

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

**Bölüm 3**  
**BİNALARDA ISI YALITIM**  
**KURALLARI (TS 825)**

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

**Teknoloji Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü**

# AMAÇ VE KAPSAM

- Binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarını sınırlamak, dolayısıyla enerji tasarrufunu arttırmak ve ısıtma enerjisi gereksiniminin hesaplanması sırasında kullanılacak standart hesap yöntemini ve tablo değerlerini belirlemektir.
- Konut, büro, tiyatro, kongre ve konser salonu, eğitim yapısı, hastane, alışveriş merkezi gibi yeni inşa edilecek binalarda ve mevcut binaların oturma alanının en az %15'i oranında yapılacak onarımlarda, onarılan bölümün ısıtma enerjisi gereksiniminin hesaplanması kurallarını ve izin verilebilecek en yüksek ısı kaybı değerlerini veren TS 825, pasif güneş enerjisi sitemlerini içeren binalarda kullanılamaz.
- Bu hesap yöntemi kararlı (daimi) durum için denge denklemlerini kullanmakla birlikte, dış ortam sıcaklık değişimleri ve güneş enerjisi kazançlarının dinamik etkilerini de dikkate almaktadır.
- TS 825 ayrıca, yapı bileşenleri içerisindeki buhar geçişi ve yoğuşma riski konusunda da sınırlama getirmektedir. Yapı bileşenlerinde yoğuşma sonucu su birikiminin olup olmayacağı verilen bir hesap yöntemi ile belirlenerek, verilen sınır değerleri aşmayacak şekilde projelendirme yapılması da zorunlu kılınmaktadır.

## Standartta verilen hesaplama yönteminde kullanılan büyüklüklere ilişkin tanımlar:

- **Aylık Isıtma Enerjisi Gereksinimi ( $Q_{i,ay}$ ):** Isıtma sisteminden ısıtılan ortama bir ay içerisinde verilmesi gereken ısı enerjisi miktarıdır. Birimi Joule'dür.
- **Yıllık Isıtma Enerjisi Gereksinimi ( $Q_{i,yıl}$ ):** Isıtma sisteminden ısıtılan ortama bir yıl içerisinde verilmesi gereken ısı enerjisi miktarıdır. Birimi J'dur.
- **Binanın Özgül Isı Kaybı ( $H$ ):** İç ve dış ortamlar arasında 1 K sıcaklık farkı olması durumunda binanın dış kabuğundan iletim ve havalandırma ile birim zamanda kaybedilen ısı enerjisi miktarıdır. Birimi W/K'dir.
- **Aylık Ortalama Dış Sıcaklık ( $T_d$ ):** Dış sıcaklık aylık ortalama değeridir. Birimi °C'dir.
- **Aylık Ortalama İç Sıcaklık ( $T_i$ ):** İç sıcaklığın aylık ortalama değeridir. Birimi °C'dir.
- **Binanın İç Isı Kazançları ( $\phi_i$ ):** Binanın ısıtma sisteminin dışında, ısıtılan ortam içerisinde bulunan ısı kaynaklarından, ısıtılan ortama birim zamanda yayılan ısı enerjisi miktarıdır. Birimi W'dir.

- **Güneş Enerjisi Kazançları ( $\phi_g$ ):** Isıtılan ortama birim zamanda doğrudan ulaşan güneş enerjisi miktarıdır. Birimi W'dır.
- **Isı Kazancı Kullanım Faktörü ( $\eta$ ):** İç ısı kazançlarının ve güneş enerjisi kazancının toplamının ortamın ısıtılmasına olan katkı oranıdır. Birimsizdir.
- **Bina Kullanım Alanı ( $A_n$ ):** Binanın net kullanım alanıdır. Birimi m<sup>2</sup>'dir.
- **Binanın Brüt Hacmi ( $V_{brüt}$ ):** Binayı çevreleyen dış kabuğun ölçülerine göre hesaplanan hacimdir. Birimi m<sup>3</sup>'dür.
- **Binanın Isı Kaybeden Yüzeylerinin Toplam Alanı ( $A_{top}$ ):** Dış duvar, tavan, taban/döşeme, pencere, kapı vb. yapı bileşenlerinin ısı kaybeden yüzey alanlarının toplamı olup, dış ölçülere göre hesaplanır. Birimi m<sup>2</sup>'dir.
- **$A_{top}/V_{brüt}$  Oranı:** Isı kaybeden toplam yüzeyin ( $A_{top}$ ), ısıtılmış yapı hacmine ( $V_{brüt}$ ) oranıdır. m'dir.

# Tek Bölge İçin Yıllık Isıtma Enerjisi Gereksinimi Hesabı

- Yeterince ısı yalıtımı sağlanmış bir binada, ısıtma döneminde, iç ortamda belli bir iç ortam sıcaklığı ( $T_i$ ) sağlamak için gerekli olan ısı enerjisinin bir kısmı iç kaynaklardan ve güneş enerjisinden sağlanır. Kalan miktarın ısıtma sistemi tarafından iç ortama verilmesi gerekir.
- Yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi olarak tanımlanan bu miktar, bütün aylar için, toplam kayıplardan güneş enerjisi kazançları ve iç kazançların çıkartılması ile elde edilen değerlerin toplanması ile hesaplanır.
- Isıtılan ortamın sınırları, bu ortamı dış ortamdan ve eğer varsa ısıtılmayan ortamlardan ayıran duvar, döşeme, çatı, kapı ve pencereden oluşur. Hesaplamalarda dıştan dışa ölçüler kullanılır.
- Eğer binanın tamamı aynı sıcaklığa kadar ısıtılacaksa veya ortamlar arasındaki sıcaklık farkı 4 K'dan daha az ise, binanın tamamı tek bölge olarak ele alınır. Aksi halde birden fazla bölge söz konusu olur ve farklı ısıtma bölgelerinin sınırları belirlenerek hesaplar yapılmalıdır.

## Tek bölge için yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi hesabı

$$Q_{y1} = \sum Q_{ay}$$

$$Q_{ay} = \left[ H(T_i - T_d) - \eta_{ay} (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay}) \right] t$$

Isıtma enerjisi her ay için ayrı ayrı hesaplanır. Burada  $\eta_{ay}$ , kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü, t ise s olarak zamandır. Saniye olarak bir ay:  $86400 \times 30 = 2592000$  s.'dir. Denklemdaki köşeli parantez içerisindeki ifadenin pozitif olduğu aylar için göz önüne alınır. Diğer bir deyişle, enerji kazançlarının ısı kayıplarından daha fazla olduğu aylar için ısıtma enerjisi gereksinimi hesaba girmez.

$$H = H_i + H_h$$

Binanın özgül ısı kaybı H; iletim ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıplarının toplanması ile bulunur.

$$H_i = \sum A.U + I.U_1$$

$$\sum AU = U_D A_D + U_P A_P + 0,8 U_T A_T + 0,5 U_t A_t + U_d A_d + 0,5 U_{ds1c} A_{ds1c}$$

U; yapı bileşenlerinin toplam ısı geçirme katsayısı, A yüzey alanını ifade eder. Denklemdaki D indisi dış duvarı, P indisi pencereyi, T indisi tavanı, t indisi zemine oturan taban/döşemeyi, d indisi dış hava ile temas eden taban/döşemeyi, ds1c indisi ise düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı bileşenini göstermek üzere kullanılmıştır. Denklemden yer alan  $I.U_1$  terimi ise yapı elemanını çevreleyen yapı bileşenleri içerisindeki ısı köprülerinden iletilen ısıyı göstermektedir. Burada I; ısı köprüsü uzunluğunu (m),  $U_1$  ise ısı köprüsünün doğrusal ısı geçirme katsayısını (W/mK) göstermektedir.

## Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı

$$H_h = \rho c V' = 0,33 n_h V_h$$

$$\rho c / 3600 = 1,184 \times 1006 / 3600 = 0,33 \text{ Wh} / \text{m}^3 \text{ K}$$

$\rho$  havanın yoğunluğunu ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ),  $c$  havanın özgül ısısı ( $\text{J}/\text{kgK}$ ),  $V'$  hacimsel hava değişim debisi ( $\text{m}^3/\text{h}$ ),  $n_h$  hava değişim sayısı ( $\text{h}^{-1}$ ),  $V_h$  havalandırılan hacimi ( $V_h = 0,8 V_{\text{brüt}}$ ) ( $\text{m}^3$ ). Bilindiği gibi  $\rho$  ve  $c$  sıcaklık ve basınca bağlı olarak az da olsa değişir. Burada alınan değerler  $20^\circ\text{C}$  ve  $100 \text{ kPa}$  için içindir. Binada doğal havalandırma söz konusu ise uygunluk belgesine sahip pencere kullanılması durumunda  $n_h = 1 \cdot \text{h}^{-1}$ , diğer pencere sistemleri için  $n_h = 2 \cdot \text{h}^{-1}$  olarak alınır.

$$V' = V_f + V_x$$

Eğer mekanik havalandırma varsa, toplam hacimsel hava değişim sayısı

$$V_x = \frac{V_h \cdot n_{50} \cdot e}{1 + \frac{f}{e} \left[ \frac{V_s - V_E}{V_h \cdot n_{50}} \right]^2}$$

$V_f$ ; sistem fanları çalışırken fanlardaki ortalama hacimsel hava debisi ( $\text{m}^3/\text{h}$ ),  $V_x$  ise; rüzgar etkisi ile oluşan ilave hacimsel hava değişim debisidir ( $\text{m}^3/\text{h}$ ). Sistem sürekli ve kararlı halde çalışıyorsa  $V_f$  debisi, hava giriş debisi ( $V_s$ ) ile çıkış debisinden ( $V_E$ ) büyük olanına eşit alınır.

