

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇOK ÜNİTELİ KLİMA SİSTEMLERİNİN KANALLI TİP  
SPLİT KLİMA CİHAZLARI İLE KARŞILAŞTIRILMASI,  
MALİYET ANALİZLERİNİN YAPILMASI  
OPTİMUM ŞARTLARIN BELİRLENMESİ

YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Makina Müh. Arman KARAGÖZYAN

FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Isı-Proses Programında  
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı

: Doç Dr. Olcay KINCAI, Y.T.Ü.

Prof. Dr. Bahri Sahin

Doç. Dr. Damya Bilge

Doç. Dr. Olcay Kincaı

İSTANBUL, 2002

128671

1

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	i
KISALTMA LİSTESİ.....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	v
ÖNSÖZ .....	v
ÖZET .....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	5
2.1 Soğutma Yüğü Prensipleri.....	5
2.1.1 Hesapların Kesinliğı.....	5
2.1.2 Anlık Isı Miktarı.....	5
2.1.3 Ortam Isı Kazancı .....	6
2.1.4 Giriş Modu.....	6
2.1.5 Duyulur veya Gizli Isı.....	6
2.1.6 Ortamın Soğutma Yüğü.....	6
2.1.7 Işınım İle Isı Kazancı.....	6
2.1.8 Ortamdan Çekilen Isı Miktarı.....	7
2.1.9 Soğutma Serpantini Yüğü.....	7
3. ORTAM SOĞUTMA YÜĞÜ HESAPLAMA TEKNİKLERİ.....	8
3.1 Isıl Dengenin Esasları.....	8
3.2 Toplam Eşdeğer Sıcaklık Farkı Yöntemi.....	11
3.3 Geçiş Fonksiyonu Yöntemi.....	11
3.4 CLTD/SCL/CLF Yöntemi.....	12
3.5. TETD/TA Yöntemi.....	14
3.6. Başlangıçtaki Tasarım Kabulleri.....	14
3.6.1 Bina Karakteristikleri.....	14
3.6.2 Binanın Yerleşimi.....	15
3.6.3. Dış Ortam Tasarım Şartları.....	15
3.6.4. İç Ortam Tasarım Şartları.....	15
3.6.5. İşletme Programı.....	15
3.6.6. Tarih ve Zaman.....	16
3.7 Isı Kazancı Hesaplama Kavramları.....	16
3.7.1 Pencere Alanlarından Olan Isı Kazançları.....	16
3.7.2 Dış Yüzeylerden Olan ısı Kazançları.....	16
3.7.3 Güneş-Hava Sıcaklığı.....	16

3.7.4	Aydınlatma.....	16
3.7.5	Ek Olarak Dikkate Alınması Gereken Hususlar.....	17
3.7.6	Hava Sızması ve Havalandırma İle Olan Isı Kazancı.....	17
3.7.6.1	Havalandırma.....	17
3.7.6.2	Hava Sızması (Enfiltrasyon) İle Isı Kazancı.....	18
3.7.6.3	Vantilatörden Olan Isı Kazançları.....	18
4.	KANAL TASARIMI.....	20
4.1	Eşit Sürtünme Direnci Yöntemi.....	23
4.2	Statik Geri Kazanma Yöntemi.....	23
4.3	T-Yöntemi-Optimizasyon .....	25
4.3.1	Optimizasyon Esası.....	25
4.4	Kanal Tasarım İşlemleri.....	28
5.	KONFOR İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ.....	29
5.1	Geçekleştirdiği İşlemlere Göre.....	29
5.2	İklimlendirilmiş Havanın Hazırlandığı Yere Göre .....	30
5.3	Ortam Havası İle Isı Alışverişinde Bulunan Akışkanın Türüne Göre.....	31
5.4	Fan-Coil Sistemleri.....	33
5.4.1	İki Borulu Fan-Coil Sistemleri.....	35
5.4.1.1	Sistemin Özellikleri.....	35
5.4.2	Dört Borulu Fan-Coil Sistemleri.....	36
5.4.3	Fan-Coil Sistemlerinin Kontrolü.....	37
5.4.4	Montaj ve Uygulama.....	38
5.5	VRV (Değişken Soğutucu Debili) Sistemler.....	39
5.6	Absorbsiyonlu Soğutma Çevrimleri.....	45
6.	KLİMADA SİSTEM SEÇİLMESİ ve PROJELENDİRİLMESİ.....	53
6.1	Sistem Seçim Esasları.....	53
6.2	Tüm Hava Sistemleri.....	53
6.3	Sabit Debili Sistemler.....	54
6.4	Değişken Hava Debili (V.A.V.) Sistemler.....	55
6.5	Çift Kanallı Sistemler.....	55
6.5.1	Sistemlerin Tanıtımı.....	55
6.6	Kanallı Split Klima Sistemleri.....	64
6.6.1	Kanallı Split Klimalarda Montaj Yerinin Seçimi.....	66
6.6.2	Kanallı Tip İç Ünitelerin Taşınması Gereken Özellikler.....	67
6.6.3	Kanallı Split Klimalarda Flex kullanımı.....	69
7.	ÇOK ÜNİTELİ SPLIT KLİMA SİSTEMİ.....	71
7.1.1	KX2 Inverter Sistemin Tanımı.....	71
7.1.2	KX2 Sisteminin Avantajları.....	71
7.1.3	KX2 Sisteminin İç Ünite Modelleri.....	76
7.1.4	KX2 Sisteminin Kumanda Seçenekleri.....	77
7.2	Çağdaş İklimlendirme Sistemlerinin Sahip Olması Gereken Özellikler.....	79
7.3	Kanallı Split Sistem İle KX2 Sistemin Karşılaştırılması.....	80
7.4	KX2 Sistemin Getirdiği Yenilikler.....	80

8	UYGULAMA PROJELERİ.....	87
8.1	Çobançeşme İş Merkezi Klima Sistem Maliyetlerinin Karşılaştırılması.....	87
8.2	Plastcard Fabrikası Klima Sistem Maliyetlerinin Karşılaştırılması.....	89
9.	BİR DEĞERE GETİRİLMİŞ MAALİYET YÖNTEMİ .....	92
9.1	Çobançeşme İş Merkezi Klima Sistemi Toplam Maliyetleri .....	94
9.2	Plastcard Fabrikası Klima Sistemi Toplam Maliyetleri .....	95
10.	SİSTEM KARŞILAŞTIRMASI .....	99
11.	OPTİMİZASYON .....	102
11.1	Maliyet Eğrilerinin Belirlenmesi .....	102
11.2	Sistemlerin Karşılaştırılması .....	103
12.	SONUÇ .....	105
	KAYNAKLAR.....	106
	EKLER.....	107
Ek 1	Klima Cihaz Katalogları.....	109
Ek 2	Uygulama Projeleri .....	117
	ÖZGEÇMİŞ.....	131

## SİMGE LİSTESİ

$A_i$	$i$ yüzeyinin alanı
$AF$	Amortisman faktörü (%)
$C_A$	İlk yatırım yıllık maliyeti (\$/Yıl)
$(C_{OM})_{PW}$	Bugünkü koşullarda yıllık işletme maliyeti (\$)
$C_T$	Toplam yıllık maliyet
$e_f$	Eskalasyon faktörü (%)
$E$	Şu andaki yatırım ve işletme giderleri
$E_p$	Birinci yıldaki enerji maliyeti
$E_s$	İlk yatırım maliyeti
$g_{ij}$	$i$ iç yüzey ile $j$ yüzey arasındaki ışınlama ısı geçiş faktörü
$g_i$	Birim enerji maliyeti (\$/kWh)
$h_{ci}$	$i$ iç yüzeyinin ısı taşınım katsayısı
$I_A$	Toplam ilk yatırım maliyeti (\$)
$(I_{OM})_{PW}$	Bugünkü koşullarda toplam işletme maliyeti (\$)
$i$	Yıllık nominal faiz oranı (%)
$k$	CTF derecesi
$M$	Yıllık ısı enerjisi ihtiyacı
$n$	Sistem ömrü (Yıl)
$PW_{EF}$	Şu andaki değer eskalasyon faktörü
$q_{i,\theta}$	$\theta$ anında, $i$ iç yüzeyindeki anlık iletimle ısı geçişi miktarı
$RS_{i,\theta}$	pencerelerden gelen ve $\theta$ anında $i$ yüzeyi tarafından yutulan güneş enerjisi miktarı
$RL_{i,\theta}$	aydınlatmadan ışınlama ile gelen ve $\theta$ anında $i$ yüzeyi tarafından yutulan enerji miktarı
$RE_{i,\theta}$	ekipman ve insanlardan ışınlama ile gelen ve $\theta$ anında $i$ yüzeyi tarafından yutulan enerji miktarı
$t_{a,\theta}$	$\theta$ anındaki ortam havası sıcaklığı
$t_{i,\theta}$	$\theta$ anında $i$ iç yüzeyinin ortalama yüzey sıcaklığı

## KISALTIMA LİSTESİ

BMS	Bina Yönetim Sistemi
CLF	Cooling Load Factors
CLTD	Cooling Load Temperature Differential
CTF	Conduction Transfer Function
RTF	Room Transfer Function
SCL	Solar Cooling Load
SHGF	Solar Heat Gain Factor
TA	Time-Averaging
TETD	Total Equivalent Temperature Differential
TFM	Transfer Function Method
VAV	Variabe Air Volume



## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1	Ortam soğutma yüküne ısı depolama kabiliyetinin etkisi..... 7
Şekil 4.1	Sürtünme Diyagramı..... 22
Şekil 5.1	İki borulu fan-coil sistemi..... 35
Şekil 5.2	Dört borulu fan-coil sistemi..... 36
Şekil 5.3	Mhitsuishi U-serisi absorpsiyonlu soğutma cihazı..... 45
Şekil 5.4	Geliştirilmiş U-serisinin avantajları..... 47
Şekil 5.5	U-serisi prensip şeması..... 48
Şekil 5.6	Evaporatör ve gaz absorber bölümünde gaz akış diyagramı..... 50
Şekil 5.7	Konvansiyonel yapı ile yeni U-serisinin gövde konstrüksiyonlarının karşılaştırılması..... 51
Şekil 5.8	Konvansiyonel ve zorlanmış sistemlerde seyreltme kuvvetlerinin Etkisi..... 52
Şekil 5.9	Yeni grafik renkli mikroproses paneli..... 56
Şekil 6.1	Şematik olarak belirtilmiş tek kanallı sabit debili sistem..... 54
Şekil 6.2	Sabit debili tekrar ısıtma sistemi..... 54
Şekil 6.3	Tekrar ısıtmalı ve Bypass Kutulu sabit debili sistem..... 55
Şekil 6.4	İndüksiyon VAV terminal kutu..... 58
Şekil 6.5(a)	Seri Fan Kutulu VAV Terminal..... 59
Şekil 6.5(b)	Paralel Fan Kutulu Terminal..... 59
Şekil 6.6	Değişken debili çift kanallı sistem..... 60
Şekil 6.7	Sabit debili çift kanal sistemi..... 61
Şekil 6.8	Tek fanlı tekrar ısıtmasız sistem..... 62
Şekil 6.9	Çift fanlı, değişken hava debili (VAV), çift kanallı soğutma sistemi..... 63
Şekil 6.10	Çok Zonlu Sistem..... 64
Şekil 6.11	Kanallı Split Klimalarda İç Ünitenin Önden Görünüşü..... 68
Şekil 7.1	Ortam Sıcaklığı ve Ayar Sıcaklığı..... 73
Şekil 7.2	Dış Ünitelerin Çalışma Sıcaklığı..... 75
Şekil 7.3	Klima Sistemlerinden Beklenenler..... 79
Şekil 7.4	KX2 Sisteminin Tesisat Limitleri..... 81
Şekil 7.5	Bulanık Mantık Kontrol ve Konvansiyonel'in Ortam Sıcaklığında Karşılaştırılması..... 84
Şekil 7.6	Bulanık Mantık Kontrol ve Konvansiyonel'in Sıcaklık Farkı Algılaması..... 85
Şekil 8.1	Çobançeşme İş Merkezi KX2 Sistem İle Kanallı Tip Split Klima Sistemlerinin İlk Yatırım Maliyetlerinin Karşılaştırılması ..... 89
Şekil 8.2	Plastcard Fabrikası KX2 Sistem İle Kanallı Tip Split Klima Sistemlerinin İlk Yatırım Maliyetlerinin Karşılaştırılması ..... 91
Şekil 11.1	Kanallı split ve KX2 sistem maliyet eğrilerinin karşılaştırılması ..... 104

## ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 7.1	İç Üniteler İçin Kumanda Seçenekleri..... 77
Çizelge 7.2	Kanallı Split Sistemle KX2 Sisteminin Karşılaştırılması.....80
Çizelge 8.1	Çobançeşme KX2 ve kanallı split klima sistemlerinin ilk yatırım maliyetlerinin karşılaştırması..... 88
Çizelge 8.2	Plastcard KX2 ve kanallı split klima sistemlerinin ilk yatırım maliyetlerinin karşılaştırması..... 90
Çizelge 9.1	Çobançeşme iş merkezi genel elektrik yükleri ..... 94
Çizelge 9.2	Çobançeşme iş merkezi elektrik giderleri ve yıllık bakım masrafları ..... 95
Çizelge 9.3	Çobançeşme iş merkezi kanallı ve çok üniteli klima sistemlerinin maliyetleri ..... 95
Çizelge 9.4	Plastcard fabrikası kanallı ve çok üniteli KX' sistemlerinin maliyetleri ..... 96
Çizelge 9.5	Plastcard fabrikası klima sistemleri yıllık elektrik giderleri ve bakım masrafları ..... 96
Çizelge 9.6	Plastcard fabrikası klima sistemlerinin maliyetleri ..... 97
Çizelge 9.7	Yeşilköy villası elektrik giderleri ve bakım masrafları ..... 97
Çizelge 9.8	Yeşilköy villası klima sistemlerinin maliyetleri ..... 98
Çizelge 11.1	KX2 sistem ve kanallı tip split klima sistemlerinin maliyet değerleri ..... 102

## ÖNSÖZ

Tez çalışmamın hazırlanması sırasında bana sürekli olarak destek olan Doç. Dr. Olcay Kıncay'a, benden yardımlarını esirgemeyen AR TESİSAT MÜHENDİSLİK Şirketine ve eğitimimde emeği geçen tüm hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.



## ÖZET

İklimlendirme sistemleri, günümüzde gökdelenlerin ve büyük iş merkezlerinin de sayısının artması ile bir lüks değil, tam tersine standart bir ihtiyaç halini almıştır.

Kanallı tip split klima cihazları ile çok üniteli iklimlendirme sistemlerinin kısaca tanımları ve maliyet açısından genel bir karşılaştırılması yapılmış ve uygulama projeleri üzerinde elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Çalışmanın hazırlanması aşamasında iklimlendirme sistemleri hakkında bazı kuramsal temellerin sunulmasına çalışılmış, tasarım kriterlerinin üzerinde durulmuş ve iklimlendirme sistemlerinin özellikleri ortaya konmuştur. Uygulama projeleri üzerinde elde edilen sonuçların maliyet analizleri yapılarak hem ısı konfor, hem de maliyet açısından optimum seçimin yapılabilmesi için bazı temel bilgiler verilmiştir.

Günümüzde, çalışma ortamındaki verimin artırılmasının en önemli şartlarından biri ortamın ısı konforunun sağlanmasıdır ki bu da ancak uygun bir iklimlendirme sistemi ile sağlanabilir. Burada, özellikle çok üniteli klima sistemlerinin getirdiği yeniliklerin belirlenmesine çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** İklimlendirme, split klima, maliyet, konfor,optimizasyon



## **ABSTRACT**

In modern times, with the snowballing increase in the number of the skyscrapers and large shopping malls the air conditioning systems are not longer considered luxury items but mere necessities.

The duct-type split air conditioners and multi-unit air conditioning systems were briefly described and generally compared with the each other with respect to cost involvement, and the results of the relevant application projects were adequately submitted. During the preparation stage of the study due effort has been made for presentation of some theoretical basics about the air conditioning systems; due emphasis was given to the design criteria and the specifications of the air conditioning systems were explained. The costs analysis on the results of application projects was performed, and basics information was rendered for materialization of the optimum selection to provide both the temperature comfort and low costs.

In our day, one of the most crucial elements of proving efficiency at the working environment is to achieve temperature comfort of the space, which can only be achieved by employment of proper air conditioning. Particular emphasis was attached to define the innovations and new options introduced by multi-unit air conditioning systems.

**Key Words :** air conditioning, Split- air conditioner, cost, comfort, optimization

## 1. GİRİŞ

Yaşamımızın büyük bölümünü geçirdiğimiz kapalı mekanlardaki ısı konfor şartlarını en uygun düzeyde tutmak için gerçekleştirilen tasarımı, uygulaması ve işletmesiyle ülkemiz tesisat sektörü içinde ayrı bir ihtisas gerektiren klima alt sektöründeki sürekli gelişme ve büyüme kaçınılmaz görünmektedir. Klimanın Türkiye’de artık gelişmiş dünya ülkelerinde olduğu gibi sadece konfor değil ihtiyaç olduğu herkes tarafından kabul edilmektedir.

İkibinli yılların başında ülkemizdeki klima sektörünü dünya ile beraber gözlememiz gerekmektedir. Bu yaklaşım ile orta ve uzun vadede klima sektörünü değerlendirirsek; teknolojinin yaşam standardını her geçen gün yükseltmesi ile birlikte, klimayı standart olarak kabul eden insan sayısı artmakta, böylece özellikle konfor kliması sektörü ülkemizde ve dünyamızda büyüyen bir pazar haline gelmektedir. Endüstriyel klima ise ülkemizde tekstil, gıda, seramik, basın, ilaç vb. gibi prosese dayalı sektörlerin gelişmesine paralellik göstermektedir.

İklimlendirme insanlık kadar eskidir. Eski çağlarda insanlar güneşten ve soğuktan korunmak için çeşitli yöntemler kullanmışlardır. İklimlendirme tekniği on dokuzuncu yüzyılda çok hızlı bir şekilde gelişmiştir. Konfor iklimlendirmesi büyük çapta ilk defa 1920’lerin başlarında sinemalarda kullanılmaya başlandı. Yirmilerin sonuna gelindiğinde ülkelerdeki yüzlerce sinemada iklimlendirme sistemi vardı. Yirmilerin sonuna doğru ilk kompakt oda iklimlendirme ünitesi tanıtıldı. Sonraki kilometre taşı, güvenli soğutucuların geliştirilmesiydi. İkinci dünya savaşı sonrası ürünleri, esasen büyük binalar, mağaza klimaları ve pencere tipi iklimlendirme sistemleri için uygulanan makine sistemlerinden oluşmuştur.

Kapalı bir ortamdaki havanın, belirli sınırlar içerisinde, istenilen şartlarda tutulması işlemine iklimlendirme (klima) denir. İklimlendirme konfor veya endüstriyel amaçlı olabilir.

Endüstriyel iklimlendirme üretim, ürün depolama, araştırma ve geliştirme vb. endüstriyel faaliyetleri gerçekleştirmek için gerekli olan havanın şartlandırılmasıdır. Konfor iklimlendirmesi ise ısı konfor, temiz ve taze hava gereksinimlerini karşılamak amacıyla yapılır. Hem yeni hem de eski yapılara uygulanabilir. Konfor iklimlendirmesi doğru yapılan ortamlarda insanlar;

- Ortam şartlarını kolay ve nispeten hızlı bir şekilde kontrol edebilirler,
- Mutlu, neşeli ve rahat yaşarlar,
- Daha az yorulurlar,
- Yüksek iş verimi ile çalışırlar,
- Daha az hata yaparlar,
- Havalandırma için sık sık pencere açma gereği olmadığından dışarıdan gelecek, toz ve gürültüden kurtulmuş olurlar,
- Ortamı istedikleri şekilde düzenleyebilir ve kullanabilirler,
- Müşteriler için daha cazip ortamlar yaratabilirler,
- Müşterilerine daha kolay hizmet verebilirler (Bulak, 1999).

İnsandan ortama olan ısı geçişi, faaliyet türü ve derecesi ile giyim şekline de bağlıdır. Örneğin; nispeten yavaş hareket ettikleri için yaşlılar gençlere göre daha sıcak ortamlarda rahat ederler.

İnsan vücudu sürekli olarak ısı üretir. Bu enerjinin bir bölümü kas işini karşılamak ve vücut iç sıcaklığını korumak için kullanılır, kalan bölümü hem deri yüzeyinden hem de solunum yolu ile gizli ve duyulur ısı şeklinde ortama atılır. Vücut, ürettiği ısıdan daha fazlasını ya da azını kaybetmeye ancak sınırlı bir süre dayanabilir. Ortama gereken hızda ısı geçişi olmazsa, vücut normal iç sıcaklığını (yaklaşık 36.5 °C) korumak için fizyolojik denetim mekanizmalarını harekete geçirir. Ancak, bu mekanizmaların koruyucu etkileri sınırlıdır.

Konfor iklimlendirmesinde, dinlenen veya hafif yoğunluktaki bir işle uğraşan insanların bulunduğu bir ortamda, bağıl nem %50, havanın sıcaklığı ile ortamın ısı ışıyım sıcaklığı birbirine eşit veya yakın değerlerde iken, mevsimin gerektirdiği normal giyinmiş insanlar için uygun hava sıcaklığı ve hızı, kışın 21-22 °C ve < 0.15 m/s, yazın 24-26 °C ve < 0.25 m/s' dir. Yazın bağıl nemi %35'e düşen bir ortamda, hava sıcaklığı 26 °C'a yükselmektedir.

Ortam havasının sıcaklığı 27°C'ın üzerinde ise, 0.25-1.25 m/s hız ile hareket eden hava, genellikle, insanlarda serinletici etki yaratır. Hava hızının yüksek değerleri, ortamdaki bağıl nemin %60'ı aşması halinde tercih edilmelidir. 1.25 m/s'den yüksek hava hızları, çok sıcak ve çok nemli ortamlar hariç, insanları rahatsız eder.

Bağıl nemi %30-70 arasında olan bir ortamın diğer ısı şartlarını değiştirerek yazın ve kışın ısı konfor sağlanabilir. Bağıl nemi %75'i aşan ortamlarda bakteri ve virüslerin daha çok ürediği ve bulunduğu, bağıl nemi %23'ün altında olan ortamlarda ise solunum yolu hastalıklarının daha sık görüldüğü ayrıca, hava sıcaklığının da 21 °C'in altına düşmesi halinde ortamda statik elektriklenmenin başladığı bilinmektedir (Wang , 1993).

Ortam havasının sıcaklığı; kışın 19°C ise ısı ışıınım sıcaklığı 24°C, yazın 31°C ise ısı ışıınım sıcaklığı 25°C olduğunda ısı konfor sağlanır. Bir ortamı oluşturan yüzeylerin sıcaklığı, önemli ölçüde yapı bileşenlerinin ısı yalıtım ve ısı depolama özelliklerine bağlıdır. Bu sebeple, yönetmeliklere uygun inşa edilmiş yapılarda ısı konforun sağlanması daha kolay ve ucuzdur (McCuiston, Parker, Spitler , 2000).

Bir ortamın havasında kirletici olarak; tozlar, katı ve sıvı maddelerden oluşan dumanlar, buğular, sisler, buharlar ve gazlar bulunabilir. Bunlar; organik veya inorganik, görülebilir veya görülemez, yanıcı veya yanmaz ve zehirli veya zehirsiz olabilirler.

Kirli havanın insanlarda baş ağrısı, mide bulantısı, boğaz ve akciğerlerde tahriş, bitkinlik ve alerjik reaksiyonlar gibi rahatsızlık ve hastalıklara yol açtığı belirlenmiştir.

Temiz hava; insan sağlığı ve konforu bakımından olduğu kadar ortamda bulunan eşyaların, hassas cihazların ve iklimlendirme cihazlarının verimli ve uzun süre kullanılabilmesi bakımından da önemlidir.

Ortam havasının kalitesi kirletici kaynakların yok veya kontrol edilmesi, temizleyici cihazlar kullanılması ve ortama taze (dış) hava gönderilmesi ile iyileştirilir. Görülebilir boyuttaki katı kirleticiler klasik filtreleme yöntemleri ile %75-85 oranında temizlenebilir. Mikroskobik boyuttaki kirleticiler için elektrostatik filtreler gerekir. Koku ve bakteriler ise uygun kimyasal maddeler ile yok edilebilir (Ashrae, 1996).

Çeşitli ortamlar için taze hava gereksinimi farklıdır, doğal veya zorlanmış havalandırma sistemleri kullanılarak karşılanır. Konutlardaki oturma ve dinlenme ortamlarında oluşan koku, nem ve CO<sub>2</sub>'in olumsuz etkilerini yok etmek için gerekli taze hava; şahıs başına 1936 yılında 5 L/s iken, 1973'teki enerji krizinden sonra tasarruf amacı ile 2.5 L/s olarak belirlenmiştir. 1980'li yıllarda, şikayetler üzerine, ortam havasının kalitesi yeniden gündeme gelmiş ve söz

konusu değer 7 Litre/sn'ye yükseltilmiştir. Bu değerdeki hava debisi, ortama olan hava sızıntısı ve doğal havalandırma ile karşılanabilir. Sürekli havalandırılan mutfak, banyo ve tuvaletler için taze hava gerek

sinimi 12 Lite/sn'dir, kesintili çalışma halinde havalandırma sisteminin debisi en az 40 Litre/sn olmalıdır.

Ortam havası ile dış ortam havası arasında 0.51-1.27 mmSS pozitif basınç farkı oluşturulursa, dış ortam havasından sızıntı ile gelebilecek olumsuzluklar azaltılabilir. Pis kokulu ortamlar negatif basınç altında tutulmalıdır.

Bir iklimlendirme sisteminin seçimi, projelendirilmesi ve kurulması aşamalarında hem i hem dış ses ve titreşim kaynakları incelenmeli, kontrolü için önlemler alınmalıdır.

Bu çalışmada, kanallı split klimalar ve çok üniteli split klimaların aynı mekanda projelendirilip maliyet hesaplarının yapılması ile en ekonomik sistemin seçilmesi amaçlanmıştır. İstanbul ilinin iklim şartlarına göre, bir iş merkezinin ve bir fabrikanın ofis bölümlerinde konfor şartlarını sağlayacak ve en uygun maliyetli klima sistemi seçiminde bir kaynak olabilecektir.

## 2. KURAMSAL TEMELLER

### 2.1 Soğutma Yükü Prensipleri

Mahaller için soğutma yükü hesaplarında dikkat edilmesi gereken parametreler çok ve birbiri ile tanımlanması zor olan ilişkilerde olup, yirmi dört saatlik zaman dilimleri içerisinde önemli bir biçimde değişmektedir. Yük bileşenleri içerisindeki bu değişimler, genellikle birbiri ile ilişkili değildir, ancak tüm zaman dilimleri içinde ayrıca incelenmelidir. Bölgelere ayrılmış,yani şartlandırma ekipmanlarının sıcaklık kontrolüne sahip çeşitli bağımsız alanlara hizmet ettiği bir sistemde toplam soğutma yükü kapasitesinin tasarımın yapıldığı gün boyunca bağımsız bölgelerin gün boyunca en yüksek soğutma yükleri toplamından daha fazla olmamasına dikkat edilmeli, ancak her bölgenin pik soğutma yüklerinin karşılanması da sağlanmalıdır. Isıtma sezonunda veya ara sezonlarda bazı bölgelerde soğutma gerekebileceği de unutulmamalıdır (Ashrae Handbook, 1996).

#### 2.1.1 Hesapların Kesinliği

Proje hakkındaki bilgiler, uygun bir performans için hayati önem taşır. Öngörülmuş ve dizayn esnasında kullanılmış değerlerin, örneğin binanın yapımında kullanılan yapısal malzemelerin temel özelliklerinin veya binanın kullanım amacının değişmesi en uygun performansın yakalanamamasına, bazı durumlarda önemli problemlere neden olabilmektedir. Bu sorun maalesef ülkemizde sıkça yaşanmaktadır. Binaın inşası sırasında yapılan veya yapılabilecek pek çok değişikliğin yanı sıra, inşaatın tamamlanmasından sonra binanın önceden öngörülmuş amacının dışında kullanılması doğal olarak sistemin verimsiz çalışmasına neden olmaktadır. Bu yüzden projesi yapılan binanın tüm tasarım bilgileri, kesin ve tam olarak belirlenmelidir. Tasarımcı, bu noktada en uygun değerleri seçerek bir hesaplama yapmalıdır. Ancak bu durumda bile, maalesef elde edilecek hesap sonuçları hiçbir zaman gerçek soğutma yükünün iyi bir tahmininden öteye geçememektedir.

#### 2.1.2 Anlık Isı Miktarı

Anlık ısı kazancı, sabit bir zaman dilimi içerisinde ortama giren ve/veya ortam içerisindeki çeşitli kaynaklar tarafından üretilen ısı miktarıdır.Hava şartlandırma sisteminin tasarımında her biri zaman ile değişen birbiri ile bağlantılı dört ısı miktarı hesaplanmalıdır.

### **2.1.3 Ortam Isı Kazancı:**

Ortam ısı kazancı, ortama girdiği hale ve gizli ısı kazancı olup olmadığına göre sınıflandırılır.

### **2.1.4 Giriş Modu**

Ortamın ısı kazancı, çeşitli şekillerde gerçekleşir. Bunlar, şeffaf yüzeylerden, özellikle pencerelerden güneş ışınımı ile, dış duvarlar ve çatıdan ısı iletimi ile, iç ayırıcı duvarlar ve çatıdan ısı iletimi ile, insanlar, ışıklar ve çeşitli uygulamalar ve bu uygulamalar sonucu ortam içerisindeki ısı üretimi ile, havalandırma ve dış havanın ortam içine sızması sonucu enerji nakli ile veya çeşitli ısı kazançları ile olabilir.

### **2.1.5 Duyulur veya Gizli Isı:**

Herhangi bir mahalın soğutma yükü hesaplanırken toplam soğutma yükü duyulur ve gizli ısı olarak ayrı ayrı düşünülmelidir. Duyulur ısı kazancı, ortama iletim, taşınım veya ışınım yolları ile olur. Gizli ısı kazancı ise, ortamda bulunan insanlar, makineler gibi nem üreten kaynaklardan olmaktadır. Gizli ısı kazancı, konfor şartlarını sağlama açısından çok önemli bir rol oynar. Ortamdaki bağıl nemi dengeleyebilmek için nem alıcı cihazda birim zamanda olan yoğuşma miktarı ortama eklenen nem miktarına eşit olmalıdır.

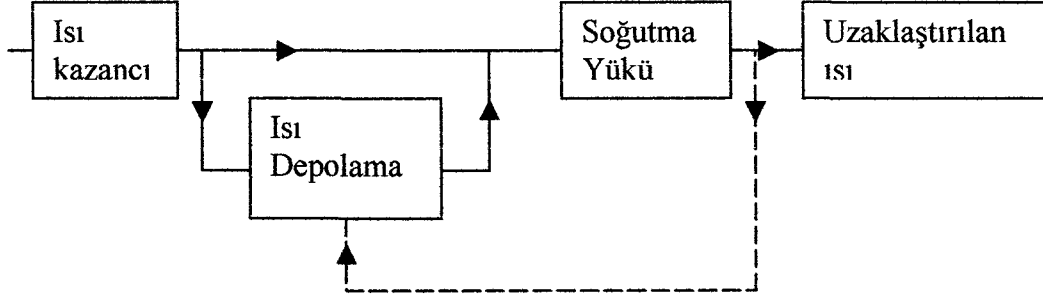
### **2.1.6 Ortamın Soğutma Yükü**

Ortam soğutma yükü, herhangi bir mahalde, ortam sıcaklığını sabit bir değerde tutmak için o mahalden çekilmesi gereken ısı miktarıdır. Bir mahalın soğutma yükü, o mahalın anlık ısı kazançlarına eşit olmak zorunda değildir.

### **2.1.7 Işınım İle Isı Kazancı**

Ortamın ışınım ile ısı kazancı o anda soğutma yüküne dönüşmez. Ortam içinde bulunan eşyalar, mobilyalar, duvarlar vb. gibi yüzeyler absorpsiyon katsayılarına bağlı olarak soğurular. Ortam sıcaklığı, güneş ışınlarını emen bu yüzeylerin sıcaklığının altına indikten sonra ağırlıklı olarak taşınım yolu ile ortamın soğutma yüküne etki eder. Ortamdaki bu yüzey ve cisimlerin ısı depolama kabiliyetleri, ortamın soğutma yükünü direkt olarak etkiler (Şekil

1.1) ve bu ortamın ısı depolama kabiliyetini etkiler. Ortamın soğutma yükü hesaplanırken, o ortamda ısınının nasıl depolandığı, daha hassas hesap değerlerine ulaşmak açısından büyük önem taşır (McQuiston,Parker,Spitler, 2000).



Şekil 1.1 Ortam soğutma yüküne ısı depolama kabiliyetinin etkisi

### 2.1.8 Ortamdan Çekilen Isı Miktarı:

Ortamdan çekilecek ısı miktarının ortam soğutma yüküne eşit olması halinde ortam sıcaklığı sabit tutulabilir. Soğutma cihazlarının ortalama kapasite değerlerinde çalıştırılması ile çoğunlukla ortam çalışma değerlerinde küçük çaplı değişimlere izin verilebilmektedir. Bu durumda belli bir zaman diliminde ortamdan çekilen ısı miktarı daha iyi kontrol edilebilir. Böylece sabit bir zaman diliminde enerji sarfiyatı değerleri de daha net bir şekilde belirlenebilir.

### 2.1.9 Soğutma Serpantini Yükü

İklimlendirme işlemleri sırasında kullanılan soğutma serpantinlerinin ortamdan çektiği enerji miktarı kontrol ettiği mahalın veya mahallerin anlık soğutma yükleri ile hava dağıtımında kullanılan kanalların ısı miktarı ve dış ortam havasının bölge şartlarına bağlı olarak değişen ısı ve neminden dolayı oluşan ek dış yüklerin toplamına eşittir.

### 3. ORTAM SOĞUTMA YÜKÜ HESAPLAMA TEKNİKLERİ

#### 3.1 Isıl Dengenin Esasları

Bir ortamın soğutma yükü hesaplanırken, ortamdaki her yüzey için iç ortamdaki dış ortama doğru iletim, taşınım ve ışınlama ile ısı dengelerini ve salon havası için taşınım ile ısı alışverişini göz önüne almak gerekir. Burada kullanılan hesap prensipleri, daha sonradan türetilmiş diğer yöntemlerin de temelini oluşturur.

Mahalin ortam soğutma yükü direkt olarak ısı enerji dengeleri yardımı ile hesaplanmak istendiğinde, ortam içindeki hava kütesini, ortam içindeki hava kütesini, ortamı çevreleyen duvarları, pencereleri, sızma ve havalandırma havasını ve iç ısı kaynaklarını içeren enerji dengesi denklemlerinin oldukça zahmetli ve zaman alıcı bir çözümünü gerektirir. Hesaplama prensibini açıklamak için, dört duvar, tavan ve döşeme ile çevrelenmiş sızma ile havanın girdiği ve normal iç ısı kaynaklarını içeren bir ortam ele alındığında verilen bir zamanda her yüzeydeki enerji alışverişini hesaplayan denklem:

$$q_{i,\theta} = \left[ h_{ci}(t_{a,\theta} - t_{i,\theta}) + \sum_{j=1}^m g_{ij}(t_{j,\theta} - t_{i,\theta}) \right] A_i + RS_{a,\theta} + RE_{a,\theta} \quad i=1,2,3,4,5,6 \quad (3.1)$$

- $m$  = odayı çevreleyen yüzeylerin sayısı
- $q_{i,\theta}$  =  $\theta$  anında,  $i$  iç yüzeyindeki anlık iletimle ısı geçişi miktarı
- $A_i$  =  $i$  yüzeyinin alanı
- $h_{ci}$  =  $i$  iç yüzeyinin ısı taşınım katsayısı
- $g_{ij}$  = iç yüzey  $i$  ile iç yüzey  $j$  arasındaki ışınlama ile ısı geçiş faktörü
- $t_{a,\theta}$  =  $\theta$  anındaki ortam havası sıcaklığı
- $t_{i,\theta}$  =  $\theta$  anında  $i$  iç yüzeyinin ortalama yüzey sıcaklığı
- $RS_{i,\theta}$  = pencerelerden gelen ve  $\theta$  anında  $i$  yüzeyi tarafından yutulan güneş enerjisi miktarı
- $RL_{i,\theta}$  = aydınlatmadan ışınlama ile gelen ve  $\theta$  anında  $i$  yüzeyi tarafından yutulan enerji miktarı
- $RE_{i,\theta}$  = ekipman ve insanlardan ışınlama ile gelen ve  $\theta$  anında  $i$  yüzeyi tarafından yutulan

enerji miktarı

Ortamın iletim ile ısı kaybının hassas bir şekilde hesaplanabilmesi için her bir ısı transfer yüzeyinden olan ısı transferini göz önüne almak gerekir. Ortam en basit şekilde bir küp olarak düşünüldüğünde, en genel hal için bir mahalin altı adet ısı transfer yüzeyi vardır. Bu ısı transfer yüzeylerinden dolayı oluşan soğutma yükünün hesaplanması ancak denklem (3.1)'in altı kez düzenlenmesi ile mümkün olacaktır. Bu denklemler her bir yüzey için ısı geçişi fonksiyonları olarak,

$$q_{n\theta} = \sum_{m=1}^M Y_{k,m} t_{o,\theta-m+1} - \sum_{m=1}^M Z_{k,m} t_{in,\theta-m+1} + \sum_{m=1}^M F_m q_{in,\theta-m} \quad (3.2)$$

şeklinde ifade edilirler. Burada;

- $in$  = odayı çevreleyen yüzeylerin sayısı
- $k$  = CTF derecesi
- $m$  = zaman değişkeni
- $M$  = sıfırdan farklı olan CTF sayısı
- $o$  = dış yüzey
- $t$  = sıcaklık
- $\theta$  = zaman
- $x$  = dış ortam CTF değerleri
- $Y$  = çapraz CTF değerleri
- $Z$  = iç ortam CTF değerleri
- $F_m$  = akının önceki zamanla ilgili katsayıları

anlamlandırılır.

Ortam havası enerji dengesi denklem (3.1)'deki  $t_{i,\theta}$  ve denk. (3.2)'denklem  $t_{in,\theta}$  iç ortam yüzey sıcaklıkları birbirleri ile etkileşim halinde olduğundan, çözümlerinin aynı anda yapılması gerekir. Buna ilaveten ortam havasının enerji dengesini veren

$$Q_{L,\theta} = \left[ \sum_{i=1}^6 h_{ci} (t_{i,\theta} - t_{a,\theta}) \right] A_i + \rho CV_{L,t} (t_{o,\theta} - t_{a,\theta}) + \rho CV_{v,\theta} (t_{v,\theta} - t_{a,\theta}) + RS_{a,\theta} + RL_{a,\theta} + RE_{a,\theta}$$

Denklem (3.3)'ün de, aynı anda çözülmesi gereklidir. Bu denklemde

- $\rho$  = havanın yoğunluğu  
 $C$  = havanın özgül ısısı  
 $V_{L,\theta}$  =  $\theta$  anında ortama sızan dış havanın hacimsel debisi  
 $t_{a,\theta}$  =  $\theta$  anında dış ortam hava sıcaklığı  
 $V_{v,\theta}$  =  $\theta$  anında havalandırma havasının hacimsel debisi  
 $t_{v,\theta}$  =  $\theta$  anında havalandırma havasının sıcaklığı  
 $RS_{a,\theta}$  =  $\theta$  anında pencerelerden giren ve taşınım ile salon havasına intikal eden güneş enerjisi miktarı  
 $RL_{a,\theta}$  =  $\theta$  anında aydınlatmadan taşınım ile salon havasına geçen ısı miktarı  
 $RE_{a,\theta}$  =  $\theta$  anında cihazlardan ve insanlardan salon havasına taşınım ile geçen ısı miktarı

anlamlandırılır. Bu hesaplarda ortam hava sıcaklığının değişken olmasına izin verildiğine dikkat edilmelidir. Ortam hava sıcaklığının sabit alınması halinde, soğutma yükünün aynı anda simültane hesaplamalarla çözülmesi gerekmez.

Ortam soğutma yükünün hesaplanmasında kullanılacak bu kapsamlı hesap yöntemi, bilgisayar hesaplarından yararlanılan bazı haller dışında pratik değildir. Anlık ortam soğutma yüklerinin hesaplandığı bilgisayar programları özellikle uzun süreli enerji kullanım hesaplarında kullanılır.

Geçiş fonksiyonları yöntemi, kapsamlı ısı enerjisi denge hesaplarının matematiksel olarak bazı kabullere dayanılarak basitleştirilmesidir. Bu yöntemle salon ısı tepki faktörlerini kullanmışlardır. Önce yukarıda açıklanan kapsamlı hesaplar ile salon yüzey sıcaklıklarını ve soğutma yüklerini hafif, orta ve ağır konstrüksiyondaki öğrenci yurtları ile ofisler ve okullarda uygulanan birkaç tipik konstrüksiyon şekli için ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Bu hesaplamalarda, güneşten olan ısı kazancı, iletimle olan ısı kazançları gibi bazı ısı yükler simüle edilmiştir. Daha sonra, geçiş fonksiyonları nümerik sabitler olarak hesaplanmıştır. Bu geçiş fonksiyonları, tipik konstrüksiyonlar için tespit edildikten sonra, giriş verilerindeki ani değişmelerin, bu fonksiyonları etkilemediği kabul edilmiştir. Bu sayede oldukça zahmetli soğutma yükü hesapları daha basit bir hale getirilmiş ve geçiş fonksiyonlarının her zaman adımı için elde edilen ısı kazancı değerleri ile çarpımı ve elde edilen bu sonuçların toplanması

ile soğutma yükü hesap edilmiştir. Aynı geçiş fonksiyonları kavramı, daha sonra açıklanacak olan ısı kazancı hesaplamalarına da uygulanabilir.

### 3.2 Toplam Eşdeğer Sıcaklık Farkı Yöntemi

Toplam eşdeğer sıcaklık farkı (TETD, Total Equivalent Temperature Differential) yönteminde, tasarımcı tarafından sahip oldukları özelliklere göre belirlenen bir dizi tipik duvar ve çatı için tepki faktörü tekniği uyarlanmış ve güneş-hava sıcaklığı ve ortam sıcaklığının fonksiyonu olarak TETD değerlerini hesaplayacak veriler türetilmiştir. Ortam ısı kazancını oluşturan her ısı kazancı bileşeni, ilgili TETD değerleri kullanılarak hesaplanır ve sonuçlar birbirine eklenerek ortamın anlık ısı kazancı bulunur. Bu kazanç zamana göre ortalama (TA, Time-Averaging) tekniği ile anlık soğutma yükü değerlerine dönüştürülür. Bu teknikte, söz konusu zaman adımıdaki ısı kazançlarının ışıyım bileşenlerinin değerleri, bir ileriki zaman adımıdaki tahmini değerler ile ortalaması alınarak hesaplanır. Bu teknik, ortamın ısı depolama özelliğinin hesaplara dahil edilmesinde oransal olarak bir etki sağlar, ancak karmaşıklığı nedeniyle en iyi sonuçlar bilgisayar çözümlemesi ile sağlanır. Tasarımcı, toplam eşdeğer sıcaklık farkı yöntemi ile hesap yapacağı durumlarda, bu temellere dayanan bir bilgisayar programı kullandığında daha kesin ve çabuk bir hesaplama yapmış olur.

### 3.3 Geçiş Fonksiyonu Yöntemi

Geçiş fonksiyonu yöntemi, temel olarak TETD/TA yöntemi ile aynı olmasına rağmen, geçiş fonksiyonu yöntemi ile yapılan hesaplamalarda (TFM, Transfer Function Method) bir dizi ağırlık faktörlerini veya iletimle ısı geçiş fonksiyonu (CTF, Conduction Transfer Function) katsayılarını çeşitli opak dış yüzeylerde, ısı momentumunun ısı kazancı üzerindeki etkisini hesaplara yansıtılabilmek amacıyla güneş-hava sıcaklığı ile iç ortam sıcaklığı arasındaki farka uygulanır. Pencerelerden veya benzer yerlerden giren güneş ışıyımından olan iç kazançları, doğrudan ısı yükünü hesaplandığı saat için bulunur. Daha sonra TFM bir ikinci ağırlık faktörleri dizisine veya salon geçiş fonksiyonlarının (RTF, Room Transfer Function) uygulanır. Böylece ısı depolama etkisi, ışıyım etkisi olan bütün yüklerden olan ısı kazancı ve soğutma yükü değerlerine, ısı kazancından soğutma yüküne dönüşümü esnasında uygulanmış olur. Her iki deri de hem hesabın yapıldığı saatin ve hem de daha önceki saatlere ait verileri içerir. RTF katsayıları ortamın geometrisi, yapısı ve diğer karakteristiklerine uygulanır ve

böylece zamana bağlı olarak ortam içindeki önemli değişimlerin ortamın ısı depolama özelliğine olan etkisi hesaplarda göz önüne alınmış olur.

Geçiş fonksiyonları, belli bir zamandaki çıkış fonksiyonunu bir veya birkaç yönlendirici fonksiyonun değeri arasında bağlantı görevi yapar. RTF değerleri, soğutma yükü bileşenlerinin elde edilmesinde kullanılan ağırlık faktörleri iken, bu bölümde açıklanan CTF duvar veya çatılardaki ısı iletiminin hesaplanmasında kullanılan ısıl tepki sonuçlarının doğruluğu, kaynaklarda verilen çok sayıdaki çalışma ile ispatlanmıştır. TFM yöntemi, soğutma yükü analizleri için bilimsel olarak uygundur ve hesaplanmasındaki karışıklık, ticari tasarım hesaplamalarında etkin ve hassas bir uygulama için bilgisayar kullanımını gerek kılar. Günümüzde gelişen bilgisayar teknolojisi, ve yazılım firmalarındaki ilerleme, mühendislere gerek özel, gerekse standart uygulamalarda çeşitli seçenekler sunmaktadır.

### 3.4 CLTD/SCL/CLF Yöntemi

ASHRAE tarafından geliştirilen bu sistemde TFM yöntemi, güneş gören duvarlardan, çatılardan ve pencerelerden, diğer bir deyişle dışardan içeriye iletimle olan ısı kazancından kaynaklanan soğutma yükünün doğrudan hesaplanmasını sağlayacak soğutma yükü sıcaklık farkı (CLTD) verilerinin bulunmasında temel olarak baz alınmıştır. Pencerelerden olan toplam ısı kazancının benzer şekilde hesaplanması ve iç ısı kaynaklarından olan soğutma yükleri için soğutma yükü faktörleri (CLF Cooling Local Factors) de geliştirilmiştir. Son yıllardaki araştırmalar (McQuiston 2000), pencerelerden olan güneş yükü için daha büyük bir doğrulukla değişkenlerin etkisinin ilavesini mümkün kılan güneş enerjisi soğutma yükü (SCL, Solar Cooling Load) faktörünü geliştirmiştir. CLTD, SCL ve CLF faktörlerinin hepsi, zaman farkının opak dış yüzeylerden iletimle olan ısı kazancına etkisini, ışınlama ısı kazancının, soğutma yüküne dönüşmesinde ısıl depolama kabiliyetinin etkisini kapsar. Bu basitleştirmeler, soğutma yükünün elle hesaplanmasına imkan verir; dolayısı ile veriler mevcut olduğunda ve uygun olarak kullanıldığında bulunan sonuçlar TFM yöntemi ile bulunanlar ile uyumlu olmaktadır. Bu da yöntemin iyi bilinir olmasını sağlamaktadır.

CLTD verileri, çok kapsamlı olduğu için örneğin 13 farklı düz çatı tipi binanın (tavanlı ve tavansız olmak üzere 26 farklı durum) ve 7 farklı duvar grubu (burada 41 farklı duvar tipi sınıflandırılabilir) olarak göz önüne alınmıştır. 26 çatı tipi ve 7 duvar grubunun her biri için 24 adet saatlik CLTD değerleri, tablolar halinde sıralanmıştır. Daha sonra kuzey enlemi ve

hesaplamaların yapıldığı aya göre ayarlamalar yapılmıştır. Bu ayarlamaların güvenilirliği, yaz ayları boyunca oldukça doğru olmakla beraber, soğutma olmayan aylara ait çok erken ve çok geç saatlerdeki değerler daha az hassastır.

