

# ISI YALITIMI

Fatma Dilek ÖZNUR  
Makina Mühendisi  
[fdoznur@enerji.gov.tr](mailto:fdoznur@enerji.gov.tr)

**ENERJİ VERİMLİLİĞİ ve ÇEVRE DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



**T.C. ENERJİ VE TABİİ  
KAYNAKLAR BAKANLIĞI**

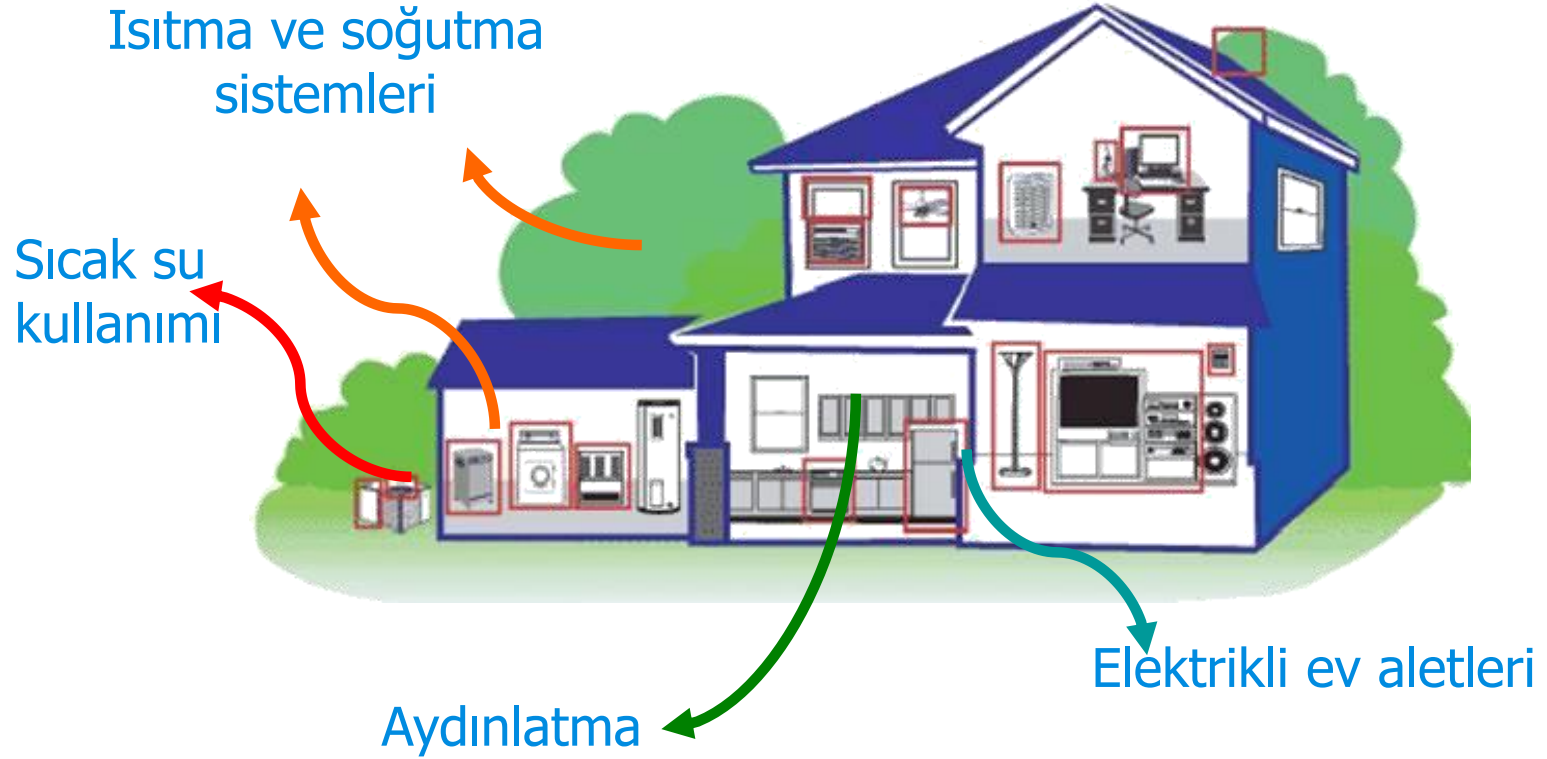
# Enerji verimliliğini zorunlu kılan küresel öncelikler:

1. Çevresel yükümlülükler - küresel iklim değişikliği ve asit yağmurlarının azaltılması
2. Ekonomik rekabet – maliyetlerin azaltılması ve istihdam yaratmak
3. Enerji arz güvenliği – enerji ithalatının azaltılması

Düşük karbonlu ekonomiye geçişte **enerji verimliliği** önemli bir politika aracıdır.



# Binalarda Enerji Kullanımı



Binalarda enerjinin çok büyük bir bölümü ısıtma ve soğutma amaçlı harcanmaktadır.

# ISI TRANSFERİ

Isı yolu ile enerji aktarımı (ısı transferi) üç şekilde gerçekleşir.

## İletim

Katı cisimlerden ısı geçiş şekline denir.

Kabullere bağlı olarak, hareketsiz gaz ve sıvılardaki ısı geçiş şeklini de ısı iletimi verileri ile saptayabiliriz.

Fiziksel temas gerektirir.

## Taşınım

Hareket halindeki gaz veya sıvı ortamlardan ısı geçiş şekline denir.

Isınan maddenin yoğunluk farkından dolayı hareketiyle gerçekleşir.