$V_h$  havalandırılan hacim ( $\text{m}^3$ ),  $n_{50}$  iç ve dış ortamlar arasında  $50 \text{ Pa}$  basınç farkı varken hava değişim sayısı,  $f$  binada dış ortama açık bir yüzey varsa  $15$ , birden fazla yüzey varsa  $20$  alınan bir sabit,  $e$  Tablodan alınan bir katsayı,  $V_s$  hava giriş debisi ( $\text{m}^3/\text{h}$ ),  $V_E$  hava çıkış debisidir ( $\text{m}^3/\text{h}$ ).

## Bina sınıfı ve e değeri tablosu

Bina Sınıfı	“e” değeri	
	Birden Fazla Dışa Açık Yüzey	Dışa Açık Bir Yüzey
Açık alandaki binalar veya şehir içindeki 10 kattan daha yüksek binalar	0,10	0,03
Kırsal alandaki binalar	0,07	0,02
Şehir merkezindeki 10 kattan daha az katlı binalar	0,04	0,01

Binadaki havalandırma sistemi zaman zaman kapatılıyorsa hacimsel hava değişim debisi

$$V' = V_0(1 - \beta) + (V_f + V_x)\beta$$

$V_0$  fanların çalışmadığı durum için hacimsel hava değişim debisi,  $\beta$  fanların çalıştığı zaman oranıdır. Havalandırma sistemi farklı  $V_f$ 'ler için tasarlanmışsa,  $V_f$  için ortalama değer kullanılır.

Mekanik havalandırma sistemi dışarıya atılan havanın enerjisini kullanan bir ısı geri kazanım sistemine sahipse, havalandırma ile meydana gelecek ısı kayıplarının hesaplanmasında bir azaltma faktörünün kullanılması gerekir. Bu durumda hacimsel hava değişim debisi

$\eta_v$  havadan havaya ısı geri kazanım sisteminin verimi

$$V' = V_f(1 - \eta_v) + V_x$$



- **Aylık ortalama iç kazançlar** ( $\phi_{i,ay}$ ) insandan, sıcak su sisteminden, yemek pişirmeden, aydınlatma sisteminden ve çeşitli elektrikli cihazlardan kaynaklanan ısı enerjisini kapsamaktadır.  $\phi_{i,ay}$ 'ın seçiminde konutlar, okullar ve normal donanımlı binalar ile yemek fabrikaları ve normalin üstünde elektrikli cihaz çalıştıran binalar için bir ayırım yapılır.

Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı binalarda .....  $\phi_{i,ay} \leq 5 \times A_n$  (W)  
 Yüksek iç enerji kazançlı binalarda .....  $\phi_{i,ay} \leq 10 \times A_n$  (W)

- Güneş enerjisi kazançları, pencereden sağlanan doğrudan güneş ışınımının hesaplanması ile belirlenir. **Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı**  $\phi_{g,ay}$

$$\phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} g_{i,ay} I_{i,ay} A_i$$

$r_{i,ay}$  i yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörüdür

- Binanın bulunduğu bölge için hesaplanmış bir değer yoksa,  $r_{i,ay}$ 'ın ısıtma periyodu boyunca sabit kaldığı kabul edilir ve binanın bulunduğu yerleşim bölgesinin özelliğine göre dir.

Ayrık ve az katlı (3 kata kadar) binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri için.....	$r_{i,ay} = 0,8$
Ağaçlardan kaynaklanan gölgelenme varsa.....	$r_{i,ay} = 0,6$
Bitişik düzen ve/veya çok katlı binalı bölge için.....	$r_{i,ay} = 0,5$

i yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü

$$g_{i,ay} = 0,80g_{\perp}$$

$g_{\perp}$  laboratuvar koşullarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörüdür. Ölçü değerinin olmaması durumunda  $g_{\perp}$  :

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.....	$g_{\perp} = 0,5$

$I_{i,ay}$ , i yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti ( $\text{W/m}^2$ ) olup tablodan alınır. Denklemden yer alan son terim  $A_i$  i yönündeki toplam pencere alanını ( $\text{m}^2$ ) göstermektedir.

### Aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti tablosu ( $I_{i,ay} \text{ W/m}^2$ )

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
I güney	72	84	95	83	92	95	93	93	89	82	67	64
I kuzey	26	37	52	66	79	83	81	73	57	40	27	22
I batı/doğu	43	57	77	90	114	122	118	106	81	59	41	37

- İç kazançlar ve güneş enerjisi kazançlarının toplamının, ısıtma enerjisi gereksiniminin azaltılması açısından yararlı enerji olarak kabul edilmesi her zaman uygun olmaz.
- Çünkü ısı kazançlarının yüksek olduğu sürelerde, kazançlar anlık kayıplardan fazla olabilir veya kazançlar ısıtmanın gerekmediği zamanlara denk düşebilir. Bu nedenle iç kazanç ve güneş enerjisi kazancı toplamı, aylık ortalama kazanç kullanım faktörü ( $\eta_{ay}$ ) adı verilen bir yararlanma faktörü ile azaltılır. Temel ısıtma hesabı denkleminde yer alan  $\eta_{ay}$

$$\eta_{ay} = 1 - e^{-1/KKO_{ay}}$$

**$KKO_{ay}$  kazanç/kayıp oranıdır.**

$$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay}) / H(T_{i,ay} - T_{d,ay})$$

$T_{i,ay}$  aylık ortalama iç ortam sıcaklığı olup konutlar için  $19^{\circ}\text{C}$  alınır.  $T_{d,ay}$  aylık ortalama dış hava sıcaklığı olup, tabloda verilmiş olan yerleşim merkezlerinin bulunduğu derece gün bölgesine göre, Tablodan seçilir.  $KKO_{ay}$  oranı 2,5 ve üzerinde olarak hesaplanırsa o ay için ısı kaybının olmadığı varsayılır.

## İllere göre derece gün bölgeleri

### 1. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ

ADANA	AYDIN	İÇEL	OSMANİYE
ANTALYA	HATAY	İZMİR	
İli 2. Bölgede olup da 1. Bölgede olan Belediyeler			
AYVALIK (Balıkesir)	DALAMAN (Muğla)	FETHİYE (Muğla)	MARMARİS (Muğla)
BODRUM (Muğla)	DATÇA (Muğla)	KÖYCEĞİZ (Muğla)	MİLAS (Muğla)
GÖKOVA (Muğla)			

### 2. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ

ADAPAZARI	ÇANAKKALE	KAHRAMANMARAŞ	RİZE	TRABZON
ADİYAMAN	DENİZLİ	KİLİS	SAMSUN	YALOVA
AMASYA	DİYARBAKIR	KOCAELİ	SİİRT	ZONGULDAK
BALIKESİR	EDİRNE	MANİSA	SİNOP	DÜZCE
BARTIN	GAZİANTEP	MARDİN	ŞANLIURFA	
BATMAN	GİRESUN	MUĞLA	ŞIRNAK	
BURSA	İSTANBUL	ORDU	TEKİRDAĞ	

İli 3. Bölgede olup da kendisi 2. Bölgede olan Belediyeler

HOPA (Artvin) ARHAVİ (Artvin)

İli 4. bölgede olup da kendisi 2. Bölgede olan Belediyeler

ABANA (Kastamonu) BOZKURT (Kastamonu) ÇATALZEYTİN (Kastamonu)

İNEBOLU (Kastamonu) CİDE (Kastamonu) DOĞANYURT (Kastamonu)

### 3. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ

AFYON

BURDUR

KARABÜK

MALATYA

AKSARAY

ÇANKIRI

KARAMAN

NEVŞEHİR

ANKARA

ÇORUM

KIRIKKALE

NİĞDE

ARTVİN

ELAZIĞ

KIRKLARELİ

TOKAT

BİLECİK

ESKİŞEHİR

KIRŞEHİR

TUNCELİ

BİNGÖL

İĞDIR

KONYA

UŞAK

BOLU

ISPARTA

KÜTAHYA

İli 1. Bölgede olupda kendisi 3. Bölgede olan Belediyeler

POZANTI (Adana)

KORKUTELİ (Antalya)

İli 2. Bölgede olupda kendisi 3. Bölgede olan belediyeler

MERZİFON (Amasya)

DURSUNBEY (Balıkesir)

ULUS (Bartın)

İli 4. Bölgede olupda kendisi 3. Bölgede olan belediyeler

TOSYA (Kastamonu)

### 4. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ

AĞRI

ERZURUM

KAYSERİ

ARDAHAN

GÜMÜŞHANE

MUŞ

BAYBURT

HAKKARİ

SİVAS

BİTLİS ERZİNCAN

KASTAMONU

İli 2. Bölgede olupda kendisi 4. Bölgede olan belediyeler

KELES (Bursa)

ŞEBİNKARAHİSAR (Giresun)

ELBİSTAN (K.Maraş)

MESUDİYE (Ordu)

ULUDAĞ (Bursa)

AFŞİN (K.Maraş)

GÖKSUN (K.Maraş)

İli 3. Bölgede olupda kendisi 4. Bölgede olan belediyeler

KIĞI (Bingöl)

PÜLÜMÜR (Tunceli)

SOLHAN (Bingöl)