Güneş enerjisi ısı kazancı verileri düşünüldüğünde belirli şartların sağlanması amacı ile veriler, gruplar halinde toplanır. Güneşten maksimum ısı kazancı faktörü (SHGF, Solar heat Gain Factor ) yatay düzleme ve 16 farklı yöne göre ve 4° lik enlem farkı ile 0° ila 64° arasında kuzey enlemleri için aylık tablolar halinde belirlenmiştir. SHGF verilerinin ondalık çarpanı olan, soğutma yükü faktörleri (CLF) pencereleri gölgeliksiz, döşemesi halı kaplı olan ve olmayan mahaller ile camları içerden gölgelikli odalar için tablolar halinde sıralanmıştır. Pencerelerinde gölgeliğin bulunmadığı ortamların CLF değerleri her 24 saat için 8 farklı yön ile yatay düzlem için sunulmuştur. Bunlara ilaveten hafif, orta ve ağır bina konstrüksiyonları için de uygulamalarda, yatay ve 16 farklı yön için CLF değerleri listelere dahil edilmiş, ancak konstrüksiyon tipi için olan farklılıklar kapsam dışı bırakılmıştır. Seçilen CLTD ve CLF değerlerinin çarpımı o işlem için birim alanda olan soğutma yükünü ifade eder. El kitabında basılan CLF değerleri, Mayıs'tan Eylül'e kadar yük hesaplamaları için normal olarak en sıcak ayları kapsayan zaman dilimi için türetilmiştir. CLTD değerlerinde olduğu gibi, CLF verilerinin güvenliği de "soğutma olmayan" aylarda, çok erken ve çok geç saatlerde olan uygulamalarda aşırı sapmalar gösterir. Önceki araştırmalardan elde edilen bilgiler, bazı ek değişkenlerin ilavesi, CLF değerlerine pencerelerden olan güneş enerjisi ısı yükünü ayıran hesapların dahil edilmesi ve bu ısı yük için daha uygun SCL faktörlerinin tanımlanması ile orijinal faktörler gözden geçirilerek düzeltilmiştir. Günümüzde yine de çok fazla sayıda tablo verisi ile karşı karşıya kalındığı için, bilgiler sadece sınırlayıcı kullanım şekli ve açıklayıcı örnek için tablolar halinde verilmiş, ancak bu tabloların özel alanlarda uygulanabilmesi için gerekli bilgiler de yanında sunulmuştur. Verilerin boyutsuzlaştırılmasında belirli sınırlamalar sonucu doğan hata aralıkları da sonuçların değerlendirilmesinde kullanılmak üzere listelenmiştir.

Bu hesaplama yönteminde daha basit ve pratik bir ifade ile belirtmek gerekirse, bu hesaplama tekniği şu ana başlıklar altında toplanabilir; (Uralcan, Yücel 2001)

- Çatılar, dış duvarlar ve camlardan iletim ile olan ısı yükü
- Camlardan ışıınım ile olan ısı yükü
- İç yüzeyler arasındaki ısı transferi ile gerçekleşen yük
- İç kaynaklardan oluşan ısı yükleri

- Havalandırma ve hava sızması ile oluşan yükler.

### 3.5 TETD/TA Yöntemi

CLTD/CLF yönteminden önce, pek çok kullanıcı yaklaşık on yıldır yoğun olarak kullanılan ve başarısı kanıtlanmış zamana göre ortalama tekniğinin bilgisayar destekli versiyonlarını kullanırlardı. Bununla beraber pek çoğu da ısı kazancına sebep olan birçok faktör içinde ışınlama ısı geçişi miktarının etkisinin ve bu tip yüklerin ortalama değerinin oldukça subjektif bir şekilde tespit edildiğinin farkında idi. Zira bu iki önemli husus, araştırmalar veya bilimsel kaynaklardan ziyade, kullanıcının bireysel tecrübesine dayanmaktaydı. Harris ve McQuiston (1988), azaltma faktörlerini ve zaman aralığı değerlerini geliştirmişlerdir.

### 3.6 Başlangıçtaki Tasarım Kabulleri:

Bir ortamın soğutma yükü hesabının en doğru şekilde yapılabilmesi için detaylı bina tasarım bilgileri ve seçilen tasarım şartlarındaki iklim verilerinin kesin bir şekilde belirlenmiş olması gereklidir. Bunun için de aşağıda açıklanmış olan hususlar göz önüne alınmalıdır;

#### 3.6.1 Bina Karakteristikleri

Bina yapı malzemeleri, büyüklüğü, dış yüzeyin rengi ve şekli, genellikle binanın planından ve özelliklerinden tespit edilir. Genel olarak bina karakteristikleri, hesapların temelini oluşturur. Tasarım kabulleri bu bilgilere dayanılarak belirlenmektedir ve bu karakteristiklerdeki bir değişme tüm hesapların hassasiyetini etkileyeceğinden tasarlanmış sistemin verimini de doğrudan etkilemektedir. Maalesef ülkemiz inşaat sektöründe çok ,ince detayların belirlenmesi şöyle dursun, mevcut projeler üzerinde binanın inşa sürecinde dahi pek çok büyük değişiklikler olmakta, bu durumda sistemin kurulmasında da çeşitli zorluklar oluşmaktadır.

#### 3.6.2 Binanın Yerleşimi

Binanın konumu, yerleşimi ve dış yüzeyinin gölgelenmesi, binaya ait plan ve detaylardan temin edilir. Bitişik binalardan kaynaklanan gölgelenme, vaziyet planından veya binanın

yapılacağı yerin incelenmesi ile tespit edilir. Ancak bu durum, hesaplara dahil edilmeden önce, binanın gölgede kalma süresi dikkatlice değerlendirilmelidir. Anormal seviyede yansıyan güneş ışınımının etkisi, veya binanın yanında güneş ışınımını yansıtan binalar göz ardı edilmemelidir.

### **3.6.3 Dış Ortam Tasarım Şartları**

Tasarım esnasında en doğru seçimleri yapabilmek için kesin ve doğru değerlere ihtiyaç vardır. Binanın bulunduğu bölgenin iklim verileri yerel veya ulusal meteorolojik istasyonlardan temin edilebileceği gibi daha önceden yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen tablolaradaki verilere de başvurulabilir. Ancak bu verilerin güncel olmasına dikkat edilmelidir. Bazı durumlarda binanın yapılacağı bölgedeki yaş termometre sıcaklığı, o sıcaklığın kuru termometre sıcaklığı için verilen tablolarda genel olarak kullanılan yaş termometre sıcaklığı ile uyuşmayabilir. Bu durumda binanın inşa edileceği bölge ile kaynak olarak kullanılan meteoroloji istasyonunun arasındaki mesafe ve o bölgenin rüzgar durumu da göz önüne alınarak en uygun projelendirme değeri seçilmelidir.

### **3.6.4 İç ortam Tasarım Şartları**

İç ortamda en uygun konfor değerlerini yakalayabilmek için her bir mahal için gerekli olan iç ortam kuru ve yaş termometre sıcaklıkları, havalandırma miktarı seçilir ve sistem, bu değerlere göre tasarlanır. Bu tasarımı yapılırken kontrol sistemlerine bağlı sınırlamalar ve binanın kullanım amacı doğrultusunda sistemdeki olası dalgalanmalara karşı belirlenen toleranslar da dikkate alınmalıdır.

### **3.6.5 İşletme Programı**

İşletme programı, diğer bir deyişle binanın kullanım şekli en doğru iklimlendirme sisteminin tasarımında belki de en önemli etkidir. Projelendirilecek binanın aydınlatma yükü, mahallerdeki insan sayısı, içeride kullanılacak makine tipleri ile ilgili doğru bilgiler edinilmelidir. Soğutucu cihazların sürekli çalışma veya binanın kullanılmadığı sürelerde kapatılması olasılığı göz önüne alınmalıdır.

### 3.6.6 Tarih ve Zaman

Projesi yapılacak binanın kullanım zamanı, diğer bir deyişle, soğutma yükünün belirleneceği dönem belirlenmelidir. Buradaki en önemli nokta, pik yüklerin belirlenmesidir. Pik yük zamanlarının sağlıklı bir biçimde belirlenebilmesi için, soğutma dönemi ay ve gün olarak belirlenmelidir. Ancak daha sağlıklı bir analiz yapabilmek için farklı öngörülen soğutma zamanı içinde farklı dönemlerde daha detaylı bir araştırma faydalı olur. 32° üzerindeki kuzey enlemlerinde geniş pencere alanları ve güney cephesi olan yüzeyler için pik ortam soğutma yükü, Aralık ve Ocak aylarında meydana gelir. Ancak soğutma yükünü hesaplamak için kış aylarındaki en yüksek dış ortam sıcaklığı bilinmelidir (Uralcan, Yücel, 2001).

## 3.7 Isı Kazancı Hesaplama Kavramları

### 3.7.1 Pencere Alanlarından Olan Isı Kazançları

Güneş ışınimleri, bir mahalın soğutma yükünün belirlenmesindeki en önemli etkendir. Güneş ışınları sonucu ortamdaki ısı kazancı oldukça büyüktür. Pencere gibi şeffaf yüzeylerden geçen güneş enerjisinin soğutma yükü anlaktır.

### 3.7.2 Dış Yüzeylerden Olan Isı Kazancı

Opak olan dış yüzeylerden olan ısı kazancı, pencere alanlarından olan ısı kazancı gibi ısı gradyanı ve güneş ışınımı ile hesaplanır. Duvarın ve diğer dış yüzeylerin yapısal karakteristikleri, Buradaki ısı geçişi üzerinde doğrudan etkilidir.

### 3.7.3 Güneş-Hava Sıcaklığı

Güneş-hava sıcaklığı bir dış sıcaklık tanımı olup, iklimlendirilecek mahalın dış ortam ile ısı alışverişini belirleyen en önemli faktörlerden biridir.

### 3.7.4 Aydınlatma

Aydınlatma yükü, ortam soğutma yükü hesaplarında, güneş ışınımı ile olan ısı kazancı kadar büyük önem taşır. Aydınlatma yükü kullanılacak armatür çeşitleri ve o ortamdaki kullanım

şekline göre değişiklik göstermektedir. Bu yüzden buradan dolayı oluşan yükün hesabı çok açık değildir. Aydınlatma yükünün bir belli bir kısmı taşınım ile olmakta ve ortama yerleştirilmiş cihazlar tarafından anında uzaklaştırılmaktadır. Yükün diğer kısmı ise mahaldeki cihazlar ve diğer emici yüzeyler tarafından emilmekte ve mahal sıcaklığının düşmesi ile birlikte bu yüzeylerden tekrar yayılmakta ve ışıkları kapalı olduğunda dahi ortamın soğutma yükünü etkilemektedir.

### **3.7.5 Ek Olarak Dikkate Alınması Gereken Hususlar**

Binanın yalnız havalı veya hava-sulu merkezi iklimlendirme sisteminin uygun tasarım ve boyutlandırılması, şartlandırılacak ortam için soğutma yükünün hesabında kullanılan detaylardan daha fazlasını gerektirir. Burada kullanılacak iklimlendirme sistemlerinin tipi, karakteristikleri, vantilatör enerjisi, vantilatörün konumu, kanal ısı kayıpları ve kazançları, kanal hava kaçakları, ısısını ortamdan uzaklaştıran tipten aydınlatma sistemleri ve dönüş havası sistemleri gibi etkenlerin hepsi tesisatın ısı yüküne ve iklimlendirme sistemlerinin büyüklüğüne etki eder. Dolayısı ile tüm bunların sonucunda sistemin kurulum ve işletme maliyetleri ve verimi de tüm bu özelliklere göre değişim gösterir. Sistem tasarımının ve sistem bölümlerinin büyüklüğünün uygun değerlerde tespiti, sistem performansının psikrometrik işlemler olarak incelenmesi ile sağlanabilir.

### **3.7.6 Hava Sızması Ve Havalandırma İle Isı Kazancı**

#### **3.7.6.1 Havalandırma**

İç hava kalitesini belli bir değerde tutabilmek için dış ortam havası havalandırma amacı ile şartlandırılan ortamlara verilmelidir. Ancak minimum hava debisi her zaman tüm fizyolojik ve psikolojik hallerde uygun olmayabilir. Havalandırma için verilen hava, şartlandırılan ortam yerine, doğrudan iklimlendirme cihazına verilir. Böylece bu hava ortam yükü yerine serpantin yüküne etki eder. Dış havadan kaynaklanan ısı kazancının azaltılması için dış havanın egzoz havası ile karıştırılarak kullanılması da göz önüne alınmalıdır. Uygun bir filtreleme sistemi ile temizlenen emiş havası ortama verilebiliyor ise, çok kapalı ve dar olmayan, mahaldeki insanları rahatsız etmeyecek şekilde kişi başına 0.5 L/s dış hava yeterli olabilir

### 3.7.6.2 Hava Sızması (Enfiltrasyon) İle Isı Kazancı

Herhangi bir mahalın soğutma yükünün hesaplanmasında binanın bulunduğu bölgenin iklim koşulları ve rüzgar şiddetine bağlı olarak belli bir miktarda hava sızması olur. Binalarda hava sızması ile olan ısı kazancı soğutma sezonu içerisinde sadece pencere ve kapılardan olmaktadır. Burada rüzgarın tüm yönlerde ve aynı şiddetle esmeyeceği düşünülürse, hesaplamalar sırasında tüm cephelerdeki pencere alanlarının dikkate alınmasına gerek yoktur. Burada önemli olan nokta, binanın bulunduğu yerin özelliklerine bağlı olarak etkin rüzgar yönü ve şiddetine bağlı olarak en uygun cepheyi hesaplamalarda kullanmaktır. Ancak birbirine herhangi bir şekilde bitişik olan duvarlardaki pencerelerden olan hava sızması ihmal edilmemelidir.

Diğer bir seçenek olarak, iklimlendirmesi yapılacak binanın ekonomik, inşai veya diğer bir nedenden dolayı bir olumsuzluk yaratmadan hesaplanan hava sızması miktarı kadar dış ortam havası verilebiliyorsa, sızmadan kaynaklanan soğutma yükünün hesaplamalara eklenmesine gerek yoktur.

### 3.7.6.3 Vantilatörden Olan Isı Kazançları

Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemi çevrimlerinde havanın iletimini sağlayan vantilatörler, ortama verilecek veya ortamdaki alınmış havanın şartlarını çeşitli şekillerde değiştirerek tüm sisteme belli miktarlarda ısı ilave eder. Bu durum şu şekillerde gerçekleşebilir (Wang, 1993);

- Vantilatörün verimsizliği nedeni ile hava akımının sıcaklığının artması ile sistem ısı yükü artar. Ekipmana bağlı olarak vantilatör verimleri %50 ile %70 arasındadır. Bu değer ortalama olarak %65 mertebesinde dir. Dolayısıyla vantilatör için gerekli enerjinin %35 kadarı nakledilen havaya anlık ısı kazancı olarak eklenir.
- Havanın basınç farkı ve hızından kaynaklanan sıcaklık artışı. Toplam vantilatör enerjisinin %65 kadarı, havanın bütün hava nakil sistemi içinde ilerlemesi için basınç oluşturur.
- Motor ve tahrik mekanizmasının verimsizliğinden kaynaklanan ısı enerjisi nedeniyle sıcaklık artması. Vantilatörlerin motor ve tahrik mekanizmasından olan küçük ısı kazançları motor ve/veya tahrik mekanizması, şartlandırılan hava akımı içinde

yerleştirilmemişse dikkate alınmaz.Kayış tahrik kayıpları motor gücünün %3'ü kadarı alınır.

Her vantilatör, diğer ekipmanlara baplı olarak (öncelikle soğutma serpantini) ve (VAV-Değişken hava debili vb.)sistem tipleri, ekipman kontrolü ile birlikte (sadece ortam sıcaklığının kontrolü, artan sıcaklığı ve bağıll nem kontrolü vb.) konumlandırılmalıdır. Soğutma serpantininin girişine yerleştirilen bir vantilatör (besleme vantilatörü, dönüş havası vantilatörü, dış hava vantilatörü gibi) bu noktadaki hava akımına, verimsizliği oranında ısı enerjisi ilave eder; dolayısıyla, soğutma serpantinine hava biraz yüksek kuru termometre sıcaklığında girer.Bu artış soğutma serpantini sıcaklığı düşürölerek veya bir başka yol olarak soğutma serpantininden geöen hava akımının iklimlendirilen ortam şartları üzerindeki etkisi göz önüne alındığı sürece arttırılarak karşılanabilir.

Dönüş havası kanalları geniş ve hacimli olmadıköa veya bu kanallarda hava ani değişen şartlara maruz kalmıyorsa, besleme havası kanallarında olan ısı kazancı veya bu kanallardan olan ısı kaybı, hesaplarda önemli rol oynar.

#### 4. KANAL TASARIMI

Hava kanalları, havalandırma yapılacak mahalde hava sirkülasyonunu sağlarlar. Hava kanalları hava hızı ve basıncına göre sınıflandırılabilir. Düşük hızlı hava kanallarında, hava hızı 10 m/sn değerini pek aşmaz. Ancak endüstriyel uygulamalarda 12-15 m/sn değerlerine ulaşabilir. Ancak bu değerlerin üstündeki hızlarda hava iletimi için kullanılan kanallar yüksek hızlı kanallar olarak tanımlanırlar.

Kanalların taşıdığı hava basıncına göre yapılacak bir sınıflandırmaya göre ise hava kanalları;

- 100 mmSS'na kadar düşük basınçlı,
- 175 mmSS'na kadar orta basınçlı,
- 300 mmSS'na kadar yüksek basınçlı kanallar olarak sınıflandırılır. (Uralcan, Yücel 2001)

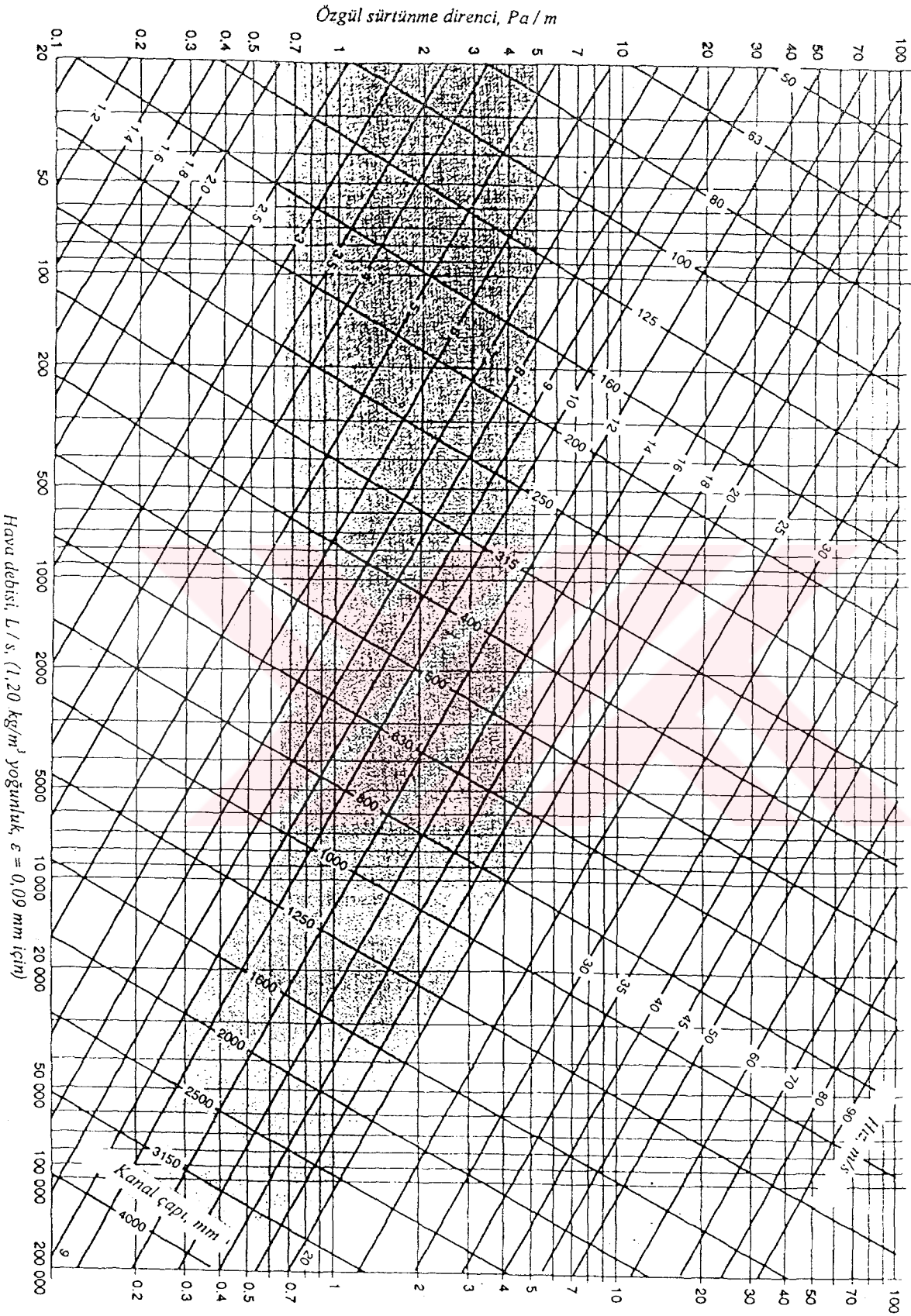
Ticari veya endüstriyel bir binanın iklimlendirme sisteminde hava kanalı kullanılacak ise, Bu sistemin projelendirilmesi esnasında şu hususlar göz önüne alınmalıdır:

- Ortamda çekilecek kanal için yeterli hacmin olması çok önemlidir. Burada kasıt, diğer tesisat boruları veya elektrik tavaları vb. gibi tavanda yer kaplayacak diğer ekipmanlar ile uygun montaj imkanının olması, asma tavan kullanılacak yerlerde asma tavan kotunun hava kanallarının döşenmesine mani olmayacak seviyelerde tutulmasıdır. Bu şartların uygun bir şekilde sağlanabilmesi için binanın mimarı ve diğer tesisat mühendisleri ile proje aşamasından itibaren sağlanacak iyi bir koordinasyon, pek çok sorunu daha ortaya çıkmadan kesin olarak çözecektir.
- Ortamdaki hava yayılımının en ideal biçimde olması, menfez dağılımının veya soğutucu cihazların yerlerinin uygun olarak seçilmesi ile sağlanır.
- Gürültü seviyesi, ortamda bulunan insanları rahatsız edici seviyelerde olmamalı, standartların belirlediği kabul edilebilir değerlerin üstüne çıkmamalıdır.
- İklimlendirme sisteminin tasarımı esnasında hesaba katılan kanal ısı kayıp ve kazançları, en doğru şekilde belirlenmelidir.
- Kanal içerisindeki hava akımının basınç değerleri de uygun mertebelerde olmalıdır.

- Yangın ve duman kontrolü için gerekli yerlerde standartlara uygun yangın damperlerinin konulması, hayati önem taşır. Bu damperler, el ile açılıp kapanabilecekleri gibi, otomatik kontrol sistemleri ile de kontrol edilebilirler
- Sistemin ilk yatırım masrafları, genel olarak galvaniz hava kanalı, menfez, cihaz imalat ve montajları giderlerini kapsar.
- Sistemin işletme masrafları her türlü masrafın inanılmaz ölçüde arttığı şartlarında günümüz şartlarında daha da büyük önem taşımakta ve büyük çaplı işletmelerin projelendirilmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır.

Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemleri ile buhar, gaz ve duman taşıyan egzoz sistemlerinin kanal tasarımları için; eşit sürtünme direnci, statik geri kazanma yöntemleri kullanılmaktadır. Eşit sürtünme dirençleri ve statik geri kazanma yöntemleri sunulmaktadır. Eşit sürtünme dirençleri ve statik geri kazanma yöntemleri veya T-yöntemi kullanılır. Eşit sürtünme dirençleri ve statik geri kazanma yöntemleri, optimizasyon yapamayan yöntemler iken, T-yöntemi, pratik bir optimizasyon sağlar.

Sistem tasarımlarının akustik olarak kabul edilebilir olduğunu garanti etmek için gürültü oluşumunun analiz edilmesi ve ses yalıtımlarının ve/veya gereken yerlerde kanalın akustik olarak dizilmesi gereklidir. Eşit sürtünme dirençleri, statik geri kazanma veya T-yöntem ile tasarlanmış kanal sistemleri yapılırken, kanalların boyut yuvarlaması ve yakın fittings elemanlarının toplam basınç kayıp hesaplarına etkisinden dolayı bu kanal tasarım yöntemlerinde hatalar olabilmektedir. Bu nedenle kanalların içersine belirli yerlerde çeşitli damperler konulur (Ashrae Handbook 1996).



Şekil 4.1 Sürtünme Diyagramı

#### 4.1 Eşit Sürtünme Direnci Yöntemi

Bu hesaplama sisteminde kanal boyutlandırmaları kanalın özgül direnci, yani birim uzunluktaki kanal basınç kaybı dikkate alınarak yapılır. Hava debisi, özgül direnç ve kanal içindeki hava hızı arasındaki ilişki Şekil 4.1’de verilmiştir (Ashrae Handbook, 1996).

Bu diyagramda taralı bölge, pratik açıdan uygun hava hızlarını ve özgül sürtünme dirençlerini göstermektedir. Enerji masraflarının fazla ve kanal sistemlerinin montaj masrafının az olması durumunda, küçük özgül dirençli tasarımların seçilmesi daha ekonomiktir. Buna karşılık, daha düşük enerji masrafının ve yüksek kanal sistem montaj masrafının olması durumunda, büyük özgül dirençli tasarımların seçilmesi daha ekonomiktir. İlk boyutlandırmadan sonra, bütün kanal bölümleri için toplam basınç kaybı hesaplanır ve her bir bileşim noktasında basınç kaybını dengelemek için her bir bölüm yeniden boyutlandırılır.

#### 4.2 Statik Geri Kazanma Yöntemi

Statik geri kazanma yönteminin ana fikri, kanalın ilerleyen bölümlerinde kanal boyutlarını değiştirerek, kanalın ayrılma noktalarında aynı statik basıncı elde etmektir. Bu tasarım fikri, Bernoulli denkleminin sürekli rejim halinde integrasyonunun verdiği denkleme (4.1) dayanmaktadır.

$$\frac{v^2}{2} + \int \frac{dP}{\rho} + gz = s_{bt}, (N/m^2) \quad (4.1)$$

$v$  = akışın gerçekleştiği doğrultuda akışkanın (yerel) hızı, (m/sn.)

$P$  = mutlak basınç, (Pa)

Denklem (4.1), cereyan çizgilerinin oluşturduğu akışkan borusuna ideal sürtünmesiz akışta sürekli rejim için çıkarıldığı halde, gerçek sistemlerde kanallar içerisindeki akışları incelemek için de genişletilebilir. Kanalın iki farklı kesidi arasındaki akışkan direncinin ilişkisi, basınç cinsinden

$$\frac{\rho V_1^2}{2} + P_1 + \gamma z_1 = \frac{\rho V_2^2}{2} + P_2 + \gamma z_2 + \Delta p \quad (4.2)$$

elde edilir.Burada;

$V$  = Kanaldaki ortalama akışkan hızı (m/sn)

$\Delta p$  = 1. ve 2. kanal kesitleri arasındaki, sürtünme ve dinamik kayıplardan dolayı olan basınç kaybı (Pa)

$\gamma$  = özgül ağırlık (N/m<sup>2</sup>)

Anlamına gelmektedir.

$p_{z1}$ ,  $p_{z2}$ ,  $z_1$  ve  $z_2$  yüksekliklerindeki atmosfer basınçları olmak üzere, denk. (4.2) nin her iki tarafına eklenip çıkarılır, gerekli basitleştirmeler yapılır ve her iki noktada da yoğunluklar eşit kabul edilir ise;

$$p_1 - p_2 = \Delta p - \left[ \frac{\rho V_1^2}{2} - \frac{\rho V_2^2}{2} \right] \quad (4.3)$$

bulunur.Denklem (4.3) ün tekrar düzenlenmesi ve baca etkisi teriminin ihmal edilmesi ile  $p_2$  basıncını  $p_1$  basıncına eşitlenmesinden,

$$\Delta p = \left[ \frac{\rho V_1^2}{2} - \frac{\rho V_2^2}{2} \right] \quad (4.4)$$

şeklinde elde edilebilir.Burada,  $\Delta p$  akışın yukarı kısmındaki 1. birleşim yerinden, akışın yukarı kısmındaki 2. birleşim yerine veya 2. terminal bölümüne kadar olan toplam basınç kaybıdır.  $\Delta p$  değerinin hesaplanabilmesinden dolayı, deneme yanılma yöntemi ile denklem 4.4 kullanılarak, akışın aşağı kısmındaki kanal boyutları bulunabilir. Bu denklem, akışın aşağı kısımlarında kanal içindeki akış hızının azaltılması durumlarında çözülebilir. Bu akışın aşağı kısmındaki kanal boyutunun, akışın yukarı kısmındaki kanal boyutundan büyük olması anlamına gelir. Bu çözümün uygun olmaması durumunda, bir sonraki birleşimindeki statik basıncı çözmek için, akışın aşağı ve yukarı kısmındaki kanal boyutu aynı düşünülerek denklem 4.3 kullanılabilir.

### 4.3 T-Yöntemi, Optimizasyon

T-yöntemi optimizasyonu dinamik programlamadaki fikre dayalı olarak kullanılan bir yöntemdir ve her bir kademe yerel olarak optimize edilir. Bu yöntem ile yapılması gereken hesap sayısı azalmaktadır ancak bu kez de iterasyon yapmak gerekir. Genel olarak üç iterasyon bu yöntem ile yapılan hesaplamalarda yeterli olmaktadır.

#### 4.3.1 Optimizasyon Esası

Aşağıda verilen denklem 4.5 fonksiyonu, hem sistemin ilk yatırım maliyetini, hem de şu andaki enerji maliyetini hem de şu andaki enerji maliyetini içerir. Ayrıca çalışma saatleri, yıllık faiz oranları ile amortisman süresinin biniyor olması de optimizasyon için gereklidir.

$$E = E_p(PWEF) + E_s \quad (4.5)$$

Burada,

$E$  = Şu andaki yatırım ve işletme giderleri

$E_p$  = Birinci yıldaki enerji maliyeti

$E_s$  = İlk yatırım maliyeti

$PWEF$  = Şu andaki değer eskalasyon faktörü

anlamlandırılır. Enerji maliyeti,

$$E_p = Q_f \left[ \frac{(E_d + E_c T)}{10^6 \eta_f \eta_g} \right] P_t \quad (4.6)$$

şeklinde hesaplanır. Burada,

$Q_f$  = Fan hava debisi (L/s)

$E_c$  = Birim enerji fiyatı, (Fiyat/kWh)

$E_d$  = enerji Talep Fiyatı, (Fiyat/kW)

$T$  = Sistemin çalışma zamanı, (h/yıl)

$P_t$  = Fan toplam basıncı, (Pa)

$\eta_f$  = Fan toplam verimi, (%)

$\eta_e$  = Motor verimi, (%)

Enerji maliyeti, hem  $E_c$  enerji fiyatına, hem de  $E_d$  enerji talep fiyatına bağlıdır. Optimize edilmiş ve edilmemiş sistemler arasındaki fan basınç farkı, talebin küçük bir parçası olduğundan genellikle ihmal edilir. İlk yatırım masrafları olarak öncelikle kanallar ile ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme cihazlarının fiyatı göz önüne alınır.

$$\text{Dairesel: } E_s = S_d \cdot \pi \cdot D \cdot L / 1000 \quad (4.7)$$

$$\text{Dikdörtgen: } E_s = 2 \cdot S_d \cdot (H + W) \cdot L / 1000 \quad (4.8)$$

Bağıntılarından bulunabilir. Bu bağıntılarda,

$S_d$  = Malzeme ve işçilik dahil, birim kanal yapım fiyatı, (Fiyat/m<sup>2</sup>)

$H$  = Kanal yüksekliği, (mm)

$W$  = Kanal genişliği, (mm)

$L$  = Kanal uzunluğu, (mm)

$D$  = Dairesel kesitli kanal çapı

anlamlandırılır.

Kanal optimizasyonundaki diğer önemli bir faktör ise, kanal ve cihazların kapladıkları hacim için gereken masraftır. Bu masrafların göz önüne alınması durumunda kanal boyutu küçülürken, enerji harcaması artar. Kanal sistemi için gereken hacim, çoğunlukla başka bir amaç için kullanılmadığından dolayı ihmal edilir.

Kanal optimizasyonunda dikkat edilmesi gereken hususlar şu şekilde sıralanabilir.

- Süreklilik: Her bir noktada içeri giren akışkan debisi çıkana eşittir.
- Basınç Dengelenmesi: Her bir devredeki toplam basınç toplam fan basıncına eşit olmalı; veya her bir birleşimde tüm devreler için toplam basınç kaybı aynı olmalıdır.
- Nominal Kanal Boyutu: Kanallar farklı, nominal boyutlarda yapılırlar. Bütün dairesel kanalların çapları veya dikdörtgen kanalların yükseklik ve genişlikleri en yakın nominal

bir değere yuvarlanır, bu değerler de genellikle 25 veya 50 mm artan boyutlardır. Nispeten küçük bir nominal boyutun seçilmesi durumunda, ilk yatırım masrafı düşer, fakat bu durumda basınç kaybı artar ve fan basıncı aşırı değerlere çıkabilir. Buna karşılık nispeten daha büyük bir normal boyutun seçilmesi durumunda ise ilk yatırım masrafı artarken, basınç kayıpları azalır. Ancak, bir kanal bölümündeki daha basınç, bu bölümü takip eden diğer bölümlerde daha küçük boyutlu kanalların seçilmesine neden olur. Bu yüzden, optimizasyonda boyut yuvarlamasının göz önüne alınması gerekli önemli bir noktadır. Bu optimizasyon, sistem maliyeti açısından büyük önem taşır.

- Hava Hızı Sınırlaması:Kanal sistemlerinden oluşabilecek gürültüyü önlemek için, kanallar içinde izin verilen en yüksek hız, akustik bir sınırlamadır. Böylece hava kanalından dolayı ortamda oluşabilecek yüksek seviyedeki istenmeyen gürültülerin de önüne geçilmiş olur.
- Konstrüksiyon Sınırlaması:Kanal boyutları mimari açıdan sınırlandırılabilir. Hava hızının veya konstrüksiyon sınırlamalarının, deneme yanılma yöntemi sırasında bozulması durumunda, kanallar boyutu hesaplanmalıdır. Önceden seçilmiş kanal boyutu hesaplanmalıdır. Önceden seçilmiş kanal boyutu için hesaplanan basınç kaybı, sabit bir kayıp olarak göz önüne alınır. Bu durum projelendirmesi yapılan binanın inşaatı sırasında sıkça yaşanmaktadır. Çeşitli değişiklikler ve montaj sırasında meydana gelen bazı tesisat çakışmaları, kanal güzergahları ve buna bağlı olarak kanal boyutları üzerinde çeşitli değişikliklere neden olmakta, bu durum da kanal tasarımı ile ilgili hesaplamalarda yeniden titiz bir çalışma gerektirmektedir.

Kanal sistem simülasyonu, birçok ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme probleminde karşılaşılan bir ihtiyaçtır. Bu yöntem ile daha iyi anlaşılabilir noktalara ilave olarak; T-yöntemi sistemin birçok çalışma modunda akış dağılımının simülasyonu için çok iyi bir tasarım imkanı sağlar.

- Terminal kutusunda akış farklılığından dolayı, değişken hava debili (DHD) sistemlerindeki akış diyagramı bulunabilir.
- Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinde ilave ve/veya değişikliklerden dolayı olan yeni hava akışının dağılımı bulunabilir.
- Kısmen kullanılan binalarda sistem hava akış analizi yapılabilir.
- Hava dağıtım sisteminin tasarımının veya cihazlarının değiştirilmesi sırasında fan ve/veya motorlarının yenilenme gerekliliği belirlenebilir.

- Birden fazla fanın bulunduğu sistemlerde , bir veya birkaç fanın durması halinde, sistemin çalışma koşulları belirlenebilir.

#### 4.4 Kanal Tasarım İşlemleri

Genel bir sınıflandırma yapmak istenir ise kanal tasarım işlemleri şu şekilde sıralanabilir;

- İklimlendirme sisteminin tasarlanacağı binadaki her bir mahal için gerekli hava miktarları, binanın planlarının kapsamlı bir etüdü ile belirlenir, kanaldaki muhtemel sızıntılar sonucu oluşan kayıplar, ısı kazançları gibi etkenler de göz önüne alınarak belirlenir. Üfleme ve emiş debileri ayarlanır.
- İmalatçı firmalardan, kullanılacak cihazların çıkış boyutları belirlenir.
- İklimlendirme sisteminin beslemesini yapacak cihazlara gidecek kanallar tasarlanır. Bu kanalların yuvarlak olarak tasarlanması sistem için en ideal seçenektir.
- Kanal sistemi, hava akışının, boyutunun ve şeklinin değiştiği her bölüme göre ayrı ayrı numaralandırılıp belirlenmelidir.
- Emiş ve üfleme kanalları, seçilen hesap yönteminin esaslarına göre boyutlandırılarak, toplam basınç kaybı hesaplanır ve uygun fan seçimi yapılır.
- Sistem planlaması ayrıntılı olarak yapılır, kanaldaki fittings elemanları farklı tasarımda ise bu elemanların kayıpları tekrar hesaplanır. Gerekirse fan tekrar seçilir.
- Kanal birleşim noktalarında basınçları aynı değerde olmasına dikkat edilmelidir. Farklılık olan kanal birleşim noktalarında tekrar boyutlandırma yapılmalıdır.
- Kanal tasarımında tüm bu işlemlerin yanı sıra sistemin gürültü kontrolü de yapılmalı, insan sağlığını tehdit edici ses seviyelerinden kaçınılmalıdır. Gerekirse kanallar akustik izolasyonlu olarak imal edilmelidir.

## 5. KONFOR İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ

Konfor iklimlendirmesinde yararlanılan sistemleri,

-- Gerçekleştirdiği işlemlere göre;

- Yaz iklimlendirmesi,
- Kış iklimlendirmesi,
- Yıl boyunca iklimlendirme yapanlar;  
Ortama gönderilen iklimlendirilmiş havanın hazırlandığı yere göre;
- Merkezi olanlar,
- Yerel olanlar,  
Ortam havası ile ısı alışverişinde bulunan akışkanın türüne göre;
- Hava,
- Su,
- Hava-Su,
- Soğutucu akışkan kullananlar şeklinde sınıflandırabiliriz (Bulak, 1999).

### 5.1 Gerçekleştirdiği İşlemlere Göre

Yaz iklimlendirmesinin karakteristik işlemleri, ortam havasından ısı ve nem çekilmesidir. Hava, iklimlendirme sisteminde bulunan soğutucu eleman ile temas ettiğinde soğur, içindeki nem (su buharı) yoğunlaşarak ayrılır.

Kış iklimlendirmesinde, ortam havasına ısı ve nem verilmesi karakteristik işlemlerdir. Ortam havasının istenilen sıcaklıkta tutulması, bir santralde ısıtılan havanın kanallardan geçirilerek ortama gönderilmesi veya ortama ısıtıcı terminaller veya cihazlar konulması ile gerçekleştirilir. Nem kontrolü için, havanın ısıtıldığı santralde veya ortamda nemlendirici bulunur.

Yıl boyunca iklimlendirme yapan sistemlerde, hem soğutucu ve nem alıcı hem de ısıtıcı ve nemlendirici elemanlar bulunur.

## 5.2 İklimlendirilmiş Havanın Hazırlandığı Yere Göre

Merkezi sistemler havalı, sulu ve havalı-sulu sistemlerdir. Havanın şartlandırılması ve suyun hazırlanması iklimlendirilecek ortamdan uzak bir merkezde gerçekleştirilir. Bu merkezde ayrıca ısıtma ve soğutma grupları da bulunur.

Sıcaklığı ve bağıl nemi aynı olan ortamlar iklimlendirme bakımından bir bölge (zon) kabul edilir. Merkezi sistemler ile tek veya çok bölgeli iklimlendirme yapmak mümkündür.

Yerel iklimlendirme sistemlerinde; ortam havasının iklimlendirilmesi ortama veya ortama yakın bir yere yerleştirilmiş ve ortama kısa kanallar ile bağlantılı iklimlendirme cihazları tarafından gerçekleştirilir. Bu tür cihazlar ile çok bölgeli iklimlendirme yapmak mümkündür.

Yerel iklimlendirme cihazları, fabrika montajlı bağımsız cihazlardır; yani, başka cihazlara gereksinim duymadan görev yaparlar. Soğutucu bataryaları (buharlaştırıcıları) soğutucu akışkan ile beslenir. Bünyelerinde; kompresör, yoğuşturucu bataryası, çeşitli fanlar, ayar ve kontrol elemanları bulunur. Cihazlar soğutucu akışkan şarjlıdır. Bazılarında taze hava girişi vardır.

Yaz iklimlendirmesinde; ortamdan emilen hava ile temas eden batarya soğutucu görevi yapar, havayı soğutur ve nemini alır. Batarya fanı havanın ortam içinde hareket etmesini sağlar.

Bazı cihazlar ısıtma amacı ile kullanılabilir. Bunlar; ya elektrikli ısıtıcı ihtiva ederler ya da ısı pompası olarak çalışabilirler. Cihaz ısı pompası olarak çalıştığında; kompresörün bastığı kızgın buhar halindeki soğutucu akışkan, dört yollu vananın yönlendirmesi sonucu ortamdan emilen hava ile temas eden bataryaya gönderilir.

Yerel iklimlendirme cihazlarını üç guruba ayırabiliriz: Paket cihazlarda, cihazı oluşturan bütün elemanlar bir gövde (kasa) içindedir. Pencere duvar tipleri, yoğuşturucu bataryası dış ortam havası ile temas edecek şekilde pencereye veya özellikle yeni yapılarda duvara yerleştirilir. Küçük güçlü cihazlardır.

Konsol tipleri, pencere altına yerleştirilir, yoğuşturucu bataryaları hava veya su soğutma olarak kullanılabilir. Bunlar da küçük güçlü cihazlardır.

Dolap tipleri ise, düşey veya yatay pozisyonda yerleştirilebilir, yoğuşturucu bataryaları hava veya su soğutmalı olabilir. Diğerlerine göre daha güçlü cihazlardır.

Split (ayrık) cihazlarda, ses ve titreşim bakımından en riskli eleman olan kompresör ve yoğuşturucu batarya (yoğuşturucu ünite) ayrı bir gövde içinde bulunur. Yoğuşturucu ünite (dış ünite) dış ortama konur, hava veya su soğutmalı olabilir. Ortam havası ile temas eden batarya ve batarya fanı iç ünite dedir. Bir dış ünite birden fazla iç üniteyi besleyebilir. İç ve dış üniteler, soğutucu akışkan devresinin tamamlanması için bakır borular ile birleştirilirler.

İç ünite; yere, duvara, tavana, asma tavan arasına vs. yerleştirilebilir, kanal şeklinde olabilir. Son yıllarda konutlarda, iş yerlerinde, otellerde vs. geniş bir uygulama alanı bulan split cihazların çok çeşitli modelleri vardır.

Çatı cihazları, özellikle banka, süper market, lokanta vb. tek katlı yapıların gereksinimlerini karşılamak için kullanılan tek veya çok bölgeli yerel iklimlendirme santralleridir. Cihazlar yapının çatısına yerleştirilir, ortam ile bağlantıyı hava kanalları sağlar. Yoğuşturucu bataryaları hava soğutmalıdır. Çatı cihazları, paket ve split tipte olabilirler.

### **5.3 Ortam Havası İle Isı Alışverişinde Bulunan Akışkanın Türüne Göre**

Havalı iklimlendirme sistemleri; iklimlendirilecek ortamın bir santralde şartlandırılmış hava ile beslenmesi esasına dayanır, merkezi veya yerel, sabit veya değiştirilebilen hava debili (VAV) olabilirler. Hava dağıtımı için düşük, orta ve yüksek basınçlı kanallar kullanılır.

Tek bölgeli merkezi iklimlendirme sistemlerinde; ortamdan emilen havanın bir bölümü atmosfere atılır, santrale giren bölümü karışım odasında taze hava ile karıştırılıp, çeşitli elemanlar tarafından istenilen sıcaklık, bağıl nem ve temizlik değerlerinde şartlandırılarak iklimlendirilecek bölgeye gönderilir. Tek kanallı bir kanal devresi kullanılır, hava debisi sabittir.

Yıl boyunca iklimlendirme yapan tek bölgeli merkezi bir iklimlendirme santralinde aşağıdaki temel elemanlar bulunur.

**Karışım odası:** Dönüş havasının ile dış ortam havasının belirli oranda karıştırıldığı hücredir. Hava debileri servo motorlu damperler ile kontrol edilir.

**Filtre:** Havayı temizlemek amacı ile kullanılır; basit örgülü kuru filtre, dönel yüzeyli banyolu filtre, torba filtre ve elektrostatik filtre vs. türleri vardır.

**Ön ısıtıcı:** Soğuk iklimlerde, soğutulmuş su ile beslenen soğutucu bataryanın donmaması için havayı kısmen ısıtır. Ilıman iklimlerde ve soğutucu bataryası soğutucu akışkan ile beslenen sistemlerde opsiyoneldir. Taze hava girişine veya karışım odasının çıkışına konulabilir.

**Soğutucu:** Havayı soğutur ve nemini alır. Soğutulmuş su veya soğutucu akışkan ile beslenen bir bataryadır. Havanın içine soğutulmuş ve pulvarize edilmiş su püskürterek de soğutma ve nem alma işlemleri yapılabilir.

**Nemlendirici:** Pulvarize edilmiş su püskürterek havayı nemlendirir.

**Damla tutucu:** Su damlalarının çıkış havasına karışmasını önler.

**Isıtıcı:** Havayı ısıtır; içinden sıcak su, kaynar su veya buhar geçen batarya, elektrikli ısıtıcı veya gaz, mazot vb. yakıtlar ile çalışan yakıcı şeklinde olabilir. Son ısıtıcı olarak kullanılır ise, yazın ortamın soğutma yükü azaldığında havayı kısmen ısıtır, nem kontrolü yapar. Son ısıtıcının bulunmadığı sistemlerde hava sıcaklığı kontrol edilebilir ancak nem kontrolü yapılamaz. Nem kontrolü için baş vurulan bir yöntem de santralin içinde hareket eden havanın bir bölümüne soğutucu batarya üzerinde kısa devre yaptırmaktır. Ancak bu yöntem, son ısıtıcı kullanmak kadar etkili değildir.

**Vantilatör:** Havanın sistem içinde gerekli debi ve uygun bir hız ile hareket etmesini sağlar. Sistemde birden fazla vantilatör bulunabilir (Bulak, 1999).

Soğutma gücü küçük ve orta değerlerde olan santraller genellikle fabrika montajlıdır. Büyük güçlü santraller ise, proje mühendisinin belirlediği özelliklere göre üretilir.

Çok bölgeli merkezi iklimlendirme sistemleri bunlar, sabit veya değiştirilebilen hava debili olabilirler. Sabit hava debili ve çok bölgeli merkezi iklimlendirme sistemlerini aşağıdaki gibi sınıflandırabiliriz:

- Son ısıtmalı sistemler
- Santralı çok bölgeli sistemler
- Çift kanallı sistemler

Her bölge için ayrı, tek bölgeli merkezi bir iklimlendirme santralı kullanarak da çok bölgeli iklimlendirme yapmak mümkündür.

Sulu iklimlendirme sistemlerine hidrolik sistemler de denir. Bir merkezde hazırlanan sıcak veya soğuk su bir boru devresi ile iklimlendirilecek ortamlardaki terminallere (fan-coil ünitelerine) gönderilir. Terminallerde taze hava girişi vardır.

