

**ME401- Isıtma ve Havalandırma**  
**Bahar, 2017**

**Bölüm 4**  
**BİNALARDA ISITMA SİSTEMİ**  
**PROJELENDİRİLMESİNE ESAS**  
**ISI GEREKSİNİMİ HESABI**  
**(TS 2164)**

**Ceyhun Yılmaz**  
**Afyon Kocatepe Üniversitesi**

**Teknoloji Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü**

# ARTIRIMSIZ ISI GEREKSİNİMİ HESABI

- Binaların ısı gereksinimlerini karşılamak amacıyla kurulan ısıtma sistemlerinin projelendirilmesinin aşamasında gerek duyulan en önemli veri; binada ısıtılacak ortamlar için olan ısı değeridir. Isıtma yapılacak ortamlar için gerekli olan ısı değeri, ısı geçişinin temel yasası olan Fourier ısı iletim yasası ile belirlenir.
- Binadaki ortam için temel ısı iletim yasası ile belirlenen ısı gereksinimi, pratikte olması gereken gerçek değerden daha az bir değer verir.
- Zira binadaki ortamın bulunduğu yer ve bakmakta olduğu yön, çevre yapıların durumu, ısıtma sisteminin çalışma durumu vb. etkenler nedeniyle, teorik olarak belirlenen ısı gereksiniminin daha da artırılması gerekir. Isı gereksinimi hesaplanacak olan ortamı çevreleyen ve ısıyı geçiren bileşenlere ait fiziksel büyüklüklere bağlı olarak, ortam için gereken artırımsız ısı değeri

$$\dot{Q}_o = \sum_j U_j A_j (T_i - T_d)$$

- Burada j indisi; ortamı çevreleyen dış duvar, pencere, kapı, tavan, döşeme vb. bileşenleri göstermekte olup; bileşenlerin her birinden olan ısı kayıplarının toplamı, ısıtma yapılacak olan ortam için artırımsız ısı gereksinimini verir.

# ARTIRIMSIZ ISI GEREKSİNİMİ HESABI

- Bir ortamın artırimsız ısı gereksinimini hesaplayabilmek için, ilgili yapı bileşeninin toplam ısı geçirme katsayısı, yüzey alanı değerlerinin yanı sıra; ortam sıcaklığı  $T_i$  ve dış sıcaklık  $T_d$  değerlerinin de bilinmesi gerekir.
- Ülkemizdeki çeşitli yerleşim merkezlerine ait dış sıcaklık değerleri, geçmiş yıllara ait meteorolojik verilere dayalı olarak belirlenirler.
- Tablo 4.1 çeşitli yerleşim merkezleri için olan  $T_d$  değerlerini vermektedir.  $T_i$  değerleri ise ortamın türüne göre bir ısı konfor parametresi olup, Tablo 4.2'den alınır.
- Binalarda sık kullanılmayan ortamlar (depo, çatı arası, kömürlük vb.) ısıtılmaz. Ancak bu ortamlara bitişik ve ısıtma uygulanacak olan ortamların ısı gereksinimlerinin hesaplanabilmesi için, ısıtılmayan ortamların sıcaklıklarının bilinmesi gerekmektedir. Isıtılmayan ortamların denemelere bağlı olarak belirlenen projelendirme sıcaklık değerleri dış sıcaklık değerlerine bağlı olarak Tablo 4.3'te verilmiştir. İyi bir projelendirme için özellikle çatı arası sıcaklıkları çizelgeden doğru seçilmeli veya aşağıda verilen bağıntı ile hesaplanmalıdır.
- Isıtılmayan ortamlar için olan sıcaklık değeri:

$$T = \frac{\sum U_i A_i T_i + \sum U_d A_d T_d}{\sum U_i A_i + \sum U_d A_d}$$

Burada  $i$  indisi ile gösterilen büyüklükler ısı kazanılan yüzeylere ait olan,  $d$  indisi ile gösterilenler ise ısı kaybedilen yüzeylere ait olan büyüklükleri göstermektedir.

**Tablo 4.1 Çeşitli yerleşim merkezleri için dış sıcaklık değerleri**

Yerleşim merkezi	Sıcaklık	Yerleşim merkezi	Sıcaklık	Yerleşim merkezi	Sıcaklık
ADANA	0R	BALIKESİR	-3R	İZMİR	0R
ADAPAZARI	-3R	BOLU	-15	İZMİT	-3R
ADİYAMAN	-9	BURSA	-6R	KONYA	-12
AFYON	-12R	ÇANAKKALE	-3R	MALATYA	-12
AĞRI	-24	DIYARBAKIR	-9R	SAMSUN	-3R
ANKARA	-12R	ERZURUM	-21	SİVAS	-18
ANTALYA	+3R	GAZİANTEP	-9	TEKİRDAĞ	-6R
ARTVİN	-9	GÜMÜŞHANE	-12	TRABZON	-3
AYDIN	-3R	İSTANBUL	-3R	ZONGULDAK	-3R

ISITILACAK ORTAMIN ADI	SICAKLIĞI* (°C)	ISITILACAK ORTAMIN ADI	SICAKLIĞI* (°C)
<b>1- KONUTLAR</b>		<b>5- FABRİKA YAPILARI</b>	
- Oturma odası (Salonlar)	+22	- Ağır iş yapan atölye ve montaj yeri	+15
- Yatak odası	+20	- Hafif iş yapan atölyeler	+18
- Antre, hela, mutfak	+18	- Kadın işçilerin çalıştığı örgü, biçki ve dikiş atölyeleri	+20
- Banyo	+26	<b>6- CEZAEVİ VE TUTUKEVİ</b>	
- Merdiven	+10	- Tek odalar, yatak odaları	+20
<b>2- İŞ VE İDARE BİNALARI</b>		- Hafif iş atölyesi ve koğuş	+18
- Berber, terzi dükkanı	+20	- Banyo, duş, soyunma hacimleri	+26
- Lokanta, otel, pansiyon odası	+20	- Hela	+15
- Bekleme odası	+20	<b>7- ÇEŞİTLİ YERLER</b>	
- İş atölyesi oturarak çalışma	+20	- Sergi evleri, müzeler, genel gardoplar	+15
- Tesviye, torna, marangoz vb. atölye	+18	- Sinema ve tiyatro salonları	+18
- Demir, döküm ve pres vb. atölyeler	+18	- Garajlar	+10
- Elektrik, bobinaj vb. atölyeler	+20	- Ahır ve ağıl	+12
- Motor ve yenileştirme atölyesi	+20	<b>Yüzme havuzu</b>	
- Kaporta, boya vb. iş atölyesi	+18	- Bekleme salonu	+18
- Merdiven ve asansör boşluğu	+15	- Banyo ve duş odalarına geçiş yolu	+20
- Koridor, hela	+15	- Soyunma ve giyinme odaları	+22
- Toplantı salonu	+20	- Kuşna ve duş odaları	+20÷22
- Sinema, tiyatro, diskotek, gazino vb. eğlence salonları	+18	- Yüzme havuzu hacmi	+22÷25
- Büro hacimleri (Md. Memur odası)	+20	<b>Roma hamamı ve sauna</b>	
- Arşiv hacimleri	+15	- Soyunma ve son terleme odası	+22
<b>3- OKULLAR**</b>		- Birincil terleme hacmi	+40÷ 50
- Derslik, doğal bilim öğretimi için özel hacimler, pedagoji merkezleri, çeşitli amaçlar için kullanılan salonlar, öğretmen, yönetici ve kreş odaları	+22	- İkincil terleme hacmi	+50÷60
- Dersli öğretim mutfağı ve iş atölyesi	+15÷18	- Yıkama ve duş hacmi	+26
- Öğretim aracı deposu, laboratuvar, vestiyer	+15	- Sıhhi banyo hacmi	+26
- Duş, soyunma ve giyinme odaları	+26	<b>Sera binaları</b>	
- Revir, doktor ve muayene odaları	+24	- Normal çiçek ve bitkiler	+15
- Koridor, merdiven ve asansör boşluğu, kapalı teneffüs salonları ve helalar	+10÷15	- Sıcak iklim bitkileri	+25
- Kreşlerde koridor, merdiven ve asansör boşluğu hela	+15	- Büro hacmi	+20
- Okullarda konferans salonları	+18	- Merdiven ve asansör boşluğu	+18
- Jimnastik (spor) salonu	+15	- Jimnastik Salonu	+18
- Ortopedik jimnastik salonu	+20	- Kütüphane ve okuma salonu	+10
<b>4- HASTANE YAPILARI</b>		- Ambar ve depolar	+18
- Hasta yatak ve poliklinik odası	+20	- Çoğunluklu dükkanlar	+18
- Banyo, duş, ameliyat, röntgen ve röntgen soyunma odaları	+22		
- Eczane, laboratuvar hacimleri	+20		
- Merdiven ve asansör boşluğu, koridor, bekleme salonu, hol ve helalar	+18		

