ/kg)	h4(kJ/kg)	Qfc (W)
450	31,6	27,4	25,0	25,5	26,2	30,4	37,1	33,3	0,77	230,00	0,88	154,84	51,23	45,13	43,72	42,81	-212,36
450	31,6	27,3	25,0	25,5	26,2	30,4	37,1	33,3	0,77	230,00	0,88	154,84	51,23	44,92	43,72	42,81	-181,21
450	31,6	27,2	25,0	25,5	26,2	30,5	37,1	33,3	0,77	230,00	0,88	154,84	51,23	44,78	43,72	42,81	-158,89
450	31,5	27,4	25,0	25,5	26,4	30,4	37,1	33,3	0,77	230,00	0,88	154,84	51,16	45,13	43,72	42,81	-212,36
450	31,4	27,3	25,0	25,5	26,6	30,5	37,1	33,3	0,77	230,00	0,88	154,84	51,10	44,98	43,72	42,81	-190,00
450	31,2	27,2	25,0	25,5	26,7	30,7	37,1	33,3	0,77	230,00	0,88	154,84	50,74	44,89	43,72	42,81	-176,37
450	31,1	27,1	24,9	25,5	26,9	30,8	37,1	33,3	0,77	230,00	0,88	154,84	50,67	44,74	43,50	42,81	-186,27
450	30,9	27,0	24,9	25,4	27,1	31,0	37,2	33,3	0,77	230,00	0,88	154,84	50,39	44,65	43,55	42,60	-164,82
450	30,6	26,9	24,9	25,4	27,5	31,1	37,2	33,4	0,77	230,00	0,88	154,84	50,03	44,50	43,55	42,65	-142,28
450	30,5	26,7	24,9	25,4	27,7	31,2	37,2	33,4	0,77	230,00	0,88	154,84	49,95	44,14	43,55	42,65	-88,67
450	30,3	26,6	24,9	25,4	27,9	31,3	37,1	33,4	0,77	230,00	0,88	154,84	49,66	43,99	43,50	42,65	-73,74
450	30,1	26,5	24,9	25,4	28,1	31,5	37,2	33,4	0,77	230,00	0,88	154,84	49,37	43,90	43,55	42,65	-51,95
450	30,0	26,4	24,9	25,4	28,3	31,6	37,2	33,4	0,77	230,00	0,88	154,84	49,30	43,75	43,55	42,65	-29,33
450	29,7	26,3	24,9	25,4	28,5	31,7	37,2	33,4	0,77	230,00	0,88	154,84	48,79	43,60	43,55	42,65	-6,69
450	29,6	26,2	24,9	25,3	28,7	31,8	37,2	33,4	0,77	230,00	0,88	154,84	48,71	43,45	43,55	42,45	15,96
450	29,4	26,0	24,9	25,3	29,0	32,0	37,2	33,4	0,77	230,00	0,88	154,84	48,48	43,14	43,55	42,45	61,31
450	29,1	25,8	24,9	25,3	29,3	32,2	37,2	33,4	0,77	230,00	0,88	154,84	48,04	42,84	43,55	42,45	106,71
450	28,9	25,7	24,9	25,3	29,5	32,4	37,2	33,4	0,77	230,00	0,88	154,84	47,74	42,74	43,55	42,45	121,45

