

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TERMİNAL BİNALARINDA ISITMA, SOĞUTMA,
HAVALANDIRMA TESİSATLARININ
PROJELENDİRİLMESİ VE UYGULANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak.Müh. Merve YENİCE

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : ENERJİ
Tez Danışmanı : Y.Doç.Dr.
Ekrem BÜYÜKKAYA

AĞUSTOS 2010

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TERMİNAL BİNALARINDA ISITMA, SOĞUTMA,
HAVALANDIRMA TESİSATLARININ
PROJELENDİRİLMESİ VE UYGULANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak.Müh. Merve YENİCE

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : ENERJİ

Bu tez 05/08/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr.
Ahmet KOLİP
.....
Jüri Başkanı

A. KOLİP

Yrd. Doç. Dr.
Ekrem Büyükkaya
.....
Üye

E. BÜYÜKKAYA

Dr. Kemal ÇAKIR
.....
Üye

K. ÇAKIR

ÖNSÖZ

Çalışmalarım sırasında değerli bilgi ve yardımları ile yanımda olan sayın hocalarım, Yrd. Doç. Dr. Ekrem BÜYÜKKAYA, Yrd. Doç. Dr. Kemal ÇAKIR'a, Öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi varlıkları ile daima yanımda olan ve beni destekleyen anneme, babama ve canım kardeşime, Desteğini benden hiç esirgemeyen ve tezimde çok büyük katkısı bulunan sevgili eşime, sonsuz teşekkürlerimi iletmek isterim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xii
SUMMARY.....	xiii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
ISITMA SİSTEMLERİ.....	3
2.1. Merkezi Isıtma Sistemleri.....	3
2.1.1. Pompalı sıcak sulu ısıtma sistemleri.....	12
2.1.2. İki borulu pompalı sıcak su sistemleri.....	12
2.1.2.1. Alttan dağıtım – alttan toplamalı sistem.....	12
2.1.2.2. Üstten dağıtım – alttan toplamalı sistem.....	15
2.1.2.3. Üstten dağıtım – üstten toplamalı sistem.....	15
2.1.3. Tek borulu dağıtım sistemleri.....	17
2.2. Tekil Isıtma Sistemleri.....	18
2.3. Bölge Isıtması (Uzaktan Isıtma Sistemleri).....	20
2.3.1. Bölgesel ısıtma sistemlerinin sınıflandırılması.....	21

BÖLÜM 3.

KLİMA SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI.....	27
3.1. Merkezi Tam Havalı Klima Sistemleri.....	27
3.1.1. Sabit havalı tek kanallı tek zonlu sistemler.....	27
3.1.2. Sabit debili karışım havalı sistemler.....	28
3.1.3. Değişken hava debili havalı klima sistemleri (VAV sistemleri)	29
3.1.4. Tam havalı sistemlerin avantajları.....	31
3.1.5. Tam havalı sistemlerin dezavantajları.....	33
3.2. Merkezi Fan-Coil Tam Sulu Sistemler.....	33
3.2.1. İki borulu sistem.....	37
3.2.2. Dört borulu sistem.....	38
3.3. Değişken Soğutucu Akışkan Debili Sistem.....	39
3.4. Amerikan Klima Sistemleri.....	43
3.4.1. Amerikan sistem klimanın avantajları.....	45
3.4.2. Amerikan sistem klima ile fan-coil sistem karşılaştırılması.....	47

BÖLÜM 4.

ISI YALITIM HESABI.....	50
4.1. Giriş.....	50
4.2. Binanın Özgül Isı Kaybı Çizelgesinin Doldurulması.....	51
4.3. Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Çizelgesinin Doldurulması.....	57
4.3.1. Hesabın standarda uygunluğunun saptanması.....	63
4.4. Yapı Elemanlarından Buhar Geçişinin Tahkiki ve Sınıflandırılması...	65
4.5. Isı Kaybı Hesabının Yapılması.....	67
4.5.1. Giriş.....	67
4.5.2. Isı kaybı hesabı çizelgesinin doldurulması.....	70
4.5.2.1. Yapı bileşeninin sütunu.....	71
4.5.2.2. Alan hesabı sütunu.....	71
4.5.2.3. Isı kaybı hesabı sütunu.....	72
4.5.2.4. Artırımlar sütunu.....	73
4.5.2.5. Toplam ısı ihtiyacı sütunu.....	78

BÖLÜM 5.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	91
KAYNAKLAR.....	93
EKLER.....	95
Ek A.....	96
Ek B.....	107
ÖZGEÇMİŞ.....	112

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

$^{\circ}\text{C}$: Santigrat derece
kW	: Kilowatt
m^3	: Metreküp
kWh	: Kilowatt saat
%	: Yüzde
"	: İnç
mmSS	: Milimetre su sütunu
m	: Metre
Q	: Isı kaybı
t	: Zaman
MW	: Megavat
Gcal	: Cigakalori
HVAC	: Heating Ventilating and Air Conditioning
VAV	: Variable air volume
PKKP	: Plate konvektör konvektör plate
vb.	: Ve benzeri
A_n	: Binanın kullanım alanı
$V_{\text{brüt}}$: Brüt hacim
$Q_{\text{yıl}}$: Yıllık ısıtma ihtiyacı
A_{top}	: Binanın toplam alanı
U_D	: Dışduvarın ısı geçirgenlik katsayısı
U_p	: Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı
U_T	: Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı
U_t	: Zemine oturan tabanın/döşemenin ısı geçirgenlik katsayısı
U_d	: Dış hava ile temas eden tabanın ısı geçirgenlik katsayısı
U_{dsic}	: Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı

A_D	: Dış duvarın alanı
A_p	: Pencerenin alanı
A_T	: Tavan alanı
A_t	: Zemine oturan taban/döşeme alanı
A_d	: Dış hava ile temas eden tabanın/döşemenin alanı
A_{dsic}	: Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının alanı
λ_h	: Isı iletkenlik hesap değeri
n_h	: Hava değişim katsayısı
V_h	: Havalandırılan hacim
H_i	: Isı geçişi yoluyla gerçekleşen ısı kaybı
H_h	: Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı
g_{\perp}	: Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü
$T_{i,ay}$: Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı
$T_{d,ay}$: Aylık ortalama dış hava sıcaklığı
$\Phi_{i,ay}$: Aylık iç kazançlar
$\Phi_{g,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı
H	: Binanın özgül ısı kaybı elemanlarının alanı
η_{ay}	: Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü
U	: Yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik katsayısı
Λ	: Toplam ısı iletkenlik katsayısı
Q_s	: Sızıntı yoluyla olan ısı kaybı
α	: Sızdırganlık katsayısı
l	: Dış duvarlar üzerinde bulunan pencere ve kapıların açılan kısımlarının çevre uzunluğu
R	: Oda durum katsayısı (Yapı iç hacminin rüzgar geçirgenlik katsayısı)
Z_e	: Köşe açıklıkları etki katsayısı
ρ	: Dış havanın yoğunluğu
C	: Sabit basınçta havanın özgül ısı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Döküm kazan.....	4
Şekil 2.2.	Çelik kazan.....	5
Şekil 2.3.	Borulu ısıtıcı.....	7
Şekil 2.4.	Dilimli radyatör.....	8
Şekil 2.5.	Panel radyatör.....	9
Şekil 2.6.	Konvektör.....	10
Şekil 2.7.	Döşeme tipi konvektör.....	10
Şekil 2.8.	Döşeme tipi konvektör uygulaması.....	10
Şekil 2.9.	Sıcak hava apareyi.....	11
Şekil 2.10.	Fan-Coil.....	11
Şekil 2.11.	Açık genişleme kabı olan alttan dağıtım- alttan toplamalı sistem.	14
Şekil 2.12.	Açık genişleme deposu alttan dağıtım- alttan toplamalı sistem (klasik sistem).....	14
Şekil 2.13.	Kapalı genişleme kabı olan alttan dağıtım- alttan toplamalı sistem.....	15
Şekil 2.14.	Kapalı genişleme deposu olan üstten dağıtım- alttan toplamalı sistem.....	16
Şekil 2.15.	Açık genişleme deposu olan üstten dağıtım- alttan toplamalı sistem.....	16
Şekil 2.16.	Tek borulu yatay ısıtma sistemi.....	18
Şekil 2.17.	By-pass detayı ve venturi parça.....	18
Şekil 2.18.	Tek taraflı alttan dağıtım- alttan toplamalı sistem.....	19
Şekil 2.19.	İki taraflı alttan dağıtım- alttan toplamalı sistem.....	19
Şekil 2.20.	Üstten dağıtım- üstten dağıtım sistem.....	19
Şekil 2.21.	Kollektörlü sistem.....	20
Şekil 2.22.	Bölgesel ısıtma sistemi ve ana bölümleri.....	22

Şekil 3.1.	Tek kanallı sistem.....	28
Şekil 3.2.	Sabit debili karışım havalı klima santralleri.....	29
Şekil 3.3.	Tek kanal VAV.....	30
Şekil 3.4.	VAV uygulaması örnek kat planı.....	32
Şekil 3.5.	İki borulu sistem.....	38
Şekil 3.6.	Dört borulu sistem.....	39
Şekil 3.7.	Değişken soğutucu akışkan debili sistem.....	41
Şekil 3.8.	Değişken soğutucu akışkan debili sistemlerde borulama.....	42
Şekil 3.9.	Amerikan tip klima sistemi.....	49
Şekil 4.1.	İletim ve taşınım yoluyla ısı geçişi.....	68
Şekil 4.2.	Dış duvar1'in kesit görüntüsü.....	85
Şekil 4.3.	Dış duvar2'nin kesit görüntüsü.....	86
Şekil 4.4.	İç duvar1'in kesit görüntüsü.....	87
Şekil 4.5.	İç duvar2'nin kesit görüntüsü.....	88
Şekil 4.6.	Çatının kesit görüntüsü.....	89

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Bölge ısıtması ile bina bazında merkezi ısıtma sisteminin karşılaştırılması.....	24
Tablo 4.1.	Binanın özgül ısı kaybı çizelgesi.....	52
Tablo 4.2.	Örnek binanın özgül ısı kaybı çizelgesinin doldurulmuş hali.....	54
Tablo 4.3.	Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgesi.....	58
Tablo 4.4.	Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgeleme faktörü seçimi.....	60
Tablo 4.5.	Saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü seçimi.....	61
Tablo 4.6.	Bölgelere göre Atop/ Vbrüt oranlarına bağlı olarak gereken Q'nun hesaplanması.....	64
Tablo 4.7.	En büyük ve en küçük a/v oranları için ısıtma enerjisi değerleri..	64
Tablo 4.8.	Örnek binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgesinin doldurulmuş hali.....	66
Tablo 4.9.	Isı kaybı hesabı çizelgesi.....	70
Tablo 4.10.	Isı kaybı hesabında yapı bileşenleri için kullanılan semboller.	71
Tablo 4.11.	Yüzeysel ısı taşınım dirençleri.....	73
Tablo 4.12.	Kapı ve pencerelerin ortalama ısı geçirme katsayıları (U).....	74
Tablo 4.13.	Tesisat projelerinde kullanılan iç hava sıcaklıkları.....	75
Tablo 4.14.	Binalarda ısıtılmayan bölgelerin sıcaklıkları.....	76
Tablo 4.15.	Birleştirilmiş artırım katsayısı (ZD).....	77
Tablo 4.16.	Kat yükseklik artırım çizelgesi (ZW).....	78
Tablo 4.17.	Yön artırım çizelgesi (ZH).....	78
Tablo 4.18.	Kapı ve pencerelerin sızdırganlık katsayıları (a).....	79
Tablo 4.19.	Yaklaşık açılan pencere uzunluğunu belirleyen çizelge.....	80
Tablo 4.20.	Oda durum katsayısı (R).....	81
Tablo 4.21.	Bina durum katsayısı (H) (kJ/m ³ K).....	81

Tablo 4.22.	Örnek binanın birinci kat hol mahallinin ısı kaybı hesabı çizelgesinin doldurulması.....	83
Tablo 4.23.	Örnek binanın 4. kat servis mutfağının ısı kaybı hesabı çizelgesinin doldurulması.....	84
Tablo 4.24.	Örnek binanın 4. kat kafenin ısı kaybı hesabı çizelgesinin doldurulması.....	84
Tablo 4.25.	Örnek binanın 1. kat mescidin ısı kaybı hesabı çizelgesinin doldurulması.....	84
Tablo 4.26.	Örnek binanın 1. kat emanet dolaplarının ısı kaybı hesabı çizelgesinin doldurulması.....	84
Tablo 4.27.	Dış duvar1'in ısı geçirgenlik katsayısı hesap tablosu.....	85
Tablo 4.28.	Dış duvar2'nin ısı geçirgenlik katsayısı hesap tablosu.....	86
Tablo 4.29.	İç duvar1'in ısı geçirgenlik katsayısı hesap tablosu.....	87
Tablo 4.30.	İç duvar2'nin ısı geçirgenlik katsayısı hesap tablosu.....	88
Tablo 4.31.	Çatının ısı geçirgenlik katsayısı hesap tablosu.....	90

ÖZET

Anahtar kelimeler: Terminal binaları, ısıtma, soğutma, havalandırma, ısı kaybı hesabı

Bu tezin amacı, terminal binaları gibi insanların sürekli girip çıktığı, büyük hacimli binalar için en uygun ısıtma, soğutma ve havalandırma sisteminin seçilebilmesi için bir kaynak oluşturmaktadır.

Tezin oluşturulmasında ilk olarak ısıtma sistemleri ve klima sistemleri sınıflandırılmış ve sistem seçim kriterleri değerlendirilmiştir. Bir sonraki aşamada ısıtma ve klima sistemleri tek tek açıklanmış ve bu sistemlerde kullanılan cihazlara değinilmiştir. Sistemlerin avantajlı ve dezavantajlı durumları incelenmiş, sistemlerin birbiriyle karşılaştırılması yapılmıştır. Bir sonraki bölümde bir binanın ısı yalıtım yönetmeliğine uygunluğunun nasıl saptandığı anlatılmış ve örnek binamızda ısı yalıtım yönetmeliğine uygunluk uygulanmıştır. Daha sonra ısı kaybı hesabının nasıl yapıldığı anlatılmış ve örnek binamızda çeşitli hacimler seçilerek bu hacimlerin ısı kaybı hesabı yapılmış ve kullanılacak cihazların seçimi yapılmıştır. Çalışmanın içinde örnek binamızın ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri yapım aşamasında incelenerek, fotoğraflandırılmıştır.

Sonuç kısmında; sistemler karşılaştırılarak terminal binaları ve benzeri binalarda ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinden hangisinin kullanılmasının daha uygun olacağı konfor, servis bakım kolaylığı, işletme kolaylığı, kuruluş maliyeti, işletme maliyeti, çevre faktörü gibi kriterler açısından değerlendirilmiştir.

PROJECT PREPARATION AND APPLICATION OF COOLING AND VENTILATION SYSTEMS IN TERMINAL STATIONS

SUMMARY

Key Words: Terminal Stations, Heating, Cooling, Ventilation, Heat Loss Calculation

The aim of this dissertation is to provide a source for the selection of appropriate heating, cooling and ventilation systems in publicly used buildings.

At the preparation period of the dissertation, firstly heating and air conditioning systems were classified and system selection criteria were evaluated. At the next step, the above mentioned systems were separately identified and the equipments used in these systems were mentioned. Advantageous and disadvantageous sides of the systems were examined and comparisons were made between them. In the next section it was explained how to determine the conformity of a building to the heating isolation regulations. Later, picking some several volumes in the sample building, their heating loss calculations and the selection of equipments to be used were made. In the study, heating, cooling and ventilation systems were examined during the construction of the building and they were all photographed.

In the conclusion part, with the comparison of the systems, it was evaluated which heating, cooling and ventilation systems to be used in terminal stations and similar buildings considering the criteria of comfort, maintenance and operation easiness, investment cost, operation cost and environmental factors.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Isıtma, soğutma veya havalandırma sistemi tasarlanırken tesisatların yapılacağı yerlerin kullanım amaçları, büyüklükleri, işverenin istekleri gibi değerlerin yanı sıra sistem seçim kriterleri de seçimin yapılabilmesinde birinci derecede etkilidir. Sistem seçim kriterleri aşağıdaki şekilde kısaca özetlenebilir [1].

1. Konfor

Isıtma, soğutma veya havalandırma sistemlerinin asıl yapılış amacı konfor olduğu için en önemli kriterlerden biridir. Konforun tam anlamıyla sağlanabilmesi için sıcaklık, taze hava miktarı, gürültü kontrolü, nem, temizlik gibi değerlerin dış hava şartları ne olursa olsun iç ortamda istenilen şartlara getirilebilmesi gereklidir.

2. Kuruluş maliyeti

İşveren için en önemli kriterlerden birisi de kuruluş maliyetidir. Projenin yapım aşamasında maliyetin düşük tutulması istenmektedir. Ancak önemli olan sistemin çalıştığı süre boyunca ortaya çıkacak olan işletme maliyetinin de düşük olmasıdır. Yani işletme maliyeti ve yatırım maliyeti toplamının düşük olmasıdır.

3. İşletme maliyeti

Günümüzde enerji maliyetinin artması, işletme maliyetini etkilemiştir. İşletme giderlerinin içinde yakıt, servis ve bakım giderleri bulunmaktadır. Sistemin kuruluş maliyeti ucuz, ancak işletmesi pahalı ise sistem yanlış bir sistemdir. Sistemin maliyeti yüksek, ancak aynı zamanda verimi de yüksek ise, sistem toplam maliyette ucuz sisteme göre daha avantajlı olabilmektedir.

4. Servis bakım sıklığı ve kolaylığı

Kullanıcı için ilk etapta pek düşünülmeyen servis ve bakım, bir arıza anında konforu kesintiye uğrattığı için sonradan önem kazanmaktadır. Sistemin mümkün olduğu

kadar basit, az bakım ve servis isteyen sistemlerden seçilmesi önemlidir. Sistem seçerken, bakım ve servisinin kimler tarafından yapılacağı mutlaka düşünülmelidir. Servis gereksinimi olan cihazların yaşanan mahallerin dışına monte edilmiş olmasına ve kolay servis yapılabilmesine olanak vermesine, proje yapılırken özen gösterilmelidir.

5. İşletme kolaylığı

Sistemin işletilmesinin kolaylığı, servis ve bakım kolaylığından farklı düşünülmelidir. İşletmenin mümkünse kalifiye teknik insanlara ihtiyaç olmadan yapılabilmesi önemlidir.

6. Çevre faktörü

Günümüzde çevre faktörü, mühendislik kriteri üzerinde tek başına belirleyici bir kriter olabilmektedir. Türkiye hala ciddi çevre koruma sınırları getirilmemiş bir ülke olsa da yakın gelecekte ileri ülkelerde olduğu gibi yakıt, akışkan, ekipman ve sistem seçiminde çevre daha belirleyici bir hale gelecektir.

Tez kapsamında incelemesi yapılacak olan ısıtma sistemleri,

1. Merkezi ısıtma sistemleri
2. Tekil ısıtma sistemleri
3. Bölge ısıtması (uzaktan ısıtma sistemleri)

Tez kapsamında incelemesi yapılacak olan klima sistemleri,

1. Merkezi tam havalı klima sistemleri
2. Merkezi fan-coil tam sulu sistemler
3. Değişken soğutucu akışkan debili sistem
4. Amerikan klima sistemleri

BÖLÜM 2. ISITMA SİSTEMLERİ

2.1. Merkezi Isıtma Sistemleri

Birçok odaların, salonların, banyoların vb. yerlerin ısıtılması için gerekli ısı miktarlarının belirli bir yerde üretilip çeşitli taşıma organlarıyla ısıtılması gerekli olan yerlere taşınarak yapılan ısıtma şeklidir. Boruyla ya da havayla taşınır [2].

Blok halinde yapılmış bir binadaki en uygun ısınma ihtiyacı, merkezi sistem ile karşılanır. Binadaki bir kazan dairesinde hazırlanan sıcak su, binadaki her daire veya birime ayrı ayrı gönderilir. Kazanda her türlü yakacağın yakılması mümkündür de çevre açısından doğalgaz ve sıvı yakıt tercih edilmektedir. Ülkemizde her bağımsız birimin, kullandığı kadar ısı enerjisini ölçen cihazların yaygınlaşmamış olması nedeniyle, maalesef bu teknikle ısınmada bazen gereksiz yere enerji savurganlığı ortaya çıkabilmektedir. Bilinçli kullanıldığında hem yatırım hem de işletme açısından merkezi ısıtma sistemi, bireysel ısıtma sistemine göre daha avantajlıdır.

Bir sıcak su sistemi genel olarak sıcak su kazanı, su taşıyıcı borular, ısıtıcı elemanlar, sirkülasyon pompası, genleşme kabı, otomatik kontrol cihazları, çeşitli donatım ve ara parçalarından oluşur. Isıtıcı akışkan olarak sıcaklığı 110°C değerinin altında bulunan sıcak su kullanılır. Sıcak su sistemlerinin büyük çoğunluğu atmosfere açıktır ve su sıcaklığı 90°C değerini aşmaz. Sıcak su kazanında üretilen sıcak su borularla ısıtılacak hacimlere yerleştirilmiş radyatör, konvektör, sıcak hava apareyi gibi ısıtıcı elemanlara taşınır. Burada soğuyarak ısınıp oda hacmine bırakan sıcak su kazana geri döner [1].

Kazanlar; istenilen sıcak suyun elde edildiği bir çeşit ısı değiştiricilerdir. Isı enerjisi olarak kömür, fuel-oil ve doğalgaz yakıt olarak kullanılmaktadır. Merkezi ısıtma sistemlerinde kullanılan çeşitli kazan tipleri vardır.

Döküm kazanlar dilimler halinde dökülüp montajı yapılarak elde edilir (Şekil 2.1). Döküm olduğu için korozyona dayanıklıdır. Bu nedenle uzun ömürlüdür ama pahalıdır. Yüksek basınca dayanıklı olmadıklarından buhar kazanları için uygun değildir. Döküm kazanlar sıcak su ve alçak basınçlı (0,5 atü) buhar üretiminde kullanılabilirler.

Çelik kazanlar genelde silindirik veya yarım silindirik şeklinde, sac ve duman boruları kullanılarak yapılmıştır (Şekil 2.2). Korozyona döküm kadar dayanıklı değildir, ömürleri döküm kazanlara göre daha kısadır, yaklaşık 20 yıldır. Çünkü boru ve sac kısımlar su ve duman gazlarının korozyon etkisine maruzdur. Kalıp çelik kazanlar yüksek basınç ve sıcaklığa dayanıklıdır. Düşük sıcaklıklarda çalışma halinde soğuk yüzeyler üzerinde asit ve su buharı yoğunlaşması meydana gelir. Kazanlar çabuk çürür. Bu olay özellikle fuel-oil yakan çelik kazanların korozyon nedeniyle kısa zamanda işe yaramaz hale gelmesine yol açar. Bu korozyonun önlenmesi için kazan su sıcaklığının 55°C'den, baca gazı sıcaklığının ise 150°C'den aşağı düşmemesi gerekir. Bunun için de 3 veya 4 yollu karıştırma vanaları ile kazandaki su sıcaklığının yüksek tutulması gerekir.



Şekil 2.1. Döküm kazan



Şekil 2.2. Çelik kazan

Standart gaz kazanlarının iki tipi vardır. İlki olan atmosferik brülörlü standart doğalgaz kazanlarında yanma olayı düşey doğrultuda gerçekleşir ve göreceli olarak daha küçük bir yanma odası yeterlidir. Yanma için gerekli hava doğal baca çekişi ile sağlanır. Gaz ile hava karışımının yakılması atmosferik yakıcılarda gerçekleşir. Atmosferik brülörlü kazanlar 700 kW güce kadar kullanılabilir. İkincisi ise üflemlü brülörlü standart doğalgaz kazanlarıdır. Bu kazanlarda su ile çevrili kapalı yanma odası söz konusudur. Gerekli hava cebri olarak fanla temin edilir. Brülör ve yanma odası birbirine uygun olmalıdır [3].

Modern düşük sıcaklık kazanlarında yıllık yakıt tüketiminin ve çevreye verilen zararın en aza indirilmesi temel tasarım hedefleridir. Yıllık yakıt giderinin azaltılması anlamında kazan ısı veriminin yükseltilmesi demek sadece anma ısı veriminin artırılması demek değildir. Bu anlamda asıl önemli olan kısmi yüklerde kazan veriminin yüksek olması, düşmemesidir. Buna göre modern kazanlarda aranan özellikler özetle;

- Düşük baca gazı sıcaklığı,
- Düşük su sıcaklıkları ile çalışma,
- Yanma veriminin yüksek olması,
- Düşük emisyon değerleridir.
- Diğer önemli bir konu ise gereksiz aşırı ısınmanın önlenmesidir [4].

Bu özelliklerin temini için dikkat edilecek üç nokta vardır:

- Düşük sıcaklığa bağlı olarak sisteme (veya her zona) beslenen sıcak su sıcaklığını kontrol etmek.
- Kazan su sıcaklığının mümkün olduğu kadar düşük tutmak.
- Baca gaz sıcaklığının mümkün olduğu kadar düşük tutmak.

Yoğuşmalı sıcak su kazanlarında baca gazları içindeki su buharının yoğuşturulması sonucu yanma ürünlerinin (baca gazları) gizli ısısından da (yoğuşma ısısı) kısmen yararlanılabilmektedir. Bu nedenle yakıtın alt ısı değerine göre tanımlanan klasik verim, bu kazanlarda %100'ün üzerinde olabilmektedir. Buna göre teorik olarak elde edilebilecek ideal maksimum verim değeri, yakıtın üst ve alt ısı değerleri arasındaki oranla belirlidir. Örneğin 1 m³ propan yandığı zaman duyulur ısı olarak (alt ısı değeri) 25,88 kWh ısı açığa çıkar. Teorik olarak bu ısının tamamını suya geçirebilen bir kazanda verim %100 olacaktır. Ancak duman gazları içindeki suyu da yoğuşturmak mümkün olursa, bu durumda 1 m³ yakıttan gizli ısı artı duyulur ısı toplamı olarak 28,11 kWh elde edilebilir ki, bu yakıtın üst ısı değeridir. Klasik verim tarifine göre tam yoğuşma yapılabilmesi halinde, böyle bir kazanın verimi teorik olarak $28,11/25,88 = \%109$ değerine ulaşabilecektir. Buradan da anlaşılacağı gibi, yoğuşmalı kazanlarda ulaşılacak maksimum verim değerleri yakıt cinsine bağlıdır [5].

Merkezi ısıtma sistemlerinde kullanılan çeşitli ısıtıcı elemanlar kısaca şöyle özetlenebilir:

Borulu ısıtıcılar boruların bükülerek elde edildiği ısıtıcı tipidir (Şekil2.3). Uzun boru gerektiğinden ve görüntüsü uygun olmadığından günümüzde kullanılmaz.

Borulu ısıtıcılar ısıtıcı elemanların en basit şeklidir. Yatırım maliyeti yüksektir. Ancak kolay uygulanabilme ve kolay temizlenebilme üstünlükleri vardır. Borulu ısıtıcıların ısıtıcı eleman olarak kullanıldığı örnek uygulama alanı seralardır. Genellikle ısıtıcı yüzey olarak kullanılan düz boruların anma çapları 1" ile 4" arasında değişmektedir. İçinden sıcak su ve buhar geçen, durgun havaya yerleştirilmiş düz borularda ısı transfer hızı düşüktür. Dolayısıyla belirli bir ısı yükünü karşılayabilmek için göreceli olarak uzun boru boylarına ihtiyaç vardır. Bu ısıtıcı elemanlardan yayılan ısı;

$$Q = K.F.\Delta T \quad (2.1)$$

olarak ifade edilebilir. Burada ΔT boru içindeki ortalama akışkan sıcaklığı ile durgun hava sıcaklığı arasındaki fark, F yüzey miktarı ve K toplam ısı transfer katsayısıdır.



Şekil 2.3. Borulu ısıtıcı

Radyatörlerde ısı, çevreye ışınım (radyasyon) ve taşınım (konveksiyon) olmak üzere iki yolla yayılır. 90/70°C sıcak sulu ısıtma tesislerinde ortalama yüzey sıcaklığı 80°C olup, bu düşük sıcaklıktaki ısınım miktarı azdır. Genel olarak radyatörlerde ısının ancak %20-40 arasındaki bir kısmı ışınım ile yayılır. Asıl büyük kısım taşınım ile yayılmaktadır. Işınım ile olan ısı geçişine radyatörün malzemesinden çok boyanın cinsi ve radyatörün geometrisi etki etmektedir. Siyah ve mat boyalı radyatörlerde ışınım fazladır. Ancak boyanın rengi fazla etkili değildir. Parlak metalik boyalarda ise ışınım önemli ölçüde azalır. Alüminyum veya bronz gibi parlak metalik boyalar ışınımı %50, toplam radyatör ısı gücünü ise %10 mertebesinde düşürür [6].

İkinci etken radyatör geometrisidir. Dış projeksiyon yüzey alanı fazla olan radyatörlerde ışıınım oranı da yüksektir. Bu açıdan ince döküm radyatörlerde ve panel radyatörlerde ışıınım oranı yüksektir. Alüminyum radyatörlerde ise kanatlı yüzey kullanıldığından dış yüzeyler doğrudan su ile temas etmez ve düşük sıcaklıktadır. Bu nedenle ışıınım oranları da düşüktür. Yüzey pürüzlülüğünün de ışıınıma etkisi vardır. Pürüzlü döküm yüzeyler düz yüzeylere göre bir parça daha iyi ışıınım yaparlar.

Dilimli radyatörler dilimler halinde dökülerek, dilimlerin bir araya getirilmesi suretiyle istenilen güce kadar ayarlama imkanı vardır (Şekil 2.4). Dilimli radyatörler yapıldığı malzeme cinsine göre isim alır. Döküm, çelik, alüminyum... gibi. Dökme demir ve alüminyum radyatörler korozyona karşı dayanıklı olduklarından uzun ömürlüdürler. Çelikler daha az ömürlüdür, korozyona döküm kadar dayanamazlar. Dökme demirde radyatörün ısınması ve soğuması geç olur, bu nedende uzun süre kalınacak yerlerde kullanılması daha uygundur. Çelik ve alüminyum radyatör çabuk ısınır, çabuk soğur. Kalorifer suyunun sık sık değiştirileceği durumlarda döküm ya da alüminyum radyatör kullanılmalıdır. Çünkü su değişimi korozyonu artırır. Normalde arıza olmadığı takdirde kalorifer suyu boşaltılmaz.



Şekil 2.4. Dilimli radyatörler

Panel radyatörler çelik saclardan fabrikasyon olarak standart ebatlarda imal edilebilen radyatörlerdir, ekleme yapılamaz. Levha ve konvektörlerin birleştirilmesiyle elde edilir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Panel radyatörler

Konvektörler kanatlı borulardan yapılmışlardır (Şekil 2.6, 2.7, 2.8). Bir kasa içine kanatlı borular yerleştirilerek elde edilir. Aynı ısı kapasitesi için radyatörlerden daha hafif, daha ucuzdur ve daha az yer kaplarlar. Vantilatör ve aspiratör bulunmaz. İşyerlerinde, otomobil ve vagon gibi araçların klimalarında kullanılırlar.

Konvektörler öz olarak kanatlı borulardan oluşur. Bu kanatlı borular baca etkisi yaratmak üzere bir kaset içine yerleştirilmiştir. Kasetin alt tarafından giren soğuk hava kanatlı ısıtıcı borularda ısınır ve yükselen ısınmış hava kasetin üst tarafından odaya verilir. Konvektörleri radyatörlerden ayıran ana özellik ısı geçiş şekline bağlıdır. Konvektörlerde odaya radyasyonla ısı yayımı çok azdır. Buna karşılık baca etkisi dolayısı ile artan hava hızlarına bağlı olarak ısı geçişi %95-98 gibi büyük bir oranda konveksiyonla olur. Konveksiyonla ısı geçişini artırmak için konvektörlerde kanatlı boru kullanılır. Konvektörlerde ısıtma yüzeylerine doğrudan temas etmek mümkün olmadığından bu tip ısıtıcılarda 90°C’de daha büyük sıcaklıklarda akışkanla ısıtma yapılabilir. Böylece konvektörün ısıl gücü de artmış olur. Bu nedenle endüstriyel uygulamalarda, konvektörlerde yüksek sıcaklıklarda kaynak su veya buhar kullanılabilir.