**Tablo 4.2**  
**Isıtma**  
**sistemi**  
**projelendirme**  
**esinde iç**  
**ortam hava**  
**sıcaklıkları**

(\* ) Projeyi yapan tarafından başka bir değer istenmedikçe projesi düzenlenecek yapının ısı gereksinimi bu iç ortam sıcaklıklarına göre hesaplanacaktır.

(\*\*) Dersliklerin sıcaklıkları, normal pencere havalandırmasıyla dinlenme sıralarında (teneffüslerde) 18°C altına düşürülebilir.

NOT : Hastane, fabrika, cami, tiyatro vb. gibi yapıların hacim iç sıcaklıkları projeyi yapanla birlikte saptanmalıdır.

**Tablo 4.3 Isıtılmayan ortamlar için projelendirme sıcaklık değerleri**

DIŞ SICAKLIK ⇒		3	0	-3	-6	-9	-12	-15	-18	-21	-24	-27
Çatı arasındaki Isıtılmayan Yerler	$U_d < 2$	9	7	4	2	-1	-3	-6	-8	-11	-13	-16
	$2 < U_d < 5$	6	4	1	-1	-4	-6	-9	-11	-14	-16	-19
	$U_d > 5$	3	1	-2	-4	-6	-9	-12	-14	-17	-19	-22
Isıtılmış ortamlar	İçeriye veyahut bodruma kapı veya pencere, büyük 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
Bitişik evlerin sıcaklığı	Merkezi Isıtmalı	15										
	Mahalli Isıtmalı	10										
Kazan dairesi		20										
Kömürlük		10										

# ARTIRIMLI ISI GEREKSİNİMİ HESABI

- Yapıların ısıtma sistemlerinin projelendirilmesi aşamasında, yapıda ısıtma yapılacak ortamın bulunduğu yer ve ısıtma sisteminin çalışma koşulları gibi etkenler nedeniyle, hesaplanan  $Q_o$  artırımsız ısı gereksinimi değeri, belirli artırım katsayıları ile işlem görerek bir miktar artırılır ve göz önünde bulundurulması gereken değer olan artırılmış iletimsel ısı gereksinimi ( $Q_i$ ) belirlenir.
- TS 2164 ile verilen bu artırım katsayıları; birleştirilmiş artırım katsayısı ( $Z_D$ ), yön artırım katsayısı ( $Z_H$ ) ve yüksek katlar-yüksek kat artırım katsayısı ( $Z_W$ ) olarak ilgili çizelgelerden seçilirler.

$$Q_i = Q_o (1 + Z_D + Z_H + Z_W)$$

# Birleştirilmiş Artırım Katsayısı ( $Z_D$ )

$$D = \frac{Q_o}{A_{top}(T_i - T_d)} \quad (\text{W/m}^2\text{K})$$

Birleştirilmiş artırım katsayısı, soğuk dış yüzey ısı kaybı artırımı ( $Z_A$ ) ile kesintili ısıtma rejimi artırımı ( $Z_U$ ) toplamına eşittir.

Burada yer alan  $A_{top}$  ısıtılacak ortamı çevreleyen tüm yapı bileşenlerinin toplam yüzey alanıdır.

$Z_A$  artırımı, ısıtılan ortamı çevreleyen soğuk dış yüzeylere ortam havasından ışınlama olan ısı geçişini karşılamak üzere belirlenmiş olan ve (4.4) bağıntısı ile tanımlanan ortalama ısı geçirme katsayısı ( $D$ ) ile sistemin işletme durumuna bağılı olan bir katsayıdır.  $Z_U$  artırımı ise; sistemdeki ısıtma yükünün azaltılmasından ve işletmeye bir süre ara verilmesinden sonra soğumuş olan yapı bileşenlerinin kısa zamanda eski sıcaklıklarına yükseltilmesi için göz önüne alınır.



**Birleştirilmiş artırım katsayısı  $Z_D$ ;  $Z_A$  ve  $Z_U$  artırımlarını içerecek şekilde düzenlenmiş olan Çizelge 4.4**

Çizelge 4.4 Birleştirilmiş artırım katsayısı  $Z_D$  (yüzde olarak)

İşletme Durumu	D			
	0,1÷0,29	0,30÷0,69	0,70÷1,49	≥1,50
	% $Z_D$			
I. İşletme*	7	7	7	7
II. İşletme**	20	15	15	15
III. İşletme***	30	25	20	15

\*) Tesisat sürekli çalıştırılır ve yalnız geceleri kazan ateşi söndürülür (Konutlardaki kullanım)

\*\*\*) Kazan ateşi her gün 10 saat tamamen söndürülür

\*\*\*\*) Ateş her gün 14 saat veya daha uzun süre tamamen söndürülür.

# Yön Artırım Katsayısı ( $Z_H$ )

Isıtılacak ortamın bina içerisinde bulunmakta olduğu konuma bağlı olarak (K, GB, vb.), güneş ışınımından yararlanması veya tersi söz konusudur.  $Z_H$  yön artırım seçiminde, yalnız bir dış duvarı olan odalar için dış duvarın baktığı yön; bina köşesinde bulunan odalar için iki dış duvarın köşegen yönü esas alınır. İki kiden fazla yöne bakan dış duvarı bulunan odalar için en yüksek yön artırım seçilir. İç hacimlerde yön artırım aranmaz.