## Derece gün bölgesine göre aylık ortalama dış sıcaklık değerleri ( $T_{d,ay}$ °C)

	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge
OCAK	8,0	3,3	1,3	-5,2
ŞUBAT	9,3	4,5	2,0	-4,1
MART	11,5	7,2	5,0	-1,3
NİSAN	15,7	12,6	9,8	5,1
MAYIS	20,6	17,8	14,1	10,1
HAZİRAN	25,4	21,9	18,1	13,5
TEMMUZ	28,0	24,4	21,1	17,2
AĞUSTOS	27,2	23,8	20,6	17,2
EYLÜL	23,3	19,6	16,5	13,2
EKİM	18,1	14,1	11,3	6,9
KASIM	13,3	9,1	6,5	1,3
ARALIK	9,4	4,9	2,6	-3,0

# Birden Fazla Bölge İçin Yıllık Isıtma Enerjisi Hesabı

- Binadaki birimler içerisinde sıcaklık farkı 4 K'den büyük ortamlar var ise; birden fazla bölge söz konusudur. Bu durumda, farklı ısıtma bölgelerinin sınırları belirlenir ve hesaplar aşağıda verilen esaslardan birine göre yapılır.
- **İç sıcaklık  $T_i$ :** binadaki ortalama sıcaklık olarak alınır ve tek bölgeli hesap yöntemi uygulanır. Ortalama sıcaklık hesabında, tavan yüksekliği 3 m ve altında ise döşeme alanı ağırlıklı, 3 m'den büyükse hacim ağırlıklı ortalama değer kullanılmalıdır.
- **Tek bölgeli hesap yöntemi:** farklı sıcaklıklardaki her bölge için ayrı ayrı uygulanmalı ve her bölgedeki ısıtma enerjisi ihtiyacı toplanmalıdır.

# Hesaplama Raporu

- TS 825'te amaçlanan; binaların enerji verimliliklerini arttırmak, uzun ömürlü ve sağladığı enerji tasarrufu kalıcı olacak şekilde binalarda ısı yalıtımını sağlamaktır.
- Bu yönde, sektörde mevcut yalıtım malzemelerinin ve tekniklerinin karşılaştırılarak o proje için en uygununun seçilebileceği bir hesap yöntemi önerilmiştir.
- Diğer bir deyişle, binalar için bir ısı yalıtım projesinin hazırlanması zorunlu hale gelmiştir.
- Bu ısı yalıtım projesinde; standartta belirtilen hesap yöntemiyle binanın enerji gereksiniminin bu standartta verilen sınır değerlerin altında kalmasını sağlayacak şekilde malzeme seçimi, eleman boyutlandırılması ve detay çözümlerinin belirtilmesi gerekmektedir.
- Belediye sınırları dışındaki alanlarda iki kata kadar olan ve toplam döşeme alanı  $100 \text{ m}^2$ 'den küçük olan yeni binalar ile bu alanlardaki mevcut binalara ısı yalıtımı uygulamasının yapılması sırasında, yapı elemanlarının önerilen U değerleri Tablo 3.5'te verilmektedir. Bu binalarda yapı elemanlarının U değerlerinin bu sınırim altında kalması ve pencere alanının, dış duvar alanının ( $A_D$ ) en fazla %12'sine eşit olması durumunda, ısı yalıtım projesinin hazırlanmasına gerek yoktur.



**Tablo 3.5 Bölgelere göre önerilen “U” değerleri**

	$U_D$ (W/m <sup>2</sup> K)	$U_T$ (W/m <sup>2</sup> K)	$U_I$ (W/m <sup>2</sup> K)	$U_P^*$ (W/m <sup>2</sup> K)
1. Bölge	0,80	0,50	0,80	2,80
2. Bölge	0,60	0,40	0,60	2,80
3. Bölge	0,50	0,30	0,45	2,80
4. Bölge	0,40	0,25	0,40	2,80

\* Diğer kapı ve pencere türleri için  $U_P$  ısı geçirme katsayıları TS 2164'den alınır ve hesaba katılır.

Herhangi bir U değerinin belirtilen sınırın üzerinde olması durumunda ise, standartta verilen yöntemle göre hesap yapılmalı ve binanın enerji gereksiniminin Tablo 3.6 ile verilen değerlerin altında olduğunun ispatlanması gerekir.

**Tablo 3.6 Birim alan ve hacim başına maksimum yıllık ısıtma enerjisi**

	A/V ≤ 0,2 için	A/V ≥ 1,05 için	
Q' <sub>1 DG</sub> =	27	66	kWh/m <sup>2</sup>
	8,5	21	kWh/m <sup>3</sup>
Q' <sub>2 DG</sub> =	48	104	kWh/m <sup>2</sup>
	14,7	33	kWh/m <sup>3</sup>
Q' <sub>3 DG</sub> =	64	121	kWh/m <sup>2</sup>
	20,4	39	kWh/m <sup>3</sup>
Q' <sub>4 DG</sub> =	104	175	kWh/m <sup>2</sup>
	33,4	56	kWh/m <sup>3</sup>

En Büyük ve  
En Küçük  
 $A_{top}/V_{brüt}$   
Oranları İçin  
Isıtma enerjisi  
değerleri

$A_N$ ile ilişkili Q' <sub>1 DG</sub>	=	46,62	A/V	+ 17,39	[kWh/m <sup>2</sup> ]
$V_{brüt}$ ile ilişkili Q' <sub>1 DG</sub>	=	14,92	A/V	+ 5,56	[kWh/m <sup>3</sup> ]
$A_N$ ile ilişkili Q' <sub>2 DG</sub>	=	68,59	A/V	+ 32,30	[kWh/m <sup>2</sup> ]
$V_{brüt}$ ile ilişkili Q' <sub>2 DG</sub>	=	21,95	A/V	+ 10,34	[kWh/m <sup>3</sup> ]
$A_N$ ile ilişkili Q' <sub>3 DG</sub>	=	67,29	A/V	+ 50,16	[kWh/m <sup>2</sup> ]
$V_{brüt}$ ile ilişkili Q' <sub>3 DG</sub>	=	21,74	A/V	+ 16,05	[kWh/m <sup>3</sup> ]
$A_N$ ile ilişkili Q' <sub>4 DG</sub>	=	82,81	A/V	+ 87,70	[kWh/m <sup>2</sup> ]
$V_{brüt}$ ile ilişkili Q' <sub>4 DG</sub>	=	26,5	A/V	+ 28,06	[kWh/m <sup>3</sup> ]

Bölgelere  
Göre  $A_{top}/V_{brüt}$   
Oranlarına  
Bağlı Olarak  
Gerek Q'nun  
Hesaplanması

Tablo 3.6'da verilen formüller derece gün bölgesine göre, ısıtılacak bina hacmi ( $V_{brüt}$ ) ve binanın toplam alanı ( $A_{top}=A_P+A_D+A_T+A_t$ ) ile ilişkisi olan  $A_{top}/V_{brüt}$  oranlarına bağlı olarak, maksimum yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi değerlerini vermektedir.

Binanın kullanım alanıyla ilişkili olarak verilen yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi ( $Q=Q_{yıl}/A_n$ ), sadece temiz ölçüler verildiğinde oda yükseklikleri en fazla 2,60 m olan binalarda kullanılır. Oda yüksekliğinin 2,60 m'den yüksek olması durumunda ise Tablo 3.6'da yapı hacmiyle ilişkili olarak verilen yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi ( $Q=Q_{yıl}/V_{brüt}$ ) göz önüne alınarak hesaplama yapılır.

### Isı yalıtım projelerinde şu bilgiler bulunmalıdır:

- İç ortam sıcaklıklarında 4K'den daha büyük fark olan bölgeler varsa bu bölgelerin sınırları.
- Farklı ısıtma bölgeleri varsa, her bölge için dış duvar, çatı, zemin ve pencerelerde kullanılan malzemeler, bu malzemelerin eleman içindeki sıralanışı ve kalınlıkları, duvar, pencere, tavan ve taban/döşeme elemanlarının alanları ve U değerleri. Isı köprüleri varsa ısı köprülerinin I ve UI değerleri.
- Pencere sisteminde kullanılan cam ve çerçevenin tipi, çerçeve sisteminin sızdırmazlık değerleri.
- Duvar-pencere, duvar-tavan, tavan/döşeme-duvar birleşim yerlerinin detayları,
- Havalandırma tipi.
- Farklı ısıtma bölgeleri varsa, her bölge için ısı kayıpları, ısı kazançları, KKO kullanım faktörü ve ısıtma enerjisi gereksiniminin çizelge halinde aylık ve ısıtma periyodu için büyüklükleri.