Havalı-sulu iklimlendirme sistemlerde yapının özelliğine göre bir ortama bazen, havalı ve sulu sistemleri birlikte uygulamak gerekir.

Ayrıca bu tür sistemlerde; hem tek bölgeli merkezi bir iklimlendirme santralında şartlandırılan hava ve hem de bir merkezde hazırlanan sıcak veya soğuk su ile beslenen terminaller de (indüksiyon üniteleri de) kullanılabilir.

Ortamın ısıtma ve soğutma yükü büyük ölçüde su devresi, taze hava gereksinimi ise hava devresi tarafından karşılanır.

Soğutucu akışkanlı iklimlendirme sistemlerinde, paket ve bazı split cihazlar gibi soğutucu bataryası direkt genişlemeli olan ve doğrudan ortam havası ile temas eden cihazlar kullanılır (Bulak, 1999).

#### **5.4 Fan-Coil Sistemleri**

Genel bir tanım ile fan-coil sistemleri; ısıtıcı ve soğutucu akışkanın geçtiği serpantin ile mahal arasındaki ısı transferi sonucu mahalın ısıtma ve soğutma yüklerinin alınarak ortamın istenilen sıcaklık değerinde tutulduğu sistemlerdir.

Bu sistemler; fan-coil cihazı, primer hava sistemi ve kanallaması, hava filtresi, egzost sistemi ve kanallaması, üfleme ve emiş menfezleri, otomasyon sistemi, soğutma ve ısıtma suyu dağıtım sistemlerinden oluşur.

Fan-coil cihazı, diğeri adı ile üflemleri konvektör veya salon tipi sıcak hava cihazı, kanatlı borulardan serpantini üstte, altta ise hava hareketini sağlayan radyal fan ve filtresi bulunan bir ısıtma soğutma elemanıdır. Fan tarafından filtreden geçerek emilen hava serpantin yüzeyini yalayarak ortama üflenir. Fan-coillerde serpantin yüzeyini yalayan hava kondensasyonuna uğrayacak ve de cihazın altında bulunan yoğuşma tavasında yoğuşma suyu toplanacaktır. Yoğuşma suyu, en uygun akıntı sağlanacak şekilde döşenmiş yoğuşma boruları ile toplanmalıdır.

Fan-coil üniteleri, kasetli veya kasetli tip olarak imal edilmekte olup, pencere önüne veya asma tavan içine yerleştirilebilmektedir. Pencere önüne yerleştirilen tipler, çeşitli şekillerde muhafaza altına alınabilir. genellikle çok katlı ofis binaları, oteller ve hastanelerde kullanılmaktadır.

Primer havalı fan-coil sistemleri uygulamalarında insanların ihtiyacı olan taze hava bir primer hava santralinde hazırlanır. %100 dış hava veya bazı uygulamalarda karışım havası, primer hava santralinde mahal sıcaklığına kadar ısıtılır veya soğutulur. Mahal sıcaklığındaki hava fan-coilin emiş ağzına veya mahale direkt menfezler vasıtasıyla üflenir.

Başta bir fan-coil uygulaması ise fan-coilin taze havasını arkasındaki dış duvara açılan delik veya ızgaradan sağlanmasıdır. bu uygulama düşünüldüğünde şu dezavantajlar da göz önüne alınmalıdır.

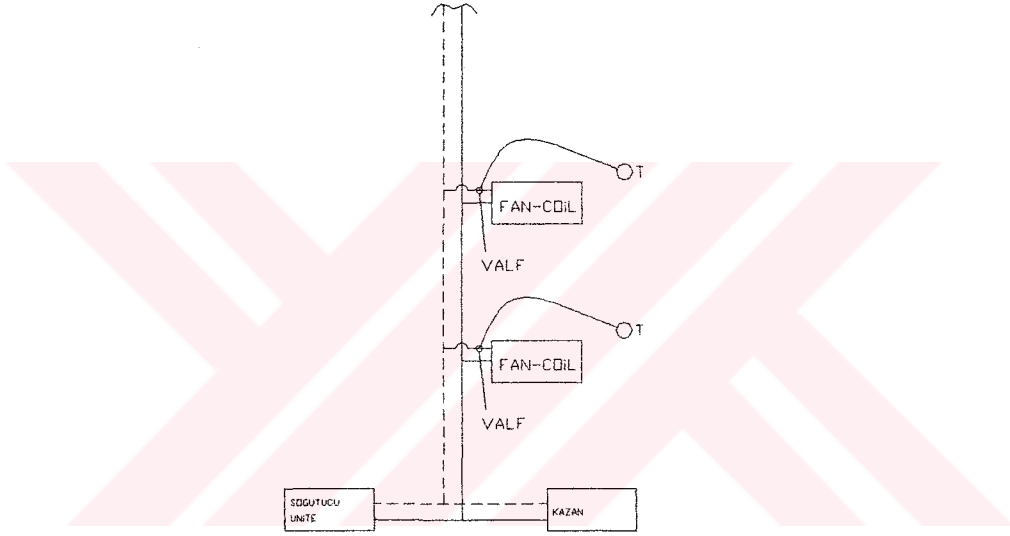
- Mimari olarak cephede delik ve panjurlar gözükmektedir.
- Dış havanın yükü fan-coil kapasitesine eklenecek ve fan-coil kapasitesi büyüyecektir.
- Fan-coil tarafından emilecek taze hava miktarı rüzgarın yönü ve şiddetine göre değişecektir. Bu da fan-coilin seçimi aşamasında kabul edilen taze hava debisi ve yükünü değiştirecektir.
- Dışarıdan ses ve gürültüyü mahale taşıyacaktır.
- Dış hava alımından dolayı fan-coil filtreleri çabuk tıkanacaktır.
- Sulu serpantinlerin donma riski dikkate alınmalıdır.

Primer havalı ve sadece sulu fan-coil sistemlerinde iki borulu veya dört borulu fan-coil sistemleri uygulanmaktadır.

Fan-coil sistemlerinin özelliği bağımsız çalışabilen modüler sistemler olmasıdır. Bağımsızlık ve modülerlik açısından günümüze kadar yapılan çeşitli uygulamalar içerisinde bu sistemler zaman içinde öne çıkmıştır.

#### 5.4.2 İki Borulu Fan-Coil Sistemleri

Bu sistemlerde mevsimlik ısıtma veya soğutma yapılmakta her mahal aynı anda ya ısıtılmakta ya da soğutulmaktadır. Herhangi bir mahal ısıtılırken başka bir mahalın soğutulması mümkün olmamaktadır. Mahaller arasındaki ısıtma yada soğutma derecelerindeki farklılık, otomatik kontrol sistemleri ile kontrol edilen üç yollu vanalar ile sağlanır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 İki borulu fan-coil sistemi

##### 5.4.1.1. Sistemin Özellikleri

- Her mahal bağımsız kontrol edilebilir.
- Her mahaldeki hava sirkülasyonu sadece o mahale özgü olup, diğer mahallerin havası birbirine karışmamaktadır.
- Koku ve ses gibi farklı mahallere ait olumsuz etkilerin birbirini etkilemesi riski yoktur.
- Mevcut binalara klimatizasyon yapılması halinde, genelde boru çekmek kanal çekmekten kolaydır.

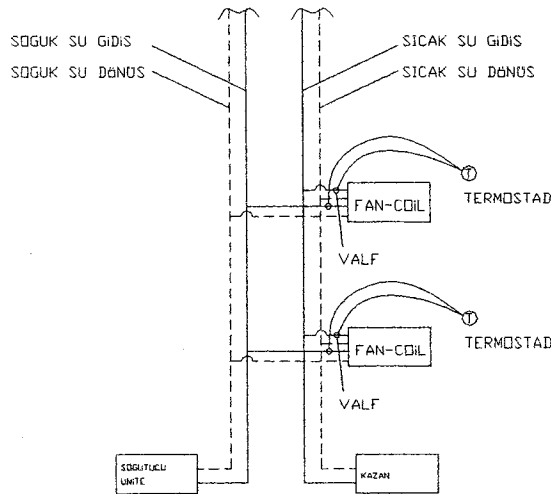
Sistemin en önemli avantajı maksimum duyulur ve gizli ısı kazancı ile maksimum ısı yükü karşılanabilmektedir. Ancak sistemin bazı dezavantajları da göz önüne alınmalıdır:

- Geçiş mevsimlerinde ve dış çevre zonlarındaki sıcaklık farklılıklarına cevap veremezler ve konfor sağlanamaz.
- Ortama ve dolayısıyla tozlanmaya açık olan yoğuşma tavaları ve borularının periyodik olarak yıkanması gerekmektedir. Bunun için asma tavan içerisinde mutlaka uygun yerlere müdahale kapakları konmalıdır.
- Hava filtreleri sık sık temizlenmelidir.
- Tüm sulu sistemler, hava ile iklimendirme yapılan merkezi sistemlere göre daha fazla bakım isterler ve cihazlar kullanıcı olan insanlar ile aynı mahalde olduğu için iyi işletme organizasyonu ister.

Bu sistemlerde, ısıtma döneminde serpantinlerden sıcak su, soğutma döneminde ise soğuk su geçirilir. İki borulu fan-coil sistemlerinde ısıtma veya soğutma işlemleri mevsimler ile birlikte göre değişir.

#### 5.4.2 Dört Borulu Fan-Coil Sistemleri

Bu sistemde soğuk su gidiş-dönüş ve sıcak su gidiş-dönüş olmak üzere dört boru mevcuttur. Yoğuşma suyunu almak için bunlara ilave olarak drenaj borusu da çekilmektedir. Terminal



Şekil 5.2 Dört borulu fan-coil sistemi

ünitelerde genelde biri ısıtıcı, diğeri soğutucu olmak üzere iki serpantin bulunmaktadır (Şekil 5.2). Bu sistemlerde primer taze hava için veya sekonder su devrelerinde zonlama yapmaya gerek yoktur.

Dört borulu sistemlerin en önemli özelliği aynı anda farklı sıcaklıklarda bulunan mahallerde, daha önceden öngörülmüş konfor şartlarına ulaşılabilmesidir. Diğer bir deyişle; aynı zaman diliminde binanın dış cephesinde ısıtma yapılırken, soğutma ihtiyacı olan başka bir bağımsız mahalde soğutma yapılabilmektedir.

Bu sistemlerin en önemli avantajları şunlardır:

- İki borulu fan-coil sistemlere göre çok daha esnek, ani yük değişimlerinde konfor şartlarını sağlayabilen
- İşletmesi basittir.
- Yaz-kış change-over yapılmasına gerek yoktur.
- Verimliliği fazla, işletme masrafları azdır.

Dört borulu fan-coil sistemlerinin iki borulu sistemlere göre tek dezavantajı, ilk yatırım maliyeti yüksek olmasıdır.

#### **5.4.3 Fan-Coil Sistemlerinin Kontrolü**

Fan-coil sistemlerinin kontrolü birkaç şekilde yapılabilmektedir.

Fan-coil cihazlarının mekanik yapısı göz önüne alındığında, cihazda ısı transferi yapan havanın ve suyun debi ve sıcaklıklarının kontrolü, cihazın kapasitesinin çalışma süresinin belli dönemlerinde istenen şartlara göre kontrol edilmesini sağlar.

Bu amaçla, fan-coil sisteminin su tarafında iki yollu on/off, iki yollu oransal ve üç yollu oransal kontrol vanaları ile akışkan debisi ayarı, hava tarafında da oda termostadında kumanda edilen fan kontrolü yapılır.

En uygun ve ekonomik çözüm fan hızının oda tipi yaz-kış konumlu üç hızlı oda termostadı ile fan kontrolü yapmaktadır.

Ancak debi kontrolü yapılmadığı takdirde fan durduğunda fan-coil konvektör gibi çalışacaktır. Ancak primer hava havalı sistemlerde primer havayı direkt cihazın emiş ağzına yapılan uygulamalarda, odada yük olmamasına karşın, fan-coil cihazı primer havasını daha da soğutarak oda ortamına ileticek ve aşırı soğutma yapacaktır.

#### 5.4.4 Montaj Ve Uygulama

- Bütün kolon ve bransman boruları siyah boru olmalı ve mümkün olduğunca kaynaklı imal edilmelidir. Ancak dişli boru da kullanılabilir.
- Döşeme tipi fan-coillerin montajı sırasında dikkat edilecek en önemli nokta, cihazın yoğuşma suyunun drenaj hattına rahatça verilebilmesi için yeterli eğimin yeterli doğru yönde olmasıdır.
- Drenaj boruları galvaniz olmalıdır.
- Fan-coillerin ana boruya fleksibil (esnek boru) ile bağlanması önerilir.
- Fan-coil vanaları yoğuşma tavası hizasında kalmalıdır.
- Motorlu kontrol vanaları kullanıldığında kesme vanası ve muhakkak pislik tutucu konulmalıdır. Böylece kontrol vanalarının kullanımı ve bakımı daha da kolay olacaktır.
- Yoğuşma tavaından alınan fan-coil drenaj borularına bağlanırken %2 eğim verilmeli, boru hattında muhtemel tıkanıklıkları önlemek, daha rahat bir akış sağlamak için mümkün olduğunca az dirsek yapılmalıdır.
- Isıtıcı ve soğutucu akışkan boruları ile birlikte fan-coil vanaları da izole edilmelidir. Aksi takdirde izole edilmeyen veya iyi kaplanamayan bu noktalarda zaman içerisinde yoğuşma meydana gelmekte ve özellikle tavan tipi fan-coillerde bu durum oldukça ciddi sorunlara neden olabilmektedir.
- Yoğuşma tavalarındaki drenaj boru çıkışı  $\frac{1}{2}$ " dır. Ancak hava içindeki tozlar, soğutmaya geçildiğinde çamur haline dönüşmekte ve drenaj borularını tıkamaktadır. Bu nedenle fan-coil drenaj borusu en az  $\frac{3}{4}$ " olmalıdır.
- Drenaj borularının çapları ampirik formüller ile belirlenmektedir. Uygulamada peşpeşe birkaç fan-coilı toplayan yatay hattın  $1\frac{1}{4}$ " , düşen drenaj kolonlarının 2", kazan dairesindeki toplamaların 2" olmasında fayda vardır.

- Kasetsiz gizli tavan tipi fan-coil cihazlarının dönüş havasına menfez konulmalı ve müdahale kapağı yapılmalıdır.
- Gizli tavan tipleri devreye alınırken müdahale kapağı açık bırakılmalı, kontrol işlemleri tamamlandıktan sonra kapatılmalıdır.
- Gizli tavan tipleri montajında fan-coili terazisinde sallanmayacak şekilde asılmalı, tavan ile cihaz arasında titreşimi önleyecek lastik veya benzeri bir titreşim söndürücü eleman konulmalıdır.
- Tavan içindeki gizli tip fan-coillerin üfleme ağzı ile üfleme arasında esnek bir bağlantı sağlanmalıdır.
- Fan-coil seçimlerinde toplam ısı ve duyulur ısı oranları kontrol edilmeli ve cihazların ses seviyesinin 35 dB değerinin üzerine çıkmamasına dikkat edilmelidir.
- Fan-coil seçimi genelde orta devirde yapılmaktadır. Ancak düşük devirde yapılırsa bir büyük modelde fan-coil seçilebilir. Burada amaç ses seviyesine balı olarak oda termostadının fan-coil fanına sık sık kumanda etmesini önlemektedir. Çünkü fan devreye girip çıkarken ortaya çıkan kesikli ses rahatsız edici olabilmektedir.
- Peşpeşe sıralanan birkaç fan-coil varsa, an branşman hattına ayar vanası koyulmasında yarar vardır.

Fan-coil sistemlerinin en önemli dezavantajları, mahallerdeki taze hava ihtiyaçlarını karşılayamamaları ve ses seviyelerinin yüksek olmasıdır. Bu tip sistemlerde mahal içerisinde temiz hava sirkülasyonunun ayrıca sağlanması gereklidir.

Taze hava ihtiyacı için kontrolsüz bir bağlantı yerine, ihtiyaç duyulan taze havayı merkezi olarak şartlandırılan ve mahallere dağıtan bir primer havalandırma sistemi kullanmak daha doğru bir yaklaşımdır.

## 5.5 VRV ( Değişken Soğutucu Debili ) Sistemler

Değişken soğutucu debili sistemler, merkezi sistemlere alternatif olarak geliştirilmiş ve günümüz akıllı binalarının ihtiyacını tam olarak karşılayabilecek bir sistemdir. Çok katlı bir binadan, bir tek villaya kadar her türlü yapıda tam bağımsız kontrol imkanı vermektedir. Inventer teknolojisi ve değişken gaz debisi ile enerji tasarrufu sağlamaktadır.

VRV sistem, sağladığı birçok özellik ile mimarlara ve makine mühendislerine tasarım aşamasında büyük imkanlar sunmaktadır. Geniş kazan dairesi, yakıt tankı gibi tesisat mahalleri gerektirmediğinden önemli bir yer tasarrufu sağlayarak ilave mahaller kazandırmaktadır. Günümüzde arsa maliyetlerinin çok yüksek olduğu büyük şehirlerde, inşa edilen binalarda kullanılabilir alanları arttırmak, gelirleri de artırmak anlamına gelmektedir. VRV sistem, basit yapısı ve kompakt ölçüleri ile çok az yer tutmaktadır. Bununla birlikte soğutucu akışkan borularının çapları da çok küçüktür. Bu durumda çok daha az tesisat şaftı boşlukları ile sistem kurulabilmekte, ayrıca daha düşük asma tavan boşluklarında tesisatın döşenmesi mümkün olmaktadır. Bu durum, inşaat maliyetlerinin düşürülmesi ile birlikte, oluşan yeni değerler ışığında binaların kat sayılarını yükseltmeye imkan tanımaktadır. Sistemin kat kat uygulamasının yapılabilmesi hem esnekliği artırmakta hem de bağımsız kullanım imkanından dolayı isteklere cevap verebilmektedir. Eğer bina tasarımında her katta küçük bir mekanik oda oluşturulabilirse, tamamen müstakil ve bağımsız sistemler dizayn etmek mümkün olacaktır. Bu durum hem uygulama montaj maliyetlerinde tasarruf sağlamakta hem de enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Özellikle yüksek binalarda kat bazında uygulamalar yapılabilmektedir. Binalarda her katta cihaz yerleşimi için küçük bir mekanik oda belirlenerek ve bu odaların dış ortam ile irtibatlandırılması ile klimalar için yer sorunu çözülebilmektedir. Bu durum inşaat maliyetlerinde büyük tasarruflar maliyetlerinde, inşaat süresinde, tesisat uygulama ve maliyetlerinde büyük tasarruflar sağlamaktadır. Ayrıca dikeyde 50 m'ye kadar çıkabilen bakır borulama özelliği ile orta yükseklikteki binalarda ara tesisat katlarına ihtiyaç duyulmadan, dış ünitelerin çatıda veya zeminde yerleştirilmesi mümkündür.

Bakır borulamalar karmaşık olmadığı için, hem tasarım aşamasındaki tesisat tasarım süreci kısaltılır, hem de bina içersindeki bağlantılar için gereken boşluklardan yer tasarrufu sağlayarak, bina tesisatını basitleştirir.

VRV sistem, modüler bir yapıya sahip olması sebebi ile montaj esnasında zaman tasarrufu sağlamaktadır. İç ünitelerin ve boru bağlantılarının yapılabilmesi için betonarme inşaatın bitmiş olması yeterlidir. Bir taraftan inşaat devam etmekte iken, diğer taraftan montajı tamamlanmış katlardaki VRV sistemleri çalıştırabilmektedir. Ancak bu durumun sağlanabilmesi için o katın elektrik tesisatının tamamlanmış olması, yada en azından sistemin sağlıklı bir şekilde çalışmasına imkan veriyor olması gereklidir. Aksi takdirde cihazlarda

dönüşü olmayan hasarlar oluşabilmektedir. Bu binadan farklı olarak, eğer binanın kısım kısım kullanıma açılacağı durumlarda, iklimlendirme sisteminin VRV ile çözülmesi, açılacak kısımların iklimlendirilmiş biçimde kullanıma açılmasına olanak verir.

Dış ünitelere on altı adede kadar iç ünite bağlanabilirken geliştirilmiş sistem olan VRV Plus Serisi'nde bu rakam otuz üniteye kadar çıkabilmektedir. Ancak bu durum cihaz kapasitelerine ve izin verilen bakır boru mesafelerine bağlı olarak değişim göstermektedir.

Sadece soğutma, ısı pompası ve ısı geri kazanımı olmak üzere üç seri VRV Sistemi bulunmaktadır. Isı pompası VRV sistemi ısıtma-soğutma işlemlerini ayrı ayrı gerçekleştirilebilir. Öte yandan günümüzde inşa edilen binalarda kullanma şekilleri ve amaçlarından ya da bina yapılarından dolayı, gün içerisindeki ısı yükleri değişkenlik gösterebilmektedir. Yani aynı bina içerisinde aynı anda bir tarafta ısıtma yapılırken diğer bir tarafta soğutma ihtiyacı olabilmektedir. Bu gibi durumlarda heat recovery Serisi VRV sistemler kullanılabilir.

Sadece yeni yapılan binalarda değil, revizyon veya ek iklimlendirme yapılan binalarda karşılaşılan dar shaft problemleri, VRV sisteminin sağladığı küçük çaplı borular ile aşılabilen, sistemin modüler olması ve montaj kolaylığı sağlaması, yerleşik düzen içerisinde dahi değişikliklere veya montaja imkan vermektedir. Ayrıca VRV sisteminde de, bina içersine yapılan değişikliklerden dolayı yapılabilecek bazı iç ünite eklemeleri, dış ünitelerin kapasitelerinin elverdiği imkanlar dahilinde sistemin esnekliği içerisinde yapılabilmektedir. Bu gibi avantajlar, VRV kullanımının getirmiş olduğu kolaylıklardır.

Konvansiyonel sistemler tasarım ve montaj aşamasında mimari veya mekanik bir takım değişiklikler talep edebilir. Sistemlerin yerleri ile ilgili yanı sıra, mukavemet ve titreşim ile ilgili olarak değişiklikler veya tasarımlara ihtiyaç duyulabilmektedir. VRV Sistemde ise, hafif ve titreşimsiz dış ünite sayesinde, zemine ek bazı takviyelerin yapılması gerekmemektedir.

Günümüzde kullanılan split tipi klimalar ile özellikle ofis binalarında, oldukça çirkin görüntüler oluşabilmektedir. Dış ünitelerin bina cephelerinde sıra sıra dizilmesi, görüntü kirliliğine yol açmaktadır. Diğer yandan kullanılan VRV Sistemi ile yüksek binalarda dahi dış üniteler görüntü kirliliğine neden olmadan çözüm üretmek mümkündür.

VRV Sistemi ile iklimlendirmenin çözdüğü binalarda tam anlamı ile bağımsız kontrol sağlanabilmektedir. Her iç üniteye bağlanabilecek kablolu veya kablosuz uzaktan kumandaların yanısıra, tüm binanın kontrolünü, tek bir noktadan merkezi kumandalar ile de yapmak mümkündür. Ayrıca D-BACS (DAIKIN Bina Klima Yönetim ve Kontrol ) Sistemi sayesinde BMS (Bina Yönetim Sistemi)'ye yapılacak bağlantı sayesinde yüksek kontrol imkanı sağlanmaktadır.

VRV Sistemde kullanılan iç ünitelerin düşük ses seviyelerinde çalışması konforlu ortamlara, sestən rahatsız olmadan ulaşmayı sağlamaktadır. Ayrıca dış ünitelerinin de ses seviyelerinin düşük olması sebebi ile dış ünitelerin konabileceği yerler konusunda kolaylık sağlanmaktadır. İç ortam hava kalitesi kavramı gün geçtikçe daha da önem kazanmaktadır. İklimlendirmenin sadece ısıtma ve soğutma değil, aynı zamanda havalandırma operasyonunu da içermesi gerekmektedir. VRV sistem ile tam uyumlu ve havalandırmaya yönelik HRV (Heat Reclaim Ventilation) Sistemi ile ortamların iklimlendirmesi tam olarak çözülebilmektedir. Isı Geri Kazanımlı Havalandırma anlamına gelen HRV sistemi ile dış ortamdan alınan hava, iç veya soğutulmuş olarak verilir. Böylece enerji tasarrufu sağlayarak istenen tam konforlu ve sağlıklı iç ortamlara ulaşmak mümkün olmaktadır.

VRV Sistem, tüm bu özelliklerin yanısıra, geniş çalışma dış sıcaklık aralığı, düşük işletim giderleri, sessizliği, işletim kolaylığı, oda sıcaklığının 0,5 °C'lik bir hassasiyetle korunması ile yüksek konfor, çok fonksiyonlu kumandalar ve işletimi kolaylaştıracak merkezi kumandalar ile projeci, montajı, işletmeci ve bina sahibi gibi sistemle ilgili herkesi memnun edecek özelliklere sahiptir.

İnverter kontrollü VRV klima cihazların hava kondenser ünitesi (dış ünite) ile tek soğutucu boru sistemine bağlanan değişik kapasitede ve tipte 10HP'lik dış ünitelere on altı fan-coil (iç ünite), 30 HP'lik dış ünitelere 30 fan-coil (iç ünite) bağlamak mümkündür. Modüler bir yapıya sahip olan kondenser üniteleri, gelişmiş fan-coiller ve buna bağlı kontrol sistemi ile farklı boyuttaki; çok katlı, geniş hacimli, küçük binalar gibi, çeşitli özelliklerdeki binaları klimatize etmek mümkündür.

10HP'lik VRV dış ünitesine maksimum 16 iç ünite bağlanabilmektedir. 30 HP'lik VRV Plus serisi dış ünitesine 30 iç ünite bağlanabilir. Her bir iç ünite bağımsız kontrol edilebilir. Çok değişkenli PI (Proportional Integral/Oransal Kontrol) kontrol sistemi kullanılır. Bu sistemde

hem küçük hem geniş alanlara kesin kontrolü sağlamak için kontrol adımlarını küçültmek amacı ile soğutucu basınç sensörleri kullanılarak inverter ve on/off kontrol kompresörlerine ek kontrol sağlanır.

Su soğutma grubu, kazan, fan-coil ve klima santrali sisteminde; sabit sıcaklıktaki su (soğuk veya sıcak) gruptan fan-coil ve klima santrali bataryalarına gönderilir. Suyun sıcaklığı soğutma grubu ve kazan tarafından sabit tutulur. VRV Sistem de aynı prensiple çalışır. VRV Sistem dış ünitesi sabit evaporasyon ve kondensasyon sıcaklığında iç ünitelere akkan gönderilir. Dış ünite akışkanın kondensasyon ve evaporasyon sıcaklıklarını sabit tutacak bir kapasitede tutacak bir kapasitede çalışır. Sulu sistemlerden farklı olarak VRV fan-coiller (iç üniteleri) bağımsız çalışma olanağına ve yüksek kapasite kontrol hassasiyetine sahiptir.

VRV iç üniteleri, bir fan, bir serpantin, üç adet termistör, oransal vana ve bir mikroişlemci ibarettir. Dış ünite ise, fan serpantin, termistörler, mikroişlemci, kapasiteyi kontrol edebilen ve değişken yüklere göre hemen harekete geçebilen inverter kompresör ve oransal vana ile donatılmıştır.

İç üniteler 3 adet termistörden ikisi ( $T_1$  ve  $T_2$ ) giriş ve çıkıştaki akışkan sıcaklığını sürekli ölçer, diğeri de hava dönüş sıcaklığını ölçer, mikroişlemciye gönderir. Mikroişlemci, bu bilgileri irdeler, olması gereken hava dönüş sıcaklığı ile karşılaştırarak aradaki sıcaklık farkına göre oda sıcaklığının arttığına veya azaldığına karar verir.

Mikroişlemci  $T_1$  ve  $T_2$  termistörleri arasındaki sıcaklık farkını hesap ederek, dönüş hava sıcaklık farkı oranındaki istenilen akışkan debisini hesaplar. Buna göre, oransal vanayı ihtiyaca uygun açarak optimum akışkan debisini temin eder. Dış ünite de bu şartlara göre sabit evaporasyon ve kondensasyon sıcaklıklarını temin eder.

5 HP'lik dış ünite, tek bir inverter kompresör ile farklı kapasitelerde çalışır. 5 HP'lik dış ünite 30 Hz ile 116 Hz arasında 13 kademede minimum %26 kompresör kapasitesinde çalışabilir.

8 ve 10 HP'lik dış üniteler, bir kompresör inverter, bir kompresör unloader olmak üzere iki kompresörlüdür. Bu iki kompresörün birlikte çalışması ile 21 kademede farklı kapasiteyle çalışabilirler. 8 HP'de minimum %18 kompresör kapasitesinde 10 HP (28 KW) minimum %15 kompresör kapasitesinde çalışır.

Dış ünite, ısı değiştiricileri için kapasite kontrol fonksiyonunun geliştirilmesi ile minimum 0.8 HP (2.2 KW) ile maksimum 10 HP (27.5 KW) gücündeki iç ünitelerin bağımsız kontrolünü yapabilmektedir.

Sistemin bu kadar iyi kontrol edilip yönetiliyor olması, enerji tasarrufu sağladığından yıl içindeki işletme masraflarını minimum düzeye indirmektedir.

VRV sistemlerde kullanılan teknoloji sayesinde 100 metre uzunluğunda borulama yapılabilmektedir.

Geleneksel sistemlerde, borulama uzunluklarındaki çeşitli problemlerin oluşması nedeni ile uzun mesafelerde borulama yapılmamaktadır. Uzun borulama, akışkan geri dönüşü ve yağ yetersizliğine neden olur. VRV sistem, soğutucu yağı kullanmak için yağ kontrol sistemi ve soğutucu akış stabilizasyon mekanizmasını içeren otomatik kapasite dengeleme devreli PID kontrol sistemi ile donatılmıştır. Bu sistemler, soğutucu yağının hacmini yöneterek yükselmesini ya da borularda birikmesini, aynı sistemdeki iç üniteler arası sistemdeki iç üniteler arası seviye farkının neden olduğu hacimsel soğutucu azalmasını ve likit dönüşü önler. Bu yeni sistemler her soğutucu boru devresinde maksimum uzunluklara ve seviye farkına imkan tanır.

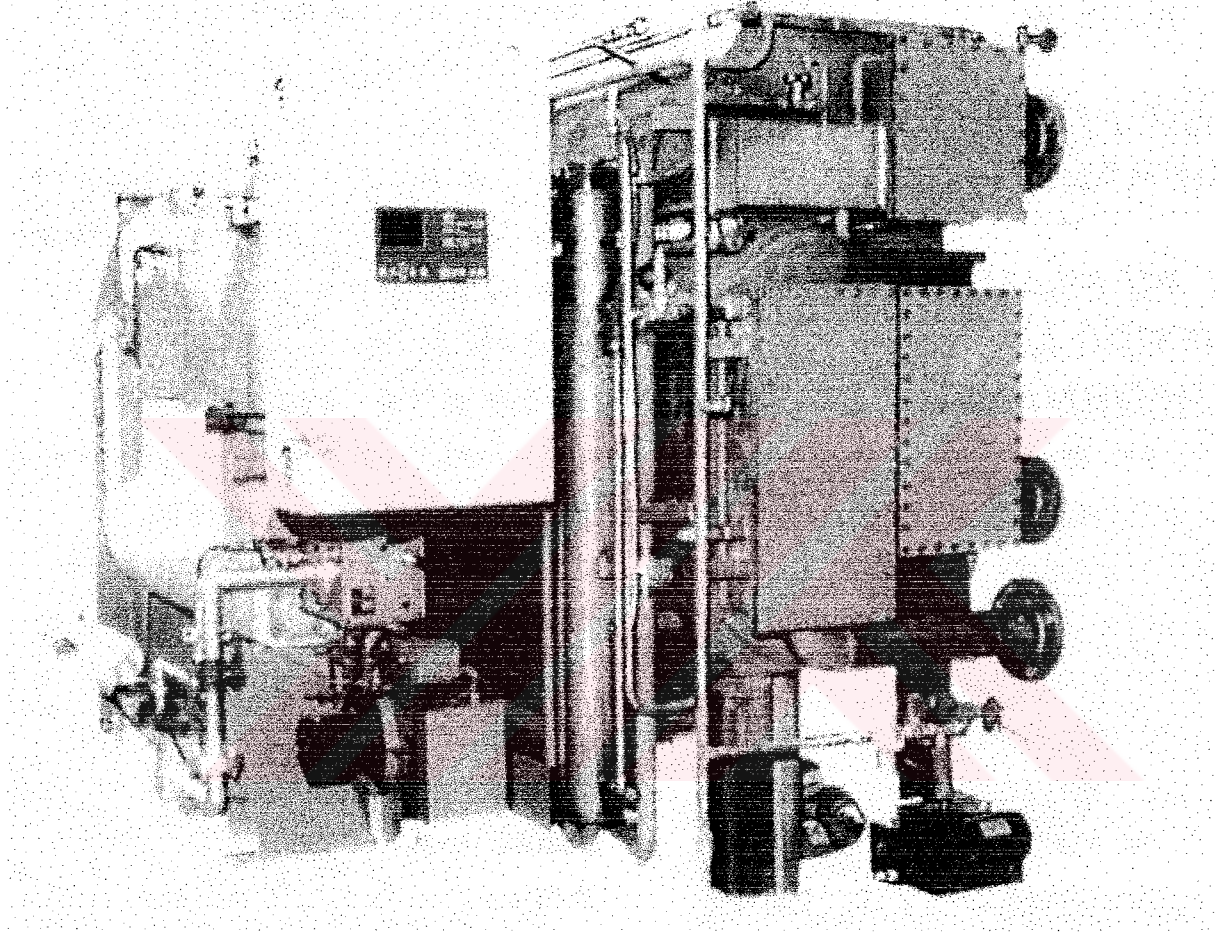
Kompresör durduğu zaman, akışkan boru içinde kalmaktadır. Kompresör tam yükte çalışmaya başlarsa aşırı miktarlarda akışkan geri dönüşü sebebiyle kompresörde arızaya neden olur.

Bu durumu önlemek için VRV sistemde her operasyonun ilk bir dakikasında yüksüz yol alma uygulanır. Yani inverter kompresör 30 Hz'lik minimum frekansta ve dış ünite oransal vana %50 açık pozisyonda çalıştırılır. Bu akışkan sirkülasyonunu minimize eder ve akışkan geri dönüşü önlenmiş olur. İhtiyaca göre kompresör kademe yükü artırır.

Yağ yetersizliği problemi de yüksek verimli yağ ayırıcılar ve yağ geri dönüş operasyonu ile aşılmıştır. Sistemde her bir kompresör yüksek verimli yap ayırıcısına sahiptir. Kompresörü terk eden yağın %7'si kompresör çıkışında akışkandan ayrıştırılır ve kompresöre geri döner. Ancak buna bağlı olarak yağ ayırıcı verimi gaz akışının yavaşladığı takdirde de düşmektedir. VRV sistem sık sık düşük yüklerde (kapasitede) çalışmaktadır. Yani daha düşük akışkan hızlarında çalışma olmaktadır.

## 5.6 Absorbsiyonlu Soğutma Çevrimleri

Absorbsiyonlu çiller grupları soğuk su üreticileridir. Bazı modellerde sıcak su üretimi de mümkündür. Klasik su soğutma gruplarındaki kompresör yerine jeneratör ve absorber kullanılır. Mhitsuishi Heavy Ind., 1995 yılında piyasaya sürdüğü ve çok ilgi gören S-serisinden sonra geliştirilmiş U-Serisini (Şekil-5.3) piyasaya sürmüştür.



Şekil 5.3 Mhitsuishi U-serisi absorbsiyonlu soğutma cihazı

Yüksek performans sağlayan ısı transfer borularının uygulanması ve ısı transfer alanının optimize edilen dağılımı sayesinde cihaz hem daha küçük boyutlarda imal edilebilmekte, hem de pompadaki güç tüketimi azaltılarak elektrik sarfiyatı azaltılmıştır.

Ekipman kullanımındaki güvenilirliği, boşaltma fonksiyonunun geliştirilmesi ve üç boyutlu analiz yöntemlerinin etkili biçimde kullanılması sayesinde ekipmanın tasarımındaki ilerlemeler vasıtasıyla arttırılmıştır.

Yüksek performanslı PC kontrollü, panel eklenmiş ve bu da bazı çalışma değerlerinin zamana bağlı değişimini renkli grafik göstergeli biçimde görünmesini sağlamıştır.

Kompakt tip bir ekipmanın geliştirilmesi için, eşanjör performansının geliştirilmesi çok önemlidir. Absorbsiyonlu soğutucu/ısıtıcının geliştirilmesinde, kullanımı ile ilgili performansının yenilenmesi, küçük çaplı, yüksek performanslı ısı transfer borularının benimsenmesi ve ısı transfer alanlarının optimize edilmesi ile sağlanması amaçlanmıştır.

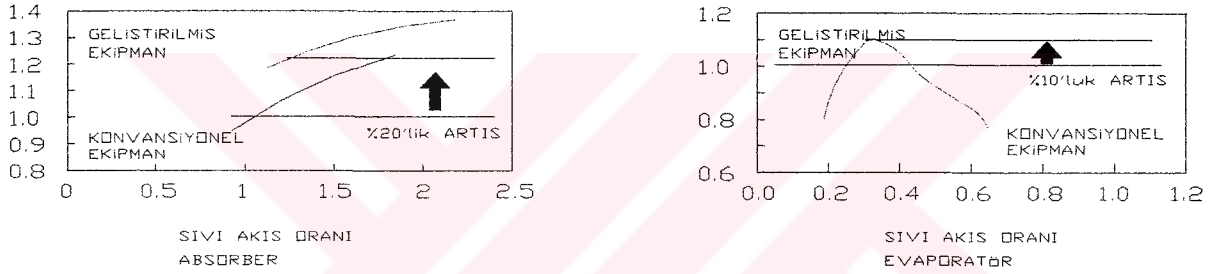
Küçük çaplı transfer borularının benimsenmesi ile, boruların yiv-çap oranı aynı ısı transfer alanı için sabitlenmesi kaydıyla, hem boru setlerinin genişliği hem de bunların yüksekliği azaltılmıştır. Bu azaltma etkisi ile, boru setinin hacmi, aşağıdaki denklemde (E-1) gösterildiği gibi, standart boyutlu ısı transfer borusu çapının daha küçük boyutlu boru çapına oranı kadar azaltılabilir. Daha küçük çaplı borular benimsenirken boru setinin hacmi,

$$V = \left( \frac{D'_o}{D_o} \right) \cdot H \cdot W \cdot L_t \cdot (E - 1) \quad (5.1)$$

Gerçek bir ekipmanı planlarken, boru içindeki basınç kaybının sınırlamaları ve boruların artan sayısının sebep olduğu sıvı film debisindeki değişiklikler sebebiyle ısı transfer performansının muhtemel değişikliklerini dikkate almak gerekmektedir. Yukarıda dikkate alınan hususla birlikte, "S-Serisi" ne dayanan sabit uzunluklu daha küçük çaplı bir ısı transfer borusu üzerinde yapılan çalışmalarda, boru seti hacminin bir öncekine kıyasla yaklaşık %6 oranında azaldığını ve nitekim eşanjörün daha küçük bir boyut indirilmesinde pozitif bir etkinin ortaya çıktığı görülmüştür. Buna göre, mevcut gelişim planı için, adı geçen daha küçük çaplı ısı transfer borusu benimsenmiştir.

Daha küçük boyutlu ve daha verimli bir cihazın geliştirilmesi amacı ile özel tip bir ısı transfer borusu geliştirilmiştir. Bu özel tip ısı transfer borusu, konsantrasyonun karışımını hızlandırarak ve aynı zamanda boru içindeki sıvı filmi inceltilecek borunun ısı transfer performansını artırmak amacı ile yüzeyi üzerindeki sayısız trapezoid projeksiyon ile çalıştırılmasıyla sağlanmıştır. Gerçek ekipmanı var sayan bir biçime sahip ısı transfer boru seti üzerinde yapılan deneylerin sonucu olarak ısı transfer performansının, şimdiye kadar kullanılan boru seti ile kıyaslandığında yaklaşık %20 arttırılmasının Şekil 5.4'de gösterildiği gibi mümkün olduğu görülmüştür.

Ayrıca evaporatör hususunda da, özel bir yüzey biçimli evaporasyon-hızlandırıcı bir boru da geliştirilmiştir. Evaporatör ile ilgili olarak, bunun kullanımıyla ilgili performansı soğutucu akışkan likit film tabakasının genişlemesiyle ve bu tabakanın ısı transfer borusunun yüzeyi üzerinde inceltilmesi ile artırılabilir. Öte yandan, püskürtülen soğutucu miktarı arttıkça, sonuç olarak soğutucu akışkan pompasının güç ihtiyacı da artar ve bu da enerji tasarrufu amacının olumsuz etkilenmesine sebep olur. Bir karşı ölçü olarak, ince film, konvansiyonel boru ile karşılaştırıldığında soğutucu akışkan likit filminin yaklaşık 1/3'ü ile birlikte etkili biçimde üretebilmesi için, ısı transfer borusunun yüzeyindeki çalışmalarla ince projeksiyonlar oluşturmuştur. Buna ilaveten, yapılan testlerde, şekil 5.4'de gösterildiği gibi, şimdiye kadar kullanılan boru seti ile karşılaştırıldığında ısı transfer performansı artışında yaklaşık %10'luk bir başarı elde edilmiştir (Fukushima 1999).

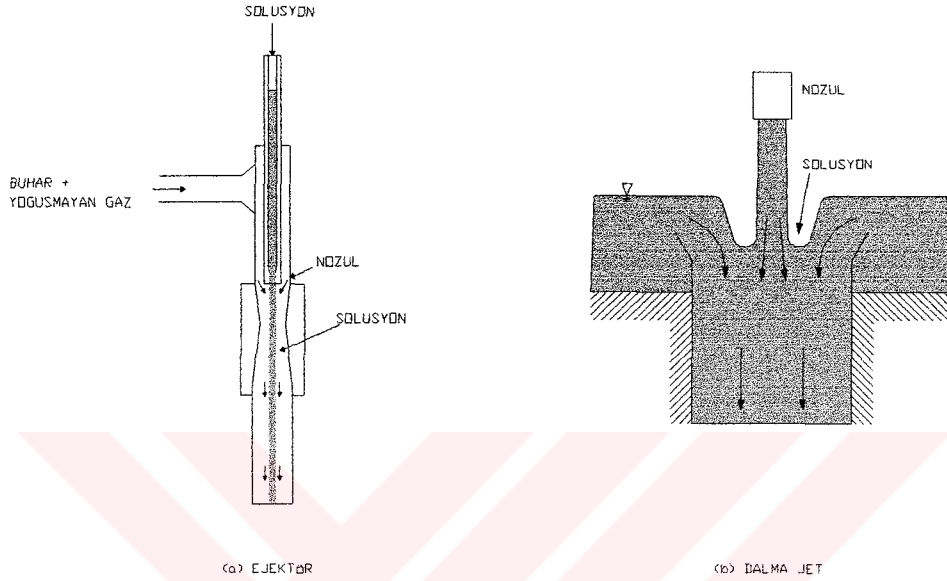


Şekil 5.4 Geliştirilmiş U-serisinin avantajları

değiştiren ısının miktarı soğutulan su, soğutma suyu ve solüsyon ile sabit olduğundan, çalışmadaki çıkış noktası, evaporatörün ısı transfer alanı artarken, konvansiyonel ekipmandan daha yüksek seviyede olan basınca ve absorberin azaltılmış ısı transfer alanı olarak alınmıştır. Böylece evaporatörün ve absorberin toplam ısı transfer alanları azaltılırken ısı transfer alanları dağılımı optimize edilmiştir. Küçük çaplı bir borunun ve yüksek performanslı ısı transfer borusunun benimsenmesinin ve dağılımının optimizasyonunun sonucunda, eşanjörü aşağıda sırasıyla verildiği gibi ısı transfer borusunun hacim, ısı transfer alanı ve ağırlığına sahip olan kompakt bir tipte yapılabilmektedir.

Evaporatör ve absorber için hacim konvansiyonel tipe oranla eksi %10 dolaylarında, ısı transfer alanı eksi %10 dolaylarında kalmaktadır.

Absorpsiyonlu su soğutma / ısıtma grubunun çalıştırılmasının başlangıç döneminde, çelik malzemenin, ekipmanın içindeki sıvıyla temas eden yüzeyinin korozyonunu yavaşlatmak için koruyucu bir film tabakasının oluşumunu hızlandırmak için solüsyonun içine az miktarda korozyon yavaşlatıcısı ilave edilmiştir. Sonuç olarak, çalışmanın başlangıç döneminde hidrojen gazı oluşmuş, bu da kondensör içindeki soğutucunun kondensasyonunu engellemiş,



Şekil 5.5 U-serisi prensip şeması

aynı anda absorber içindeki soğutucu akışkan kapasitesinin düşmesine yol açacak absorpsiyon olgusunu da önlemiştir. Bu sebepten, boşaltma fonksiyonunun doğru konumda çalışması ile , yoğuşmayan gazın ekipmanın dışına etkili biçimde tahliye edilmesi için absorpsiyonlu su soğutma grubuna yüksek verimli bir tahliye ekipmanı takılmalıdır.

Bugüne kadar kullanılan boşaltma ekipmanı, absorpsiyon solüsyonu kendi çalışan sıvısı gibi kullanan (ŞEKİL 5.5 (a) da gösterilmektedir) bir ejektörü de harekete geçirerek ekipmanın içindeki buhar ile birlikte yoğuşmayan gazı emerdi. Absorberin dışına boşaltım, ejektörün çalışma prensibinden yararlanan ekipman içinde en düşük basınç (yaklaşık 700 ile 800 Pa) altına yerleştirildiğinde, mevcut seviyede hızının elde edilmesinde düğümlü bir problem oluşmaktadır.

Jet solüsyon yüzeyine karşı sıkıştırmak üzere konulduğunda jet solüsyonu ile bu solüsyonun yüzeyinin sınır alanındaki hava kabarcıklarının çekilmesi için dalma jeti ( sıvı yüzeye karşı sıkıştırıcı jet solüsyonu ) bir yol iken, bu metod gazı hava cebi adı verilen kabarcık çekme

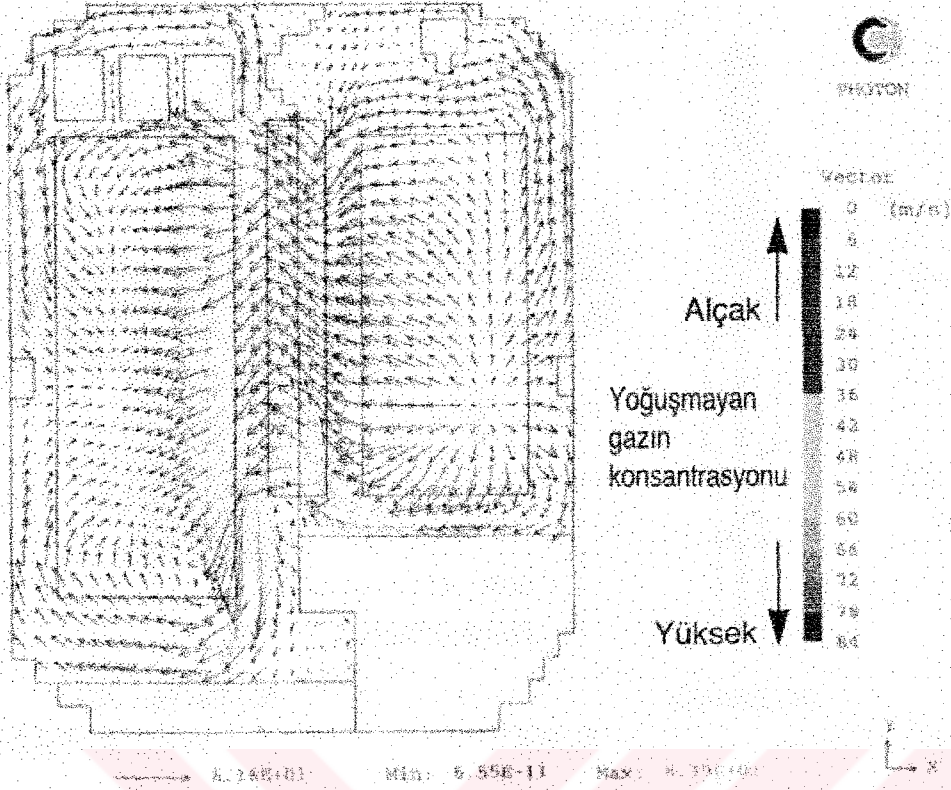
bölümündeki kabarcıkları yutarak kabarcık akışını oluşturmak için pozitif-deplasman tipinin bir emiş metodu olarak tanımlanır.Hava cebi doğru biçimde oluşturulduğunda ve yüksek bir boşluk rasyosuna sahip kabarcık akışının oluşturulmasından sonra gaz-sıvı ayrışması yapıldığında, etkili bir emiş sonucu alınmaktadır.