Şekil 2.6. konvektör



Şekil 2.7. Döşeme tipi konvektör



Şekil 2.8. Döşeme tipi konvektör uygulaması

Sıcak hava apareylerinde hava hızı vantilatörlerle sağlanır. Salon, duvar ve tavan tipleri mevcuttur. Aynı ısıl güç için diğer ısıtıcılardan daha az yer kaplar ve çok çabuk devreye girer yani ortamı çabuk ısıtır. Daha ziyade atölye ve benzeri iş yerlerinde, fabrikalarda, kantin, kafeterya ve düğün salonu gibi yerlerde kullanılır. Vantilatörden dolayı sesli çalıştığından büyük hacimlerde kullanılır. Vantilatör havayı emer, kanatlı boruya basar, oradan üflenerek salona geçer (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Sıcak hava apareyi

Fan-Coil hem ısıtma hem soğutma için kullanılan fan-coiller kanatlı boruların ve kademeli vantilatörün bir kasa içine yerleştirilmesiyle elde edilir. Pencere önüne konulan tipleri olmakla beraber tavana konulan tipleri de mevcuttur. Vantilatörün tanım kumandası otomatik olarak da iç ortam sıcaklığına ayarlanarak gerçekleştirilebilir. Kanatlı borunun (serpantin) içinden kışın sıcak su geçirilerek ısıtma, yazın soğuk su geçirilerek soğutma işlemi yapılabilmektedir. Daha ziyade otel ve benzeri iş yerinde tercih edilir (Şekil2.10).



Şekil 2.10. Fan-Coil

Sıcak sulu sistemler çeşitli kriterlere göre aşağıdaki sınıflara ayrılırlar:

- Dolaşım şekline göre; doğal dolaşım, pompalı dolaşım
- Uygulama büyüklüğüne göre; kat kaloriferi, merkezi blok ısıtması, bölgesel ısıtma
- Genleşme kabına göre; açık veya kapalı genleşme kabı
- Boru tesisatına göre; tek borulu, çift borulu

- Dağıtım ve toplama biçimine göre; alttan dağıtma alttan toplama, üstten dağıtma alttan toplama, üstten dağıtma üstten toplama

Doğal dolaşımli sıcak su sistemlerinde su gravite yardımı ile dolaşır. Kazanda ısınan su hafifler ve sistemin üst kısımlarına çıkar. Burada radyatörlerde soğuyup ağırlaşarak tekrar kazana geri döner. Dolaşım hızı geliş ve dönüşteki su sıcaklıkları arasındaki farka bağlıdır. Basınç farkları küçük olduğu için, büyük boru çapları gerektirir. Genellikle çift borulu olarak yapılır. Çift borulu sistemler içinde ise; sürtünme kayıplarının daha dengeli dağıldığı üstten dağıtma alttan toplama sistemi doğal dolaşım için en uygun çözümdür. Doğal dolaşımli sistemler bugünkü uygulamalarda yerlerini tamamen pompalı sistemlere bırakmışlardır [1].

2.1.1. Pompalı sıcak sulu ısıtma sistemleri

Pompalı sistemlerde sistemin bütün elemanlarında iyi bir dolaşım temin edilebilmektedir. Isıtma yükünün değişimine uygun olarak sistemdeki suyun sıcaklığı her noktada hızlı bir şekilde değiştirilebilir. Boru çapları doğal dolaşıma göre daha küçük tutulabilir. Bu sistemde suyun çalışma sıcaklıkları esnektir. 90°C olan çalışma sıcaklığı için dizayn edilmiş bir sistem, bahar ayları gibi ısı yükünün az olduğu zamanlarda daha düşük sıcaklıklarda çalıştırılabilir. Kısacası konfor ısıtmasına uygunluğu, esnekliği, ucuzluğu ve basitliği pompalı ısıtma sistemlerinin tercih nedenleridir.

2.1.2. İki borulu pompalı sıcak su sistemleri

Bu sistemde her ısıtıcıya biri besleme ve diğeri toplama olmak üzere iki boru ulaşır.

2.1.2.1. Alttan dağıtım - alttan toplamalı sistem

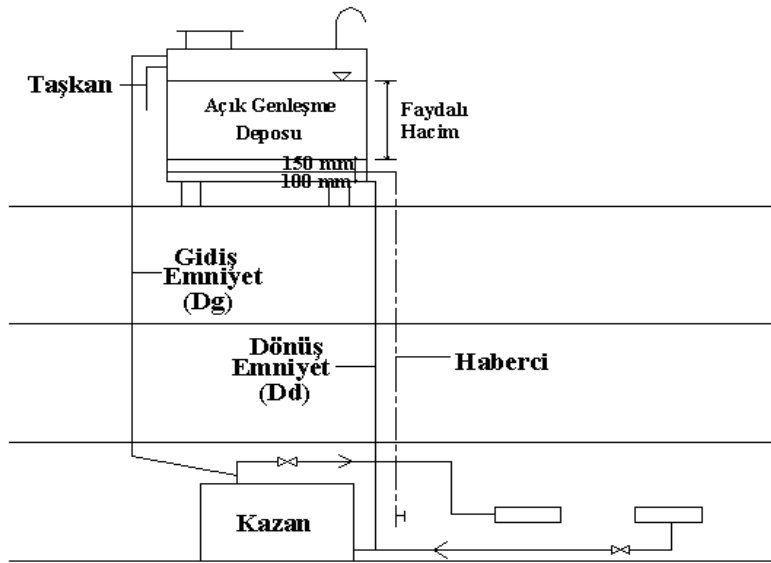
Bu sistemlerde genellikle bodrum kata yerleştirilen sıcak su kazanından çıkan ana besleme borusu, sirkülasyon pompaları emiş kollektörüne gelir. Pompa çıkış kollektörü ise dağıtım kollektörü görevi yapar. Dağıtım kollektöründen yatay ana besleme boruları ile bodrum katı tavanı seviyesinde istenilen noktalara dağıtım

yapılır. Bu noktalardan besleme kolonu adı verilen dik borularla su üst katlara ulaşır. Her radyatöre branşmanlarla besleme kolonundan sıcak su bağlanır. Radyatör dönüşleri ise birer branşmanla besleme kolonuna paralel toplama veya dönüş kolonuna bağlanır. Dönüş kolonları bodrum katta toplanan yatay ana borular ile birleşirler. Böylece bütün radyatörlerden toplanan su, dönüş kolektörüne ulaşır.

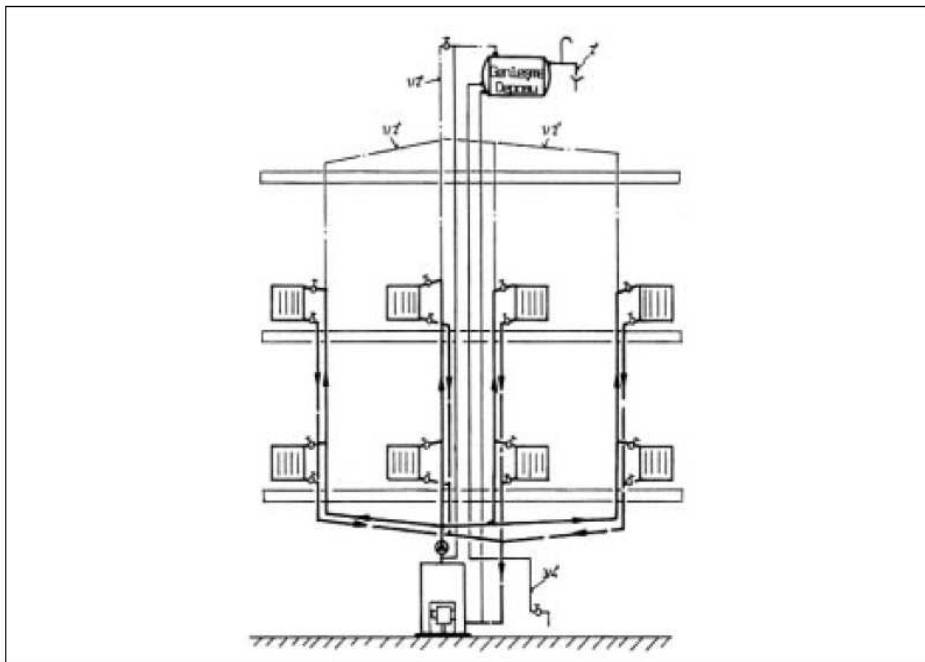
Isınan su genleşeceğinden genleşen miktar bir şekilde alınmazsa sistem en zayıf yerinden patlar. Bunu önlemek için açık ya da kapalı genleşme deposu konur.

Açık genleşme deposu tesisatta en üst radyatörden daha yukarı bir yere yerleştirilir. Atmosfere açık bir borusu vardır. Gidiş ve dönüş emniyet borularıyla kazana bağlanır ve üzerinde vana ve benzeri elemanlar bulunmamalıdır. Gidiş emniyet kazan üstü ile deponun üstüne, dönüş emniyet kazan altı ile deponun alt kısmına bağlanır. Tesisata suyun dolduğunu anlayabilmek için depodan kazan dairesine haberci borusu bağlanır ve ucuna vanası takılır. Sistem Şekil 2.11. ve 2.12.'de görülmektedir. Genleşme deposunun hacmi tüm suyun genleşmesini alacak kapasitede olmalıdır.

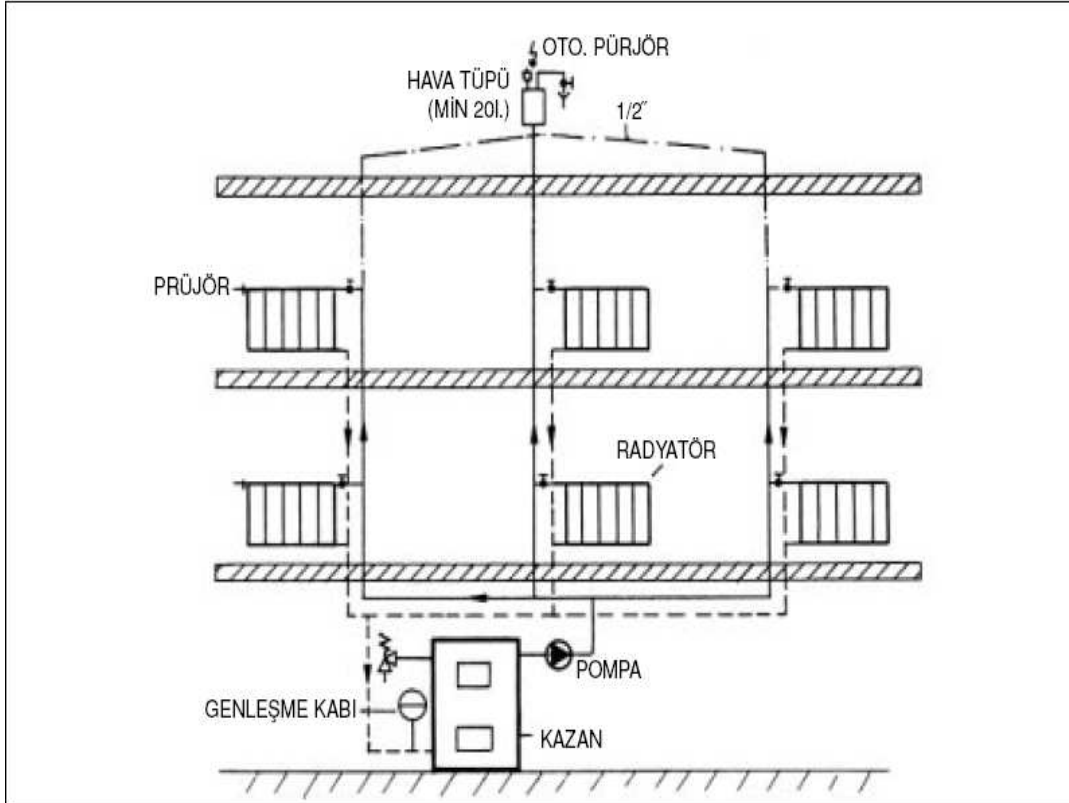
Kapalı genleşme depoları genelde içi diyaframla bölünmüş silindirik bir kaptan ibarettir. Genleşen su diyaframı iter ya da gazı sıkıştırır. Bölünen kısımda genelde hava vardır. Ön basınç 2 bar civarındadır. Bazılarında hava yerine azot gazı da bulunabilir. Kapalı genleşme deposu kazan dairesinde kazan girişine bağlanır. Avantajları; yerleştirilmeleri kolaydır, donma problemi yoktur, gidiş emniyet, dönüş emniyet ve haberci borularına gerek yoktur, ısı kayıpları yok denecek kadar azdır. Dezavantajları; gaz ve sıvı yakıtlardaki gibi otomatik kontrollü yanma sağlayan kazan kullanıldığı zaman uygundur. Elle beslemeli kömür kazanlarında kullanılmaz, otomatik beslemeli kömür kazanlarında kullanılabilir. İstenmeyen durumlarda basınç yükselmesi olabilir. Bunun için mutlaka emniyet vanası, basınç şalteri ve manometre bağlanmalıdır. Büyük tesislerde kazana ve tesisata ayrı ayrı kapalı genleşme deposu konmalıdır (Şekil2.13).



Şekil 2.11. Açık genişleme kabı olan alttan dağıtmalı- alttan toplamalı sistem



Şekil 2.12. Açık genişleme depolu alttan dağıtmalı- alttan toplamalı ısıtma sistemi (klasik sistem)



Şekil 2.13. Kapalı genişleme kabı olan alttan dağıtmalı- alttan toplamalı sistem

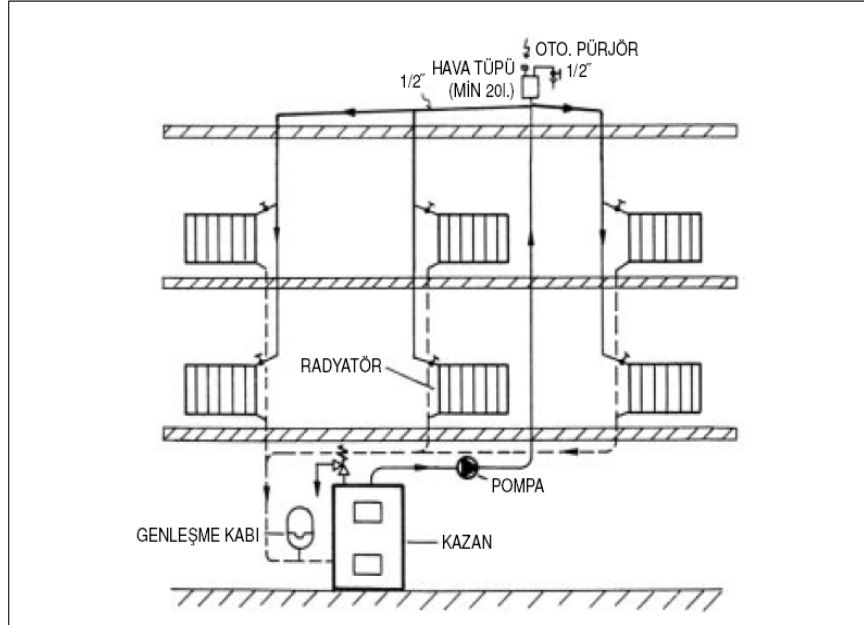
2.1.2.2. Üstten dağıtmalı - alttan toplamalı sistem

Şekil 2.14'te görülen üstten dağıtma alttan toplama sisteminde kazandan çıkan ana besleme kolonu ile su çatı katına ulaşır. Buradan %1 veya %2 eğimli dağıtım boruları ile çatı içinde düşey kolonlara ulaşır, düşey besleme ve branşmanlarla radyatörler sıcak su ile beslenir. Dönüş ise önceki sistemin aynıdır. Şekil 2.15'te açık genişleme depolu üstten dağıtmalı alttan toplamalı sistem görülmektedir.

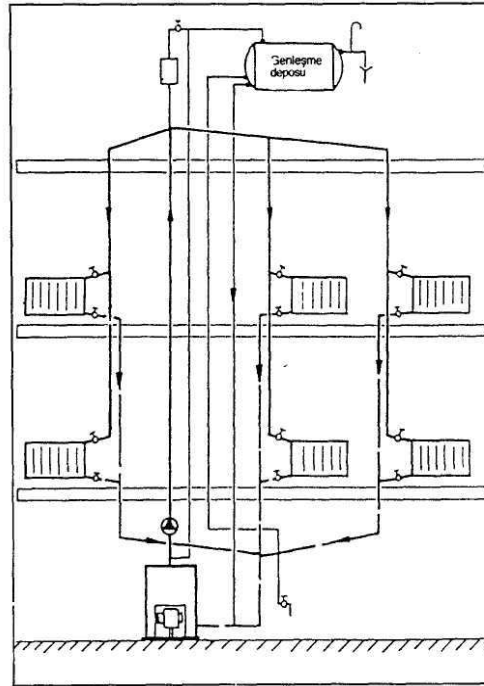
2.1.2.3. Üstten dağıtmalı - üstten toplamalı sistem

Eğer bodrum katta boruları geçirmek üzere hiçbir yer yoksa şemsiye de denilen üstten dağıtma üstten toplama sistemleri kullanılabilir. Sistem pompa yardımı ile doğal dolaşıma karşı çalıştığı için, 90/70°C sistemin basınç kaybı hesabında 1m düşey boru için 12,5 mmSS eklenmelidir. (Gidiş ve dönüş boruları toplamında 25mmSS/m eklenmelidir.) İki kattan yüksek yapılarda radyatör vanalarıyla reglaj

yapılması teorik olarak su dağıtımını dengelerse de, ses problemi nedeniyle zorunlu kalınmadıkça bu sistem seçilmemelidir. Çatı ısı merkezlerinde (yüksek yapılarda) gidiş ve dönüş boruları en alt kata inip dağıtım alt kattan yukarı doğru yapılmalı, yükselen gidiş borularının havalıkları yine çatıda toplanmalıdır.



Şekil 2.14. Kapalı genişleme deposu olan üstten dağıtımli- alttan toplamalı sistem



Şekil 2.15. Açık genişleme deposu olan üstten dağıtımli- alttan toplamalı sistem

2.1.3. Tek borulu dağıtma sistemleri

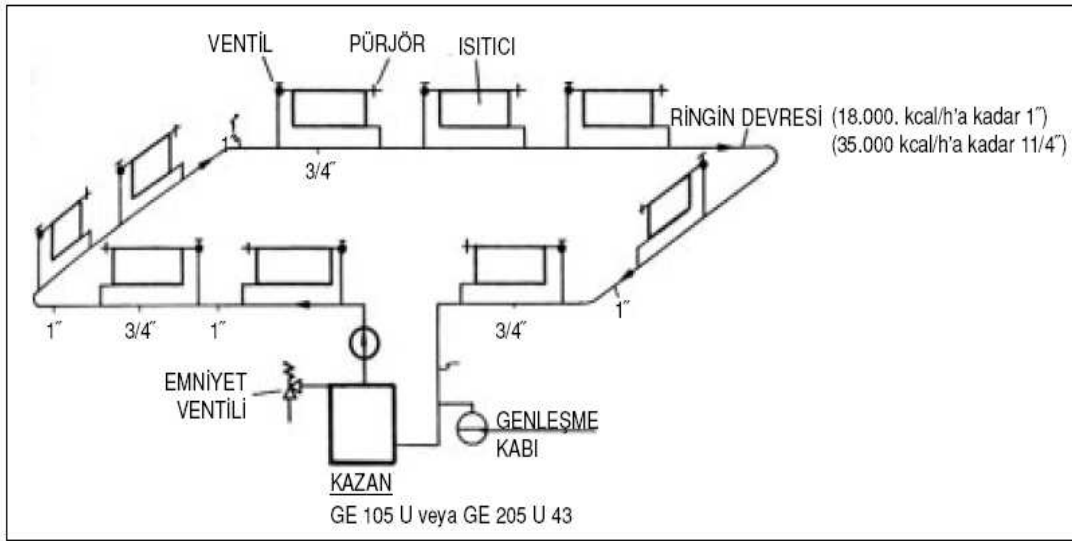
Tek borulu dağıtma sistemi Şekil 2.16'da gösterilmiştir. Kazandan çıkan ana besleme borusu sıra ile bütün radyatörleri dolaşır. Her radyatör gereği kadar sıcak suyu bir braşman ile ana borudan alır. Ana boruda kesit daraltılır. Radyatörde soğuyan su tekrar ana boruya verilir. Her radyatörden sonra ana borudaki suyun sıcaklığı biraz düşer. Bütün radyatörleri dolaşarak soğuyan ana borudaki su kazana döndürülür. Sistemin ana özelliği dönüşe yakın radyatörlerin daima daha az sıcak su ile çalışmasıdır. Bu özellikten dolayı aynı hat üzerinde kullanılacak radyatör sayısı sınırlıdır. Önce kuzey yönündeki radyatörlere sıcak su verecek şekilde dağıtım yapılması, 25.000 kcal/h'e kadar olan kapasitelerde yeterli düzeltmeyi pratik olarak sağlayacaktır. Daha çok sayıda radyatör kullanılması gerektiğinde; özellikle çok katlı binalarda paralel tek borulu dağıtım sistemleri kullanılır [7].

Bu sistemler boru yatırımından önemli ölçüde ekonomi sağlarlar. Isıtılan hacimde az boru bulunması nedeniyle estetik olarak çift borulu sistemlere göre daha avantajlıdır. Özellikle kat kaloriferi gibi küçük çaplı uygulamalarda çok yaygın olarak kullanılırlar.

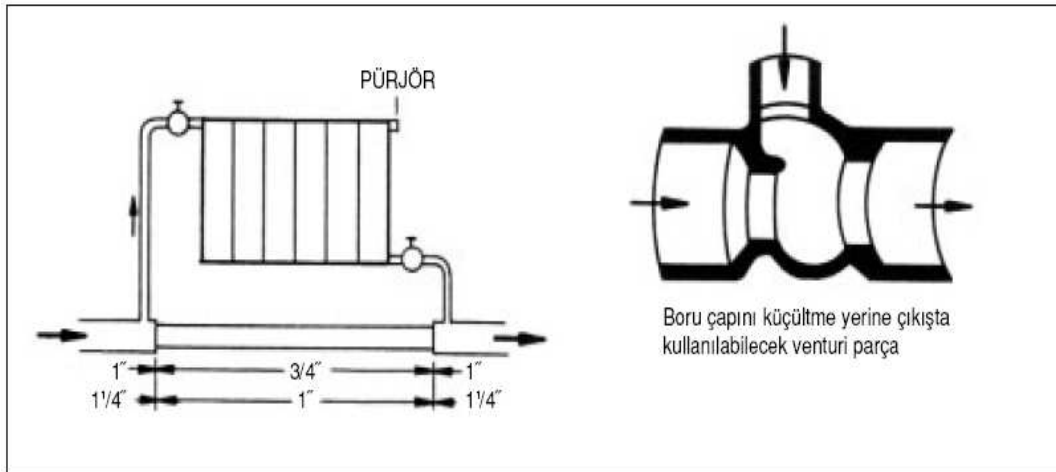
Tek borulu sistemlerin en önemli problemlerinden biri de ana borudan radyatörlere alınan su debisinin ayarındır. Bunun için genellikle uygulanan yöntem radyatör altında ana boru çapını daraltmaktır. İkinci yöntem, ise özel fitting kullanmaktır. Ayrıca radyatör vanalarından reglaj yapma olanağından da yararlanılabilir. (Şekil 2.18).

Bu sistemin avantajları:

- Montajı basittir.
- Sistem ucuzdur.
- Sistem kat kat düzenlenirse, her daireye verilen ısının ölçülmesi mümkündür.
- Daha az delik delme gereksinimi vardır.
- Estetiktir.



Şekil 2.16. Tek borulu yatay ısıtma sistemi

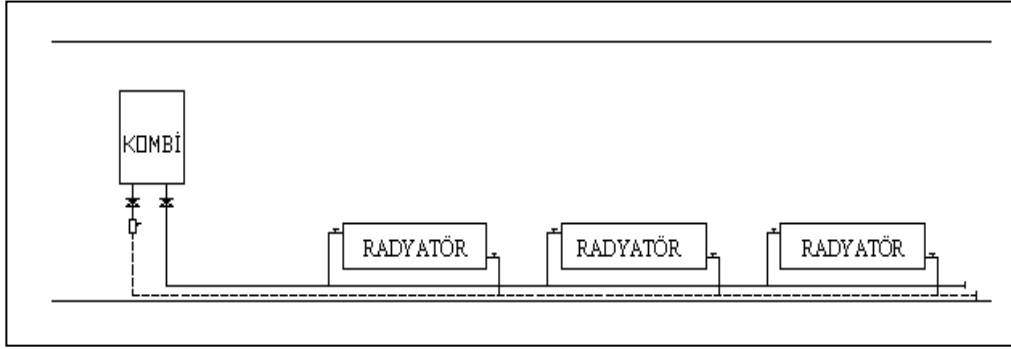


Şekil 2.17. By-pass detayı ve venturi parça

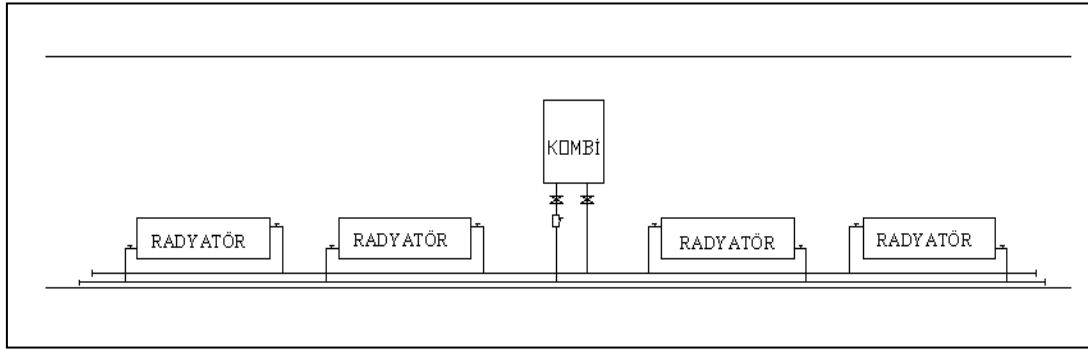
2.2. Tekil Isıtma Sistemleri

Tekil ısıtma sistemleri de genel olarak merkezi ısıtma ile aynı prensipleri taşır. Fakat burada kullanıcılar binalarını ortak (merkezi) bir sistemden değil bireysel olarak ısıtırlar. Burada merkezi ısıtmada olduğu gibi, sıcak sulu ısıtma sistemleri kullanılabilir. Bu durumda kullanıcılar kendi dairelerindeki radyatörleri ısıtmak için kombi veya kat kaloriferi adı verilen ısıtma cihazlarını kullanırlar. Bu cihazlar kazanlardan daha küçük kapasiteli ve kompakt cihazlardır. Genellikle sirkülasyon pompaları cihazın üzerinde olur [1].

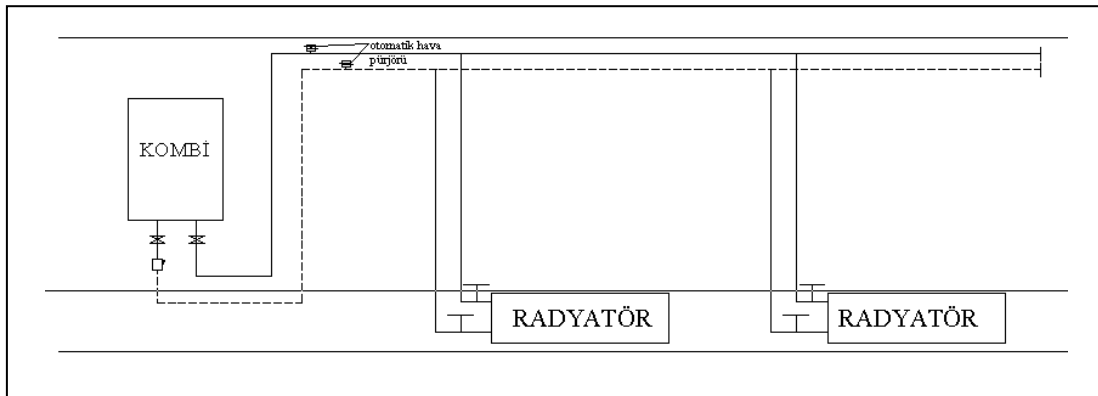
Kazan ya da kombi bina içindeki antre, giriş holü, mutfak, balkon gibi yerlere konularak bir ya da birkaç dairenin ısıtılması kat ısıtması olarak isimlendirilir. Boru dağıtım şebekesine göre gruplara ayrılabilir.



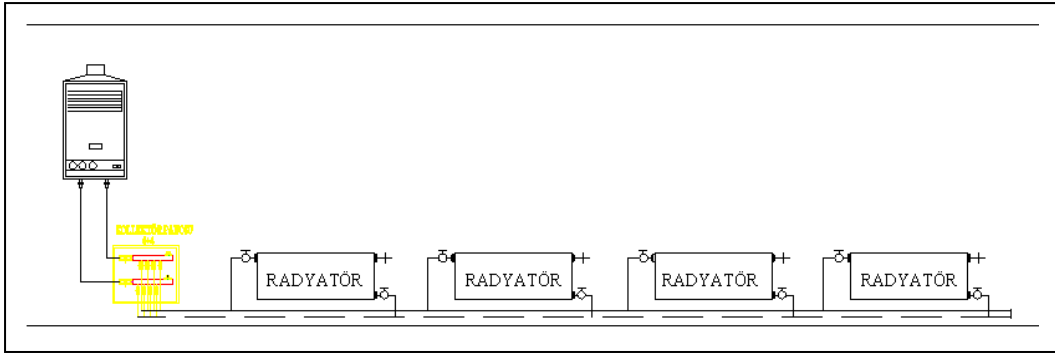
Şekil 2.18 Tek taraflı alttan dağıtma-alttan toplama



Şekil 2.19 İki taraflı alttan dağıtma-alttan toplama



Şekil 2.20 Üstten dağıtımaltı-üstten toplama sistemi



Şekil 2.21 Kollektörlü sistem

2.3. Bölge Isıtması (Uzaktan Isıtma Sistemleri)

Bölge ısıtması, endüstri tesisleri, toplu konut uygulamaları, mahalle ve şehir ısıtmaları gibi büyük ölçekli ısıtma olarak tanımlanabilir. Bölge ısıtmasında çeşitli sistemler oluşturulabilir. Klasik bölge ısıtmasında bir ısı merkezinde üretilen ısı, boru şebekesi ile primer devre akışkanı tarafından ısıtılacak binalara taşınır. Her binanın altındaki bir ısı değiştirgecinde sekonder devrede dolaşan ısıtıcı akışkan ısıtılır. Primer devrede sıcak su, kızgın su veya buhar; sekonder devrede ise genellikle 90/70°C sıcak su dolaşır. Sekonder devre daha önce üzerinde durulan klasik sıcak sulu merkezi ısıtma (bina altından ısıtma) sistemidir. Bu sistemde ayrıca bina altındaki eşanjör dairesine yerleştirilecek bir boylerle merkezi kullanma sıcak suyu da elde edilebilir [8].

Dolayısı ile bölge ısıtmasında, esas olarak üzerinde durulacak ana bölüm ısı merkezi ve primer boru şebekesidir. Bölge ısıtmasında, seçilecek sistemin, yatırım ve işletme maliyetleri üzerine etkisi çok önemlidir. Bu bakımdan her bölge ısıtması uygulaması için öncelikle bir fizibilite veya ekonomiklik çalışması yapılması gerekir. Bu fizibilite çalışmasında ana parametreler: yakıt, primer devre akışkanı cinsi, akışkan sıcaklığı, ısı merkezi sayısı ve boru şebekesinin dağılımı olmaktadır.

Bölge ısıtmasında kullanılan diğer bir sistemde ise; primer devrede üretilen sıcak su veya kızgın su doğrudan bloklara verilir. Burada her blok altında bir otomatik karşılaştırma vanası vardır ve bu vanada primer devreden alınan yüksek sıcaklıktaki

su istenen oranda karıştırılarak bloktaki ısıtıcılara gönderilir.(Basınca dikkat edilmelidir.)