Va	t1	t2	t3	t4	ϕ1	ϕ2	ϕ3	ϕ4	If	Vf	Cos Q	Wfan	h1(kJ/kg)	h2(kJ/kg)	h3(kJ/kg)	h4(kJ/kg)	Qfc (W)
450	28,6	25,6	24,9	25,3	29,9	32,6	37,2	33,4	0,77	230,00	0,88	154,84	47,35	42,64	43,55	42,45	136,31
450	28,4	25,4	24,9	25,3	30,1	32,7	37,1	33,4	0,77	230,00	0,88	154,84	47,05	42,29	43,50	42,45	182,22
450	28,2	25,3	24,9	25,3	30,5	32,9	37,1	33,4	0,77	230,00	0,88	154,84	46,88	42,19	43,50	42,45	197,25
450	27,9	25,2	24,9	25,3	30,7	33,1	37,1	33,4	0,77	230,00	0,88	154,84	46,36	42,09	43,50	42,45	212,39
450	27,7	25,0	24,9	25,3	31,1	33,2	37,2	33,4	0,77	230,00	0,88	154,84	46,18	41,73	43,55	42,45	273,51
450	27,5	24,9	24,9	25,3	31,4	33,4	37,2	33,4	0,77	230,00	0,88	154,84	45,93	41,63	43,55	42,45	288,81
450	27,2	24,7	24,9	25,3	31,8	33,6	37,2	33,4	0,77	230,00	0,88	154,84	45,53	41,32	43,55	42,45	334,73
450	27,0	24,6	24,9	25,3	32,1	33,8	37,2	33,4	0,77	230,00	0,88	154,84	45,28	41,22	43,55	42,45	350,25
450	26,7	24,3	24,9	25,3	32,5	34,1	37,1	33,4	0,77	230,00	0,88	154,84	44,88	40,76	43,50	42,45	411,73
450	26,4	24,1	24,9	25,3	32,9	34,4	37,1	33,4	0,77	230,00	0,88	154,84	44,47	40,50	43,50	42,45	450,60
450	26,0	24,0	24,9	25,3	33,5	34,5	37,1	33,4	0,77	230,00	0,88	154,84	43,96	40,34	43,50	42,45	473,69
450	25,7	23,8	24,9	25,3	33,9	34,8	37,1	33,4	0,77	230,00	0,88	154,84	43,54	40,08	43,50	42,45	512,81
450	25,5	23,6	25,0	25,3	34,4	35,1	37,1	33,4	0,77	230,00	0,88	154,84	43,38	39,82	43,72	42,45	584,47
450	25,2	23,5	25,0	25,3	34,8	35,3	37,1	33,4	0,77	230,00	0,88	154,84	42,96	39,71	43,72	42,45	600,71
450	24,9	23,3	25,0	25,3	35,3	35,5	37,2	33,4	0,77	230,00	0,88	154,84	42,59	39,40	43,77	42,45	654,87
450	24,6	23,1	25,0	25,3	35,8	35,8	37,1	33,5	0,77	230,00	0,88	154,84	42,21	39,14	43,72	42,50	686,93
450	24,3	22,9	25,0	25,3	36,2	36,1	37,0	33,5	0,77	230,00	0,88	154,84	41,78	38,87	43,67	42,50	719,16
450	24,0	22,7	25,0	25,3	36,6	36,4	37,0	33,5	0,77	230,00	0,88	154,84	41,35	38,60	43,67	42,50	759,21
450	23,7	22,4	25,0	25,3	37,1	36,8	37,0	33,5	0,77	230,00	0,88	154,84	40,96	38,18	43,67	42,50	822,84
450	23,4	22,2	25,0	25,3	37,7	37,1	37,0	33,5	0,77	230,00	0,88	154,84	40,62	37,91	43,67	42,50	863,25
450	23,0	22,0	25,0	25,3	38,6	37,4	37,1	33,5	0,77	230,00	0,88	154,84	40,20	37,64	43,72	42,50	911,46
450	22,6	21,8	25,0	25,3	39,2	37,7	37,2	33,5	0,77	230,00	0,88	154,84	39,63	37,37	43,77	42,50	959,82
450	22,3	21,6	25,0	25,3	39,8	38,0	37,3	33,5	0,77	230,00	0,88	154,84	39,27	37,10	43,82	42,50	1.008,31
450	22,0	21,4	25,0	25,3	40,5	38,3	37,2	33,5	0,77	230,00	0,88	154,84	38,95	36,82	43,77	42,50	1.041,63
450	21,6	21,1	25,0	25,3	41,1	38,7	37,0	33,5	0,77	230,00	0,88	154,84	38,37	36,39	43,67	42,50	1.091,01
450	21,3	20,9	25,0	25,3	41,8	39,0	36,9	33,5	0,77	230,00	0,88	154,84	38,04	36,12	43,61	42,50	1.124,60
450	21,0	20,7	25,0	25,2	42,6	39,4	36,9	33,6	0,77	230,00	0,88	154,84	37,74	35,88	43,61	42,34	1.160,14
450	20,6	20,5	25,0	25,2	43,3	39,8	36,9	33,6	0,77	230,00	0,88	154,84	37,19	35,64	43,61	42,34	1.195,93
450	20,3	20,1	25,0	25,2	44,1	40,4	36,9	33,6	0,77	230,00	0,88	154,84	36,88	35,08	43,61	42,34	1.279,51
450	19,9	19,9	25,0	25,2	45,0	40,8	36,9	33,7	0,77	230,00	0,88	154,84	36,40	34,84	43,61	42,39	1.315,91
450	19,4	19,6	25,0	25,2	46,2	41,2	37,0	33,7	0,77	230,00	0,88	154,84	35,81	34,40	43,67	42,39	1.389,48
450	19,0	19,4	25,0	25,2	46,9	41,7	37,0	33,7	0,77	230,00	0,88	154,84	35,23	34,19	43,67	42,39	1.420,94
450	18,7	19,1	25,0	25,2	47,7	42,2	37,0	33,7	0,77	230,00	0,88	154,84	34,90	33,79	43,67	42,39	1.481,98