Geliştirilen ekipmanın boşaltması ile, dalma jet metodu uygulandığında, etkili bir hava cebinin oluşturuluş biçimi ile absorber üzerindeki boşaltmanın gerçekleştirilmesi için orijinal bir nozul yerleştirilmiştir.Ayrıca nispi olarak yüksek bir basınçta kondenserden gelen boşaltma için, aynı boşaltma sisteminin oluşturulması için basit bir ejektör metodu kullanılmaktadır.Dalma jet metodunu benimseyen absorberdeki boşaltım ejektör metodunun iki ya da daha fazla katı bir kapasiteyi sağlar ve ayrıca kondenserden aynı anda gerçekleşen boşaltmayla ejektörden on veya daha fazla kat boşaltma hızı elde edilir.

Yüksek randımanlı bir boşaltma ekipmanı kullanıldığında bile, boşaltma konumunun yanlış seçilmesi durumunda, ekipmandan gelen yoğunlaşmayan gazı egzost operasyonunun faydasız olduğu bir durumla karşılaşılabilir.Yukarıdaki sebepten ötürü, geliştirme aşamasındaki ekipman için boşaltma konumuna karar verilirken ağırlıklı olarak eski tahliye sonuçları ve deneyimlere dayanan tasarım tekniklerine ilaveten, bir CFD (Akışkanlar mekaniği hesabı) metodları kullanılarak yoğunlaşmayan gazların geri kalan konumunun bir tahmini yapılmıştır.

CFD metodu, evaporasyon olgusu da dahil olmak üzere muhtelif fiziksel olguları, kaynak yapılmış boru setinin muhtelif fiziksel olguları, kaynak yapılmış boru setinin içindeki solüsyonun akış durumunu, bu fiziksel olguların modellenmesinden sonra bileşen denklemleri olarak genel kullanım amaçlı olarak analiz kodu içinde bir araya getiren bir teknik olarak tanımlanmaktadır.Bu teknik kullanılarak evaporatörün ve emicinin kendi muhafazaları içindeki akış durumunun simüle edilmesi yoluyla elde edilen analizin (yoğunlaşmayan gazın konsantrasyon dağılımı) sonuçları verilmektedir (Şekil 5.6).Geliştirilen ekipmanla ilgili olarak, evaporatör ve absorberin profillerinde, yoğunlaşmayan gazın konsantrasyonunun absorber boru setinin ortası civarında bir yerde daha yüksek olduğu alanların farkına varılmıştır.

Böylesi bir durum bizim şu ana kadar elde ettiğimiz bilgilerle uyduğundan, yukarıda elde edilen bilgilerle uyduğu görülmüştür.



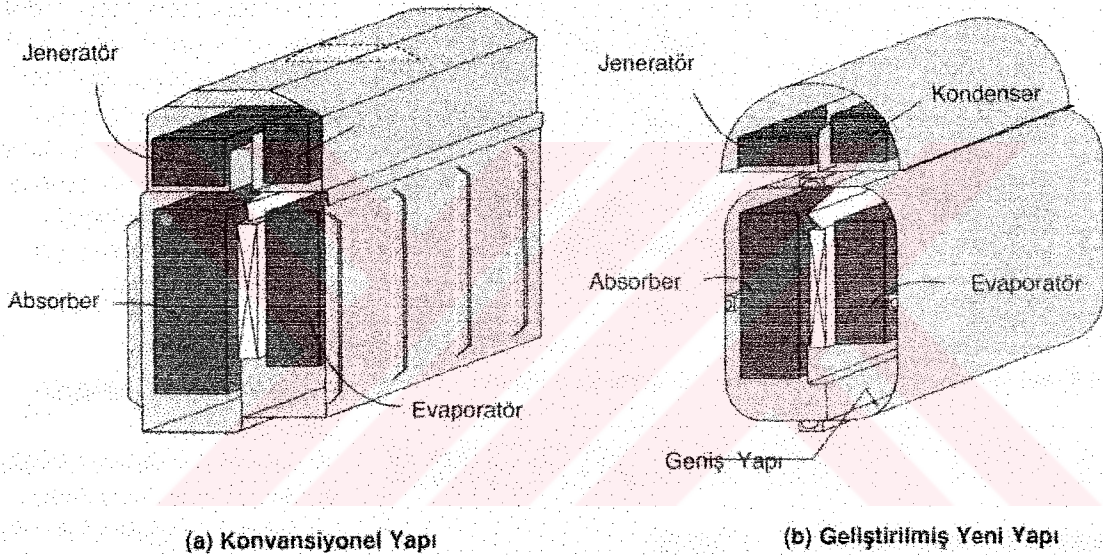
Şekil 5.6 Evaporatör ve gaz absorber bölümünde gaz akış diyagramı

Bir absorpsiyonlu soğutucu/ısıtıcının kendi prensibinde ekipmanın iç tarafında bir vakum oluşturulması sebebiyle bu ekipmanın kendi tasarımında bir basınç kabı gibi mukavemet hesaplamasına tabi tutulması gerekmektedir.

Bugüne kadar kullanılan ekipman mukavemetin gereken seviyede güçlendirilmesi için dikdörtgen biçimli yapıdaki kendi muhafazasının dışından iskeletlerle teçhiz edilmiştir. Bu tür güçlendirmeler, iskeletin kaynak işi için insan, gün ihtiyacının artmasına ve ekipmanı çevreleyen boru /gövde tesisatının tasarlanmasındaki serbestliğin derecesinde azalmaya sebep olmuştur. Bu geliştirilen ekipmanla maksimum derecede büyük kavisli biçimler kullanılarak bir membran yapısı benimsenirken, aynı zamanda ekipmanın gövdesinin mukavemetine bir destek olarak bu dahili komponentleri kullanmak için ekipman bir konstrüksiyon ile beraber sağlanmaktadır. Yukarıda değinilen özel tasarım sayesinde, konvansiyonel ekipman için kullanılan iskeletler gereksiz hale gelmekte ve bu da boru/gövde tesisatının tasarımındaki serbestliğin derecesinde bir ilerleme getirirken, kaynak işi için insan-gün ihtiyacının azalmasını beraberinde getirmektedir. Dahası, tek bir gövdede muhafazası bulunan konvansiyonel tipte karşılaştırma yapıldığında, iki-split tipte muhafazası bulunan geliştirilen ekipmanın, özellikle taşıma sırasında boyutlardan kaynaklanan sınırlamaların kritik bir faktör

olduğu durumlarda olmak üzere, konvensiyonel ekipmana göre daha kompakt boyutunun üstünlüklerini kullanacağı kesindir. Bu tür boyut şartları, yeni geliştirilen bu ekipman için mevcut olanın yerini alacak yeni bir talep doğurabilir.

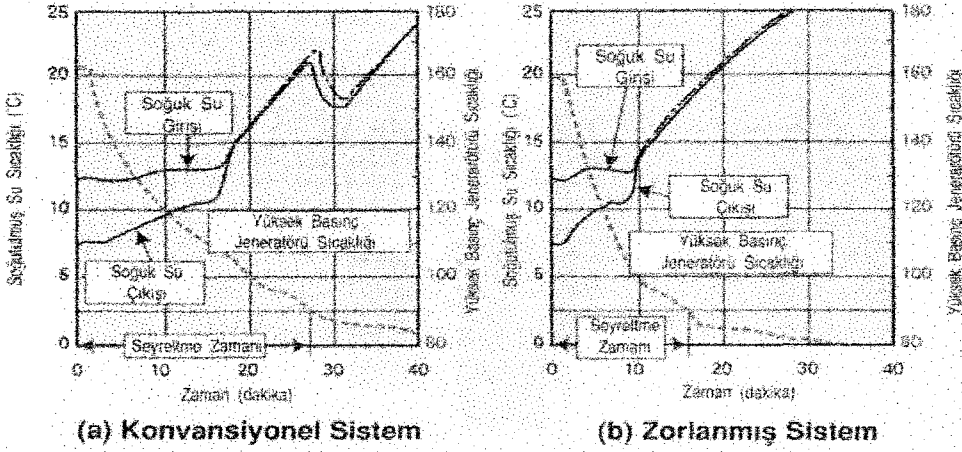
Geliştirilen bu ekipman ile konvensiyonel olanın arasındaki konstrüksiyonun karşılaştırılması görülmektedir (Şekil 5.7). Geliştirilen ekipmanın konstrüksiyonun tasarlanmasında, temel tasarım aşamasında iken üç boyutlu FEM analizini uygulayarak, yüksek gerginliğin lokal olarak ortaya çıkabileceği muhtemel alanların tahmin edilmesi ve bundan sonraki aşamalarda cihazın çalışması esnasında oluşabilecek gerilmelerin bertaraf edilebilmesi için bir optimizasyona gidilmiştir.



Şekil 5.7 Konvensiyonel yapı (a) ile yeni U-serisinin gövde konstrüksiyonlarının (b) karşılaştırılması

Absorpsiyonlu soğutucu/ısıtıcının kapatılması sırasında, hem ekipmanın içindeki ısının hem de solüsyon konsantrasyonunun düşürülmesi için seyreltme işlemi gereklidir. Seyreltme süresinin kısaltılması, absorpsiyonlu soğutucu/ısıtıcının ve güç tesisatının enerji tüketiminin azaltılmasına katkıda bulunur. Bu kısaltmanın gerçekleştirilmesi için, ısının soğutucudan solüsyona transferinin ve ısının ekipmandan atılmasının hızlandırılması gereklidir. Bu amaçla “U-Serisi” için basınçlı bir seyreltme devresi benimsenmiştir. İlave olarak monte edilen basınçlı seyreltme devresi sayesinde, sıvı safhadaki soğutucunun (su) evaporatörde buharlaştırıldığı ve sonra da absorberdeki solüsyon tarafında emildiği önceki ısı transfer prosedüründen daha kısa bir sürede solüsyona direkt olarak enjekte edilebilir. Basınçlı seyreltme devresinin etkisinin doğrulanması için yapılan testin sonucu görülmektedir (Şekil

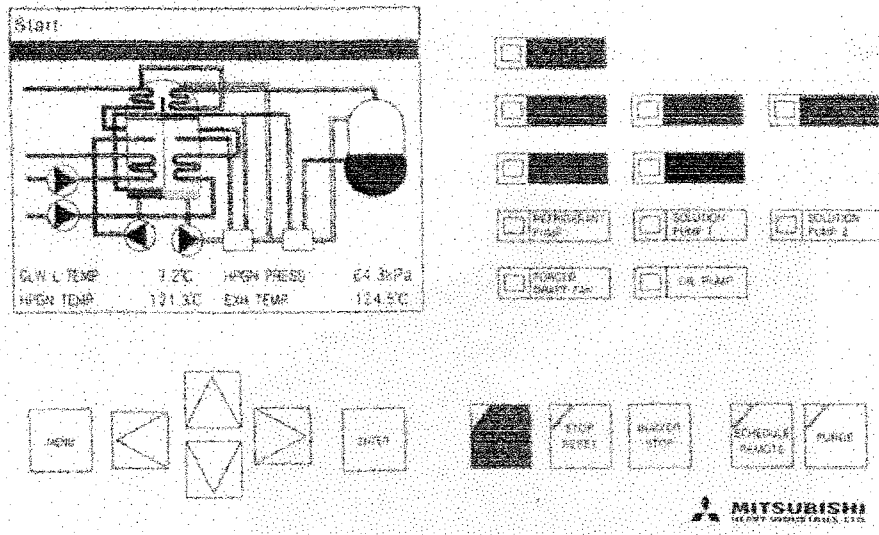
5.9). Tablodan da görüldüğü gibi, bu yeni sistemle seyreltme için gereken süre



Şekil 5.8 Konvansiyonel ve zorlanmış sistemlerde seyreltme kuvvetlerinin etkisi

ihtiyacı 5100'den yarıya kadar düşmektedir, diğer bir deyişle 28 dakikadan (konvansiyonel ekipman) 15 dakikaya düşmektedir.

Ekipmana, üzerinde renkli grafik göstergesi bulunan bir PC kontrol paneli takılarak iyileştirme sağlandı (Şekil 5.9). Bu PC kontrol paneli renk değişkenleri veya ekipmanın çalışma şartlarını hafızaya alma yolu ile trend grafiği ile ekipmanın çalışma durumunu gösterebilen 5 inçlik renkli grafik göstergesi ile teçhiz edilmiştir. Yukarıda anlatılan fonksiyon sayesinde bir arızanın ortaya çıkması hâl gerekli adımlar atılmakta ve önleyici tedbirler alınabilmektedir. Dahası PC kontrol paneli ile BAS (bina otomasyon sistemi) ve birden fazla absorpsiyonlu grupların paralel çalıştırılmasının kontrolünü kolaylaştırılmıştır.



Şekil 5.9 Yeni grafik renkli mikroproses paneli (Mitsubishi Heavy Ind.)

## 6 KLİMADA SİSTEM SEÇİMİ ve PROJELENDİRİLMESİ

### 6.1 Sistem Seçim Esasları

Uygulanacak klima sisteminin seçimi, tasarımcının daha sonraki proje aşamalarını belirleyecek en önemli karardır. Bu karar verilmeden önce pek çok faktörün dikkatle gözden geçirilmesi gerekir. Bu faktörler içinden önemlileri ilk tesis maliyeti ve işletme giderleridir.

Sistem seçiminde en önemli nokta sistem maliyetidir. Mal sahipleri genellikle en ucuz tesis giderleriyle, en ucuz işletme ve bakım giderleriyle en verimli ve en büyük sistemi isterler. Sistem seçimi, işin sadece mühendislik yönü ile değil, mal sahibinin yatırım yapmaktaki planlarına da uygun olmalıdır.

Sistemin tasarım aşamasında ilk yatırım maliyeti çok iyi değerlendirilmelidir. Bu özellik projelendirme ve inşa safhalarında yapılacak yatırımı doğrudan etkiler. Ancak tüm bu hususların dışında iklimlendirme sisteminin işletme zorlukları ve buna bağlı olarak maliyetleri de göz önüne alınarak iyice etüd edilmelidir. Ayrıca, bazı malzemelerin imalat ve montaj tarihlerinin iş programının akışına engel olmamasına dikkat edilmelidir. İşletme giderleri, sadece kullanılan enerji fiyatını, bakım personelinin giderlerini malzemenin hakiki amortismanını da kapsar. Gider, sadece enerji gideri olarak alınmamalıdır.

Bununla birlikte yatırımın geri dönüşü, yani kendisini amorti etme süresi de projelendirme esnasında göz önünde bulundurulması gereken bir diğer unsurdur. Tasarımcının, tesisi mükemmelleştirmek için yatırımcıya teklif ettiği ilave paranın ne kadar zamanda geri alınacağı proje maliyeti üzerinde önemli bir etkendir. Bu noktada projenin üzerine düşen, verimsiz seçenekleri eleyip, yatırımcının önüne daha iyi bir seçenekler koyarak mümkün olan en ideal seçimi yapmasını sağlamaktır.

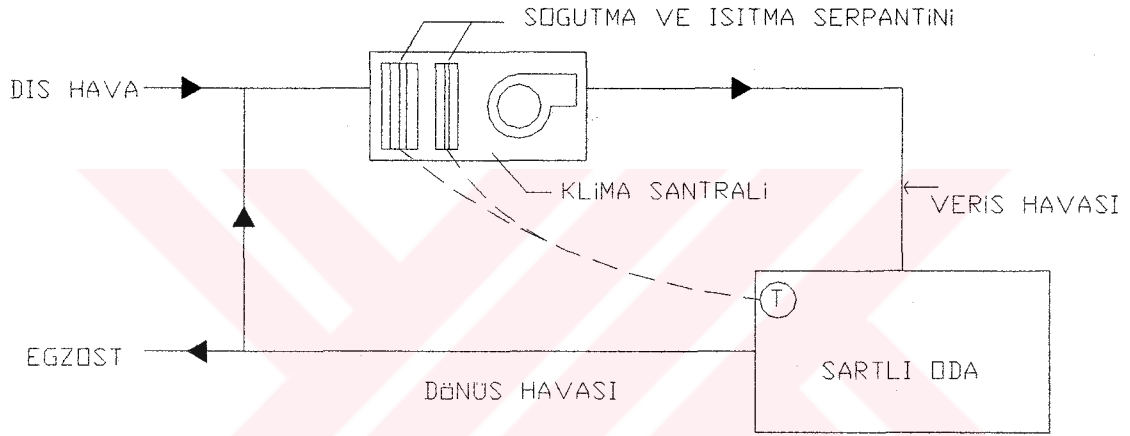
### 6.2 Tüm Hava Sistemleri

Tek kanallı (single duct) sistemlerdir. Bu sistemlerde birer adet ısıtma ve soğutma serpantini bulunmakta ve bu serpantinleri seri olarak hava geçişine müsaittir. Havayı sevk eden bir ana kanal mevcut olup hava dağıtımı bu kanal vasıtasıyla yapılır. Bu basit kanal dağıtımında, tüm terminal kutuları aynı sıcaklıktaki hava ile beslenir. Tek kanallı sistemler aşağıdaki gibi kend

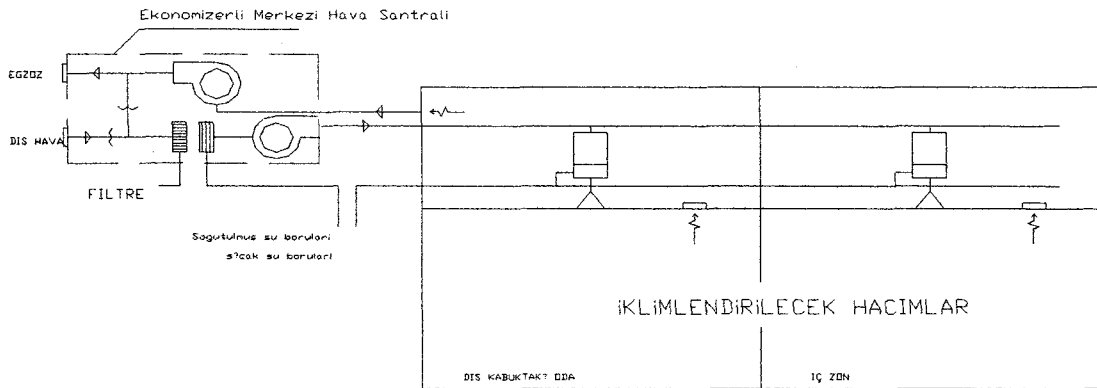
aralarında sınıflara ayrılırlar. Bu sistemlerin, ofis binalarında, laboratuvar, hastane, dükkan, otel, temiz oda, ameliyathane, araştırma binaları ve fabrika binalarında geniş bir kullanım alanı vardır. Bu sistem, ülkemizde de yaygın olarak kullanılmaktadır.

### 6.3 Sabit Debili Sistemler

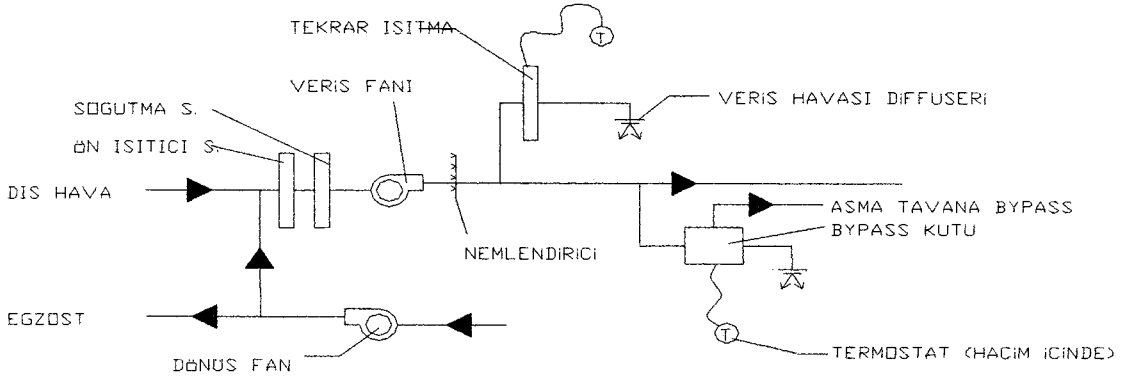
- Tek zonlu sistemler
- Çok zonlu ve tekrar ısıtmalı sistemler
- Bypasslı sistemler



Şekil 6.1 Şematik olarak belirtilmiş tek kanallı sabit debili sistem



Şekil 6.2 Sabit debili tekrar ısıtma sistemi



Şekil 6.3 Tekrar ısıtılmalı ve bypass kutulu sabit debili sistem

#### 6.4 Değişken Hava Debili (V.A.V.) Sistemler

- Tekrar ısıtılmalı (Re heat)
- İndüksiyon (Induction)
- Fan kutulu (Fan powered)
- Çift kanal sistem kombinasyonlu (Dual Conduct)

#### 6.5 Çift Kanallı Sistemler

- Çift kanallı, sabit debili sistemler
- Çift kanallı, değişken hava debili sistemler
- Çok zonlu, sabit debili sistemler
- Çok zonlu, değişken hav debili sistemler

##### 6.5.1 Sistemlerin Tanıtımı

Tüm hava sistemleri, bir çok konfor ve proses tesislerinde kullanılmaktadır. Birçok ofis, okul, üniversite laboratuvar, hastahane, otel ve hatta gemilerde çok zonlu olarak kullanılmıştır. Yine tüm hava sistemleri, özellikle tercihen kapalı kontrol devreli sıcaklık ve nemin istendiği temiz odalar (clean rooms ), bilgisayar odaları, hastane ameliyat odaları araştırma ve geliştirme tesislerinde ve endüstriyel ticari tesislerde kullanılmaktadır.

Hava sistemleri hakkında biraz daha bilgi almak gerekirse;

Tek kanallı, sabit hava hacimli sistemler, sabit hava hacimli sistemler, iklimlendirilen hacimlerin yük değişimlerine, içeriye verdikleri havanın sıcaklığını değiştirmek suretiyle uyum sağlarlar.

Tek zonlu sistemler; tüm hava sisteminin en basit tipidir. Havayı veren ünite, yalnız havayı verdiği tek hacmin sıcaklık ve nemini kontrol eder.Hava verici ünite, verdiği tek hacmin içinde veya dışında bir yerlerde olabilir.Bu suretle kanallı veya kanalsız hizmet verebilir.Bu sistem, talep ettiği hacmin tüm ihtiyaçlarına, ideal olarak, iyi düzenlenmiş bir kontrol sistemiyle, gerek sıcaklık gerekse nemlendirme proseslerinde tam olarak cevap verebilir.Tek zonlu sistemler, hacim kullanılmadığı zaman, kapatılmak suretiyle devre dışı bırakılabilir.İhtiyaç halinde dönüş veya dönüş veya egzost fanının soğutmada sırf dış hava kullanılma ihtiyacı (ara mevsimlerde) dolayısıyla, kapasitesinin %100 yani veriş fanı kadar seçilmesi mümkündür.Dönüş fanı hacmin istenilen basıncın üstüne çıkması halinde, ağırlıklı bir damper gibi basınç artmasını giderebilir.

Çok zonlu ve tekrar ısıtılmalı sistemlerde, tek zonlu sistemlerin değiştirilmiş halidir. Bu sistem yük bakımından eşitsizliği olan hacimlerin kontrollü şartlandırılmasını ve dış kabuktaki ani iklimsel yük değişimlerini ısıtmak ve soğutmak suretiyle karşılanmasını, proses veya konfor hallerinde, toleransları kısıtlı iklim şartlarını sağlar.Burada, tekrar ısıtma (reheat) kelimesi, ikinci bir ani ihtiyaç halinde sistemin primer veya resirküle havasına ısı ilave anlamını getirmektedir. Nispeten küçük düşük basınçlı (low-pressure) sistemlerde, her zon için, ısıtıcının yeri, kanal içi olabilir.Daha büyük ve karışık sistemlerde, içerdiği yüksek basınçlı dağıtım hatlarından ayrılan ve basınç düşüren devrelerin içine ısıtıcıları koymak suretiyle, her zon için sabit hacimli havayı kontrol etmek mümkündür. Merkezi cihazdan genellikle, sabit debili soğutulmuş hava sistemde kullanılabilir. Bu durumda sıcaklık değişebilir, tekrar ısıtma ihtiyacı doğabilir; iyi bir kontrol sistemi, her iki enerji değerini yani soğutma ve ısıtma konumunu telif ederek enerji sarfiyatını dengeleyebilir.Burada önemli olan havanın serpantini terk ettiğinde nemin müsaade edilen miktarın üzerine çıkmamasıdır.Bu hadise genelde ara mevsimlerde kendini gösterebilir.

Bypass'lı sistemlerde değişik bir şekilde, tekrar ısıtma yapma yerine bypass kutusu kullanılmaktadır.Bu sistem esasta, birincil hava sabit hacimli, ikincil havası ise V.AV. (değişken hava hacimli) sistem gibidir.

Yük değişimi dolayısıyla odaya veriş havası, asma tavan boşluğuna veya dönüş kanalına havayı boşaltması nedeniyle değişmektedir. Fakat bu değişimde sistemin veriş hava miktarı sabit kalmaktadır.

Bir by-pass sistemi daha çok sınırlı ve küçük ve basit tesislerde kullanılır.Bu sistem enerji tasarrufu düşünölmeyen fakat ilk tesis masrafını azaltmak istenen yerlerde kullanılır.

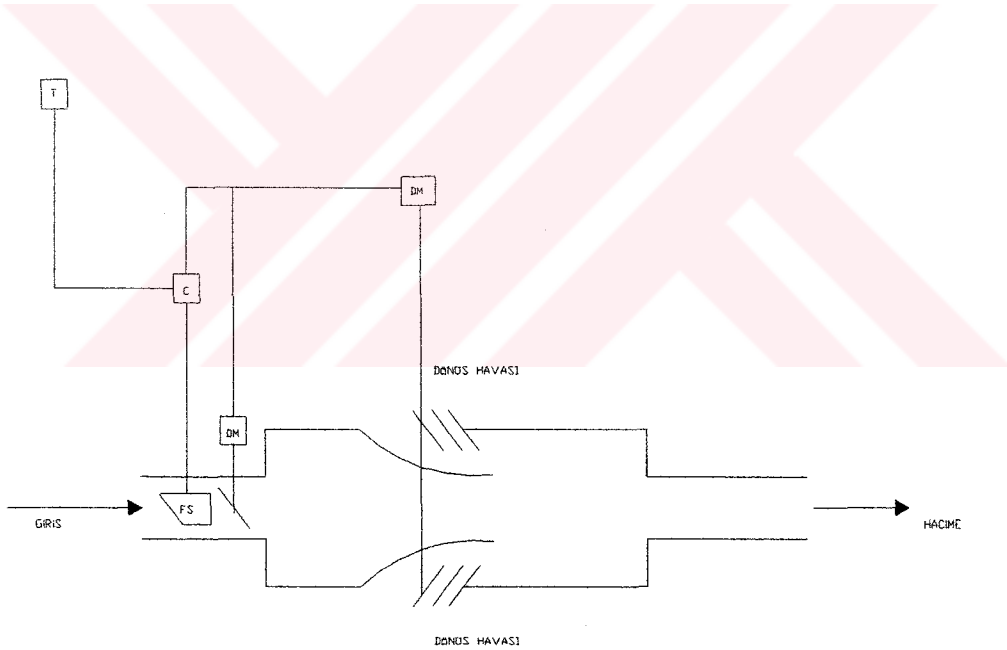
Değişken hava hacimli (V.A.V) sistemlerde; şekil 6.4'de de göröldüğü gibi, kontrol kutuları vasıtasıyla, daha ziyade hava miktarlarını değiştirerek hitap ettiği hacmin ısıtma, soğutma düzenini sağlar ve dizayn şartlarını korur. Veriş havası genelde sabit sıcaklıkta olup mevsime göre bu sabitlik derecesi değişebilir. Değişken hava hacimli sistemler, binanın iç bölümlerine de uygulanabilir. Bu tatbikat ayrı ayrı fanlar ile yapıldığı gibi müşterek fanlar ile de olabilir. Bu durumda binanın kabuk bölümünde muntazam olarak ısıtıcı kullanılabilir. Özellikle dış kabuk bölümünde kullanılan V.A.V. sistemi, solar yüklerin ve dış sıcaklığın değişmesi nedeniyle, verilen hava değişimi büyük enerji tasarrufları elde edilmesine yardım eder.V.A.V. sistemlerde, nem kontrolü bir yeterlilik problemidir. Eğer nemlilik, araştırma ve geliştirme laboratuvarlarında olduğu gibi, kritik bir etken ise bu takdirde, sabit hava miktarlı sistemleri kullanmakta fayda vardır. Konferans ve toplantı salonlarında, restoranlarda olduğu gibi duyulur ısı oranı düşük ise, kısmi yük durumları için V.A.V. %50 minimumda kullanılmalı ve tekrar ısıta düzeni eklenmelidir. Bu suretle hava hareketleri de azalmış olmaktadır. V.A.V. üniteleri sistemleri şu şekilde tanımlanabilirler;

Tekrar ısıtmalı sistemler; basit V. A. V. Sisteminde terminal kutuların, ısıtıcılar ile donatılmasından elde edilir.Sistem iç ve dış zonlarda gereğinde ısıtma ve soğutma elde etmeye müsait hele gelerek esnekliğini korur.Terminal ünitelerde giriş havası alt limiti, aşağıda belirtilen sonuçların alınabilmesi miktarlarına göre ayarlanmalıdır.İsıtma yükünü karşılamalı, maksimum nemi limitlemeli, iç mekandaki hava hareketi rahatsız edici olmamalı, gereken havalandırmayı temin edebilmelidir.

Tekrar ısıtmalı bir V.A.V. sisteminde, kontrol ilk önce havayı kısar ve ardından kısılmış havayı ısıtmaya başlar.Bu durum, sabit hava debili-ısıtıcı sistemlere göre masrafı fazla gibi görölebilir.Zira burada primer hava soğutulmuş bir havadır.İleride de anlaşılacağı gibi, yaz aylarında da tekrar ısıtmalı sistemler, minimum hava miktarlarında nem bakımından iç

konforun kötüleşmesi halinde, nemin düşmesini önleyecektir. Örnek olarak, konferans salonu veya oditoryumlarda ışıklar söndürüldükten sonra meydana gelen olaylar düşünülebilir.

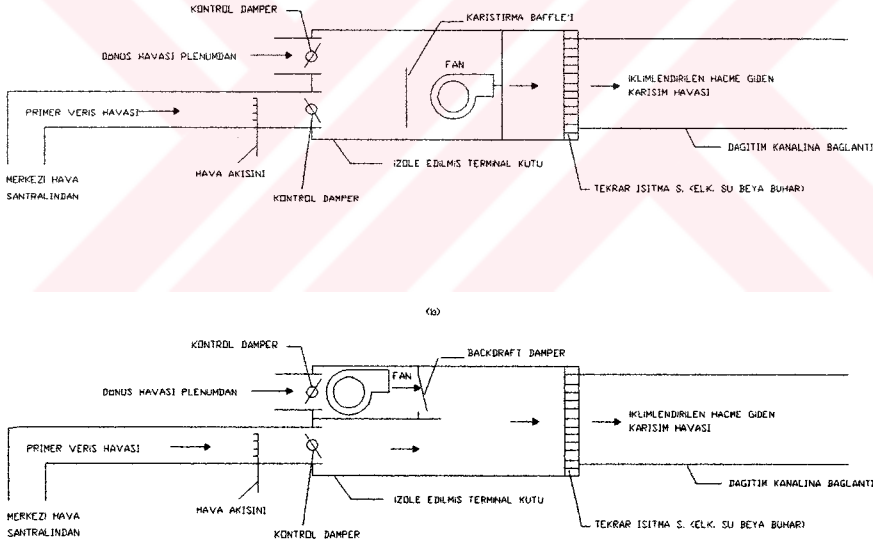
V.A.V . İndüksiyonlu sistemlerde, hava miktarları azaltılmaya başlandığı anda soğutmayı azaltmaya ve sıcaklığı yükseltmeye başlar, yani tekrar ısıtma serpantinine ihtiyaç bırakmadan, fakat hacme sabit miktarda hava verilir. Bu düzen ters anlamda sabit hacimli sistemlerde tarif edilen bypasslı sistemlere benzemektedir. Birincil (primary) hava miktarı tayini, yük azalması ile V.A.V. kutusunda hasıl olan kısımda, hacimdeki havanın durgun hale gelmemesi veya hava hızının yavaşlamaması yönünde ayarlanmalıdır. Genelde terminal kutuları asma tavan boşluğuna yerleştirilir ve böylece aydınlatmadan gelen ısı geri kazanılır. Bu durum, iç bölgelerde indüksiyonlu kutuların kullanılmasını sağlayarak kutuda ısıtma serpantini veya elektrikli ısıtıcı kullanılmasını önler. Bu düzen, sabah, ilk hareket ve gece ısıtma için imkan verir. Yalnız iç mekanlarda çatı yükleri için terminal kutuya ısı vermek yani ısıtıcı koymak gerekir.



Şekil 6.4 İndüksiyon VAV terminal kutu

Fan-Powered sistemler ise havanın paralel veya seri olarak mahalle sevk eden V.A.V. sistemleridir. Paralel akışlı terminal de kutu içindeki fan birincil hava akış yolu dışına konmuştur. Bu suretle fan fasıllı olarak çalışabilmektedir. Halbuki seri akışlı tabir edilen terminalde fan, birincil hava akımının içine yerleştirilmiştir. Bu şekilde terminalin hitap ettiği hacim devreye girdiğinde fan devamlı çalışmaya başlıyor. Seri ve paralel fan-powered sistemlerinin seçilmesinin nedeni, sistemin zonlara ilettiği havanın, yük azalsa dahi,

maksimum miktarı muhafaza etmesidir.İşte bu da V.A.V. sistemlerinin avantajlarından biridir.Birincil soğuk hava valfi maksimumdan minimuma (veya kapatır) değişebilir.İçeri verilen havanın maksimum kalması, terminalin asma tavan arasındaki resirküle havayı kullanmasıdır.Bina çevresi, kabuk bölümünde, terminal kutularda sıcak su serpantini, elektrikli ısıtıcı, ayrı olarak (base board heater) çevrede serpantin, veya ayrı radyant ısıtıcılar ısı kayıplarını karşılamak üzere kullanılır.Hacimlerde ısıtma ve soğutma geniş aralığında bir ölü bant vardır.Bu aralıktaki kutu yalnız asma tavan aralığındaki dönüş havasını kullanır.Bu işlem, ışıklandırma ısısının ısıtmada kullanılmasını sağladığından maksimum enerji tasarrufunu getirmektedir.Hacimlerin kullanılmadığı zaman periyodunda, ana santral çalışmadığından, fan-powered kutu fanları çalışarak, hacmin o şartlardaki ısı ihtiyacını karşılar.Bu suretle yine işletmedeki belirli bir miktar işletme masrafının düşmesi sağlanabilir.Paralel ve seri sistem asma tavan aralığındaki havayı kullandığından, bu kutuların hava filtresi ile donatılması gerekir.Sabit çalışan fanlı V.A.V. sistemlerde, birincil havanın minimum değerinde yine içeriye sabi miktarda hava verebilir.



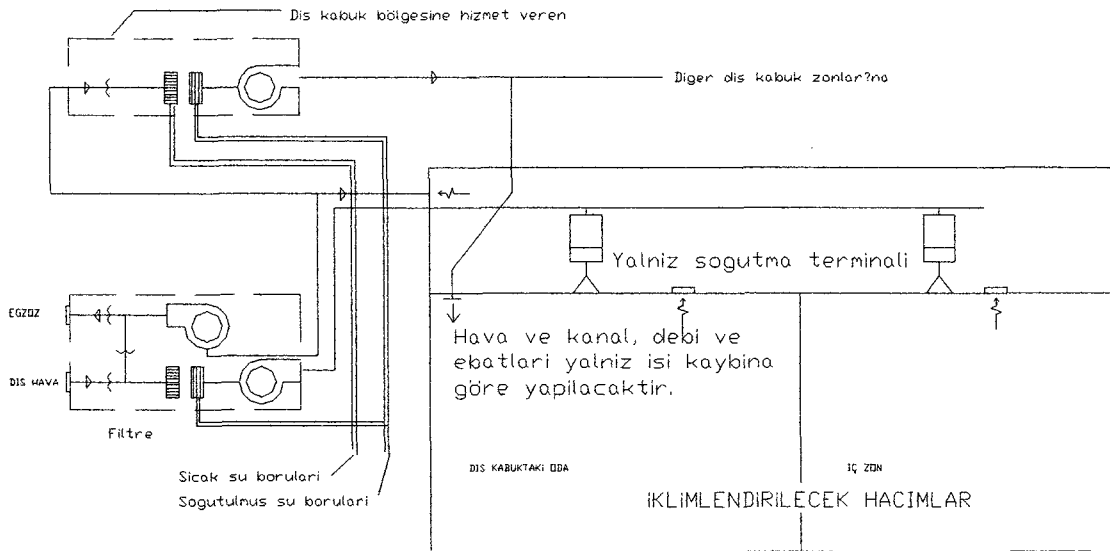
Şekil 6.5 (a) Seri Fan Kutulu VAV Terminal, (b) Paralel Fan Kutulu Terminal

Paralel düzenlemede ise (Kesintili dizende çalışan fanlı); birincil hava miktarı soğutma yükünü karşılayacak yeterliliktedir. Sisteme dahil edilen fan, ısıtmada talebi veya yük azaltması olduğundan dengeyi sağlamak üzere devreye girer ve asma tavan aralığındaki sıcak havayı birincil havaya katarak içeriye aynı miktar havayı gönderir.Bu düzen, daha ziyade binanın dış kabuk zonunda kullanılır. Su ile ısıtıcı veya elektrikli ısıtıcı bu cihazda bulunur.Fanın hareketi ve çalışması birincil hava klapesine entegre edilmiştir.Terminal

Fanın durduğu zamanlar, birincil havanın asma tavan aralığında kaçmasını önlemek için bir back-draft damper konulmuştur. Bu damper fanın atış ağzında bulunmaktadır.

Seri düzenleme (Devamlı çalışan fanlı ) asma tavan aralığından alınan hava tavan aralığından alınan hava ile karşılaştırılarak hacme verilir. Bu düzen hem iç zon, hem de dış zonda kullanılır. Yerine göre yardımcı ısıtma serpantinleri kullanılır. Düşük sıcaklıkta havayı şartlandırarak hacme attığı gibi, oda sıcaklığının yükseltilmesi halinde, birincil hava ile dönüş havasını karıştırarak yine şartlı hacme verir.

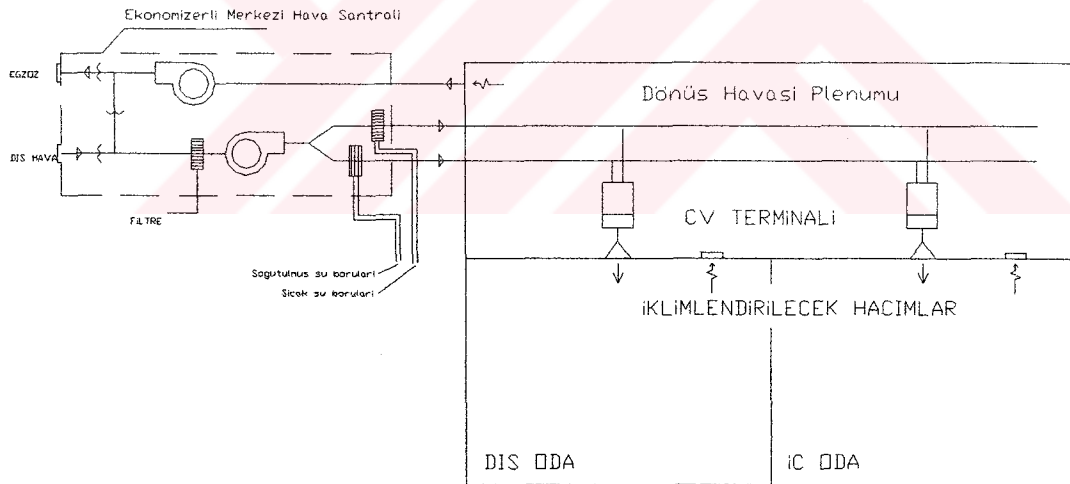
Dual conduct sistemde, iki adet verici kanal mevcuttur. Fonksiyonel olarak, dış kayıp ve kazanç yüklerini karşılamak, ve başkaca, yıl boyunca soğutmayı sağlamak üzere tesis edilirler. Öncelikle sabit hacimli sistem faaliyetli geçer, değişen dış şartlara göre, ısı transmisyonundaki değişimleri, yaz ve kış için, her iki sistem dengeler. Genellikle sabit debili sistem limitlidir ve pik yükleri karşılamak üzere düzenlenmiştir. Bu şekilde enerji tasarrufu da sağlanmış olur. Bu sistemde ısıtma ihtiyacını sabit debili birincil sistem karşılamakta arada soğutma etkisini de ikinci sistem minimum akışla gidermektedir. İkinci (V.A.V.) sistemi soğutma işlemini, yıl boyunca (year-round) icra eder. Bu işlemi, değişen solar yük, ışık, kuvvet ve insanlar için hava akışı hacmini değiştirmek sureti ile başarır. İkinci sistem, hem iç zonda ve hem de dış kabuk zonunda hizmet verir.



Şekil 6.6 Değişken debili çift kanallı sistem

Değişken havalı diffuserlerde; oda şartlarına göre ayarladıkları hava miktarlarının değişmesine rağmen hava atış hızları sabit kalmaktadır. Bu nedenle her şartta, diffuserlerin indüksiyon tesirleri hep aynı kalmakta ve oda havasıyla iyi bir karışım teşkil etmektedir. Bu düzen başlıca iki tipten oluşur; Bir tanesi bir kabarcığa sahip olup bu hacmi genişletmek ve düşürmek suretiyle hava atış deliğinin kesitini değiştirir. Diğeri ise, diffuserde bulunan plakayı fiziksel olarak hareket ettirerek istenilen sonucu alır. Her iki düzende kanaldaki basınca göre işlemleri başarabilmektedir. Kanal dizaynında bu durum göz önüne alınmalıdır. Sistem hareket kabiliyetini ya sistemin basıncından veya elektriksel veya pnömatik takviyeden alır.

Çift kanallı sistemlerde merkezi bir cihaz ve şartlandırılacak alanlara paralel giden iki adet kanaldan oluşmuştur. Kanalın bir tanesi sıcak hava diğeri ise soğuk hava taşımaktadır. Her zona, içerdeki yükün karşılanacağı oranlarda sıcak ve soğuk hava karıştırılarak verilir. Bir çift kanallı sistem tek kanallı V.A.V. sisteme nazaran daha çok enerji sarf eder. Fakat tekrar ısıtma düzeni gibi bir akışkan boruları, sızıntı tehlikesi bulunan kullanım alanı tavanlarda dolaştırılmaz. Bu sistemde de sabit ve değişken debili düzenler vardır.

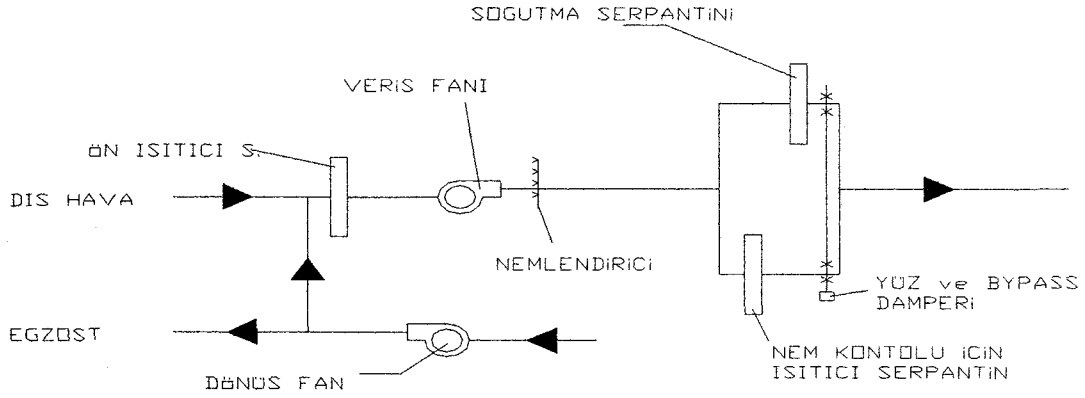


Şekil 6.7 Sabit debili çift kanal sistemi

Çift kanallı, sabit hava debili sistemler; çift kanallı, sabit hava debili sistemler de iki çeşittir.

- Tek fanlı, tekrar ısıtmasız sistemler gibidir. Yalnız bu sistemlerde soğutma serpantinlerinde yüz ve by-pass damperi vardır (Şekil 6.8). Bu damperler dış hava ve dönüş havasını by-pass ile karıştırarak iç yük dalgalanmalarını, bir termostat ile dengeler. Bu düzenlerde, yüksek dış hava nemliliğinde problemler meydana gelmektedir. Bu şartlarda iç yükler düştüğünde, hacmin nem miktarı da derhal

yükselecektir.Çaresi havayı tekrar ısıtarak bulunabilir.Veya aynı etkide olan soğutma serpantinine (face) yüz ve bypass damperi koymak gerekir.



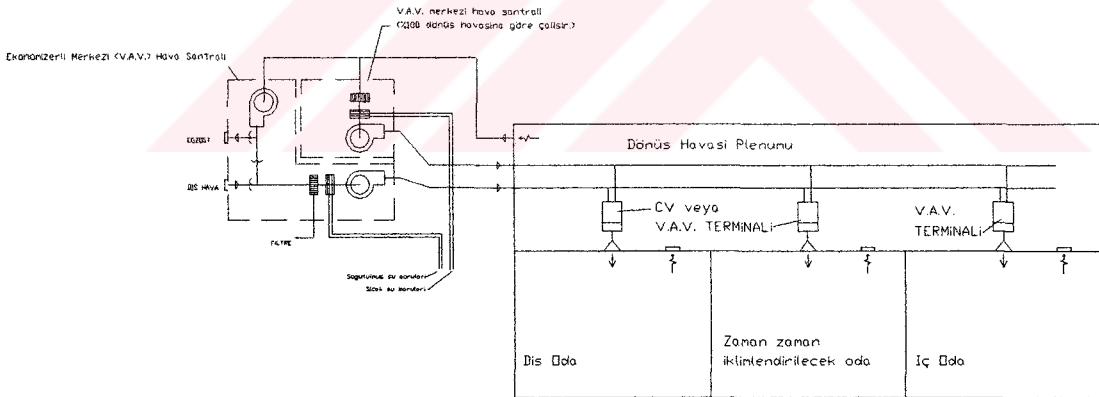
Şekil 6.8 Tek fanlı tekrar ısıtmasız sistem

Bu sistemi sabit ısı derecesi ve nem miktarı istenen modern binalarda kullanılmaz veya limitli şekilde kullanılır.