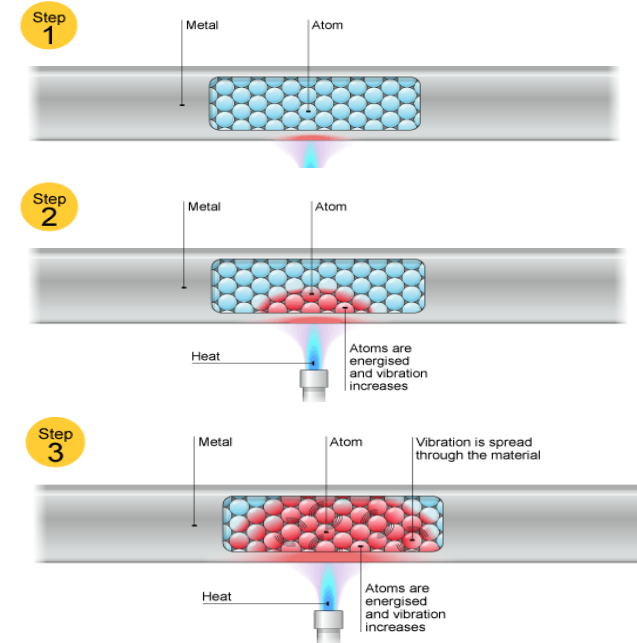
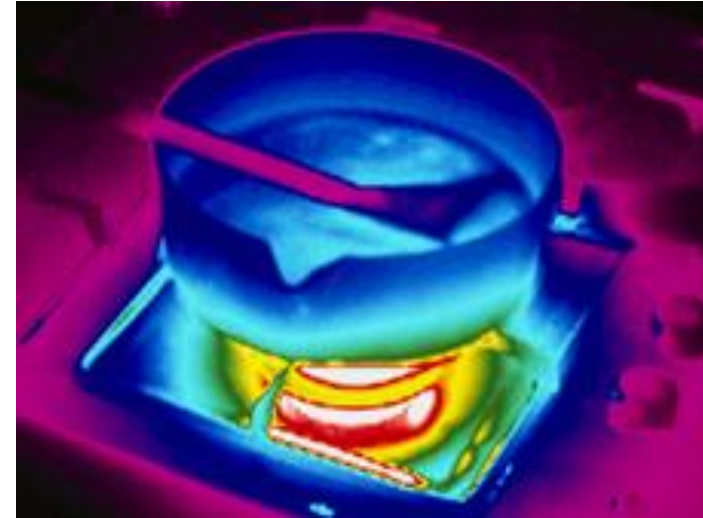
## Işınım

Sıcak sistem ışıma yolu ile elektromanyetik dalga yayar ve soğuk sistem emer.

Gazlarda konveksiyon ve radyasyonla ısı geçişi karmaşık şekilde olur.

# Isı İletimi Nasıl Gerçekleşir?

- Enerji, atomik ölçekte moleküller, atomlar ve elektronlar arasındaki enerji değiş tokuşu ile bir cisimden diğerine veya aynı cisim içinde bir bölgeden diğerine aktarılır.
- Isı iletimi (kondüksiyon), bir maddenin parçacıklarının komşu parçacıklarla enerji alışverişidir.
- Bu alışveriş gazlarda molekül hareketleri, sıvılarda ve iletken olmayan katılarda molekül titreşimleri, iletken katılarda ise elektron hareketleri ile olur.



# Taşınım ile Isı transferi

**Taşınım**, bir katı yüzey ile ona bitişik, hareket halindeki sıvı veya gaz arasında enerji aktarım türüdür; *iletim* ve *akışkan* hareketinin birleşik etkilerini kapsar.

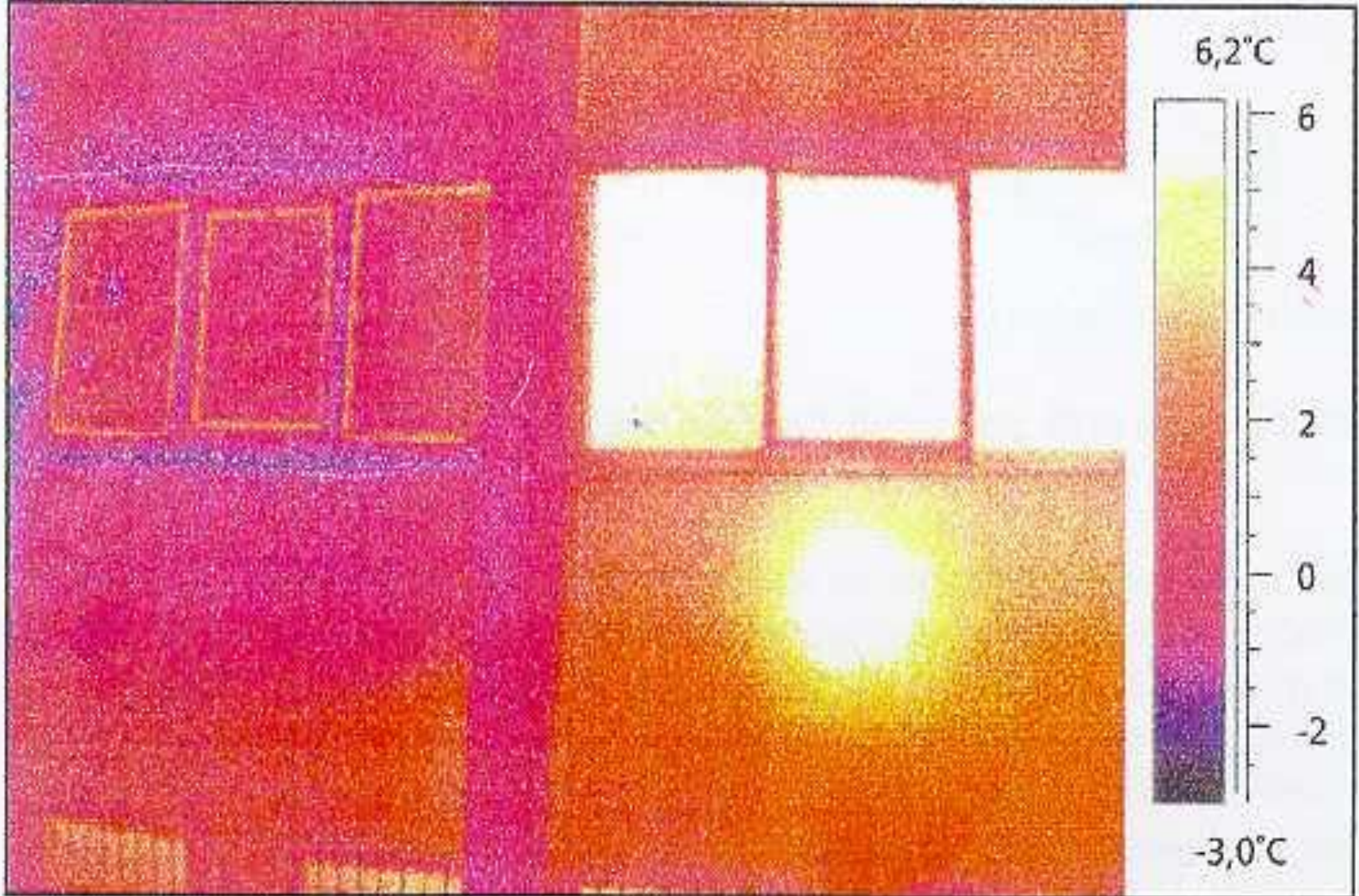
Akışkan hareketi ne kadar hızlı olursa, taşınım ile ısı aktarımı da o kadar büyük olur.