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

Çizelge 4.5 Yön artırım  $Z_H$  (yüzde olarak)

# Yüksek Katlar ve Yüksek Kat Artırımı ( $Z_w$ )

Isı kaybını etkileyen parametrelerden bir tanesi olan dış yüzey ısı taşınım direnci; dış yüzey üzerindeki rüzgar hızına bağlı olarak değişir. Atmosferik sınır tabaka özelliği olarak, yer seviyesinden olan yükseklikteki artış ile rüzgar hızı da artacağından, yapıların üst katlarında ısı taşınım direncinde düşme ortaya çıkar ve dolayısıyla ısı kayıplarında da artış olur. Kazan dairesinden 90°C sıcaklıkta çıkan ısıtma suyu yüksek katlara çıkıncaya kadar, tesisat kolonlarında yalıtım yapılmadığı için bir miktar soğur.

	Bina Toplam Kat Adedi												$Z_w$ %
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Kat Numaraları	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	3.2.1	4.3.2.1	5.4.3.2.1	0
	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	% 5
		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	% 10
				7	8	9	10	10	11.10	12.11.10	13.12.11	14.13.12	% 15
								11	12	13	14	15	% 20

## Çizelge 4.6 Önerilen kat yükseklik artırımları $Z_w$ (yüzde olarak)

Öte yandan, ısıtma yapılan herhangi bir ortamı dolduran havanın sıcaklığı ortam içerisindeki her noktada aynı değildir. Ortamın sahip olduğu kat yüksekliği değeri arttıkça döşeme, tavan ve dış duvar önlerindeki hava sıcaklıkları arasındaki farklar da artar. Isıl konforu olumsuz yönde etkileyen bu durumu karşılamak üzere, kat yüksekliği 4 m'den fazla olan hacimlerde her 1 m yükseklik artışı için %5 artırım uygulanabilir.

# HAVA SIZINTISINI KARŞILAMAK İÇİN GEREKEN ISI HESABI

- Pencere ve balkon kapısı gibi açılıp kapanan yapı bileşenlerinin kanat ve kasa birleşim yerlerindeki aralıklardan, dış ve iç ortam arasındaki basınç farkı nedeniyle hava sızıntısı olur. Ortaya çıkan hava sızıntısı, içeriye doğru soğuk hava girişi ve dışarıya doğru sıcak hava çıkışı şeklinde meydana gelir. Hava sızıntısı ile ortaya çıkan bu verim düşüklüğünü karşılamak üzere ortama ek ısı verilmelidir.

$$Q_s = \sum (aL).R.H.\Delta T.Z_e \quad (W)$$

- a : Hava sızdırma katsayısı ( $m^3/mh$ ) olup Çizelge 4.7'den seçilir.  
L : Pencere veya kapının açılan kısımlarının (fuga) uzunluğu (m).  
R : Oda durum katsayısı olup Çizelge 4.9'dan seçilir.  
H : Yapı durum katsayısı ( $Wh/m^3 \text{ } ^\circ C$ ) olup Çizelge 4.10'dan seçilir.  
 $\Delta T$  : ( $T_i - T_d$ ) iç ve dış hava sıcaklıklar farkı ( $^\circ C$ )  
 $Z_e$  : Bir katsayı olup, her iki dış duvarında pencere olan ortamlar için 1,2; diğer durumlarda 1 alınır.

**Çizelge 4.7 Pencere ve kapılar için hava sızdırma katsayısı a (m<sup>3</sup>/mh)**

Malzeme	Pencere veya kapı şekli	a
Ahşap	Tek pencere	3,0
	Çift camlı pencere	2,5
	Çift pencere	2,0
Plastik çerçeve	Tek veya çift camlı pencere	2,0
Çelik veya metal çerçeve	Tek pencere	1,5
	Çift camlı pencere	1,5
	Çift pencere	1,2
İç kapılar	Eşiksiz kapılar	40,0
	Eşikli kapılar	15,0
Dış kapılar için pencere değerleri esas alınır		

Hava sızıntısı ısı kaybının hesabında iki farklı duvarda pencere varsa en geniş pencere alanı olan duvardaki pencereler göz önüne alınır. Bazı durumlarda mimari projeler üzerinden pencerelerin açılan kısımlarının çevre uzunluğunu belirleme olanağı olmaz. Böyle durumlarda yaklaşık olarak hesap yapma olanağı veren formül kullanılır.

Yapının şekli	Pencere veya Kapının yüksekliği- h(m)	$\omega=L/A$
Çeşitli yükseklikte 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
	1,50	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; ortama pencere aralıklarından odaya sızan ve iç kapılardan kaçan havaya karşı odanın gösterdiği direnci gösterir. Dış pencere alanının iç kapılar alanına olan oranına bağlı olarak Çizelge 4.9'dan seçilir. R katsayısının tam olarak hesabı olanaksızdır. Pratikte; normal boyutlarda pencere ve kapıları olan odalar için R=0,9; büyük pencereleri ancak bir tek iç kapısı olan odalar için ise R=0,7 değeri kullanılır.

Pencere cinsi	İç kapı	$\frac{A_{DP}}{A_{İK}}$ (Dış pencere alanı) / (İç kapı alanı)	R
Tahta veya plastik pencere	Aralıklı	<3	0,9
	Aralıksız	<1,5	
Çelik veya metal pencere	Aralıklı	<6	
	Aralıksız	<2,5	
Tahta veya plastik pencere	Aralıklı	3 ile 9	0,7
	Aralıksız	1,5 ile 3	
Çelik veya metal pencere	Aralıklı	6 ile 20	
	Aralıksız	2,5 ile 6	

Yapı durum katsayısı H ise; yapının yer aldığı bölgedeki çevresel yapılaşma ve rüzgar durumu ile ilgili bir katsayı olup, Çizelge 4.10'dan seçilir [5]. Yüksek yapılarda üst katlardaki rüzgar basıncı artacağından içeriye sızan hava miktarı da artar. Hava sızıntısındaki bu etkiyi göz önüne almak üzere H yapı durum katsayısı yüksekliğe bağlı bir katsayı ( $\epsilon$ ) ile çarpılır.

Bölgenin durumu	Yapının durumu	H Katsayısı	
		Bitişik Düzen	Ayrık Düzen
Normal Bölge	Korunaklı	0,279	0,396
	Serbest	0,477	0,675
	Çok serbest	0,700	0,977
Rüzgarlı Bölge	Korunaklı	0,477	0,675
	Serbest	0,700	0,977
	Çok serbest	0,950	1,314

NOT : Bir katta birden fazla dairesi olan veya birbiri ile bağlantısı olmayan oda gruplarını içeren yapılar bitişik düzen olarak kabul edilir Ayrık düzen ise bir ya da iki katlı villa türü yapıları tanımlar.

## Çizelge 4.11 H için artırım katsayısı $\epsilon$ (-)

Y(m)	5-10	15	20	25	30	35	40	45-50	55	60	65	70-75	80	85	90- 95	100
$\epsilon$	1,0	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,7	2,7	2,8

Y : Yerden yükseklik (m)

Kat yüksekliği 3m'den fazla olan ortamlarda ve dış kapısı doğrudan dış ortama açılan ortamlarda (dükkan, mağaza, banka vb.) hava sızıntısından farklı olarak doğrudan bir hava değişimi söz konusudur.

$$Q'_s = n \cdot \rho \cdot V \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (\text{W})$$

(4.5) ve (4.6) bağıntıları ile belirlenen  $Q_s$  ve değerlerinden büyük olanı proje hesaplarında göz önüne alınmalıdır.