Daha küçük boyutlu uygulamalarda ise bir merkezde üretilen su ile doğrudan blokları ısıtmak mümkündür. Bu sistemlerde kullanma sıcak suyu da aynı merkezde üretilip bütün noktalara ayrı bir hatla dağıtılabilir.

Bölge ısıtmasının dağıtım borularında mutlaka eşit direnç sistemi (Tichelmann sistemi) uygulanmalıdır.

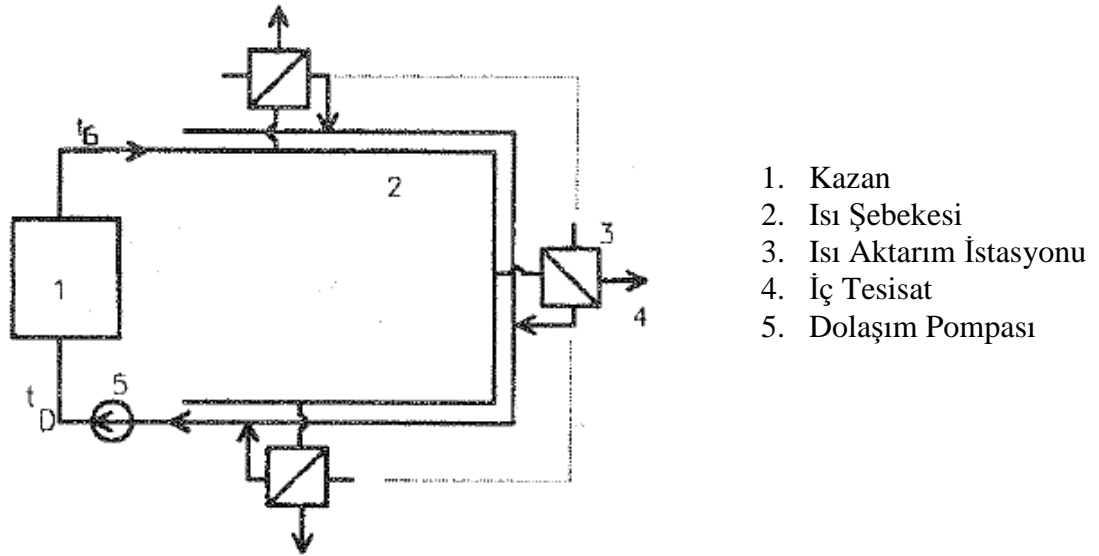
Hemen görülebileceği gibi, bölge ısıtmasında blok bazında verilen ısının ölçülmesi sorunu vardır. Bu amaçla blok girişlerinde sistemde ayrıca ısı pay ölçerler kullanılabilir. Ancak küçük çaplı uygulamalarda yakıt maliyetlerinin paylaşımı merkezi yönetim tarafından düzenleniyorsa, pay ölçer kullanımından genelde vazgeçilmektedir. Bölge ısıtmasında kazan dairesi ile binalar arasındaki ısı kanalları (veya galerilerdeki) boruların ısı kaybı, boru izolasyonlarının zamanla bozulması ile giderek artan ciddi ısı kayıplarına neden olmaktadır. Ayrıca bu kanallardaki boruların zamanla çürümesi sistemde uzun süreli ve sık sık karşılanan kesintiler oluşturmaktadır. Teorik olarak hat vanaları ile lokal hale getirilebileceği düşünülen arızalar, pratikte uzun süre kullanılmayan vanaların su kaçırması nedeniyle tüm sistemin boşaltılması zorunluluğunu yaratmaktadır [9].

Sonuçta sistemde ciddi su kayıpları ve maliyeti, suyun doldurulup boşaltılması ile oluşan kireçlenmeler ve kesintiye uğrayan ısıtmanın oluşturduğu konfor kayıpları söz konusu olmaktadır.

2.3.1. Bölgesel ısıtma sistemlerinin sınıflandırılması

Birden çok binanın ısı şebekesi üzerinden uzaktan ısıtılması prensibine dayanan bir bölgesel ısıtma sistemi; ısı üretimi sistemi (kazan dairesi), ısı iletimi-dağıtım sistemi (ısı şebekesi) ve ısı kullanımı sistemi (konut iç tesisatı) olmak üzere üç ana bölümden oluşur (Şekil 2.22). Ayrıca dolaşım pompaları ve bölgesel ısıtma şebekesini (dış

şebeke) konut ısıtma tesisatına veya iç tesisata (iç şebeke) bağlayan ısı aktarım istasyonları da sistemin diğer başlıca ana birimlerindedir.



Şekil 2.22 Bölgesel ısıtma sistemi ve ana bölümleri

Kazan bölgesel ısıtma sisteminin sıcak ucunu (ısı kaynağı), konut iç tesisatı veya ısıtılan ortam ise sistemin soğuk ucunu (ısı kuyusu) oluşturur. Isı şebekesi, sıcak ve soğuk uçları birbirine bağlayan ve sistemin ısıl yönden üretim-tüketim ilişkisini ve enerji dengesini sağlayan bölümdür [10].

Isıtma akışkanı özelliğine, bina bağlantı biçimine, ısıtma kapasitesine, ısıtılan binaların türüne vb. faktörlere göre bölgesel ısıtma sistemleri çeşitli biçimlerde sınıflandırılmaktadır.

a) Isıtma akışkanı özelliğine göre:

- Sıcak sulu bölgesel ısıtma sistemleri: Su sıcaklığı $< 110^\circ\text{C}$
- Kızgın sulu bölgesel ısıtma sistemleri: Su sıcaklığı $> 110^\circ\text{C}$
- Buharlı bölgesel ısıtma sistemleri

b) Isı şebekesinin binalara bağlanma biçimine göre:

- Direk bağlantılı bölgesel ısıtma sistemleri: Isıtıcı akışkan; basınç, akış, sıcaklık kontrolü ile radyatör giriş koşullarına (90/70°C) indirgenerek doğrudan radyatöre verilir. Bu yöntem, şebeke ısıtma aralığının küçük olduğu uygulamalar için daha uygundur
- İndirek bağlantılı bölgesel ısıtma sistemleri: Ara bağlantı elemanı ısı aktarım istasyonunda, şebeke ısıtma akışkanı yardımı ile iç tesisat için uygun ısıtıcı akışkan (90/70°C) üretilir ve bu akışkan doğrudan radyatörlere verilir.

c) Isıtma kapasitesine göre:

Isıtılan bölgenin ısı yüküne göre Q [MW], [Gcal], daire sayısı vb. faktörlere göre sınıflandırma. (Q=3-2500MW)

d) Isıtılan binanın türüne göre:

- Blok ısıtması: Çeşitli yükseklik, konum ve özellikleri (konut, okul, kışla, hastane, vb.) bina ve blokların ısıtılması.
- Fabrika ısıtması: Fabrika ısı ve proses yükleri.
- Site ısıtması: Mahalle ve kooperatif yükleri.
- Kent ısıtması: Bir kentin bölümlerinin veya tümünün uzaktan ısıtılması. Q=20-2000MW, t=130-180°C

e) Isının sağlanma biçimine göre:

- Isı santralli bölgesel ısıtma sistemleri
- Bileşik ısı-güç santralli bölgesel ısıtma sistemleri

Blok bazında ısıtma (merkezi ısıtma) sistemi ile bölgesel ısıtma sisteminin karşılaştırılması tablo 2.1'de gösterilmiştir [1].

Tablo 2.1. Bölge ısıtması ile bina bazında merkezi ısıtma sisteminin karşılaştırılması

Karşılaştırma Konusu	Blok Bazında Isıtma (Bina Altındaki veya Çatısındaki Kazan Dairesinden Isıtma)	Bölge Isıtması Sistemi (Uzaktaki Bir Merkezden Isıtma)
Yakıt Maliyeti	Daha azdır. Doğal gazı bir merkezde yakma ile her bina altında kullanma halinde kazan verimleri aynıdır.	Kazan verimleri aynı olmakla birlikte, boru tesisatındaki kayıplar nedeniyle sistem verimi daha düşüktür. Özellikle zaman içinde boru izolasyonları bozulduğundan ısı kayıpları başta düşünüldenden çok daha fazla gerçekleşir.
İlk Yatırım Maliyeti	Sadece kazan daireleri ve baca yatırımı gereklidir. İlk yatırım maliyeti daha ucuz. (Çatı ısı merkezi olursa baca maliyeti çok azalacaktır.)	İlk yatırım maliyeti daha pahalı. Bölgesel ısı merkezi, dağıtım hattı galerilerin inşaat maliyeti ve eşanjörler, oto. kontrol, pompalar vs. yatırımlarının toplamı ilk yatırımı oluşturur. Bu sistem bölge boyutundan bağımsız olarak (yaklaşık %40 mertebelerinde) daha pahalıdır.
Konfor	Daha iyi. (Odalardaki sıcaklık kontrolü daha kolay.)	Daha kötü. (Teorik olarak ısıtma merkezine yakın ve uzak yerlerin dengelenmesi yapılabilir görünmekle birlikte, pratikte ısıtma merkezine uzak olan yerlerle yakın olan yerler arasında 6°C'ye varan sıcaklık farkları oluşmaktadır.)
Ses (Gürültü)	<p>a- Atmosferik kazan kullanılması halinde gürültü problemi yoktur</p> <p>b- Üfleli brülörlü kazanlar kullanılması halinde ses (gürültü) sorunu oluşacaktır. Brülör ve baca susturucuları kullanılması halinde bile bacadaki sesin sönümlenmesi çok zordur. Yanma sırasında oluşan yüksek frekanslı sesler baca susturucusunda sönümlenir. Ancak düşük frekanslı sesler baca susturucusundan geçerek (ki, uğultu şeklindeki rahatsız edici sesler düşük frekanslı seslerdir) üst katlarda gürültüye neden olmaktadır. Büyük kapasiteli kazanlar kullanılacağı için genellikle üfleli brülörler kullanılmaktadır. Kazan dairesine bitişik veya üstündeki bir kaç katta ses çok ciddi sorun olabilir. Ayrıca bacanın içinden çıkan ses de etrafındaki odalara dağılıp rahatsızlık verecektir.</p> <p>Baca içerisindeki sesin etrafındaki odalara daha az geçmesi için ;</p> <p>a- Çok kaliteli bacalar kullanılmalıdır. (Prefabrik tip çift cidarlı özel bacalar kullanılmalıdır ki bu bacaların maliyeti çok pahalıdır. Kazan bedeline yakındır.)</p> <p>b- Bacanın etrafına beton perde veya dolu tuğladan kalın (20 cm.) duvar örülmelidir.</p> <p>c- Baca yatak odası, salon gibi hacimlere yakın geçirilmemelidir.</p>	<p>Kazan dairesinin bulunduğu blokta ciddi boyutta ses (gürültü) sorunu vardır. Brülör ve baca susturucuları kullanılması halinde bile bacadaki sesin sönümlenmesi çok zordur. Yanma sırasında oluşan yüksek frekanslı sesler baca susturucusunda sönümlenir. Ancak düşük frekanslı sesler baca susturucusundan geçerek (ki uğultu şeklindeki rahatsız edici sesler düşük frekanslı seslerdir) üst katlarda gürültüye neden olmaktadır. Büyük kapasiteli kazanlar kullanılacağı için genellikle üfleli brülörler kullanılmaktadır. Kazan dairesine bitişik veya üstündeki birkaç katta ses çok ciddi sorun olabilir. Ayrıca bacanın içinden çıkan ses de etrafındaki odalara dağılıp rahatsızlık verecektir.</p> <p>Baca içerisindeki sesin etrafındaki odalara daha az geçmesi için ;</p> <p>a- Çok kaliteli bacalar kullanılmalıdır. (Prefabrik tip çift cidarlı özel bacalar kullanılmalıdır.)</p> <p>b- Bacanın etrafına beton perde veya dolu tuğladan kalın (20 cm.) duvar örülmelidir.</p> <p>c- Baca yatak odası , salon gibi hacimlere yakın geçirilmemelidir.</p> <p>Eğer bölge ısı merkezi bloklardan bağımsız ayrı bir yapı ise , gürültü problemi olmaz. Ancak ısı merkezi bacasından (yukarıdan) çıkan ses de çevredekileri rahatsız edebilir.</p>
Servis Sıklığı ve Servis Bakım Maliyeti	Servis ve bakım sadece merkezi kazan için gereklidir. Yılda bir kez normal bakım yeterlidir. Atmosferik brülörlü tiplerde genellikle ilave arıza servisine gerek kalmaz. Sistemi çalıştırmak için operatör gerekmez.	Kazanın üfleli brülörlü olması nedeniyle servis ister. Isı merkezinde profesyonel operatör gereklidir. Hatlarda belirli bir süre sonra arızalar meydana gelir. Hatlara bakım ve servis gerekir.
İşletme Maliyeti (Yakıt+Servis)	Daha ucuz. Isıtma her binanın altından yapıldığı için hacimlerdeki sıcaklık kontrolleri daha kolaydır. (Oda sıcaklığının (İstanbul'da) 1°C yüksek olması , yakıt tüketiminin %10 daha fazla olmasına neden olur.)	Yaklaşık ~%20 (veya daha büyük oranda) daha pahalıdır. (Kanallardaki ısı kayıpları , sıcaklıkların pratikte dengelenememesi , işletme ve servis problemleri nedeniyle.) Ayrıca ısıtma merkezinin çalışanlarının da (teknisyenler) maliyeti eklenmektedir.
İşletme Kolaylığı	Yakıt bedelinin toplanması ve işletme çok kolaydır. Profesyonel yöneticiye ihtiyaç yoktur.	Yakıt ve işletme giderlerinin toplanması daha zordur. Genellikle profesyonel yöneticiye ihtiyaç vardır.

Tablo 2.1. (Devam) Bölge ısıtması ile bina bazında merkezi ısıtma sisteminin karşılaştırılması

Karşılaştırma Konusu	Blok Bazında Isıtma (Bina Altındaki veya Çatısındaki Kazan Dairesinden Isıtma)	Bölge Isıtması Sistemi (Uzaktaki Bir Merkezden Isıtma)
Reglaj (Balans)	Blok bazında reglaj daha kolaydır.	Bloklar arası balansı temin etmek zordur. Birçok uygulamada binalar arasında 5-6°C'ye varan sıcaklık farkları olduğu tespit edilmiştir. Oda sıcaklığının İstanbul'da 1°C yüksek olması yakıt tüketiminin %10 daha fazla olmasına neden olur.
Arıza ve Sistemin Kesintiye Uğraması	Avantajlıdır. a- Atmosferik brülörlü kaliteli bir kazan kullanıldığında , arıza ve kesinti riski yok denebilecek kadar azdır. b- Üflemlerli brülörlü kazan ve brülörler de kullanıldığında kaliteli cihazların servis bakım sıklığı azdır.	Kaliteli kazan ve brülörler kullanıldığında servis ve bakım sıklığı çok azdır. Ancak dağıtım hatlarında birkaç yıl sonra genellikle sorunlar yaşanmaktadır. Galerilerdeki borularda herhangi bir kaçak olması durumunda, bu kaçığın bulunabilmesi için sistemde bazı yerlerin kırılması veya kazılması gerekmektedir, bu esnada sitenin ısıtma sisteminin tamamen durması ve kesintiye uğraması söz konusu olmaktadır. Sistem işletmeye alındıktan en geç birkaç yıl sonra bu sorun genellikle yaşanmaktadır. Bu durumda tesisata su basılmakta, kazan ve tesisatta kireçlenme ve korozyon sorunları yaşanmakta , sistem verimi düşmektedir. Bir çok sitede kaçak olduğu ve kesinti istenmediği için doldurma vanası açık bırakılmaktadır Yüksek su faturası , kireçlenme korozyon ve enerji kaybı gibi çok önemli sorunlar oluşmaktadır.
Düşük Gaz Basıncında ve Düşük Voltaj Altında Çalışabilme Yeteneği	A- Düşük doğal gaz basıncında çalışabilme : Doğalgaz brülörlerinin 21 mbar ve 300 mbar basınçta çalışabilen tipleri vardır. Basınç değişiminde + %15 tolerans ile çalışırlar. a- Olabildiği kadar 21 mbar basınçta çalışan brülörler tercih edilmelidir. (Büyük kapasiteler hariç.) b- Klasik tip 21 mbar da çalışan doğal gaz brülörleri ~17 mbar gaz basıncına kadar çalışır. c- Gaz armatür grubu çapı küçük seçilmeyen, kaliteli tip üflemlerli brülörler daha düşük gaz basıncında da (12 mbar gaz basıncına kadar) çalışırlar. d- Kaliteli tip atmosferik brülörlü kazanlar çok düşük gaz basıncında bile (6 mbar gaz basıncına kadar) çalışırlar. B- Düşük voltaj altında çalışabilme : a- Doğal gaz brülörleri seçilirken düşük voltaj altında (180 V gibi) çalışıp çalışmadığı araştırılmalıdır. b- Kazanların kontrol panellerinin 200 voltun altında arıza yaptığı ve çalışmadığı bilinmektedir. Ancak 170 volta çalışabilen paneller de mevcuttur.	A- Düşük doğal gaz basıncında çalışabilme : Doğalgaz brülörlerinin 21 mbar ve 300 mbar basınçta çalışabilen tipleri vardır. Basınç değişiminde + %15 tolerans ile çalışırlar. a- Olabildiği kadar 21 mbar basınçta çalışan brülörler tercih edilmelidir. (Büyük kapasiteler hariç.) b- Klasik tip 21 mbar da çalışan doğal gaz brülörleri ~17 mbar gaz basıncına kadar çalışır. c- Gaz armatür grubu çapı küçük seçilmeyen , kaliteli tip üflemlerli brülörler 12 mbar gaz basıncına kadar çalışırlar. d- Kaliteli tip atmosferik brülörlü kazanlar 6 mbar gaz basıncına kadar çalışırlar. B- Düşük voltaj altında çalışabilme : a- Doğal gaz brülörleri seçilirken düşük voltaj altında (180 V gibi) çalışıp çalışmadığı araştırılmalıdır. b- Kazanların kontrol panellerinin 200 voltun altında arıza yaptığı ve çalışmadığı bilinmektedir. Ancak 170 volta çalışabilen paneller de mevcuttur.
Emniyet	Emniyetlidir. Kaliteli kazan ve brülör monte edilmeli tam güvenlik sistemi uygulanmalıdır.	Kaliteli kazan ve brülör monte edilmelidir. Sistem yüksek basınçlı ise ısı merkezi daha risklidir. Ancak bloklar herhangi bir tehlikeye maruz değildir. Tam güvenlik sistemi uygulanmalıdır.
Ömür	Kullanılan kazan cinsine bağlı olarak ömür değişmektedir. Kaliteli bir kazanın ömrünün 60 yıldan fazla olabildiği görülmüştür.	Kazan ve eşanjör ömrü seçilen ürünün kalitesine bağlıdır. Galerilerdeki boruların ömrü ortalama 10 yıla ulaşmamaktadır.
Kullanma Sıcak Suyu	1- Daha ekonomik ve daha kullanışlıdır. Kullanma sıcak suyu bina altına monte edilen boyler ile temin edilebilir. 2- Kullanma sıcak suyu ayrıca daire bazında da temin edilebilir. Bunun için genellikle elektrikli termosifon veya şofben kullanılır.	1- Kullanma sıcak suyunun ısı merkezinden dağıtılması borulardaki ısı kayıpları , galerilerdeki boruların bir süre sonra çürümesi vb. sorunlar nedeniyle dezavantajlıdır. 2- Her blok altına eşanjör ve boyler monte edilebilir. 3- Her daire de kullanma sıcak suyu elektrikli termosifon veya şofben ile temin edilebilir.
Su Sertliği	Sistem kapalı ve kaçaklar az olduğundan sistem suyun sertliğine karşı daha az duyarlıdır.	Hatlarda meydana gelen kaçaklar, ilerleyen yıllarda arızalar sonucu sistemdeki suyun zaman zaman

Tablo 2.1. (Devam) Bölge ısıtması ile bina bazında merkezi ısıtma sisteminin karşılaştırılması

Karşılaştırma Konusu	Blok Bazında Isıtma (Bina Altındaki veya Çatısındaki Kazan Dairesinden Isıtma)	Bölge Isıtması Sistemi (Uzaktaki Bir Merkezden Isıtma)
Su Sertliği	Suyun çok sert olduğu yerlerde tasfiye edilmiş su kullanılması önerilir.	tamamen boşaltılması gibi nedenlerle sisteme önemli ölçüde yeni su takviyesi yapılır. a- Sistemde mutlaka su yumuşatma ve dozajlama tesisi bulunmalıdır. b- Kazan dairesine mutlaka bir plakalı eşanjör monte edilmeli , galerilere giden su bu eşanjörlerde , kazandan gelen su ile ısıtılmalıdır. Böylece pislik ve kirecin kazanı tıkanması yerine , eşanjörde kolayca temizlik yapılabilir.
Mimari Önlemler	1- Alışılmış olarak bodrum katında bir kazan dairesi hacmine gereksinim vardır. Ancak çatı katında da kazan dairesi oluşturulabilir. 2- Her kazan dairesinde baca gerekir.	1- Her bina altına eşanjör ve pompalama sistemi monte edildiğinde yine bir makina dairesi gereklidir. 2- Bacaların yapıda işgal ettiği yerlerden tasarruf edilir. 3- Isı merkezi bir blok altında veya bağımsız olabilir. Isı merkezi için büyük bir yere ihtiyaç vardır. 4- Galerilerin düzenlenmesi mimari çözüm gerektirir. Galerilerin yapımı , inşaat sırasında hareket kabiliyetini azalttığı için inşaat işlerini zorlaştırır.
Çevre	Çevre şartlarına uygunluk , seçilen kazan ve brülör kalitesi ile sağlanabilir. Ancak Low-nox brülörlü atmosferik tip kaliteli kazanlar kullanılması , çevre şartları için ideal çözümdür.	Çevre şartlarına uygunluk seçilen kazan ve brülör kalitesi ile sağlanabilir.
<p>Sonuç : Bir kojenerasyon ünitesinin atık enerjisini kullanmak söz konusu olduğunda ,çok ucuz enerjiyi kullanabilmek için bölgesel ısıtmanın dezavantajlarına katlanılabilir. Kojenerasyon ünitesinin atık enerjisi çok ucuz imkanlarla alınamayacak ise veya böyle bir imkan yoksa ve yakıt cinsi doğal gaz ise; her binayı altındaki (veya çatısındaki) kalorifer kazanı ile ısıtmak her zaman daha uygundur.</p>		

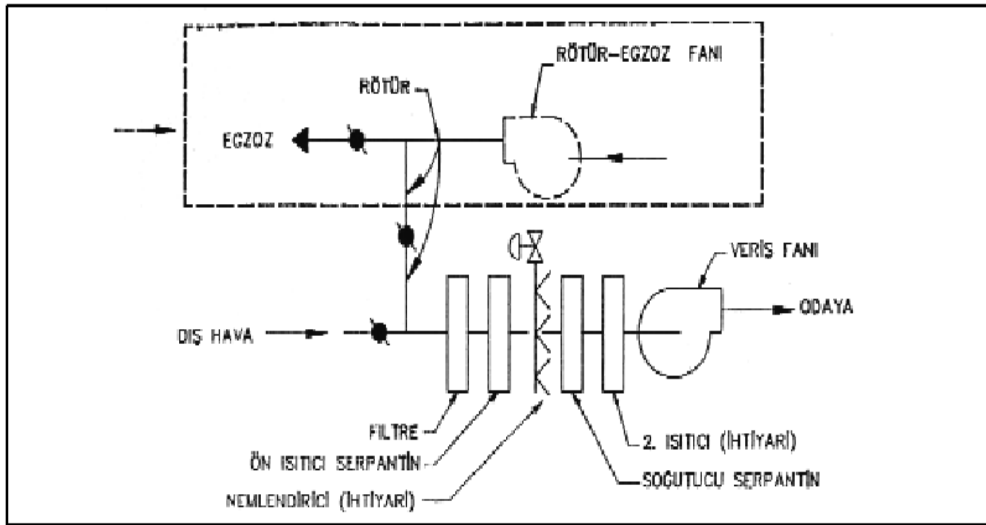
BÖLÜM 3. KLİMA SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

3.1. Merkezi Tam Havalı Klima Sistemleri

Isı transfer akışkanı olarak havanın kullanıldığı sistemlerdir. HVAC ekipmanı merkezi olarak yerleştirilmiştir. Tam havalı sistemler, soğutulmuş ve nemli alınmış havayı şartlandırılacak odaya yollayarak duyulur ve gizli soğutma, ısıtılmış havayı şartlandırılacak odaya yollayarak ısıtma yaparlar. Tam havalı sistemler nem alma, havayı filtreleme ve taze hava sağlama özelliğine sahiptirler. İlk yatırım maliyeti olarak çok rekabetçi, enerji verimi ve işletme maliyeti anlamında sistem tipine göre değişkenlik gösterirler. Tam havalı sistemler; sabit debili veya değişken debili, merkezi klima santrali içinde seri bataryalı veya paralel bataryalı, tek kanallı veya çok kanallı, tek zonlu veya çok zonlu olarak sınıflandırılabilirler [11].

3.1.1. Sabit havalı tek kanallı tek zonlu sistemler

Sistem Şekil 3.1'de gösterilmiştir. En basit, tek bir zona hizmet eden, sabit debili, üflenen hava sıcaklığı değiştirilebilen bir sistemdir. Otomatik kontrolle hacme üflenen hava sıcaklığı (ve isteniyorsa nem içeriği) kontrol edilir. Sistem istenildiğinde, komşu sistemlere zarar vermeden durdurulabilir. Sisteme egzoz fanı ilavesiyle ara mevsimlerde, uygun dış sıcaklıklarda, dış hava ile soğutma yapması sağlanabilir.

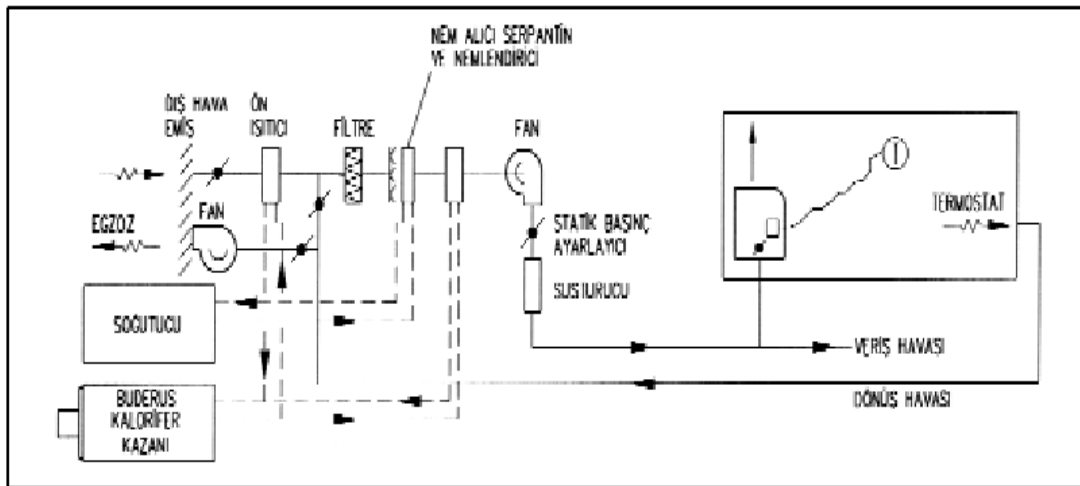


Şekil 3.1. Tek kanallı sistem

3.1.2. Sabit debili karışım havalı sistemler

Sabit debili tek zonlu tam havalı klima sistemi ve klima santralı kontrol sistemi Şekil 3.2'de verilmiştir. Sistem; ısıtıcı ve soğutucu serpantin, taze hava, egzoz ve karışım havası damperleri, nemlendirici ünite ile aspiratör ve vantilatörden oluşmaktadır. Sistem, Karışım Havalı ısıtıcı ve soğutucu ünitesi bulunan klima santralidir. Santral merkezi olarak hizmet ettiği mahalleri havalandırmak ve sıcaklık ile nemini konfor şartlarına ulaştırmak için hizmet verecektir.

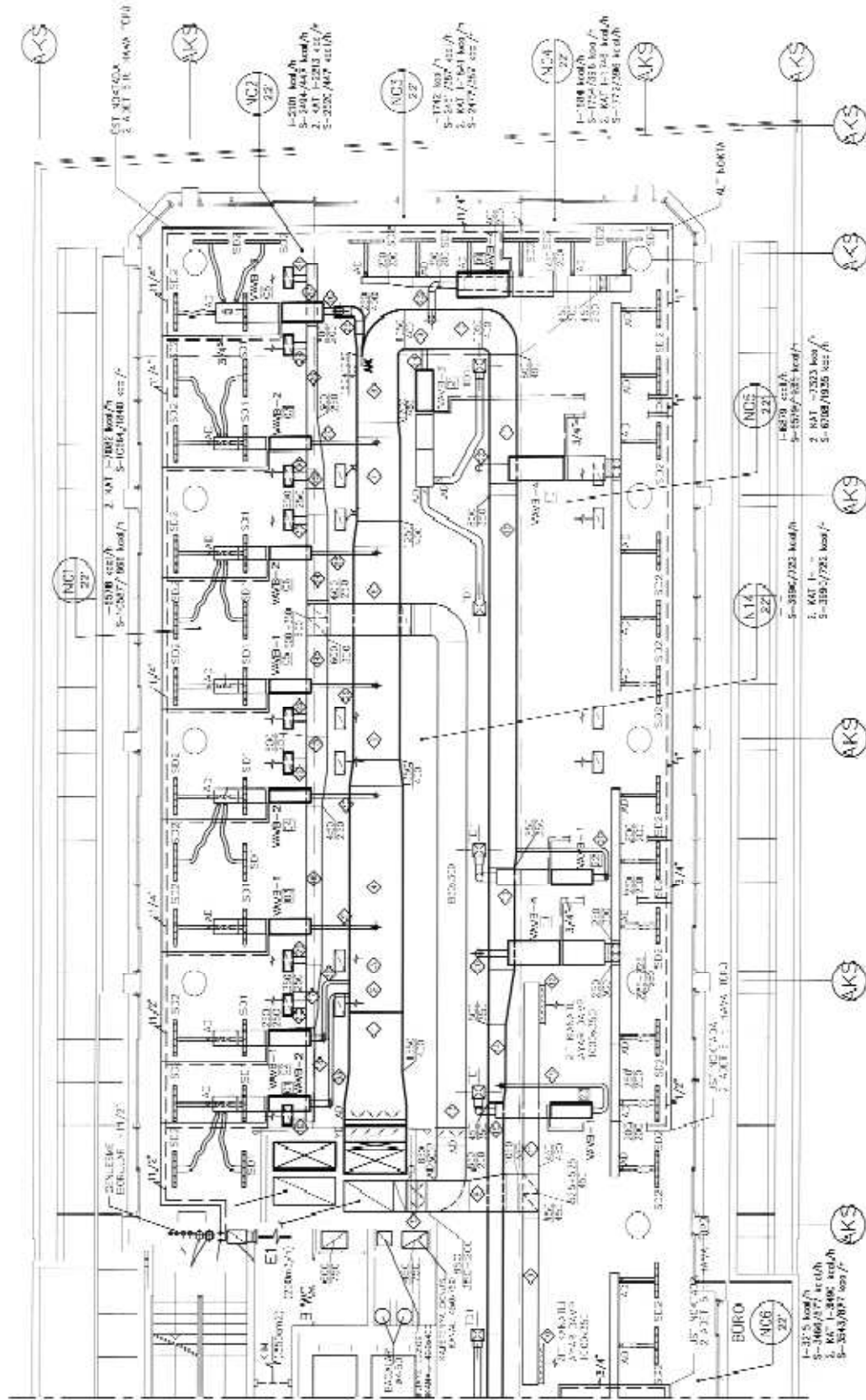
VAV sistemlerinde (Şekil 3.3.) odaya beslenecek hava bir merkezi santralde şartlandırılır (ısıtılır veya soğutulur). Bu santralde Free Cooling için ekonomizörler yoğunlukla kullanılır. Filtreler, damperler ve bazı durumlarda nemlendiriciler klima santralinin ana elemanlarıdır. Sistemde yine debi kontrollü dönüş fanı bulunur ve bu fan şartlandırılan mekanlardaki basıncı da kontrol ederler. Şekil 3.4. VAV uygulaması örnek kat planı projesi verilmiştir. Santralde şartlandırılan hava besleme fanıyla orta basınçlı bir kanal sistemine ve buradan VAV kutuları yardımı ile odalara beslenir. Santral çıkışındaki hava şartları sabittir. Odaya verilen hava miktarı VAV kutuları vasıtasıyla değiştirilerek değişken yükler karşılanır. Yaz - kış bütün yıl boyunca santral çıkışında hava yaklaşık 14-16 °C mertebesinde sabit bir sıcaklıktadır. Soğutma gerekiyorsa odaya bu hava üflenir. Soğutma ihtiyacı azaldıkça üflenilen hava da azaltılır. Ara mevsimlerde ve kışın soğutma grubunun çalışmasına gerek yoktur. Dış hava sıcaklığı düşükse, damper ayarı ile dışarıdan daha fazla soğuk hava alarak bedava soğutma yapmak mümkündür. Isıtma ihtiyacı doğduğunda, VAV kutusu çıkışındaki reheat ısıtıcı devreye girerek istenen sıcaklıkta bir havanın odaya üflenmesi sağlanır. Bu ısıtıcı tercihen elektrikli ısıtıcı olmalıdır, ancak uygulamada VAV kutusundaki ısıtma amacıyla sıcak su serpantinleri de kullanılmaktadır. Sıcak su ile ısıtma, tercih edilmemesi gereken problemli bir uygulamadır.