Va	t1	t2	t3	t4	ϕ1	ϕ2	ϕ3	ϕ4	If	Vf	Cos Q	Wfan	h1(kJ/kg)	h2(kJ/kg)	h3(kJ/kg)	h4(kJ/kg)	Qfc (W)
450	18,3	18,8	25,0	25,2	48,6	42,6	37,0	33,8	0,77	230,00	0,88	154,84	34,38	33,34	43,67	42,45	1.548,46
450	18,0	18,6	25,0	25,2	49,5	43,1	37,1	33,8	0,77	230,00	0,88	154,84	34,07	33,13	43,72	42,45	1.588,56
450	17,6	18,3	25,0	25,2	50,5	43,6	37,2	33,8	0,77	230,00	0,88	154,84	33,58	32,71	43,77	42,45	1.658,02
450	17,2	18,0	24,9	25,2	51,4	44,1	37,2	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	33,05	32,30	43,55	42,50	1.687,66
450	16,9	17,6	24,9	25,1	52,5	44,9	37,3	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	32,78	31,79	43,60	42,29	1.771,95
450	16,5	17,3	24,9	25,1	53,5	45,3	37,2	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	32,26	31,34	43,55	42,29	1.831,68
450	16,2	17,0	24,9	25,1	54,5	45,9	37,2	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	31,95	30,95	43,55	42,29	1.889,83
450	15,6	16,7	24,9	25,1	56,0	46,5	37,2	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	31,16	30,56	43,55	42,29	1.948,32
450	15,3	16,5	24,9	25,1	57,0	47,1	37,2	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	30,83	30,36	43,55	42,29	1.978,61
450	14,9	16,1	24,9	25,1	58,1	47,7	37,2	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	30,32	29,78	43,55	42,29	2.066,31
450	14,6	15,9	24,9	25,1	59,2	48,3	37,2	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	30,01	29,57	43,55	42,29	2.097,35
450	14,3	15,6	24,8	25,1	60,2	48,9	37,3	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	29,66	29,17	43,39	42,29	2.132,43
450	14,0	15,3	24,8	25,1	61,2	49,6	37,3	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	29,31	28,80	43,39	42,29	2.188,40
450	13,6	15,0	24,8	25,1	62,1	50,2	37,4	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	28,73	28,39	43,44	42,29	2.256,39
450	13,3	14,5	24,8	25,1	62,9	51,2	37,4	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	28,32	27,72	43,44	42,29	2.357,63
450	13,0	14,2	24,8	25,1	63,7	51,9	37,4	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	27,91	27,34	43,44	42,29	2.414,84
450	12,6	13,9	24,8	25,1	64,8	52,6	37,4	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	27,37	26,95	43,44	42,29	2.472,41
450	12,3	13,6	24,8	25,1	65,5	53,3	37,3	34,0	0,77	230,00	0,88	154,84	26,94	26,57	43,39	42,34	2.522,75
450	12,1	13,3	24,8	25,1	66,2	53,9	37,4	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	26,70	26,16	43,44	42,29	2.592,15
450	11,8	13,1	24,8	25,1	66,7	54,7	37,4	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	26,22	25,98	43,44	42,29	2.619,22
450	11,6	12,7	24,8	25,1	67,2	55,4	37,4	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	25,93	25,40	43,44	42,29	2.705,90
450	11,4	11,4	24,7	25,1	64,8	57,8	37,6	33,8	0,77	230,00	0,88	154,84	25,03	23,54	43,32	42,24	2.966,62
450	11,4	12,4	24,8	25,1	67,5	56,1	37,5	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	25,60	25,00	43,49	42,29	2.772,55
450	11,3	11,4	24,7	25,1	65,1	58,0	37,6	33,8	0,77	230,00	0,88	154,84	24,90	23,59	43,32	42,24	2.960,26
450	11,2	11,3	24,7	25,1	65,4	58,1	37,8	33,8	0,77	230,00	0,88	154,84	24,77	23,43	43,42	42,24	2.999,43
450	11,2	12,2	24,8	25,1	67,7	56,7	37,6	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	25,25	24,77	43,54	42,29	2.815,19
450	11,1	11,3	24,7	25,1	65,7	58,2	37,8	33,8	0,77	230,00	0,88	154,84	24,64	23,45	43,42	42,24	2.996,27
450	11,1	11,8	24,8	25,1	67,8	57,6	37,6	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	25,08	24,23	43,54	42,29	2.895,81
450	11,0	11,2	24,7	25,1	66,0	58,3	37,8	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	24,51	23,29	43,42	42,29	3.020,39
450	11,0	11,6	24,7	25,1	67,8	58,2	37,6	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	24,88	24,00	43,32	42,29	2.899,02
450	10,9	11,2	24,7	25,1	66,3	58,4	37,7	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	24,38	23,31	43,37	42,29	3.009,74
450	10,9	11,1	24,7	25,1	66,7	58,6	37,8	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	24,47	23,17	43,42	42,29	3.038,25
450	10,8	11,1	24,7	25,1	67,0	59,0	37,9	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	24,34	23,25	43,47	42,29	3.033,32