- n : Hava değişim sayısı (kez/s) olup Çizelge 4.12'den alınır.
- $\rho$  : Dış havanın yoğunluğu ( $\text{kg/m}^3$ ) ( $0^\circ\text{C}$ 'ta  $1,293 \text{ kg/m}^3$ )
- V : Isıtılan ortamın hacmi ( $\text{m}^3$ ).
- $C_p$  : Havanın sabit basınçtaki özgül ısı ( $C_p=1000,521 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ ).
- $\Delta T$  : ( $T_i-T_d$ ) iç ve dış hava sıcaklıklar farkı ( $^\circ\text{C}$ ).

Ortamdaki Pencere ve Kapıların Durumu	n x 3600
Dışarıya bakan ya da açılan pencere ve dış kapı yok	0,75
Pencere ve kapılar sadece tek duvarda	1
Pencere ve kapılar iki duvarda da var	1,5
Pencere ve kapılar üç veya dört duvarda da var	2
Alışveriş yerleri	2

# TOPLAM ISI GEREKSİNİMİ

Isıtma yapılacak olan ortamlar için olan gerçek ısı gereksinimi değeri; artırımı ileletimsel ısı gereksinimi ( $Q_i$ ) ile hava sızıntısı ısı gereksinimi ( $Q_s$ ) değerlerinin toplanması ile belirlenir.

$$Q_h = Q_i + Q_s$$

## ISI GEREKSİNİMİ HESAPLAMA ÇİZELGESİNİN DOLDURULMASI

Yapılarda her bir ortam için olan ısı gereksiniminin belirlenmesi, Çizelge 4.14'te verilen ısı gereksinimi hesaplama çizelgesinin (IGHÇ) gerektiği gibi doldurulması ile yapılır. IGHÇ kurşun kalemle ve teknik yazı kurallarına uygun olarak doldurulmalıdır. Çizelgenin başlık kısmında yer alan kısımlara tesisin veya yapının adı, çizelgeye verilen sayfa numarası, ortamın bulunduğu kat numarası ve tarih yazılır. Çizelgenin doldurulacak olan ilk satırına, büyük harflerle hesabı yapılan ortam (oda) numarası ve adı, ortamın projelendirme sıcaklık değeri ve oda hacmi yazılmalıdır. Bu satırı izleyen satırlarda ortamda ısı kaybeden her bir yapı bileşeninden geçen artırımsız ısı değerleri hesaplanır.



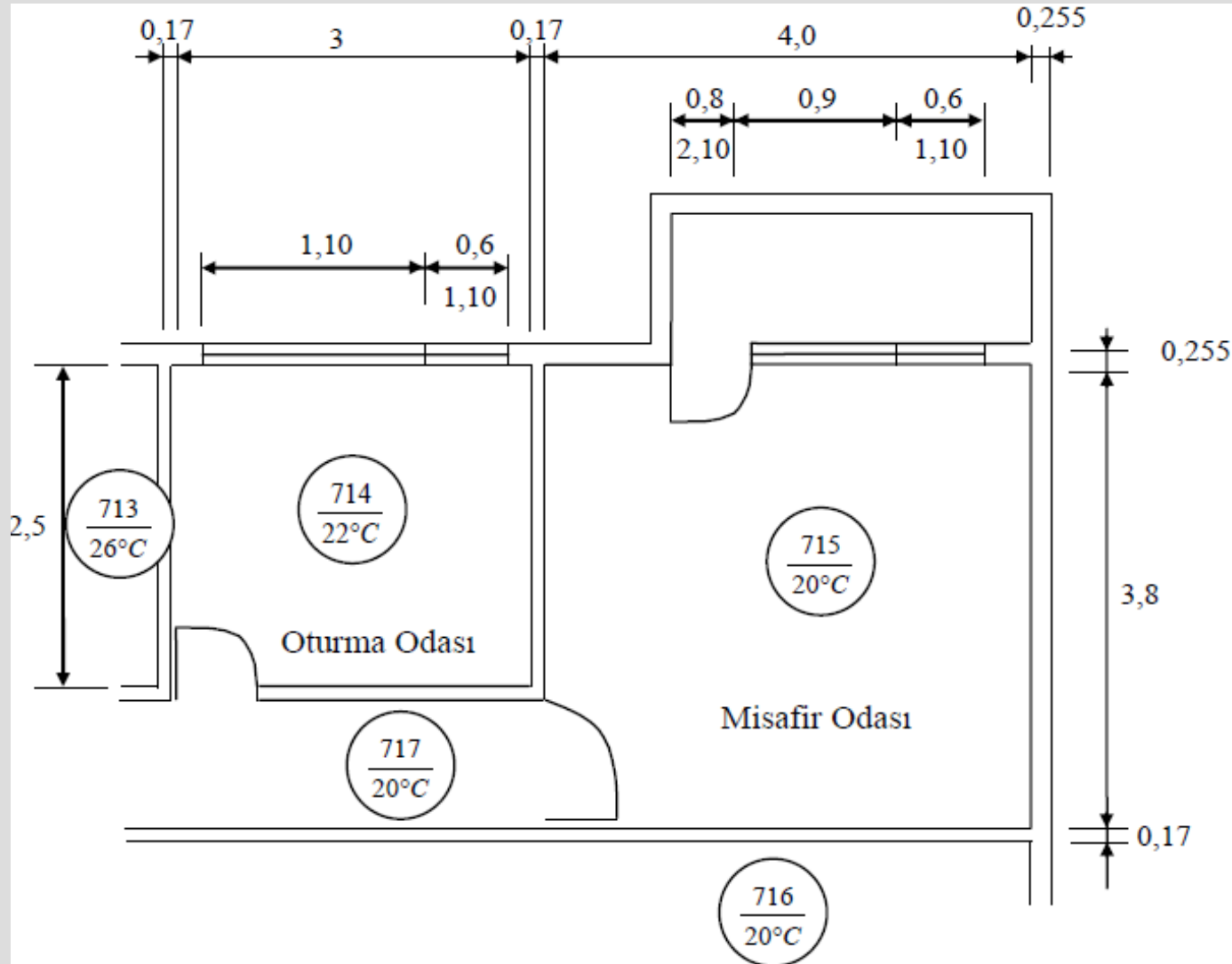
Çizelgenin işaret ve yön sütunlarına ilgili yapı bileşeninin ve bakmakta olduğu yönün simge gösterimi yazılır. Bu simgeler Çizelge 4.13'te verilen şekli ile kullanılmalıdır.