- Tek fanlı tekrar ısıtmalı sistemlerde; tekrar ısıtma metodu konvansiyonel reheat etkisini vermektedir. Burada fark, tekrar ısıtma işlemi zonda yapılacağına merkezi cihazda yapılmasıdır.
- Çift kanallı V.A.V. sisteminde, soğuk ve sıcak hava, muhtelif hacim miktarları ile karıştırılarak kombine edilmektedir. Bu sistem, iç hacimler için yalnız soğutma yapan tek kanallı V.A.V. kutularını da bağlayabilir.
- Tek fanlı çift kanallı V.A.V. sistemlerinde yalnız tek bir verici fan vardır. Bu fan, uyum sağlayabilmek amacıyla sıcak ve soğuk hava taşıyan kanalların pik yüklerinin karşılanabileceği miktara göre ebatlandırılmıştır. Fan kontrolü iki statik basınç kontrolü ile yapılmaktadır.
- Bu kontroller soğuk ve sıcak hava taşıyan kanalların içine yerleştirilmiştir.Hava kanalları, yükse basınca müsait olmalıdır.Her ne kadar bazı merkezi sistemlerde, soğuk hava taşıyan kanalda, dış havanın aşırı sıcaklıklarında, hava sıcaklığı, soğutma makinasında tasarruf elde etmek için, yükseltiliyor ise de, genelde bu kolda seyreden hava sıcaklığı sabit kalmaktadır. Dış hava sıcaklığı düşük olduğu zamanlarda, sıcak hava taşıyan kanal kolunda hava sıcaklığı yüksek dereceye ayarlanmıştır.Ayrıca dış havanın çok nemli olduğu zamanlarda iç nemi düşürmek için, soğuk kolda seyreden hava akımı artırılmalıdır.Diğer bazı sistemlerde, özellikle laboratuarlarda, tekrar soğutma düzenleri kullanılarak hacim içindeki nem miktarı sabit tutulmaya

çalışır.Hacimde statik basıncın sabit kalabilmesi için, dönüş ve veriş hava miktarları akım ölçer ile kontrol edilir.

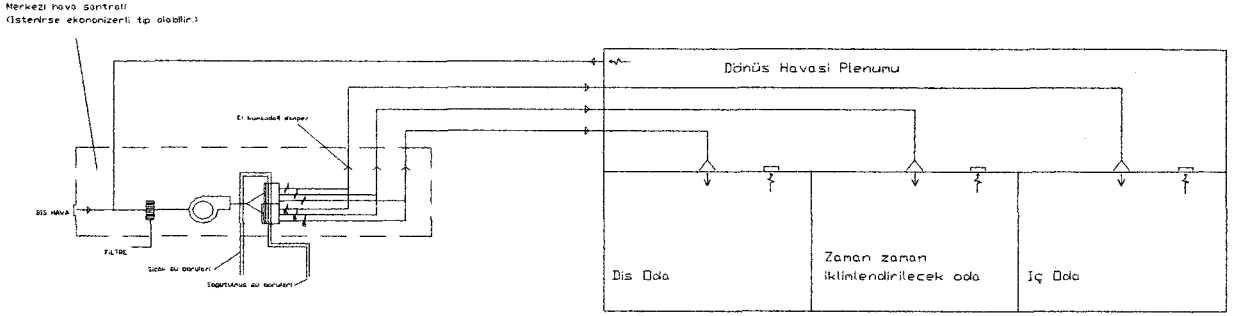
- Çift fanlı, çift kanallı V.A.V. sistemlerinde, hem sıcak ve hem soğuk her verici akışkanın ayrı ayrı fanları olup, iki fan bağlı oldukları kanaldaki statik basınçları ölçülerek kumanda edilirler. Dönüş fanı ise sıcak ve soğuk kollara ait fanların toplam hava hacmi üzerinden akım-ölçer ile kontrol edilir. Her bir fan, daha evvel maksimum, soğuk ve sıcak havaya göre boyutlanmıştır.Yani anlık pik yüklerine göre boyutlama yapılamaz. Dışarıdan alınan hava azaltıldığında veya dış havanın sıcaklığı (set point) değeri altında ise soğutma makinası ekonomik çalışır ve soğuk koldaki hava sıcaklığı sabit değerde kalabilir. Bu çalışma şartları sıcak koldaki havayı etkilemez, çünkü dönüş havasından gereken kazancı sağlar. Ancak ısıtma serpantini, dönüş havasından gereken ısıyı alamadığı zaman harekete geçer. Sıcak kolda, dış hava, dönüş havasından daha sıcak ise havalandırma havası olarak kullanılır. Bu durum da dış havanın nemi, dönüş havası neminden fazla ise kontrol düzeni dış havanın içeriye girmesini engeller.



Şekil 6.9 Çift fanlı, değişken hava debili (VAV), çift kanallı soğutma sistemi

- Çok zonlu (Multizone) sistemlerde merkezde tesis edilen bir hava santralından, muhtelif zonlara hava gönderilmektedir.Muhtelif zonların ayrı damperleri kumanda ederek sıcak ve soğuk hava karışımını veya tek cins sıcaklıktaki havayı bu zonlar göndermektedir.Her zona ayrı bir kanal gitmektedir.Dönüşler, birleşerek konvansiyonel bir şekilde merkezi cihaza varmaktadır.Çok zonlu sistem, iki kanallı sistem gibidir.Yüksek nem seviyelerinde aynı problemler mevcuttur.Bu sistem, küçük

binalarda çift kanallı sistemden daha ucuzdur.Multizone cihazı, en fazla, 12 zon ile kısıtlanmıştır.



Şekil 6.10 Çok Zonlu Sistem

## 6.6 Kanallı Split Klima Sistemi

Bu cihazlar evler, küçük işyerleri, dükkanlar ve ofislerin iklimlendirilmesinde en yaygın kullanılan sistemlerdir. Bu sistemlerde kompresör ve kondenser ünitesi ki buna dış ünite denir, bahçe, teras, binaların dış cepheleri gibi yerlere bina dışına yerleştirilir. Havayı şartlandıran evaporatör serpantini, havayı dolaştıran fan ve filtre, conta vs. gibi diğer aksesuar iç üniteyi oluşturur. İç ünite ile dış ünite soğutucu akışkan boruları ile birbirine bağlıdır. Kanal tipi iç ünitelere bağlanan kanal sistemi ile şartlandırılan hava farklı hacimlere taşınabilir.

Kanal tipi iç üniteler bodrum, garaj, tavan arası, asma tavan içi, mutfak veya gardrop gibi bölmelere yerleştirilerek gizlenir. Split klima cihazlarında sadece soğutma yapılabildiği gibi, ısı pompası tiplerinde hem soğutma, hem de ısıtma yapılabilmektedir. Ayrıca kanal tipi cihazlarda dış hava bağlantısı yapılarak istenilen oranda taze havayı şartlandırılan ortama temin etmek mümkündür. Özellikle lokanta, diskotek ve benzeri yerlerde bu havalandırma çok önemlidir (ISISAN Mimarın Tesisat El Kitabı, 1998).

Kanal tipi bir split klima uygulamasında ana elemanlar,

- Dış ünite

- İç ünite
- Kanal sistemi
- Menfezler
- Kontrol elemanları
- Aksesuarlardan oluşur.

Kanallı Split Klima Sisteminin özellikleri aşağıda sıralanmıştır:

- 36000-120000 BTU/h nominal kapasite aralığında, kanallı split ısı pompası (ısıtma-soğutma) ve kanallı split-yoğuşurma ünitesi (soğutma) seçenekleri bulunmaktadır.
- Tüm modellerde yüksek basınç farklılıklarına ve sıcaklığa karşı korunmuş, ileri teknoloji ürünü ve uzun ömürlü kompresörler kullanılmaktadır.
- İç ve dış ünitelerde ses seviyesini düşüren çift cidarlı sandviç izolasyon uygulanmış ve toz boyalı galvaniz saçtan imal kabin özel formlu ızgara yapısı ile darbelere karşı güçlendirilmiştir. Kabin ile fan özel tasarlanmış bir bağlantı ile birleştirilerek ses ve titreşim ses ve titreşim oluşumları azaltılmıştır.
- Tüm modellerde verimli ısı transferi sağlayan korozyona dirençli, basınca dayanıklı bakır boru alüminyum kanatlı özel serpantin bulunmaktadır.
- Tüm modellerde kullanılan komponentlerin tamamı basınç ve voltaj değişimlerine dayanıklı olarak imal edilmektedir.
- İç ünitenin emişine temiz hava kanalı bağlanarak dış hava beslemesi yapılabilmektedir. Bu sayede temiz hava ihtiyacı olan mekanlarda (lokanta, bar, toplantı salonu vb.) havalandırma imkanı sağlanmaktadır.
- İstenilen sıcaklık değerleri oda termostatu yardımı ile ayarlanabilir.
- Düşük sıcaklıklarda cihazın soğutma yapması istendiğinde düşük sıcaklık kiti sayesinde, kışın soğutulması istenen (bilgisayar odaları vb.) mahallerin  $-18^{\circ}\text{C}$  dış ortam sıcaklığında dahi soğutulması sağlanır.
- Cihaz kapasitesine bağlı olarak ek rezistans kullanılabilir (2.3-28.8 kW arası).
- İç ünitenin yukarı akış, aşağı akış, yatay akış veya yatay sola akış imkanı veren ve monte edileceği ortama tam uyumu sağlayan montaj çeşitliliği ve kolaylığı vardır. Döşeme altından hava vermenin gerekli olduğu durumlar için ideal çözümler oluşturulabilir. İç ve dış ünitenin aynı kotta olması halinde ara mesafe 45m, dış ünitenin iç üniteden yukarıya yerleştirilmesi halinde toplam ara mesafe 36m ve dış ünitenin iç üniteden aşağıya yerleştirilmesi halinde toplam ara mesafe 18m olarak belirlenmiştir. Bu sayede dış ünitenin çatı vb. yerlere yerleştirilmesi imkanı vardır.

- Dış ünitenin servis paneli kolayca çıkarılarak tüm kontrollere ve kompresöre kolayca ulaşılır. Servis kolaylığı vardır.
- Kanallı split cihazlar banka, villa, lokanta vb. geniş ve birbirinden bağımsız mekanlar için yatırım ve işletim maliyetleri ve montaj imkanları açısından ideal çözümler sunmaktadır.

### 6.6.1 Kanallı Split Klimalarda Montaj Yerinin Seçimi

Kanal Tipi Dış Üniteler; kondenser ünitesi dış havaya serbest olarak yerleştirilmeli ve üniteye hava giriş ve çıkışı engellenmemelidir. Aynı zamanda üniteye kolayca servis yapabilecek ve ulaşılabilir bir biçimde yerleşim yapılmalıdır. Kondenser havası cihaza üç taraftan girer ve hava üst taraftan atılır. Elektrik ve soğutucu akışkan borusu bağlantıları ünitenin sağ tarafındadır. En yaygın uygulamada ünite gerideki bir duvardan 20-25 cm açıktaki yerleştirilir. Bu duvara yakın yerleşim boru ve kablo kullanımını azaltır, çarpmaları en aza indirir.

Eğer daha dar yerlerde yerleşim gerekli ise yanlardan en az 25 cm mesafe olmalıdır. Servis için yaklaşım alanında en az 50 cm mesafe bulunmalıdır. Üst taraf ise tamamen serbest olmalıdır. Eğer bir cihaz çıkıntının altına yerleştirilmişse çıkıntı ile cihaz arasında en az 1m mesafe olmalıdır.

İlgili izafi yükseklik limitleri ve max. soğutucu akışkan hattı uzunlukları için cihaz kataloglarına bakılmalıdır. Kondens ünitesi (dış ünite) beton bir kaide üzerine monte edilmelidir. Çatı üstü uygulamalarında ise çatı konstrüksiyonunun üniteyi taşımaya müsait olduğundan emin olunmalıdır. Çatı üstü uygulamalarda nem yalıtımı ve ses ve titreşim yalıtımı özellikle ele alınmalıdır.

Isı pompası ağır karlı veya sürekli donma noktasında bulunan alanlarda özel mahallerde bulunmalıdır. Ünite defrostunu (çözünmüş buzları) ve buzlarını engelsiz olarak drenaja verebilecek bir yerde olmalıdır.

- Dış ünite hava akışı sınırsız olacak bir yerde olmalıdır.
- Servisin çalışmasını sağlayacak uygunlukta olmalı ve servisin çalışmasını engelleyici unsurdan en az 30cm uzaklıkta olmalıdır.
- Cihaz montajında bağlantıların sağ taraftan olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.
- Montaj esnasında dış ünitenin ses etkisi göz önünde bulundurularak cihazları pencere önlerinden ve titreşim ve gürültünün kolaylıkla iletilebileceği ortamlardan uzak tutmaya gayret edilmelidir. Pencere ile karşısındaki çıkış arasında en az 8m mesafe bulunmalıdır.

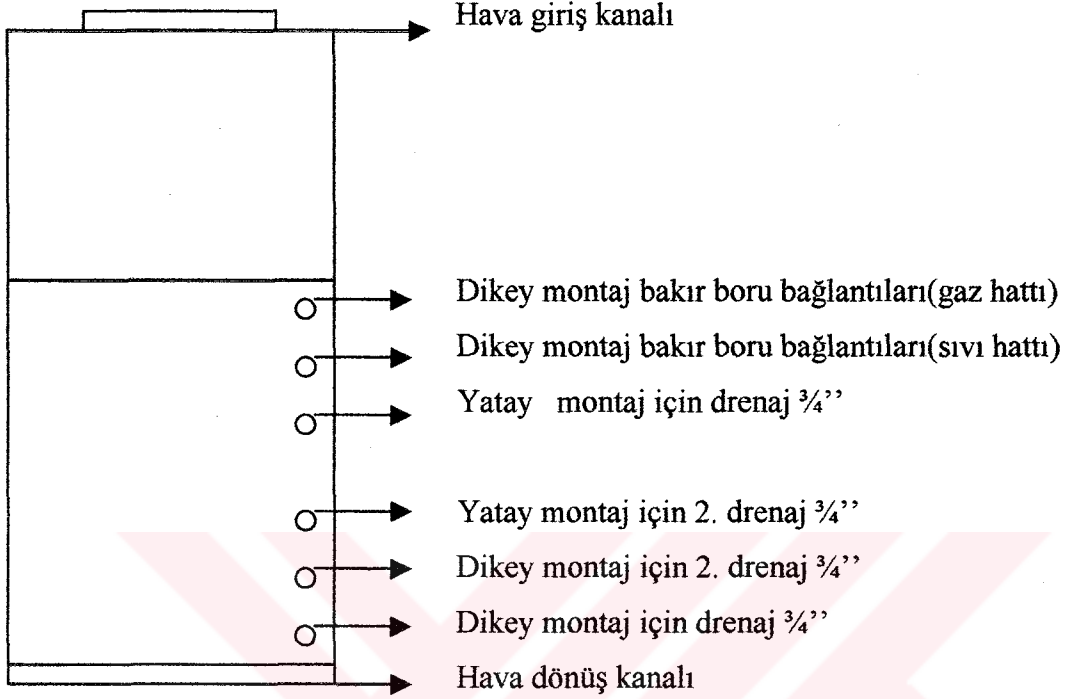
- Çatı ve teras montajlarında ağırlığın dengelenmesi ve titreşimin iletimini en az düzeye indirmek amacıyla cihaz kalas yada lastik takoz üzerine konulmalıdır.
- Beton kaide yüksekliği bölgedeki kar seviyesinden 5 cm daha yüksekte olmalıdır.

Soğutucu akışkan boruları bakır olmalıdır. Boru çapları ilgili firma kataloglarında genellikle belirtilir. Boruların tesise kadar ve tesis sırasında kuru ve temiz tutulmasına çok dikkat edilmeli ve bağlantıya hazır hale getirilmeden uçlarındaki tapalar çıkarılmamalıdır. Emme hattı yoğunlaşma olmaması için izole edilmelidir. Genellikle 3/8" kalınlıkta Armflex bu amaçla yeterlidir.

### 6.6.2 Kanallı Tip İç Ünitelerin Taşınması Gereken Özellikler

- Üniteden veya üniteye hava akışını engellemeyecek bir yere monte edilmelidir.
- Şartlandırılacak mahale havayı tamamen dağıtabilecek hava kanal dizaynı için uygun montaj yeri seçilmelidir.
- Cihazlar tavan arasına monte edilmelidir. Tavan arası montajında cihaz döşemeye yerleştirildiğinde tavandan aşağıya min. ses gidecek şekilde izolasyon yapılmalıdır.
- Cihaz servis ve çalıştırma işlemlerinin tümü için cihazın ön kısmı mutlak suretle açık ve müdahale edilebilir durumda monte edilmelidir. Servis için min. mesafe 60 cm'dir.
- Ünite aşırı nemli ortamlara yerleştirilmemelidir.
- Seçilen yer boruların, drenaj hattının, elektrik hattının, dış üniteye ulaşabileceği en kısa mesafe olmalıdır.
- Cihaz dikey olarak monte edildiğinde hava emişi cihazın alt bölümündendir. Bu durumda cihaz yerden en az 30 cm yukarıya kaldırılmalıdır.
- Bu tip uygulamalarda drenaj için ek bir drenaj ünitesi yerleştirilmelidir. Daha da ileri bir aşama olarak ikincil bir drenaj ünitesi cihazın altına monte edilmeli ve belli bir eğim verilerek kullanıcının rahatlıkla ulaşabileceği şekilde monte edilmelidir. Bu şekildeki bir uygulama birincil drenaj borusunun tıkanması durumunda drenajın sağlanmasına yardımcı olacaktır. Bu cihazlar uygulama olarak kullanıcıya esneklik getirirler. Dik, yatay ve aşağıya doğru monte edilmesi mümkündür.

Evaporatör ve fanın oluşan iç ünite yatay ve dikey iki pozisyonda monte edilebilir. Hava emişi için 26-35 kW güçleri arasında max. 100x50 cm bir delik yeterlidir. Cihazın üfleme tarafı asma tavan içinde kalmakta ve besleme kanalları doğrudan bağlanabilmektedir.



Şekil 6.11 Kanallı Split Klimalarda İç Ünitenin Önden Görünüşü

Yatay yerleşimde asılı olarak asma tavan arasında veya bir platform üzerine montaj mümkündür. İç ünitelerde servis için 75 cm açıklık gereklidir. Diğer yüzeyler sıfır açıklıkla yerleştirilebilir. Belirli bir kapasiteye kadar dış ünite ile tek devreli bir boru bağlantısı yeterlidir. Bu tek devrede bir buhar emiş ve bir sıvı hattı olarak iki boru bulunur. Büyük cihazlarda ise örneğin 37 kW kapasiteli tiplerde 2 emiş, 2 sıvı hattı olarak iki devre bulunur. Her bir devre ayrı bir dış üniteye bağlıdır. Böylece iki kademeli soğutma mümkün olmaktadır. Eğer dış ünite, iç üniteden daha yüksekte ise, iç ünite çıkışında emiş hattında bir U oluşturulmalıdır. Bütün emiş hattı nem kesici özellikte bir izolasyon malzemesi ile izole edilmelidir.

Yoğuşan suları tahliye için iç üniteye bir boru bağlantısı bulunmaktadır. Yatay montajda cihaza bu deliğe doğru hafif bir eğim verilmesi gerekir. Bu ağza 7/8'' bakır boru veya 3/4'' galvaniz veya plastik boru ile bağlantı yapılarak kondens suları drenaja verilir. Cihaz çıkışında bu hat için de bir U teşkil edilmelidir.

### 6.6.3 Kanallı Split Klimalarda Flex Kullanımı

Kanal tipi klimalar klimatize edilecek ortamların homojen olarak soğutulmasını, ısıtılmasını ve havalandırılmasını sağlar. Bu cihazlar taze hava alabildikleri için, ortamda toz olmaz. Dış hava, cam ve dış kapıdan içeriye kontrolsüz ve tozlu olarak girmez (hava camlardan ve dış kapıdan dışarıya sızar). Kanal tipi klimalar iç hava kalitesini arttırması, ortamı farklı zonlara ayırabilme özelliği, 12 ay havalandırma yapabilmesi ve yüksek verimli çalışma özellikleri ile ülkemizde çok yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Kanal tipi klimanın avantajlarından en iyi şekilde yararlanabilmek için doğru bir kanal tipi seçimi, doğru bir kanal dizaynı ve boyutlandırılması ve düzgün bir montaj yapılmalıdır. Bunların tamamı sistemin verimliliğini ve ekonomikliliğini arttıran unsurlardır.

İşte bu noktada kanal tipi klima uygulamasında flex kullanımı ön plana çıkmaktadır. Kanal tipi klima sistemi ile yapılan her türlü ısıtma - soğutma - havalandırma tesisatlarında ana hatlardan anemostatlara (anemostat, menfez ve lineer difüzörler) kadar olan bağlantılarda flex kullanmak mümkündür. Bu sayede ilk yatırım, işçilik maliyeti, ses seviyesi azaltılmış, hızlı ve kolay bir montaj sağlanmış ve sisteme esneklik kazandırılmış olur. 24000Btu/h-180000Btu/h kapasite aralıklarında, tüm sistemi her anemostada ayrı bir hat veya iki anemostada bir hat çekmek suretiyle flex kullanarak yapabiliriz.

Flex kullanılmasıyla aşağıdaki avantajlar sağlanmış olur:

- İzoleli ve izolesiz hava kanalları ile karşılaştırıldığında flex fiyatı çok daha ucuzdur. Ayrıca dirsek kullanılmaya ihtiyaç olmadığı için (flex kıvrılarak dirsek oluşturulur), fittings maliyeti de çok düşüktür. Kullanılmayan, artan malzeme başka yerlerde değerlendirilebilir.
- Flex'in montajı herhangi bir kanala ve o kanala ait fittings malzemelerinin montajına göre daha kolay ve hızlı olduğu için işçilik maliyetini düşürür. Kısa sürede montaj, bazen en önemli avantaj olarak da değerlendirilebilir.
- Diğer hava kanalı sistemlerinde ses önlemi için susturucular kullanılır ve akustik izolasyonlar yapılır. Flex hava kanallarının ses kırıcı özelliği olduğu için, ayrıca akustik izolasyon vb. maliyetler oluşmaz.
- Herhangi bir kanal sisteminin uygulama aşamasında, kanallar üzerindeki bağlantı ağızlarının uygulayıcı tarafından yanlış açıldığını veya bu bağlantı ağızlarının açılmasından

sonra binanın mimarisinde ve projesinde bir değişiklik olduğunu varsayalım. Bu uygulamalarda çok sık rastlanılan bir durumdur. Eğer sistemdeki ana kanallardan anemostatlara olan bağlantılar projede flex ile yapılmamışsa bağlantı ağzı açılan kanallar ilave kanal veya fittings kullanmak suretiyle projenin yeni haline uydurulmalıdır. Ayrıca önceki projeye göre üretilmiş olan malzemeleri başka bir hatta kullanma şansımız olmayabilir. Bunların tümü maliyeti ve montaj süresini arttırıcı etkenlerdir (Mull, Thomas E. 1997).

Flex hava kanalları; 4'' (Ø102mm), 5'' (Ø127mm), 6'' (Ø152mm), 7'' (Ø180mm), 8'' (Ø203mm), 9'' (Ø229mm), 10'' (Ø254mm), 12'' (Ø305mm), 14'' (Ø335mm) çaplarında standart olarak üretilir. Ses sönümleyici özelliğe sahiptir, pislik tutmaz ve sızdırmazdır. Basınç kayıpları çok düşüktür ve izoleli ve izolesiz olarak üretilirler. -30°C/+20°C sıcaklık aralığında kullanılırlar. Kanallar 148°C 'de alev almadan, yanmadan erimeye başlarlar, erime sonucunda zehirli gaz çıkartmazlar. Tüm klima ve havalandırma tesisatlarında güvenle kullanılırlar.

## 7 ÇOK ÜNİTELİ SPLIT KLİMA SİSTEMİ (KX2)

Kanallı split sistemin temel dezavantajı, soğutulacak az bir bölge varsa ve her soğutulacak bölgenin konfor seviyesi değişken ise, yüksek işletme maliyetidir. Yeni inverter sürücülü KX2 serisi ile, kanallı split üniteler olmadan; nereyi, ne zaman, hangi sıcaklıkta, hangi fan hızında klimatize edilebileceğini bilmek mümkündür. Kanallı split sistemlerin kalkması ile beraber bütün kanal hatları, kanal ısı izolasyonu ve menfez elemanları gereksizleşir.

Isıtma veya soğutma yapılacağı zaman, her ünitenin üzerindeki değiştirme düğmesine basmak yeterlidir. Ayrıca kompleks anahtar dizileriyle uğraşmaya gerek yoktur. Su sisteminin ortadan kalkmasıyla beraber soğutma sisteminde su arızası olma kaygıları da tarihe karışmıştır (Pita, 1989).

### 7.1.1 KX2 İnverter Sisteminin Tanımı

KX2 klimatizasyon sistemi, ısı pompası tipi birden fazla ortama hitap edebilen bir klimatizasyon sistemidir.

KX2 klimatizasyon sistemi, inverter beyin yardımıyla gerektiğinde kapasitesini kısmi olarak kullanabilen gelişmiş bir sistemdir. KX2 klimatizasyon sisteminde bir dış üniteye 16 adete kadar iç ünite bağlanabilir. KX2 klimatizasyon sistemi, iç ve dış ünite ile kumandaları arasında Superlynk® olarak adlandırılan elektronik altyapıyı kullanır. KX2 klimatizasyon sistemi, KX2 soğutkan tesisatının fuzzy-logic ve inverter beyinli EEV'lerle kontrol edildiği bir sistemdir .

### 7.1.2 KX2 Sisteminin Avantajları

- Bağlanabilen iç ünite kapasitesi: %50'den %130'a kadar kapasite kullanımı mümkündür.
- İç üniteler, 9 değişik kapasitede 7 değişik tipte, toplam 43 modeldedir.
- Dış üniteler için yatay yada dikey üfleme çıkışı seçeneği vardır.
- Yerleşimden bağımsız tesisatlama olanağı sunar.
- Bulanık mantık ile sıcaklık değişimlerine tepki hızı ve sıcaklık düzeyindeki kararlılık gelişmiştir. On-off kontrolde yaşanan sıcaklık düzensizliği ortadan kaldırılmıştır. Bulanık mantık, EEV'leri kullanarak her ısı yüküne uygun soğutkan akışı sağlar.

- Superlynk® sistem mevcuttur.
- Yerleşim planı, adresleme işlemi tekrar edilerek değiştirilebilir.
- Her bir iç üniteyi ayrı ayrı kontrol edebilme yeteneği, işletme masraflarını en aza indirir.
- Servis kolaylığı gelişmiştir: İç ve dış ünitelerin hataları uzaktan kumanda üzerinde gösterilir.
- Soğutkanın gizli ısısı kullanıldığı için taşınma işlemine ek bir güç harcanmaz.
- Soğutkanın taşınması sırasında pompalar, vanalar ve yüksek debili borular kullanılmadığı için tesisat gürültüsü yoktur. Yüksek teknoloji ürünü büyük çaplı fanlar sayesinde düşük ses seviyesi ile konforlu bir klimatizasyon sağlar.
- Yenilenmiş KX2 sistemlere kullanılan R407C soğutucu akışkan, dikkate değer avantajlar sunmaktadır. R407C gazı, HCF32, HCF125, HCF134A gazlarından oluşan bileşik nonisotropik bir soğutkan karışımıdır ve HCFC-R22 gazının bir alternatifi olması amacı ile geliştirilmiştir. R407 gazının bileşenleri hidrojen flor bazlıdır ve klor içermedikleri için ozon tabakasına zarar vermezler. Bu avantajlarından farklı olarak R407C soğutucu gazı yanmaz ve zehirsiz olma özelliklerine de sahiptir.

Atmosferdeki sera etkisinin yıllarda iyice artması, ozona duyarlı gazların geliştirilme sürecini hızlandırmıştır. Klima sistemlerinde bunlara ek olarak klima cihazlarının verimliliğini artırıcı çalışmalar hız kazanmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, KX2 sistemlerinde kullanımına başlanan R407C sistemlerinde kullanılan FDCP serisi dış üniteler, inverter yapısına ve ısı değiştirgeçleri ile geliştirilmiştir.

- İnsanların konfor şartlarında çalışması sadece en uygun şartlarda iklimlendirmenin sağlanması anlamına gelmez. Tüm bu hususların dışında ortamın ses seviyesinin de rahatsız edici düzeylerin altında tutulması gerekir. KX2 sistemde kullanılan fanlar ve ses titreşimini engelleyen yeni tasarımlar bu doğrultuda da uygun şartları sağlayabilmektedir. Bu sistemlerde hava akışına karşı direncin küçük olması nedeni ile, daha sessiz ve konforlu bir çalışma sağlanmış olur.
- İnverter kompresör ve bulanık mantık kontrol, klimatize edilen ortamların ihtiyaçlarına göre kompresörün kapasitesini değiştirerek enerji sarfiyatını min. indirir.

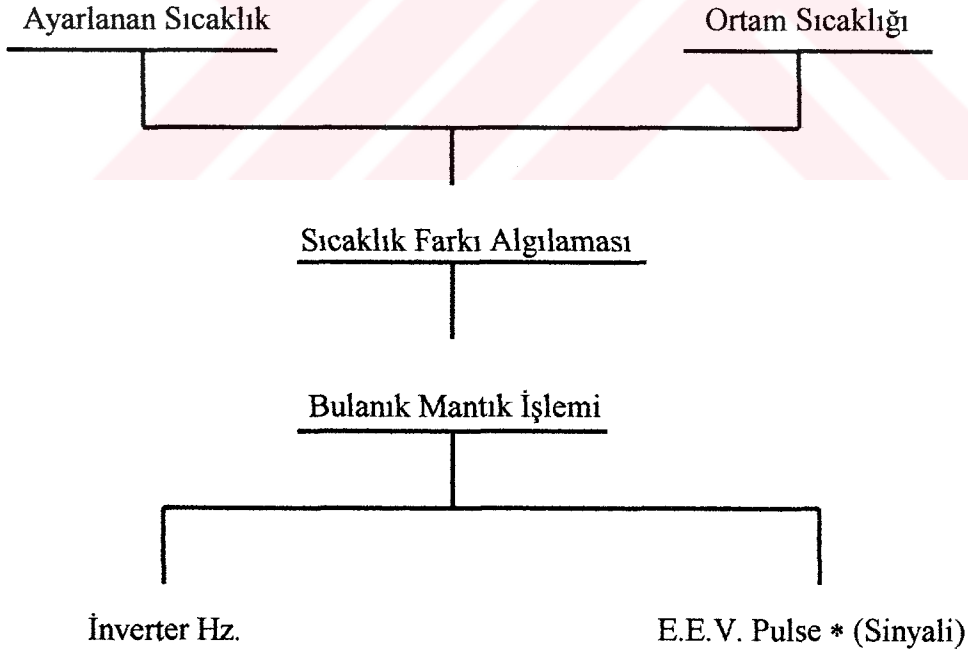
KX2 Sisteminin özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

- Yüksek Performans: EEV Kullanarak Soğutkan Dağıtma Metodu; çoklu sistemlerde değişik kapasiteli iç üniteler bir tane dış üniteye bağlanmaktadır. Örnek olarak; 1hp, 2hp, 3hp'lik iç üniteler bir 10hp'lik dış üniteye bağlanır. Böyle bir durumda soğutkanın, iç ünitelerin

kapasitelerine oranla dağıtılması gerekir. Her bir bağımsız kapasiteye oranlı soğutkan dağıtımının metodu aşağıda anlatılmıştır.

Dış ünitenin ana borusundan soğutkan dağıtılması, dallanma yöntemiyle gerçekleştirilmektedir. Bu yöntem soğutkanı kapasitelere oranlı olarak dağıtma yeteneğine sahip değildir. Her bir iç ünite içinde hazır EEV'ler bulunmaktadır. Bir darbe motoru vanayı tam açık ile tam kapalı arasında ayarlarken, soğutkan akışı da ayarlanmış olur.

EEV'nin temel açıklık derecesi, iç ünitenin kapasitesine bağlıdır. Küçük kapasiteli ünitelerin küçük açıklık derecesi, büyük kapasiteli ünitelerin büyük açıklık dereceleri vardır. Ünitelerdeki işlemci, kapasiteye bağlı olarak açıklık derecesini ayarlar ve bu yolla her iç ünitenin ayarları ayrı girildiği için ayrı bir açıklık derecesi olur. Bunlardan da öte değişken ısıtma ve soğutma yükünü karşılamak için fuzzy kontrol oda sıcaklığı ile istenen sıcaklık arasındaki farka ve oda sıcaklığındaki değişimin hızına bağlı olarak EEV'nin açıklık derecesini ayarlar. Ayar sıcaklığı ile oda sıcaklığı arasındaki fark büyükse açıklık büyük olur, küçükse küçük açılır (Ashrae Handbook, 1996).



Şekil 7.1 Ortam Sıcaklığı ve Ayar Sıcaklığı

• Superlynk® : İki damarlı, blendajlı, polaritesiz superlynk® kablo ile en çok 48 iç ünite birbirine bağlanarak, üniteler arasında bilgi aktarımı gerçekleştirilebilir. İç ve dış ünitelere sadece adres numaraları vererek, 48 iç üniteyi bir ağ ile birbirine bağlamak olanaklıdır.

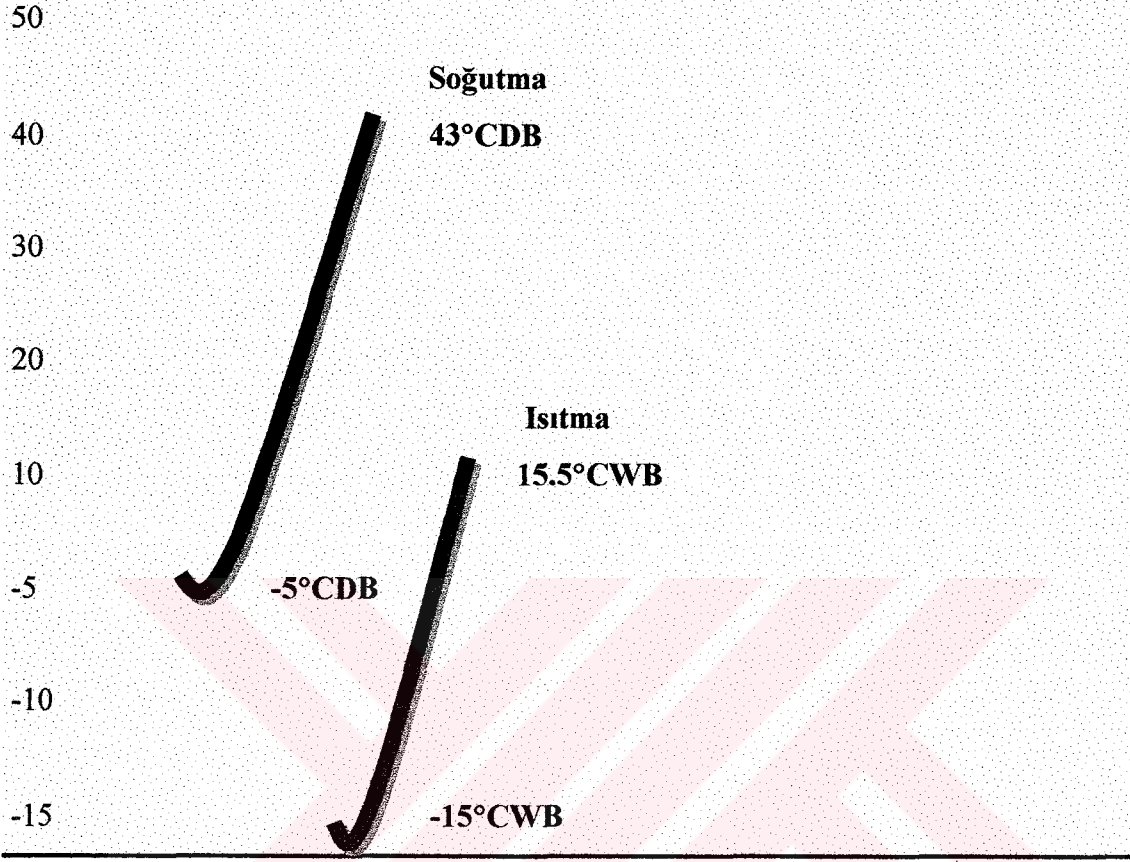
Konvansiyonel klima sistemlerindeki bilgi aktarım işlemi, karmaşık yapıya sahip 6 yada 8 damarlı pahalı kablolar ile gerçekleştirilir. Buna karşın superlynk® sistemlerde kullanılan iki damarlı kablo ile hem kesit hem de uzunluk küçülerek masraf düşer, bilgi aktarımı kusursuzlaşır.

Kırk sekiz iç ünitenin birbirinden bağımsız olarak kontrolü olanaklıdır. İç üniteler, polaritesiz superlynk® kablo üzerindeki herhangi bir noktadan gerçekleştirilebilecek bağlantı ile sisteme ilave edilen opsiyonel kumandalar kullanılarak ayrı ayrı, grup olarak yada tamamı aynı anda kontrol edilebilir.

- Otomatik Adres Ayarı: Adresler, otomatik adres ayarlama ile uzaktan kumanda ile veya manuel adres ayarlama ile ayarlanabilir. Otomatik adres ayarında herhangi bir adresin ayarlanması gerekmeden mikroişlemci bu işlevi yerine getirir. Otomatik adres ayarı ile grup kontrol de mümkündür.

- Yüksek Güvenilirlik, Orijinal Teknoloji: Salyangoz kompresörün tork değişimi küçüktür, çünkü sabit salyangoz ile hareketli salyangozun kombinasyonu gazı yavaşça sıkıştırır. Salyangozun çevresinden emilen gaz ortadaki çıkış noktasına kadar yavaşça sıkıştırılarak basıncı artırılır. Diğer bir özellik ise gaz kaçağının, bölümler arası basınç farkının düşük olması nedeniyle azalmış olmasıdır. Bunun yanında salyangozlar arası kayma hızının düşmesi nedeniyle verimlilik artmıştır. Salyangoz kompresör, basitliği nedeniyle pistonlu kompresörün yarısı kadar parça sayısına sahiptir ve kullanılan hacim %40 oranında azalmıştır. Salyangoz kompresörün dönüş hızı, inverter tarafından 95 hz'ye çıkarılabilir. Salyangoz kompresör hareketli salyangozun eksen kaçıklığını değiştirilebilen mekanizmaya sahiptir. Salyangozun ucundan ve yanlarından gaz kaçıışı bu şekilde engellenmiştir. Konvansiyonel modellere göre %10 verimlilik artışı sağlanmıştır. Yapının içerisindeki düşük basınç, sağlamlığı ve dayanıklılığı artırmıştır. Motorun sarım sıcaklığının düşük olması, daha kolay çalışmaya başlaması, sıvının sıkışmasının zorluğu, düşük kayma sıcaklığı ve diğer nedenler dayanıklılığı artırmıştır. İçerisinde hazır bulunan iki tane by-pass vanasının simetrik yerleştirilmesi ile inverter sürücülü kompresörün basınç bölümleri arasındaki dengesizlik önlenmiştir.

Kompresörün en üst bölümü boşaltım hacmi olarak kullanılır, boşaltımın darbeleri olmamasını sağlar.



Şekil 7.2 Dış Ünitelerin Çalışma Sıcaklığı

Soğutkan yağının kompresörün içindeki seviyesini sabit tutmak için kullanılan teknik; yağ çalkantısı daha az olan kompresör geliştirilmesi, yüksek performanslı yağ ayırıcı kullanılması, %95 ayırma verimliliğine sahip silikon tipi yağ ayırıcı, kompresörün çıkış tarafına takılarak kompresörden çıkartılan yağları toplaması, tüm iç ünitelerdeki EEV'lerin her on saatte bir tamamen açılarak yağın geri dönüşünü sağlamasıdır.

Isıtmada -15°C'ye varan dış sıcaklıklarda düzenli çalışır. Gelişmiş kompresör teknolojisi ve inverter sayesinde dış ortam sıcaklığının -15°C olduğu durumlarda bile ısıtma düzenli olarak çalışır. Bu özelliği, KX2'nin soğuk bölgelerde bile klimatizasyon yapmasını sağlamaktadır.

- Hava Üfleme Yönleri: Dış ünitenin yerleşim esnekliği hava üfleme yönlerini değiştirebilen adaptörlerle sağlanmıştır. Adaptörler lokal olarak temin edilebilir.

### 7.1.3 KX2 Sisteminin İç Ünite Modelleri

- Duvar Tipi: Düşük ses seviyesine sahip fanlara ve 194 mm kalınlıkta iç ünitelere sahiptir. En yüksek konforu sağlamak için ayarlanabilir üfleme panjuruna ve bunu 70°'ye kadar aşağı doğru ayarlama olanağına sahiptir. Ayrıca salınım panjuru kumanda yardımıyla belli bir açıda tutulabilir.
- Yer Tipi: Yüksekliği sadece 630 mm olduğundan özellikle pencere altındaki dar alan montajları için son derece uygundur. Ara tesisat için bağlantı, cihazın arkasından yada altından gerçekleştirilebilir. Panjur ayarı yapılarak yataydan 60° eğimle hava üflemesini sağlamak olanaklıdır.
- Tavan Tipi: Düşük ses seviyesine, estetik görünümüne ve 184 mm incelikteki iç ünitelere sahiptir. Uzaktan kumanda ile kontrol edilebilen panjur ayarlarıyla 75°'ye kadar aşağı doğru hava üfleme açısına sahiptir ve uzaktan kumanda ayarlarıyla bu açı sabit tutulabilir. Panjurlar mikro işlemci yardımıyla maksimum konfor için otomatik olarak konumlanır.
- Asma Tavan Tipi (Dört Yöne Üflemlili) : 3x95x95 boyutlarında dekoratif panele ve drenaj pompası yardımı ile 500 mm'lik engellere rağmen kusursuz drenajı sağlayabilen bir sisteme sahiptir. Kolay açılıp kapanan geniş emiş paneli yardımı ile tüm parçaların kolay bakım ve kontrolü sağlanabilir. Diğer tiplerde olduğu gibi sessiz çalışma üstünlüğüne ve son derece hafif iç ünitelere sahiptir.
- Asma Tavan Tipi (Tek Yöne Üflemlili) : Tek yöne hava üfleme özelliğinden dolayı güçlü hava akımı sağlar. 4 m yükseklikteki asma tavanlara uygulanabilir ve 194 mm yüksekliğe sahip olduğundan dar asma tavanlara bile kolayca montaj edilebilir. Ayrıca sahip olduğu drenaj pompası ile 500 mm yükseklikteki engellere rağmen sorunsuz drenaj sağlar.
- Panel Kanallı Tip: Asma tavan uygulamalarına göre tasarlanmış iç ünitelere sahiptir. Standart uygulamalarda 4.5 mm Aq ve yüksek hız uygulamalarında 8.5 mm Aq statik basınç ile sınıfının en iyisidir. 500 mm yükseklikteki engelleri aşabilecek şekilde tasarlanmış drenaj pompaları vardır.

• Kanallı Tip: Son derece sessiz çalışan iç ünitelere ve asma tavan uygulamaları için uygun boyutlara sahiptir. İç üniteye mevcut olan drenaj pompası ile 500 mm yükseklikteki engellere rağmen kusursuz drenaj sağlamak mümkündür. Bakım ve onarım gibi durumlar için aşağıdan müdahaleye izin veren sökülebilir alt panele sahiptir. Yüksek hız konumunda çalıştırıldığında 200 mm çapındaki dairesel kesitli kanallarla 20 m'lik kanal metrajı bulunmaktadır. Kanallı tip klimaların hava filtresi takılmadan kullanılması sakıncalıdır. Hava filtresi KX2'nin kanallı tip klimalarının üzerinde standart veya aksesuar olarak mevcut değildir. Lokal olarak temin edilmelidir.

#### 7.1.4 KX2 Sisteminin Kumanda Seçenekleri

İç ünite kumandaları birçok fonksiyona sahiptir. KX2 sistemi MHI'nın yüksek teknolojisi ile tasarlanmış ve üretilmiş iç ünite kumandaları ile donatılmıştır. Her ünite, tek bir merkezi kumanda üzerinden arzu edilen çalışma modunda ve sıcaklıkta çalıştırılabilir. Gurup kontrolü olanağı sağlayan Network kumanda ve iç ünitelerin her birine takılabilen kablolu kumandalar, KX2 klimatizasyon sisteminin iç ünitelerinin kolayca kullanımını sağlar. Merkezi kumandalar üzerindeki gurup kontrolü kullanılarak iç üniteler gurup olarak açılıp kapatılabilir ve ayarlar değiştirilebilir (Firma Katalogları, 2002).

Çizelge 7.1 İç Üniteler İçin Kumanda Seçenekleri

Kumanda Çeşitleri	Duvar ve Tavan Tipi	Asma Tavan (dört yöne ve tek yöne üflemler), Kanallı ve Panel Kanallı Tip	Yer Tipi
Kablosuz Kumanda	Tüm tipler için mevcuttur		
Kablolu Kumanda	Otomatik panjur Salınımı özelliği vardır	Otomatik panjur salınımı özelliği yoktur	Otomatik panjur salınımı özelliği ve kapak yoktur.

Merkezi Kumanda NR-E : İç ünitelerin ayrı ayrı değerlere ayarlanması gerekiyorsa, NR ile birlikte her bir iç ünite için ayrı ayrı "R" standart kumanda kullanılması gerekmektedir. Tüm iç üniteler eş zamanlı olarak açılabilir, kapanabilir ve çalışma modu değiştirilebilir. Sıcaklık zaman ve fan hızı ayarları, tamamı için aynı anda "aynı değer için" gerçekleştirilebilir. 4

saate kadar olan enerji kesintilerinde programlanmış değerler hafızadan silinmez. Deneme çalıştırması yada bakım yapılacağına, dış ünite üzerindeki A, B terminallerine “NR” bağlanarak iç ünitelerin çalışma şartları kontrol edilebilir. Bir NR kumanda en fazla 16 iç üniteyi kontrol edebilir. Bir sistemde en fazla 3 ayrı NR kumanda kullanılabilir (Mitsubishi Firma Katalogları, 2002).

Merkezi Kumanda SLA-I-E : SLA-I-E kullanımı tercih edildiğinde sisteme bağlı iç üniteler için ayrı ayrı “R” standart kullanılması şarttır. SLA-I-E merkezi kumanda, “R” tarafından kontrol edilen max. 16 ünitenin sadece aynı anda yada ayrı ayrı açma kapama işlemini gerçekleştirebilir. Sisteme bağlı iç ünitelerin çalışma durumu, kumanda üzerindeki göstergeden takip edilebilir (Firma Katalogları, 2002).

Merkezi Kumanda SLA-IIA-E : “SLA-II” merkezi kumanda, max. 16x3 iç ünitenin çalışma modunu (cool, heat, dry, fan) seçip, sıcaklık ayarını yapabilir, fan hızını seçebilir ve açma kapama işlemini gerçekleştirebilir. Tüm iç üniteler için bağımsız, grup halinde yada eş zamanlı kontrol olanaklıdır. İç ünitelerin çalışma programı, kumanda aracılığıyla değiştirilebileceği gibi yapılan değişiklik ve o andaki çalışma konumu, kumanda üzerindeki göstergeden (LCD) izlenebilir. Haftalık zaman programlayıcı ile beraber kullanıldığında, iç ünitelere gruplar halinde yada iç ünitelerin tamamına eşzamanlı timer ayarı yapmak mümkündür. “SLA-II” 48 saate varan enerji kesintilerinde standart olarak yeniden çalıştırma özelliğine sahiptir. “SLA-II” ve “R” uzaktan kumandanın birlikte kullanılmasında hata yapılırsa, sistem kendiliğinden uzaktan kumanda kontrolüne geçer (Firma Katalogları, 2002).

Haftalık Zaman Programlayıcı : Haftalık zaman dilimleri programlanabilir ve gün içerisinde üç farklı zaman dilimi programlamak mümkündür. Herhangi bir güne ait programı iptal etmek mümkün olduğu gibi, gösterge üzerinden o andaki saat, gün ve o güne ait programı iptal etmek de mümkündür. Ayrıca çalışma programının hazırlanması son derece basittir. 100 saate kadar olan enerji kesintilerinde programı yeniden ayarlamak gerekli değildir (Mitsubishi Firma Katalogları, 2002).

Kablosuz ve Kablolü Uzaktan Kumanda : İsteğe bağlı olarak sağlanabilen kablosuz kumandalarla, cihazların algılama sınırları içindeki herhangi bir uzaklıktan kontrolü mümkündür. Kablolü uzaktan kumanda; bağlı olduğu ünitenin fan hızını ayarlayabilir,

kumanda üzerinden istenen oda sıcaklığı ayarlanabilir, ünitenin çalışma modu LCD ekrandan izlenebilir ve kumanda üzerinden değiştirilebilir. (Firma Katalogları, 2002).