Va	t1	t2	t3	t4	$\phi 1$	$\phi 2$	$\phi 3$	$\phi 4$	If	Vf	Cos Q	Wfan	h1(kJ/kg)	h2(kJ/kg)	h3(kJ/kg)	h4(kJ/kg)	Qfc (W)
450	10,8	11,1	24,7	25,1	67,3	59,1	37,8	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	24,40	23,27	43,42	42,29	3.022,69
450	10,8	11,2	24,7	25,0	67,5	58,9	37,7	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	24,44	23,41	43,37	42,09	2.994,07
450	10,8	11,4	24,7	25,1	67,7	58,7	37,6	33,9	0,77	230,00	0,88	154,84	24,48	23,74	43,32	42,29	2.938,03

Ek.2. İstanbul, İzmir ve Ankara için saatlik sıcaklık tabloları

İSTANBUL İLİ SOĞUTMA DİZAYN SICAKLIKLARI

Saat	Ocak		Şubat		Mart		Nisan		Mayıs		Haziran		Temmuz		Ağustos		Eylül		Ekim		Kasım		Aralık	
	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT
0,00	15	14	16	14	18	17	19	17	21	18	23	19	23	19	23	19	22	18	20	17	18	16	15	14
1,00	14	13	15	14	18	16	19	17	21	18	22	19	23	19	23	19	22	18	20	17	17	16	15	14
2,00	14	13	15	14	17	16	18	17	21	18	22	19	22	19	22	19	21	18	19	17	17	16	14	14
3,00	14	13	15	14	17	16	18	17	20	17	21	19	22	19	22	19	21	18	19	17	16	16	14	14
4,00	13	13	14	14	17	16	18	17	20	17	21	19	22	19	22	19	21	18	19	17	16	15	14	14
5,00	13	13	14	14	17	16	18	17	20	17	21	19	22	19	22	19	20	18	19	17	16	15	14	13
6,00	13	13	14	14	17	16	18	17	20	17	21	19	22	19	22	19	21	18	19	17	16	15	14	14
7,00	14	13	15	14	17	16	18	17	20	17	22	19	22	19	22	19	21	18	19	17	17	16	14	14
8,00	15	13	16	14	18	17	19	17	21	18	22	19	23	19	23	19	22	18	20	17	17	16	15	14
9,00	16	14	17	15	19	17	20	18	22	18	23	19	24	19	24	19	23	19	21	18	18	16	16	15
10,00	17	14	18	15	20	17	21	18	24	19	25	20	25	20	25	20	24	19	23	18	20	17	18	15
11,00	18	15	20	16	22	18	23	18	25	19	26	20	27	20	27	20	26	20	24	18	21	17	19	16
12,00	20	15	21	16	23	18	24	19	26	19	28	21	28	21	28	21	27	20	25	19	23	18	20	16
13,00	21	16	22	16	24	19	25	19	27	20	29	21	29	21	29	21	28	20	26	19	24	18	21	17
14,00	21	16	23	17	25	19	26	19	28	20	29	21	30	21	30	21	29	21	27	19	24	18	22	17
15,00	22	16	23	17	25	19	26	19	28	20	29	21	30	21	30	21	29	21	27	19	24	18	22	17
16,00	21	16	23	17	25	19	26	19	28	20	29	21	30	21	30	21	29	21	27	19	24	18	22	17
17,00	21	16	22	16	24	19	25	19	28	20	29	21	29	21	29	21	28	20	26	19	24	18	21	17
18,00	20	16	21	16	23	18	24	19	27	19	28	21	28	21	28	21	27	20	25	19	23	18	20	17
19,00	19	15	20	16	22	18	23	19	25	19	27	20	27	20	27	20	26	20	24	19	22	17	19	16
20,00	18	15	19	15	21	18	22	18	24	19	25	20	26	20	26	20	25	19	23	18	20	17	18	16
21,00	17	14	18	15	20	17	21	18	23	18	25	20	25	20	25	20	24	19	22	18	20	17	17	15
22,00	16	14	17	15	19	17	20	18	23	18	24	19	24	19	24	19	23	19	21	18	19	16	16	15
23,00	15	14	16	14	19	17	20	17	22	18	23	19	24	19	24	19	22	19	21	17	18	16	16	14

İstanbul ilinde nisan - ekim ayları soğutma periyodu, kasım- mart ayları ısıtma periyodu kabul edilmiştir.