Şekil 3.3. Tek kanal VAV

3.1.4. Tam havalı sistemlerin avantajları

1. Merkezi klima cihazının, yerleşim alanları dışında makine dairesinde tesis edilmesi ve filtrasyon; koku, ses kontrollerinin ve ısı, nem kontrollerinin istendiği şekilde daha rahat yapılmasını sağlar. Uzun kanallarda iç akustik kaplama yapabilmek ve gerektiğinde santrale susturucu ilave edebilme imkanları bulunduğundan tam havalı sistemler akustik kontrolün en iyi yapılabildiği sistemlerdir.
2. Boru bağlantılarının, drenaj borularının, elektrik hatlarının, filtrelerin klimatize saha dışında olması, bunların bakımını kolaylaştırmasının yanında; bunların ayak altından uzaklaşmasından dolayı hasar görmelerini de önler.
3. İyi bir havalandırma ve iyi bir hava dağılımı yapılmasına imkan sağlar.
4. İyi bir filtrasyon sağlar, iç hava kalitesi açısından uygun özellikleri vardır. Avrupa'da hijyenle ilişkili kurallar klima sistemlerinde çift kademedeki filtrasyonu öngörmektedir. Tam havalı sistemler bu uygulama açısından mükemmeldir.
5. Büyük miktar egzoz gerektiren tasarımlarda, çok rahatlıkla dış hava temini imkanı getirir.
6. Mekanda pozitif basınç yaratarak toz ve koku girişini engeller, mekanlar arasında basınç farkları oluşturulabilir.



Şekil 3.4. VAV uygulaması örnek kat planı

7. Dış havanın oda sıcaklıklarından düşük olduğu zamanlarda, soğutucu cihazları devre dışı bırakarak, dış hava ile soğutma (free cooling) olanağı vardır.
8. Ayrıca ısı geri kazanım imkanı vardır. Isı geri kazanım cihazlarıyla dışarı atılan (sıcak veya soğuk) enerjiyi %90'lara varabilen verimlerle geri kazanıp, kullanmak imkanı verirler
8. Zonlama yapılması, fleksibilite ve nem kontrolü sağlaması her mevsim için geçerlidir.
9. Mevsimsel change-over yapılması ve otomatik kontrol uygulanması çok kolaydır.
10. Kışın nemlendirme yapılmasına uygundur.

3.1.5. Tam havalı sistemlerin dezavantajları

1. Kanal için de ilave bir yükseklik gerektiğinden, binanın yükselmesine neden olur.
2. Çevre zonların ısıtılmasında kullanıldığı zaman kullanım saatleri dışında da fanların çalışmasını gerektirir.
3. Kanallarda hava balansının yapılması zor bir işlemdir.
4. Çevresel zonlardaki ısıtma, hava ile yapılması halinde, sulu sistemlere nazaran daha geç emre amade olur.
5. Uç elemanlara ulaşmak için bırakılacak müdahale kapakları mimari, dekorasyon sorunu yaratır.
6. İç soğutma yükünün fazla olması, daha büyük hava miktarları gerektirecektir. Neticede mimarla birlikte fazlaca çalışmak gerekecektir.
7. Merkezi cihaz arıza yaptığında bütün işletme (veya büyük bir bölümü) kesintiye uğrayacaktır.
8. Hava dengelemesi gereklidir.
9. Fanlarda önemli ölçüde enerji tüketilir.

3.2. Merkezi Fan-Coil Tam Sulu Sistemler

Fan-coil sistemi esas olarak tamamen sulu bir sistemdir. Bir merkezde hazırlanan sıcak su ve soğutulmuş su, bina içine dağıtılmış fan-coil cihazlarına dağıtılır. Sıcak su bir sıcak su kazanında, soğuk su ise su soğutma grubunda (chiller) üretilir. Fan-coil cihazları bir fan ve ısı geçiş yüzeyi olarak serpantin içeren elemanlardır. Fan

yardımı ile odadan alınıp, serpantinler üzerinden geçirilerek ısıtılan veya soğutulan hava tekrar odaya üflenir. Serpantin içinden soğuk su geçiyorsa soğutma, sıcak su geçiyorsa ısıtma yapılır. Dönüş borularıyla merkeze dönen su burada tekrar ısıtılıp/soğutulularak sirküle ettirilir. Bu amaçla dolaşım pompaları kullanılır. Bilhassa çok odalı binalarda ve kanal geçirmek için yeterli hacmin bulunmadığı uygulamalarda tercih edilir. Özellikle otel, hastane, ofis ve yüksek katlı konutlarda kullanılmaktadır. Fan coil üniteleri cam önlerine, asma tavan içlerine yada tavan altına ve döşeme içlerine konabilir. Buna göre farklı fan coil tipleri geliştirilmiştir.

Eğer kullanılan fan-coil içinde tek serpantin varsa, kurulan sisteme iki borulu fan coil sistemi adı verilir. Sistemde dağıtım ve toplama yapan iki boru dolaşır. Her fan-coil cihazına bir dağıtma borusu, bir toplama borusu bağlanır. Bu durumda bütün sistemde ya soğuk su yada sıcak su dolaştırılabilir. Dolayısıyla bütün sistemde aynı anda ya ısıtma ya da soğutma yapılabilecektir. Sistemin soğutmadan ısıtmaya dönmesi (change over) özel bir işlemi gerektirir. Bu açıdan iki borulu fan coil sistemleri özellikle ara mevsimlerde konforu sağlamakta eksik kalırlar. Öte yandan yine özellikle ara mevsimlerde, binadaki bazı hacimlerde soğutma istenirken, bazı odalarda ısıtma istenebilir. İki borulu sistem bunu da karşılayamaz. Eğer fan coil içinde ısıtma ve soğutma olarak iki ayrı serpantin varsa, kurulan sisteme dört borulu fan coil sistemi adı verilir. Sistemde iki dağıtım ve iki toplama yapan dört boru dolaşır. Her fan-coil cihazına iki dağıtma borusu, iki toplama borusu bağlanır. Boru çiftlerinden birinde soğuk su, diğerinde sıcak su bağımsız olarak dolaşır. Dolayısıyla her fan-coil cihazında birbirinden bağımsız olarak aynı anda ısıtma ve soğutma yapılabilir. Bu durumda bütün sistemde aynı anda hem soğuk su hem de sıcak su dolaştırılmaktadır. Dolayısıyla bütün sistemde aynı anda hem ısıtma, hem de soğutma yapılabilecektir. Sistemin soğutmadan ısıtmaya dönmesi (change over) gibi bir işleme gerek yoktur. Bu açıdan dört borulu fan coil sistemleri çok zonlu sistemlerde kullanılırlar ve özellikle ara mevsimlerde mükemmel ısı konfor sağlarlar [13].

Klasik fan coil sistemlerinde havalandırma yoktur. Sadece ısıtma ve soğutma yapabilirler. Bu eksikliği gidermek amacıyla fan coil sistemlerinde iki uygulama geçerlidir:

a) Dış hava, dış duvara yerleştirilen karışımli fan coil cihazları ile doğrudan her ünite tarafından dışarıdan alınır.

b) Sisteme ayrıca taze hava (primer hava) besleyen merkezi kanallı bir havalandırma sistemi ilave edilir. Bu sisteme primer havalı fan coil sistemi adı verilir. Primer havalı fan coil tesisleri hem havalı hem sulu sistemlerdir. Bu sistemlerde taze hava santralında ön şartlandırılan taze hava istenildiğinde belirli ölçüde nemlendirme de yapabilir. Ancak temel olarak fan coil sistemlerin, primer havalı sistem de olsa, nem kontrolü performansı düşüktür.

Hem dış duvardan hava alan karışımli sistemde hem de primer (taze) havalı sistemde her odadaki hava sirkülasyonu sadece o odaya aittir. Odalar arasında hava geçişi, dolayısıyla koku, duman vs. geçişi pratik olarak yoktur.

Fan-Coil sistemin özellikleri

1- Fan coil sistemi ile her oda bağımsız olarak kontrol edilebilmektedir. Zonlama yapmak oldukça kolaydır.

2- Kontrol genellikle oda termostatları ile yapılır. Böylece her odada, gün boyunca değişken olan yükün karşılanması yanında, farklı oda ayar sıcaklığı seçme imkanı da vardır.

3- Fan coil kontrol sistemleri; en basit olan yalnız fan kontrolünden (kontrol vanası yok), oransal vana kontrolüne kadar geniş bir çeşitlilik gösterir. Aynı çeşitlilik oda termostatlarında da mevcuttur. En basitinden, üzerinde gece/gündüz işletmesi olan, ünite de oluşan arızaları gösteren, gerektiğinde bir bina otomasyon sistemine bağlanabilen ve birbirleri ile haberleşebilen tiplerine kadar pek çok farklı model mevcuttur.

4- Fan motorlarında devir ayarı yapma imkanı kapasite kontrolünde ek bir kolaylık yaratır.

5- İki yöllü kontrol vanaları kullanıldığı takdirde, frekans kontrollü dolaşım pompası kullanımı enerji tasarrufu açısından tavsiye edilir.

6- Boru montajı genellikle kanal montajından daha kolaydır. Bunun yanı sıra kanal montajında, montaj ve kanal imalat işçiliği kalitesi çok değişken olmaktadır. Boru sisteminde ise montaj sonrası yıkama işlemi yapılmalı, sistem kimyasal işleme tabii tutulmalıdır.

7- Boru izolasyonu genellikle kanal izolasyonundan daha kolaydır. Ancak fan-coil sisteminde özellikle asma tavan içindeki soğutma ve drenaj borularının izolasyonuna daha çok özen gösterilmelidir.

8- Özellikle iyi imal edilmemiş kanallarda meydana gelen kaçakların yaratacağı büyük işletme giderleri, fan coil sisteminde söz konusu değildir. Ayrıca kanalların büyük yüzey alanları nedeniyle borulara oranla ısı kayıpları daha fazladır.

9- Boru sisteminde reglaj yapmak kanal sistemine göre daha kolaydır. Mümkün olursa ters dönüşlü (eşit direnç) boru sistemi kullanılmalıdır. Fan-coil serpantin basınç kaybını 3 mss gibi yüksek değerlerde tutmak reglajı kolaylaştırır.

10- Fan coil sisteminde kanal geçirmek için ihtiyaç duyulan büyük shaft kesitlerine gerek yoktur. Bu, özellikle günümüzün birim alan maliyetleri çok yüksek olan iş yeri binalarında kullanılabilir alanı artırıcı bir faktördür.

11- Özellikle döşeme tipi fan coil cihazları kullanıldığında, kanallı sistemlerdeki gibi yüksek asma tavan boşluklarına ihtiyaç yoktur.

12- Fan-coil cihazlarının bakımları belli sürelerde, ihmal edilmeden yapılmalıdır. Özellikle filtre temizliği önemlidir.

13- Fan coil seçimi yapılırken filtrelerin kolayca çıkarılabilmesi özelliği mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle kasetli tip cihazlarda kasetin sökülmeden filtrenin değiştirilebildiği modeller tercih edilmelidir.

14- Yoğuşma tavaları zaman zaman tıkanmaya karşı kontrol edilmelidir. Serpantin ve yoğuşma tavası ile borularının belli sürelerde yıkanması, bakteri üremesini önlemek açısından tavsiye edilir.

15- Fan coil sisteminde bakım yapılması gereken cihazların kullanım mahallerinde olması bir dezavantajdır. Bakım, eğitilmiş personel tarafından mesai saatleri dışında yapılmalıdır. Özellikle tavan tipi fan-coil cihazlarında filtre değiştirilirken tavanın kirletilmemesine dikkat edilmelidir.

16- Açık ofis gibi büyük hacimlerde iç zonda homojen dağılımı sağlamak için tavan tipi fan-coiller kullanılabilir. Bu fan-coil cihazları sadece soğutma yapmak üzere tasarlanabilir. Böylece bina çevresi boyunca fan-coiller hem ısıtma hem soğutma yaparken, iç tarafta kalan üniteler sadece soğutma yapmış olurlar. Böylece hem konfor açısından oldukça uygun hem de daha ekonomik bir sistem elde edilebilir.

17- Cam önlerine konan cihazların özellikle soğutma sırasında çevredeki kişileri rahatsız etmeyecek tarzda yerleştirilmesi ve hava üfleme yönünün buna göre

tasarlanması gereklidir. Gizli döşeme tipi fan-coil cihazlarında genellikle havayı yönlendirmek için açılı kanatlı lineer menfezler kullanılır. Bu menfezlerin açılına dikkat edilmelidir. Yalnızca havanın cama doğru üflenmesi yeterli değildir. Çoğu durumda camdan yansıyan hava da rahatsızlık verebilmektedir. Kasetli fan coil kullanımında ise sabit üfleme menfezi yerine üfleme yönü değiştirilebilen ayarlı tip menfezlere sahip fan-coil cihazları tercih edilmelidir.

18- Fan-coil cihazı ile ilgili değerlerin, özellikle ses ile ilgili değerlerin zaman içinde geçerliliğini yitirmemesi gereklidir. Sesin zaman içinde problem olmaması için yıllar sonra da monte edildiği günkü kalitesini ve performans değerlerini koruyabilen cihazlar seçilmelidir.

19- Karışımli fan-coil cihazlarında dış hava ile ortamdan dönen hava belli oranlarda karıştırılır, ısıtılıp soğutularak ortama verilir. Özellikle soğuk iklimli yerlerde mutlaka donma koruması yapılmalıdır. Bunun için karışım kutusuna motorlu damper montajı ve bunun bir donma termostatı ile irtibatlandırılması gerekir.

20- Karışımli ünitelerde, özellikle nemli bölgelerde yazın yoğuşmanın daha fazla olacağı göz önünde tutularak drenaj boruları tasarlanmalıdır.

21- Karışımli fan-coillerde filtre daha sık temizlenmelidir.

22- Karışımli cihazların hava emişi rüzgar, yükseklik gibi faktörlerden etkilenebilir. İnfiltrasyon miktarı fazladır. İnfiltrasyon yükü de göz önünde tutulmalıdır.

23- Karışımli cihazların dışarıdan ses girişine karşı önlem alınmalıdır. Bu durumlar için özel karışım kutusu, susturucu gibi aksesuarları bulunan fan-coil cihazları tercih edilmelidir.

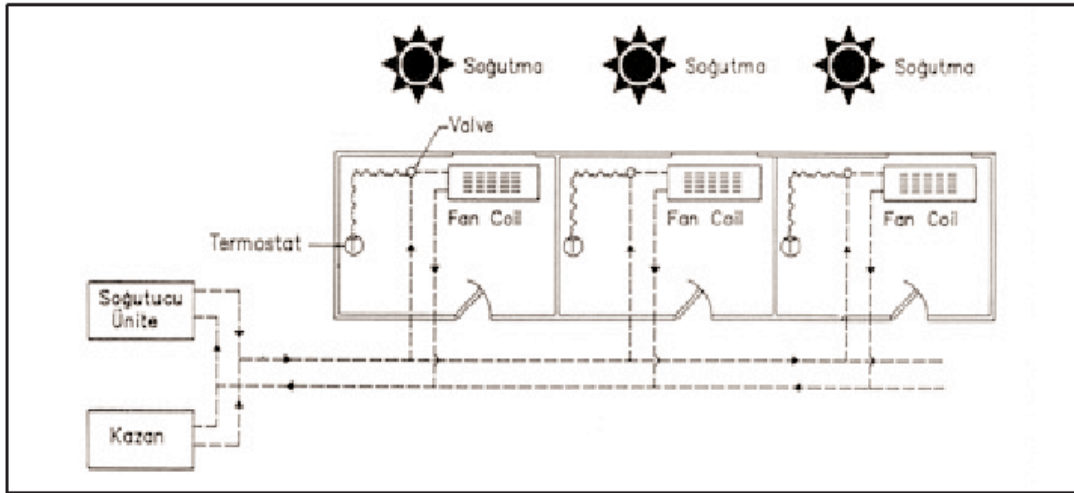
24- Karışımli fan coil cihazları kullanıldığında taze hava kanalları için bir şafta ihtiyaç duyulmayacaktır.

25- Primer havalı sistemde kanallar için şaft ve asma tavan boşluğuna ihtiyaç vardır. Ancak kanallar havalı sistemle karşılaştırıldığında oldukça küçük kesitli olmaktadır. Bu bakımdan yer kaybı tam havalı sistemlerden çok daha azdır.

3.2.1. İki borulu sistem

İki borulu sistemlerde borularda ya sıcak yada soğuk su bulunduğu için sistem ya ısıtma yada soğutma yapmaktadır. Fan coil cihazı tek serpantinlidir. (Şekil 3.5)

- İki borulu fan coil sistemi ilk yatırım maliyeti en ucuz merkezi sistemdir.
- Fan coil, borulama ve izolasyon maliyeti dört boruluya göre daha azdır.
- Daha az boru olduğu için özellikle kasetli cihazlarda borulama daha kolay yapılır.
- Özellikle geçiş dönemlerinde istenen konforun tam sağlanması mümkün değildir.
- Yaz işletmesinde su sıcaklığı genellikle 7/12 °C olarak seçilir. Kış işletmesinde ise su sıcaklıkları düşük seçilmeli ya da oransal vana kullanılmalıdır. Ancak oransal vana kullanıldığında yazın nem kontrolü daha zor olmaktadır.
- Fan coilde yaz kış geçişini sağlamak için yaz-kış konum anahtarlı termostatlar kullanılmalı ve boru termostatu eklenmelidir.

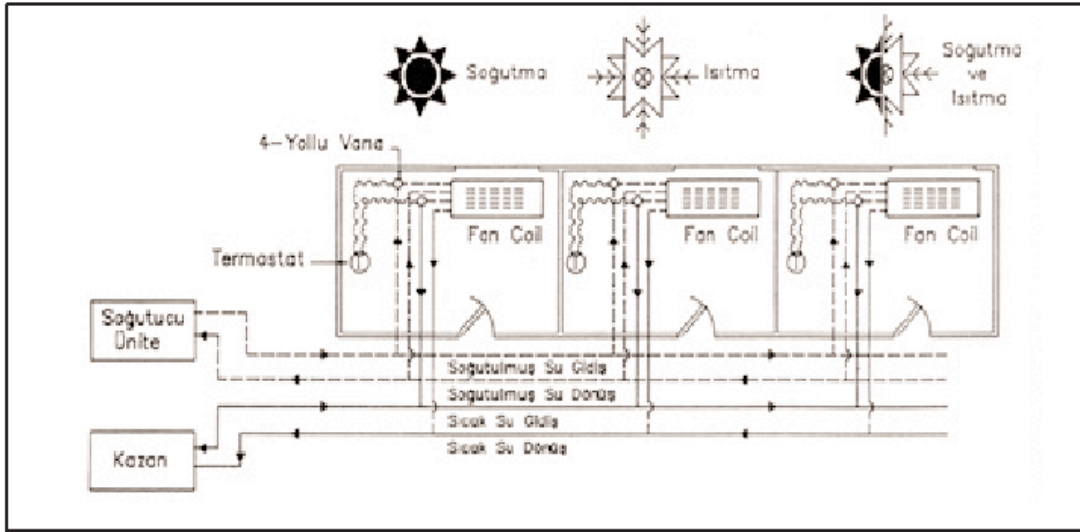


Şekil 3.5. 2 borulu sistem

3.2.2. Dört borulu sistem

Sıcak ve soğuk su farklı borularda dolaşır. İki ayrı serpantin vardır. Vanalar vasıtasıyla fan coilde ya soğuk ya da sıcak suyun dolaşmasına izin verilerek ısıtma ve soğutma yapılır. Sistemde farklı odalarda aynı anda hem ısıtma hem de soğutma yapmak mümkündür (Şekil 3.6).

- Özellikle geçiş dönemlerinde mükemmel konfor sağlanır. Yaz-kış geçişi oldukça kolaydır. Değişikliklere oldukça hızlı cevap verir.
- Kontrol vanası kullanımı gerekli olduğu için kontrol maliyeti daha yüksektir.
- İlk yatırım maliyetinin daha yüksek olmasına karşın işletme verimliliği yüksek, işletme giderleri düşüktür.



Şekil 3.6. 4 borulu sistem

3.3. Değişken Soğutucu Akışkan Debili Sistem

Japonya'da dizayn edilen ve üretilmeye başlanılan bu sistemler günümüzde tüm dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemler temel olarak split klima ile benzer görünse de özellik itibarı ile split klimalara göre daha az enerji harcayan ve iç-dış ünite arası mesafe olarak split klimalara göre çok daha fazla mesafeyi mümkün kılan ve klasik merkezi sistemlere göre montajı kolay, işletmeye çabuk alınabilen sistemlerdir. Bir dış üniteye farklı tip, model ve kapasitede iç ünitelerin bağlanabilmesi büyük yapılarda tasarım, projelendirme, uygulama ve işletme açısından büyük kolaylıklar sağlamaktadır [14]. (Şekil 3.7)

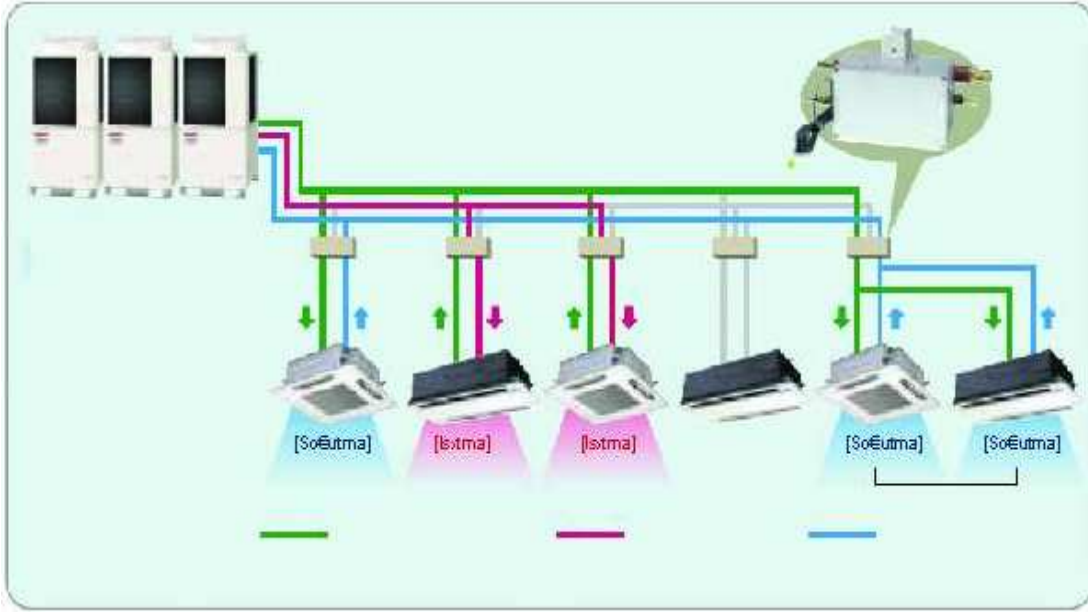
Dış üniteler ve iç üniteler arası mesafe düşeyde 50 m (dış ünite iç ünitelerden aşağıda ise 40 m) kritik hat 175 m tek yön toplamda 300 m, gaz ve sıvı hattı toplam 600 m'ye kadar bakır borulama imkanı mevcuttur. Bir dış üniteye 40 adede kadar iç ünite bağlanması söz konusu olabilmektedir. Dış üniteler modüler yapıdadır ve çok sayıda dış ünite birbirine paralel olarak bağlanıp çalıştırılabilir. Dış üniteler birden fazla kompresörden oluşmaktadır, bir kompresör arızalandığında diğerleri çalışmaya devam eder ve sistem kendi içinde yedekleme imkanı sunar. Dış ünitelerin kapasitesinin %130'u ile %160'ı oranında çalışma imkanı vardır. İç üniteler sistem değişikliğinde split klima olarak da çalıştırılabilir. Üç borulu sistem uygulamasıyla

her iç ünite birbirinden bağımsız olarak istenildiği zaman soğutma istenildiği zaman ısıtma yapabilmektedir.

Dış ünite de bulunan kompresörler değişken devirlidir ve kısmi ısı yüklerinde soğutucu akışkan debisini ayarlayarak elektrik enerjisinden tasarruf sağlanmaktadır. Merkezi sistemlerde soğutucu akışkan olarak su dolaştırılmaktadır. Su soğuma grubunda (chiller) su pompa vasıtasıyla klima santrali veya fan coil ünitelerine gönderilmektedir. Su soğutma grubunda soğutucu akışkandan suya klima santralinde veya fan-coilde de sudan havaya ısı transferi olmaktadır.

Değişken soğutucu akışkan debili sistemlerde ısı transferi doğrudan havaya olmaktadır ve bu şekilde ısının aktarılması esnasındaki oluşan kayıplar azaltılmaktadır. Suyu ve havaya göre daha iyi bir ısı transfer imkanı olan soğutucu akışkan önemli miktarda enerji tasarrufu sağlar. Çünkü aynı kütledeki soğutucu akışkanla transfer edilebilecek ısı miktarı daha yüksektir. Mesela sirkeyi sulu vaziyette nakletmek yerine konsantre olarak naklettiğimizi düşündüğümüzde ortaya çıkacak olan nakliyeden dolayı elde edilebilecek karı düşünelim. Bu durumda aynı ısı transferi miktarı çok daha az bir akışkan nakliyle bağlanmış olmaktadır. Bu da akışkan nakli için daha az enerji harcanması anlamına gelir [15].

Binadaki şaftlardan ve tavan aralarından sadece soğutucu akışkan taşıyan borular ve primer hava kanalları geçtiği için klasik sisteme göre binadaki şaft hacmi azalmaktadır. Özellikle eski binalarda klasik kanal döşenerek soğutma yapmanın mümkün olmadığı durumlarda değişken soğutucu akışkan debili sistemler kolaylıkla uygulanabilmekte ve çok kısa sürede monte edilip devreye alınabilmektedir.



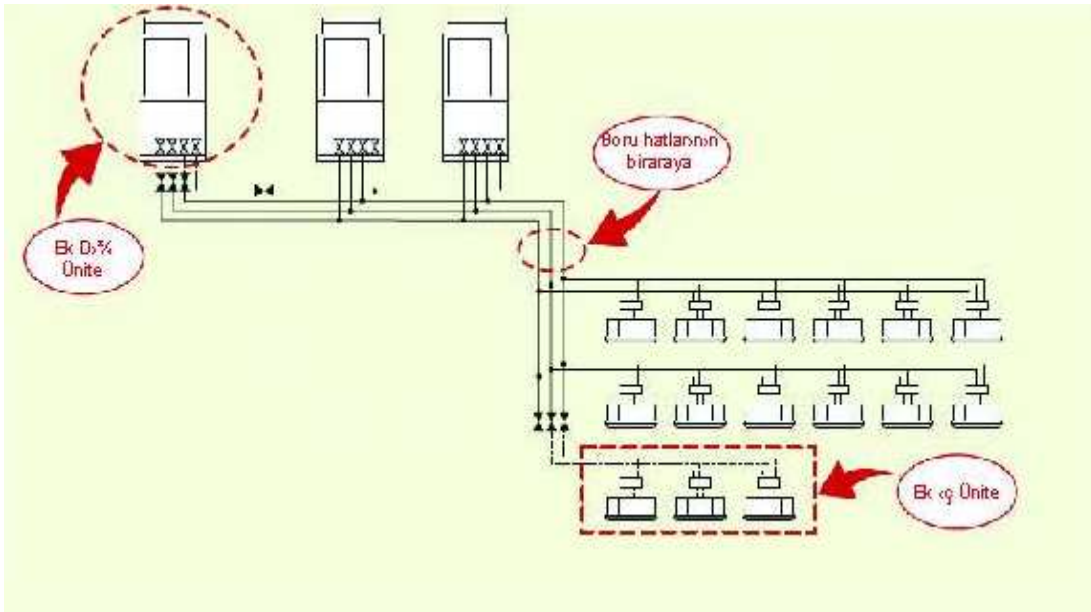
Şekil 3.7. Değişken soğutucu akışkan debili sistem

Sisteme ek iç üniteler ilave edilecekse hat çapının bu duruma göre seçilmesi gerekir. Bu sistemlerde eklenecek toplam iç ünite kapasitesi yüksek değilse dış ünite ekleme gereği doğmayabilir. Dış ünitenin kapasitesinin üzerinde kullanılabilmesi de buna olanak tanır. Fakat normalde ekleme yapılacağı biliniyorsa boru çapı eklenecek kapasite dikkate alınarak belirlenmelidir.

Bu sistemler çok katlı bir binadan, tek bir villaya kadar her türlü yapıda her mahalde bağımsız kontrol imkanı vermektedir. Kullanılan inverter vb sistemler sayesinde değişken gaz debisi ile enerji tasarrufu sağlamaktadır. Sıvı dönüşünü engellemek için yüksüz yol alma ve yağ dönüşünü sağlamak için yüksek tutma kabiliyetli yağ ayırıcılar kullanılmaktadır. Değişken soğutucu akışkan debili sistemlerde PID kontrol sistemi ile soğutucu yağının borularda birikmesi ve iç üniteler arası seviye farkının neden olduğu hacimsel soğutucu akışkan azalması ve sıvı dönüşü önlenir. Sistemin kontrolü mikro işlemcilerle hassas bir şekilde yapıldığından split sistemlere göre inanılmaz bir elektrik tasarrufu söz konusudur(%30 mertebelerinde).

Başka bir konu da borulama uzunluğudur. Borulama uzunluğu split klima sistemlerinde sorunlara neden olmaktadır. Bu sorunlar kompresöre likit dönüşü ve soğutucu akışkanla birlikte hatta sürüklenen yağın kompresöre geri

döndürülemezdir. Bu iki durum kompresörde hasara neden olabilir. Sıvı dönüşünü engellemek için yüksüz yol alma ve yağ dönüşünü sağlamak için yüksek tutma kabiliyetli yağ ayırıcılar kullanılmaktadır. Değişken soğutucu akışkan debili sistemlerde PID kontrol sistemi ile soğutucu yağının borularda birikmesi ve iç üniteler arası seviye farkının neden olduğu hacimsel soğutucu akışkan azalması ve sıvı dönüşü önlenir. Bu sistem sayesinde değişken soğutucu akışkan debisine sahip sistemler yüksek kot farklarında ve yüksek hat uzunluklarında sağlıklı olarak çalışır. Ayrıca dış hava sıcaklığı $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin altına düşmediği sürece de ısıtma için kazana gerek kalmadan kullanılabilir. Dış ortam sıcaklığı $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin altına düşmediği sürece soğutma da yapılabilir. (Şekil 3.8)



Şekil 3.8. Değişken soğutucu akışkan debili sistemlerde borulama

Enerji tasarrufunun sağlanması ve sistem veriminin artırılması temel sorunumuz olduğuna göre değişken akışkan debili sistemler de iyi bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Binaların klima sistemlerine sahip olmasının yanında merkezi sistemlerden domestik sistemlere doğru da bir eğilim vardır. Bu durum özellikle ısıtma sektöründe kazandan kombiye geçiş olarak kendini göstermiştir. Binada yaşayanlar veya çalışanların talebi merkezi sisteme göre daha bağımsız olarak onların müdahalede bulunabileceği sistemlere ihtiyaç doğmasına neden olmaktadır. Klasik sistemlere göre bir diğer üstünlüğü de yedekleme ihtiyacı olmamasıdır. Çünkü arızalanan ünite kapatılarak sistem çalıştırılmaya devam edilebilir.