Yapı Bileşeni		Yapı Bileşeni-Yön	
Simgesi	Adı ve özelliği	Simgesi	Adı ve özelliği
<b>TP</b>	Tek pencere	<b>MİK</b>	Metal iç kapı
<b>ÇP</b>	Çift camlı pencere	<b>Dö</b>	Döşeme
<b>ATP</b>	Ahşap çerçeveli tek camlı pencere	<b>Ta</b>	Tavan
<b>MÇP</b>	Metal çerçeveli çift camlı pencere	<b>DD</b>	Dış duvar
<b>AP</b>	Tek camlı basit aydınlık penceresi	<b>İD</b>	İç duvar
<b>AÇ</b>	Çift camlı aydınlık penceresi	<b>Ç</b>	Çatı (dam)
<b>DK</b>	Dış kapı	<b>D</b>	Doğu
<b>ADK</b>	Ahşap dış kapı	<b>B</b>	Batı
<b>CDK</b>	Camlı dış kapı	<b>K</b>	Kuzey
<b>BK</b>	Balkon kapısı	<b>G</b>	Güney
<b>ABK</b>	Ahşap balkon kapısı	<b>GB</b>	Güneybatı
<b>MBK</b>	Metal balkon kapısı	<b>KB</b>	Kuzeybatı
<b>İK</b>	İç kapı	<b>KD</b>	Kuzeydoğu
<b>AİK</b>	Ahşap iç kapı	<b>GD</b>	Güneydoğu

Çizelge 4.14 Isı gereksinimi hesaplama çizelgesi

KTÜ Müh.-Mim. Fak. Makina Müh. Bölümü Termodinamik Anabilim Dalı			ISI GEREKSİNİMİ HESAPLAMA ÇİZELGESİ										Sayfa			
			Tesisin Adı : .....										Kat			
													Tarih			
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Artırmsız Isı Gereksinimi Hesabı				Artırımlar				Toplam Isı Gereksinimi
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Giren Alan	Toplam Isı Geçirme Katsayısı	Sıcaklık Farkı	Artırmsız Isı Gereksinimi	Birleşik	Kat Yükseklik	Yön	Toplam	
					$A_0$			$A$	$U$	$\Delta T$	$Q_0$	$Z_D$	$Z_W$	$Z_H$	$Z$	$Q_h=Q_i+Q_s$
		cm	m	m	m <sup>2</sup>	Ad.	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	K	W	%	%	%	1+....	W

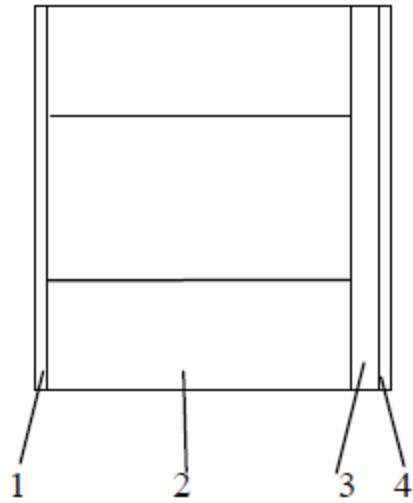
**Örnek 4.2** Dış sıcaklığı  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  olan bir yerde yapılması planlanan 10 katlı bir binanın, şekildeki yatay kat planında görülen 714 ve 715 nolu odalarının ısı gereksinimlerinin hesaplanması. (7. Kat, bitişik düzen ve çok serbest yapı, 1. İşletme)



**Veriler:**

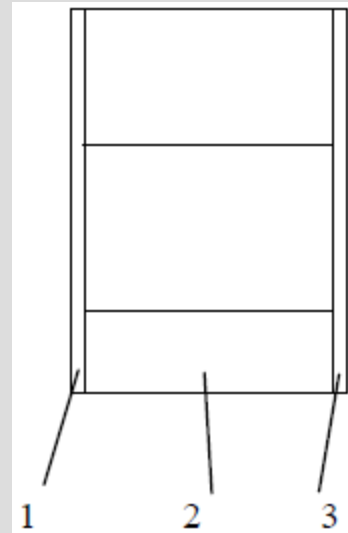
Pencereler, iç kapılar ve balkon kapısı ahşap basit ve tek camlı olup aralıksızdır, Bina bitişik düzen ve çok serbest, Kat yüksekliği 2.6m.

### Dış duvar detayı:



<u>Malzeme</u>	<u>Kalınlık (m)</u>	<u><math>\lambda_h</math> (W/mK)</u>
1. İç sıva	0,01	0,87
2. Gazbeton	0,2	0,22
3. Yalıtım	0,03	0,04
4. Dış sıva	0,015	0,87

### İç duvar detayı:



<u>Malzeme</u>	<u>Kalınlık (m)</u>	<u><math>\lambda_h</math> (W/mK)</u>
1. İç sıva	0,01	0,87
2. Gazbeton	0,15	0,22
3. İç sıva	0,01	0,87

### Çizelge değerlerinin seçilmesi:

Dış sıcaklık için  $T_d = -3 \text{ }^\circ\text{C}$  (Çizelge 4.1)

Ahşap pencere ve balkon kapısı için  $U_{TP} = 5,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $U_{BK} = 5,2 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Çizelge 2.1)

Birleştirilmiş artırım katsayısı  $Z_D = \%7$  (Çizelge 4.4-I.işletme)

Yön artırım katsayısı; 714 için (güney)  $Z_H = \%5$ ; 715 için (güneybatı)  $Z_H = \%5$  (Çizelge 4.5)

Yüksek katlar artırımı  $Z_w = \%10$  (Çizelge 4.6)

Hava sızdırma katsayısı  $a = 3,0$  (Çizelge 4.7)

Oda durum katsayısı; 714 için  $A_{DP}/A_{IK} = 1,87/1,68 = 1,1 \Rightarrow R = 0,9$

715 için  $(A_{DP} + A_{BK})/A_{IK} = 4,07/1,68 = 2,4 \Rightarrow R = 0,7$  (Çizelge 4.9)

Yapı durum katsayısı; bitişik düzen ve çok serbest yapı için;  $H = 0,700$  (Çizelge 4.10)

$7 \times 2,6 = 18,2 \text{ m}$  yüksekteki kat için  $\varepsilon$  artırım katsayısı;  $\varepsilon \cong 1,4$  (Çizelge 4.11)

Artırımı yapı durum katsayısı;  $H = 1,4 \times 0,700 \Rightarrow H = 0,98$

### Dış duvar için toplam ısı geçirme katsayısı hesabı:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_{h1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h2}} + \frac{d_3}{\lambda_{h3}} + \frac{d_4}{\lambda_{h4}} + \frac{1}{\alpha_d}$$

$$1/\alpha_i = 0,13 \text{ (Çizelge 2.2'den)}$$

$$1/\alpha_d = 0,04 \text{ (Çizelge 2.2'den)}$$

$$\frac{1}{U_{DD}} = 0,13 + \frac{0,01}{0,87} + \frac{0,2}{0,22} + \frac{0,03}{0,04} + \frac{0,015}{0,87} + 0,04$$

$$\Rightarrow U_{DD} = 0,538 \text{ W/m}^2\text{K}$$

### İç duvar için toplam ısı geçirme katsayısı hesabı:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_{h1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h2}} + \frac{d_3}{\lambda_{h3}} + \frac{1}{\alpha_i}$$

$$1/\alpha_i = 0,13 \text{ (Çizelge 2.2'den)}$$

$$\frac{1}{U_{ID}} = 0,13 + \frac{0,01}{0,87} + \frac{0,15}{0,22} + \frac{0,01}{0,87} + 0,13$$