## Işınım ile Isı Transferi

**Işınım**, maddenin atom veya moleküllerinin elektron düzeninde olan değişimler sonucunda maddeden elektromanyetik dalgalar veya fotonlar şeklinde yayılan enerjidir. İletim ve taşınımından farklı olarak ışınım ile ısı transferi bir aracı ortam gerektirmez.

Işınım, hacimsel bir olaydır; bütün katılar, sıvılar ve gazlar, ışınımı değişen seviyelerde yayar, soğurur veya geçirirler.

# Isı Kayıplarını Görünür Hale Getirmek Önemli

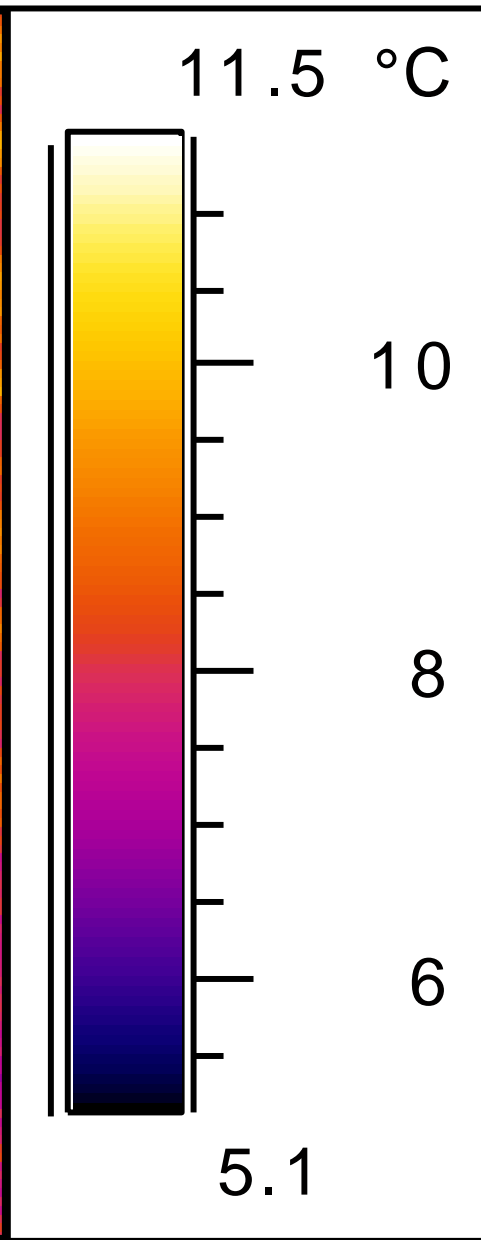
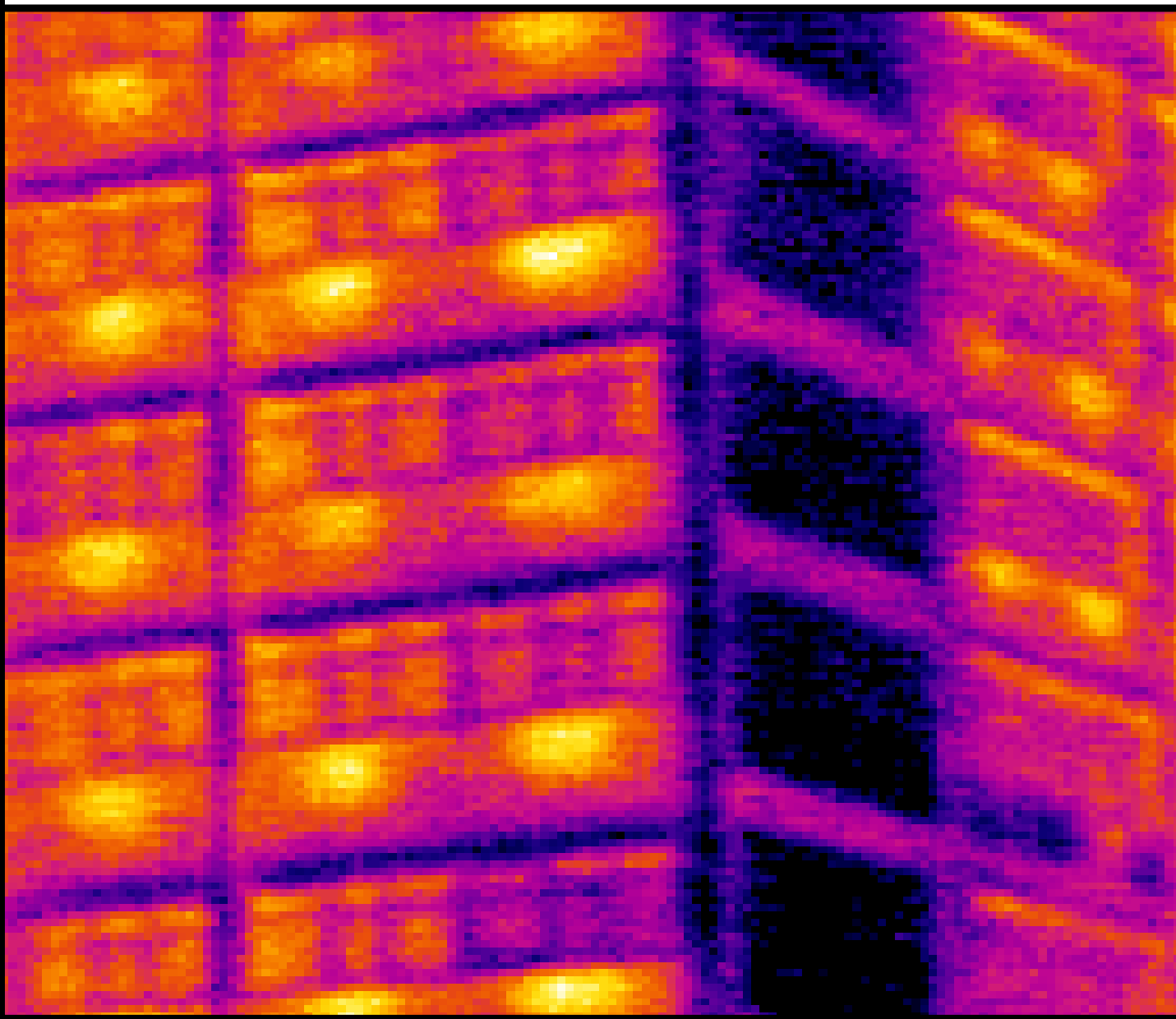