Özellikle bireysel kullanım için split klimaya göre üstün bir sistem olan değişken soğutucu akışkan debili sistemler eski binalara iklimlendirme sistemi uygulamalarında, villa, ofis küçük alışveriş merkezi ve özel eğitim kurumlarının iklimlendirilmesinde güçlü bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sistemler yukarıda saymış olduğumuz avantajlarıyla giderek büyüyen iklimlendirme pazarından daha da büyük bir pay almaya doğru ilerlemektedir.

3.4. Amerikan Klima Sistemleri

Bu sistem ısıtmanın sıcak sulu kalorifer sistemiyle, soğutmanın kanal tipi split klimayla yapıldığı hibrit bir klima sistemi olarak tanımlanabilir [11]. (Şekil 3.9)

Isıtma; cam altına monte edilen ısıtıcılar ile yapılmaktadır. Kışın cam yüzeyinden soğuyarak aşağıya inen hava, ısıtıcılar üzerinde ısınarak yukarıya doğru yükselir.

- Cam önlerine termostatik radyatör valfi monte edilmiş radyatörler (veya termostatik kontrollü elektrikli ısıtıcılar) yerleştirilir.

- Radyatörlerde ısınan hava yukarı doğru doğal sirkülasyon ile yükselir. Sıcak hava ortam havasına göre daha hafiftir. Bu nedenle yukarıya doğru kendiliğinden ve sessizce yükselerek, ortamı soğuk radyasyon etkisinden koruyan bir sıcak hava perdesi oluşturur ve en iyi ısıtma konforunu sağlar.

- Termostatik vanalar ile ortam sıcaklığı istenilen değerde hep sabit kalır. Ortam sıcaklığının sabitlenmesi konfor ve yakıt ekonomisi sağlar.

- Kışın ortam havası sıcaklığı arttıkça, nem oranı da azalır. Nem oranı azaldıkça da grip olma riski artar. Termostatik vana kontrolü, dolaylı olarak odadaki nem oranının da kontrol edilmesini sağlayarak sağlıklı bir ortam hazırlar.

- Radyatörlere sıcak su, dış hava sıcaklığına göre kazan suyu sıcaklığını ayarlayan kontrol panel ile çalışan kalorifer kazanından gönderilir. Termostatik vanalar bu nedenle ani ısı yüklerini (güneş ışınları, içeriye çok sayıda insan girmesi vb.) dengeler.

- Isıtıcılar (radyatörler) cam altına olabildiğince yaygın olarak yerleştirilmelidir. Geniş tip radyatörler yerine dar tip radyatörler tercih edilmelidir. PKKP tipi panel yerine PK veya P tipi panel radyatör kullanılmalıdır.

- Radyatörlerin hafif ve su hacminin az olması da otomatik kontrolü kolaylaştıracağı için yakıt ekonomisine katkıda bulunacaktır.

Havalandırma ve soğutma kanal tipi split klima cihazları ile yapılır. Taze hava, klima cihazının arkasından dışarıya açılan bir hava kanalı yardımı ile alınır (hava kanalı üzerine damper monte edilmelidir) veya bir booster fan (hız anahtarı ile devri kontrol edilen) yardımı ile klima cihazı emişine gelir. Dönüş havası ile taze hava karıştırılarak filtre edilir. Yazın soğutulmuş hava kanalları yardımı ile ortama ulaştırılır.

- Klimatize edilen hava ortama tavandaki anemostatlar veya alın menfezleri ile verilir. Yeterli sayıda anemostat (veya menfez) kullanıldığı için hava ortama homojen bir şekilde dağıtılır ve en iyi konfor sağlanır.

- Uygun kesitlerle hava dağıtıldığı için ortamda tam bir sessizlik sağlanmaktadır.

- Egzoz ise, ayrı aspiratör ile yapılmaktadır. Egzoz havası varsa depo, kapalı garajlara; Adana, Antalya gibi bölgelerde asansör makine dairelerine (çok sıcak havalarda termik atmosferi önlemek için) atölye hacimlerine üflenerek bu hacimlerin az da olsa ısıtılması ve havalandırılması, ilave bir bedel ödemeksizin sağlanmaktadır. Ayrıca bu hacimler (+) basınçta tutularak tozdan arındırılabilir. Bu tip hacimler yoksa veya çok ters tarafta kalıyorsa egzoz havası kondenserlerin üzerine atılarak, kanal tipi split cihazların verimleri arttırılabilir.

- Kat yüksekliği 2,6 metre olan hacimlerde bir anemostatdan ortama verilen hava miktarı 7500 Btu/h kapasitesinde olmalıdır. 10.000 Btu/h değerini aşmamalıdır. Daha fazla kapasitede hava verilirse, ortamda ideal hava dağılımı gerçekleşmez, hız artar, soğuk bölgeler oluşur ve konfor bozulur. Kat yüksekliği 15 metre olan bir sergi holünde ise; bir anemostatdan 50.000 Btu/h kapasitesinde hava verilebilir.

- Duvar veya cam tipi split klimalarda duvardan yani tavana göre daha da alt seviyeden ortama 12.500 -18.000 - 24.000 Btu/h gibi çok yüksek kapasitede hava verilmesi, bu cihazların altında veya yakınında oturanların hasta olma riskini arttırmaktadır. Duvar tipi split klimada havalandırma imkanı yoktur. Ayrıca ses problemi oluşmaktadır. Salon tipi cihazlarda ise soğuk hava hacme tek bir noktadan verilmekte ve genelde konfor açısından en kötü uygulama örneklerinden birini

oluşturmaktadır. Bu durumu kalorifer tesisatı yapmak yerine büyük bir soba ile ısıtma yapmaya benzetebiliriz.

- Kanal tipi split klima cihazları ile hava ortama homojen olarak dağıtıldığı için ortamda hava hareketi ve ses hissedilmeden ideal konfor sağlanmaktadır. Havalandırma ise 12 ay yapılabilir.

3.4.1. Amerikan sistem klimanın avantajları

Konfor

- Hava dağılımı homojen yapıldığı için rahatsız edici hava hareketleri oluşmaz.
- Sessiz bir ortam sağlanır.
- Isıtma cam altından yapıldığından soğuk havada, ortamda soğuk radyasyon etkisi oluşmaz. Ortam sıcaklığı dış hava kompanzasyon paneliyle çalışan kazan ve termostatik radyatör valfleri sayesinde sabit kalır.
- Soğuk hava ise tavandan verildiğinden aşağıya inerken ortam havası ile karışır ve ideal dağıtım sağlanır.
- Yazın kanal tipi klima cihazları nemi aldığı için ortamda ideal hava şartları oluşur.
- Ortama ihtiyaç kadar taze hava verilir ve egzoz edilir. Ortamda sigara dumanı (veya kokusu) içeren kirli hava oluşmaz.
- Ortama verilen taze hava, egzoz edilen hava miktarından biraz daha fazladır. Bu şekilde ortam (+) basınçta tutulur. Kapı ve doğramalardan fazla hava dışarıya kaçar. Ortama toz girmesi önlenir. Tozdan arındırılmış ortamda temiz hava konforu artırır, tozun getirdiği problemlerden (bilgisayar arızaları, sık sık toz alma ihtiyacı, masa, mobilya gibi malzemelerin toz alınırken çizilmesi, halıların ömrünün kısılması vb.) çok büyük oranda kaçılmış olur.

İşletme kolaylığı

- Amerikan sistem klima tesisatını sekreterler veya büro çalışanları işletir. Ayrıca bir teknisyene ihtiyaç duyulmaz. Kalorifer sistemi haftanın her gününe ayrı ayrı programlanır. Örneğin kışın sabah saat 8.30'da ortam sıcaklığının 20 °C olması isteniyorsa, kontrol paneli dış hava sıcaklığını ölçerek kazanı önceden çalıştırıp (soğuk havalarda daha da erken çalıştırır) 8.30'da 20 °C oda sıcaklığı şartını sağlar.

Pazar günü çalışmayan binalarda, pazartesi sabahı kazanı otomatik olarak daha erken çalıştırıp 8.30'da 20 °C oda sıcaklığı şartını yine sağlar.

- Soğutmada ise istenen sıcaklık digital termostat üzerinde kolayca seçilir.

İşletme esnekliği

- Ara mevsimde (Nisan, Mayıs, Ekim, Kasım ayları gibi) sabah ısıtma sistemi, öğlen saatlerinden itibaren otomatik olarak soğutma sistemi çalışabilir. İşyerlerinde fazla mesai saatlerinde (akşam veya hafta sonu gibi) ise sadece birkaç odayı soğutmak (kışın da heat pump ile ısıtmak) mümkündür. Flexibilite ve ekonomi sağlanır. Evlerde ve villalarda ise gündüz salon, gece yatak odaları soğutulur ve ekonomi sağlanabilir.

Servis kolaylığı

- Sistem elemanları arıza yapma riski olmayan basit ve uzun ömürlü cihazlardan seçilirse, servis ihtiyacı; yılda bir defa genel bakım yapılması ve bölgeye göre ayda veya birkaç ayda bir defa filtre temizliğinden ibarettir. Servis gereksinimi olan cihazların sayısı klasik sistemlere göre daha az sayıda olup belirli hacimlere toplanmıştır. Servis çok kolay yapılır ve servis sonrası iz bırakma riski oluşmaz. Yaşam mahalleri içerisinde servis gereksinimi olan cihazlar yoktur.

İşletme maliyeti

- Isıtma cam altından, soğutma ise tavandan yapıldığı için ısı transferi ideal şekilde yapılır ve enerji gereksinimi en aza indirilir. Esnek bir sistem olduğu için işyerlerinde mesai saatleri dışındaki kullanımda binanın küçük bir bölümü ısıtılıp soğutulur ve enerji tasarrufu sağlanır. Konutlarda ise istenirse gündüz salon, gece yatak odaları ayrı ayrı soğutulabilir.

Kuruluş maliyeti

- Kuruluş maliyeti klasik sistemlerden %20 ile %60 oranında daha ucuzdur.
- Kışın taze havanın ısıtma ihtiyacı, kanal tipi heat pump split cihaz kullanılması halinde (taze hava ihtiyacı %10 ila %30 arasında ise) bu cihaz ile karşılanır. Kazan kapasitesini hesaplarken taze havanın ısıtma yükü eklenmez.

Ömür

- Sistem elemanları çok uzun ömürlü olup kaliteli cihazların kullanılması halinde ekonomik ömür 20 yıldan daha fazla olabilmektedir.

3.4.2. Amerikan sistem klima ile fan-coil sistem karşılaştırılması

1- Fan coil sistemlerinde, uygun sıcaklık kontrolü her bir fan coil önüne konulan üç yollu kontrol vanası ile sağlanmaktadır. Bu üç yollu vanalar hem önemli bir maliyet kalemi oluşturur hem de servis gerektirir ve arıza riski taşır.

2- Fan coilin fanı aynı şekilde servis ve bakım gerektirir. Ayrıca bu bakım ve servis yaşam mahalleri içinde olmak zorundadır. Bu ise rahatsızlık ve kirlilik yaratır.

3- Fan coil filtrelerinin belirli aralıklarda temizlenmesi gerekir. Bu temizlik yukarıdaki sakıncaları taşır. Bu nedenle de filtre temizliği ihmal edilir. Kirli filtreler ise cihaz performansının düşmesine neden olur. Halbuki kanallı split cihaz iç üniteleri servis yapılabilir uygun yerlerdedir ve bu tek cihazdaki kasetli filtre kolayca değiştirilebilir. Yaşam mahallerinde herhangi bir rahatsızlığa ve kirlenmeye neden olmaz.

4- Isıtmada radyatörle ısıtma daha konforludur. Radyant ısıtma nedeniyle daha düşük oda sıcaklığında aynı konfor elde edilir. Fan-coilde ise radyant ısıtma hiç olmadığından soğuk yüzeylerin yarattığı rahatsızlık yanında, aynı konfor hissi için oda sıcaklığı daha yüksek tutulmak zorundadır. Fan coil sisteminde daha fazla hava hareketi oluşur. Bu ortamın aynı sıcaklıktaki hava hareketi daha az olan bir ortama göre daha soğuk hissedilmesine neden olur. Ortam sıcaklığının 20 °C'den 21 °C'ye (1°C) artırılması yakıt tüketimini %10 mertebesinde artırır.

5- Soğutmada da Amerikan sistem daha avantajlıdır. Soğuk hava kanallarla üst kottan üflenir, tavanda yayılarak ortama homojen bir şekilde dağıtılır. Tavan tipi fan coil ile hava üst kottan benzer şekilde üflenir. Döşeme tipi fan-coilde ise soğuk hava alt kottan üflenmektedir. Bu, oda içinde istenilmeyen hava hareketine ve konforsuzluğa neden olur. Fan coil cihazlarının önünde veya yakınında oturanlarda sırt ağrıları oluştuğu bilinmektedir.

6- Fan coil sisteminde fan coil cihazı ve boruları daha fazla yer kaplar ve gizlenmeleri zordur. Bu inşaat alanında yer kaybına neden olur. Fan coil boruları döşeme altından çekilirse, boru çapı ve izolasyon kalınlığı yüksek olacağından

döşeme kalınlığı artacaktır. Ayrıca boruların döşeme altından çekilmesi istenmeyen bir uygulamadır.

7- Her iki sistemin yatırım maliyetleri arasında önemli fark vardır. Tipik bir villa için yapılan hesapta radyatör+kanal tipi split sisteminin yatırım maliyeti iki borulu fan coil sistemine göre %30, dört borulu fan coil sistemine göre de %50 daha ucuz olmaktadır.

8- Kanallı split cihazları ile (her odaya damper ve oda termostadı monte ederek) oda sıcaklıklarını ayrı ayrı kontrol etmek mümkündür. Bu durumda klima cihazı çıkış ve dönüş kanalları arasında by-pass kanalı yapıp, üzerine basınçtan kumanda alan bir damper ve servomotor monte edilebilir. Ancak soğutmada dış ve iç hava sıcaklık farkı az olduğu için bu çok özel durumlarda gereklidir.

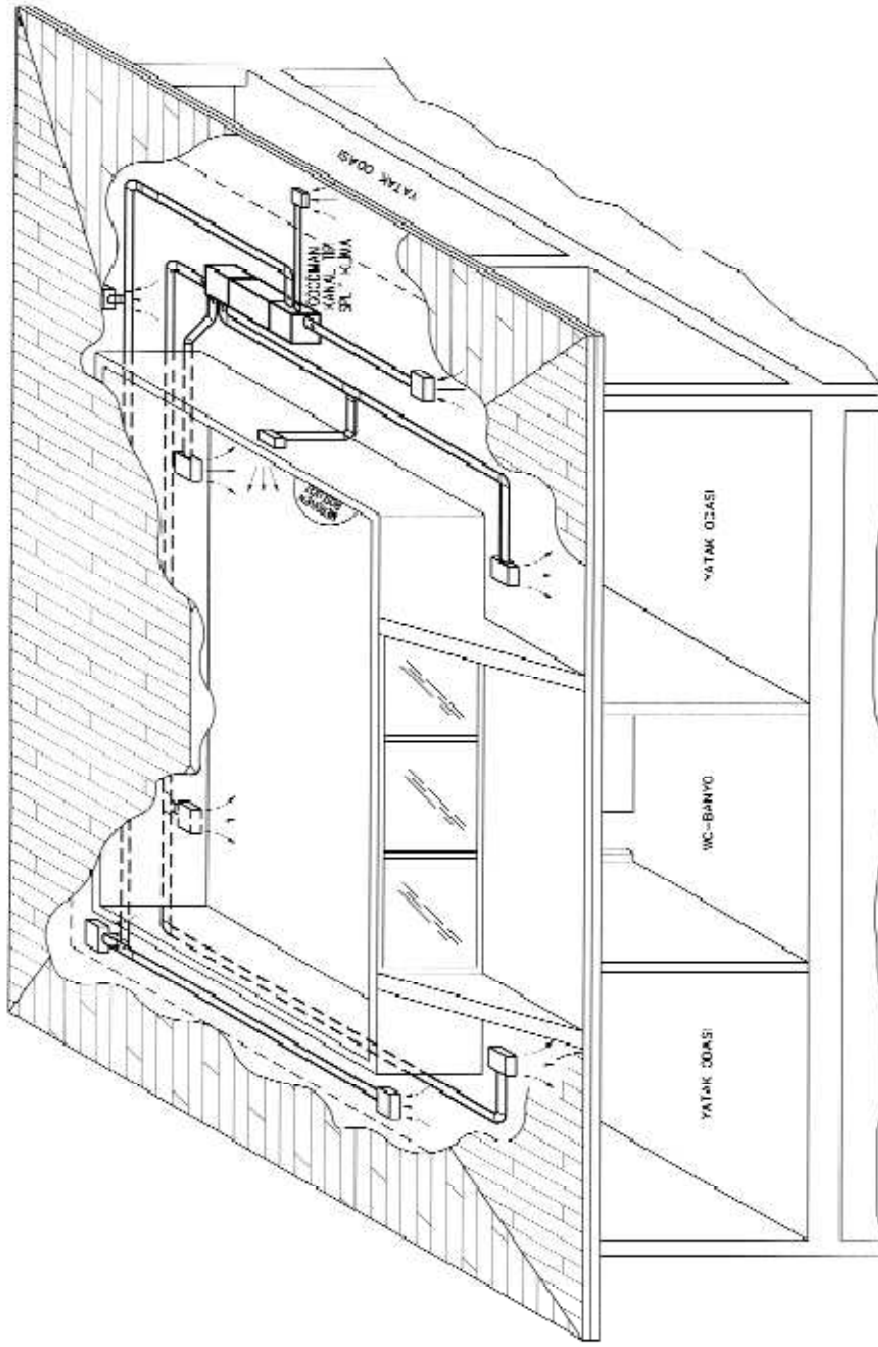
9- Özellikle dış ve iç hava sıcaklığı farkının çok fazla olduğu (25 °C) kış aylarında, fan coiller geceleyin de çalışacaktır. Bu da en kaliteli fan coil kullanılsa dahi uyumaya çalışan insanları çok rahatsız edecektir. Fan coillerin ses düzeyi başlangıçta düşük bile olsa kullanma süresi boyunca giderek artacağını da göz ardı etmemek gerekir.

10- Konutlarda havalandırma amacıyla fan coil'in arkasındaki duvara monte edilecek taze hava menfezleri hem binanın dış görünüşünü bozacak hem de ses, kirlilik, donma riski gibi problemleri beraberinde getirecektir. Bunun yerine taze hava kanallarla verilirse yazın soğutma, kışın ısıtma yapan bir santral, bunu besleyen bir kazan ve chiller gerekecektir. Ayrıca kanallar için rezervasyon gerekir. Bunların tümü hem maliyet hem de değerli inşaat alanından yer kaybı demektir.

11- Apartman tipi çok kullanıcıli konutlarda, merkezi soğutma sistemi kullanılırsa yüksek enerji maliyetinin paylaşımı problem yaratır.

12- Fan coil sistemi işletmesinde bir teknik elemana gereksinim vardır. Diğerinde ise işletme kolaydır ve teknik eleman gerekmez.

13- Ara mevsimlerde, hafta sonlarında ve gece saatlerinde Amerikan sistemi avantaj sağlar. Isıtmadan soğutmaya geçiş çok kolaydır. Heat pump tipi cihaz kullanıldığından lokal olarak geceleri ve hafta sonlarında ısıtma veya soğutma yapabilir. Bütün sistemi çalıştırmaya gerek yoktur.



BÖLÜM 4. ISI YALITIM HESABI

4.1. Giriş

Yeni binaların tasarım aşamasında TS 825 ‘Binalarda Isı Yalıtım Kuralları’ standardında verilen hesap metodu kullanılarak binanın enerji ihtiyacı bu standartta verilen sınırları aşmayacak şekilde hesaplanmalıdır. Malzeme seçimi, eleman boyutlandırılması ve detay çözümlerin de belirtildiği bir ısı yalıtım projesi hazırlanmalıdır. Eğer yapılan hesaplamalar bu standarda uymuyorsa, malzeme seçimi ve eleman boyutlandırılması yeniden yapılmalıdır [16].

Bu standartta önce oda yüksekliği değerine bakılır. Oda yüksekliğinin 2.60’dan büyük ya da küçük olması durumuna göre bir hesap yolu izlenir. Bu duruma göre bina kullanım alanı başına ($Q_{yıl}/A_n$) veya bina brüt hacmi başına ($Q_{yıl}/V_{brüt}$), yıllık ısıtma enerjisi hesabı yapılır. Bulunan bu değer iklim bölgelerine bağlı olarak verilen başka bir değer ile karşılaştırılarak binanın standartlara uygun olup olmadığı belirlenmektedir.

Bunu kısaca özetlersek;

- $A_{top}/V_{brüt}$ (binanın ısı kaybeden yüzeylerinin toplam alanı/binanın brüt hacmi) oranı tanımlanmıştır.
- Bu orana bağlı olarak iklim bölgelerine göre bina kullanım alanı başına en fazla yıllık ısı miktarını belirleyen A_n ya da $V_{brüt}$ ile ilişkili ifadeler oluşturulmuştur (kWh/m^2 veya kWh/m^3).
- Bina için hesaplanan bina kullanım alanı başına yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı miktarı ($Q_{yıl}/A_n$) veya bina brüt hacmi başına yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ($Q_{yıl}/V_{brüt}$) değeri, yukarıda tanımlanan standart değerden fazla olmamalıdır. Bütün hesap temelde bu kontrol mekanizmasına bağlanmıştır.

- Oda yükseklikleri 2.60 m. veya daha az ise A_n 'li ifade kullanılır.
- Oda yüksekliklerinin 2.60 m.'nin üzerinde olması durumunda $V_{brüt}$ 'lü ifade kullanılır.

4.2. Binanın Özgül Isı Kaybı Çizelgesinin Doldurulması

Bu çizelgede,

$$Q_0 = AU\Delta T \quad (W) \quad (4.1)$$

ısı kaybı ifadesindeki $A.U$ 'nun her bir yapı malzemesi için hesabının yapılarak toplanması işlemi yapılır [16]. (Tablo 4.1)

Yapı elemanlarından iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı,

$$\Sigma AU = U_D A_D + U_p A_p + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_t A_t + U_d A_d + 0.5 U_{dsic} A_{dsic} \quad (4.2)$$

ifadesiyle verilmektedir. Bu ifadedeki sembollerin anlamları aşağıdaki gibidir;

U_D : Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K),

U_p : Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K),

U_T : Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K),

U_t : Zemine oturan tabanın/döşemenin ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K),

U_d : Dış hava ile temas eden tabanın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K),

U_{dsic} : Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K),

A_D : Dış duvarın alanı (m^2)

A_p : Pencerenin alanı (m^2)

A_T : Tavan alanı (m^2)

A_t : Zemine oturan taban/döşeme alanı (m^2)

A_d : Dış hava ile temas eden tabanın/döşemenin alanı (m^2)

A_{dsic} : Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının alanı (m^2)

Tablonun doldurulmasını tanımlarken sütunların numaralandırılması açıklama kolaylığı getirmektedir. Çizelgenin satır kısımlarında da duvar yüzeyleri, taban, tavan, pencere gibi ısı kaybı gerçekleşen yapı elemanları sıralanmaktadır.

1.sütuna, metre olarak yapı elemanının kalınlığı girilmektedir.

2.sütuna, yapı elemanlarının ısı iletkenlik hesap değeri λ_h , W/mK cinsinden girilmektedir.

Tablo 4.1. Binanın özgül ısı kaybı çizelgesi

Binadaki yapı elemanları		1	2	3	4	5	6
		Yapı elemanı kalınlığı d m	Isı iletkenlik hesap değeri λ_h W/mK	$d/\lambda, 1/\alpha$ m^2K/W	Isı geçirgenlik katsayısı U^* W/m ² K	Isı taşıyan yüzey A m ²	Isı kaybı A x U W/K
Duvar yüzeyleri	$1/\alpha_i$						
	$1/\alpha_d$						
Toplam							
Taban	$1/\alpha_i$						
	$1/\alpha_d$						
Toplam							
Tavan	$1/\alpha_i$						
	$1/\alpha_d$						
Toplam							
Pencere							
Yapı elemanlarından iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı =							
$\Sigma AU = U_D \cdot A_D + U_P \cdot A_P + 0,8 U_T \cdot A_T + 0,5 U_I \cdot A_I + U_d \cdot A_d + 0,5 U_{dsic} \cdot A_{dsic}$ ✓							
Özgül ısı kaybı $H = H_i + H_h$							
İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_i = \Sigma AU + I U_i$							
Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_h = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h$							

3.sütuna, d/λ , $1/\alpha$ değerleri, m^2K/W biriminde girilmektedir.

4.sütuna, ısı geçirgenlik katsayısı hesabı yapılmaktadır. Isı geçirgenlik katsayısı U ,

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_{iç}} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{dış}} \quad (4.3)$$

ifadesinden bulunmaktadır.

5.sütuna, hesabı yapılan bitişik yapı malzemesinin yüzey alanı yazılır.

6.sütuna, ısı geçirgenlik sayısı U ile ısı taşıyan yüzey alanı A 'nın çarpımı yazılır (4. ve 5. sütunların çarpımı).

Isı kaybı olan her bir yüzey (duvar, taban, tavan, pencere) için bu hesap yapıp toplam AxU değeri hesaplanır. Isı geçişi yoluyla gerçekleşen ısı kaybı H_i ;

$$H_i = \Sigma AU + IU_i \quad (4.4)$$

ifadesinden bulunmaktadır. Isı köprüleri varsa, ısı köprüsü uzunluğu l (m) ve ısı köprüsünün doğrusal geçirgenliği U_i (W/mK) değerleri formüldeki yerine yazılır.

$1^\circ C$ sıcaklık farkı başına özgül ısı kaybı H ,

$$H = H_i + H_h \quad (4.5)$$

ifadesinden bulunmaktadır. Buradaki H_h havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı olup,

$$H_h = 0,33 n_h V_h \quad (4.6)$$

ifadesinden bulunur. Bu ifadedeki sembollerin anlamları aşağıdaki gibidir;

n_h : Hava değişim sayısı (1/h),

V_h : Havalandırılan hacim ($V_h = 0,8V_{brüt}$) (m^3).

Çizelgenin sonunda denklem 4.5'den yararlanılarak W/K biriminde binanın toplam özgül ısı kaybı bulunur.

Örnek binanın özgül ısı kaybı hesabı (Tablo 4.2);

Tablo 4.2. Örnek binanın özgül ısı kaybı çizelgesinin doldurulmuş hali

BINADAKİ YAPİ ELEMANLARI			Yapı elemanının kalınlığı d (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h (W/mK)	$d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	Isı iletkenlik katsayısı U (W/m ² K)	Isı kaybedilen yüzey A m ²	Isı kaybı A x U (W/K)
DUVAR (dış havaya açık) DUVAR.1	1/ α_i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
	4,3	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,020	0,700	0,029			
	7,3.2	İnce derzli (derz kalınlığı < 3 mm) veya özel yapıştırıcısıyla yerleştirilmiş bloklarla duvarlar (blok uzunluğundan en az 500 mm olması şartıyla)	0,250	0,150	1,667			
	10.2.2.	Yüzeysel pürüzlü veya pürüzlü ve kanallı levhalar	0,050	0,031	1,613			
	1.1	Kristal yapıtlı püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	0,030	3,500	0,009			
1/ α_d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04				
TOPLAM					3,49	0,286	3.063,58	876,18
DUVAR (dış havaya açık) DUVAR.2	1/ α_i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
	4,3	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,020	0,700	0,029			
	5,1.1	Normal beton. (TS 500'e uygun), doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0,250	2,100	0,119			
	10.2.2.	Yüzeysel pürüzlü veya pürüzlü ve kanallı levhalar	0,050	0,031	1,613			
	1.1	Kristal yapıtlı püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	0,030	3,500	0,009			
1/ α_d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04				
TOPLAM					1,94	0,515	2.108,98	1.086,13
DUVAR (düşük sıcaklık) DUVAR.1	1/ α_i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
	4,3	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,020	0,700	0,029			
	7,1.6	Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS 4563)	0,020	0,450	0,044			
	4,3	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,020	0,700	0,029			
	1/ α_d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,13			
TOPLAM					0,36	0,5 + 2,765	450,00	622,13
DUVAR (düşük sıcaklık) DUVAR.2	1/ α_i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
	4,3	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,020	0,700	0,029			
	5,1.1	Normal beton. (TS 500'e uygun), doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0,200	2,100	0,095			
	4,3	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,020	0,700	0,029			
	1/ α_d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,13			
TOPLAM					0,41	0,5 + 2,424	350,00	424,20
DUVAR (düşük sıcaklık)	1/ α_i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			

Tablo 4.2. (Devam) Örnek binanın özgül ısı kaybı çizelgesinin doldurulmuş hali

BİNADAKİ YAPİ ELEMANLARI			Yapı elemanının kalınlığı d (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h (W/mK)	$d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	Isı iletkenlik katsayısı U (W/m ² K)	Isı kaybedilen yüzey A m ²	Isı kaybı A x U (W/K)
DUVAR 3	4.3 7.1.5.2	Alçı harcı, kireçli alçı harcı TS 4916'ya uygun harç kullanılarak W sınıfı Lâmba- zıvanalı tuğlalarla yapılan duvarlar?)	0,020	0,700	0,029			
			0,100	0,280	0,357			
	4.3 1/α d	Alçı harcı, kireçli alçı harcı Yüzeysel ısı iletim katsayısı dışı)	0,020	0,700	0,029			
					0,13			
TOPLAM					0,67	0,5 x 1,483	700,00	519,05
TAVAN (üzeri açık) TAVAN 1	1/α i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
			4.3 5.1.1	Alçı harcı, kireçli alçı harcı Normal beton, (TS 500'e uygun), doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0,020			
	0,100	2,100			0,048			
	4.6 9.2.2.6	Çimento harçlı şap Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,030	1,400	0,021			
			0,003	0,190	0,016			
	4.6	Çimento harçlı şap	0,050	1,400	0,036			
	1.1	Kristal yapıli püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	0,030	3,500	0,009			
1/α d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı dışı)			0,04				
TOPLAM					0,33	3,051	188,70	575,72
TAVAN (üzeri açık) TAVAN 2	1/α i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
			7.8.2.16.4	Düz Pencere Camı (ortalama değer olarak)	0,005			
	1/α d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı dışı)						
TOPLAM					0,18	5,673	255,00	1.446,61
TAVAN (çatılı) TAVAN 1	1/α i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
			4.5 5.1.1	Alçı harçlı şap Normal beton, (TS 500'e uygun), doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0,020			
	0,100	2,100			0,048			
	4.6 9.2.2.6	Çimento harçlı şap Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,030	1,400	0,021			
			0,003	0,190	0,016			
	10.2.2.	Yüzeysel pürüzlü veya pürüzlü ve kanallı levhalar	0,050	0,031	1,613			
	2.1	Kum, kum-çakıl	0,050	1,400	0,036			
	1/α d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı dışı)			0,08			
TOPLAM					1,96	0,8 x 0,510	12.094,68	4.934,63
TABAN (toprağa oturan iç ortam) TABAN 1	1/α i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17			
			1.1	Kristal yapıli püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	0,030			
	4.6 5.1.1	Çimento harçlı şap Normal beton, (TS 500'e uygun), doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)			0,030			
		0,600	2,100	0,286				

Tablo 4.2. (Devam) Örnek binanın özgül ısı kaybı çizelgesinin doldurulmuş hali

BINADAKİ YAĞI ELEMANLARI			Yapı elemanının kalınlığı d (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri λ (W/mK)	$d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	Isıl iletkenlik katsayısı U (W/m ² K)	Isı kaybedilen yüzey A m ²	Isı kaybı A x U (W/K)
TABAN I	9.2.2.6	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003	0,190	0,016			
	4.6	Çimento harçlı şap	0,030	1,400	0,021			
	5.1.2	Normal beton, (TS 500'e uygun), doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatısız)	0,100	1,740	0,057			
	1/ α d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı dışı						
TOPLAM					0,54	0,5 x 1,722	10.928,33	9.409,29
TABAN(açık geçit üzeri)	1/ α i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17			
TABAN I	1.1	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	0,030	3,500	0,009			
	4.6	Çimento harçlı şap	0,050	1,400	0,036			
	5.1.1	Normal beton, (TS 500'e uygun), doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0,100	2,100	0,048			
	10.2.2.	Yüzeysel pürüzlü veya pürüzlü ve kanallı levhalar	0,050	0,031	1,613			
	4.2	Çimento harcı	0,030	1,400	0,021			
1/ α d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı dışı			0,04				
TOPLAM					1,90	0,516	274,74	141,77
TABAN (tıhımlayan iç ort. bitişik)	1/ α i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17			
TABAN I	1.1	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	0,030	3,500	0,009			
	4.6	Çimento harçlı şap	0,050	1,400	0,036			
	5.1.1	Normal beton, (TS 500'e uygun), doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0,100	2,100	0,048			
	4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,020	0,870	0,023			
1/ α d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı dışı			0,17				
TOPLAM					0,41	0,5 x 2,198	65,56	72,05
PENCERE						2,900	7.133,02	20.685,76
KAPI İÇ						0,5 x 2,000	162,54	162,54
Yapı elemanlarından iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı :							40.956,06	W/K

$$H = H_i + H_h$$

$$H_i = 40.956,06 \text{ W/K}$$

$$H_h = 0,33 n_h V_h$$

$$H_h = 0,33 n_h \times 0,8 \times V_{\text{brüt}}$$

ifadesi kullanılmaktadır. Bu ifadedeki $V_{\text{brüt}}$, binanın dıştan dışa ölçülerle brüt hacmi olmaktadır.

$$V_{\text{brüt}} = 220.000 \text{ m}^3 \text{ 'tür.}$$

n_h , pencereler standartlara uygun olduğundan dolayı 1 seçilmektedir. Bu durumda havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı,

$$H_h = 0,33 \times 1 \times 0,8 \times 222000$$

$$H_h = 58080 \text{ W/K}$$

olarak bulunur.