SOĞUTMA PERİYODU ISI GERİKAZANIMIN DEVREDE OLMASI GEREKEN SAATLER

SOĞUTMA PERİYODU ENTALPİ KONTROLÜ İLE SOĞUTMA YAPILABİLECEK SAATLER

SOĞUTMA PERİYODU BY-PASS DEVREDE OLMASI GEREKEN SAATLER

ISITMA PERİYODU ISI GERİKAZANIMIN DEVREDE OLMASI GEREKEN SAATLER

ISITMA PERİYODU BY-PASS DEVREDE OLMASI GEREKEN SAATLER

İZMİR İLİ SOĞUTMA DİZAYN SICAKLIKLARI

Saat	Ocak		Şubat		Mart		Nisan		Mayıs		Haziran		Temmuz		Ağustos		Eylül		Ekim		Kasım		Aralık	
	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT
0,00	13,7	11,4	15,2	12,7	18,3	15,3	20,3	16,5	22,9	17,8	24,5	19	25,1	19	25,1	19	24	18,4	21,4	16,8	17,7	15,3	14,6	12,7
1,00	13,1	11,2	14,6	12,5	17,7	15	19,7	16,3	22,2	17,6	23,9	18,8	24,4	18,8	24,4	18,8	23,3	18,2	20,8	16,5	17,1	15	14	12,5
2,00	12,5	10,9	13,9	12,2	17	14,8	19	16,1	21,6	17,4	23,2	18,6	23,8	18,6	23,8	18,6	22,7	18	20,1	16,3	16,5	14,8	13,4	12,2
3,00	12	10,7	13,4	12	16,5	14,6	18,5	15,9	21,1	17,2	22,7	18,4	23,3	18,4	23,3	18,4	22,2	17,8	19,6	16,1	16	14,6	12,8	12
4,00	11,6	10,5	13	11,8	16,1	14,4	18,1	15,8	20,7	17	22,4	18,3	22,9	18,3	22,9	18,3	21,8	17,7	19,2	16	15,6	14,4	12,5	11,8
5,00	11,4	10,4	12,9	11,8	16	14,4	18	15,7	20,6	17	22,2	18,3	22,8	18,3	22,8	18,3	21,7	17,7	19,1	15,9	15,4	14,4	12,3	11,8
6,00	11,7	10,6	13,1	11,9	16,3	14,5	18,3	15,8	20,8	17,1	22,5	18,4	23	18,4	23	18,4	21,9	17,8	19,4	16	15,7	14,5	12,6	11,9
7,00	12,3	10,8	13,8	12,1	16,9	14,7	18,9	16	21,5	17,3	23,1	18,6	23,7	18,6	23,7	18,6	22,6	18	20	16,3	16,3	14,7	13,2	12,2
8,00	13,5	11,3	14,9	12,6	18	15,2	20	16,5	22,6	17,7	24,3	19	24,8	19	24,8	19	23,7	18,3	21,2	16,7	17,5	15,2	14,4	12,6
9,00	15,2	12	16,6	13,3	19,7	15,8	21,7	17	24,3	18,3	25,9	19,5	26,5	19,5	26,5	19,5	25,4	18,9	22,8	17,3	19,2	15,8	16	13,3
10,00	17,1	12,8	18,5	14	21,6	16,5	23,6	17,7	26,2	18,9	27,8	20,1	28,4	20,1	28,4	20,1	27,3	19,5	24,7	17,9	21,1	16,5	18	14