## 7.2 Çağdaş İklimlendirme Sistemlerinin Sahip Olması Gereken Özellikler



Şekil 7.3 Klima Sistemlerinden Beklenenler

Günümüzde klima sistemlerinden konfor, enerji tasarrufu, esneklik, güvenilirlik, dayanıklılık, kolay bakım imkanı ve denetlenebilir olması beklenmektedir. Bu özellikler şekil 4.'de ayrıntılarıyla verilmiştir.

### 7.3 Kanallı Split Sistemle KX2 Sisteminin Karşılaştırılması

Çizelge 7.2 Kanallı Split Sistemle KX2 Sisteminin Karşılaştırılması

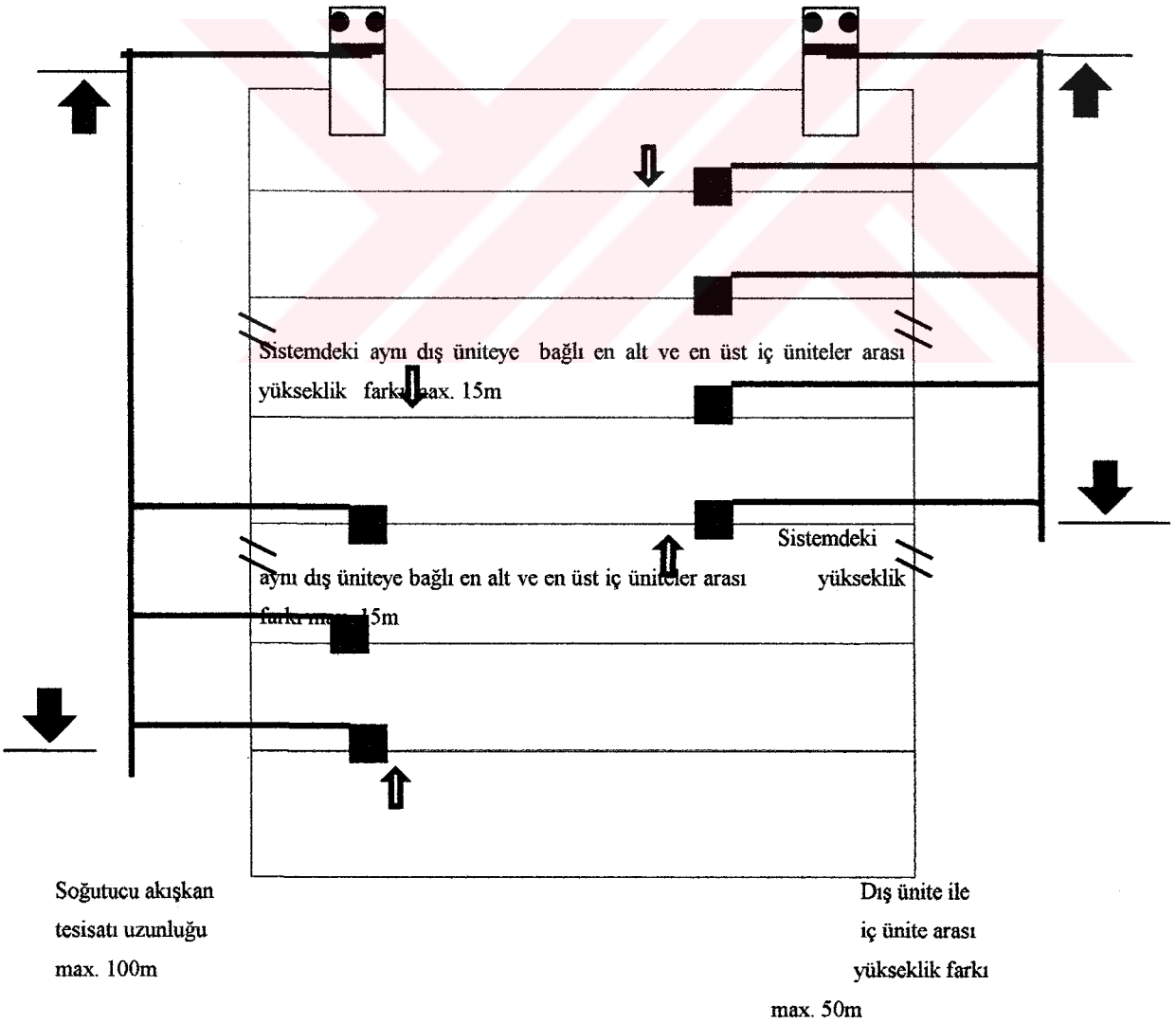
	İncelenen Konu	Klima Sistemi	
		Kanallı Split Sistem	KX2 Sistem
<b>Ekonomik Verim</b>	Yatırım Maliyeti	Yeterli	Daha İyi
	İşletme Maliyeti	Yeterli	Daha İyi
	Kullanım Alanı	İyileştirilebilir	Daha İyi
	Verim	İyileştirilebilir	Daha İyi
<b>Klimalandırma Derecesi</b>	Bölgelendirme	Yeterli	Yeterli
	Sıcaklık ve Nem Kontrolü	Yeterli	Daha İyi
	Taze Hava	Yeterli	İyileştirilebilir
<b>Esneklik</b>	Kısmi Yük Uygulanabilirlik	İyileştirilebilir	Daha İyi
	Arıza Durumunda Kolay Çözüm	İyileştirilebilir	Daha İyi
	Restorasyona Uyum	İyileştirilebilir	Daha İyi
	Cihaz İlavetine Uygunluk	İyileştirilebilir	Yeterli
	Kullanım ve Kontrol Kolaylığı	İyileştirilebilir	Daha İyi
<b>Kontrol Bakım ve Güvenlik</b>	Tek Tek Ölçüm Kolaylığı	İyileştirilebilir	Yeterli
	Kazalara Karşı Güvenlik	Yeterli	Daha İyi
	Bakım Yapılabilirlik	Yeterli	Yeterli
	Operasyon Kontrolü	İyileştirilebilir	Daha İyi
	Tesisat Odası	İyileştirilebilir	Daha İyi
	Bağımsız Bakım	İyileştirilebilir	Daha İyi
	Yıllık Bakım Maliyeti	İyileştirilebilir	Yeterli
	Bağımsız Kullanım	İyileştirilebilir	Daha İyi
Ses Seviyesi	Yeterli	Daha İyi	
<b>Çalışabilme Kolaylığı</b>	Montaj Kolaylığı	İyileştirilebilir	Yeterli
	Montaj Zamanının Azalması	İyileştirilebilir	Yeterli
	Kat Geçişleri	İyileştirilebilir	Daha İyi

### 7.4 KX2 Sisteminin Getirdiği Yenilikler

Soğutucu akışkan olarak ozonla dost R407C kullanılmaktadır. 2010 yılına kadar tüm dünyanın geçeceği, ozonla dost R407C soğutucu akışkanı, günümüzde KX2 serisinin FDCP modelinde kullanılmaktadır. R407C soğutucu akışkan, HCF32 + HCF125 + HCF134A

gazlarından oluşmuş bileşik non-isotropik bir soğutucu karışımıdır ve HCFC - R22 gazına alternatif olarak geliştirilmiştir. R407C'nin bileşenleri hidrojen flor karbon bazlı oldukları ve klor atomu içermedikleri için ozona zarar vermez. Karışımın O.D.P. katsayısı "0" olarak gösterilmektedir. R407C, ozona dost bir gaz olmasının yanı sıra, yanmaz (non-flammable) ve zehirsiz (non-poisonous) olma özelliklerine de sahiptir.

Son yıllarda, soğutucuların sera etkisi de göz önüne alınarak, klima cihazlarının verimliliğinin artırılması yönünde çalışmalar yapılmaktadır. Bu amaç doğrultusunda, R407C kullanılan KX2 serisinde yer alan FDCP serisi, geliştirilmiş inverter yapısına ve ısı değiştiricilerine sahiptir. Enerji verimliliğinin yükselmesinin ve sonuç olarak sera etkisinin azaltılmasının önemsendiği KX2 tasarımında ses seviyesini azaltan büyük fanlar titreşim akışını engelleyen yeni yapı tasarımları geliştirilmiştir.



Şekil 7.4 KX2 Sisteminin Tesisat Limitleri

**Sessizlik:** MHI'nın geliştirdiği büyük çaplı fan, çok yüksek verimle çalışır. Hava akışına karşı direncin çok düşük olması, sessiz çalışmayı sağlar. Arıza durumunda kısmi çalışabilme: Kanallı split klima sistemleri, arızalanmaları durumunda yedeklerine ihtiyaç gösteren pahalı sistemlerdir. KX2 sistemi, bağımsız çalışan dış ünitelerden oluştuğu için bir ünitenin arızalanması durumunda yedek ihtiyacı göstermez.

**Yer kazancı:** KX2 sistem boiler, pompa, su boruları ve tanklar gibi büyük hacimli elemanlar içermediği için sadece ona ayrılmış bir hacme gereksinim duymaz. Böylece o alan, depolama yada garaj gibi amaçlar için kullanılabilir.

**Geniş tesisat limitleri:** Ara tesisat uzunluğu 100m'ye çıkarılmıştır. Dış ünite ile iç üniteler arası maksimum yükseklik farkı 50m'ye, aynı dış üniteye bağlı en alt ve en üst iç üniteler arası maksimum yükseklik farkı da 15m'ye ulaşmıştır. Bu değerler, klima endüstrisinde ulaşılabildiği en yüksek tesisat limit değerleridir. Dolayısıyla çok katlı binalarda, tüm dış ünitelerin çatıya vb. yerleştirilebilmesine izin veren esnek sistem tasarımları Inverter KX2 klima ile olanaklıdır.

**Kısa montaj süresi:** KX2 branşman kitleri sayesinde, soğutkan tesisatı borulaması kolay ve çabuk olmaktadır. Farklı katların borulaması aynı zamanda da yapılabilir. Bu şekilde katlar daha kolay kullanılabilir hale gelir.

**Isı yükünün değişken olduğu mekanlarda kolay klimatizasyon:** Günümüz binaları ve klimatizasyon ihtiyaçları ısı yükünün hem aynı hem de farklı ortamlarda gün ve yıl içerisinde kullanım amacına da bağlı olarak değişken olmasına yol açmıştır. Mekanlar içlerinde kullanılan elektronik araçlar ve bulunan insanların sayısına da bağlı olarak farklı ısı yükü oluştururlar. Örneğin; toplantı odaları, bilgisayarların bulunduğu ortamlar, yatak odaları vb. inverter kompresör ve bulanık mantık sayesinde KX2 sistem, mükemmel ve kesintisiz bir değişken kapasite avantajı ile bu ihtiyaca tam yanıt verir.

**Düşük montaj maliyeti:** Dış ünitelerin monte edildiği zeminde ek bir takviyeye ihtiyaç olmaması ve superlynk® avantajı montaj harcamalarını düşürür.

**Tasarımda zaman tasarrufu:** Klasik sistemler basınç ve debi hesapları gerektirdiği için, KX2 sistem gelişmiş MHI teknolojisi sayesinde tasarım sürecinde zamandan kazandırır.

Kolay montaj: KX2 sistemi kurabilmek için kalabalık bir mühendis kadrosuna sahip büyük firmalara gerek yoktur, küçük firmalar da bu sistemi hızlı ve kolayca monte edebilirler. Ayrıca taşeronlara da gerek yoktur. Çünkü tüm sistem tek bir firma tarafından monte edilebilir. Böylece montajda daha iyi koordinasyon sağlanır.

Kendini teşhis fonksiyonu: KX2 sistemin içinde bulunan elektronik beyin sayesinde cihaz meydana gelen sorunlarını kendisi bildirmektedir. Bu amaçla gösterge üzerindeki ikaz bölümleri ve dış ünite kartı üzerindeki yeşil ve kırmızı LED'ler kullanılır.

Kolay yerleşim: İç üniteler hafiflikleri ve kompakt olmaları nedeniyle herhangi bir tavana kolayca takılabilirken, dış üniteler de özel kaldırma araçları veya vince gerek duyulmadan kaldırılabilir hatta asansörle bile taşınabilir.

Esnek tesisat tasarımı: Sistemlere uyumlu çeşitli tiplerdeki MHI ürünü bransman boru bağlantı kiti ile soğutkan tesisatı, çok daha esnek ve kolay uygulanır. DIS-4KX-E, DIS-6KX-E, DIS-4KXA-E, DIS-8KXA-E kitlerinin her biri dış ünite tipi ve bağlanan iç ünite sayısına bağlı olarak bir dış ünite montajının tümü için yeterlidir. DIS-1KX10-E, DIS-1KX30-E kitlerinden ise her bir bransman noktası için ayrı bir adet kit gereklidir.

Tam esneklik: MHI'nın gelişmiş teknolojisi, inverter sistemin bulanık mantık sayesinde tek tek odaların ihtiyacına göre kapasiteyi ayarlayıp sistemin hem verimli çalışmasını hem de değişen kapasite şartlarına kusursuzca uyumunu sağlar. Farklı odaların değişik sıcaklık ayarlarıyla çalışması mümkündür. Değişik iç ünitelerin aynı sisteme bağlanabilmesi, kapasite projelendirilmesi sırasında farklı çalışma zamanlarına sahip ortamların aynı dış üniteyle klimatize edilebilmesi inverter ve bulanık sistemlerin avantajıdır.

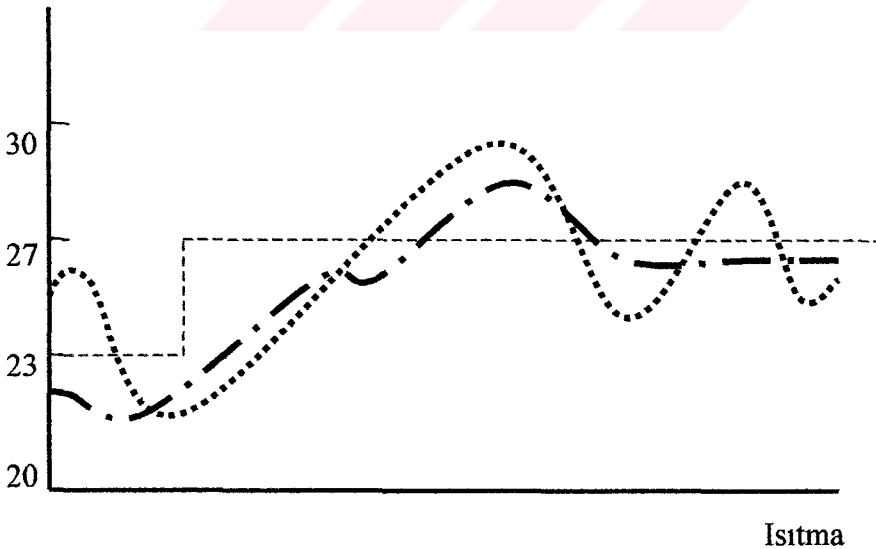
Enerji tasarrufu: Aynı dış üniteye bağlı ortamların bir kısmında sistem kapalı iken bir kısmında ısıtma yada soğutma yapılabilir olması değişken kapasiteyi gerektirir. KX2 sistemi değişik ortamların farklı sıcaklıkta olmasını sağlarken, konforu arttırdığı gibi kapasitesini de farklı şartlara göre değiştirebildiği için enerji harcaması düşer.

Hızlı ve kontrollü konfor: Bulanık mantık ile sistemin kusursuz kontrolü "ayarlanan sıcaklığa kısa sürede ulaşma ve sıcaklık dengesi" sağlanır. Sistem, emiş havası sıcaklıklarını ve ayarlanan sıcaklıkları sensörleri yardımıyla kontrol eder. Bulanık mantık ile sistemin tepki

hızı arttırdıktan, konfor şartlarına ulaşma, konvansiyonel sistemlere göre daha çabuk olur. İklimlendirme sistemi, toleranslar dahilinde konvansiyonel klimalarda olduğu gibi on-off yöntemiyle kontrol edildiğinde ortam sıcaklığında dalgalanmalar yaşanır. Bu sorun, MHI'nın geliştirdiği algılama ve bilgi iletme hızı yüksek sensörler ile çözümlenmiştir. Bu sensörler aracılığı ile iletilen bilgilere göre, sistem on-off yöntemi yerine yavaşlanma-hızlanma yöntemiyle kontrol edildiğinden ayarlanan konfor şartlarına çok kısa sürede ulaşılmakta ve bu şartlarda kalıcılık, sürekli olmaktadır.

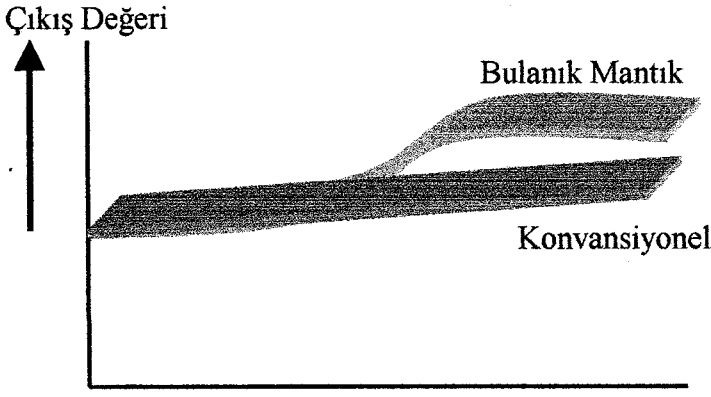
Bulanık mantık kontrolü (fuzzy logic): Günümüzün gelişen teknolojileri artık geleneksel elektronik denetim biçimlerinden yeteri kadar verim alamamaktadır. Gün geçtikçe ortaya çıkan daha hassas birimler ve kaçınılmaz olan enerjiden tasarruf sağlama zorunluluğu bilim adamlarını bu yönde araştırmalar yapmaya itmiştir. Gitgide mükemmele yaklaşma isteği ve doğanın belki de bir gün aynısının yapay yollarla ortaya çıkarılmaya çalışılması Yapay Zeka, Yapay Sinir Ağları, Çok Değerli Mantık ve bunlarla birlikte Bulanık Mantık'ın ortaya çıkarılmasına neden olmuştur. Bulanık Mantık, her gün kullandığımız ve davranışlarımızı yorumladığımız yapıya ulaşmamızı sağlayan matematiksel bir disiplindir. Bulanık Mantık, elektrikli ev aletlerinde (otomatik çamaşır makinesi, bulaşık makinesi vb.) klima sistemleri ve endüstriyel teknolojilerden otomasyona kadar akla gelebilecek her yerde kendisine uygulama alanı bulmuştur.

Oda Sıcaklığı



- Ayarlanan Sıcaklık
- ..... Konvansiyonel
- . — Bulanık Mantık Kontrol

Şekil 7.5 Bulanık Mantık Kontrol ve Konvansiyonel'in Ortam Sıcaklığında Karşılaştırılması



Şekil 7.6 Bulanık Mantık Kontrol ve Konvansiyonel'in Sıcaklık Farkı Algılaması

Doğal mantık: Geleneksel mantık sisteminde yalnızca (1) ve (0)'lar bulunur. Dolayısıyla belirsiz, kesin olmayan yada karmaşık bir problemin çözümünde bu yöntem yetersiz kalır, hatta bazen bu yöntemle çözümler olanaksız olabilir. Bulanık Mantık'ta Doğal Mantık'ta olduğu gibi (1) ve (0) da vardır. Ancak Bulanık Mantık'ta (1) ve (0) değerleri ile yetersizdir, bunların ara değerlerini de bir takım sıfatlar yardımıyla biraz sıcak, çok uzak, hafif soğuk, yüksek, çok fazla yüksek gibi günlük yaşamımızda kullandığımız kelimeler yardımıyla insan mantığına en yakın doğrulukta kullanarak elektronik denetimi gerçekleştirebilir. Örneğin, bir endüstriyel denetim sisteminde ani sıcaklık değişimleri yerine yumuşak geçişlerle denetim sağlanır ve istenilen ara değerler kullanılabilir. Böylelikle hem denetim kalitesi artırılmış hem de enerji tasarrufu sağlanmış olur. Denetim sistemlerini aşağıdaki bölümlere ayırabiliriz.

- Açık devre denetim sistemleri
- Kapalı devre denetim sistemleri
- Geri besleme denetim sistemleri

Bu sistemlerde fiziksel ortamlardan elde edilen çıkış bilgileri kullanılır. Örneğin odanın iklimlendirme cihazı gibi. Cihaz odanızı belirlenen sıcaklıkta tutabilmek için sürekli olarak oda sıcaklığını ölçer ve buna göre ortamı otomatik olarak soğutur yada ısıtır. Fiziksel bir ortamın denetlenebilmesi için gerekli ilk koşul, bu ortama ait değişkenlerin ölçülebilmesidir. Denetim işaretlerinin elde edildiği bu ölçümler, algılayıcılar tarafından gerçekleştirilir.

Donanım: Bulanık Mantık uygulamalarında son zamanlarda doğrudan bulanık mantık ile çalışabilen mikrodenetleyiciler kullanılmaya başlanmıştır. Bu mikrodenetleyiciler, çoğunlukla A/D ve D/A çeviricileri üzerinde barındıran ve karmaşık devre şekillerini de ortadan kaldıran

bir yapıya sahiptirler. Böylelikle işlemlerden daha çok hız kazanılabilmektedir. Aynı zamanda mikro denetleyiciler, çeşitli yazılımlar ve derleyicilerle desteklenmektedir.



## 8. UYGULAMA PROJELERİ

Bu çalışmada örnek olarak, İstanbul ili sınırları içerisinde bulunan bir iş merkezinde kanallı split klima ile çok üniteli split klimalar, Silivri içerisinde bulunan bir fabrika yönetim binasında kanallı split klima ve çok üniteli split klimalar kullanılmıştır.

İlk projenin uygulandığı Çobançeşme İş Merkezi İstanbul ili Güneşli mahallesi TEM karayolu üzerindedir. Bina ayrıık nizam konumunda olup her türlü iklim olumsuzluklarına açıktır. Bina; dubleks şeklindeki zemin kat (zemin asma kat) ve dört normal kattan oluşmuştur. Her kat yaklaşık 535 m<sup>2</sup> döşeme alanıdır. Bina betonarme ve giydirme cephe olarak inşa edilmiştir. Bina, ısıya karşı ısı yalıtım yönetmeliklerine uygun şekilde izole edilmiştir.

Diğer projenin uygulandığı Plastcard Plastik kart fabrikası ise Silivri Sinekli Yolu üzerindedir. Bina ayrıık nizam konumunda olup, her türlü iklim olumsuzluklarına açıktır. Bina, zemin ve 1.kat olmak üzere iki kattan oluşmaktadır. Projelendirilecek yapıda her kat 1600 m<sup>2</sup> kullanma alanına sahiptir. Bina betonarme ve giydirme cepheli olarak inşa edilmiş olup, ısı yalıtım yönetmeliklerine uygun şekilde izole edilmiştir.

Her iki projede de Haziran ve Eylül ayları arası dört aylık soğutma dönemi esas alınmıştır. Haftanın altı günü 10 saatlik çalışma zamanı göz önüne alınarak elektrik tüketim maliyetleri hesaplanacaktır.

İlk olarak sistemlerin ilk yatırım maliyetleri belirlenip ön görülen kullanım dönemi için yıllık işletim maliyetleri çıkarılacak ve daha sağlıklı bir karşılaştırma yapılabilmesi için "Bir Değere Getirilmiş Maliyet" yöntemi kullanılacaktır (Aybers, Şahin 1995).

### 8.1. Çobançeşme İş Merkezi Klima Sistem Maliyetlerinin Karşılaştırılması

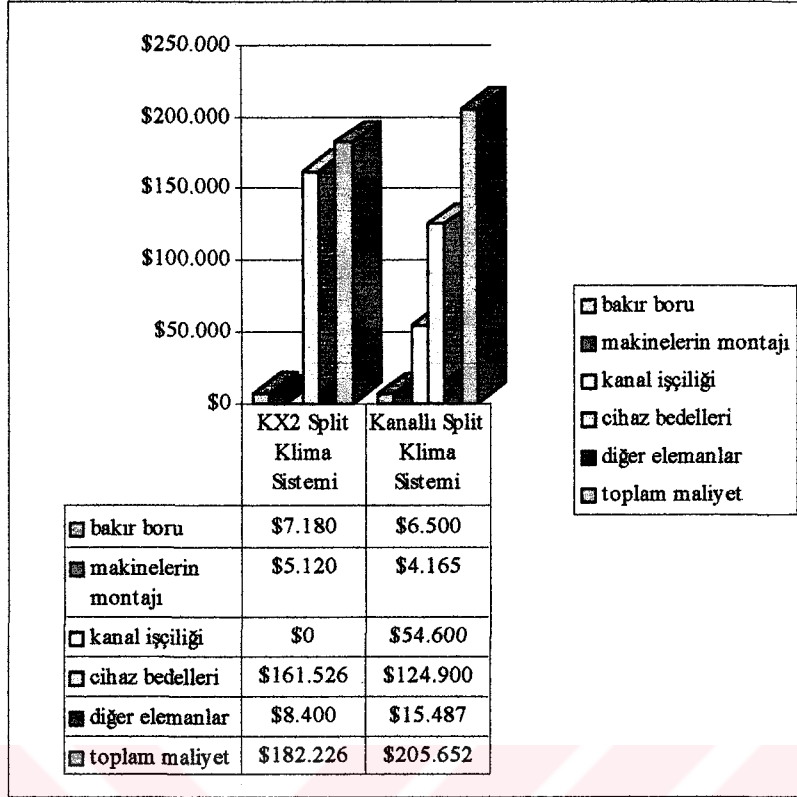
Projesi yapılan iş merkezinin zemin, zemin asma ve dört normal katı için iklimlendirme yapılmıştır.

Yaklaşık olarak 3200 m<sup>2</sup> alanda iklimlendirme yapılmıştır. Zemin kat soğutma yükü 48 kW, zemin asma kat soğutma yükü, 49,5 kW, diğer katların soğutma yükleri ise 52,43 kW mertebelerindedir. Bu değerlerin sağlanabilmesi için iki alternatif sunulmuştur. Bu

alternatiflerden ilki, çok üniteli KX2 sistem, diğeri ise kanallı split klima sistemidir. Bu iki sistemin ilk yatırım maliyetleri, çizelge 8.1'de verilmiştir.

Çizelge 8.1 Çobançeşme İş Merkezi KX2 ve kanallı split klima sistemlerinin ilk yatırım maliyetlerinin karşılaştırması

NO	MALZEME CİNSİ	MİKTAR.	BR.	BR.FİYAT USD \$	TUTAR USD \$
<b>KX2 SPLİT KLİMA SİSTEMİ</b>					
1	KX2 İç Ünite Cihazı FDTJ 90 HKXE2	5	ad	1.532	7.660
2	KX2 İç Ünite Cihazı FDTJ 71 HKXE2	30	ad	1.355	40.650
3	KX2 İç Ünite Cihazı FDTJ 56 HKXE2	10	ad	1.290	12.900
4	KX2 İç Ünite Cihazı FDKJ 71 HKXE2	1	ad	1.250	1.250
5	KX2 İç Ünite Cihazı FDKJ 45 HKXE2	4	ad	1.050	4.200
6	KX2 İç Ünite Cihazı FDKJ 28 HKXE2	1	ad	870	870
7	KX2 Dış Ünite Cihazı FDCP 280 HKXE2	12	ad	7.258	87.096
8	KX2 Dış Ünite Cihazı FDCP 224 HKXE2	1	ad	6.900	6.900
9	Bakır Boru Ø 15,88 mm	250	m	7	1.750
10	Bakır Boru Ø 19,05 mm	70	m	9	630
11	Bakır Boru Ø 25,4 mm	250	m	13	3.250
12	Bakır Boru Ø 9,52 mm	100	m	5	500
13	Bakır Boru Ø 12,7 mm	150	m	7	1.050
14	Drenaj Boru Hattı Yapılması	510	m	5	2.550
15	Ünitelerin Montaj Bedeli	64	ad	80	5.120
16	Sinyal Kablosu	420	m	3	1.260
17	Uzaktan Kumanda Cihazı	51	ad	90	4.590
<b>KX2 Split Klima İlk Yatırım Maliyeti Toplamı</b>					<b>182.226</b>
<b>KANALLI TİP SPLİT KLİMA SİSTEMİ</b>					
1	FDU508 HES Kanallı Split	5	ad	6.500	32.500
2	FDU808 HES Kanallı Split	10	ad	7.500	75.000
3	FDU1008 HES Kanallı Split	2	ad	8.700	17.400
4	30x15 cm Çift Sıra Kanatlı Üfleme Menfezi	137	ad	70	9.590
5	Spliter Damper	17	ad	40	680
6	30x20 cm Dış Hava Panjuru	5	ad	28	140
7	40x20 cm Dış Hava Panjuru	10	ad	35	350
8	50x20 cm Dış Hava Panjuru	2	ad	46	92
9	50x40 cm Kare Peekli Filtreli Emiş Menfezi	5	ad	50	250
10	60x40 cm Kare Petekli Filtreli Emiş Menfezi	10	ad	63	630
11	70x40 cm Kare Petekli Filtreli Emiş Menfezi	2	ad	70	140
12	Galvaniz Hava Kanalı İmalatı	1300	m2	24	31.200
13	Galvaniz Hava Kanalı İzolasyon Yapılması	1300	m2	18	23.400
14	Dış ve İç Ünitelerin Montaj İşçiliği	17	tk	245	4.165
15	Dış ve İç Ünite Arası Bakır Boru Tesisatı	500	m	13	6.500
16	Drenaj Borusu Hattı (Ø 25 mm polipropilen boru)	400	m	5	2.000
17	Uzaktan Kumanda Cihazı	17	ad	95	1.615
<b>Kanallı Tip Split Klima İlk Yatırım Maliyeti Toplamı</b>					<b>205.652</b>



Şekil 8.1 Çobançeşme İş merkezi ilk yatırım maliyetinin karşılaştırılması

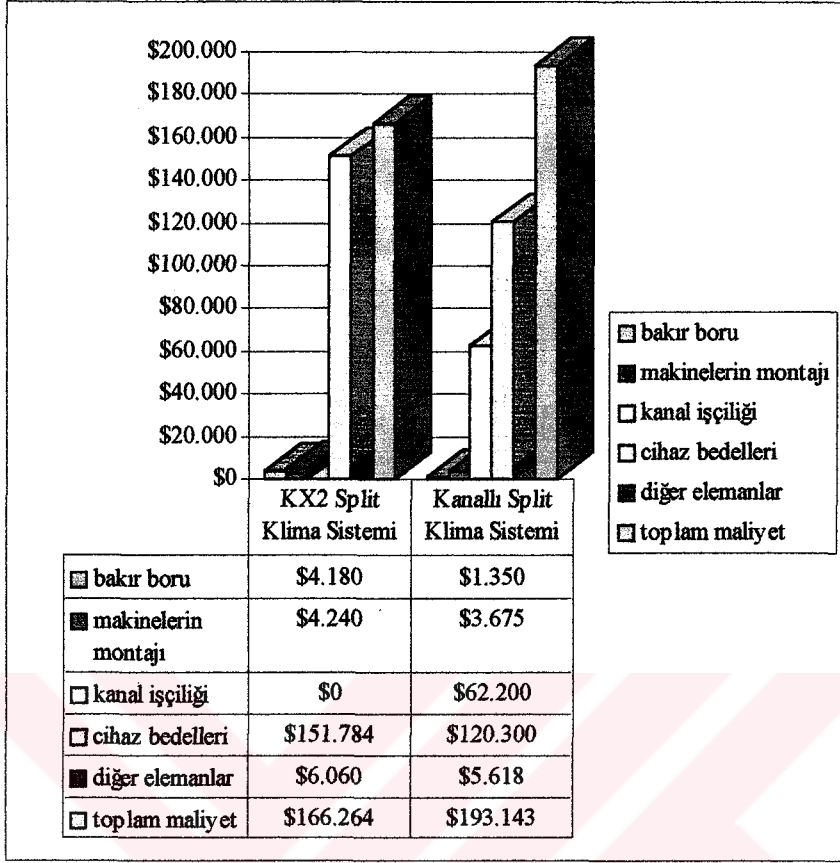
Yapılan hesaplardan KX2 split klima sisteminin, sistem ilk yatırım toplam maliyetinde kanallı split klima sistemine göre % 13 oranında daha ekonomik olduğu görülmektedir.

## 8.2 Plastcard Fabrikası Klima Sistem Maliyetlerinin Karşılaştırılması

Yapı brüt kullanım alanı 1600 m<sup>2</sup> olan iki kattan oluşmaktadır. Sistemin toplam soğutma ihtiyacı 297 kW mertebesindedir.

Çizelge 8.2 Plastcard Fabrikası KX2 ve kanallı split klima sistemlerinin kuruluş maliyetlerinin karşılaştırması

<b>KX2 ÇOK ÜNİTELİ KLİMA SİSTEMİ</b>					
<b>NO</b>	<b>CİNSİ</b>	<b>MİKTAR</b>	<b>BR.</b>	<b>BR. FİYAT (\$)</b>	<b>TUTAR (\$)</b>
1	KX2 İç Ünite Cihazı FDKJ 22 HKXE2	1	Ad	750	750
2	KX2 İç Ünite Cihazı FDKJ 28 HKXE2	4	Ad	870	3.480
3	KX2 İç Ünite Cihazı FDKJ 36 HKXE2	3	Ad	950	2.850
4	KX2 İç Ünite Cihazı FDKJ 45 HKXE2	3	Ad	1.250	3.750
5	KX2 İç Ünite Cihazı FDKJ 56 HKXE2	4	Ad	1.290	5.160
6	KX2 İç Ünite Cihazı FDKJ 71 HKXE2	4	Ad	1.250	5.000
7	KX2 İç Ünite Cihazı FDTJ 90 HKXE2	4	Ad	1.532	6.128
8	KX2 İç Ünite Cihazı FDTJ 112 HKXE2	15	Ad	1.750	26.250
9	KX2 İç Ünite Cihazı FDTJ 140 HKXE2	1	Ad	2.000	2.000
10	KX2 Dış Ünite FDCP 140 HKXE2	1	Ad	6.000	6.000
11	KX2 Dış Ünite FDCP 224 HKXE2	11	Ad	6.900	75.900
12	KX2 Dış Ünite FDCP 280 HKXE2	2	Ad	7.258	14.516
13	Ünitelerin Montaj Bedelleri	53	Tk	80	4.240
14	Bakır Boru Ø 6,35 mm	30	Mt	5	150
15	Bakır Boru Ø 9,52 mm	210	Mt	5	1.050
16	Bakır Boru Ø 12,7 mm	90	Mt	7	630
17	Bakır Boru Ø 15,88 mm	70	Mt	7	490
18	Bakır Boru Ø 19,05 mm	120	Mt	9	1.080
19	Bakır Boru Ø 25,4 mm	60	Mt	13	780
20	Drenaj Borusu Hattı (Ø 25 mm polipropilen boru)	300	Mt	5	1.500
21	Sinyal Kablosu	320	Mt	3	960
22	Kumanda Cihazı	40	Ad	90	3.600
<b>KX2 Split Klima İlk Yatırım Maliyeti Toplamı</b>					<b>166.264</b>
<b>KANALLI TİP SPLIT KLİMA TESİSATI</b>					
<b>NO</b>	<b>CİNSİ</b>	<b>MİKTAR</b>	<b>BR.</b>	<b>BR. FİYAT (\$)</b>	<b>TUTAR (\$)</b>
1	FDU 508 HES-S Kanallı Split Klima	3	Ad	6.500	19.500
2	FDU 808 HES-S Kanallı Split Klima	3	Ad	7.500	22.500
3	FDU 1008 HES-S Kanallı Split Klima	9	Ad	8.700	78.300
4	Dış ve iç Ünite Arası Bakır Boru Tesisatı	270	Mt	5	1.350
5	Ø25 mm Drenaj Borusu	125	Mt	5	625
6	Dış ve İç Ünitelerin Montaj İşçiliği	15	Tk	245	3.675
7	Çift sıra Kanatlı Üfleme Menfezi				
	20x25 cm	25	Ad	20	499
	30x15 cm	59	Ad	22	1.298
	Tek Sıra Kanatlı Emiş Menfezi				
	30x15 cm	39	Ad	18	702
	40x20 cm	3	Ad	21	63
	Kare Petekli Filtreli Emiş Menfezi				
	50x40 cm	3	Ad	27	81
	70x40 cm	5	Ad	35	175
8	Galvaniz Hava Kanalı	1600	M2	27	43.200
9	Kanal İzolasyonu	1000	M2	19	19.000
10	30x20 cm Dış Hava Panjuru	3	Ad	25	75
11	40x20 cm Dış Hava Panjuru	3	Ad	25	75
12	50x20 cm Dış Hava Panjuru	9	Ad	25	225
13	Uzaktan Kumanda Cihazı	16	Ad	90	1.440
14	Sinyal Kablosu	120	Mt	3	360
<b>Kanallı Tip Split Klima İlk Yatırım Maliyeti Toplamı</b>					<b>193.143</b>



Şekil 8.2 Plastcard Fabrikası İlk yatırım maliyetlerinin karşılaştırılması

Şekil 8.2’de Plastcard Fabrikası Projesinin ilk yatırım maliyetleri verilmiştir. Burada elde edilen sonuçlara bakıldığında KX2 sistemin ilk yatırım maliyetinin kanallı tip split klima sistem ilk yatırım maliyetine oranla yaklaşık olarak % 16 daha düşük olduğu görülmektedir.

## 9. BİR DEĞERE GETİRİLMİŞ MALİYET YÖNTEMİ

İlk yatırım maliyetleri belirtilmiş olan bu sistemlerin toplam maliyetlerinin karşılaştırılmasında, “Bir Değere Getirilmiş Maliyet Yöntemi” (Aybers, Şahin 1995) kullanılmıştır. Bu hesap yönteminde kullanılacak cihazın kurulumu ve çalışma süresi boyunca oluşan masraflar, daha iyi bir karşılaştırma için belli bir referans tarihe getirilerek o tarihteki toplam enerji ihtiyacına bölünür ve böylece toplam enerji maliyetleri bulunmuş olur.

Bu hesap yönteminde değişik yakıt çevrimlerine göre çalışan sistemler de incelenebilmesinin yanı sıra, bir değere getirilmiş maliyet , o yılki para değeri kullanılarak da belirlenebilir. Bu yöntem, alternatif projelerin ulusal ve uluslararası uygulamalarının karşılaştırılmasında verimli bir şekilde kullanılabilir (Aybers, Şahin 1995).

“Belli Bir Değere Getirilmiş Maliyet” yöntemi kullanılacak cihazın tüm yatırım ve işletme maliyetlerinin ortak bir referans noktasına getirilmesi ile elde edilecek yıllık maliyet değerlerine dönüşeceğinden daha açık bir sonuç elde edilebilir.

İlk yatırımın yıllık maliyeti, toplam ilk yatırım maliyeti ile amortisman faktörünün çarpılması ile bulunur.

$$C_A = I_A \cdot AF \quad (9.1)$$

Burada amortisman faktörü ( $AF$ ), sistemin ilk yatırım maliyetinin, kredi alınması durumunda alınan kredi faizinin de maliyetlere eklenmesi şartı ile sermaye maliyeti olarak sistemin kullanımda olduğu her yılın işletme gelirlerinden ayrılan ve vergilerden düşülen kısmını belirlemek için kullanılır.

$$AF = \frac{(1+i)^n \cdot i}{(1+i)^n - 1} \quad (9.2)$$

Bu çalışmada, sistemin çalışma ömrü 15 yıl olarak öngörülmüştür. Yıllık % 8 nominal faiz oranı için amortisman faktörü ( $AF$ ) 0,1168 bulunur.

Bugünkü koşullarda toplam işletme maliyeti denklem 8.3 ile belirlenebilir.

$$(I_{OM})_{PW} = \frac{(C_{OM})_{PW} [1 - (1 + e_f)^n \cdot (1 + i)^{-n}]}{i - e_f} \quad (9.3)$$

Bu denklemdeki bugünkü koşullarda yıllık işletme maliyeti  $(C_{OM})_{PW}$ , incelenecek klima sisteminde, temel olarak elektrik masraflarını ve yıllık bakım masraflarını kapsamaktadır. Nominal faiz oranı ( $i$ ), banka işlemlerinde kullanılan yıllık faiz oranı olarak verilmektedir.

Eskalasyon faktörü, inşaat süresince artan maliyet miktarlarını belirtir. Artış gösterebilecek bu maliyetler genel olarak işçilik ve malzeme maliyetleridir. Bu etkenlerin dışında inşaat boyunca belirlenecek harcama planı da eskalasyon miktarının değişimi üzerinde oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Bu hesaplamalarda eskalasyon faktörü %4 alınmıştır.

Yıllık işletme maliyeti, enerji harcamaları ve yetkili servisler ile yapılacak bakım anlaşmaları çerçevesinde yapılacak bakım masraflarını kapsamaktadır. Bir değere getirilmiş maliyet hesabında yıllık işletme maliyeti,

$$C_{OM} = (I_{OM})_{PW} AF \quad (9.4)$$

Yıllık ilk yatırım maliyeti ile yıllık işletme maliyetinin bulunması ile yıllık toplam maliyet belirlenir.

$$C_T = C_A + C_{OM} \quad (9.5)$$

Yıllık toplam maliyetin de bulunması ile yıllık ısı enerjisi ihtiyacına bağlı olarak birim enerji maliyeti bulunur.

$$g_t = \frac{C_T}{M} \quad (9.6)$$

### 9.1 Çobançeşme İş Merkezi Klima Sistemi Toplam Maliyetleri

Sistem maliyetleri sadece ilk yatırım maliyetlerinden ibaret değildir. Kurulacak sistemin kurulum amacı, çalışma dönemi, işletim sırasında ortaya çıkaracağı giderler gibi genel

Çizelge 9.1 Çobançeşme iş merkezi genel elektrik yükleri

NO	KX2 ÇOK ÜNİTELİ KLİMA SİSTEMİ	MİKTAR	BİRİM	BR. ENERJİ YÜKÜ (kW)	TOPLAM YÜK (kW)
1	KX2 İç Ünite Cihazı FDTJ 90 HKXE2	5	Adet	0,11	0,55
2	KX2 İç Ünite Cihazı FDTJ 71 HKXE2	30	Adet	0,10	3,00
3	KX2 İç Ünite Cihazı FDTJ 56 HKXE2	10	Adet	0,10	1,00
4	KX2 İç Ünite Cihazı FDKJ 71 HKXE2	1	Adet	0,09	0,09
5	KX2 İç Ünite Cihazı FDKJ 45 HKXE2	4	Adet	0,06	0,24
6	KX2 İç Ünite Cihazı FDKJ 28 HKXE2	1	Adet	0,05	0,05
7	KX2 Dış Ünite Cihazı FDCP 280 HKXE2	12	Adet	8,73	104,76
8	KX2 Dış Ünite Cihazı FDCP 224 HKXE2	1	Adet	7,35	7,35
				<b>TOPLAM</b>	<b>117,04</b>
	KANALLI SPLİT KLİMA SİSTEMİ	MİKTAR	BİRİM	BR. ENERJİ YÜKÜ (kW)	TOPLAM YÜK (kW)
1	FDU508 HES Kanallı Split	5	Adet	5,27	26,35
2	FDU808 HES Kanallı Split	10	Adet	9,10	91,00
3	FDU1008 HES Kanallı Split	2	Adet	12,80	25,60
				<b>TOPLAM</b>	<b>130,15</b>

karakteristikleri işletim maliyetlerini belirler ve bu işletim giderleri sistemin tercihi üzerinde çok önemli bir rol oynar. İncelenecek klima sisteminde temel işletim giderleri cihazların harcayacağı elektrik miktarı ve periyodik bakım giderlerinden oluşmaktadır. Sistemin maliyetlerinin finanse edilmesinde seçilecek yol da bu maliyetler üzerinde etkili olabilmektedir. Kanallı split ve çok üniteli KX2 sistemin genel elektrik yükleri çizelge 9.1 de belirtilmiştir. KX2 sistem, daha fazla iç ünitelerden oluşmasına rağmen, kanallı tip klima cihazlarından daha düşük miktarda elektrik harcamaktadır.

Her iki sistem de dört aylık soğutma dönemi için tasarlanmıştır. Sistem her gün 10 saat çalışacaktır. Sistemin toplam çalışma süresi 240 saattir. Elektrik birim maliyeti işyeri için 0,12 (\$/kWh) alınmıştır. Çobançeşme iş merkezi klima cihazları bakım giderleri ve yıllık elektrik masrafları çizelge 9.2’de verilmiştir.

Çizelge 9.2 Çobançeşme iş merkezi elektrik giderleri ve yıllık bakım masrafları

	Elektrik Gideri \$/yıl	Bakım Masrafı \$/yıl
KX2 Sistem	3.370	1.240
Kanallı Split Sistem	3.750	2.150

Daha önceden belirlenmiş ilk yatırım maliyetleri ve yıllık bakım masraflarının da belirlenmesi ile “Bir Değere Getirilmiş Maliyet yöntemi” ile elde edilen sonuçlar çizelge 9.3’de veilmiştir.

Çizelge 9.3 Çobançeşme İş Merkezi Kanallı ve çok üniteli klima sistemlerinin maliyetleri

Maliyet	Kanallı Split	KX2 Sistem	Fark	
			Sayısal	Oran
$I_A$ (\$)	205.652	182.226	23.426	0,113911
$c_A$ (\$/Yıl)	24.020	21.290	2.730	0.11365
$(c_{OM})_{PW}$ (\$/Yıl)	5.920	4.610	1.310	0.22128
$(I_{OM})_{PW}$ (\$)	63.936	49.788	14.148	0.22128
$c_{OM}$ (\$/Yıl)	7.468	5.815	1.653	0.22134
$c_T$ (\$/Yıl)	31.488	27.105	4.383	0.13919
$g_T$ (\$/kWh)	0,0117	0,010	0.0017	0.1453

Çok üniteli klima sistemi yıllık toplam maliyeti, kanalı tip split klima sistemi maliyetinden yaklaşık olarak %14 oranında daha düşüktür (Çizelge 9.2). KX2 sistemin elektrik ve yıllık bakım masrafları toplamı kanallı tip klima cihazlarından oluşan sistemin yıllık masraflarından daha düşük kalmaktadır. Çok üniteli klima sisteminin ilk yatırım masraflarının da düşük olduğu göz önüne alındığında (Şekil 8.1) sistemin toplam maliyetinin kanallı tip sisteme nazaran daha düşük olması kaçınılmazdır.

## 9.2 Plastcard Fabrikası Klima Sistemi Toplam Maliyetleri

Plastcard Fabrikası Projesinde hesaplamalar dört aylık çalışma dönemi için yapılmıştır. Bu sistem de günde 10 saat çalışmaktadır. Çobançeşme İş Merkezi ile aynı şartlarda çalışan sistemin yıllık elektrik masrafı işyerleri için 0,12 (\$/yıl), yıllık çalışma süresi 240 saattir. Çizelge 9.4’de Plastcard Fabrikasında kullanılacak klima cihazlarının elektrik yükleri verilmiştir.