$$\Rightarrow U_{ID} = 1,036 \text{ W/m}^2\text{K}$$

# Fuga uzunlukları hesabı:

714-oturma odası;

$$L = 2.(0,6+1,10) = 3,4m$$

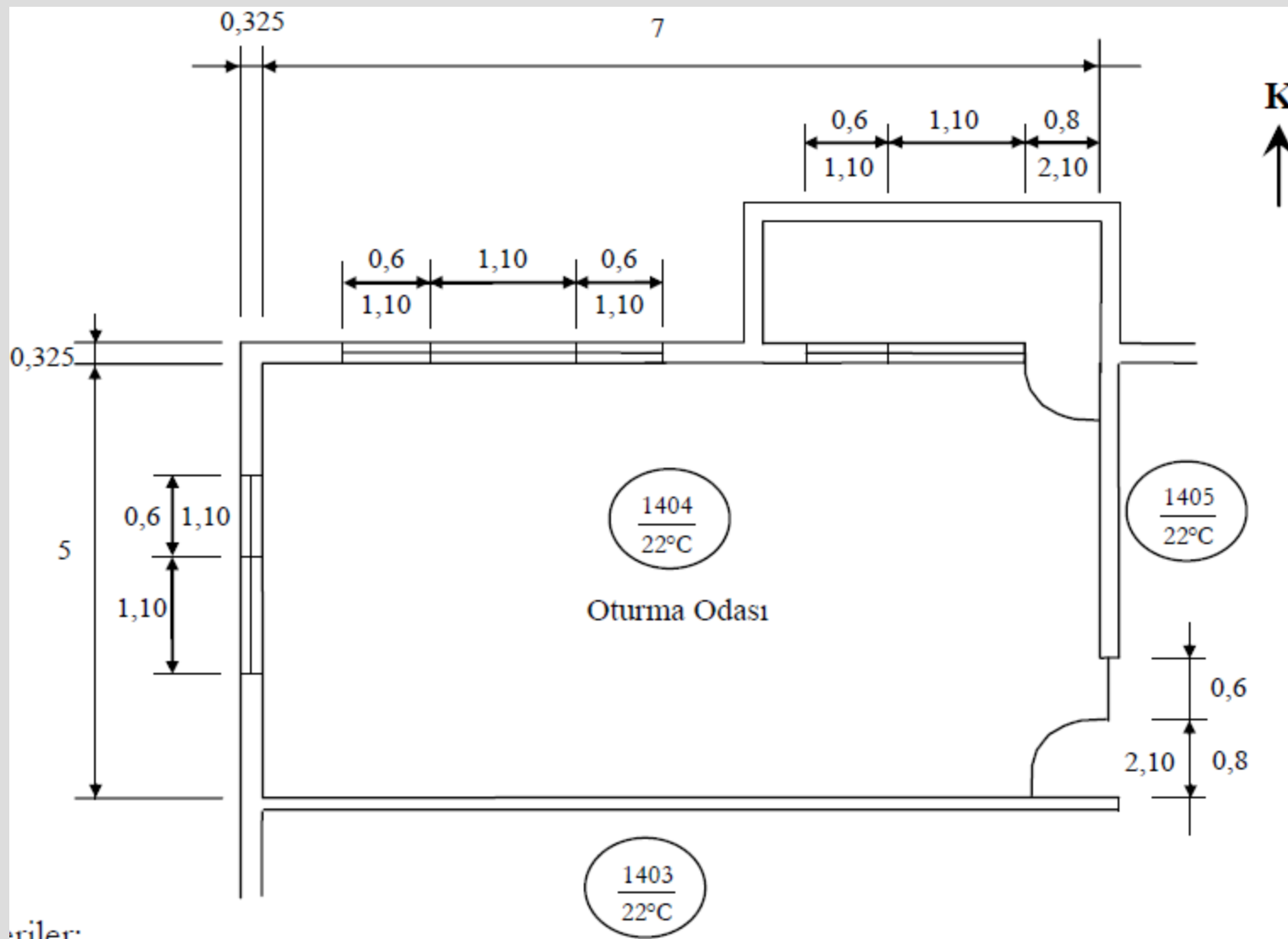
Tesisin. 715-yatak odası;

$$L = 2.(0,6+1,10) + 2.(0,8+2,10) = 9,2m$$

Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Artırmsız Isı Gereksinimi Hesabı					Artırımlar				Toplam Isı Gereksinimi
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Girilen Alan	Toplam Isı Geçirime Katsayısı	Sıcaklık Farkı	Artırmsız Isı Gereksinimi	Birleşik	Kat Yükseklik	Yön	Toplam	Toplam Isı Gereksinimi	
		cm	m	m	m <sup>2</sup>	Ad.	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	K	W	%	%	%	1+....	W	
<b>714 OTURMA ODASI, 22 °C, 19,5 m<sup>3</sup></b>																	
TP	G	-	1,7	1,1	1,87	1	-	1,87	5,2	25	243						
DD	G	25,5	3,0	2,6	7,8	1	1,87	5,93	0,538	25	80						
ID	B	17	2,5	2,6	6,5	1	-	6,5	1,036	2	13						
İK	K	-	0,8	2,1	1,68	1	-	1,68	5,2	2	17						
ID	K	17	3,0	2,6	7,8	1	1,68	6,12	1,036	2	13						
											366	7	10	-5	1,12	410	
$Q_s = \Sigma(a.L).R.H.\Delta T.Z_e = 3x3,4x0,98x25x1$																225	
																635	
<b>715 Misafir ODASI, 20 °C, 40 m<sup>3</sup></b>																	
TP	G	-	1,5	1,1	1,65	1	-	1,65	5,2	23	197						
BK	G	-	0,8	2,1	1,68	1	-	1,68	5,2	23	201						
DD	G	25,5	4,0	2,6	10,4	1	3,33	7,07	0,538	23	87						
DD	B	25,5	3,8	2,6	9,88	1	-	9,88	0,538	23	122						
											607	7	10	-5	1,12	680	
$Q_s = \Sigma(a.L).R.H.\Delta T.Z_e = 3x9,2x0,7x0,98x23x1$																435	
																1115	

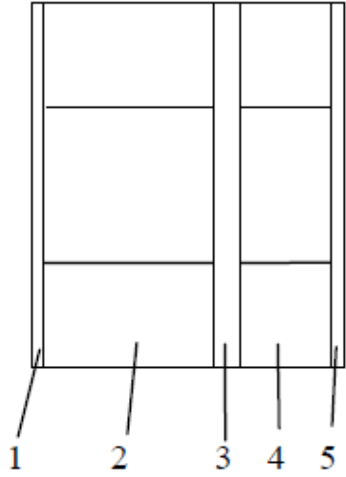
### Örnek 4.3

Afyon'da yapılması planlanan 14 katlı bir binanın, şekildeki yatay kat planında görülen 1404 nolu odasının ısı gereksiniminin hesaplanması.