11,00	19,2	13,7	20,7	14,9	23,8	17,2	25,8	18,4	28,4	19,6	30	20,8	30,6	20,8	30,6	20,8	29,5	20,2	26,9	18,6	23,2	17,2	20,1	14,9
12,00	21,3	14,5	22,7	15,6	25,8	17,9	27,8	19,1	30,4	20,2	32,1	21,4	32,6	21,4	32,6	21,4	31,5	20,8	29	19,3	25,3	17,9	22,2	15,6
13,00	22,8	15	24,3	16,2	27,4	18,4	29,4	19,6	31,9	20,7	33,6	21,8	34,2	21,8	34,2	21,8	33	21,3	30,5	19,8	26,8	18,4	23,7	16,2
14,00	23,8	15,4	25,3	16,5	28,4	18,8	30,4	19,9	33	21	34,6	22,1	35,2	22,1	35,2	22,1	34,1	21,6	31,5	20,1	27,8	18,8	24,7	16,5
15,00	24,2	15,6	25,7	16,7	28,8	18,9	30,8	20	33,3	21,1	35	22,2	35,6	22,2	35,6	22,2	34,4	21,7	31,9	20,2	28,2	18,9	25,1	16,7
16,00	23,8	15,4	25,3	16,5	28,4	18,8	30,4	19,9	33	21	34,6	22,1	35,2	22,1	35,2	22,1	34,1	21,6	31,5	20,1	27,8	18,8	24,7	16,5
17,00	22,9	15,1	24,4	16,2	27,5	18,5	29,5	19,6	32,1	20,7	33,7	21,9	34,3	21,9	34,3	21,9	33,2	21,3	30,6	19,8	26,9	18,5	23,8	16,2
18,00	21,5	14,6	23	15,7	26,1	18	28,1	19,2	30,7	20,3	32,3	21,4	32,9	21,4	32,9	21,4	31,8	20,9	29,2	19,4	25,5	18	22,4	15,7
19,00	19,9	13,9	21,3	15,1	24,4	17,4	26,4	18,6	29	19,8	30,7	21	31,2	20,9	31,2	20,9	30,1	20,4	27,5	18,8	23,9	17,4	20,8	15,1
20,00	18,2	13,3	19,7	14,5	22,8	16,9	24,8	18,1	27,3	19,3	29	20,4	29,6	20,4	29,6	20,4	28,4	19,9	25,9	18,3	22,2	16,9	19,1	14,5
21,00	16,8	12,7	18,3	13,9	21,4	16,4	23,4	17,6	25,9	18,8	27,6	20	28,1	20	28,1	20	27	19,4	24,5	17,8	20,8	16,4	17,7	13,9
22,00	15,5	12,2	17	13,4	20,1	15,9	22,1	17,2	24,6	18,4	26,3	19,6	26,9	19,6	26,9	19,6	25,8	19	23,2	17,4	19,5	15,9	16,4	13,4
23,00	14,5	11,8	16	13	19,1	15,5	21,1	16,8	23,6	18	25,3	19,3	25,8	19,3	25,8	19,3	24,7	18,7	22,2	17	18,5	15,5	15,4	13

İzmir ilinde mart - kasım ayları soğutma periyodu, aralık- şubat ayları ısıtma periyodu kabul edilmiştir.