# Isı Kayıplarını Görünür Hale Getirmek Önemli





IR - 10000100.002



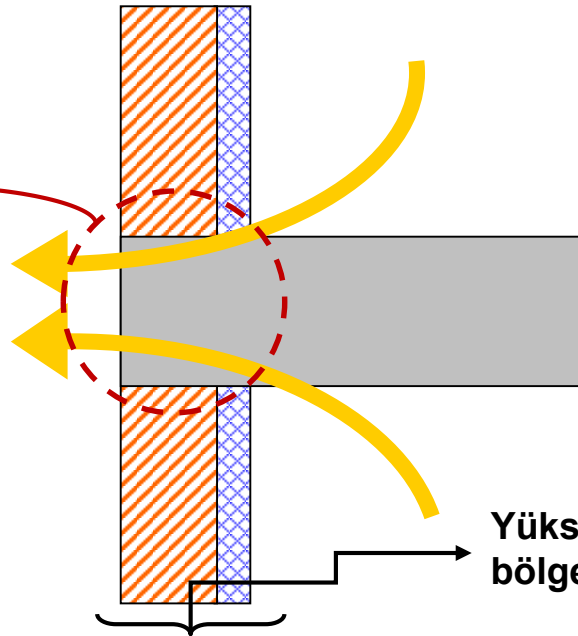
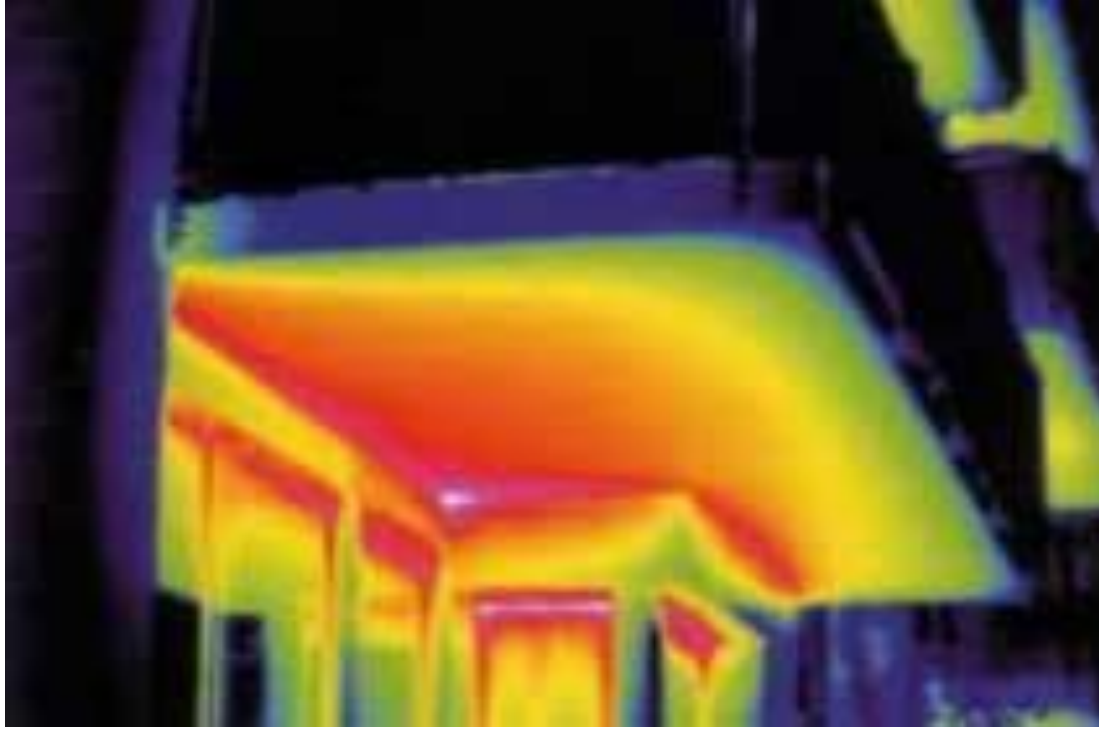
KLASIK ISITMALI BINA