Çizelge 9.4 Plastcard fabrikası klima sistemlerinin elektrik yükleri

NO	KX2 ÇOK ÜNİTELİ KLİMA SİSTEMİ	MİKTAR	BR.	BR. ENERJİ YÜKÜ (kW)	TOPLAM YÜK (kW)
1	KX2 İç Ünite Cihazı FDKJ 22 HKXE2	1	Adet	0,05	0,05
2	KX2 İç Ünite Cihazı FDKJ 28 HKXE2	4	Adet	0,05	0,20
3	KX2 İç Ünite Cihazı FDKJ 36 HKXE2	3	Adet	0,05	0,15
4	KX2 İç Ünite Cihazı FDKJ 45 HKXE2	3	Adet	0,06	0,18
5	KX2 İç Ünite Cihazı FDKJ 56 HKXE2	4	Adet	0,08	0,32
6	KX2 İç Ünite Cihazı FDKJ 71 HKXE2	4	Adet	0,09	0,36
7	KX2 İç Ünite Cihazı FDTJ 90 HKXE2	4	Adet	0,11	0,44
8	KX2 İç Ünite Cihazı FDTJ 112 HKXE2	15	Adet	0,17	2,55
9	KX2 İç Ünite Cihazı FDTJ 140 HKXE2	1	Adet	0,21	0,21
10	KX2 Dış Ünite FDCP 140 HKXE2	1	Adet	5,20	5,20
11	KX2 Dış Ünite FDCP 224 HKXE2	11	Adet	7,35	80,85
12	KX2 Dış Ünite FDCP 280 HKXE2	2	Adet	8,73	17,46
				<b>TOPLAM</b>	<b>107,97</b>
NO	KANALLI TİP SPLİT KLİMA TESİSATI	MİKTAR	BR.	BR. ENERJİ YÜKÜ (kW)	TOPLAM YÜK (kW)
1	FDU 508 HES-S KANALLI SPLİT KLİMA	3	Adet	5,27	15,81
2	FDU 808 HES-S KANALLI SPLİT KLİMA	3	Adet	9,10	27,30
3	FDU 1008 HES-S KANALLI SPLİT KLİMA	9	Adet	12,80	115,20
				<b>TOPLAM</b>	<b>158,31</b>

Bu projede kullanılan her iki sistem için de yıllık elektrik masrafları ile bakım giderleri Çizelge 9.4 de verilmiştir.

Çizelge 9.5 Plastcard fabrikası klima sistemleri yıllık elektrik giderleri ve bakım masrafları

	Elektrik Gideri \$/yıl	Bakım masrafı \$/yıl
KX2 Sistem	3.110	1.100
Kanallı Split Sistem	4.320	1.150

Bu projede de önceden belirlenmiş ilk yatırım maliyetleri ve yıllık bakım masraflarının da belirlenmesi ile "Bir Değere Getirilmiş Maliyet yöntemi" ile bulunan sonuçlar çizelge 9.5'de verilmiştir.

Çizelge 9.6 Plastcard fabrikası klima sistemlerinin maliyetleri

Maliyet	Kanallı Split	KX2 Sistem	Fark	
			Sayısal	Oran
$I_A$ (\$)	193.143	166.264	26.879	0,139166
$c_A$ (\$/Yıl)	22.560	19.420	3.140	0,13918
$(c_{OM})_{PW}$ (\$/Yıl)	5.178	4.971	207	0,0399
$(I_{OM})_{PW}$ (\$)	59.223	53.687	5.536	0,09347
$c_{OM}$ (\$/Yıl)	6.917	6.270	647	0,0935
$c_T$ (\$/Yıl)	29.477	25.690	3.787	0,1284
$g_T$ (\$/kWh)	0,11329	0,00987	0,0145	0,128

Çizelge 9.6 da Plastcard Fabrikası için iki alternatifli sistem için klima cihazlarının harcayacağı elektrik yükleri verilmiştir. Bu projede de çok üniteli klima cihazlarının harcadığı elektrik miktarı kanallı klima cihazlarından daha düşüktür.

Bir değere getirilmiş maliyet yöntemi ile yapılan analizde, yıllık toplam maliyetlerde çok üniteli sistem maliyeti, %13 oranında daha düşüktür. Bu da çok üniteli sistemlere ilk yatırım maliyetlerinin yanı sıra işletim maliyetlerinin de önemli oranda daha düşük olduğunu göstermektedir (Çizelge 9.6).

Burada kullanılan her iki örnekte de KX2 sistem Kanallı Split Sistem oranla daha avantajlıdır. Sistemlerin maliyet eğrisinin gerçeğe yakın bir yaklaşım çizilebilmesi ve sistemlerin optimizasyonunun yapılabilmesi için daha düşük soğutma yükünde Kanallı Split Sistemin avantajlı olduğu durum da göz önüne alınmıştır. Kullanılan örnek İstanbul ili sınırları içinde Yeşilköy semtinde bulunan bir villadır. Bina, 200 m<sup>2</sup> döşeme alanına sahip olup, soğutma ihtiyacı yaklaşık 16 kW civarındadır. Sistemin yıllık maliyet değerleri Çizelge 9.6'de verilmiştir. Burada elektrik kullanımı evler için işyerlerinden farklı olarak 0,10 (\$/yıl) alınmıştır. Elde edilen sonuçlar çizelge 9.7'de verilmiştir.

Çizelge 9.7 Yeşilköy villası elektrik giderleri ve bakım masrafları

	Elektrik Gideri \$/yıl	Bakım masrafı \$/yıl
KX2 Sistem	345	180
Kanallı Split Sistem	178	300

Çizelge 9.8 Yeşilköy Villası klima sistemlerinin maliyetleri

Maliyet	Kanallı Split	KX2 Sistem	Fark	
			Sayısal	Oran
$I_A$ (\$)	17.309	21.120	-3.811	-0,2201
$c_A$ (\$/Yıl)	2.022	2.469	-447	-0,221
$(c_{OM})_{PW}$ (\$/Yıl)	525	478	47	0,089
$(I_{OM})_{PW}$ (\$)	5.674	5.163	511	0,09
$c_{OM}$ (\$/Yıl)	663	603	60	0,0905
$c_T$ (\$/Yıl)	2.685	3.073	-388	0,1445
$g_T$ (\$/kWh)	0,0195	0,02232	-0,0028	-0,1435

Sayısal değerlerden de görüldüğü gibi,  $(c_{OM})_{PW}$ ,  $(I_{OM})_{PW}$ ,  $c_{OM}$  değerleri KX2 sistemin işletme maliyeti açısından kanallı split klima sistemine oranla, işletme maliyetleri çok küçük bir oranla daha düşüktür. Buna rağmen sistemin ilk yatırım maliyetleri arasındaki küçümsenemeyecek fark sistem toplam maliyetlerinde Kanallı Split Sistem lehine yaklaşık % 14 oranında önemli bir avantaj sağlamaktadır (Çizelge 9.8).

## 10. SİSTEM KARŞILAŞTIRMASI

Kanallı split sistemlerde, galvaniz hava kanalı ve menfezlerle şartlandırılmış hava ortama dağıtıldığından, çok iç üniteli split sistemlerde kullanılmayan kanal ve menfezler ek bir maliyet oluşturmaktadır.

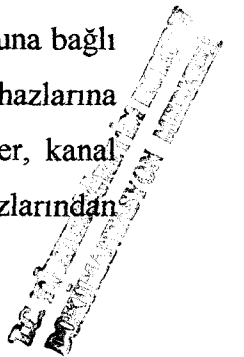
Çok üniteli sistemlerde her ortamın ayrı ayrı kontrolü ve kısmi kullanılabilme imkanı vardır. Kanallı sistemlerde hava tek merkezden dağıtıldığı için ortamların tek kontrol sistemiyle iklimlendirilmesi söz konusudur.

Kanallı split cihazların kanal içine montajı asma tavan gereksinimini ortaya çıkarır. Bu da tesis kuruluşunda ek bir maliyet olarak karşımıza çıkmaktadır. Kanallı split cihazlar şartlandırılacak mahal içinde olduğundan, çalışma esnasında oluşan sese karşı akustik izolasyona ihtiyaç vardır. Çok üniteli split sistemlerin iç ünitelerinin ses seviyesi ortamı rahatsız etmeyecek şekilde düzenlenmiştir.

Çok üniteli split sistemlerde, ara tesisat uzunluğu klima endüstrisinde ulaşılabilmiş en yüksek tesisat limit değerlerindedir. Dolayısıyla çok katlı binalarda, tüm dış ünitelerin çatıya yerleştirilebilmesi mümkündür. Kanallı split sistemlerde ise ara tesisat mesafesi belirli değerlerin dışına çıkamamaktadır.

Çok üniteli split sistemlerde, iç üniteler hafiflikleri ve kompakt olmaları nedeniyle tavana kolayca takılabilirken, dış üniteler de vince gerek duyulmadan asansörle bile taşınabilecek hafifliktedir. Kanallı split cihazlarda iç ve dış ünitelerin, ağırlıklarından dolayı, montaj yerine taşınması özel araçlarla yapılmaktadır.

Sadece ilk yatırım maliyetleri göz önüne alındığında maliyet açısından yapılacak bir kıyaslamada, çok üniteli sistemin ile kanallı tip split klima cihazlarına oranla en büyük avantajı, galvaniz hava kanalı ve izolasyonu ile menfez maliyetlerinin ortadan kalkmış olmasıdır. Buna karşılık kanallı split klima sisteminde ünite bedelleri çok üniteli sisteme kıyasla daha düşüktür. Çok üniteli sistemde iç ünite sayısı daha fazla olacağından buna bağlı olarak iç ve dış ünite arası bakır boru çekilmesinin maliyeti kanallı split klima cihazlarına oranla daha fazla olacaktır. Ancak bu dezavantajlara rağmen çok üniteli sistemler, kanal çekme maliyetlerinin yüksek olduğu büyük çaplı binalarda kanallı split klima cihazlarından



yaklaşık olarak %15-20 mertebelerinde daha düşük maliyetlerde kurulabilmektedir.(Şekil 8.1, Şekil 8.2). Ayrıca çok üniteli sistemlerin montajı, hava kanalları ve hava kanalları ile ilgili diğer ekipmanlara (menfez, damper vs.) ihtiyaç duyulmadığı için kanallı tip sistemlerin montajından daha seri bir şekilde tamamlanabilmektedir.

İşletim giderlerinin de dikkate alındığı bir maliyet analizinde ise çok üniteli KX2 sistem, kanallı sistemden daha düşük miktarda elektrik gücü harcamaktadır (Çizelge 8.1, Çizelge 8.3) Yıllık bakım masraflarının kanallı tip sistemde daha düşük olması dahi, elektrik sarfiyatındaki farkı kapatamadığından yıllık işletim giderleri yine çok üniteli sistemde daha düşük mertebelerde kalmaktadır

Bu iki sistem arasında genel bir karşılaştırma yapıldığında, kanallı tip klima cihazlarının daha çok villa tipi meskenler için uygun olduğu görülmektedir. Bu tip yapılarda galvaniz hava kanalı ve ekipmanlarının maliyeti çok yüksek olmayacağı için tercih edilebilir. Nitekim çok üniteli sistemin nispeten pahalı cihazları ve yüksek bakır borulama maliyeti nedeni ile çok üniteli sistemler daha küçük binalarda genel olarak pek cazip değildirler.

Villa tipi binalarda çok esnek bir sisteme ihtiyaç duyulmaması, çok üniteli sistemleri bir zorunluluk olmaktan çıkarmaktadır. Ancak, sistem sınırlarını zorlamayacak uygun seçim yapılması durumunda, KX2 sistem kış döneminde çok düşük sıcaklıklarda bile, çok ser koşullarda olmamak kaydı ile, defrost sorunu olmadan oldukça verimli bir çalışma ile mevcut ısıtma sisteminin yükünü ve dolayısı ile maliyetini de önemli bir ölçüde düşürebilmektedir.

Kanallı tip cihazlarda, mahale gönderilen havanın yaklaşık %25'i taze hava olarak dış ortamdan alınır. Ancak ortam ısı konfor şartları, tek bir cihaz tarafından sağlandığından kurulacak sistemler çok esnek olamayacaktır. Bu durum da büyük çaplı yapılar ve özellikle işyerleri ve ofis binaları için büyük dezavantajdır. Oysa çok üniteli sistemlerde her mahalın ortam sıcaklıkları ayrı ayrı ayarlanabilmekte uygun otomasyon sistemi ile daha esnek, değişken ihtiyaçlara anında cevap verebilen sistemler kurulabilmektedir. Çok üniteli sistemlerde her ne kadar her mahalde bağımsız olarak sıcaklık ayarı yapılabilse de tüm mahallerde ya ısıtma, ya da soğutma yapılabilir.

Ancak Mitsubishi firmasının yeni uygulamaya koyduğu üç borulu KXR sistemi ile aynı anda hem ısıtma hem de soğutma yapmayı mümkün kılmıştır. Bu sistem, aynı anda ısıtma ve

soğutma ihtiyacı olan binalarda, örneğin hem kuzey, hem de güney cephesi cam kaplı binalar veya büyük satış mağazalarında çok daha esnek ve konforlu bir kullanım sağlamaktadır.

Gerek kanallı klima sistemleri, gerekse çok üniteli klima sistemleri tasarımcılara yeni alternatifler sunmaktadır. Gelişen teknolojinin de etkisi ile daha düşük maliyetlerde daha verimli cihazlar üretilmekte ve yeni otomasyon teknolojileri ile çok daha esnek sistemler kurulabilmektedir. Gelecek yıllar içinde özellikle çok üniteli klima sistemlerinde hem verimin artırılması, hem maliyetlerin düşürülmesi, hem de bu sistemlerin kullanım alanlarının genişlemesi açısından büyük gelişmeler olası görünmektedir.

İklimlendirilmiş hava, ancak doğru sistem kullanıldığı zaman ortamları istenilen ısı konfor düzeyine getirir.



## 11. OPTİMİZASYON

### 11.1 Maliyet Eğrilerinin Belirlenmesi

Burada, sistemlerin büyüklüklerinin, dolayısı ile maliyetlerinin değişimi üzerindeki temel faktör iklimlendirilecek ortamların soğutma yükleridir. En genel halde en sağlıklı karşılaştırmayı yapabilmek ve hangi sistemin hangi durumlarda daha avantajlı olduğunu belirleyebilmek için her iki sistemin de soğutma yüklerine bağlı olarak maliyet eğrilerinin çizilmesi gereklidir.

Çizelge 11.1’de KX2 sistem ve kanallı tip split klima sistemlerinin uygulama projelerinde elde edilen sonuçlara bağlı olarak soğutma yükleri ile değişen ve “Bir değere Getirilmiş Maliyet” yöntemi ile bulunmuş olan toplam maliyetleri verilmiştir. Bu tabloda Plastcard ve Çobançeşme İş Merkezi projelerine ek olarak, maliyet değerlerine Yeşilköyde bir villa projesi de eklenmiştir. Burada amaç, kanallı tip klima sisteminin avantajlı olduğu bir durumu da göz önüne alarak daha hassas değerler verebilen bir eğri elde edebilmektir. Yeşilköy Villası da daha önce verilen iki örnekteki tasarım şartlarındadır ve tablolarda 16 kW’lık soğutma yükü değerini göstermektedir.

Çizelge 11.1 KX2 sistem ve kanallı tip split klima sistemlerinin maliyet değerleri

	KX2 Sistem		Kanallı Split Sistem	
	Soğutma Yükü kW	Toplam Maliyet \$/Yıl	Soğutma Yükü kW	Toplam Maliyet \$/Yıl
Yeşilköy	16	3.072	16	2.685
Plastcard	298	25.690	298	29.677
Çobançeşme	307,22	27.105	307,22	31.488

Bu tabloda verilen soğutma yükleri, bilgisayar yardımı ile  $x_n$  değerleri olarak, toplam maliyet değerleri ise  $y_n$  değerleri olarak kullanılacak, ve bu iki sistemin maliyet eğrileri belirlenecektir.

Burada bulunan  $x_i$  değerleri hem çok üniteli KX2 sistemi için, hem de kanallı tip split klima sistemi için aynıdır. Maliyet eğrilerinin belirlenmesinde iki sistem arasındaki fark, toplam yıllık maliyetler ile, kısaca  $y_i$  değişkenleri ile ortaya çıkacaktır. Bu değişkenlere bağlı olarak en küçük kareler yöntemi ile belirlenecek eğrinin denklemi,

$$M_{KX2}=0,20965257 x^2+14,86985 x+2780,4113 \quad (11.1)$$

bulunur ve bu denklem artık çok üniteli KX2 klima sisteminin soğutma yüküne bağlı olarak değişen maliyet eğrisini verecektir.

Çizelge 11.1de, kanallı split klima sisteminin soğutma yüklerine bağlı olarak elde edilen toplam maliyet değerleri verilmiştir. Buna göre maliyet eğrisi,

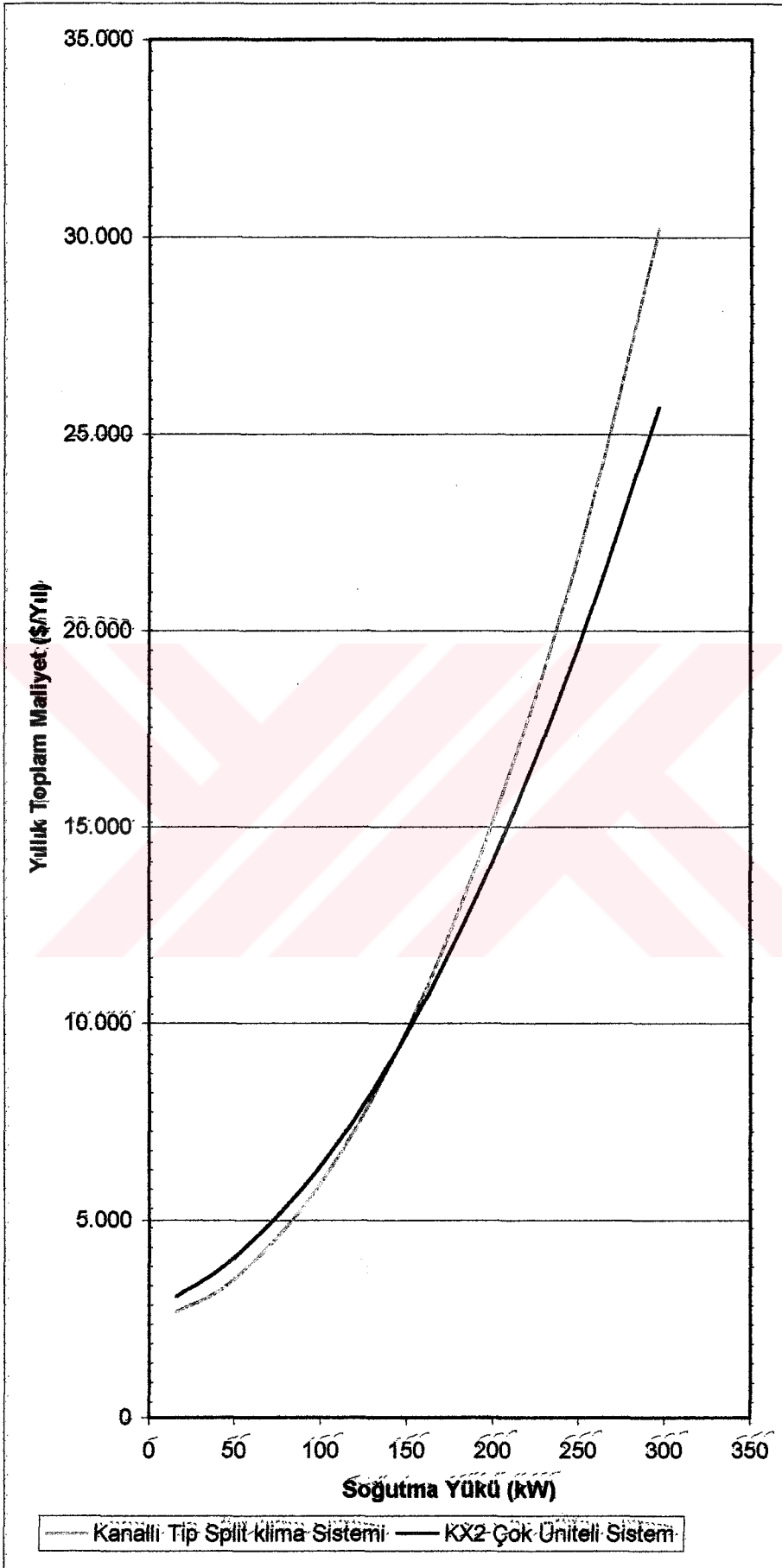
$$M_{KANALLI}=0,292244 x^2+4,5845 x+2536,8334 \quad (11.2)$$

şeklindedir.

## 11.2 Sistemlerin Karşılaştırılması

Her iki sistemin de maliyet eğrilerinin belirlenmesinden sonra her iki eğrinin de üst üste çizilmesi ile daha iyi bir karşılaştırma yapılabilir.

Şekil 11.1'de de görüldüğü gibi Kanallı Tip Split Klima Sistem maliyeti, düşük soğutma yüklerinde Çok Üniteli KX2 sistem maliyetinden daha düşüktür. Her iki sistem maliyetinin de aynı olduğu noktayı bulmak için maliyet eğrileri birbirine eşitlenirse, bulunan değer 144,88 kW soğutma yükünde her iki sistemin maliyetlerinin birbirine eşit olduğunu gösterir. Bu değerden düşük soğutma yüklerinde kanallı split klima cihazları, daha büyük değerlere ise çok üniteli KX2 sistem daha avantajlıdır.  $M_{Fark}$  fonksiyonunun türevi alınıp sifıra eşitlendiğinde, iki sistem arasındaki farkın maksimum olduğu nokta bulunabilir.



Şekil 11.1 Kanallı split ve KX2 sistem maliyet eğrilerinin karşılaştırılması

## 12 SONUÇ

Şekil 11.1'de de görüldüğü gibi , 144,888 kW soğutma yükünün altındaki değerlerde KX2 sistem maliyeti kanallı split klima sistem maliyetinden daha düşüktür.

Soğutma yükü daha küçük olan sistemlerde, daha az sayıda kanallı tip split klima cihazı kullanılacağından, cihaz maliyetleri KX2 sisteme oranla daha düşük olacaktır. Bununla birlikte galvaniz hava kanalı metrajı düşecek, dolayısı kanal maliyeti de önemli oranda azalacaktır. Böylece KX2 sistemde kullanılan ve kanallı splitlere oranla daha pahalı olan iç ünite ve bu üniteler arasındaki yüksek miktardaki bakır boru döşenmesinin yüksek maliyeti Çok Üniteli KX2 Sistemini bu tip sistemlerde dezavantajlı hale getirecektir.

Ancak, soğutma yükü arttıkça KX2 sistemin avantajları da ortaya çıkmaktadır. 144,888 kW Soğutma yükündeki kesişme noktasından itibaren, ortam soğutma yükünün artışı ile birlikte, KX2 sistem ile kanallı split sistem arasındaki maliyet farkı gittikçe artmaktadır (Şekil 11.4). Bu noktadan itibaren sistemde kullanılacak galvaniz hava kanalı döşenmesinin maliyeti önemli ölçüde artacağından, KX2 sistemde daha önce bahsedilen dezavantajlar avantaja dönüşecektir.

Günümüzde, artık mahallerde iklimlendirme temel bir standart halini almıştır. Çok üniteli KX2 sistem, maliyet açısından genel olarak villa tipi binalardaki gibi düşük soğutma yükleri olmasa bile, büyük çaplı ofis binaları, orta ve büyük ölçekli iş merkezleri gibi ticari yapılardaki yüksek soğutma yüklerinde çok yeni ve cazip imkanlar sunmaktadır. Gelecekte de bu sistem, teknolojideki yeni gelişmeler ile çok daha verimli bir şekilde hizmet verebilecektir.

**KAYNAKLAR**

Ashrae Handbook (1996), HVAC System and Equipment, American Society of Heating Refrigerating and Air- Conditioning Engineers, Inc.

Bulak, S., (1999), Klima Rehberi-III. Teknik Yayıncılık, Tanıtım A.Ş., 230s. İstanbul

ISISAN Mimarın Tesisat El Kitabı, 1998. Sayı No:238, 496s. İstanbul.

Kreider Jan F., Heatind and Cooling of Buildings: Desing Of Efficiency, New York McGraw-Hill c1994

McQuiston C. F. , Parker J. D. , Spitler J. D. , Heating, Ventilating, And Air Conditioning Analysis And Desing, Wiley, c2000

Mull, Thomas E., HVAC Principles and Applications Manual Newyork, Mcgraw-Hill c1997

Pita, E.G., 1989. Air Conditioning Principles and Systems, Prentice-Hall Inc.

Sunaç, B., Kenber E., Çelimli İ., Bilge M., Uzgur S., Giray S., Yücel T., Uralcan İ., KlimaTesisatı TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yayınları 2001 Ankara

Şahin, B., Aybers, N., Enerji Maliyeti, Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları, 299, İstanbul

Teknosa-Mitsubishi (2002), Firma Katalogları

Temsa A.Ş. Firma Kataloğu, 2001. KX2 Sistem Tanıtım El Kitabı, 50s. İstanbul.

Wang K. Shan, Handbook of Air Conditioning and refrigeration, New York McGraw-Hill c1993

**İNTERNET**

<http://www.3dair.co.uk/kx2kxr-6.html>

[http://www.achrnews.com/CDA/ArticleInformation/features/BNP\\_Features\\_Item/0,1338,20977,00.html](http://www.achrnews.com/CDA/ArticleInformation/features/BNP_Features_Item/0,1338,20977,00.html)

<http://www.mhi.co.jp/aircon/english/product/kx2/>

## **EKLER**

EK 1	Klima Cihaz Katalogları.....	109
EK 2	Uygulama Projeleri .....	117





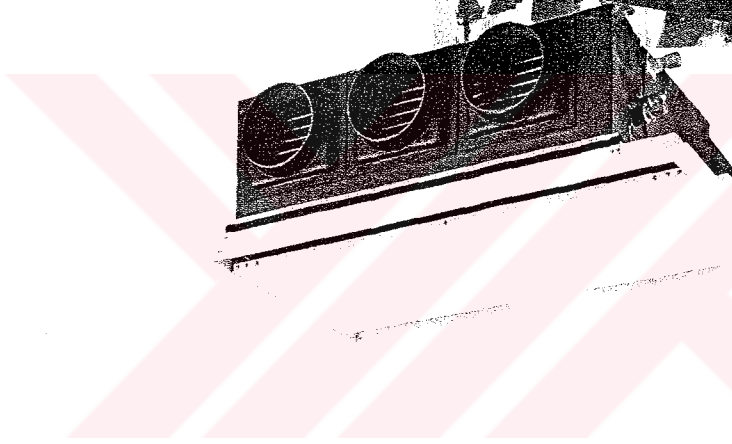
**EK 1**

## R Panel Kanallı Tip Klima

asma tavan uygulamalarına göre tasarlanmış üniteler.

standart uygulamalarda 4.5 mm Aq ve yüksek uygulamalarında 8.5 mm Aq statik basınç ile çalışmanın en iyisi.

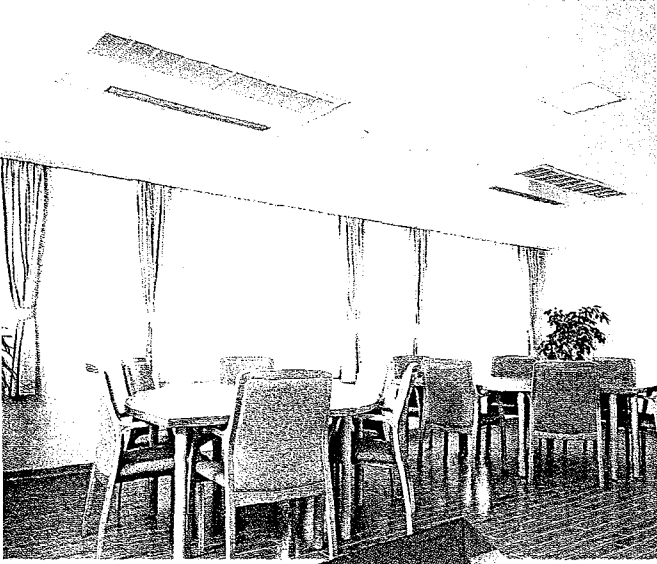
100 mm yükseklikteki engelleri aşabilecek şekilde tasarlanmış drenaj pompaları.



6

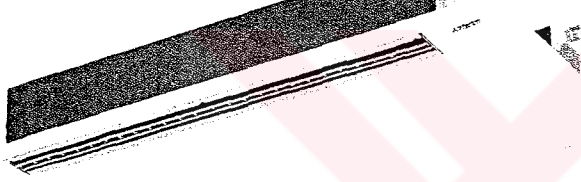
### L KANALLI TIP

ZELLİKLER	BİRİM	FDRJ 22HKXE2	FDRJ 28HKXE2	FDRJ 45HKXE2	FDRJ 56HKXE2	FDRJ 71HKXE2	FDRJ 90HKXE2	FDRJ 112HKXE2	FDRJ 140HKXE2
Kapasitesi	W	2200	2800	4500	5600	7100	9000	11200	14000
	BTU/h	7500	9600	15400	19100	24200	30700	38200	47800
Kapasitesi	W	2500	3200	5000	6300	8000	10000	12500	16000
	BTU/h	8500	10900	17100	21500	27300	34100	42700	54600
Soğutma Sarfiyatı	(*) kW	0.09	0.11	0.14	0.14	0.15	0.16	0.24	0.28
Kısmı	A	0.41	0.51	0.63	0.63	0.68	0.73	1.07	1.28
Derinlik (Yük x Gen x Derj) (Ünite)	mm	355x750x635	355x750x635	355x750x635	355x750x635	355x950x635	355x950x635	406x1370x635	406x1370x635
	(Panel)	mm	10x1040x750	10x1040x750	10x1040x750	10x1040x750	10x1240x750	10x1660x750	10x1660x750
Ses Düzeyi	dB(A)	Hi:41, Me:39, Lo:36	Hi:42, Me:40, Lo:37	Hi:43, Me:40, Lo:37	Hi:43, Me:40, Lo:37	Hi:43, Me:40, Lo:37	Hi:44, Me:40, Lo:37	Hi:45, Me:42, Lo:38	Hi:46, Me:43, Lo:39
Hava Akışı	m <sup>3</sup> /dk	Hi:10, Me:9, Lo:8	Hi:12, Me:11, Lo:10	Hi:14, Me:12, Lo:11	Hi:14, Me:12, Lo:11	Hi:18, Me:16, Lo:14	Hi:20, Me:18, Lo:15	Hi:28, Me:25, Lo:22	Hi:34, Me:31, Lo:27
Net Ağırlığı	kg	7	7	7	7	8	8	9	9
Brüt Ağırlığı (Panel Hariç)	kg	30	30	30	30	35	35	50	52
Yük Kapasitesi (Min/Maks)	V	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242
Akım	A	-	-	-	-	-	-	-	-
Yük Sigorta Değeri (Gecikmesiz)	(**)A	6	6	6	6	6	6	6	6
Kablo Kesiti (Damar Adedi x Kesit)	mm <sup>2</sup>	3x2.5	3x2.5	3x2.5	3x2.5	3x2.5	3x2.5	3x2.5	3x2.5
Sinyal Kablo Kesiti	mm <sup>2</sup>	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)
Tesisatı (Gaz hattı)	mm(inch)	12.7(1/2")	12.7(1/2")	12.7(1/2")	15.88(5/8")	15.88(5/8")	15.88(5/8")	19.05(3/4")	19.05(3/4")
	(Sıvı hattı)	6.35(1/4")	6.35(1/4")	6.35(1/4")	9.52(3/8")	9.52(3/8")	9.52(3/8")	9.52(3/8")	9.52(3/8")
Yük	-	Havşalı	Havşalı	Havşalı	Havşalı	Havşalı	Havşalı	Havşalı	Havşalı
Ünite	-	-	-	-	-	-	-	-	-



## FDTS Asma Tavan Tipi Klima (Tek Yöne Üfleme)

- Tek yöne hava üfleme özelliğinden dolayı güçlü hava akımı.
- 4 m yükseklikteki asma tavanlara uygulanabilme özelliği.
- 194 mm yüksekliğe sahip olduğundan dar asma tavanlara kolay montaj.
- Sahip olduğu drenaj pompası ile 500 mm yükseklikteki engellere rağmen sorunsuz drenaj.



Tablo 5

### ASMA TAVAN TİPLERİ (TEK YÖNE ÜFLEMELİ)

TEKNİK ÖZELLİKLER	BİRİM	FDTSJ 22HKXE2	FDTSJ 28HKXE2	FDTSJ 36HKXE2	FDTSJ 45HKXE2	FDTSJ 71HKXE2
Soğutma Kapasitesi	W	2200	2800	3600	4500	7100
	BTU/h	7500	9600	12300	15400	24200
Sıtma Kapasitesi	W	2500	3200	4000	5000	8000
	BTU/h	8500	10900	13700	17100	27300
Sıtma ve Soğutma Sarfiyatı	(*) KW	0.07	0.07	0.07	0.10	0.12
Çalışma Akımı	A	0.33	0.33	0.33	0.43	0.58
Dış Boyutlar (Yük x Gen x Der) (Ünite)	mm	194x1040x650	194x1040x650	194x1040x650	194x1040x650	194x1300x650
	(Panel)	mm	10x1290x770	10x1290x770	10x1290x770	10x1290x770
Ses Seviyesi	dB(A)	Hi:39, Lo:38	Hi:40, Me:39, Lo:38	Hi:40, Me:39, Lo:38	Hi:43, Me:40, Lo:38	Hi:44, Me:40, Lo:38
Tava Debisi	m <sup>3</sup> /dk	Hi:11, Lo:8	Hi:12, Me:11, Lo:10	Hi:12, Me:11, Lo:10	Hi:14, Me:12, Lo:10	Hi:18, Me:15, Lo:12
Ç Ünite Paneli Ağırlığı	kg	6	6	6	6	7
Jet Ağırlık (Panel Hariç)	kg	26	26	26	26	30
Üç Kaynağı (Min/Maks)	V	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242
İk Kalkış Akımı	A	-	-	-	-	-
/-Otomatik Sigorta Değeri (Gecikmesiz)	(**)A	6	6	6	6	6
Besleme Kablosu (Damar Adedi x Kesit)	mm <sup>2</sup>	3x2.5	3x2.5	3x2.5	3x2.5	3x2.5
Yara Kablo-Sinyal Kablosu	mm <sup>2</sup>	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)
Soğutkan Tesisatı (Gaz Hattı)	mm(inch)	12.7(1/2")	12.7(1/2")	12.7(1/2")	12.7(1/2")	15.88(5/8")
	(Sıvı Hattı)	mm(inch)	6.35(1/4")	6.35(1/4")	6.35(1/4")	6.35(1/4")
İçerik Tipi	-	Havşalı	Havşalı	Havşalı	Havşalı	Havşalı
Yığın Dış Ünite	-	-	-	-	-	-

## T Asma Tavan Tipi Klima (Dört Yöne Üflemlili)

x95x95 dekoratif panel.

renaj pompası yardımı ile 500 mm'lik  
ellere rağmen kusursuz drenaj.

olay açılıp kapanan geniş emiş paneli  
dimıyla tüm parçaların kolay bakım ve  
trolü.

DT 28 HKXE2 modelinde olduğu gibi,  
zerlerinden çok daha sessiz çalışma üstünlüğü.

on derece hafif iç üniteler, FDT 28 HKXE2,  
çg.



4

### A TAVAN TIPLERİ (DÖRT YÖNE ÜFLEMELİ)

ÖZELLİKLER	BİRİM	FDTJ 28HKXE2	FDTJ 36HKXE2	FDTJ 45HKXE2	FDTJ 56HKXE2	FDTJ 71HKXE2	FDTJ 90HKXE2	FDTJ 112HKXE2	FDTJ 140HKXE2
Kapasitesi	W	2800	3600	4500	5600	7100	9000	11200	14000
	BTU/h	9600	12300	15400	19100	24200	30700	38200	47800
Kapasitesi	W	3200	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000
	BTU/h	10900	13700	17100	21500	27300	34100	42700	54600
Soğutma Sarfiyatı	(*) kW	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.11	0.17	0.21
Akımı	A	0.4	0.4	0.45	0.45	0.47	0.5	0.75	0.93
Yük x Gen x Der (Ünite)	mm	260x840x840	260x840x840	260 x840x840	260x840x840	260x840x840	260x840x840	320x840x840	320x840x840
	(Panel)	30x950x950	30x950x950	30x950x950	30x950x950	30x950x950	30x950x950	30x950x950	30x950x950
Yesi	dB(A)	Hi:37, Me:34, Lo:33	Hi:37, Me:34, Lo:33	Hi:38, Me:35, Lo:34	Hi:38, Me:35, Lo:34	Hi:40, Me:38, Lo:36	Hi:42, Me:40, Lo:38	Hi:49, Me:46, Lo:43	Hi:50, Me:47, Lo:45
isi	m <sup>3</sup> /dk	Hi:12, Me:10, Lo:9	Hi:12, Me:10, Lo:9	Hi:15, Me:12, Lo:10	Hi:15, Me:12, Lo:10	Hi:16, Me:13, Lo:11	Hi:21, Me:15, Lo:12	Hi:28, Me:24, Lo:21	Hi:30, Me:26, Lo:22
Paneli Ağırlığı	kg	7	7	7	7	7	7	7	7
ık (Panel Hariç)	kg	24	24	24	24	24	24	28	30
iağı (Min/Maks)	V	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242
Akımı	A	-	-	-	-	-	-	-	-
Sigorta Değeri (Geçirmesiz)	(**)A	6	6	6	6	6	6	6	6
ıklosu (Damar Adedi x Kesit)	mm <sup>2</sup>	3x2.5	3x2.5	3x2.5	3x2.5	3x2.5	3x2.5	3x2.5	3x2.5
o-Sinyal Kablosu	mm <sup>2</sup>	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)
Tesisatı (Gaz Hatlı)	mm(inch)	12.7(1/2")	12.7(1/2")	12.7(1/2")	15.88(5/8")	15.88(5/8")	15.88(5/8")	19.05(3/4")	19.05(3/4")
	(Siv Hatlı)	6.35(1/4")	6.35(1/4")	6.35(1/4")	9.52(3/8")	9.52(3/8")	9.52(3/8")	9.52(3/8")	9.52(3/8")
isi	-	Havşalı	Havşalı	Havşalı	Havşalı	Havşalı	Havşalı	Havşalı	Havşalı
ış Ünite	-								



## FDE Tavan Tipi Klima

- Düşük ses seviyesi.
- Konforun estetik görünümle birlikteliği.
- 184 mm incelikteki iç üniteler.
- Uzaktan kumanda ile kontrol edilebilen panjur ayarıyla 75°'ye kadar aşağı doğru hava üfleme açısı. Uzaktan kumanda ayarıyla bu açı sabit tutulabilir.
- Panjurlar mikro işlemci yardımıyla maksimum konfor için otomatik olarak konumlanır.

ablo 3

### AVAN TİPİ

TEKNİK ÖZELLİKLER	BİRİM	FDEJ 36HKXE2	FDEJ 45HKXE2	FDEJ 56HKXE2	FDEJ 71HKXE2	FDEJ 112HKXE2	FDEJ 140HKXE2
Soğutma Kapasitesi	W	3600	4500	5600	7100	11200	14000
	BTU/h	12300	15400	19100	24200	38200	47800
Isıtma Kapasitesi	W	4000	5000	6300	8000	12500	16000
	BTU/h	13700	17100	21500	27300	42700	54600
Isıtma ve Soğutma Sarfıyatı	(*) KW	0.10	0.10	0.10	0.12	0.2	0.24
Çalışma Akımı	A	0.43	0.43	0.43	0.58	0.9	1.10
İç Boyutlar (Yük x Gen x Der)	mm	184x1000x650+240	184x1000x650+240	184x1000x650+240	184x1260x650+240	239x1260x650+240	239x1470x650+240
Ses Seviyesi	dB(A)	Hi:43, Me:40, Lo:38	Hi:43, Me:40, Lo:38	Hi:43, Me:40, Lo:38	Hi:44, Me:40, Lo:38	Hi:49, Me:46, Lo:42	Hi:50, Me:47, Lo:42
Hava Debisi	m <sup>3</sup> /dk	Hi:14, Me:12, Lo:10	Hi:14, Me:12, Lo:10	Hi:14, Me:12, Lo:10	Hi:18, Me:15, Lo:12	Hi:28, Me:25, Lo:22	Hi:34, Me:30, Lo:26
Net Ağırlık	kg	22	22	22	27	34	40
Üç Kaynağı (Min/Maks)	V	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242
Çalkış Akımı	A	-	-	-	-	-	-
Otomatik Sigorta Değeri (Gecikmesiz)	(**)A	6	6	6	6	6	6
Eslerne Kablo (Damar Adedi x Kesit)	mm <sup>2</sup>	3x2.5	3x2.5	3x2.5	3x2.5	3x2.5	3x2.5
Yer Kablo-Sinyal Kablo	mm <sup>2</sup>	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)
Soğutma Tesisatı (Gaz hattı)	mm(inch)	12.7(1/2")	12.7(1/2")	15.88(5/8")	15.88(5/8")	19.05(3/4")	19.05(3/4")
(Sıvı hattı)	mm(inch)	6.35(1/4")	6.35(1/4")	9.52(3/8")	9.52(3/8")	9.52(3/8")	9.52(3/8")
Yerleşim Tipi	-	Havşalı	Havşalı	Havşalı	Havşalı	Havşalı	Havşalı
Ürün Dış Ünite	-	FDC(P/J) 140,224,280					

## FL Yer Tipi Klime

Yüksekliği sadece 630 mm, özellikle pencere daki dar alan montajları için son derece uygundur.

Yer tesisatı için bağlantı, cihazın arkasından yapılmış olduğundan gerçekleştirilebilir.

Yükseklik ayarı yapılarak yataydan 60° eğimle çalıştırılarak üflemesini sağlamak olanaklıdır.



2

## TIPI

ÖZELLİKLER	BİRİM	FDFLJ 28HKXE2	FDFLJ 45HKXE2	FDFLJ 71HKXE2
Kapasitesi	W	2800	4500	7100
	BTU/h	9600	15400	24200
Kapasitesi	W	3200	5000	8000
	BTU/h	10900	17100	27300
Soğutma Sarfiyatı	(*) kW	0.09	0.09	0.09
Akımı	A	0.41	0.4	0.4
Boyutlar (Yük x Gen x Der)	mm	630x1196x225	630x1196x225	630x1481x225
Ortalama Ses Seviyesi	dB(A)	Hi:41, Me:38, Lo:36	Hi:43, Me:41, Lo:40	Hi:43, Me:41, Lo:40
Havalandırma Hızı	m <sup>3</sup> /dk	Hi:12, Me:11, Lo:10	Hi:14, Me:12, Lo:10	Hi:18, Me:15, Lo:12
Ağırlık	kg	32	32	40
Gerilim (Min/Maks)	V	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242
Akımı	A	-	-	-
Yük Sigorta Değeri (Gecikmesiz)	(**)A	6	6	6
Kablo Kesiti (Damar Adedi x Kesit)	mm <sup>2</sup>	3x2.5	3x2.5	3x2.5
Yer Tesisatı Sinyal Kablo Kesiti	mm <sup>2</sup>	(***)	(***)	(***)
Yer Tesisatı (Gaz Hattı)	mm(inch)	12.7(1/2")	12.7(1/2")	15.88(5/8")
Yer Tesisatı (Sıvı Hattı)	mm(inch)	6.35(1/4")	6.35(1/4")	9.52(3/8")
Yer Tesisatı		Havşalı	Havşalı	Havşalı
Ürün Kodu			FDC(P/J) 140,224,280	



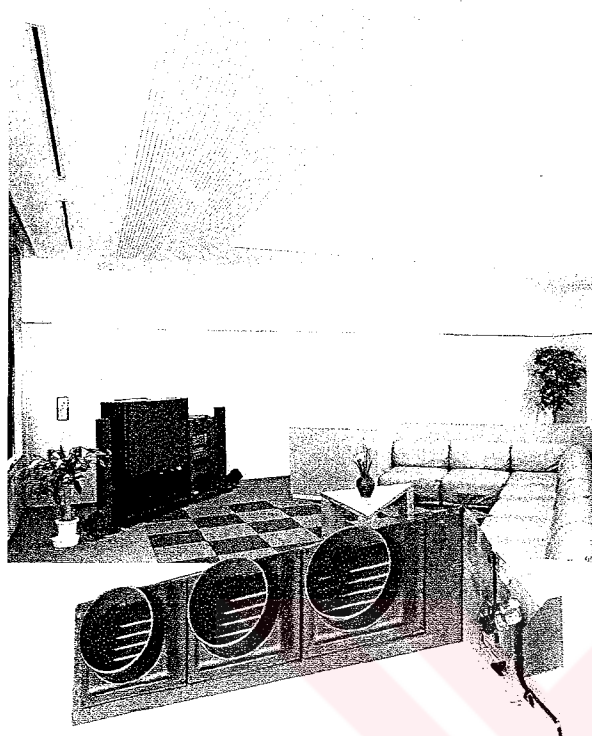
## FDK Duvar Tipi Klima

- Sadece 194 mm kalınlıkta iç üniteler.
- Düşük ses seviyesine sahip fanlar.
- En yüksek konforu sağlamak için ayarlanabilir üfleme panjuru. 70°'ye kadar aşağı doğru ayarlama olanağı. Salınım panjuru, kumanda yardımıyla belli bir açıda tutulabilir.

Tablo 1

### DUVAR TİPİ

TEKNİK ÖZELLİKLER	BİRİM	FDKJ 22HKXE2	FDKJ 28HKXE2	FDKJ 36HKXE2	FDKJ 45HKXE2	FDKJ 56HKXE2	FDKJ 71HKXE2
Soğutma Kapasitesi	W	2200	2800	3600	4500	5600	7100
	BTU/h	7500	9600	12300	15400	19100	24200
Isıtma Kapasitesi	W	2500	3200	4000	5000	6300	8000
	BTU/h	8500	10900	13700	17100	21500	27300
Isıtma ve Soğutma Sarfıyatı	(*) KW	0.05	0.05	0.05	0.06	0.08	0.09
Çalışma Akımı	A	0.26	0.26	0.26	0.31	0.36	0.41
Dış Boyutlar (Yük x Gen x Der)	mm	375x930x194	375x930x194	375x930x194	375x930x194	375x1148x194	375x1436x194
Ses Seviyesi	dB(A)	Hi:42, Lo:37	Hi:42, Me:40, Lo:37	Hi:42, Me:40, Lo:37	Hi:44, Me:41, Lo:37	Hi:46, Me:43, Lo:39	Hi:47, Me:44, Lo:40
Hava Debisi	m <sup>3</sup> /dk	Hi:9, Lo:8	Hi:10, Me:9, Lo:8	Hi:10, Me:9, Lo:8	Hi:11.5, Me:10, Lo:8	Hi:17, Me:15, Lo:13	Hi:21, Me:18, Lo:15
Net Ağırlık	kg	19	19	19	19	20	22
Güç Kaynağı (Min/Maks)	V	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242
İlk Kalkış Akımı	A	-	-	-	-	-	-
V-Otomatik Sigorta Değeri (Gecikmesiz)	(**)A	6	6	6	6	6	6
Bestleme Kablo (Damar Adedi x Kesit)	mm <sup>2</sup>	3x2.5	3x2.5	3x2.5	3x2.5	3x2.5	3x2.5
Ara Kablo-Sinyal Kablo	mm <sup>2</sup>	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)
Soğutkan Tesisatı (Gaz hattı)	mm(inch)	12.7(1/2")	12.7(1/2")	12.7(1/2")	12.7(1/2")	15.88(5/8")	15.88(5/8")
	(Sıvı hattı)	mm(inch)	6.35(1/4")	6.35(1/4")	6.35(1/4")	6.35(1/4")	9.52(3/8")
Rekor Tipi	-	Havşalı	Havşalı	Havşalı	Havşalı	Havşalı	Havşalı
Uygun Dış Ünite	-	FDC(P/J) 140,224,280					



## FDUM Kanallı Tip Klima

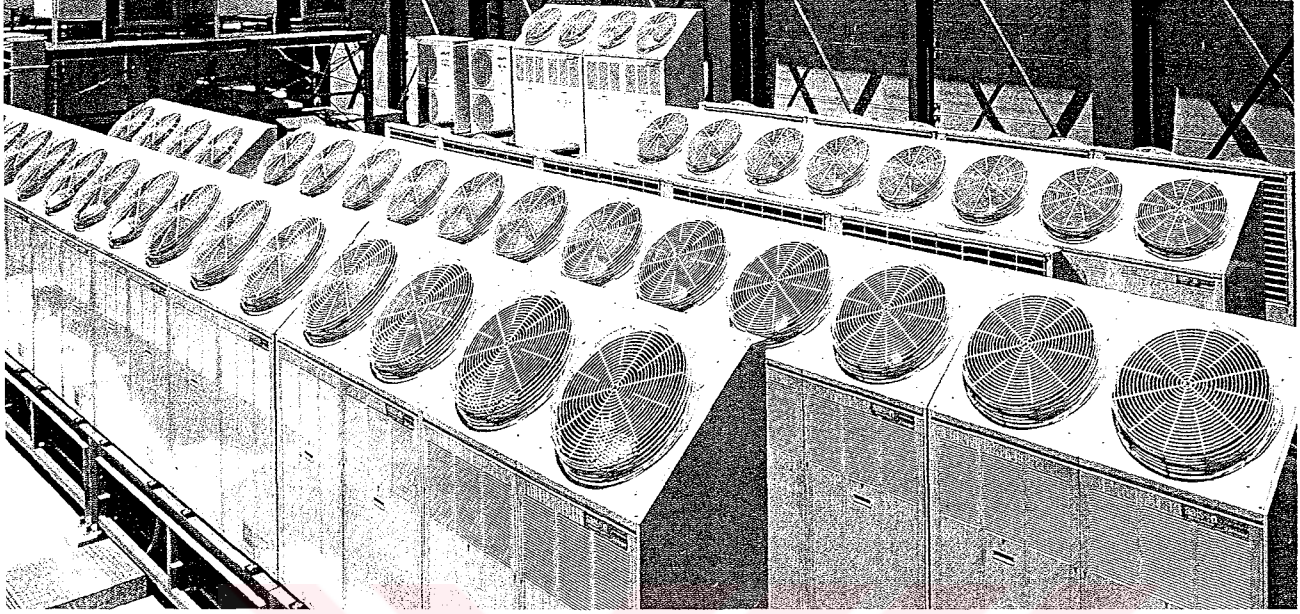
- Son derece sessiz çalışan iç üniteler, FDUM 36 için 29 dB.
- Asma tavan uygulamaları için uygun boyutlar.
- İç üniteye mevcut olan drenaj pompası ile 500 mm yükseklikteki engellere rağmen kusursuz drenaj.
- Bakım ve onarım gibi durumlar için aşağıdan müdahaleye izin veren sökülebilir alt panel.
- Yüksek hız konumunda çalıştırıldığında 200 mm çapındaki dairesel kesitli kanallarla 20 m'lik kanal metraji.
- Kanallı tip klimaların hava filtresi takılmadan kullanılması sakıncalıdır. Hava filtresi FDUM tip klimaların üzerinde standard veya aksesuar olarak mevcut değildir. Lokal olarak temin edilmelidir.