İletim, taşınım ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıplarının toplamı özgül ısı kaybını vermektedir.

$$H = 40956,06 + 58080$$

$$H = 99036,05 \text{ W/K}$$

4.3. Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Çizelgesinin Doldurulması

Tablo 4.3'de,

- $Q = AU\Delta T$ ifadesiyle her ay için ayrı ayrı ısı kayıpları W cinsinden bulunmaktadır.
- İç ısı kazançlarıyla güneş enerjisi yoluyla ısı kazancı toplanarak toplam ısı kazancı bulunur (W),
- Bulunan bu değerler Kazanç Kullanım Faktörüyle çarpılır.

- Her ay için hesaplanan ısı kaybından Kazanç Kullanım Faktörüyle çarpılan ısı kazançları çıkartılır. Bu değer zaman değeriyle çarpılarak aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı (kJ) bulunur.
- Aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçları toplanarak yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı bulunur (kJ) [16].

Tablo 4.3. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgesi

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
H=H _i +H _h (W/K)	T _r -T _d (K, °C)	H(T _r -T _d) (W)	φ _i (W)	φ _g (W)	φ _τ =φ _i +φ _g (W)	γ -	η _{ay} -	Q _{ay} (kJ)	
Ocak									
Şubat									
Mart									
Nisan									
Mayıs									
Haziran									
Temmuz									
Ağustos									
Eylül									
Ekim									
Kasım									
Aralık									
$Q_{ay} = [H(T_i - T_d) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] \cdot t$ (J)							$Q_{yil} = \sum Q_{ay} =$		
<p>Toplam ısı kaybı $Q_{yil} = 0,278 \times 10^3 \times \dots\dots\dots(kJ) = \dots\dots\dots kWh$</p> <p>Konutlar için iç ısı kazancı $\phi_{i,ay} < 5 \cdot A_n$ (W)</p> <p>Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \sum \eta_{ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$</p> <p>Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay}) / H(T_{i,ay} - T_{d,ay})$</p> <p>Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$</p> <p>Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı; $Q = Q_{yil} / A_n = \dots\dots\dots kWh/m^2$ $A_n = 0,32 V_{brüt} = \dots\dots\dots m^2$</p> <p>Örnek binadaki ısıtılan yapı hacmi (V_{brüt}) başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı Q=Q_{yil}/V_{brüt}, $A_{lop}/V_{brüt} = \dots\dots\dots$ oranı $\dots\dots\dots$ bölge için EK 1'den alınan Q' = $\dots\dots\dots$ formülünde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı Q' = $\dots\dots\dots kWh/m^2$ veya Q=...kWh/m³ bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır. Yapılan hesaplamada $Q < Q'$. Yani Q<Q' olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının olması gereken en büyük değerin altında olduğu görülmektedir. O halde bu proje, bu standartta verilen hesap metoduna uygundur.</p>									

Ayrıca burada verilen formüllerden yararlanılarak kazanç kayıp oranı ile kazanç kullanım faktörü bulunmaktadır.

Tabloyu daha iyi açıklayabilmek için sütunlar numaralandırılarak açıklamalar yapılmıştır.

1. sütuna, Tablo 4.2'den hesaplanan özgül ısı kaybı değeri yazılır.
2. sütuna, Her ay için iç ve dış sıcaklık farkları yazılır. T_i iç sıcaklık değeri TS 2164'de bulunmaktadır. T_i iç sıcaklık değeri 18° alınmıştır.
3. sütuna, Her ay için $H(T_i - T_d)$ değeri W cinsinden bulunmaktadır. Dolayısıyla 3. sütunda binanın aylık ısı kayıpları hesaplanmaktadır.
4. sütuna, Aylık iç ısı kazancı Φ_i değeri için aşağıdaki ifade verilmektedir.

Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı (büro binaları vb.) binalarda;

$$\Phi_{i,ay} \leq 5 \times A_n \text{ (W)} \quad (4.7)$$

Enerji kullanımı yüksek binalarda (yemek fabrikaları, etrafa ısı veren sanayi cihazlarının kullanıldığı binalar vb.);

$$\Phi_{i,ay} \geq 10 \times A_n \text{ (W)} \quad (4.8)$$

Terminal binalarında ilk durumdaki formül geçerlidir ve bina için $A_n = 70400 \text{ m}^2$ 'dir.

Bu durumda;

$$\Phi_{i,ay} = 5 \times 70.400$$

$$\Phi_{i,ay} = 352.000 \text{ W}$$

bulunmaktadır.

5. sütuna, Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı $\Phi_{g,ay}$ yazılır. Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı ($\Phi_{g,ay}$) aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\Phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i \quad (4.9)$$

Burada;

$r_{i,ay}$: i yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgeleme faktörü

$g_{i,ay}$: i yönünde saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü

$I_{i,ay}$: i yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti (W/m^2)

A_i : i yönündeki toplam pencere alanı (m^2) dir.

Hesaplanmış değerler yoksa $r_{i,ay}$ 'ın ısıtma periyodu sabit kaldığı kabul edilir ve binanın bulunduğu veya inşa edileceği yerleşim bölgesinin özelliğine göre aşağıdaki değerlerden biri seçilir.

Etrafında, Ayrık (müstakil) ve az katlı (3 kata kadar) binaların $r_{i,ay} = 0,8$

Bulunduğu yerleşim bölgeleri için

Etrafında ağaçlardan kaynaklanan gölgelemeye maruz kalınıyorsa $r_{i,ay} = 0,6$

Etrafında bitişik nizam veya çok katlı binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri için $r_{i,ay} = 0,5$

olarak alınır.

Tablo 4.4. Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgeleme faktörü seçimi

	PENCERE_TİP1		
$r_{i,ay}$ (doğu)	<input checked="" type="radio"/> 0,8	<input type="radio"/> 0,6	<input type="radio"/> 0,5
$r_{i,ay}$ (batı)	<input checked="" type="radio"/> 0,8	<input type="radio"/> 0,6	<input type="radio"/> 0,5
$r_{i,ay}$ (güney)	<input checked="" type="radio"/> 0,8	<input type="radio"/> 0,6	<input type="radio"/> 0,5
$r_{i,ay}$ (kuzey)	<input checked="" type="radio"/> 0,8	<input type="radio"/> 0,6	<input type="radio"/> 0,5

$$g_{i,ay} = 0.8g_{\perp} \quad (4.10)$$

Burada;

g_{\perp} : Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörüdür. Ölçü değerinin olmaması durumunda ' g_{\perp} ' için aşağıdaki değerler kullanılabilir.

Tek cam için	$g_{\perp} = 0,85$
Çok katlı cam (berrak) için	$g_{\perp} = 0,75$
Isı geçirgenlik değeri $\leq 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan ısı yalıtım birimleri için	$g_{\perp} = 0,50$

Tablo 4.5 Saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü seçimi

	PENCERE_TİP1
g_{\perp} (doğu)	<input type="radio"/> 0,85 <input checked="" type="radio"/> 0,75 <input type="radio"/> 0,50
g_{\perp} (batı)	<input type="radio"/> 0,85 <input checked="" type="radio"/> 0,75 <input type="radio"/> 0,50
g_{\perp} (güney)	<input type="radio"/> 0,85 <input checked="" type="radio"/> 0,75 <input type="radio"/> 0,50
g_{\perp} (kuzey)	<input type="radio"/> 0,85 <input checked="" type="radio"/> 0,75 <input type="radio"/> 0,50

6. sütuna, Aylık iç ısı kazancı ile aylık güneş enerjisi kazancı değerlerinin toplamı yazılır.

7. sütun, Aylık kazanç kayıpları oranı olup, KKO_{ay} ile gösterilir.

$$KKO_{ay} = \frac{(\Phi_{i,ay} + \Phi_{g,ay})}{H(T_{i,ay} + T_{d,ay})} \quad (4.11)$$

ifadedeki sembollerin anlamları aşağıdaki gibidir;

$T_{i,ay}$: Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{d,ay}$: Aylık ortalama dış hava sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

$\Phi_{i,ay}$: Aylık iç kazançlar (W)

$\Phi_{g,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı (W)

H : Binanın özgül ısı kaybı (W/K)

Bu hesap sonucunda KKO_{ay} 2.5 veya daha yüksek olursa o ay için ısı kaybı olmadığı kabul edilir.

8. sütunda, kazanç kullanım faktörü η_{ay} aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\eta_{ay} = 1 - e^{\left(-\frac{1}{KKO_{ay}}\right)} \quad (4.12)$$

Bu değer 6. sütunda hesaplanan aylık ısı kazancı değeriyle çarpılır. Bir bakıma iç kazançlar ve güneş enerjisi kazançları değeri kazanç kullanım faktörü değeriyle azaltılmaktadır. Çünkü ısı kazançlarının yüksek olduğu sürelerde, kazançlar anlık kayıplardan fazla olabilir veya kazançlar ısıtmanın gerekmediği zamanlarda gelebilir. İç ortam sıcaklık kontrol sistemi mükemmel değildir ve yapı elemanlarının bünyesinde bir miktar ısı depolanır. Bu nedenle iç kazançlar ve güneş enerjisi kazançları bir yararlanma faktörüyle azaltılır.

9. sütunda, üçüncü sütunda hesaplanan ısı kayıpları değerinden kazanç kullanım faktörü ile çarpılan ısı kazançları değeri çıkarılmaktadır. Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı bu durumda aşağıdaki ifadeden hesaplanmaktadır [17].

$$Q_{ay} = [H(T_i - T_d) - \eta_{ay}(\Phi_{i,ay} + \Phi_{g,ay})]t \quad (4.13)$$

Burada;

Q_{ay} : Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı (J),

T_i : Aylık ortalama iç sıcaklık (°C),

T_d : Aylık ortalama dış sıcaklık (°C),

η_{ay} : Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü (birimsiz),

$\Phi_{i,ay}$: Aylık ortalama iç kazançlar (sabit alınabilir) (W)

$\Phi_{g,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı (W),

t : Zaman (saniye olarak bir ay = 86400x30) (s),

dir.

9. sütunda, 12 ay boyunca hesaplanan aylık ısıtma enerjisi miktarı değerleri toplanarak yıllık ısıtma enerjisi miktarı hesaplanır.

$$Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay} \quad (4.14)$$

4.3.1. Hesabın standarda uygunluğunun saptanması

1. Adım: Karşılaştırma noktasında odanın net yüksekliğinin (döşeme üstünden döşeme altına) 2,60 m'den büyük olup olmadığına bakılır.

2,60 m'den büyük ise $V_{brüt}$ 'lü ifade kullanılır.

2,60 m'den küçük ise A_n 'li ifade kullanılır.

2. Adım: Bu duruma göre binanın kullanım alanı (A_n) başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı miktarı ($Q_{yıl} / A_n$) veya brüt hacim ($V_{brüt}$) başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı miktarı ($Q_{yıl} / V_{brüt}$) hesaplanır.

$$Q = Q_{yıl} / A_n \text{ (kWh/m}^2\text{)} \quad (4.15)$$

$$Q = Q_{yıl} / V_{brüt} \text{ (kWh/m}^3\text{)} \quad (4.16)$$

$$Q_{yıl} = 0,278 \times 1/000 \times 11.612.748.691$$

$$Q_{yıl} = 3.228.344 \text{ kW/h}$$

Net oda yüksekliği 2.60'tan büyük olduğu için $V_{brüt}$ 'lü ifade kullanılır. Bu durumda bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı;

$$Q = \frac{3.228.344}{220.066,35} = 14,67 \text{ kWh/m}^3 \quad (4.17)$$

3. Adım: Bu noktada $A_{top} / V_{brüt}$ oranına bakılır. $A_{top} / V_{brüt}$ oranı $0.2 < A_{top} / V_{brüt} < 1.05$ aralığında ise iklim bölgesine ve oda yüksekliğine bağlı olarak Tablo 4.6'de verilen ifadelerden birisi kullanılır.

$$\frac{A}{V} = \frac{37.775,13}{220.064,35} = 0,17 \text{ 'dir. Değer 0.2'den küçük olduğu için Tablo 4.7'e bakılır.}$$

Tablo 4.6. Bölgelere göre $A_{top}/V_{brüt}$ oranlarına bağlı olarak gereken Q' 'nin hesaplanması

A_n ile ilişkili	$Q'_{1DG} = 46,62 A/V + 17,3kWh/m^2$
$V_{brüt}$ ile ilişkili	$Q'_{1DG} = 14,92 A/V + 5,56 kWh/m^2$
A_n ile ilişkili	$Q'_{2DG} = 68,59 A/V + 32,3kWh/m^2$
$V_{brüt}$ ile ilişkili	$Q'_{2DG} = 21,95 A/V + 10,34 kWh/m^2$
A_n ile ilişkili	$Q'_{3DG} = 67,29 A/V + 50,16 kWh/m^2$
$V_{brüt}$ ile ilişkili	$Q'_{3DG} = 21,74 A/V + 16,05 kWh/m^2$
A_n ile ilişkili	$Q'_{4DG} = 82,81 A/V + 87,7kWh/m^2$
$V_{brüt}$ ile ilişkili	$Q'_{4DG} = 26,5 A/V + 28,06 kWh/m^2$

A/V oranının 0.2'den küçük ve 1.05'den büyük olması durumunda ise iklim bölgesine ve oda yüksekliğine bağlı olarak Tablo 4.7'de verilen değerlerden yararlanılır.

Tablo 4.7. En büyük ve en küçük a/v oranları için ısıtma enerjisi değerleri

	$A/V \leq 0.2$ için	$A/V \geq 1.05$ için	
$Q'_{1DG} =$	27	66	kWh/m^2
	8,5	21	kWh/m^3
$Q'_{2DG} =$	48	104	kWh/m^2
	14,7	33	kWh/m^3
$Q'_{3DG} =$	64	121	kWh/m^2
	20,4	39	kWh/m^3
$Q'_{4DG} =$	104	175	kWh/m^2
	33,4	56	kWh/m^3

Bölge 2. Bölgede olduğundan ve $V_{brüt}$ 'lü ifadeye bakıldığından $Q'=14,7$ bulunur.

4. Adım: Birinci adımda hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi miktarı değeri üçüncü adımda verilen çizelgedeki ifadeden bulunan Q' değeri ile karşılaştırılır.

$Q < Q'$

olmalıdır.

Eğer bu şart uymuyorsa yapı ve yalıtım malzemesinin cinsi ya da kalınlığı değiştirilerek hesap yenilenmelidir. Örnek binamızın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanmış hali tablo 4.8'de gösterilmiştir.

$Q = 14,67$ ve $Q' = 14,7$ olduğundan;

$Q < Q'$ doğruluğu ispatlanmıştır ve bina standartlara uygundur.

4.4. Yapı Elemanlarından Buhar Geçişinin Tahkiki ve Sınırlandırılması

Bir yapı elemanının iki yüzü arasında, sıcaklıkların ve bağıl nemin farklı olmasından kaynaklanan farklı buhar basınçları meydana gelir. Isıtma periyodu olan kış mevsimini dikkate aldığımızda genellikle iç tarafta yüksek buhar basıncı vardır ve iç ortamda gaz halinde bulunan su buharı ısı akımı ile aynı yönde hareket ederek dış ortama ulaşmaya çalışır. Su buharının dış ortama gaz olarak ulaşması halinde yapı elemanının gerek kullanım ömrü ve gerekse ısı performansını açısından bir problem yoktur. Ancak yapı elemanını oluşturan malzemelerin sırasına bağlı olarak yapı elemanından geçerken su buharının gaz halinden sıvı hale geçmesi yani yoğuşması ihtimali mevcuttur. İstenmeyen bir durum olan yoğuşmanın meydana gelmemesi için gerekli şartlar sağlanmalıdır.

Tablo 4.8. Örnek binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgesinin doldurulmuş hali

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_i + H_h$ (W/K)	$T_i - T_d$ (K,C)	$H(T_i - T_d)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_g (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_g$ (W)			
OCAK	99.036,05	15,7	1.554.865	352.000	169.001	521.001	0,34	0,95	2.747.297.217
ŞUBAT		14,5	1.436.022		214.710	566.710	0,39	0,92	2.370.769.689
MART		11,8	1.168.625		274.648	626.648	0,54	0,84	1.664.687.842
NİSAN		6,4	633.830		298.019	650.019	1,03	0,62	598.280.826
MAYIS		1,2	118.843		365.497	717.497	6,04	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		387.933	739.933	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		376.289	728.289	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		346.126	698.126	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		279.992	631.992	0,00	0,00	0
EKİM		4,9	485.276		218.321	570.321	1,18	0,57	415.220.333
KASIM		9,9	980.456		160.116	512.116	0,52	0,85	1.413.047.980
ARALIK		14,1	1.396.408		147.099	499.099	0,36	0,94	2.403.444.804
							Q _{yıl} = Σ Q _{ay} = 11.612.748.691		

4.5. Isı Kaybı Hesabının Yapılması

4.5.1. Giriş

Isıtma tesisatı hesabındaki ilk adım, odaların ısı kaybı hesabının yapıldığı çizelgenin hazırlanmasıdır. (Tablo 4.9)

Bu hesaplamada, odanın istenilen belli bir sıcaklık düzeyinde kalabilmesi için gerekli ısı ihtiyacı bulunur. Buradaki hareket noktası da, belirli iç ve dış sıcaklık şartlarında odadan dışarıya olan ısı miktarının hesaplanmasıdır. Hesaplanan saatlik ısı kaybı, odaya verilmesi gereken ısı miktarıdır.

Odadan dışarıya geçen ısı taşınım, iletim ve sızıntı yoluyla olan kayıpların toplamıdır.

İletim ve taşınım yoluyla kaçan ısı için;

$$Q_0 = AU\Delta T \quad (4.18)$$

ifadesi kullanılmaktadır. Bu ifadedeki sembollerin anlamları aşağıdaki gibidir.

Q_0 : Bir ortamdan diğer ortama geçen ısı miktarı (W),

U : Yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik katsayısı (W/m²K),

A : Yapı bileşeninin yüzey alanı (m²),

ΔT : Yapı bileşeninin iki tarafındaki sıcaklık farkı (K).

Denklem 4.19'daki toplam ısı geçirgenlik katsayısı U , çeşitli kalınlıklardaki katmanlardan (iç sıva+delikli tuğla+dış sıva gibi) oluşan yapı bileşeninin 1 m²'sinden 1°C'lik sıcaklık farkı bulunması durumunda saatte kJ cinsinden geçen ısı miktarını vermektedir. Her bir yapı bileşeninin ısı iletkenlik hesap değeri, λ_h (W/mK), çizelgelerden bulunabilir. U toplam ısı geçirgenlik katsayısı denklem 4.19 ve 4.20'de verilen ifadelerden hesaplanır.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_{i\dot{c}}} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_{dış}} \quad (4.19)$$

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} \quad (4.20)$$

Denklem 4.19 ve 4.20'deki sembollerin anlamları aşağıdaki gibidir.

U : Yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik katsayısı (W/m²K),

1/U : Yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik direnci (m²K/W),

Λ : Toplam ısı iletkenlik katsayısı (W/m²K),

1/ Λ : Toplam ısı iletkenlik direnci (m²K/W),

d : Yapı bileşeninin kalınlığı (m),

λ_h : Yapı bileşenin ısı iletkenlik hesap değeri (W/mK),

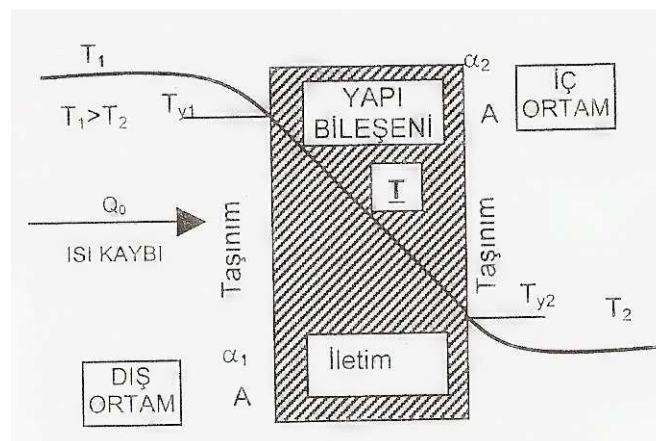
$\alpha_{i\dot{c}}$: İç yüzeyin yüzeysel ısı taşınım katsayısı (W/m²K),

1/ $\alpha_{i\dot{c}}$: İç yüzeyin yüzeysel ısı taşınım direnci (m²K/W),

$\alpha_{dış}$: Dış yüzeyin yüzeysel ısı taşınım katsayısı (W/m²K),

1/ $\alpha_{dış}$: Dış yüzeyin yüzeysel ısı taşınım direnci (m²K/W).

Görüldüğü gibi buradaki ısı geçişi iletim ve taşınım yoluyla olan ısı geçişlerini içermektedir. Şekil 4.1'de şematik olarak taşınım ve iletimle ısı geçişi görülmektedir.



Şekil 4.1 İletim ve taşınım yoluyla ısı geçişi

T_1 sıcaklığındaki iç ortamdan duvara doğru taşınım ile ısı geçişi olmaktadır. T_{y1} sıcaklığındaki duvar iç yüzeyinden T_{y2} sıcaklığındaki duvar dış yüzeyine doğru iletimsel bir ısı geçişi söz konusudur. T_{y2} sıcaklığındaki dış yüzeyden, T_2 sıcaklığındaki dış ortama ise taşınım yoluyla bir ısı geçişi olmaktadır.

İletim ve taşınım yoluyla olan ısı kayıplarının yanı sıra sızıntı yoluyla da ısı kayıpları olmaktadır. Hava sızıntısı yoluyla olan ısı kaybı odaya, pencereye ve kapı aralıklarından dış hava ile hacmin iç havası arasındaki basınç farkı nedeniyle sızan soğuk havadan kaynaklanmaktadır.

Sızıntı (enfiltrasyon) yoluyla ısı kaybı,

$$Q_s = - R H \Delta T Z_e \quad (4.21)$$

ifadesinden hesaplanmaktadır. Bu ifadedeki sembollerin anlamları aşağıdaki gibidir.

Q_s : Sızıntı yoluyla olan ısı kaybı (W),

α : Sızdırganlık katsayısı (m^3/mh),

$\sum \alpha l$: Dış duvarlar üzerinde bulunan pencere ve kapıların açılan kısımlarının çevre uzunluğu (m),

$\sum \alpha l$: Dış duvarlar üzerinde bulunan bütün kapı ve pencerelerden iç hacme sızıntı yoluyla giren hava debisi (m^3/h),

R : Oda durum katsayısı (Yapı iç hacminin rüzgar geçirgenlik katsayısı) (boyutsuz),

H : Binanın durum katsayısı (Rüzgar etkinliği katsayısı) (kJ/m^3K),

ΔT : İç ve dış sıcaklıklar arasındaki fark (K),

Z_e : Köşe açıklıkları etki katsayısı (Her iki dış duvarında pencere olan odalar için 1.2, diğer odalar için 1 alınır).

Odanın ısı kaybı iletim ve taşınım yoluyla olan kayıplar ile sızıntı yoluyla olan kayıpların toplamına eşittir. Bu hesap adım adım ısı kaybı hesabı çizelgesi doldurularak gerçekleştirilir.

4.5.2.1. Yapı bileşeninin sütunu

Bu sütunda yapı bileşeninin işaret, yön ve kalınlık bilgileri ayrı alt sütunlar halinde girilmektedir. Bir nolu sütunda yapı bileşeninin işareti kısaltılmış olarak verilir. Isı kaybı hesabında yapı bileşeni için kullanılan semboller tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10. Isı kaybı hesabında yapı bileşenleri için kullanılan semboller

Sembol	Anlam
TP	Tek Pencere
ÇP	Çift Pencere
ÇCP	Çift camlı Pencere
DK	Dış Kapı
İK	İç Kapı
BK	Balkon Kapısı
BDD	Bitişik Dış Duvar
KD	Komşu Duvar
DD	Dış Duvar
Ko	Kolon
Ki	Kiriş
BP	Beton Perde
TBP	Toprak Temaslı Beton Perde
İD	İç Duvar
Ta	Tavan
Dö	Döşeme

İkinci sütunda yapı bileşeninin yönü kısaltılmış olarak girilir. Üçüncü sütunda yapı bileşeninin kalınlığı cm biriminde girilmektedir.

4.5.2.2. Alan hesabı sütunu

Alan hesabı 4. ve 8. sütunlar arasında beş sütunda yapılmaktadır.

4. sütuna, hesabı yapılan yöndeki yapı bileşeninin uzunluğu m olarak girilmektedir.

5. sütuna, yükseklik veya genişlik ölçüsü m olarak girilir.
6. sütunda, toplam alan hesabı yapılır. Bu sütuna 4. ve 5. sütunların çarpımı yazılır.
7. sütun, miktar olarak tanımlanır. Bu sütuna 6. sütunda hesabı yapılan alandan kaç adet olduğu yazılır. Pencere gibi aynı boyuta sahip alanlarda, pencerelerin sadece birinin alanı 6. sütuna yazılır, bu eşit alanlı pencereden kaç adet varsa değer 7. sütuna yazılır.
8. sütunda, çıkarılan alan hesabı yapılır. Duvar alanı hesaplanırken duvardaki pencere ve kapı gibi alanlar çıkarılarak net duvar alanının bulunması amaçlanmaktadır. Bir önceki satırda çıkarılacak alanlar yazılarak, duvar alanı hesabı yapılırken, bu alanların çıkarılması gerekmektedir. Çıkarılan alan olarak tanımlanan bu sütuna, bir önceki satırın (ya da satırların) 6. sütundaki değeri yazılır.

4.5.2.3. Isı kaybı hesabı sütunu

Isı geçişi yoluyla olan ısı kaybı 9. ve 12. sütunlar arasındaki dört sütunda yapılır. Bu sütunda, Denklem 4.18'de verilen

$$Q_0 = AU\Delta T$$

hesabı yapılacaktır.

9. sütunda, hesaba giren alan A değeri hesaplanır. Bu sütuna ya toplam alandan kaç tane olduğu (6x7) ya da toplam alandan çıkarılan alan çıkartıldıktan sonra kalan kısım (6-8) yazılır.

10. sütun, U toplam ısı geçirgenlik katsayısı hesabının yapıldığı sütundur. Farklı malzemelerden oluşabilen yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik katsayısı U, (W/m²K) birimindedir.

Yapı bileşenlerinin iç ve dış yüzeyleri için yüzeysel ısı taşınım dirençleri Çizelge 4.11'de görülmektedir.

Tablo 4.11. Yüzeysel ısı taşınım dirençleri

YÜZEY VE ISI AKIM YÖNÜ	ISI TAŞINIM KATSAYISI (α) W/m ² K
(Hava akımı normal kapalı hacimlerde)	
Duvar ve iç pencere yüzeyleri iç tarafında	8,2
Dış pencere yüzeyleri iç tarafında	11,6
Isı akımı aşağıdan yukarıya olan döşeme yüzeyleri	8,2
Isı akımı yukarıdan aşağıya olan döşeme yüzeyleri	5,8
Dış yüzeylerde	23,3

Pencere ve kapılar için ortalama ısı geçirme katsayıları Tablo 4.12’de verilmiştir.

11. sütunda, Dış ortam ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı yazılır.

12. sütunda, Denklem 2.1 kullanılarak artırısız ısı kaybı hesabı yapılır. Bu değer 9.,10. ve 11. sütunların çarpımından oluşur ($Q = AU\Delta T$).

Isıtılacak binanın durumuna göre tesisat projelerinde kullanılan iç hava sıcaklıkları Tablo 4.13’da, binada ısıtılmayan bölgelerin sıcaklıkları ise Tablo 4.14’te verilmiştir [16].

4.5.2.4. Artırımlar sütunu

Bu sütunda artırısız olarak hesaplanan ısı kaybına çeşitli artırımlar eklenir.

13. sütunda, birleştirilmiş artırım katsayısı hesaplanır. Z_D sembolüyle gösterilen bu artırım ısınmanın kesintili ya da sürekli olup olmamasına göre bir değere sahiptir.

Tablo 4.12. Kapı ve pencerelerin ortalama ısı geçirme katsayıları (U)

PENCERE VE KAPILAR	ISI GEÇİRME KATSAYISI (U) W/m²K
AHŞAP PENCERE VE KAPILAR	
Basit tek camlı pencere ve dış kapı	5,24
Özel birleştirilmiş çift camlı pencere ve dış kapı (iki cam arası 6 mm)	3,26
Özel birleştirilmiş çift camlı pencere ve dış kapı (iki cam arası 9 mm)	3,02
Özel birleştirilmiş çift camlı pencere ve dış kapı (iki cam arası 12 mm)	2,80
Camsız dış kapı	3,49
Bitişik (muntabık) çift kanatlı pencere dış kapı	2,56
Kasalı çift kanatlı pencere ve dış kapı	2,56
METAL PENCERE VE KAPILAR (Hazır profilden ve en az iki binli)	
Basit tek camlı pencere ve dış kapı	5,82
Özel birleştirilmiş çift camlı pencere ve dış kapı (iki cam arası 6 mm)	3,96
Özel birleştirilmiş çift camlı pencere ve dış kapı (iki cam arası 9 mm)	3,72
Özel birleştirilmiş çift camlı pencere ve dış kapı (iki cam arası 12 mm)	3,61
Bitişik (muntabık) çift kanatlı pencere dış kapı	3,49
Kasalı çift kanatlı pencere ve dış kapı	3,26
Tepe penceresi (basit)	5,82
Tepe penceresi (çift)	3,49
PLASTİK (PVC) PENCERELER	
Basit tek camlı pencere	5,00
Özel birleştirilmiş çift camlı pencere ve dış kapı (iki cam arası 6 mm)	3,02
Özel birleştirilmiş çift camlı pencere ve dış kapı (iki cam arası 9 mm)	2,80
Özel birleştirilmiş çift camlı pencere ve dış kapı (iki cam arası 12 mm)	2,67
Özel birleştirilmiş çift camlı pencere	2,59

Bu artırım, binanın kesintili ısınması durumunda, soğuyan yapı bileşenlerinin ve ısıtma sistemi elemanlarının tekrar eski sıcaklıklarına getirilmesi için göz önüne alınması gereken ısı kapasitesi artırımıdır. Yapı ve ısıtma sistemi ne kadar ağırsa ve ne kadar çok kesintili çalışıyorsa, bu artırım o kadar büyük olmalıdır. Birleştirilmiş artırım katsayısı, işletme durumu ve D katsayısına bağlı olarak tablo 4.15'te verilmiştir. Çizelgede kullanılacak D katsayısı için şu ifade verilmiştir.

$$D = \frac{Q_0}{A_{top} (T_{iç} - T_{dış})} \quad (4.22)$$

Bu denklemdeki sembollerin anlamları aşağıdaki gibidir.