## Yalıtılmamış Balkon Plakası

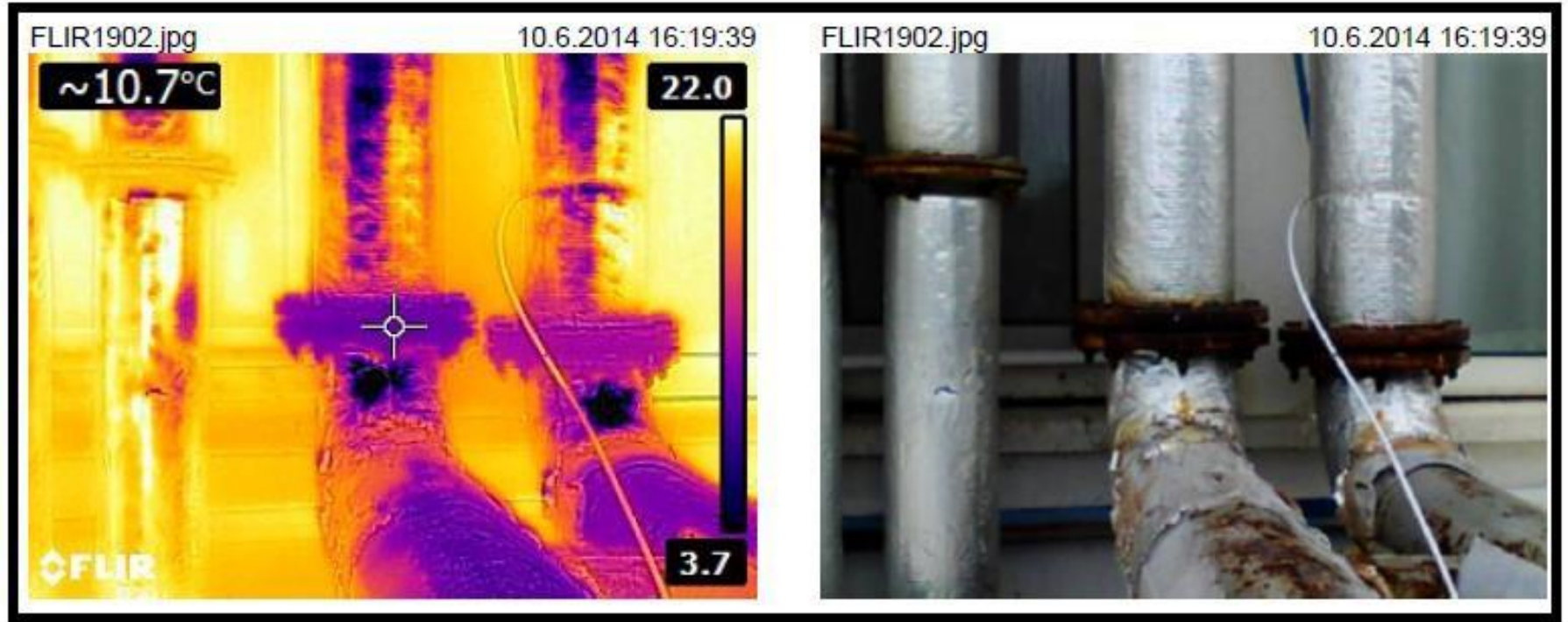
Isı Köprüsü

Düşük ısı dirence sahip bölge (Yalıtımsız tavan/tabana)

Yüksek ısı dirence sahip bölge. (Yalıtımlı Duvar)



# Kayıplarını Görünür Hale Getirmek Önemli



# İlgili Yönetmelikler ve Standartlar

**Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (2008 tarih ve 27075 sayılı )**  
**TS 825 - Binalarda Isı Yalıtım Kuralları**

**Yapı Malzemeleri Yönetmeliği (8/9/2002 tarihli ve 24870 sayılı)**

**bep**<sup>TR</sup>  
Bina Enerji Performansı

## ENERJİ KİMLİK BELGESİ

Binaların		Belgenin		Binaların Görüntüsü
Tipi:	Apartman	Veriliş Tarihi:	18.06.2019	
İmarat Ruhsat Tarihi:	1.01.2008	Geçerlilik Tarihi:	18.06.2029	
Tadilat Tarihi:		Performans Sınıfı:	D	
Toplam Alan:	1.478,99	Emisyon Sınıfı:	E	
Alan/Permet/Paha:	74 / 43 / 18			
UNVT Bina No:	111111111			
Adı:	Sosyal Tesis-Apartman			
Adresi:	MENTEŞE/MUĞLA			
Sahibinin Adı Soyadı: Çevre ve Şehircilik Bk.				