SOĞUTMA PERİYODU ISI GERİKAZANIMIN DEVREDE OLMASI GEREKEN SAATLER

SOĞUTMA PERİYODU ENTALPİ KONTROLÜ İLE SOĞUTMA YAPILABİLECEK SAATLER

SOĞUTMA PERİYODU BY-PASS DEVREDE OLMASI GEREKEN SAATLER

ISITMA PERİYODU ISI GERİKAZANIMIN DEVREDE OLMASI GEREKEN SAATLER

ISITMA PERİYODU BY-PASS DEVREDE OLMASI GEREKEN SAATLER

ANKARA İLİ SOĞUTMA DİZAYN SICAKLIKLARI

Saat	Ocak		Şubat		Mart		Nisan		Mayıs		Haziran		Temmuz		Ağustos		Eylül		Ekim		Kasım		Aralık	
	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT	KT	YT
0,00	-4,9	-6,1	-2,9	-3,9	3,2	2	8,7	6,1	14	9,5	18	11	19	13	19	13	16	11	10,4	7,4	5,1	3,4	-1,8	-3,1
1,00	-5,7	-6,6	-3,7	-4,5	2,4	1,4	7,9	5,7	13	9,1	17	11	19	12	19	12	15	11	9,6	7,1	4,3	3	-2,6	-3,6
2,00	-6,5	-7,2	-4,5	-5,1	1,6	0,9	7,2	5,4	12	8,8	16	11	18	12	18	12	15	10	8,8	6,7	3,5	2,6	-3,4	-4,1
3,00	-7,1	-7,6	-5,1	-5,6	1	0,5	6,5	5	12	8,5	15	11	17	12	17	12	14	9,9	8,2	6,4	2,9	2,3	-4	-4,5
4,00	-7,6	-7,9	-5,6	-5,9	0,5	0,2	6	4,8	11	8,3	15	10	17	12	17	12	14	9,7	7,7	6,2	2,4	2	-4,5	-4,8
5,00	-7,8	-8,1	-5,8	-6,1	0,3	0,1	5,9	4,7	11	8,2	15	10	16	12	16	12	13	9,6	7,6	6,1	2,2	1,9	-4,7	-4,9
6,00	-7,5	-7,8	-5,5	-5,8	0,6	0,3	6,2	4,9	11	8,4	15	10	17	12	17	12	14	9,7	7,9	6,3	2,5	2,1	-4,4	-4,7
7,00	-6,7	-7,3	-4,7	-5,2	1,4	0,8	7	5,3	12	8,7	16	11	18	12	18	12	14	10	8,7	6,7	3,3	2,5	-3,6	-4,2
8,00	-5,3	-6,3	-3,3	-4,2	2,9	1,8	8,4	6	14	9,3	17	11	19	13	19	13	16	11	10,1	7,3	4,7	3,3	-2,1	-3,3
9,00	-3,2	-5	-1,2	-2,7	4,9	3,1	10,5	6,9	16	10	19	12	21	13	21	13	18	12	12,1	8,2	6,8	4,3	-0,1	-2
10,00	-0,8	-3,5	1,2	-1,1	7,3	4,5	12,8	8	18	11	22	13	23	14	23	14	20	12	14,5	9,2	9,2	5,5	2,3	-0,6
11,00	1,8	-1,8	3,8	0,6	10	6,1	15,5	9,2	21	12	24	14	26	15	26	15	23	13	17,2	10,4	11,8	6,7	5	1
12,00	4,4	-0,4	6,4	2,2	12,5	7,5	18	10,2	23	13	27	15	29	16	29	16	26	14	19,7	11,4	14,4	7,9	7,5	2,5
13,00	6,3	0,7	8,3	3,4	14,4	8,5	19,9	11	25	14	29	16	31	17	31	17	27	15	21,6	12,1	16,3	8,7	9,4	3,5
14,00	7,5	1,4	9,5	4,2	15,6	9,2	21,2	11,5	26	14	30	16	32	17	32	17	29	15	22,9	12,6	17,5	9,2	10,6	4,2
15,00	8	1,7	10	4,4	16,1	9,4	21,7	11,7	27	14	31	16	32	17	32	17	29	16	23,3	12,8	18	9,4	11,1	4,4
16,00	7,5	1,4	9,5	4,2	15,6	9,2	21,2	11,5	26	14	30	16	32	17	32	17	29	15	22,9	12,6	17,5	9,2	10,6	4,2
17,00	6,4	0,8	8,4	3,5	14,5	8,6	20,1	11	25	14	29	16	31	17	31	17	28	15	21,8	12,2	16,4	8,8	9,5	3,6
18,00	4,7	-0,2	6,7	2,4	12,8	7,7	18,4	10,3	24	13	27	15	29	16	29	16	26	14	20	11,5	14,7	8	7,8	2,6
19,00	2,6	-1,4	4,6	1,1	10,7	6,6	16,3	9,5	22	13	25	14	27	16	27	16	24	14	18	10,7	12,6	7,1	5,7	1,5
20,00	0,6	-2,6	2,6	-0,2	8,7	5,4	14,3	8,6	20	12	23	14	25	15	25	15	22	13	15,9	9,8	10,6	6,1	3,7	0,2
21,00	-1,2	-3,7	0,8	-1,3	7	4,3	12,5	7,9	18	11	21	13	23	14	23	14	20	12	14,2	9,1	8,8	5,3	2	-0,8
22,00	-2,7	-4,7	-0,7	-2,4	5,4	3,4	10,9	7,1	16	10	20	12	22	14	22	14	18	12	12,6	8,4	7,3	4,5	0,4	-1,7
23,00	-4	-5,5	-2	-3,3	4,1	2,6	9,7	6,6	15	9,8	19	12	20	13	20	13	17	11	11,3	7,9	6	3,9	-0,9	-2,5