Binadaki yapı elemanları		Yapı elemanı kalınlığı d (m)	Isı iletim katsayısı hesap değeri $\lambda_h$ (W/mK)	$d/\lambda$ $1/\alpha$ (m <sup>2</sup> K/W)	Toplam ısı geçirme katsayısı U (W/m <sup>2</sup> K)	Isı taşıyan yüzey A (m <sup>2</sup> )	Isı kaybı A×U (W/K)
Duvar yüzeyleri	1/α <sub>i</sub>						
	1/α <sub>d</sub>						
Toplam							
Taban	1/α <sub>i</sub>						
	1/α <sub>d</sub>						
Toplam							
Tavan	1/α <sub>i</sub>						
	1/α <sub>d</sub>						
Toplam							
Pencere							
Yapı elemanlarından iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı $\Sigma AU = U_{DAD} + U_{PAP} + 0,8U_{TAR} + 0,5U_{tAt} + U_{dAd} + 0,5U_{dAcAdisc}$					=		

Isı yalıtım proje hesapları; Tablo 3.7’de verilen “**Bina Özgül Isı Kaybı Hesaplama Tablosu**” ve Tablo 3.8’de verilmiş olan “**Yıllık Isıtma Enerjisi Gereksinimi Hesaplama Tablosu**” doldurularak daha kolay ve izlenmesi daha kolay bir duruma getirilir

**Tablo 3.7 Bina özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi**

İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (ısı köprüleri dahil);  $H_i = \Sigma AU + IU_i =$   
Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı;  $H_h = 0,33 n_h V_h =$   
Özgül ısı kaybı;  $H = H_i + H_h =$

KTÜ Müh.-Mim. Fak. Makina Müh. Bölümü Termodinamik Anabilim Dalı			YILLIK ISITMA ENERJİSİ GEREKSİNİMİ HESAPLAMA ÇİZELGESİ						
			Bina:.....						
Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi gereksinimi
	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)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_g$ (W)			
Ocak									
Şubat									
Mart									
Nisan									
Mayıs									
Haziran									
Temmuz									
Ağustos									
Eylül									
Ekim									
Kasım									
Aralık									
$Q_{ay} = [H(T_i - T_d) - \eta_{ay} (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] t \times 10^{-3}$ (kJ) (burada $t = 86400 \times 30$ s'dir)							$Q_{yl} = \sum Q_{ay} =$		

**Tablo 3.8 Bina yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi hesaplama çizelgesi**

Toplam ısı kaybı;  $Q_{yl} = 0,278 \times 10^3 \times \dots \dots \dots$  (kJ) =  $\dots \dots \dots$  kWh

Konutlar için iç ısı kazancı;  $\phi_{i,ay} \leq 5.A_n$  (W)

Güneş enerjisi kazancı;  $\phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı;  $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay}) / H(T_{i,ay} - T_{d,ay})$

Kazanç kullanım faktörü;  $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1 / KKO_{ay})}$

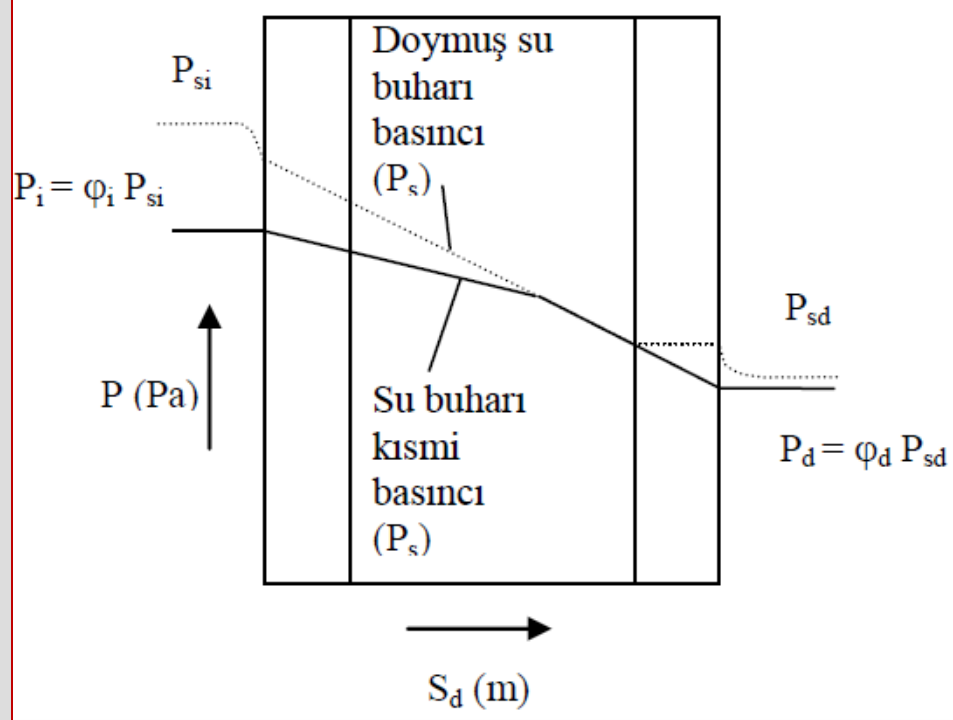
Binadaki kullanım alanı  $A_n$  başına düşen yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi  $Q = Q_{yl} / A_n = \dots \dots \dots$  kWh/m<sup>2</sup>

( $A_n = 0,32 V_{brüt} = \dots \dots \dots$  m<sup>2</sup>) veya binadaki ısıtılan yapı hacmi ( $V_{brüt}$ ) başına düşen yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi  $Q = Q_{yl} / V_{brüt} = \dots \dots \dots$  kWh/m<sup>3</sup> dir.

$\dots \dots$  derece gün bölgesi için  $A_{top} / V_{brüt} = \dots \dots \dots$  oranı, ilgili çizelgesinden alınan  $Q' = \dots \dots \dots$  formülünde yerine yazıldığında, bina için olması gereken en büyük ısı kaybı  $Q' = \dots \dots \dots$  kWh/m<sup>2</sup> veya  $Q' = \dots \dots \dots$  kWh/m<sup>3</sup> olarak bulunur ve bu değer hesaplanan  $Q$  ile karşılaştırıldığında,  $\dots \dots \dots < \dots \dots \dots$  ( $Q < Q'$ ) olduğundan; yani bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi, olması gereken en büyük ısı kaybı değerinin altında kaldığından, bu proje TS 825'te verilen hesap yöntemine uygundur.

# Yoğuşma Denetimi

- TS 825 ile yapı bileşenlerinin içerisinde yoğuşma sonucu birikebilecek olan su miktarının hesaplanması ve yoğuşma kontrolünün yapılmasına ilişkin esaslar belirlenmiştir. Bir yapı bileşeni içersinden geçen su buharının basıncı, doymuş su buharı basıncına ulaştığında yoğuşma ortaya çıkar.
- Yoğuşma hesabında şu yol izlenir:
- A) Şekilde görüldüğü gibi yapı bileşenini oluşturan yapı malzemesi tabakaları ile ilgili olarak çizilen grafiğin yatay eksenine, difüzyon eşdeğer hava tabakası kalınlıkları ( $S_d$ ) ve dikey eksenine su buharı kısmi basıncı ( $P$ ) eklenir.



- **B)** Yapı bileşeni içerisinde ara yüzeyler için hesapla belirlenmiş olan sıcaklıklar esas alınarak, tablodan okunan doymuş su buharı basınç değerleri ve gerçek su buharı basınç değerleri yapı bileşeni kesiti üzerindeki grafiğe işlenir. Su buharı kısmi basınç eğrisi, yapı bileşeninin iki yüzeyindeki basınçları ( $P_i$  ve  $P_d$ ) birleştiren düz bir çizgi olarak çizilir. Ancak eğer bu düz çizgi, doymuş su buharı basınç eğrisi ile kesişecek olursa kesişme noktasından itibaren, kesik çizgi ile gösterilen doymuş su buharı basınç eğrisi izlenmelidir. Çünkü su buharı kısmi basıncı, doymuş su buharı basıncından daha büyük olamaz. Her iki eğrinin kesişme noktası yoğuşmanın ortaya çıktığı yer olarak göz önüne alınır.
- **C)** Her iki eğrinin kesişmemesi durumunda, yapı bileşeni içerisinde yoğuşma olmayacağı anlaşılır.
- **D)** Yapı bileşeni içerisinde yoğuşma dönemi boyunca oluşan yoğuşma suyu kütlesi hesabı:

$$i_i = \frac{P_i - P_{sw1}}{1/\Delta_1}$$

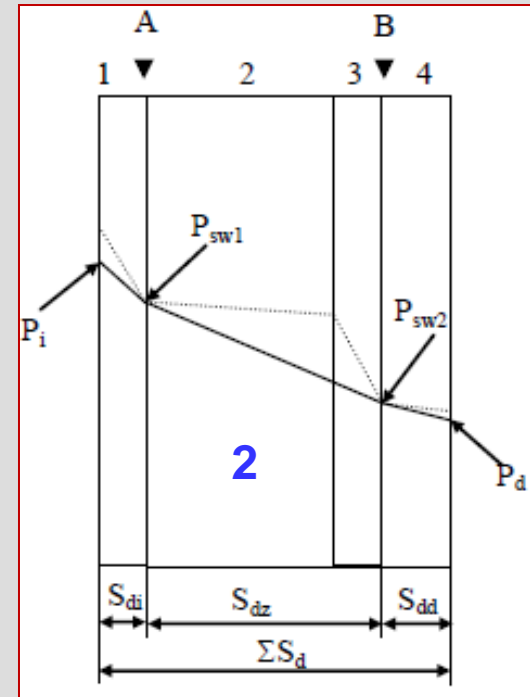
$$W_{T1} = t_t (i_i - i_z)$$

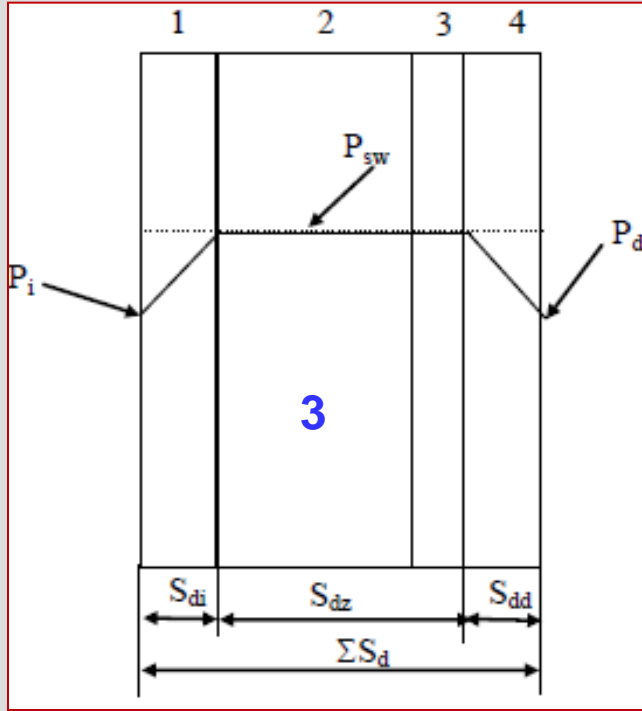
$$i_z = \frac{P_{sw1} - P_{sw2}}{1/\Delta_z}$$

$$W_{T2} = t_t (i_z - i_d)$$

$$i_d = \frac{P_{sw2} - P_d}{1/\Delta_d}$$

**A ve B yoğuşma yüzeylerinde yoğuşarak biriken su miktarları**





Bir yapı dış bileşeninde yoğuşma sonucu biriken su, buharlaşma döneminde buharlaşarak yoğuşma suyu düzleminde dış havaya doğru buhar difüzyonu şeklinde geçer. Buharlaşan su miktarının belirlenmesinde yoğuşma hesabında uygulanan yöntem kullanılır. Bunun için örneğin Şekil 2'deki dış duvar örneği göz önüne alınacak olursa, buharlaşma dönemindeki difüzyon grafiği Şekil 3'teki gibi çizilir.