**ENERJİ PERFORMANSI**  
Oran: 106

A 0-39  
B 40-79  
C 80-119  
D 120-159  
E 160-174  
F 175-...

**SERA GAZİ EMİSYONU**  
Oran: 125

A 0-39  
B 40-79  
C 80-119  
D 120-159  
E 160-174  
F 175-...

**YENİLENEBİLİR ENERJİ KULLANIM ORANI**  
% 0,00

SİTEMLER	YILLIK ENERJİ TÜKETİMLERİ		YENİLENEBİLİR ENERJİ/KOJEN ENERJİ		SINIFI
	Binaların Ortalama	Bina Alan Başına Ortalama	Binaların Ortalama	Bina Alan Başına Ortalama	
Toplam	188.983,74	141,81	0,00	0,00	D
Batıma	135.961,67	116,41	0,00	0,00	D
Güçlü Çekirdek	19.626,50	16,20	0,00	0,00	U
Enjeneri	23.304,07	19,95	0,00	0,00	C
Isı Yalıtım	0,00	0,00			D
Aydınlatma	10.091,50	8,64			F
Kalorifer	0,00	0,00	0,00	0,00	
Fotovoltaik			0,00	0,00	

Belgenin		Belge Düzenleyenin		Kare Kod
Numarası:	M11111111D181	Adı Soyadı:	SMM FİRMAĞI KULLANICI	
Veriliş Tarihi:	18.06.2019	Firması:	SMM FİRMAĞI	
Son Geçerlilik Tarihi:	18.06.2029	Sertifika No:	1214567890123456789	
İptal Edilen EKB No:		İmza:		

CE

Performans Beyanı  
veya ETA

G

G belgesi  
veya  
Ulusal Teknik Onay

# Isı Yalıtımının Faydaları



Binalarda ve tesisatlarda ısı kayıp ve kazançlarının sınırlandırılması için yapılan uygulamaya “**ısı yalıtımı**” denir. Teknik olarak, ısı yalıtımı, farklı sıcaklıktaki iki ortam arasında ısı geçişini azaltmak için uygulanır.

# İletim Yoluyla Isı Transferi

Bir cisimdeki sıcaklık dağılımlarını belirleyebilmek için Fourier diferansiyel denkleminde yararlanılır.

Sıcaklık dağılımları belirlendiğinde, ısı akımlarını aşağıdaki bağıntıyla hesaplamak mümkündür.

## *Fourier Isı İletim Kanunu*

$$Q = -k A \frac{dT}{dx} \quad (W)$$

ısı iletim katsayısı

Sıcaklık gradyanı

ısı geçişine dik alan

Isı akımı yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa doğru olduğundan, ısı akım şiddeti vektörü ile sıcaklık gradyanı vektörü ters işaretlendirilir.

## Düzlem Duvarda Isı Transferi

$$q = U (\theta_i - \theta_d)$$

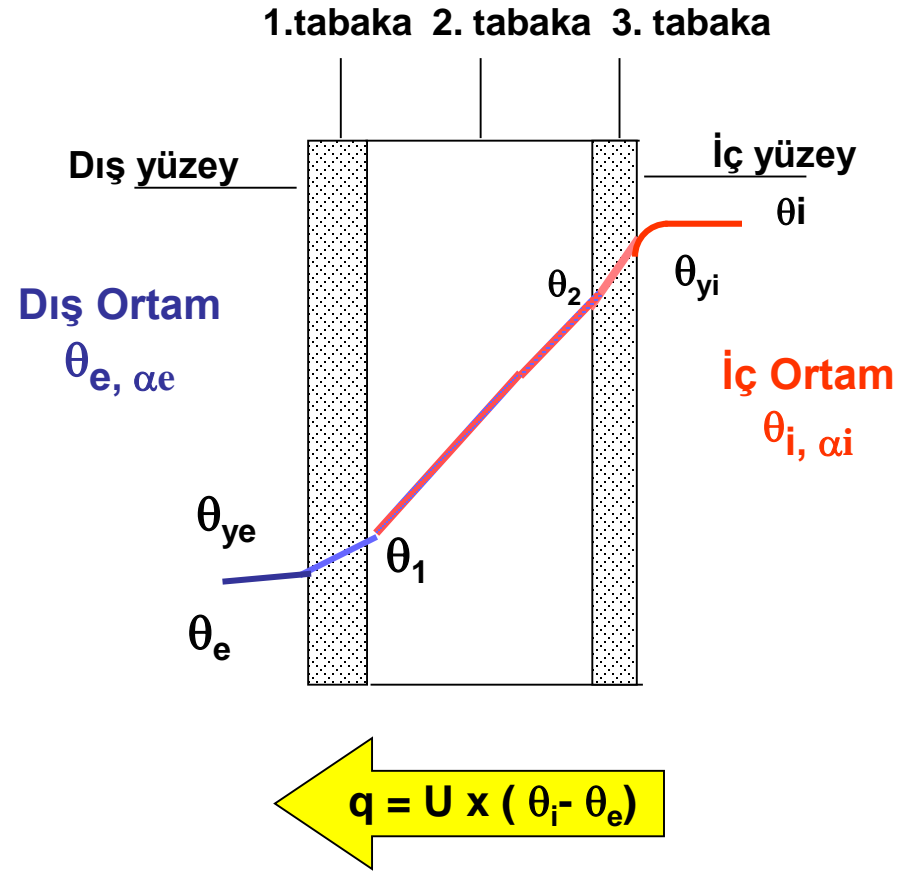
- q** : Isı Akış Yoğunluğu (W/m<sup>2</sup>)  
**θ<sub>i</sub>** : İç Ortam Sıcaklığı (K)  
**θ<sub>d</sub>** : Dış Ortam Sıcaklığı (K)  
**U** : Isıl Geçirgenlik Katsayısı (W/m<sup>2</sup>K)