Ankara ilinde mayıs - eylül ayları soğutma periyodu, ekim - nisan ayları ısıtma periyodu kabul edilmiştir.

SOĞUTMA PERİYODU ISI GERİKAZANIMIN DEVREDE OLMASI GEREKEN SAATLER

SOĞUTMA PERİYODU ENTALPİ KONTROLÜ İLE SOĞUTMA YAPILABİLECEK SAATLER

SOĞUTMA PERİYODU BY-PASS DEVREDE OLMASI GEREKEN SAATLER

ISITMA PERİYODU ISI GERİKAZANIMIN DEVREDE OLMASI GEREKEN SAATLER

ISITMA PERİYODU BY-PASS DEVREDE OLMASI GEREKEN SAATLER

TEŞEKKÜR

Uludağ Üniversitesi'ndeki eğitimim sürecince bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, tez çalışmamı yöneterek büyük katkısını gördüğüm Öğretim Üyesi Danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Recep YAMANKARADENİZ' e, her zaman değerli görüşlerini aldığım Hocalarım Prof. Dr. Muhittin CAN, Doç. Dr. Akın Burak ETEMOĞLU, Yrd. Doç. Dr. Erhan PULAT' a ve her zaman yardımlarını aldığım Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünün Değerli Öğretim Üyelerine, tezimin tamamlanmasında emekleri geçen T.B.M.Y.O İklimlendirme Soğutma Bölümü çalışanlarından Öğr. Gör. Nurettin YAMANKARADENİZ' e, bilhassa Yrd. Doç. Dr. Salih COŞKUN Hocama, benden desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve bu günlere gelmemi sağlayan Aileme başta Anneme ve Babaanneme, beni her zaman destekleyen ve yanımda olan biricik Eşim Aliye Nihal ARSLAN' a ve her zaman desteğini gördüğüm ortağım Mustafa BAYRAKTAR' a çok teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ

1971 Yılında Bursa' da doğdu. İlk ve orta tahsilini Bursa' da tamamladı. Lise tahsilini Polatlı / Ankara'da tamamladı. 1994 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliğinden Lisans diplomasını aldı. Mezuniyetten sonra A.E.B Klima San. Ve Tic. Ltd. Şti.'nin kurucu ortağı olarak meslek hayatına başladı. Halen yurt içi ve yurt dışı mekanik tesisat taahüt işleri yapan A.E.B Klima San. Ve Tic. Ltd. Şti.' nin yöneticisi olarak çalışmaktadır.