Q_0 : Artırımsız iletimsel ısı kaybı (W),

A_{top} : Isı kaybı hesaplanan hacmi çevreleyen tüm yüzeylerin alanları toplamı (m²),

$T_{iç} - T_{dış}$: İç ve dış ortam sıcaklıkları arası fark (K),

D : Z artırımında kullanılan katsayı (W/m²K)

Tablo 4.13. Tesisat projelerinde kullanılan iç hava sıcaklıkları

	Isıtılacak Mahallin Adı	Sıcaklığı (°C)
1	KONUTLAR ¹⁾	
1.1	Tam olarak ısıtılan konutlar	
	- Oturma ve Yatak odaları	20 ²⁾
	- Mutfaklar	20
	- Banyo ve duşlar	24
	- Helalar	20
	- Yan mahaller, hol, sofa, antre, koridor ³⁾ vb.	15
	- Merdiven, asansör vb. Mahaller	10
1.2	Sınırlı olarak kısmen ısıtılan konutlar ⁴⁾	
a)	Hesaplanması gereken mahallin sıcaklığı, gerektiğinde konutlar için verilen değerlerden alınmalıdır.	
b)	Komşu mahallerle çevrili ısıtılmayan mahallin sıcaklığı Çizelge 3'ten alınmalıdır.	
2	YÖNETİM BİNALARI	
	- Büro mahalleri, toplantı salonları, sergi mahalleri, giriş holleri vb. ile ana merdiven boşlukları	20
	- Helalar	15
	- Komşu mahaller ve komşu merdiven mahalleri konutlar için verilen değerlerden alınır.	
3	İŞ VE HİZMET BİNALARI	
	- Satış mahalleri ve dükkanlar, genel olarak	20
	- Ana merdiven mahalleri	18
	- Besin maddesi satış mahalli	18
	- Depolar, genel olarak	12
	- Peynir depoları	15
	- Sucuk, salam depoları, et ürünleri hazırlama ve satış mahalleri vb.	
	- Helalar, komşu mahaller ve komşu merdiven boşlukları, yönetim binaları için verilen değerlerden alınmalıdır.	
4	OTEL MOTEL VE LOKANTALAR	
	- Otel ve motel odaları	20
	- Banyo ve duşlar	24
	- Otel holleri, toplantı mahalleri, sergi mahalleri, ana merdiven boşlukları vb.	20
	- Helalar, komşu mahaller ve komşu merdiven boşlukları vb. konutlar için verilen değerlerden alınmalıdır.	
5	ÖĞRETİM BİNALARI	
	- Derslik, kütüphane, yönetim mahalleri, teneffüs holleri, çok amaçlı avlular gibi öğrenim mahalleri ve kapalı çocuk holleri	20
	- Öğretim mutfakları	18
	- Bedensel zorlamalara göre işlikler	15 - 20
	- Banyo ve duş mahalleri	24
	- Hekim ve muayene odaları	24
	- Jimnastik holleri	20
	- Beden eğitimi salonları	20
	- Helalar, komşu mahaller, merdiven boşlukları, yönetim binaları için verilen değerlerden alınmalıdır.	

* TS 2164/Ekim 1983 standardında yapılan 11.05.2000 tarihindeki son düzenlemeye göre

Tablo 4.13. (Devam) Tesisat projelerinde kullanılan iç hava sıcaklıkları

	Isıtılacak Mahallin Adı	Sıcaklığı (°C)
6	TIYATRO VE KONSER SALONLARI - Ön mahaller dahil, helalar, komşu mahaller ve merdiven boşlukları vb yönetim binaları için verilen değerlerden alınmalıdır.	20
7	CAMI VE KİLİSELER ⁵⁾ - Cami ve kilise mahalleri genel - Helalar, komşu mahaller ve merdiven boşlukları, yönetim binaları için verilen değerlerden alınmalıdır.	15
8	HASTAHANELER ⁶⁾ - Ameliyathane, ön hazırlama ve anestezi mahalleri ile erken doğum odaları - Geri kalan bütün mahaller	25 22
9	İMALAT VE ATÖLYE MAHALLERİ - Genel olarak en azından - Oturarak çalışmada	15 20
10	KİŞLALAR - Derslikler - Geri kalan diğer mahaller. yönetim binaları için verilen değerlerden alınmalıdır.	20
11	YÜZME HAVUZLARI - Holler (bununla birlikte su sıcaklığının üstünde en az 2 K olmalıdır) - Diğer banyo mahalleri (duş hacimleri, elbise değiştirme, komşu mahaller, merdiven boşlukları)	28 22
12	CEZA VE TUTUKEVLERİ - Derslikler - Geri kalan bütün mahaller, öğretim binaları için verilen değerlerden alınmalıdır.	20
13	SERĞİ GALERİLERİ - Müşterinin verilerine göre en az	15
14	MÜZE VE GALERİLER - Genel olarak	20
15	DEMİRYOLU GARLARI Yönetme olmaksızın durak mahallerinde olduğu gibi ve kapalı olmak üzere bütün mahaller	15
16	HAVA LIMANLARI - Yolcu kabulü, işlem tamamlama ve bekleme mahalleri	20
17	Don tutması istenmeyen bütün mahaller	5
1) TS 3419/06.79 kapsamına giren tesislerin bulunduğu mahaller için, anılan standarttaki kurallar geçerlidir. 2) Aksi belirtilmedikçe verilen değerlerin işareti pozitifdir. 3) Apartmanların iç kısmında bulunan koridorların, kural olarak ısıtılması gerekmez. 4) Sınırlı olarak kısmen ısıtılmış komşu mahallerin mevcut olması durumunda, mahal ısıtma gücünün belirlenmesi için, kullanım tarzı da göz önüne alınmalıdır. 5) Çok defa ve sürekli olarak en az 5 °C olarak tutulmalıdır. 6) TS 3419/06.79 hastahanelerle ilgili verilere de bakılmalıdır. Geri kalan bütün bina tiplerinde hesaplamaya esas sıcaklıklar, müşteri ile birlikte tespit edilmelidir.		

Tablo 4.14. Binalarda ısıtılmayan bölgelerin sıcaklıkları

Dış Sıcaklıklar		3	0	-3	-6	-9	-12	-15	-18	-21	-24	-27
Çatı arasındaki ısıtılmayan mahaller												
W/m ² K												
U < 2,33		9	7	4	2	-1	-3	-6	-8	-11	-13	-16
2,33 ≤ U ≤ 5,82		6	4	1	-1	-4	-6	-9	-11	-14	-16	-19
U > 5,82		3	1	-2	-4	-6	-9	-12	-14	-17	-19	-22
Isıtılmamış mahaller	Çeriye veya bodruma kapı ya da pencere, bir kısmı ısıtılmış mahallerle çevrili	15	14	12	10	9	7	5	3	2	0	-1
	Dışa kapı veya pencere, bir kısmı ısıtılmış mahallerle çevrili	10	8	6	5	3	1	0	-2	-4	-6	-7
Toprak sıcaklığı	Döşeme altındaki	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Dış duvara bitişik	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5
Evlerin bitişik sıcaklığı	Merkezi ısıtmalı	15										
	Mahalli ısıtmalı	10										
Kazan dairesi		20*										
Kömürlük		10										

Isıtma tesisatının çalıştırılmasında verilen araya göre 3 tip işletme şekli tanımlanmıştır.

1. İşletme: Tesisat sürekli çalışmakta yalnız geceleri ateş azaltılmaktadır (genellikle konutlar).
2. İşletme: Kazan her gün 10 saat tamamen söndürülmektedir (genellikle işyerleri).
3. İşletme: Kazan her gün 14 saat veya daha uzun söndürülmektedir (genellikle işyerleri).

Tablo 4.15. Birleştirilmiş artırım katsayısı (Z_D)

İşletme Durumu	D (W/m ² K)			
	0,1 – 0,29	0,30 - 0,69	0,70 - 1,49	≥1,50
	%Z			
1. İşletme	7	7	7	7
2. İşletme	20	15	15	15
3. İşletme	30	25	20	15

14. sütunda, kat yükseklik artırımı dikkate alınır. Z_w olarak tanımlanan bu artırım yapının konumu ne olursa olsun belirli bir kattan daha yukarıdaki katlar için alınır.

Birkaç kattan sonra artan rüzgar hızı nedeniyle göz önüne alınması gereken bir artırımdır. Örneğin 5 katlı bir binada ilk üç kat için kat yükseklik zammı dikkate alınmaz. 4. kat için %5, 5. kat için %10 kat yükseklik zammı alınır. Ayrıca kazan dairesinden ayrılan kolonlarda sıcaklığı 90°C olan su, yüksek katlara çıkıncaya kadar soğumaktadır. Bu nedenle artırımsız ısı kaybına, Tablo 4.16'da verilen oranlarda artırım eklenir.

Kat yükseklik zammı belirlenirken, kılıflı boru tesisatının uygulandığı izoleli borularda ve düşük sıcaklıklı sistemlerde, borudaki suda soğuma olmayacağı dikkate alınmalıdır.

Tablo 4.16. Kat yükseklik artırım çizelgesi (Z_W)

→ Kat ↓ Artırım	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	0%	3.2.1.	3.2.1.	3.2.1.	3.2.1.	3.2.1.	3.2.1.	3.2.1.	3.2.1.	3.2.1.	4.3.2.1.	5.4.3.2.1.
5%	4.	4.	5.4.	5.4.	5.4.	6.5.4.	6.5.4.	6.5.4.	6.5.4.	6.5.4.	7.6.5.	8.7.6.
10%		5.	6.	6.	7.6.	8.7.	9.8.7.	9.8.7.	9.8.7.	9.8.7.	10.9.8.	11.10.9.
15%				7.	8.	9.	10.	10.	11.10.	12.11.10.	13.12.11.	14.13.12.
20%								11.	12.	13.	14.	15.

15. sütuna, yön artırımı yazılır. Z_H ile gösterilen yön artırımı odanın yönünden dolayı dikkate alınması gereken bir artırımdır. Z_H yön artırımı seçilirken yalnız bir dış duvarı olan odalarda, bu dış duvarın baktığı yön, köşe odalarda ise iki dış duvarın birleştiği köşenin yönü esas alınır. Köşe odalarda, penceresi olan dış duvarın yönü de esas alınabilir. Dış duvarı ikiden fazla olan odalarda, en yüksek yön artırım değeri alınır. Yön artırım değeri Tablo 4.17’de verilmiştir.

Tablo 4.17. Yön artırım çizelgesi (Z_H)

YÖN	G	GB	B	KB	K	KD	D	GD
%Z	-5	-5	0	5	5	5	0	-5

16. sütun, artırımların yazıldığı sütundur. Toplam artırım Z;

$$Z = (1 + \%Z_D + \%Z_W + \%Z_H) \quad (4.23)$$

ifadesinden bulunmaktadır.

4.5.2.5. Toplam ısı ihtiyacı sütunu

Bu sütunda toplam ısı gereksinimi Q hesaplanır.

a) İletim ve taşınım ile artırılmış ısı kaybı

12. sütunda hesaplanan artırılmış ısı kaybı 16. sütundaki toplam artırımlar ile çarpılarak 17. sütunun ilk satırına artırılmış ısı kayıpları toplamı olarak yazılır.

$$Q_i = Q_0 Z \quad (4.24)$$

b) Sızıntıyla ısı kayıpları

Hava sızıntısı için ısı gereksinimi Q_s (W),

$$Q_s = R H \Delta T Z_e \quad (4.25)$$

ifadesinden bulunmaktadır. İfadedeki semboller 2.1. Giriş bölümünde açıklanmıştır. Bu ifadedeki a, R, H değerleri aşağıdaki tablolarda verilmektedir. a sızdırganlık katsayısı tablo 4.18'de malzeme cinsine ve pencere (kapı) tipine göre verilmiştir.

Tablo 4.18. Kapı ve pencerelerin sızdırganlık katsayıları (a)

Malzeme	Pencere veya kapı şekli	a(m ³ /mh)
Ahşap çerçeve	Tek pencere	3,0
	Çift camlı pencere	2,5
	Çift pencere	2,0
Plastik çerçeve	Tek veya çift camlı pencere	2,0
	Tek pencere	1,5
Çelik veya metal çerçeve	Çift camlı pencere	1,5
	Çift pencere	1,2
İç kapılar	Eřiksiz kapılar	40,0
	Eřikli kapılar	15,0
Dış kapılar aynen pencere gibi hesaplanır.		

Isıtma tesisatı projesinin hazırlanması sırasında pencere konstrüksiyonunun belli olmadığı durumlarda, pencerenin açılan uzunluğu belirlenemez. Böyle durumda tablo 4.19'dan yararlanılır.

tablo 4.19'daki W değeri,

$$W = \frac{l}{A} \quad (4.26)$$

açılan pencere uzunluğunun, toplam pencere alanına oranı olup pencere veya kapı yüksekliğine (h) bağlı seçilir. W belirlendikten sonra:

$$\square = W \times A$$

(4.27)

eşitliğinden yararlanılarak, pencerelerin açılan uzunluğu için yaklaşık bir değer hesaplanır.

Tablo 4.19. Yaklaşık açılan pencere uzunluğunu belirleyen çizelge

Yapının Şekli	Pencere veya kapının yüksekliği h	W=l/A
Muhtelif çok kanatlı pencereler	0.50	7,20
	0.63	6,20
	0.75	5,30
	0.88	4,90
	1.00	4,50
	1,25	4,10
	1,30	3,94
	1,50	3,70
	2,00	3,30
	2,50	3,00
İki kanatlı kapı	2,50	3,30
Tek kanatlı kapı	2,10	2,60

Oda durum katsayısı R, pencere malzemesi, kapının aralıklı veya aralıksız oluşu ve dış pencere alanının iç kapıların alanının oranına bağlı olarak Tablo 4.20'den seçildi. R, içeri giren havanın akıp gidebilme durumunu belirtir. Çoğu halde pencereler vasıtası ile içeri sızan hava, kapılardan dışarı sızar. R katsayısı hava akımına oda durumunun gösterdiği direnci belirtir. Bu durumda R katsayısı, Σal ile hesaba katılan hava miktarını kısyan bir fren gibidir. Tam olarak hesabı çok zordur. Normal ebatta pencere ve kapıları olan odalar için $R=0.9$, büyük pencereleri ve buna karşılık bir tek iç kapısı olan odalar için ise $R=0.7$ alınmıştır.

Tablo 4.20. Oda durum katsayısı (R)

	İç kapı	A_{DP} (Dış Pencere Alanı)/ $A_{İK}$ (İç Kapı Alanı)	R
Tahta veya plastik çerçeve	Aralıklı	$A_{DP} / A_{İK} < 3$	0.9
	Aralıksız	$A_{DP} / A_{İK} < 1.5$	0.9
Çelik veya metal çerçeve	Aralıklı	$A_{DP} / A_{İK} < 6$	0.9
	Aralıksız	$A_{DP} / A_{İK} < 2.5$	0.9
Tahta veya plastik çerçeve	Aralıklı	$3 < A_{DP} / A_{İK} < 9$	0.7
	Aralıksız	$1.5 < A_{DP} / A_{İK} < 3$	0.7
Çelik veya metal çerçeve	Aralıklı	$6 < A_{DP} / A_{İK} < 20$	0.7
	Aralıksız	$2.5 < A_{DP} / A_{İK} < 6$	0.7

Bina durum katsayısı H, binanın konumuna, bölgenin rüzgar durumuna bağlı olarak Tablo 4.21'den seçilir. Yüksek yapılarda üst katlarda rüzgar basıncı artacağından sızan hava miktarı da artar.

Tablo 4.21 Bina durum katsayısı (H) ($\text{kJ}/\text{m}^3\text{K}$)

		Bina durumu katsayısı	
Bölgenin durumu	Binanın durumu	Bitişik nizam	Ayrık nizam
Normal bölge	Mahfuz	1,00	1,42
	Serbest	1,72	2,43
	Çok serbest	2,51	3,52
Rüzgarlı bölge	Mahfuz	1,72	2,43
	Serbest	2,51	3,52
	Çok serbest	2,60	4,73

Dış kapısı doğrudan dış havaya açılan ısıtılan hacimlerde (bina giriş holü, mağaza vb) hava sızıntısından farklı olarak bir hava değişimi olmaktadır. Bu gibi yerlerde aşağıdaki formül ile hava değişimi ısı kaybı hesaplanır.

$$Q_s = n\rho C_p \Delta T V \quad (4.28)$$

Bu formüldeki sembollerin anlamları aşağıdaki gibidir.

n : Hava değişim sayısı (defa/h),

ρ : Dış havanın yoğunluğu (kg/m^3),

C : Sabit basınçta havanın özgül ısısı ($C=1.005\text{kJ/kgK}$),

ΔT : İç ve dış sıcaklık arasındaki fark (K),

V : Isıtılan yerin hacmi (m^3).

c) Toplam ısı kayıpları

Toplam ısı gereksinimi Q' 'yi hesaplamak için, artırımlar dikkate alınarak bulunan Q ısı kaybı ile Q sızıntı (enfiltrasyon) ısı kaybı toplanır.

17. sütunun sonunda bulunan artırımlı ısı gereksinimi ile pencere ve kapıların açılan kısımları arasından kaçan ısının toplamı, denklem 4.25 ve 4.26'da görüldüğü gibi toplam ısı gereksinimini verir.

$$\left| \begin{array}{l} \text{Toplam Isı} \\ \text{Gereksinimi} \end{array} \right| = \left| \begin{array}{l} \text{Artırımlı Isı} \\ \text{Gereksinimi} \end{array} \right| + \left| \begin{array}{l} \text{Sızıntı için Isı} \\ \text{Gereksinimi} \end{array} \right|$$

$$Q_h = Q_i + Q_s \quad (4.29)$$

Tablo 4.22. Örnek binanın birinci kat hol mahallinin ısı kaybı hesabı çizelgesinin doldurulması

DİZAYN BİLGİLERİ																		
Şehir adı Adapazarı			Dış hava sıcaklığı (°C) -3 °C			Rüzgar durumu Rüzgarlı			İşletme durumu 1. işletme									
HESAP DEĞERLERİ																		
İşr.	Yö n	Gen. W(m)	Uzn. L(m)	Yük. H(m)	Alan A(m ²)	Adet	Çıkan A(m ²)	Net Alan	K (Kcal/m ² * dt(°C)	tr-to dt(°C)	Kxdt	Q Kısmi	ZD (%)	Z W	ZH (%)	Z	Toplam Q(Kcal/h)	
4N1A72 BİRİNCİ KAT HOL 18 °C																		
Dd2	KB	2.00	6.80	8.00	54.40	1		54.40	0.440	21	9.32	507						
Dd1	KB	1.00	2.00	6.80	13.60	1		13.60	0.250	21	5.17	70						
Dd2	KB	2.00	2.00	1.20	2.40	1		2.40	0.440	21	9.32	22						
ld1	B	1.00	3.50	8.00	28.00	1		28.00	2.380	8	19.02	533						
lk1	D		0.90	2.10	1.89	4		7.56	1.720	8	13.76	104						
ld2	D	2.00	2.35	8.00	18.80	1		18.80	2.090	8	16.68	314						
ld1	K	1.00	2.00	8.00	16.00	4		64.00	2.380	8	19.02	1,217						
lk1	K		0.90	2.10	1.89	2		3.78	1.720	8	13.76	52						
Dp5	K		16.20	8.00	129.60	2		259.20	2.490	21	52.37	13,574						
Dp5	D		2.47	8.00	19.76	2		39.52	2.490	21	52.37	2,070						
Dp5	D		2.53	8.00	20.24	2		40.48	2.490	21	52.37	2,120						
Dk1	D		3.40	2.70	9.18	1		9.18	2.490	21	52.37	481						
ld1	G	1.00	2.00	8.00	16.00	1		16.00	2.380	8	19.02	304						
lk1	G		0.90	2.10	1.89	1		1.89	1.720	8	13.76	26						
ld2	D	2.00	2.10	8.00	16.80	1		16.80	2.090	8	16.68	280						
ld1	D	1.00	3.25	8.00	26.00	1		26.00	2.380	8	19.02	495						
lk1	D		0.90	2.10	1.89	4		7.56	1.720	8	13.76	104						
Dd2	D	2.00	7.45	8.00	59.60	1		59.60	0.440	21	9.32	555						
Dk1	G		3.40	2.70	9.18	6		55.08	2.490	21	52.37	2,885						
Dp5	G		75.68	8.00	605.44	1		605.44	2.490	21	52.37	31,707						
Dp5	G		32.36	8.00	258.88	1		258.88	2.490	21	52.37	13,558						
Dp5	GB		18.75	8.00	150.00	1		150.00	2.490	21	52.37	7,856						
Dd2	GB	2.00	1.60	8.00	12.80	1		12.80	0.440	21	9.32	119						
Dd1	G	1.00	15.70	6.80	106.76	1		106.76	0.250	21	5.17	552						
Dd2	G	2.00	15.70	1.20	18.84	1		18.84	0.440	21	9.32	176						
Dd2	G	2.00	0.80	8.00	6.40	1		6.40	0.440	21	9.32	60						
Dd2	B	2.00	1.16	8.00	9.28	1		9.28	0.440	21	9.32	86						
Dd2	KB	2.00	5.56	8.00	44.48	1		44.48	0.440	21	9.32	415						
Dd1	KB	1.00	4.20	6.80	28.56	1		28.56	0.250	21	5.17	148						
Dd2	KB	2.00	4.20	1.20	5.04	1		5.04	0.440	21	9.32	47						
Dd1	B	1.00	1.66	6.80	11.29	1		11.29	0.250	21	5.17	58						
Dd2	B	2.00	1.66	1.20	1.99	1		1.99	0.440	21	9.32	19						
Dd2	K	2.00	2.45	8.00	19.60	1		19.60	0.440	21	9.32	183						
Dd1	KB	1.00	16.23	6.80	110.36	1		110.36	0.250	21	5.17	571						
Dd2	KB	2.00	16.23	1.20	19.48	1		19.48	0.440	21	9.32	182						
Dd1	K	1.00	1.83	6.80	12.44	1		12.44	0.250	21	5.17	64						
Dd2	K	2.00	1.83	1.20	2.20	1		2.20	0.440	21	9.32	21						
Dd1	KB	1.00	4.27	6.80	29.04	1		29.04	0.250	21	5.17	150						
Dd2	KB	2.00	4.27	1.20	5.12	1		5.12	0.440	21	9.32	48						
Dd1	K	1.00	4.27	8.00	34.16	1		34.16	0.250	21	5.17	177						
Dp5	B		226.78	8.00	1,814.24	1		1,814.24	2.490	21	52.37	95,012						
Dk1	B		3.40	2.70	9.18	12		110.16	2.490	21	52.37	5,769						
Ça1		1.00	0.00	0.00	0.00	1		7,900.00	0.460	21	9.58	75,682						
												258,373	7	25	5	1.37	353,971	
															9,962			
															363,333			

Tablo 4.23. Örnek binanın 4. kat servis mutfağının ısı kaybı hesabı çizelgesinin doldurulması

Şekil 4.2. Dış duvar1'in kesit görüntüsü

Tablo 4.27. Dış duvar1'in ısı geçirgenlik katsayısı hesap tablosu

Sıra No.	Malzeme Cinsi	Tabaka Kalınlığı, d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri, $\lambda_h(W/mK)$	Yüzeysel Isı İletim Direnci, $d/\lambda, 1/\alpha(W/mK)$
$1/\alpha_{iç}$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)	□		0.13
4.3.	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.02	0.7	0.029
7.3.2.	İnce derzli (derz kalınlığı < 3 mm) veya özel yapıştırıcısıyla yerleştirilmiş bloklarla duvarlar (blok uzunluğunun en az 500 mm olması şartıyla)	0.25	0.15	1.667
10.2.2.1	Yüzeyi prüzlü veya pürüzlü ve kanallı levhalar	0.05	0.031	1.613
1.1.	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	0.03	3.5.	0.009
$1/\alpha_{dış}$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0.04

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_{iç}} + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{dış}}$$

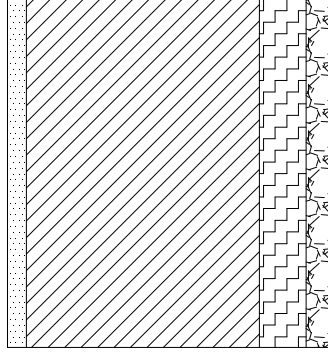
$$\frac{1}{\lambda} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n}$$

$$\frac{1}{U} = 0.13 + 0.029 + 1.667 + 1.613 + 0.009 + 0.04$$

$$\frac{1}{U} = 3.488$$

$$U = 0.287 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Dış duvar2'nin ısı iletkenlik katsayısı (Dd2);



Şekil 4.3. Dış duvar2'in kesit görüntüsü

Tablo 4.28. Dış duvar2'nin ısı geçirgenlik katsayısı hesap tablosu

Sıra No.	Malzeme Cinsi	Tabaka Kalınlığı, d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri, $\lambda_h(\text{W/mK})$	Yüzeysel Isı İletim Direnci, d/λ , $1/\alpha(\text{W/mK})$
$1/\alpha_{iç}$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)	□		0.13
4.3.	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.02	0.7	0.029
5.1.1.	Normal beton, (TS 500'e uygun), dogal agrega veya micir kullanılarak yapılmış betonlar (donatılı)	0.25	2.1.	0.119
10.2.1.2.1	Yüzeysi prüzlü veya pürüzlü ve kanallı levhalar	0.05	0.031	1.613
1.1.	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	0.03	3.5.	0.009
$1/\alpha_{dış}$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0.04

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_{iç}} + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{dış}}$$

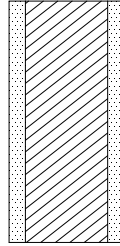
$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d1}{\lambda1} + \frac{d2}{\lambda2} + \dots + \frac{dn}{\lambda n}$$

$$\frac{1}{U} = 0.13 + 0.029 + 0.119 + 1.613 + 0.009 + 0.04$$

$$\frac{1}{U} = 1.94$$

$$U = 0.515 \text{ W/m}^2\text{K}$$

İç duvar1'in ısı iletkenlik katsayısı (İd1);



Şekil 4.4. İç duvar1'in kesit görüntüsü

Tablo 4.29. İç duvar1'in ısı geçirgenlik katsayısı hesap tablosu

Sıra No.	Malzeme Cinsi	Tabaka Kalınlığı, d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri, $\lambda_i(\text{W/mK})$	Yüzeysel Isı İletim Direnci, d/λ , $1/\alpha(\text{W/mK})$
$1/\alpha_{iç}$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)	□		0.13
4.3.	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.02	0.7	0.029
5.1.1.	Normal beton, (TS 500'e uygun), dogal agregaya veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (donatılı)	0.10	2.1.	0.048
4.3.	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.02	0.7	0.029
$1/\alpha_{dış}$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0.13

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_{iç}} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_{dış}}$$

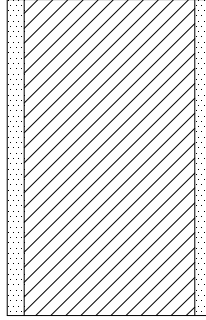
$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d1}{\lambda1} + \frac{d2}{\lambda2} + \dots + \frac{dn}{\lambda n}$$

$$\frac{1}{U} = 0.13 + 0.029 + 0.048 + 0.029 + 0.13$$

$$\frac{1}{U} = 0.366$$

$$U = 2.732 \text{ W/m}^2\text{K}$$

İç duvar2'in ısı iletkenlik katsayısı (İd2);



Şekil 4.5. İç duvar2'nin kesit görüntüsü

Tablo 4.30. İç duvar2'nin ısı geçirgenlik katsayısı hesap tablosu

Sıra No.	Malzeme Cinsi	Tabaka Kalınlığı, d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri, $\lambda_h(\text{W/mK})$	Yüzeysel Isı İletim Direnci, d/λ , $1/\alpha(\text{W/mK})$
$1/\alpha_{iç}$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)	□		0.13
4.3.	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.02	0.7	0.029
5.1.1.	Normal beton, (TS 500'e uygun), dogal agregaya veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (donatılı)	0.20	2.1.	0.095
4.3.	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0.02	0.7	0.029
$1/\alpha_{dış}$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0.13

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_{iç}} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_{dış}}$$

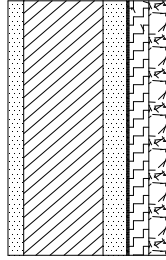
$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d1}{\lambda1} + \frac{d2}{\lambda2} + \dots + \frac{dn}{\lambdan}$$

$$\frac{1}{U} = 0.13 + 0.029 + 0.095 + 0.029 + 0.13$$

$$\frac{1}{U} = 0.413$$

$$U = 2.422 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Çatının ısı iletkenlik katsayısı (Ça1);



Şekil 4.6. Çatının kesit görüntüsü

Tablo 4.31. Çatının ısı geçirgenlik katsayısı hesap tablosu

Sıra No.	Malzeme Cinsi	Tabaka Kalınlığı, d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri, $\lambda_h(W/mK)$	Yüzeysel Isı İletim Direnci, d/λ , $1/\alpha(W/mK)$
$1/\alpha_{iç}$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)	□		0.13
4.5.	Alçı harçlı şap	0.02	1.2.	0.017
5.1.1.	Normal beton, (TS 500'e uygun), doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (donatılı)	0.1	2.1.	0.048
4.6.	Çimento harçlı şap	0.03	1.4.	0.021
9.2.2.6	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0.003	0.19	0.016
10.2.1.2.1	Yüzeyi pürüzlü veya pürüzlü ve kanallı levhalar	0.05	0.031	1.613
2.1.	Kum, kum-çakıl	0.05	1.4.	0.036
$1/\alpha_{dış}$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0.08

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_{iç}} + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{dış}}$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n}$$

$$\frac{1}{U} = 0.13 + 0.017 + 0.048 + 0.021 + 0.016 + 1.613 + 0.036 + 0.08$$

$$\frac{1}{U} = 1.961$$

$$U = 0.51 \text{ W/m}^2\text{K}$$

BÖLÜM 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İncelenen sistemler sonucunda terminal binaları gibi büyük hacimli binalarda merkezi ısıtma sistemleri en iyi sonucu vermektedir. Bina altındaki veya çatı arasındaki kazan dairesinden ısıtma ve bölge ısıtması karşılaştırıldığında yakıt maliyeti, özellikle doğalgazın kullanılması durumunda merkezi ısıtma sistemi oldukça avantajlıdır. İki sistemin kazan verileri aynı olmasına karşın bölgesel ısıtma sistemlerinde boru tesisatındaki kayıplar nedeniyle sistem verimi daha düşüktür. İlk yatırım maliyeti açısından karşılaştırıldığında merkezi ısıtma sistemi daha avantajlıdır. Bölgesel ısıtma sisteminde dağıtım hattı, galerilerin inşaat maliyeti, eşanjörler, otomatik kontrol ve pompalar gibi yatırımlar daha pahalı tutmaktadır. Ses ve gürültü açısından da yine merkezi ısıtma sistemleri daha avantajlıdır. Servis sıklığı ve servis bakım maliyeti açısından merkezi ısıtma sistemlerinde sistemi çalıştırmak için profesyonel yardıma ihtiyaç yoktur ancak bölgesel ısıtmada vardır. İşletme maliyeti de bölgesel ısıtma sisteminde daha yüksek olmaktadır.

Merkezi ısıtma sistemlerinde kullanılan ısıtıcı elemanlar arasında bir değerlendirme yapılacak olursa, terminal binaları gibi büyük hacimli ve sürekli insan sirkülasyonunun olduğu binalarda büyük hacimlerin ısıtılmasında ısı apareyleri tercih edilmelidir. Ancak bir bölgede hem ısıtma hem de soğutma yapılması isteniyorsa fan-coil cihazları kullanılmalıdır. WC, banyo, büro gibi küçük hacimlerin ısıtılmasında ise radyatör tercih edilebilir. Aynı zamanda havalandırma da yapılıyorsa klima santrallerine kazan dairesinden tesisat döşenerek içeriye beslenen temiz havanın sıcaklığını artırarak da ısıtma ihtiyacının bir kısmı sağlanmış olur.