$$i_i = \frac{P_{sw} - P_i}{1/\Delta_i}$$

$$i_d = \frac{P_{sw} - P_d}{1/\Delta_d}$$

$$W_v = t_v (i_i + i_d)$$

**Buharlaşma dönemi boyunca iç ve dış ortama doğru geçen toplam su buharı kütlesi hesabı:**



TS 825 ile yapı bileşenlerinin içerisinde yoğuşma sonucu birikebilecek olan su miktarının hesaplanması ve yoğuşma kontrolünün yapılmasına ilişkin esaslar belirlenmiştir. Buna göre dış duvar, taban vb. yapı bileşenlerinde birikebilecek yoğuşma suyu kütlesi miktarı,  $1 \text{ kg/m}^2$  olarak sınırlandırılmıştır.

Ancak bu koşul şu iki durum için geçerli değildir:

- ✓ Yoğuşma suyu kılcal olay dolayısıyla, suyu absorbe edemeyen yapı malzemesi tabakalarının birbirlerine temas ettikleri yüzeylerde oluşuyor ise, bu durumda izin verilen yoğuşma suyu kütlesinin miktarı  $0,5 \text{ kg/m}^2$ 'yi aşmamalıdır.
- ✓ Ahşap malzemelerdeki nem içeriğinin kütle cinsinden ifade edildiği durumda, ahşap malzemenin kütlesinin nem nedeniyle %5'den daha fazla artmasına izin verilmez. Sunta vb. işlenmiş ahşap ürünlerinde ise bu değer %3'ü aşmamalıdır.

## Yapılacak su buharı geçişi hesaplarında şu basitleştirilmiş kabuller kullanılır

### Yoğuşma döneminde (Kış aylarında)

Dış ortam koşulları.....	-10°C, %80 bağıl nem
İç ortam koşulları.....	20°C, %50 bağıl nem
Süre.....	1440 saat (60 gün)

### Buharlaştırma Döneminde (Yaz aylarında)

a) Yaşam birimi olmayan çatı odaları ve tavan araları altındaki tavanlar ve duvarlarda,

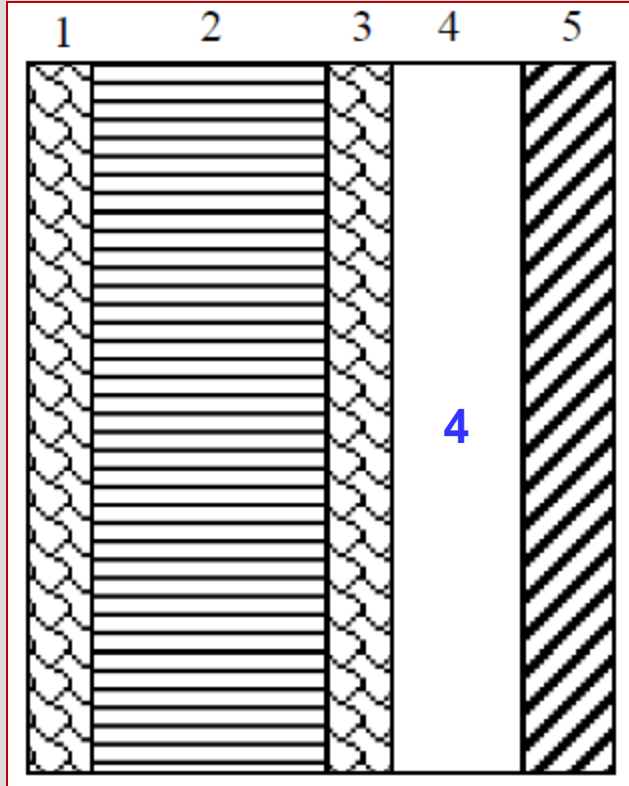
Dış ortam koşulları.....	12°C, %70 bağıl nem
İç ortam koşulları.....	12°C, %70 bağıl nem
Yoğuşma suyunun olduğu ortam (bileşen içi) koşulları.....	12°C, %100 bağıl nem
Süre.....	2160 saat (90gün)

### b) Yaşam birimlerini dış ortamdan ayıran çatılar

Dış ortam koşulları.....	12°C, %70 bağıl nem
Çatı yüzeyi sıcaklığı.....	20°C
İç ortam koşulları.....	12°C, %70 bağıl nem
Yoğuşma suyunun olduğu ortam koşulları.....	12°C, %100 bağıl nem
Süre.....	2160 saat (90 gün)

Basitleştirmek amacıyla duvarlarda esas alınacak ortam koşulları; a şikkında çatılar için verilmiş olan, 12 °C ve %100 bağıl nem değeri olarak alınabilir.

**Örnek:** Şekil 4'te görülen ve beş ayrı tabakadan oluşan dış duvar örneği için yoğuşma denetiminin yapılması.



	İç iklim koşulları	Dış iklim koşulları
<b>Yoğuşma dönemi</b>		
Hava sıcaklığı (°C)	20	-10
Bağıl nem (%)	50	80
Doymuş su buharı basıncı (Pa)	2340	260
Su buharı kısmi basını (Pa)	1170	208
<b>Buharlaşma dönemi</b>		
Hava sıcaklığı (°C)	12	12
Bağıl nem (%)	70	70
Doymuş su buharı basıncı (Pa)	1403	1403
Su buharı kısmi basını (Pa)	982	982

Dış duvarı oluşturan tabakaların özellikleri ve bu tabakalar boyunca olan sıcaklık ve doymuş su buharı basınç değerleri, bir çizelge üzerinde daha açık bir şekilde izlenebilir.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Tabaka	Tabaka Kalınlığı	Su buharı difüzyon direnç faktörü	Su buharı difüzyon eşdeğer hava tabakası kalınlığı	Isı iletim katsayısı hesap değeri	Yüzeyin ısı taşınım direnci veya tabakanın ısı iletkenlik direnci	Sıcaklık	Doymuş su buharı basıncı	
	d (m)	$\mu$ (-)	$S_a$ (m)	$\lambda_h$ (W/mK)	$1/\alpha, 1/C$ (m <sup>2</sup> K/W)	T (°C)	$P_s$ (Pa)	
İçeri ısı geçişi	-	-	-	-	0,13	20,0	2340	
1 19 mm yatık yonga levha ( $\mu = 50$ )	0,019	50	0,95	0,13	0,15	18,7	2158	
2 Polistiren sert köpük levha	0,10	20	2,00	0,04	2,50	17,2	1963	
3 19 mm yatık yonga levha ( $\mu = 100$ )	0,019	100	1,90	0,13	0,15	-7,7	318	
4 Hava tabakası	0,03	-	-	-	-	-9,2	279	
5 Giydirme cephe dış kaplaması	-	-	-	-	-	-	-	
Dışarı ısı geçişi	-	-	-	-	0,08	-10,0	260	
		$\Sigma S_a =$	4,85	$1/U =$	3,01			

a) Çizelgede okunan değerler ile yoğuşma dönemi boyunca birikecek olan yoğuşma suyu kütlesi hesaplanacak olursa

$$1/\Delta_i = 1,5 \cdot 2,95 \cdot 10^6 = 4,43 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \text{hPa} / \text{kg}$$

$$1/\Delta_d = 1,5 \cdot 1,9 \cdot 10^6 = 2,85 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \text{hPa} / \text{kg}$$