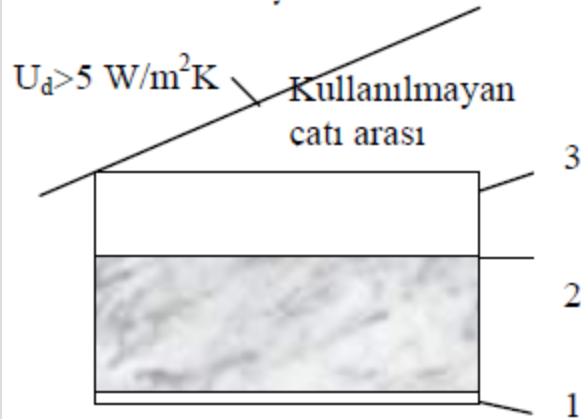
### Veriler:

- İç kapılar ahşap, pencereler ve balkon kapısı PVC basit ve tek camlı olup aralıksızdır.
- Bina bitişik düzen ve serbest,
- Kat yüksekliği 2.5m,
- Dış duvar detayı:



<u>Malzeme</u>	<u>Kalınlık (m)</u>	<u><math>\lambda_p</math> (W/mK)</u>
1. İç sıva	0,01	0,87
2. Beton	0,15	0,22
3. Yalıtım	0,05	0,04
4. Beton	0,1	0,22
5. Dış sıva	0,015	0,87

- Tavan detayı:



<u>Malzeme</u>	<u>Kalınlık (m)</u>	<u><math>\lambda_p</math> (W/mK)</u>
1. İç sıva	0,01	0,87
2. Beton	0,15	2,10
3. Yalıtım	0,1	0,052



Çizelge değerlerinin seçilmesi:

Afyon için  $T_a = -12$  °C R (Çizelge 4.1)

PVC pencere ve balkon kapısı için  $U_{TP} = 5,0$  W/m<sup>2</sup>K,  $U_{BK} = 5,0$  W/m<sup>2</sup>K (Çizelge 2.1)

$U_a > 5$  W/m<sup>2</sup>K ve  $T_a = -12$  °C için kullanılmayan çatı arası sıcaklığı -9 °C (Çizelge 4.3)

Birleştirilmiş artırım katsayısı  $Z_D = \%7$  (Çizelge 4.4-İşletme)

Yön artırım katsayısı;  $Z_H = \%5$  (kuzeybatı) (Çizelge 4.5)

Yüksek katlar artırımı  $Z_w = \%20$  (Çizelge 4.6)

Hava sızdırma katsayısı  $a = 2,0$  (Çizelge 4.7)

Oda durum katsayısı;  $A_{DP}/A_{İK} = 7,95/2,94 = 2,7 \Rightarrow R = 0,7$  (Çizelge 4.9)

Yapı durum katsayısı; rüzgarlı bölgede bitişik düzen ve serbest yapı için;  $H = 0,700$  (Çizelge 4.10)

14x2,5=35 m yüksekteki kat için  $\varepsilon$  artırım katsayısı;  $\varepsilon \approx 1,7$  (Çizelge 4.11)

Artırılmış yapı durum katsayısı;  $H = 1,7 \times 0,700 \Rightarrow H = 1,19$

### Dış duvar için toplam ısı geçirme katsayısı hesabı:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_{h1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h2}} + \frac{d_3}{\lambda_{h3}} + \frac{d_4}{\lambda_{h4}} + \frac{d_5}{\lambda_{h5}} + \frac{1}{\alpha_d}$$

$$1/\alpha_i = 0,13 \text{ (Çizelge 2.2'den)}$$

$$1/\alpha_d = 0,04 \text{ (Çizelge 2.2'den)}$$

$$\frac{1}{U_{DD}} = 0,13 + \frac{0,01}{0,87} + \frac{0,15}{0,22} + \frac{0,05}{0,04} + \frac{0,1}{0,22} + \frac{0,015}{0,87} + 0,04$$

$$\Rightarrow U_{DD} = 0,387 \text{ W/m}^2\text{K}$$

### Fuga uzunluğu hesabı:

Kuzeye bakan duvardaki pencere alanları fazla olduğundan buradaki pencereler esas alınır.

$$L_1 = 2 \cdot (0,6 + 1,10) + 2 \cdot (0,6 + 1,10) = 6,8 \text{ m}$$

$$L_2 = 2 \cdot (0,6 + 1,10) + 2 \cdot (0,8 + 2,10) = 9,2 \text{ m}$$

$$L_{\text{toplam}} = L_1 + L_2 = 16,0 \text{ m}$$

### Tavan için toplam ısı geçirme katsayısı hesabı:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_{h1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h2}} + \frac{d_3}{\lambda_{h3}} + \frac{1}{\alpha_d}$$

$$1/\alpha_i = 0,13 \text{ (Çizelge 2.2'den)}$$

$$1/\alpha_d = 0,08 \text{ (Çizelge 2.2'den)}$$

$$\frac{1}{U_{Ta}} = 0,13 + \frac{0,01}{0,87} + \frac{0,15}{2,1} + \frac{0,1}{0,052} + 0,08 \Rightarrow U_{Ta} = 0,451 \text{ W/m}^2\text{K}$$

## ISI GEREKSİNİMİ HESAPLAMA ÇİZELGESİ

Tesisin Adı :....*Örnek 4.3*

Sayfa

24

Kat

14

Tarih

05.09.2003

Yapı Bileşeni			Alan Hesabı					Artırımsız Isı Gereksinimi Hesabı					Artırımlar				Toplam Isı Gereksinimi	
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Giren Alan	Toplam Isı Geçirme Katsayısı	Sıcaklık Farkı	Artırımsız Isı Gereksinimi	Birleşik	Kat Yükseklik	Yön	Toplam	$Q_h = Q_i + Q_s$		
		cm	m	m	m <sup>2</sup>	Ad.	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	K	W	%	%	%	1+....			W
<i>1404 OTURMA ODASI, 22 °C, 87,5 m<sup>3</sup></i>																		
TP	K	-	2,3	1,1	2,53	1	-	2,53	5,0	34	430							
TP	K	-	1,7	1,1	1,87	1	-	1,87	5,0	34	318							
BK	K	-	0,8	2,1	1,68	1	-	1,68	5,0	34	286							
DD	K	32,5	7	2,5	17,5	1	6,08	11,42	0,387	34	150							
TP	B	-	1,7	1,1	1,87	1	-	1,87	5,0	34	318							
DD	B	32,5	5	2,5	12,5	1	1,87	10,63	0,387	34	140							
Ta	-	26	7,0	5	35	1	-	35	0,451	31	489							
											2131	7	20	5	1,32	2813		
$Q_s = \Sigma(a.L).R.H.\Delta T.Z_e = 2x16x0,7x1,19x34x1.2$																		
1088																		
3901																		

Sadece bir dış duvarında pencere bulunan ( $Z_e=1$ ) bir ortamdaki otomatik ısıtıcının, değişken dış sıcaklığa rağmen iç ortamın sıcaklığını sürekli olarak 22 °C değerinde tutacak şekilde ortama ısı sağlaması istenmektedir. Bu amaçla; dış sıcaklık değerine bağlı olarak ortamın gereksinim duyacağı ısıyı sağlayacak olan ısıtıcının otomatik kontrol sisteminin, çalışması için gereken  $Q_h=f(T_d)$  bağıntısının elde edilmesi.