### LLI TIPLER

ELLİKLER	BİRİM	FDUMJ 36HKXE2	FDUMJ 45HKXE2	FDUMJ 56HKXE2	FDUMJ 71HKXE2	FDUMJ 90HKXE2	FDUMJ 112HKXE2	FDUMJ 140HKXE2
Kapasitesi	W	3600	4500	5600	7100	9000	11200	14000
	BTU/h	12300	15400	19100	24200	30700	38200	47800
Isıtma Kapasitesi	W	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000
	BTU/h	13700	17100	21500	27300	34100	42700	54600
Soğutma Sarfiyatı	(*) KW	0.11	0.14	0.14	0.15	0.16	0.24	0.28
Kısmı	A	0.51	0.63	0.63	0.68	0.73	1.07	1.28
Boyutları (Yük x Gen x Der)	mm	299x750x635	299x750x635	299x750x635	299x950x635	299x950x635	350x1370x635	350x1370x635
Yalıtım Kalınlığı	mm	25	25	25	25	25	25	25
Ses Seviyesi	dB(A)	Hi:34, Me:32, Lo:29	Hi:35, Me:32, Lo:29	Hi:35, Me:32, Lo:29	Hi:35, Me:32, Lo:29	Hi:36, Me:33, Lo:30	Hi:38, Me:35, Lo:32	Hi:39, Me:37, Lo:34
Hava Akışı	m <sup>3</sup> /dk	Hi:12, Me:11, Lo:10	Hi:14, Me:12, Lo:11	Hi:14, Me:12, Lo:11	Hi:18, Me:16, Lo:14	Hi:20, Me:18, Lo:15	Hi:28, Me:25, Lo:22	Hi:34, Me:31, Lo:27
Ağırlık	kg	34	34	34	40	40	57	59
Yalıtım	V	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242	1 FAZ-198/242
Akım	A	-	-	-	-	-	-	-
Yalıtım	(**)A	6	6	6	6	6	6	6
Kablo Kesiti (Damar Adedi x Kesit)	mm <sup>2</sup>	3x2.5	3x2.5	3x2.5	3x2.5	3x2.5	3x2.5	3x2.5
Sinyal Kablo Kesiti	mm <sup>2</sup>	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)
Yalıtım (Gaz Hattı)	mm(inch)	12.7(1/2")	12.7(1/2")	15.88(5/8")	15.88(5/8")	15.88(5/8")	19.05(3/4")	19.05(3/4")
Yalıtım (Sıvı Hattı)	mm(inch)	6.35(1/4")	6.35(1/4")	9.52(3/8")	9.52(3/8")	9.52(3/8")	9.52(3/8")	9.52(3/8")
Yalıtım	-	Havşalı	Havşalı	Havşalı	Havşalı	Havşalı	Havşalı	Havşalı
Yalıtım	-	-	-	-	-	-	-	-

FDC(P/J) 140.224.280

# 1 Dış Ünite Modelleri



## 0 07C SOĞUTKAN TİPİ DIŞ ÜNİTELER

özellikler	BİRİM	FDCP 140HKXE2	FDCP 224HKXE2	FDCP 280HKXE2
Kapasitesi	W	14000	22400	28000
tasitesi	W	16000	25000	31500
fiyatı	(*) kW	4.56	6.98	7.76
fiyatı	Maks. kW	6.0	9.3	10.4
Sarfiyatı	(*) kW	5.2	7.35	8.73
Sarfiyatı	Maks. kW	6.8	9.8	11.7
la Çalışma Akımı	A	10.7	15.7	19.3
Çalışma Akımı	A	9.3	14.7	16.5
lar (Yük x Gen x Der)	mm	1450x690x600	1450x1350x600	1450x1350x600
esi	db(A)	56	58	59
isi	m <sup>3</sup> /dk	90	180	180
k	kg	150	250	265
ağı (Min/Maks)	V	3 faz-342/418	3 faz-342/418	3faz-342/418
ompresör Kalkış Akımı	A	5	5	5
mpresör Kalkış Akımı	A	-	48	70
ik Sigorta Değeri/Tipi (**)	A	3x25 grup gecikmesiz	3x32 grup gecikmeli	3x40 grup gecikmeli
Kablosu (Damar Adedi x Kesit)	mm <sup>2</sup>	4x4+(1x2.5)	4x4+(1x2.5)	4x6+(1x2.5)
Sinyal Kablosu	mm <sup>2</sup>	***	***	***
Tesisatı	sıvı hattı mm(inch)	9.52x0.8(3/8")	12.7x1.0(1/2")	12.7x1.0(1/2")
Tesisatı	gaz hattı mm (inch)	19.05x1.0(3/4")	25.4x1.2(1")	28.58x1.4(11/8")
	sıvı hattı	Havşalı	Havşalı	Havşalı
	gaz hattı	Havşalı	kaynaklı	kaynaklı

## 1 072 SOĞUTKAN TİPİ DIŞ ÜNİTELER

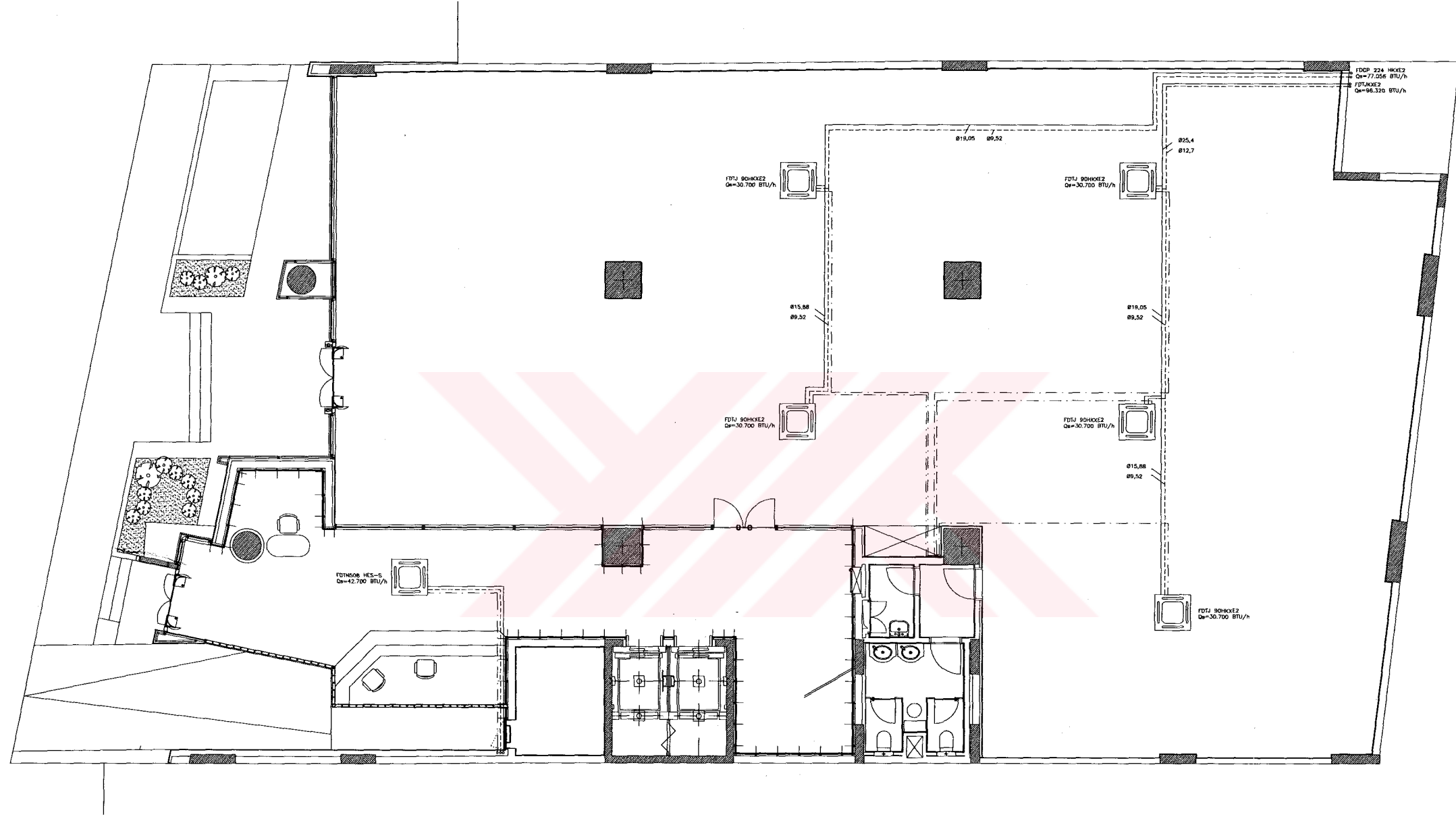
özellikler	BİRİM	FDCJ 140HKXE2	FDCJ 224HKXE2	FDCJ 280HKXE2
Kapasitesi	W	14000	22400	28000
tasitesi	W	16000	25000	31500
fiyatı	(*) kW	5.17	6.3	7.15
fiyatı	Maks. kW	5.7	8.3	9.4
Sarfiyatı	(*) kW	5.2	7.35	8.73
Sarfiyatı	Maks. kW	6.8	9.8	11.7
la Çalışma Akımı	A	10.7	15.7	19.3
Çalışma Akımı	A	8.8	13.0	15.7
lar (Yük x Gen x Der)	mm	1450x690x600	1450x1350x600	1450x1350x600
esi	db(A)	56	58	59
isi	m <sup>3</sup> /dk	90	180	180
k	kg	150	250	265
ağı (Min/Maks)	V	3 faz-342/418	3 faz-342/418	3faz-342/418
ompresör Kalkış Akımı	A	5	5	5
mpresör Kalkış Akımı	A	-	48	70
ik Sigorta Değeri/Tipi (**)	A	3x25 grup gecikmesiz	3x32 grup gecikmeli	3x40 grup gecikmeli
Kablosu (Damar Adedi x Kesit)	mm <sup>2</sup>	4x4+(1x2.5)	4x4+(1x2.5)	4x6+(1x2.5)
Sinyal Kablosu	mm <sup>2</sup>	***	***	***
Tesisatı	sıvı hattı mm(inch)	9.52x0.8(3/8")	12.7x1.0(1/2")	12.7x1.0(1/2")
Tesisatı	gaz hattı mm (inch)	19.05x1.0(3/4")	25.4x1.2(1")	28.58x1.4(11/8")
	sıvı hattı	Havşalı	Havşalı	Havşalı
	gaz hattı	Havşalı	kaynaklı	kaynaklı

1 ve soğutma sarfiyatları ortalama çalışma koşulları gözönünde bulundurularak hesaplanmıştır. Bu sarfiyatlar iç ünite sayısına ya da iç ünite modellerine bağlı değildir.

eme hatları, aynı panodan dış üniteye ve iç ünitelere ayrı ayrı çekilmelidir. Dış ünite için tablolarda verilen uygun V-otomatik sigorta kullanılmalı, aynı dış üniteye bağlı iç üniteler için ise yalnız bir adet otomatik sigorta kullanılmalıdır.



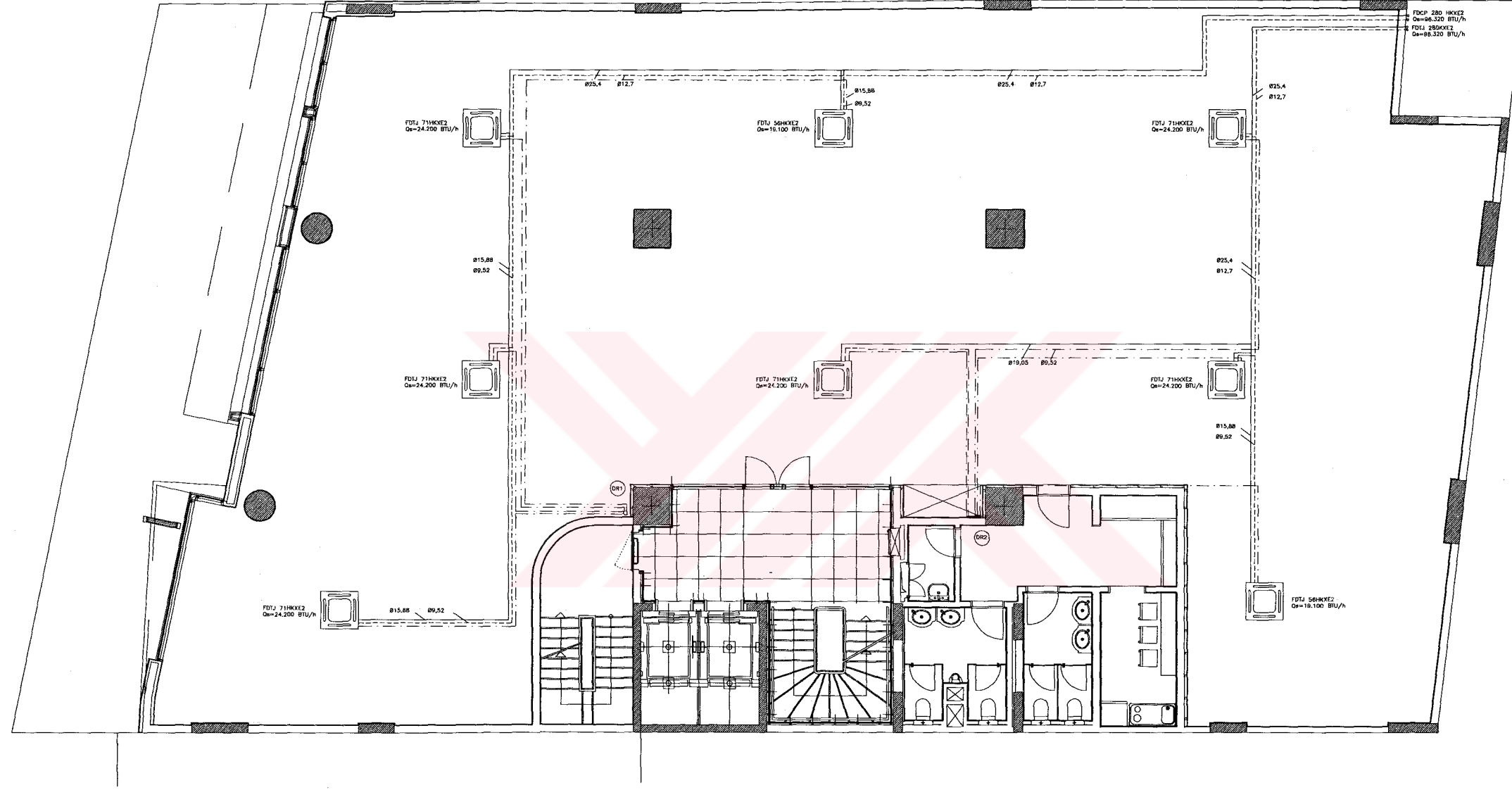
EK 2



# ÇOBANÇESME İŞ MERKEZİ

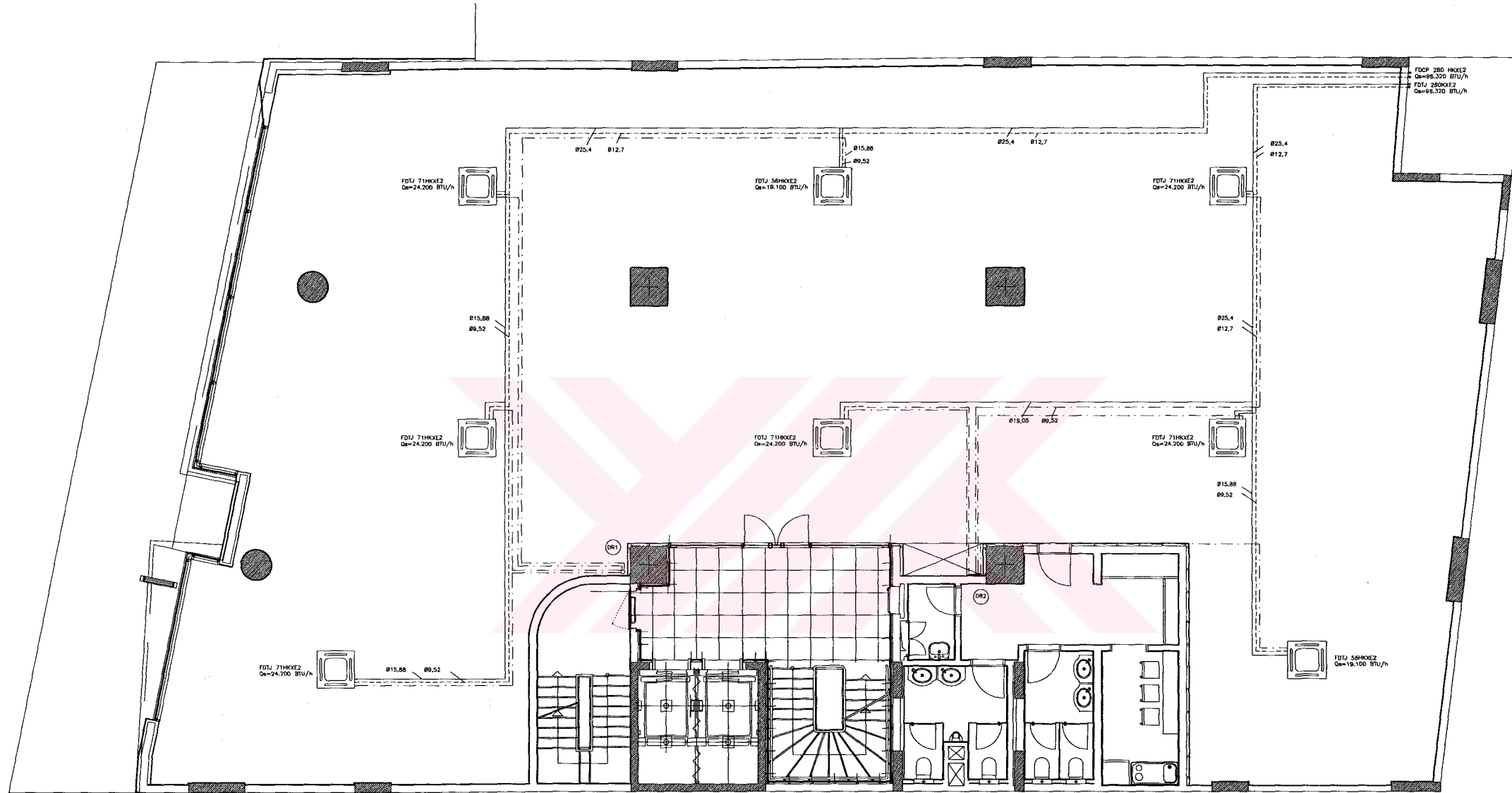
pafta adı: ÇOK ÜNİTELİ KX2 SİSTEM  
ZEMİN KAT PLANI





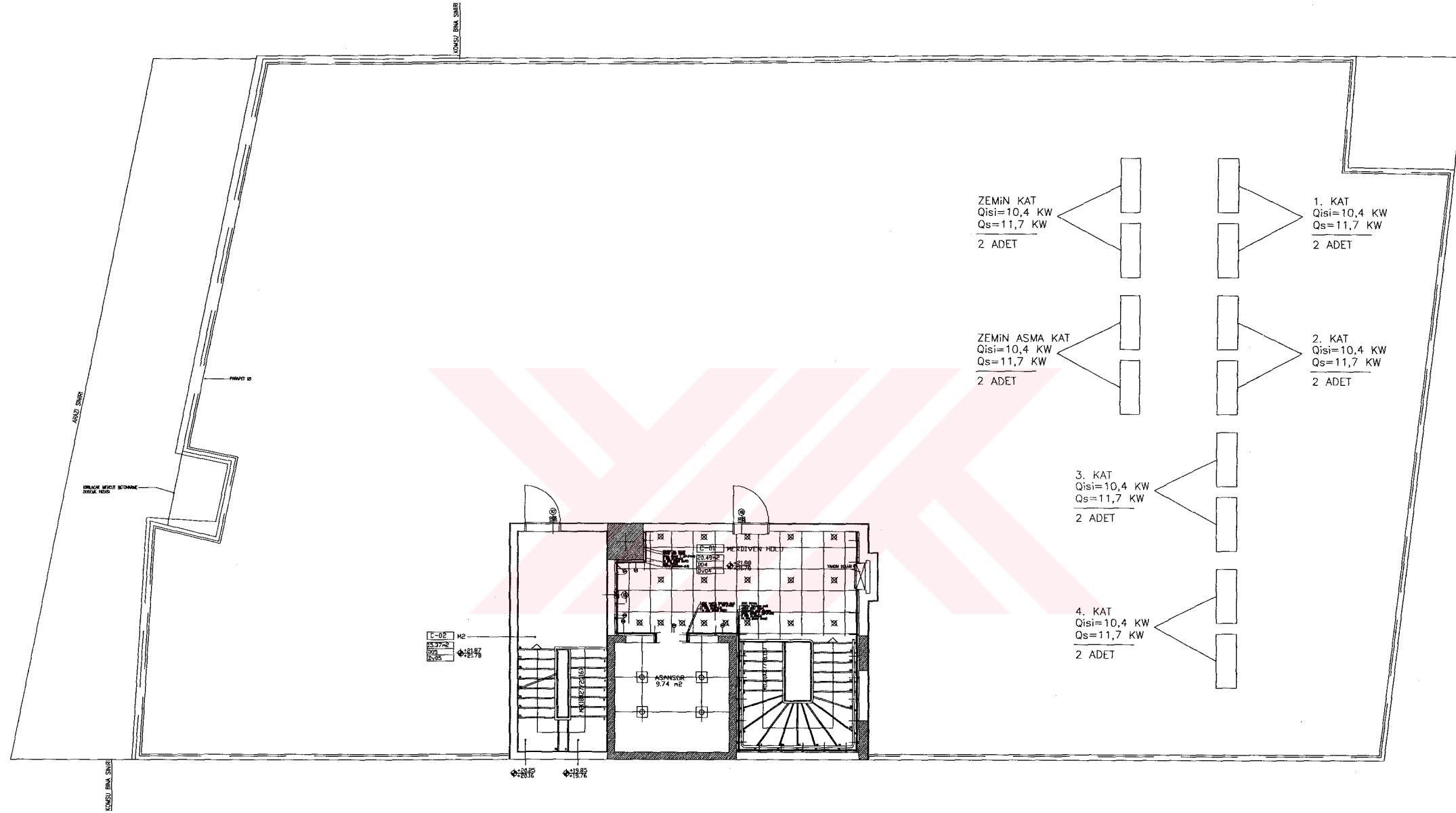
# ÇOBANÇESME İŞ MERKEZİ

pafta adı: ÇOK ÜNİTELİ KX2 SİSTEM  
1.-2.-3. NORMAL KAT PLANI



# ÇOBANÇESME İŞ MERKEZİ

pafta adı: ÇOK ÜNİTELİ KX2 SİSTEM  
4. NORMAL KAT PLANI



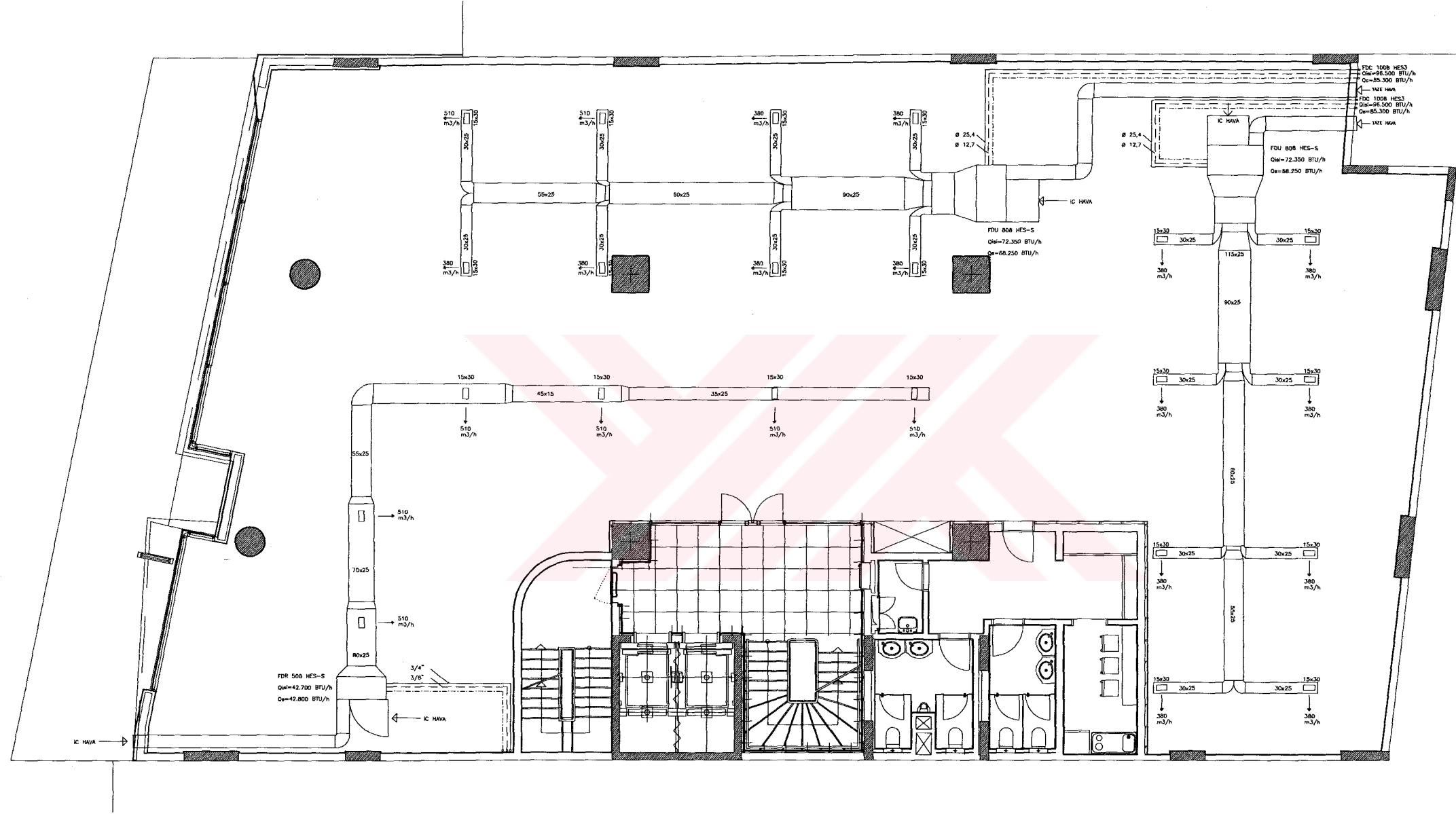
# ÇOBANÇESME İŞ MERKEZİ

pafta adı: ÇOK ÜNİTELİ KX2 SİSTEM  
CATI KATI PLANI



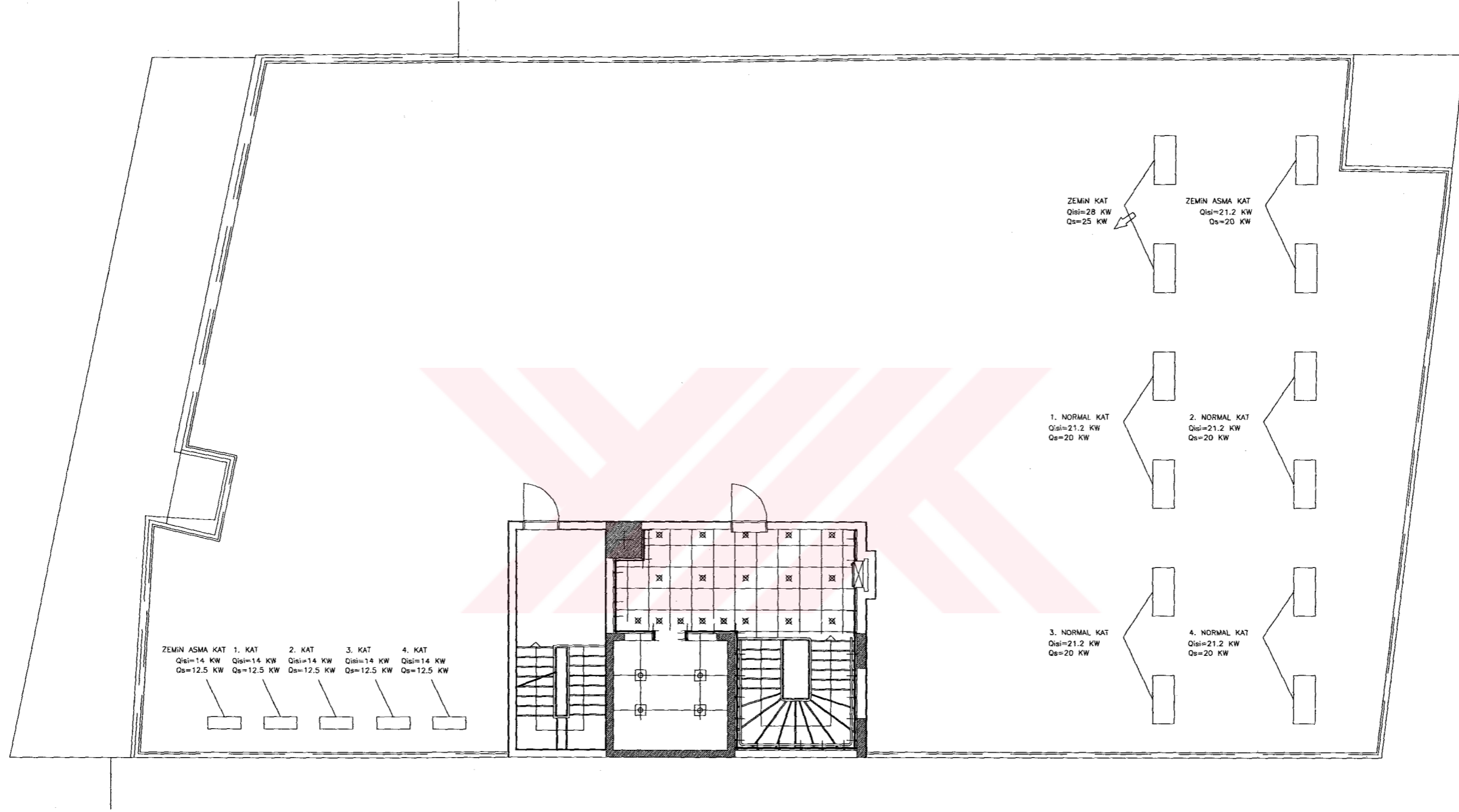






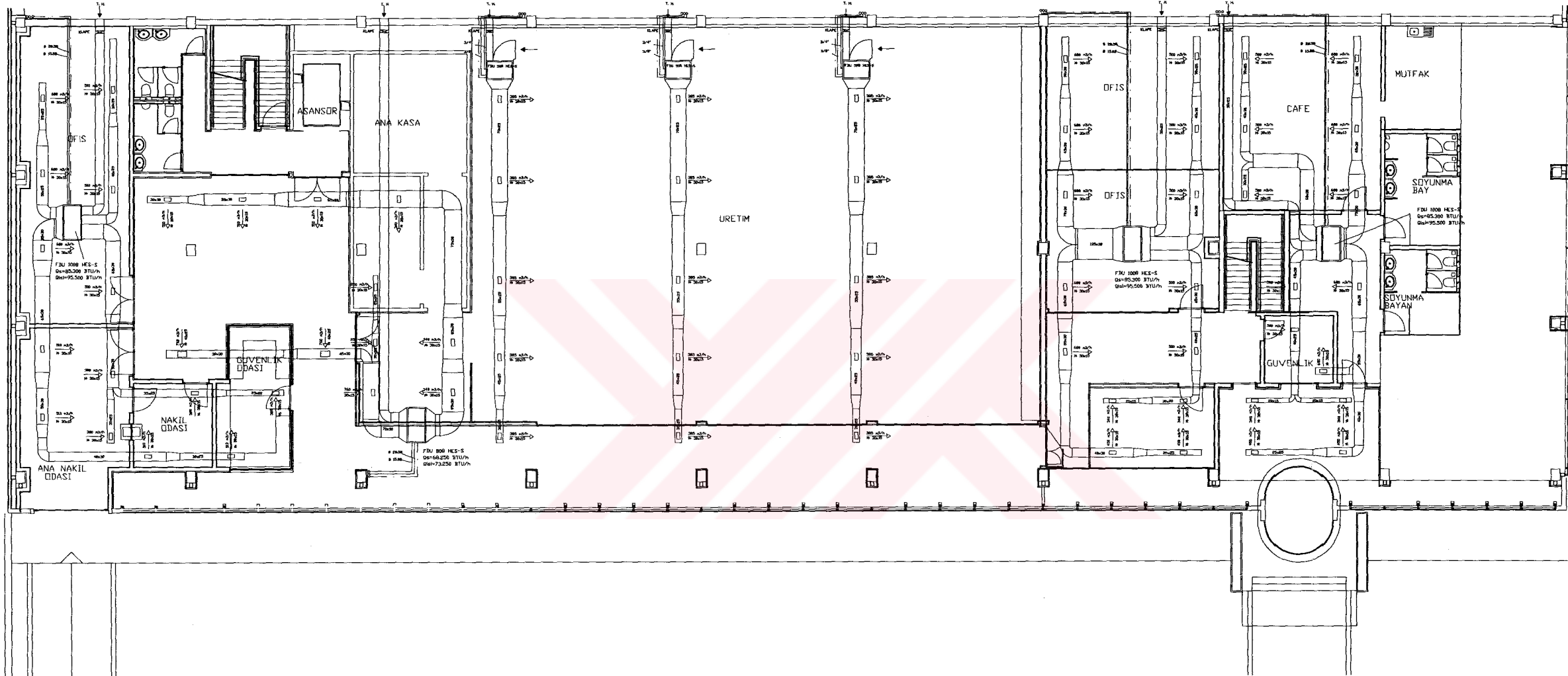
# ÇOBANÇESME İŞ MERKEZİ

pafta adı: KANALLI SPLIT KLİMA SİSTEMİ  
4. NORMAL KAT PLANI



# ÇOBANÇESME İŞ MERKEZİ

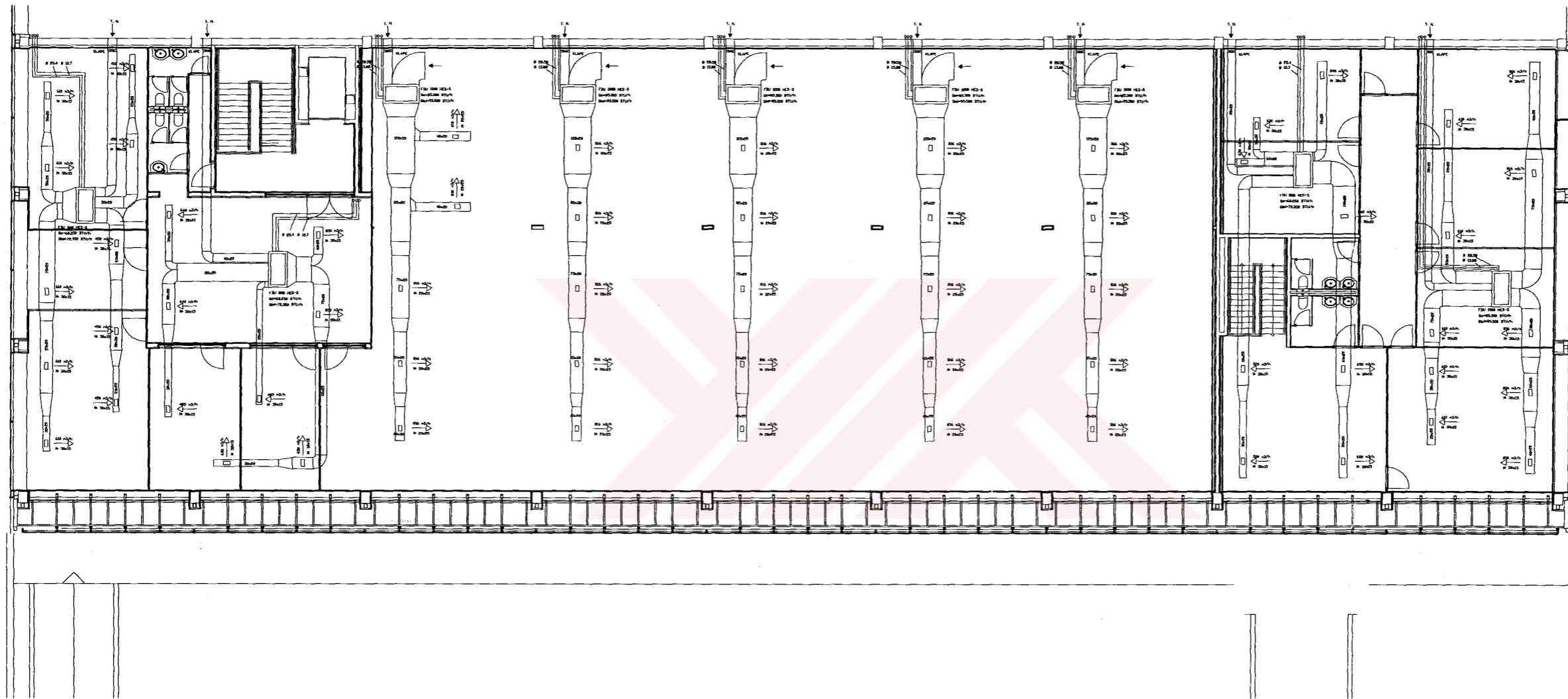
pafta adı: KANALLI SPLİT KLİMA SİSTEMİ  
ÇATI KATI YERLEŞİM PLANI



# PLASTCARD FABRİKASI

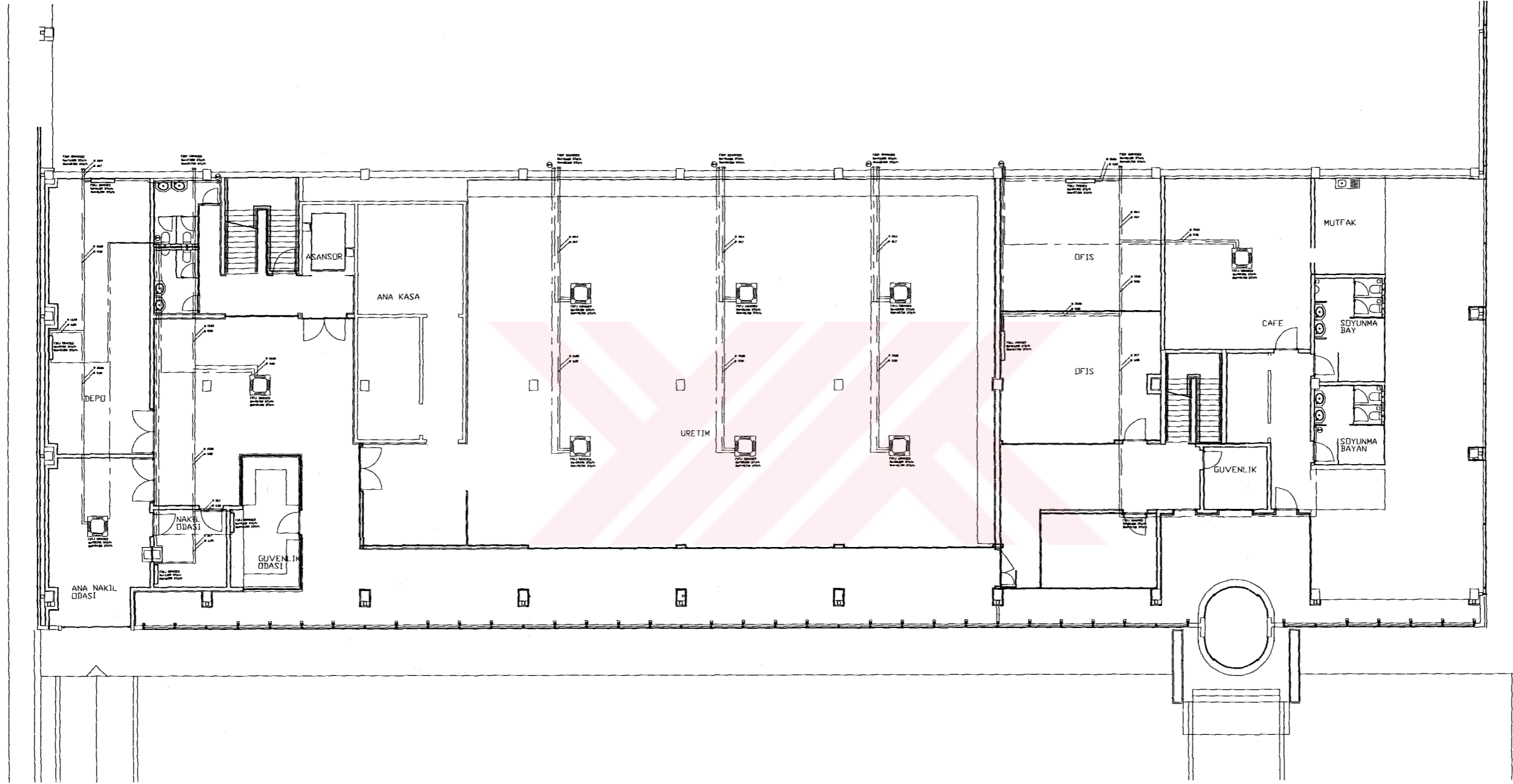
pafta adı: ZEMİN KAT

pafta tarihi:



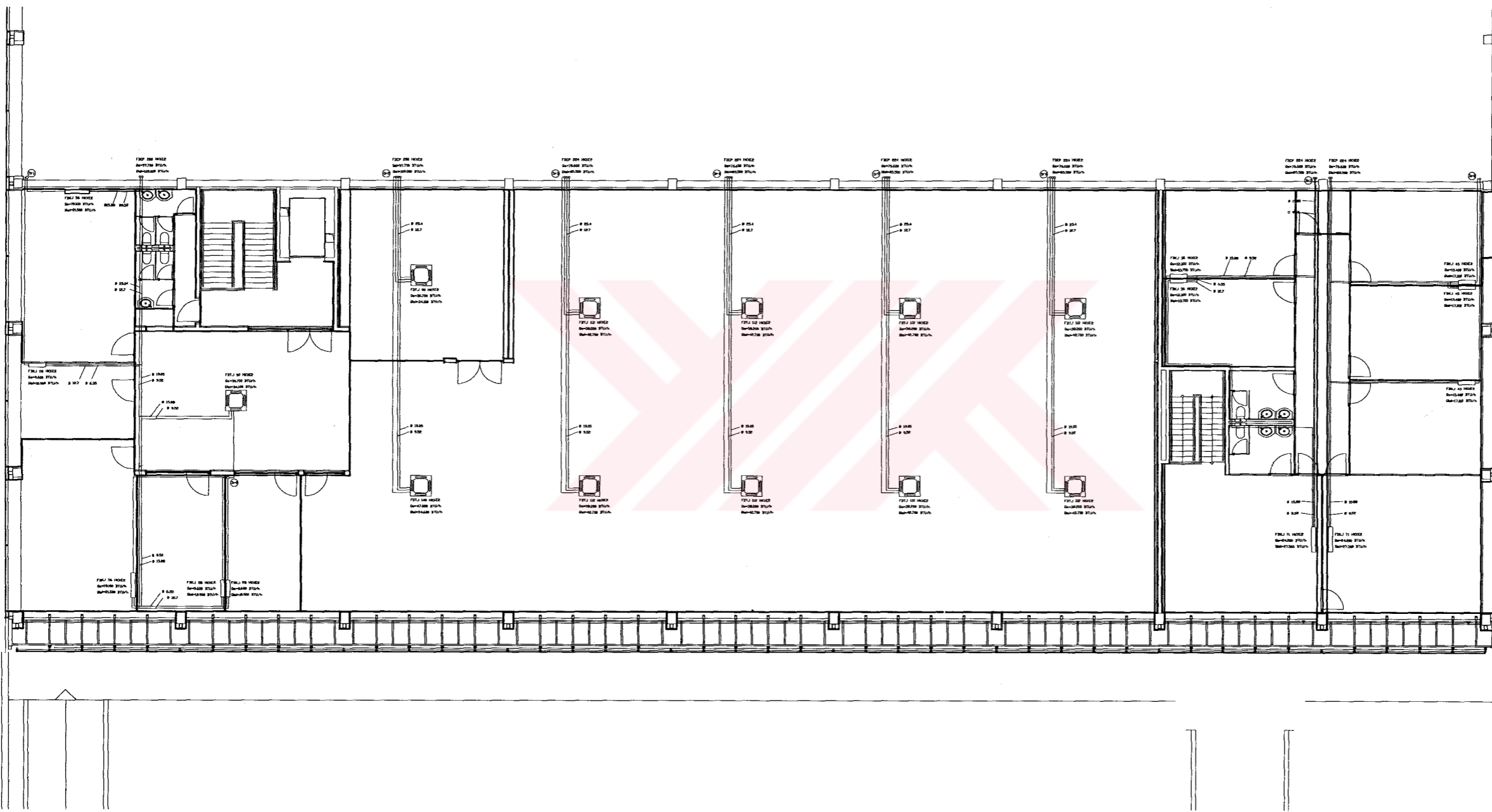
# PLASTCARD FABRIKASI

pafta ad: 1.KAT PLANI



# PLASTCARD FABRİKASI

pafta adı: ZEMİN KAT  
pafta tarihi:



# PLASTCARD FABRIKASI

pafta adı: 1.KAT PLANI  
 pafta taribi:

TC YÜSEKÖĞRETİM ENSTİTÜSÜ  
 DOKÜMANTASYON MERKEZİ

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum Tarihi	22.02.1978	
Doğum Yeri	İstanbul	
Lise	1992 - 1995	Pangaltı Lisesi
Lisans	1995 - 1999	Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak. Makine Müh. Bölümü
<b>Çalıştığı kurum</b>		
	1999 - Devam ediyor	Ar Tesisat Mühendislik Ltd. Şti.