- q:** herhangi “d” (metre) kalınlığındaki bir yapı bileşeninin 1 m<sup>2</sup>’sinden 1 saatte olan toplam ısı kaybıdır.
- U:** herhangi d (metre) kalınlığındaki yapı bileşeninin (duvar, döşeme, v.s. gibi) her iki tarafında bulunan hava sıcaklıkları arasındaki farkın 1°C olması halinde bileşenin 1 m<sup>2</sup>’sinden 1 saatte geçen ısı miktarıdır.

# İletimle ve Taşınımın Olan Isıl Geçirgenlik Direnci

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}$$

$R_i$   $R_e$



Toplam ısı geçirgenlik katsayısı

$$U = \frac{1}{R_i + R + R_e}$$

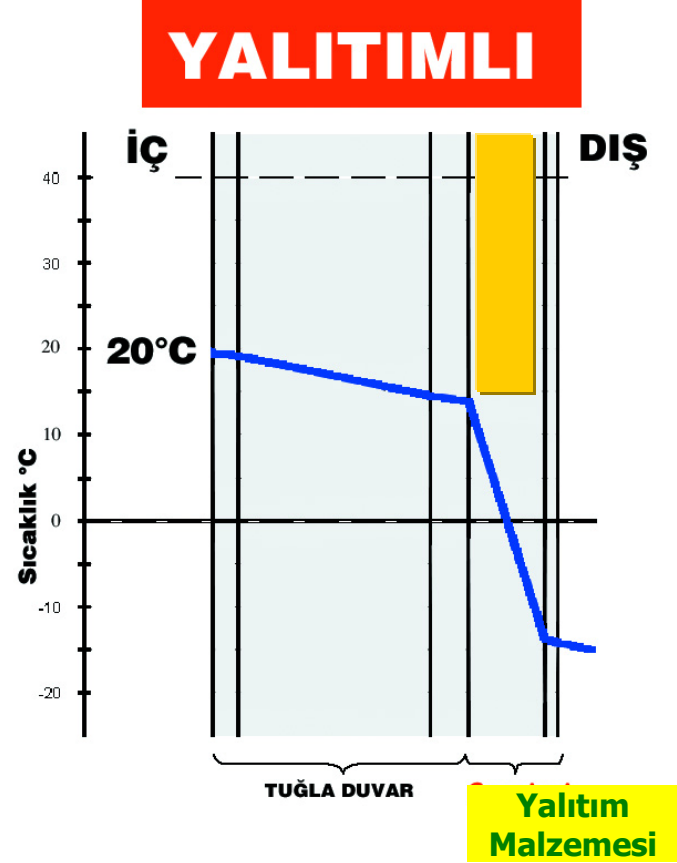
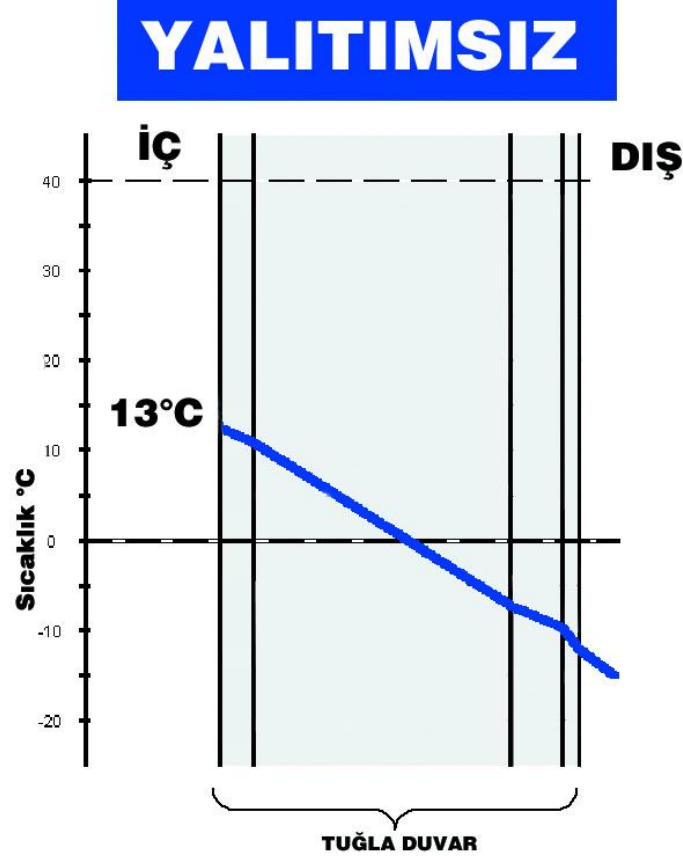
$$Q = U \times A \times (\theta_e - \theta_i)$$

Not: "1/U" veya "R" olarak da ifade edilen ısı geçirgenlik direnci; bir yapı bileşeninin ısı akışına gösterdiği ısı direnç bilgisini verir. Daha yüksek "R" değeri, daha yüksek direnç demektir. Bu nedenle, yalıtım malzemesinin kalınlığından ziyade toplam "R" değeri yapı bileşeninin yalıtım performansı hakkında daha doğru bilgi verir.