$$P_i = 1170 \text{ Pa}$$

$$P_{sw} = 318 \text{ Pa}$$

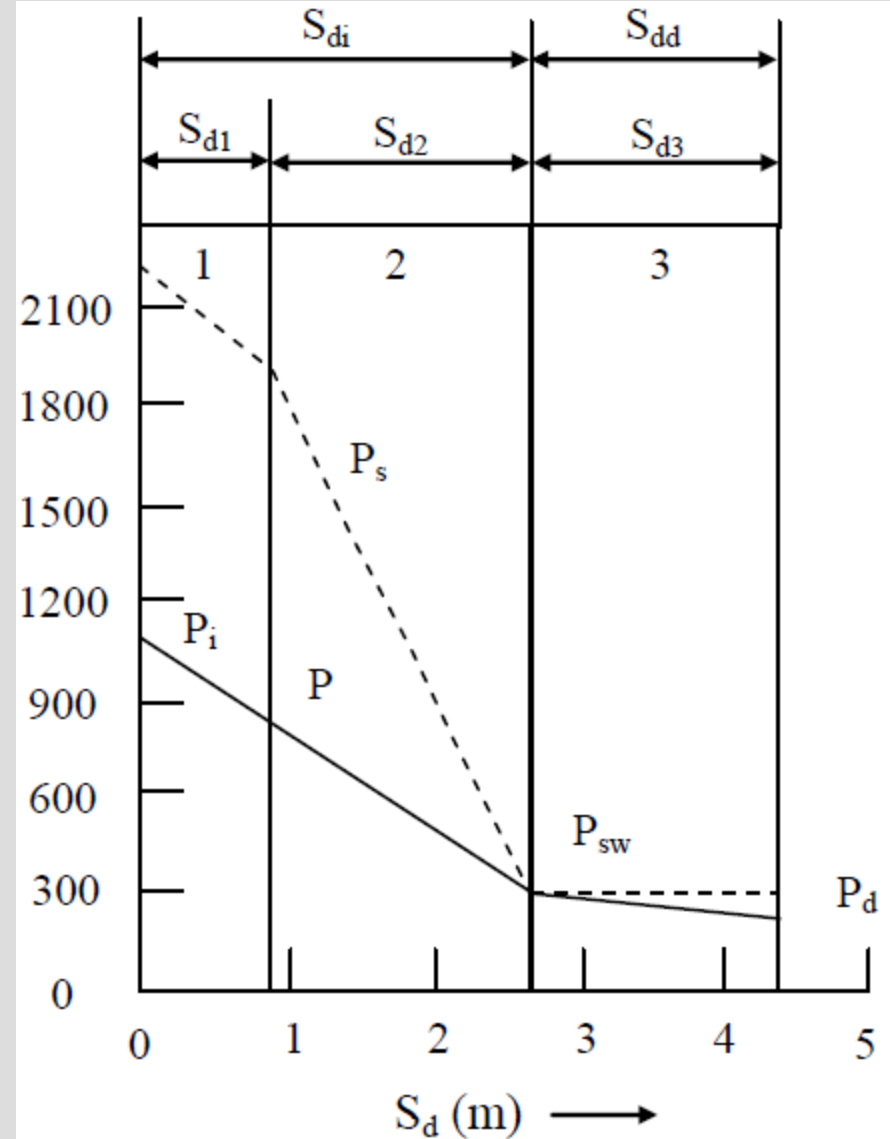
$$P_d = 208 \text{ Pa}$$

Yoğuşma dönemi süresi;  $t_T = 1440 \text{ h}$

$$W_T = 1440 \left[ \frac{1170 - 318}{4,43} - \frac{318 - 208}{2,85} \right] \cdot 10^{-6}$$

$$W_T = 0,221 \text{ kg} / \text{m}^2$$

Belirlenen bu değer yönetmelikte öngörülen  $1 \text{ kg} / \text{m}^2$  sınır değerinin altında kaldığı için, 2. aşama olarak buharlaşma dönemi boyunca bu suyun buharlaşıp buharlaşmayacağı kontrol edilir.



b) Yoğuşma dönemi boyunca yapı bileşeni içerisinde yoğuşan su miktarının tamamının, buharlaşma dönemi boyunca buharlaşma yoluyla yapı bileşeninin içerisinde iç ve dış ortama buharlaşma yoluyla geçmesi gerekmektedir.

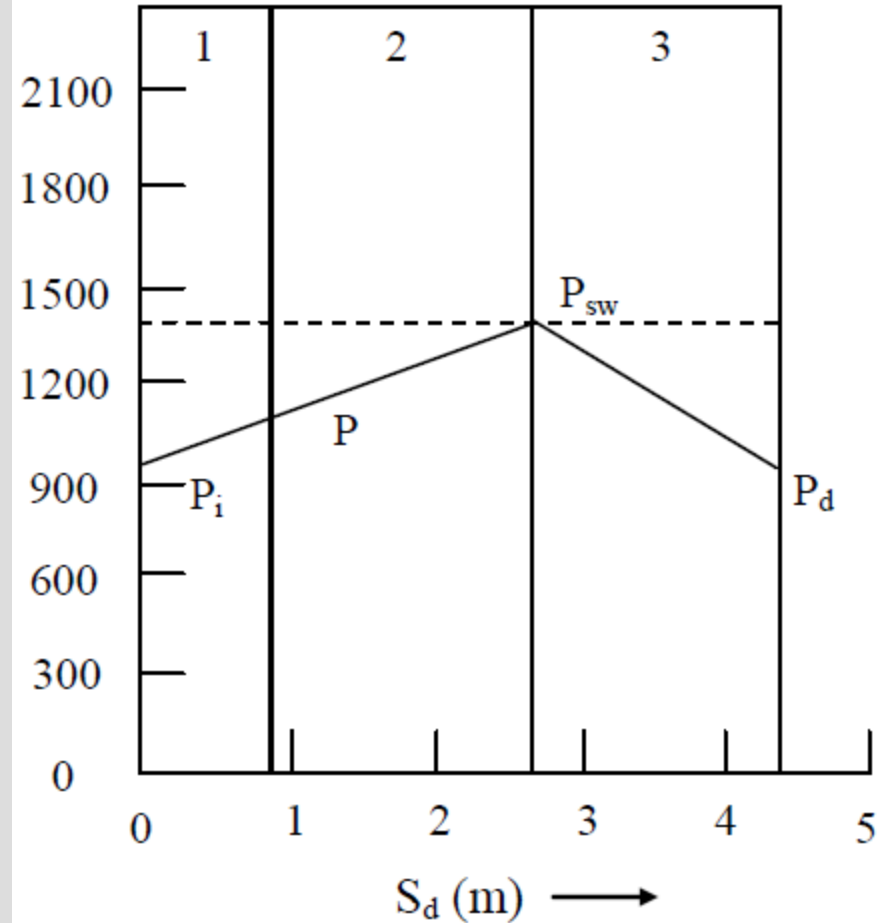
$$1/\Delta_i = 1,5 \cdot 2,95 \cdot 10^6 = 4,43 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \text{hPa} / \text{kg}$$

$$1/\Delta_d = 1,5 \cdot 1,9 \cdot 10^6 = 2,85 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \text{hPa} / \text{kg}$$

$$P_i = P_d = 982 \text{ Pa}$$

$$P_{sw} = 1403 \text{ Pa}$$

Buharlaşma dönemi süresi ;  $t_v = 2160 \text{ h}$



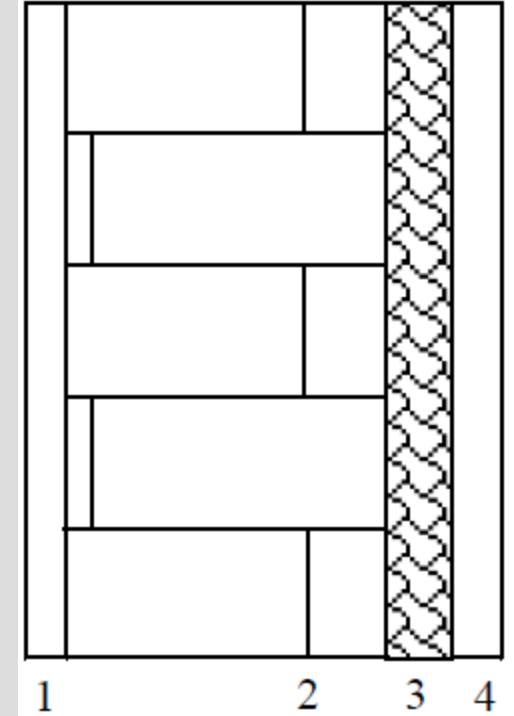
$$W_V = 2160 \left[ \frac{1403 - 982}{4,43} + \frac{1403 - 982}{2,85} \right] \cdot 10^{-6}$$

$$W_V = 0,524 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$W_T = 0,221 \text{ kg} / \text{m}^2 < W_V = 0,524 \text{ kg} / \text{m}^2$  olması nedeniyle standartta aranan tüm koşullar sağlanmış olur.