#### Veriler:

- $Z_{top} = \%12$ ,  $R=0,9$ ,  $H=0,477$
- Pencere ve balkon kapısı için  $U=2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $A=4,1 \text{ m}^2$ ,  $a=2$ ,  $L=8,6 \text{ m}$
- Dış duvar için  $U = 0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $A=7,4 \text{ m}^2$

#### Ortam için ısı gereksinimine ait ifade

$$Q_h = Q_i + Q_s = (1 + Z_{top}) \sum U.A.(T_i - T_d) + \sum (aL).R.H.(T_i - T_d).Z_e$$

$$Q_h = T_i(1 + Z_{top}) \sum U.A - T_d(1 + Z_{top}) \sum U.A + T_i \sum (aL).R.H.Z_e - T_d \sum (aL).R.H.Z_e$$

$$Q_h = T_i[(1 + Z_{top}) \sum U.A + \sum (aL).R.H.Z_e] - T_d[(1 + Z_{top}) \sum U.A + T_i \sum (aL).R.H.Z_e]$$

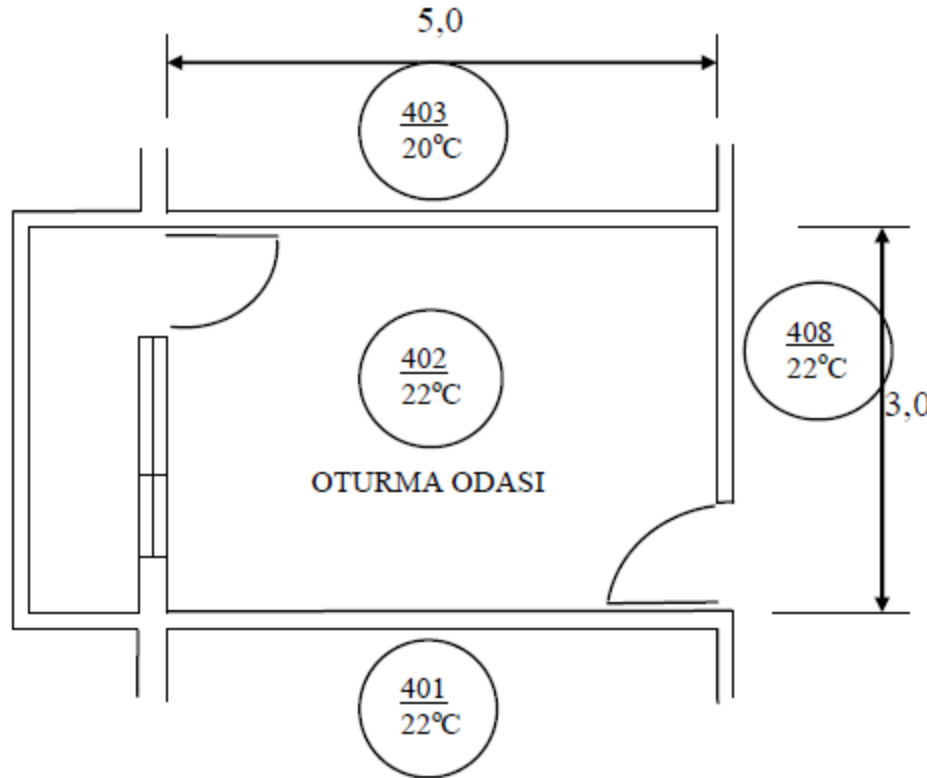
olarak ifade edilir. Bu ifade içerisinde yer alan her bir toplam terimini hesaplamal üzere bir tablo oluşturulursa

Yapı Bileşeni	$1+Z_{top}$	U	A	$(1 + Z_{top})UA$	a	L	$aLRHZ_e$
Pencere+balkon kapısı	1,12	2,6	4,1	11,94	2	8,6	7,38
Dış duvar	1,12	0,75	7,4	6,22	-	-	-
$\Sigma$				18,16			7,38

$$Q_h = 561,88 - 25,54T_d \quad (\text{W})$$

$$Q_h = 22[18,16 + 7,38] - T_d[18,16 + 7,38]$$

Şekildeki yatay kat planında görülen 402 nolu oda, Erzurum'da bulunan bir yapıya aittir. Bu ortam için yapılmış olan ısı gereksinimi hesabı ile elde edilmiş olan 1130 W değeri, çeşitli nedenlerle hatalı hesaplanmış ve bu değere göre de ortam için ısıtıcı seçimi yapılmıştır. Seçilen bu ısıtıcının; ortamın 22 °C olması gereken iç ortam sıcaklığını, Erzurum için projelendirme dış sıcaklık değerinde en fazla hangi değere kadar çıkartabileceğinin hesaplanması.



#### Veriler:

- Kat yüksekliği 2,5m
- $T_d = -21$  °C,  $Z_{top} = \%22$ ,
- $R=0,9$ ,  $H=0,950$
- Pencere ve balkon kapısı için  $U=2,6$  W/m<sup>2</sup>K,  $A=5,1$  m<sup>2</sup>,  $a=2$ ,  $L=9,0$  m
- Dış duvar için  $U = 0,55$  W/m<sup>2</sup>K
- İç duvar için  $U = 0,82$  W/m<sup>2</sup>K

Ortam için ısı gereksinimine ait ifadeden yola çıkılarak

$$Q_h = Q_i + Q_s = (1 + Z_{top}) \sum U.A.(T_i - T_d) + \sum (aL).R.H.(T_i - T_d).Z_e$$

$$Q_h = T_i(1 + Z_{top}) \sum U.A - T_d(1 + Z_{top}) \sum U.A + T_i \sum (aL).R.H.Z_e - T_d \sum (aL).R.H.Z_e$$

$$T_i = \frac{Q_h + T_d.(1 + Z_{top}) \sum U.A + T_d.\sum (aL).R.H.Z_e}{(1 + Z_{top}) \sum U.A + \sum (aL).R.H.Z_e}$$

olarak ortam sıcaklığı ifadesi edilir. Bu ifade içerisinde yer alan her bir toplam terimini hesaplamak üzere bir tablo oluşturulursa

Yapı Bileşeni	U	A	T <sub>d</sub>	(1+Z <sub>top</sub> )UA	T <sub>d</sub> (1+Z <sub>top</sub> )UA	a	L	a.L.R.H.Z <sub>e</sub>	T <sub>d</sub> .a.L.R.H.Z <sub>e</sub>
TP+BK	2,6	5,1	-21	16,18	-339,72	2	9	15,39	-323,19
DD	0,55	2,4	-21	1,61	-33,81	-	-	-	-
İD	0,82	12,5	20	12,51	250,2	-	-	-	-
Σ				30,3	-123,33			15,39	-323,19

$$T_i = \frac{1130 - 123,33 - 323,19}{30,3 + 15,39}$$

$$T_i = 14,96 \text{ } ^\circ\text{C}$$

# Özet

- Yapılar
- Yapı Bileşenlerinde Isı Geçişi
  - ✓ Duvarda Isı Geçişi Hesabı
  - ✓ Yüzey Sıcaklıklarının Hesaplanması
- Yapı Bileşenlerinde Buhar Geçişi
  - ✓ Buhar Geçişi Hesabı