Terminal binaları için değişken hava debili havalı klima sistemleri (VAV sistemleri) incelendiğinde, sabit soğutma yükü istenen sistemler için VAV sisteminin beklenen enerji tasarrufunu gerçekleştirmediği görülmektedir. Ayrıca bu sistem daha çok

soğutma işlemini gerçekleştirmesi için geliştirilmiş olmasından dolayı ısıtma işlemi için aha başka çözümler bulunması gerekmektedir.

Tam havalı sistemler genel anlamda incelendiğinde kanallar için bir yükseklik gerektiğinden binanın yükselmesine sebep olmaktadır. Isıtmanın hava ile yapılması halinde sistem sulu sistemlere göre daha geç devreye girmektedir. Uç elemanlara ulaşmak için bırakılacak müdahale kapakları dekorasyon sorunu yaratmaktadır. Merkezi cihaz arıza yaptığında işletmenin büyük bir bölümü veya tamamı kesintiye uğrayacaktır.

Tam sulu sistemlerde ise her mahal bağımsız olarak kontrol edilebilmektedir, zonlama yapmak oldukça kolaydır. Kontrol genellikle oda termostatıyla yapılır ve her odada gün boyunca değişken olan yükün karşılanmasının yanı sıra farklı oda ayar sıcaklığı seçme imkanı da vardır. Boru montajının ve izolasyonunun yapılması kanal imalatı ve izolasyonundan daha kolaydır. Özellikle iyi imal edilmemiş kanallardan meydana gelebilecek kaçakların yaratacağı büyük işletme giderleri bu sistemde söz konusu değildir.

Amerikan sistem klima ile tam sulu sistemler karşılaştırıldığında Amerikan sistemler çeşitli açılardan daha avantajlı gözükse de bu sadece villa gibi küçük hacimlerde geçerlidir. Terminal binaları gibi büyük hacimli binalarda tam sulu sistemler daha avantajlı gözükmektedir.

Isıtma tesisatı tasarımı yapılırken ısı kayıp hesaplarının doğru bir şekilde yapılması gerekmektedir. Binanın bulunduğu ili, yönü, konumu, komşu binaların durumu, dış duvarlarda kullanılacak malzemeler ve izolasyon malzemeleri, çatı veya terasın yapımında kullanılacak malzemeler, toprakla temas eden döşemelerde kullanılacak malzemeler, ara bölmelerin ve ara döşemelerin yapı malzemeleri, dış duvarlardaki pencereler, kapılar gibi yapı elemanları dikkate alınarak ısı kayıp hesaplarının yapılması gerekir. Ayrıca ısıtma tesisatı projesi uygulanmaya başlanmadan önce projede belirtilen malzemelerin, kalınlıklarının ve alanlarının hesaplardaki gibi yapılıp yapılmadığına bakılmalıdır.

Soğutma tesisatı içinse, soğutma tesisatı yapılacak olan mahallerin camlardan güneş radyasyonu yükleri, camlardan iletimsel yükler, dış duvarlardan iletimsel yükler, çatılardan ve duvarlardan iletimsel yükler, iç yapı bileşenlerinden iletimsel yükler, aydınlatmalardan insanlardan olan ısı kazançları hesaplanarak, bunlara gizli ısılar ve zamlar eklenerek ısı kazanç hesabı doğru bir şekilde yapılmalıdır.

Kullanılacak malzemelerin markalarına, TSE ve gerekli belgelerin olup olmadığına dikkat edilmelidir. Kullanılacak kazanların, sirkülasyon pompalarının, soğutma gruplarının ve büzüşme tanklarının, kullanılacak ısıtıcı elemanların, boruların, izolasyon malzemelerinin, havalandırma kanalların, klima santrallerinin ve diğer çeşitli ara elemanların kalitelerine, belirlenen teknik şartnameye uygun olup olmadığına dikkat edilmelidir.

Isıtma tesisatı merkezinin çatıda dizayn edilmesinin yakıt olarak fuel-oil ve kömür gibi depolama gerektiren yakıtlarla kullanılması çeşitli dezavantajlar sağlamaktadır. Çatıda bu yakıtların depolanması, çatıya yakıtların çıkarılması ve depolama yapılacak yerdeki yakıtın oluşturacağı statik yükler bu sakıncalar arasındadır.

Doğalgazın yakıt olarak kullanıldığı çatı ısı merkezlerinde ise çeşitli avantajlar doğmaktadır. Bu avantajlar arasında bodrum katta çeşitli amaçlarla kullanılacak hacimler kazanmak, doğalgazlı sistemler için gereken havalandırma önlemlerinin çatı merkezlerinde gerekmemesi sayılabilir.

Kazan dairesinin konumuna, binaya olan uzaklığına, yangın yönetmeliğine uygun olup olmadığına, gerekli havalandırmanın yapılmasına, gerekli açıklıkların bırakılmasına, kaçış noktalarının uygun olmasına, yakın binalara ses gitmemesi için akustik izolasyon yapılmasına dikkat edilmelidir.

Isıtma tesisatında kullanılmak üzere seçilecek olan kazan kapasitesi belirlenirken, ısı kaybı hesabı sonucunda çıkan değerden yararlanır. Bu değerden daha büyük kapasitede bir kazan seçildiğinde hem ilk yatırım maliyeti yüksek olmakta, hem de yakıt tüketimi daha fazla olmaktadır. Kazan kapasitesi küçük seçildiği takdirde ise yeterli ısıtma sağlanamayacaktır.

Klima santralleri terasta açık bir alanda bırakılacaksa havalandırma kanallarının, sıcak ve soğuk su taşıyacak boruların ve cihazların yalıtımına dikkat edilmelidir.

Kazanlar, dolaşım pompaları, klima santralleri ve chiller grupları gibi büyük cihazların titreşimlerinin önlenmesi için gerekli önlemler alınmalıdır.

Terminal binaları gibi büyük binaların tasarımı sırasında karşılaşılan en büyük sorunlardan biri mimari, statik, mekanik ve elektrik projelerinin çizilmesi sırasında projelerin birbirinden bağımsız olarak çizilmesidir. Projenin ilk tasarım aşamasında binanın ne amaçla kullanılacağına, ısıtma, soğutma ve havalandırma tesisatlarının nerelerde gerekli olduğuna, nerelerde gerekli olmadığına, hangi sistemlerin kullanılmasının daha uygun olacağına, bunlar için gerekli olan yükseklik ve hacimlere karar verilmelidir. Ayrıca bu sistemlerin elektrik tesisatı, sprinkler sistemi gibi sistemlerle çakışmamasına da dikkat edilmelidir. Isıtma, soğutma ve havalandırma sistemi için gerekli yükseklik bırakıldıktan sonra asma tavan kalınlığı, izolasyon kalınlığı ve döşeme kalınlığı da hesaplanarak net yükseklik bulunmalıdır.

Isıtma tesisatındaki bir başka önemli konu ise sıcak hava ile ısıtma yapılması durumudur. Sıcak hava ile ısıtma yapıldığında hava hareketleri sebebi ile mahaldeki insanların üşümemesi için üfleme havası ile oda havası sıcaklıkları arasındaki fark en az 4-6 derece olmalıdır. Ayrıca üfleminin yukarıdan yapılması durumunda sıcaklığın fazla olması ısının yukarıda toplanmasına sebep olur.

Havalandırma tesisatının proje çizimleri aşamasında kanalların binanın hangi hacimlerinden geçeceği, kanalların ebatlarının geçtiği hacimlere uygun olup olmadığı, yüksekliğin kanal yüksekliği ve asma tavan yükseklikleri çıkartıldıktan sonra yeterli olup olmadığı ve sistemin diğer tesisatlarla çakışıp çakışmadığı projeci tarafından belirlenmelidir. Ayrıca klima santralinin ve santrallerinin konumuna ve büyüklüğüne göre bu santrallerin konulacağı mahallerin belirlenmesi gerekir. Klima santralleri konumlandırılırken, duvara olan mesafelerine, birbirleri ile olan mesafelerine, burada bulunan egzoz ve emiş kanallarının boyutlarına, yine burada bulunan ısıtma ve soğutma borularına göre tesisat elemanlarının montajı, işletmesi, servis ve bakım kolaylığı açısından değerlendirilmelidir. Santralin bulunduğu mahal

başka bir mahal üzerinde bulunuyor ise, santralin bulunduğu mahalın döşemesinin su geçirmez malzeme ile yalıtımın yapılması gerekir. Santralin gürültüsünün komşu mahallerle gitmesini engellemek için döşemenin, yan duvarların ve tavanın ses izolasyonlarının yapılması gerekir. Santral çalışırken oluşan titreşimlerin azaltılması için santral esnek takoz veya kaideler üzerine oturtulmalıdır. Santraller ara katta veya çatıda bir yere konacaksa binaya ilave yük getirmemesi için binanın statik hesabı yapılırken dikkate alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] KÜÇÜKÇALI, R., Isısan çalışmaları ısıtma tesisatı, 295, Isısan yayınları, İstanbul, 2000.
- [2] HALICI, F., Isıtma ve havalandırma dersi ders notları, 2006-2007.
- [3] KÜÇÜKÇALI, R., Isısan çalışmaları mimarın tesisat el kitabı, 370, Isısan yayınları, İstanbul.
- [4] KÜÇÜKÇALI, R., Isıtma sektöründe yeni teknolojiler ve gelecek, VI. Ulusal tesisat mühendisliği kongresi ve sergisi.
- [5] KÜÇÜKÇALI, R., Isıtma sistemlerinde yenilikler, V. Ulusal tesisat mühendisliği kongresi ve sergisi.
- [6] Kalorifer tesisatı, TMMOB Makina mühendisleri odası, MMO/352/5.
- [7] KARAKOÇ, H., Kalorifer tesisatı hesabı, Teknik yayın, 9, Anadolu Üniversitesi, 2007.
- [8] DURMAZ, A., Merkezi şehir ve bölge ısıtma sistemleri, 95' TESKON/TES 024.
- [9] GÜREL, S., TOPÇU, H., ŞİMŞEK, F., ERTÜRK, G., Buhar kazanları otomasyonu, 95' TEKON/TES 032.
- [10] GÜRDAL, E., Merkezi şehir ve bölge ısıtma sistemleri, 95' TESKON/TES 023.
- [11] KÜÇÜKÇALI, R., Isısan çalışmaları klima tesisatı, 305, Isısan yayınları, İstanbul, 1997.
- [12] KÜÇÜKÇALI, R., Klima sistemlerinde enerji ekonomisi ve uygulama önerileri, VI. Ulusal tesisat mühendisliği kongresi ve sergisi.
- [13] İklimlendirme sistemlerinin tanıtımı ve teknolojik gelişmeler konferansı, Bildiriler kitabı, İstanbul, 1997.
- [14] DEMİREL, Ö., Hastanelerde (HVAC) ısıtma, havalandırma ve klima sistemleri, 95' TESKON/KLİ 009.

- [15] ESKİN, N., İklİmlendirme sistemlerinin ve iklim şartlarının ofis binaları enerji ihtiyacı üzerinde etkisi, V. Ulusal tesisat mühendisliği kongresi ve sergisi.
- [16] KARAKAŞ, H., Uygulamalı TS825 ve kalorifer tesisatı hesabı.
- [17] BAYKAN, D., Binalardaki ısı yalıtımına yardımcı komple ısı kaybı programı, 95' TESKON/KLİ 004.

EKLER

Ek A. Örnek Terminal Binası Uygulama Aşaması



Şekil A.1. Örnek binadaki fan-coil ve havalandırma sistemi



Şekil A.2. Örnek binadaki ısı apareyi ve ısıtma tesisatı



Şekil A.3. Örnek binadaki ısıtma ve havalandırma sistemi



Şekil A.4. Örnek binadaki ısıtma ve havalandırma sistemi 2



Şekil A.5. Örnek binadaki ısı apareyi ve havalandırma sistemi



Şekil A.6. Örnek binadaki ısıtma ve havalandırma tesisatı kolon geçişi



Şekil A.7. Örnek binadaki havalandırma sistemi



Şekil A.8. Örnek binadaki 4 way tavan tipi fan-coil ve havalandırma sistemi



Şekil A.9. Örnek binadaki klima santrali



Şekil A.10. Örnek binadaki klima santralleri



Şekil A.11. Örnek binadaki klima santrali 2



Şekil A.12. Örnek binadaki klima santrali hava damperi



Şekil A.13. Örnek binadaki klima santrali torba filtreleri



Şekil A.14. Örnek binadaki klima santrali vantilatör/aspiratör ünitesi



Şekil A.15. Örnek binadaki ısıtma ve havalandırma tesisatı



Şekil A.16. Örnek binadaki ısıtma ve havalandırma tesisatı 2



Şekil A.17. Örnek binadaki ısıtma ve havalandırma tesisatı 3



Şekil A.18. Örnek binadaki ısıtma ve havalandırma tesisatı 4



Şekil A.19. Örnek binadaki ısıtma tesisatı



Şekil A.20. Örnek binadaki kazanlar

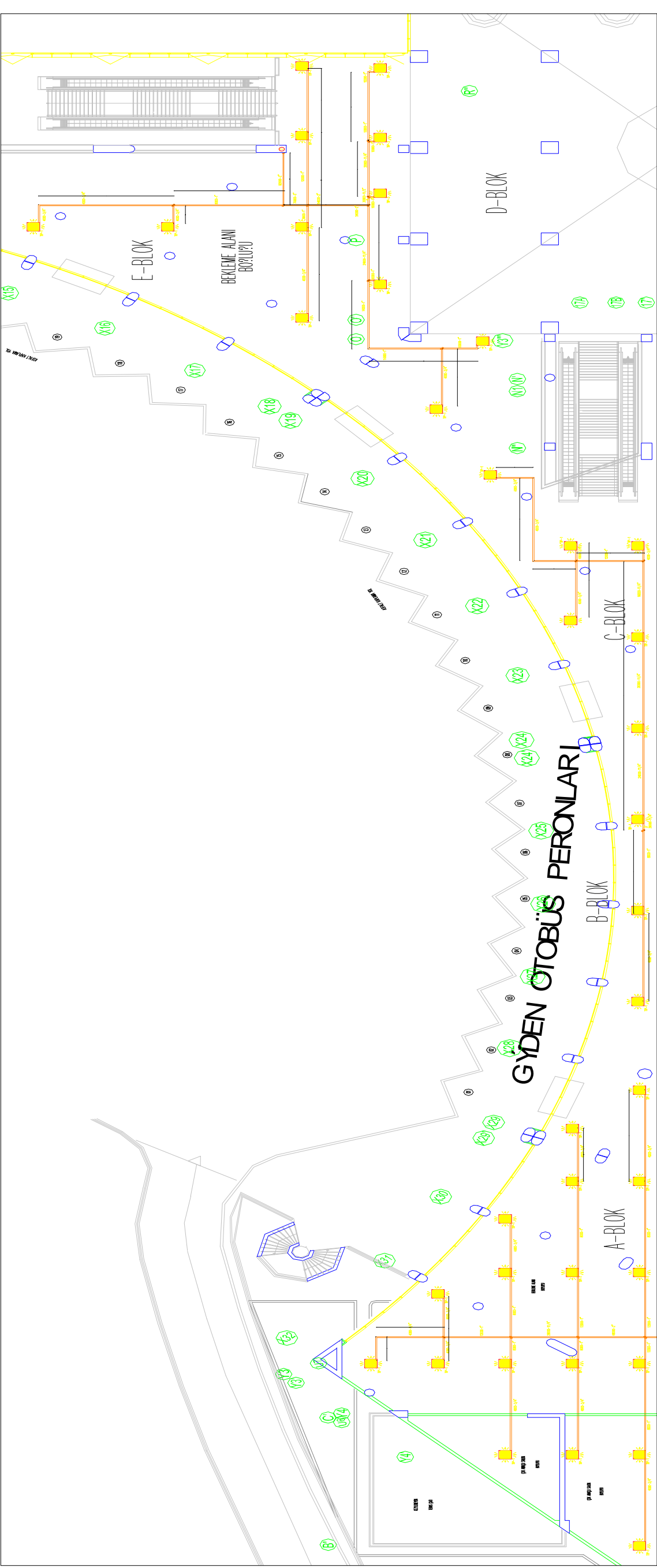


Şekil A.21. Örnek binadaki ısıtma tesisatı boruları

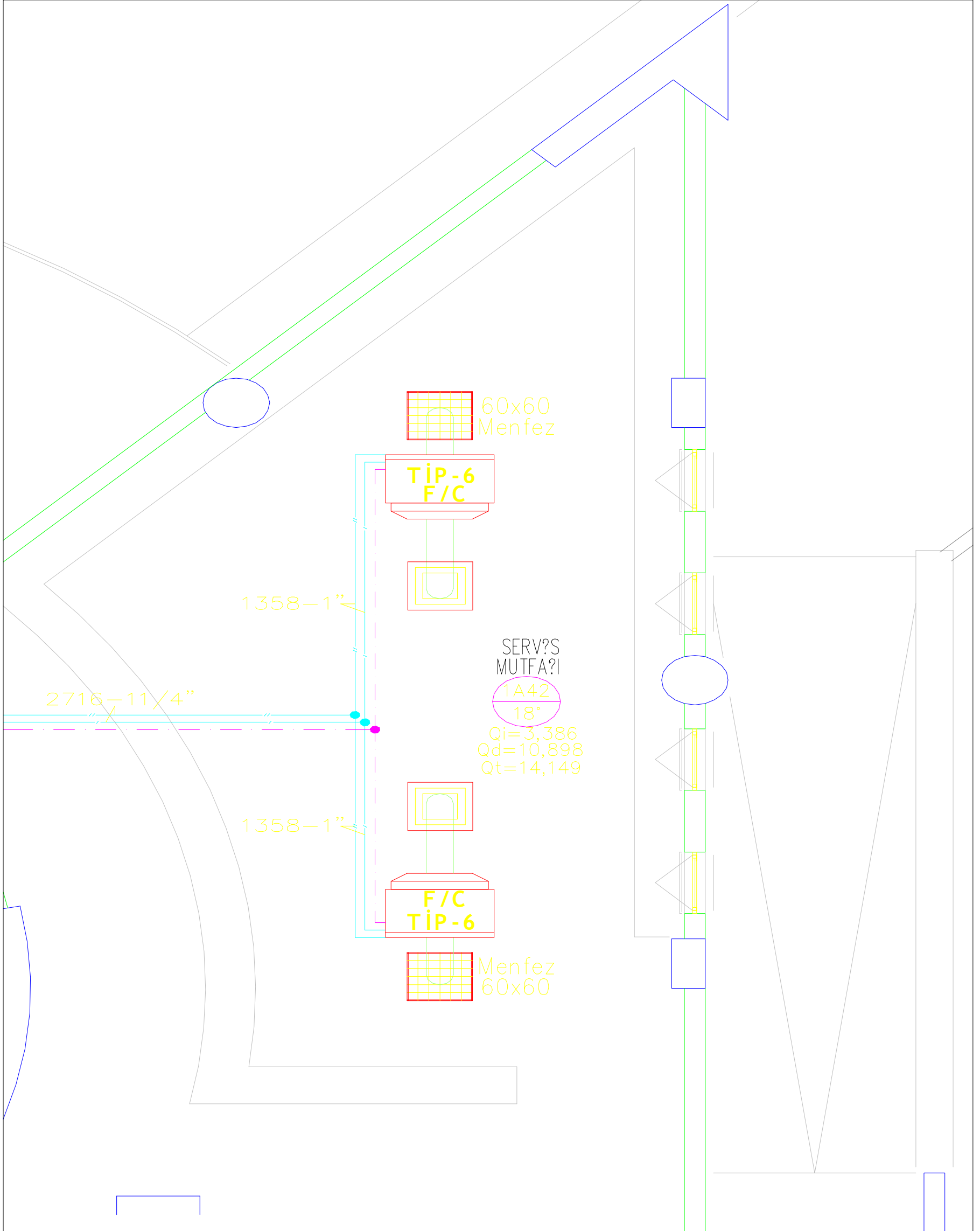


Şekil A.22. Örnek binadaki chiller grubu

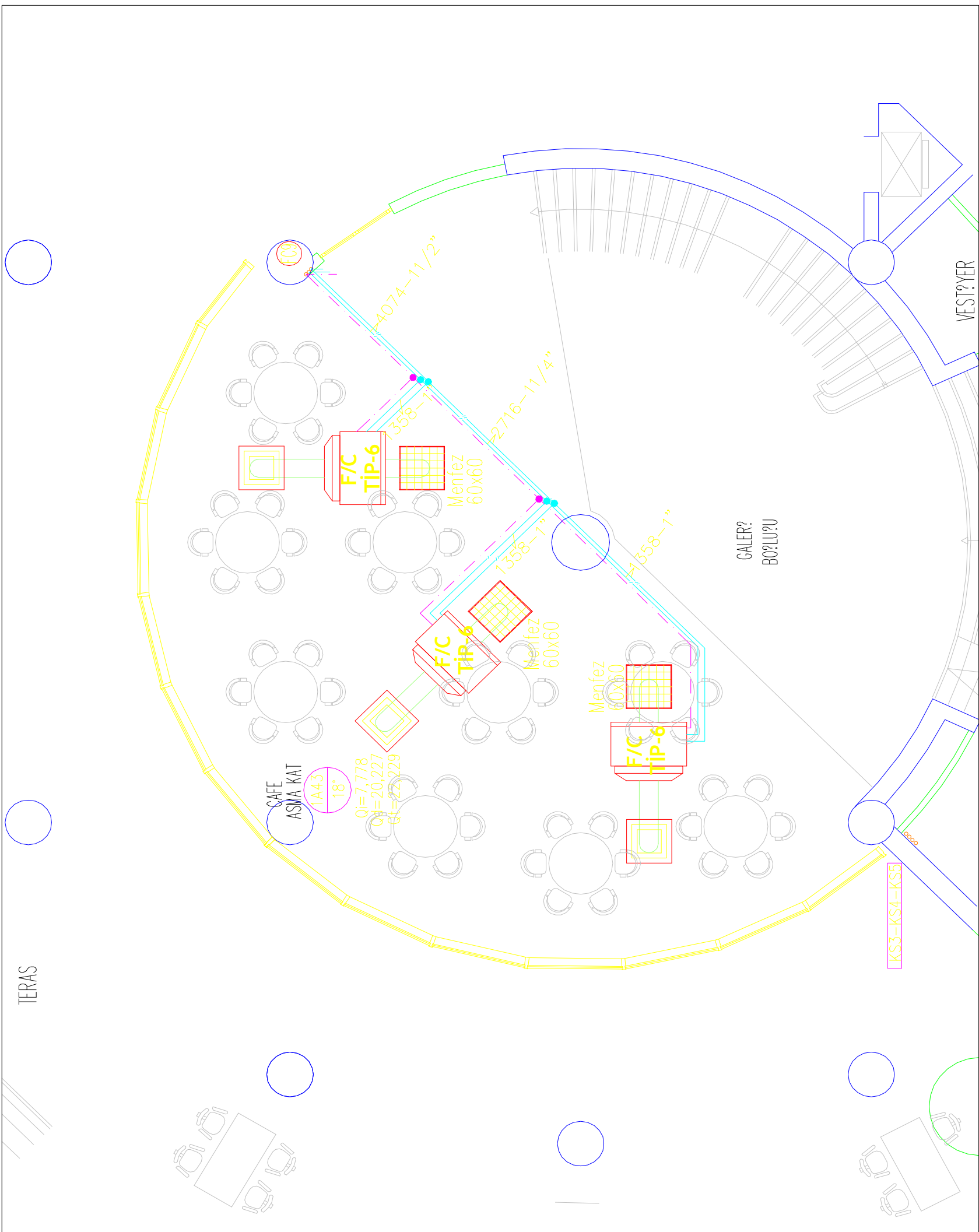
Ek B. İlgili Terminal Binası Proje Örnekleri



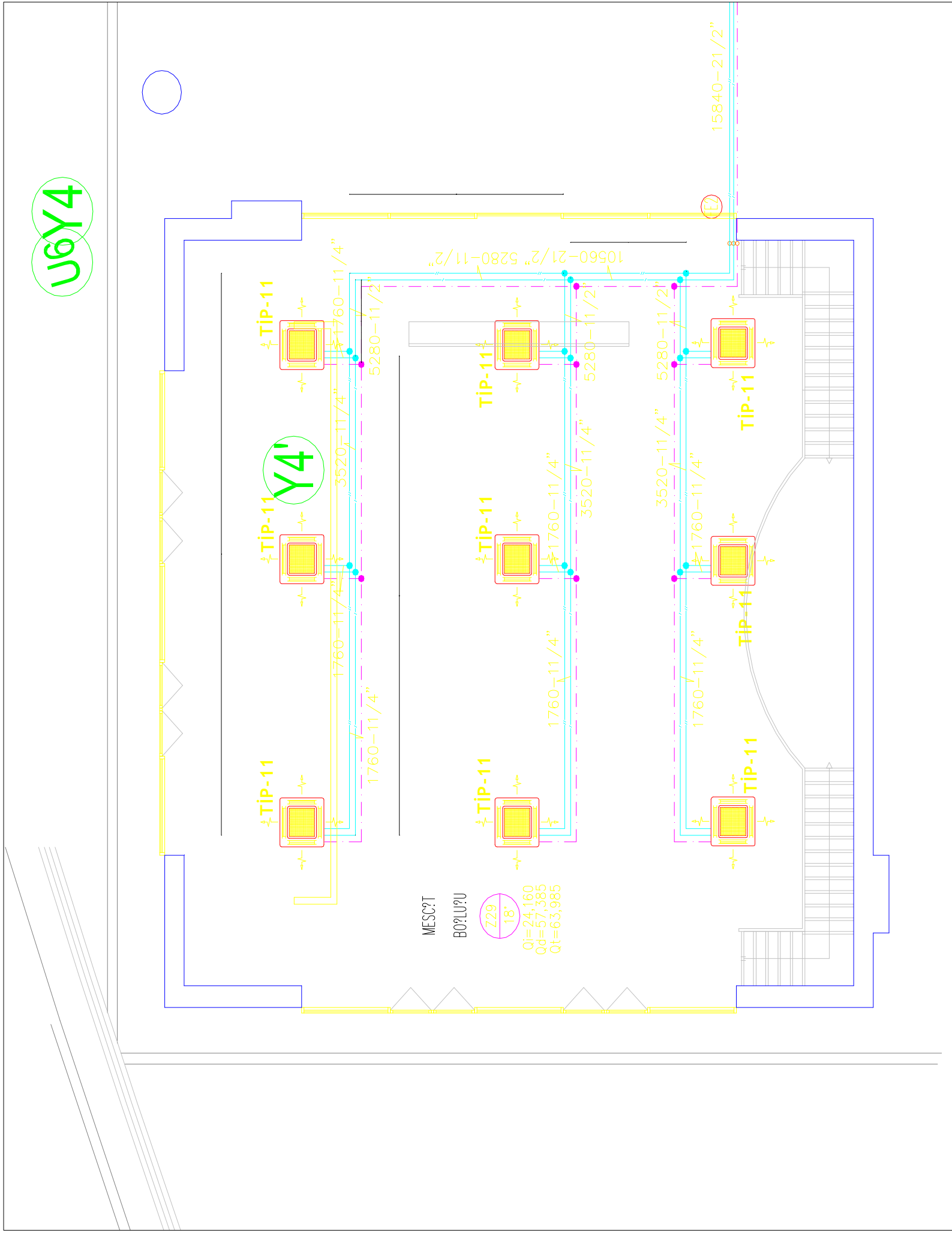
Ek B1. Örnek binanın birinci kat hol mahallli



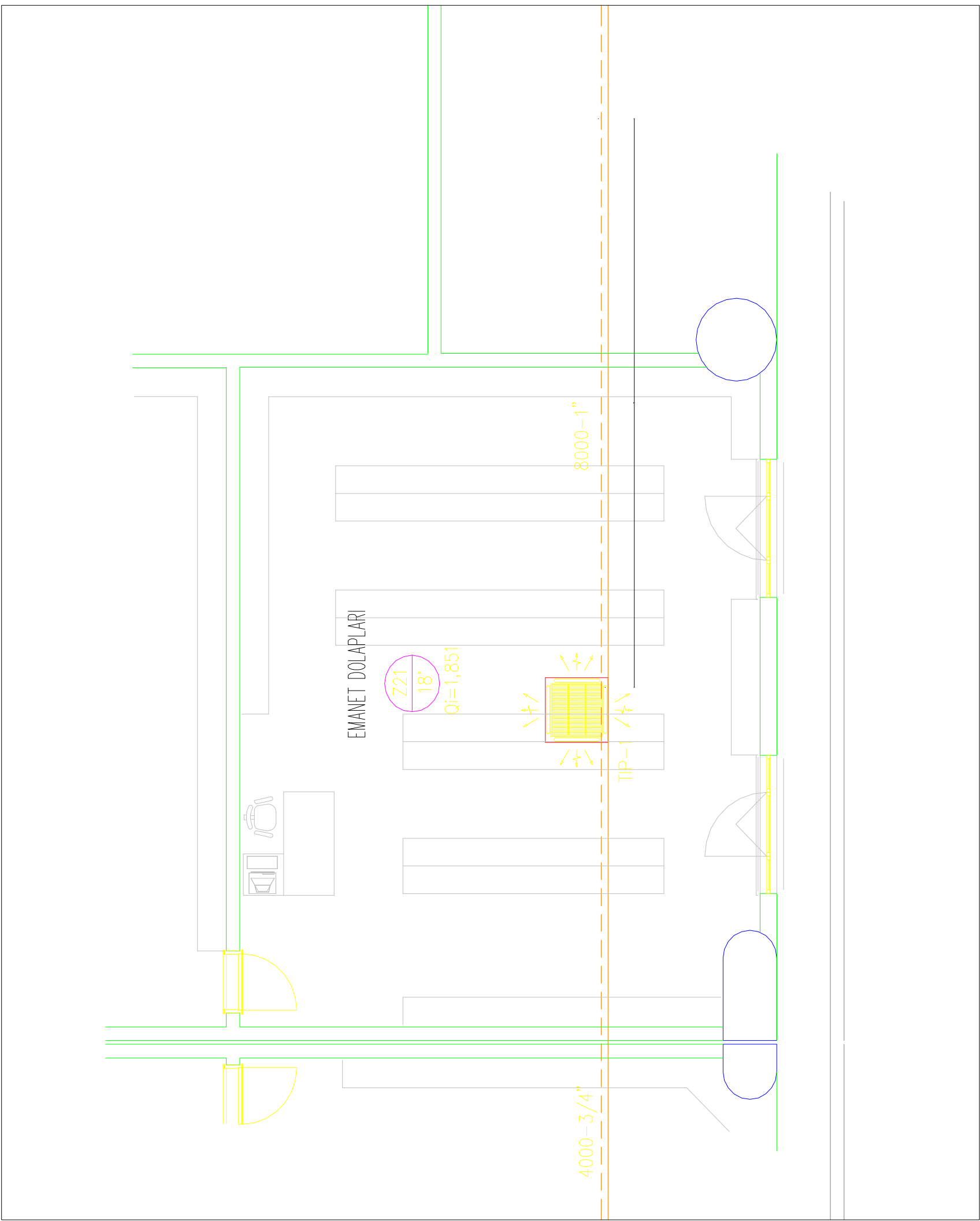
Ek B2. Örnek binanın dördüncü kat servis mutfağı



Ek B3. Örnek binanın dördüncü kat kafesi



Ek B4. Örnek binan birinci kat mescidi



Ek B5. Örnek binan birinci kat emanet dolapları

ÖZGEÇMİŞ

Merve YENİCE, 1984 yılında Adapazarı'nda doğdu. İlk öğrenimini Adapazarı Sabihahanım İlköğretim Okulu'nda, orta ve lise öğrenimini Sakarya Anadolu Lisesinde tamamladı. 2003 yılında Sakarya Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümüne girdi. 2001 yılında başlamış olduğu lisans öğrenimini 2007 yılında tamamladı. Aynı yıl Sakarya Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Enerji Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.