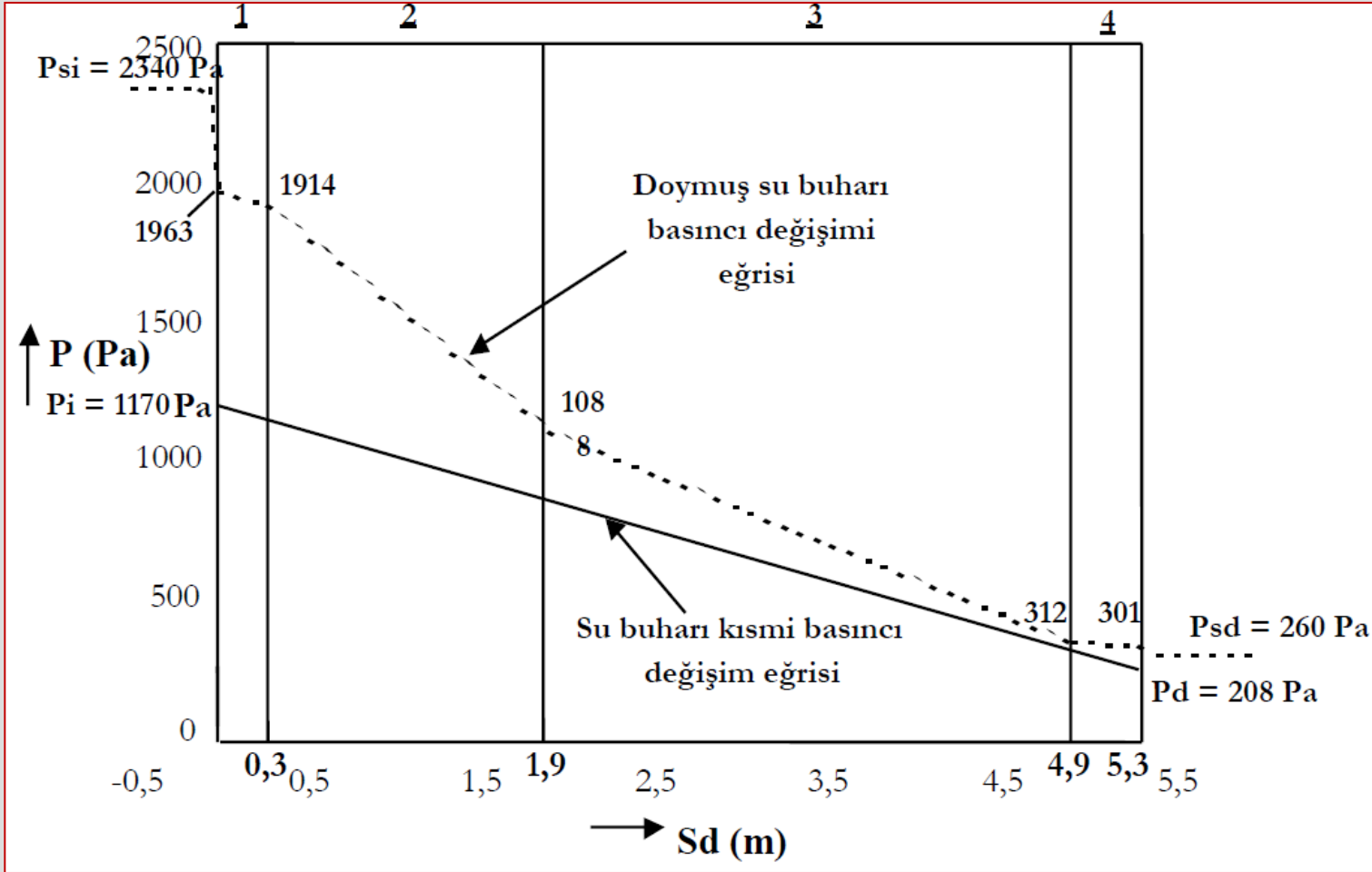
**Örnek:** Tabloda verilen iç ve dış iklim koşulları için şekilde görülen dış duvar içerisindeki ara yüzey sıcaklıklarının ve doymuş su buharı basınç değerlerinin belirlenerek aşağıda verilen tablonun doldurulması; dış duvar içerisinde yoğuşma olup olmadığının ölçekli bir grafik üzerinde çizimle gösterilmesi.

	İç iklim Koşulları	Dış iklim koşulları
Hava sıcaklığı (°C)	20	-10
Bağıl nem (%)	50	80



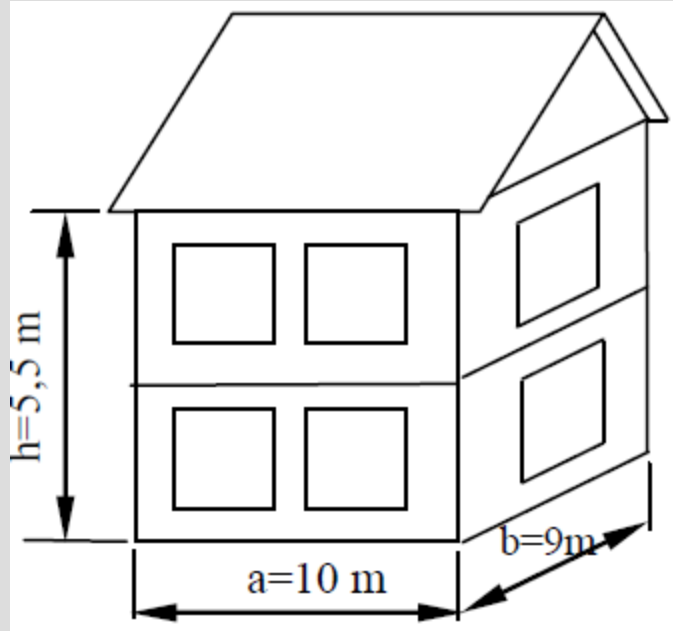
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Tabaka	Tabaka Kalınlığı	Su buharı difüzyon direnç faktörü	Su buharı difüzyon eşdeğer hava tabakası kalınlığı	Isı iletim katsayısı hesap değeri	Yüzeyin ısı taşımın direnci veya tabakanın ısı iletkenlik direnci	Sıcaklık	Doymuş su buharı basıncı
		d (m)	$\mu$ (-)	$S_d$ (m)	$\lambda_h$ (W/mK)	$1/\alpha, 1/C$ (m <sup>2</sup> K/W)	T (°C)	$P_s$ (Pa)
	<i>İçeri ısı geçişi</i>	-	-	-	-	0,13	20	2340
							17,2	1963
1	<i>İç sıva</i>	0,015	20	0,3	0,87	0,017	16,8	1914
2	<i>Delikli tuğla</i>	0,20	8	1,6	0,5	0,4	8,2	1088
3	<i>Isı yalıtım malz.</i>	0,03	100	3	0,04	0,75	-8,0	310
4	<i>Dış sıva</i>	0,02	20	0,4	1,40	0,014	-8,3	301
5	<i>Dışarı ısı geçişi</i>	-	-	-	-	0,08	-10	260
			$\Sigma S_d =$	5,3	$1/U =$	1,39		





Grafikten de görüldüğü gibi; su buharı kısmi basıncı değişim eğrisi, doymuş su buharı değişim eğrisini kesmediği için duvar içerisinde verilen iklim koşullarında hiçbir zaman yoğuşma ortaya çıkmaz.

**Örnek 3.1** 3. derece gün bölgesinde bulunan ve şekilde görüldüğü gibi 9m eninde, 10m boyunda, 5,5m yüksekliğinde ve  $158,4\text{m}^2$  kullanım alanı olan iki katlı bir konut örnek alınarak tek bölge için yıllık ısıtma enerjisi gereksiniminin hesaplanması. Uygunluk belgesine sahip pencere kullanılmıştır. Ağaçlardan kaynaklanan gölgelenme vardır. İç sıcaklık  $19^\circ\text{C}$  dir. ( $A_{\text{güney}}=10\text{m}^2$ ,  $A_{\text{kuzey}}=2\text{m}^2$ ,  $A_{\text{doğu}}=A_{\text{batı}}=4\text{m}^2$ ) dir. Pencere arası 9mm.



Veriler:

Pencere alanı;  $A_p = 20 \text{ m}^2$

Dış duvar alanı;  $A_D = (9 \times 5,5 \times 2 + 10 \times 5,5 \times 2) - A_p$   
 $A_D = 189 \text{ m}^2$

Tavan alanı;  $A_T = 9 \times 10 = 90 \text{ m}^2$

Döşeme alanı;  $A_t = 9 \times 10 = 90 \text{ m}^2$

$A_{\text{top}} = 389 \text{ m}^2$ ;  $V_{\text{brüt}} = 9 \times 10 \times 5,5 = 495 \text{ m}^3$

<u>Dış Duvar</u>	<u>Kalınlık (m)</u>	<u><math>\lambda_h</math> (W/mK)</u>
Sıva.....	0,02.....	0,87
Yatay delikli tuğla.....	0,19.....	0,45
Isı yalıtım malzemesi.....	0,06.....	0,04
Sıva.....	0,005.....	0,87

<u>Taban / Döşeme</u>	<u>Kalınlık (m)</u>	<u><math>\lambda_{th}</math> (W/mK)</u>
Şap.....	0,03.....	1,40
Isı yalıtım malzemesi.....	0,08.....	0,04
Tesviye şapı.....	0,02.....	1,40
Hafif beton.....	0,10.....	1,10
Blokaj.....	0,15.....	1,74

<u>Tavan</u>	<u>Kalınlık (m)</u>	<u><math>\lambda_{th}</math> (W/mK)</u>
Sıva.....	0,02.....	0,87
Betonarme.....	0,15.....	1,30
Isı yalıtım malzemesi.....	0,12.....	0,04

### Hesaplanan ısı geçirme katsayıları

$$U_D = 0,47 \text{ W/m}^2\text{K}, \quad U_p = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}, \quad U_T = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}, \quad U_t = 0,43 \text{ W/m}^2\text{K}$$

### Binanın iletimle olan ısı kaybı (3.4) formülüne göre

$$H_i = 189 \times 0,47 + 20 \times 2,8 + 0,8 \times 90 \times 0,30 + 0,5 \times 90 \times 0,43$$

$$\Rightarrow H_i = 185,78 \text{ W/K 'dir.}$$

Havalandırma ısı kaybı için; uygunluk belgesine sahip pencere kullanılmış olması nedeniyle,  $n_h = 1 \text{ h}^{-1}$  olarak ve havalandırılan hacim  $V_h = 0,8V_{\text{brüt}} = 0,8 \times 495 = 396 \text{ m}^3$  alınarak; (3.6)'dan;

$$H_h = 0,33 \times 1,0 \times 396 \Rightarrow H_h = 130,68 \text{ W/K}$$

$$H = H_i + H_h = 185,78 + 130,68 \Rightarrow H = 316,46 \text{ W/K} \text{ 'dir.}$$

Binanın konut olması dolayısıyla iç ısı kazançları için;

$$\phi_{i,\text{ay}} = 5 \times A_n = 5 \times 158,4 \Rightarrow \phi_{i,\text{ay}} = 792 \text{ W}$$

Güneş enerjisi kazançlarının hesaplanması için, binanın ayrık ve en az katlı binaların bulunduğu bir yerleşim yerinde inşa edileceği, fakat ağaçlardan kaynaklanan gölgelenmeye maruz kalacağı düşünülerek;  $r_{i,\text{ay}} = 0,6$  seçilir. Binada çok katlı cam kullanıldığı için  $g_{\perp} = 0,75$  ve  $g_{i,\text{ay}} = 0,8 g_{\perp} = 0,8 \times 0,75 = 0,6$  bulunur.

$A_i$  değerleri, yani her yön için toplam pencere alanları hesaplanır. Örnek olarak seçilen binadaki pencere alanları;  $A_{\text{güney}} = 10 \text{ m}^2$ ,  $A_{\text{kuzey}} = 2 \text{ m}^2$ ,  $A_{\text{doğu}} = 4 \text{ m}^2$ ,  $A_{\text{batı}} = 4 \text{ m}^2$ 'dir.  $I_{i,\text{ay}}$  değerleri ise her ay için Çizelge 4.2'den alınır. Örneğin ocak ayı için;  $I_{\text{güney,ocak}} = 72 \text{ W/m}^2$ ,  $I_{\text{kuzey,ocak}} = 26 \text{ W/m}^2$ ,  $I_{\text{batı/doğu,ocak}} = 43 \text{ W/m}^2$  değerleri okunur. Bütün bu değerlerin (3.7) formülünde yerine yazılması ile, ocak ayı için ortalama güneş enerjisi kazancı;

$$\phi_{g,ocak} = 0,6 \times 0,6 \times 72 \times 10 + 0,6 \times 0,6 \times 26 \times 2 + 0,6 \times 0,6 \times 43 \times 4 + 0,6 \times 0,6 \times 43 \times 4 \Rightarrow \phi_{g,ocak} = 402 \text{ W}$$

olarak hesaplanır. Kazanç kullanım faktörünün ( $\eta_{ay}$ ) hesaplanabilmesi için (3.9) formülünden  $KKO_{ocak}$ 'ın hesaplanması gerekir. Bina konut için kullanılacağı için  $T_i$  olarak  $19^\circ\text{C}$  alınır.  $T_{d,ocak}$  için Çizelge 3.4'ten 3.derece gün bölgesi için  $1,3^\circ\text{C}$  olarak alınır. Böylece ocak ayı için kazanç/kayıp oranı;

$$KKO_{ocak} = (792+402)/[316,46 \times (19-1,3)] = 0,21$$

Kazanç kullanım faktörü ( $\eta_{ocak}$ ) ise; (3.8)'den

$$\eta_{ocak} = 1 - e^{-1/KKO_{ocak}} = 1 - e^{-1/0,21} = 0,99$$

Bu durumda ocak ayı için ısı kazançları

$$\eta_{ocak} = (\phi_i + \phi_{g,ocak}) = 0,99 \times (792 + 402) = 1182,06 \text{ W}$$

olarak hesaplanır. Hesaplanan ve çizelgeden alınan değerlerin hepsi (3.2) temel formülünde yerine yazılırsa, ocak ayı için ısıtma enerjisi gereksinimi;

$$Q_{ocak} = [316,46 \times (19-1,3) - 1182,06] \times 86400 \times 30 \times 10^{-3}$$

$$\Rightarrow Q_{ocak} = 11453892 \text{ kJ}$$

olarak hesaplanır. Buraya kadar yapılan hesaplar her ay için tekrarlanarak toplam ısı kaybı elde edilir. Yapılan hesaplar; Çizelge 3.7 (Bina özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi) ve Çizelge 3.8 (Binanın yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi hesaplama çizelgesi) doldurularak gösterilmelidir.

Binadaki yapı elemanları		Yapı elemanı kalınlığı d (m)	Isı iletim katsayısı hesap değeri $\lambda_h$ (W/mK)	$d/\lambda$ $1/\alpha$ (m <sup>2</sup> K/W)	Toplam ısı geçirme katsayısı U (W/m <sup>2</sup> K)	Isı taşıyan yüzey A (m <sup>2</sup> )	Isı kaybı A×U (W/K)
Duvar yüzeyleri	$1/\alpha_i$			0,13			
	<i>Sıva</i>	0,02	0,87	0,023			
	<i>Yatay delikli tuğla</i>	0,19	0,45	0,42			
	<i>Isı yalıtım malzemesi</i>	0,06	0,04	1,5			
	<i>Sıva</i>	0,005	0,87	0,006			
	$1/\alpha_d$			0,04			
Toplam				2,12	0,47	189	88,83
Taban	$1/\alpha_i$			0,13			
	<i>PVC yer döşemesi</i>	<i>İbmal</i>	-	-			
	<i>Şap</i>	0,03	1,4	0,21			
	<i>Isı yalıtım malzemesi</i>	0,08	0,04	2,0			
	<i>Tesviye şapı</i>	0,02	1,4	0,014			
	<i>Hafif beton</i>	0,1	1,1	0,09			
	<i>Blokaj</i>	0,15	1,74	0,086			
	$1/\alpha_d$			0			
Toplam				2,34	0,43×0,5	90	19,35
Tavan	$1/\alpha_i$			0,13			
	<i>Sıva</i>	0,02	0,87	0,023			
	<i>Betonarme</i>	0,15	1,3	0,115			
	<i>Isı yalıtım malzemesi</i>	0,12	0,04	3,0			
	$1/\alpha_d$			0,08			
Toplam				3,35	0,3×0,8	90	21,6
Pencere					2,8	20	56
Yapı elemanlarından iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı $\Sigma AU = U_D A_D + U_P A_P + 0,8 U_T A_T + 0,5 U_i A_i + U_d A_d + 0,5 U_{dışic} A_{dışic}$					=		185,78
İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (ısı köprüleri dahil);		$H_i = \Sigma AU + IU_i$		=	185,78 W/mK		
Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı;		$H_h = 0,33 n_h V_h$		=	130,68 W/mK		
Özgül ısı kaybı;		$H = H_i + H_h$		=	316,46 W/mK		

KTÜ Müh.-Mim. Fak. Makina Müh. Bölümü Termodinamik Anabilim Dalı		YILLIK ISITMA ENERJİSİ GEREKSİNİMİ HESAPLAMA ÇİZELGESİ						Bina:.....Örnek 3.1.....	
Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi gereksinimi
	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)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_g$ (W)			
Ocak	316,46	17,7	5601	792	402	1194	0,21	0,99	11453892
Şubat		17	5380		493	1285	0,24	0,98	10680854
Mart		14	4430		601	1393	0,31	0,96	8016330
Nisan		9,2	2911		606	1398	0,48	0,88	4356530
Mayıs		4,9	1551		716	1508	0,97	0,64	1518601
Haziran		0,9	285		753	1545	5,42	0,17	<i>Ihmal</i>
Temmuz		<i>T<sub>d</sub> yüksele</i>	-		733	1525	-	-	-
Ağustos		<i>T<sub>d</sub> yüksele</i>	-		693	1485	-	-	-
Eylül		2,5	791		595	1387	1,75	0,44	468426
Ekim		7,7	2437		494	1286	0,53	0,85	3483389
Kasım		12,5	3956		379	1171	0,3	0,96	7340129
Aralık		16,4	5190		353	1145	0,22	0,99	10514318
$Q_{ay} = [H(T_i-T_d) - \eta_{ay}(\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] t \times 10^{-3}$ (kJ) (burada $t = 86400 \times 30$ s'dir)							$Q_{yl} = \sum Q_{ay} =$		57832469

Toplam ısı kaybı;  $Q_{yl} = 0,278 \times 10^{-3} \times \dots 57832469 \dots$  (kJ) =  $\dots 16077 \dots$  kWh

Konutlar için iç ısı kazancı;  $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n$  (W)

Güneş enerjisi kazancı;  $\phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı;  $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay}) / H(T_{i,ay} - T_{d,ay})$

Kazanç kullanım faktörü;  $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1 / KKO_{ay})}$

Binadaki kullanım alanı  $A_n$  başına düşen yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi  $Q = Q_{yl} / A_n = \dots 101,5 \dots$  kWh/m<sup>2</sup>

( $A_n = 0,32 V_{brüt} = \dots 158,4 \dots$  m<sup>2</sup>) veya binadaki ısıtılan yapı hacmi ( $V_{brüt}$ ) başına düşen yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi  $Q = Q_{yl} / V_{brüt} = \dots$  kWh/m<sup>3</sup>'dir.

$\dots 3 \dots$  derece gün bölgesi için  $A_{top} / V_{brüt} = \dots 0,79 \dots$  oranı, ilgili çizelgesinden alınan

$Q' = \dots 67,29 A / V + 50,16 \dots$  formülünde yerine yazıldığında, bina için olması gereken en büyük ısı kaybı

$Q' = \dots 103,3 \dots$  kWh/m<sup>2</sup> veya  $Q' = \dots$  kWh/m<sup>3</sup> olarak bulunur ve bu değer hesaplanan  $Q$  ile

karşılaştırıldığında,  $\dots 101,5 \dots < \dots 103,3 \dots$  ( $Q < Q'$ ) olduğundan; yani bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma

enerjisi gereksinimi, olması gereken en büyük ısı kaybı değerinin altında kaldığından, bu proje TS 825'te

verilen hesap yöntemine uygundur.

# Özet

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