# Isı iletimini nasıl azaltabiliriz?

$\lambda$  Isı iletkenlik katsayısı ( W/mK )



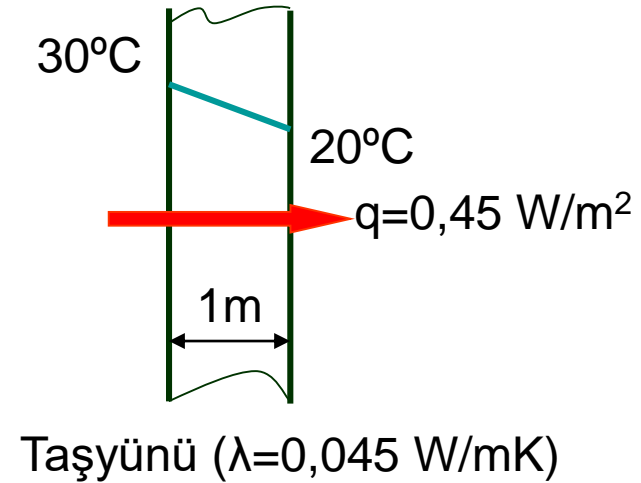
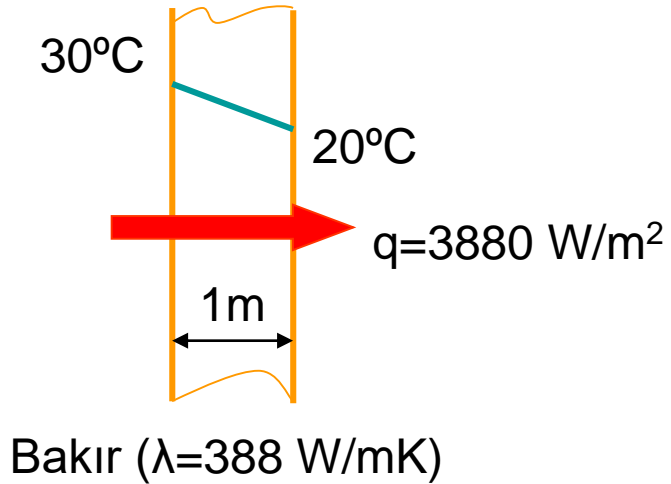
**Isı iletkenlik katsayısı ( W/mK ):**

Bir malzemenin fiziksel ve kimyasal yapısına bağlı olarak o malzemenin ısıyı ne kadar ilettiğinin ifadesidir.

# İletim yoluyla ısı transferi

## Fourier Isı İletim Kanunu

“ $\lambda$ ” **ısıl iletkenlik katsayısı** olarak bir malzemenin ısıyı iletme kabiliyetinin bir ölçüsüdür.



**Bir katı cisimde ısıl iletim hızı, katının ısıl iletkenliğiyle doğru orantılıdır.**

Normal şartlarda malzeme 298K, 24,85°C		Tipik ısı iletkenlik $\lambda$ (W/mK)
<b>Metal malzeme</b>	Saf bakır	353-386
	Bakır(C10)	388
	Saf Alüminyum	205-237
	Alüminyum alaşımı(6082)	170
	Pirinç (CZ121)	123
	Hafif çelik	50
	Paslanmaz çelik	16
<b>Gaz</b>	Hava	0,024
	Hidrojen	0,172
	Karbon	1,7
	Karbon dioksit	0,015
	Argon	0,016
<b>Diğerleri</b>	Cam	0,8
	Odun	0,13
<b>Yalıtım malzemeleri</b>	Taş yünü	0,045
	Cam yünü	0,040
	Selüloz	0,039

# Taşınım ile Isı Transferi

## Düzlem Duvarda Isı Taşınımı

Newton bir nesnenin soğuma miktarının nesne ile çevresi arasındaki sıcaklık farkı ile orantılı olduğunu gözlemlemiş ve **Newton'un Soğuma Kanunu** ortaya koymuştur.

$$Q_{conv.} = \alpha_c \times A_s \times (T_s - T_f) \quad (W)$$

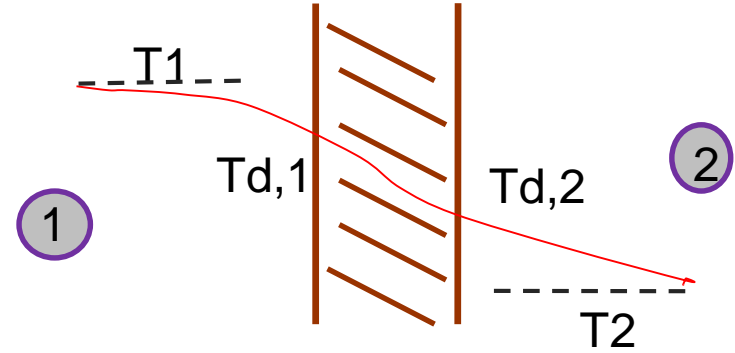
$Q_{conv.}$  = ısı akısı (W/m<sup>2</sup>)

$\alpha_c$  = ısı taşınım katsayısı (W/m<sup>2</sup>K)

$A_s$  = yüzey alanı m<sup>2</sup>

$t_s$  = yüzeyin sıcaklığı K

$t_f$  = akışkan sıcaklığı K



**Not:  $\alpha_c$  ısı taşınım katsayısı, TS 825 hesap yönteminde Re ve Ri olarak kullanılır.**

$R_e$	Dış yüzey ısı iletim direnci (dış yüzeydeki ısı taşınım katsayısı)	m <sup>2</sup> .K/W
$R_i$	İç yüzey ısı iletim direnci (iç yüzeydeki ısı taşınım katsayısı)	m <sup>2</sup> .K/W

# Düzlem Duvarda Isı Transferi

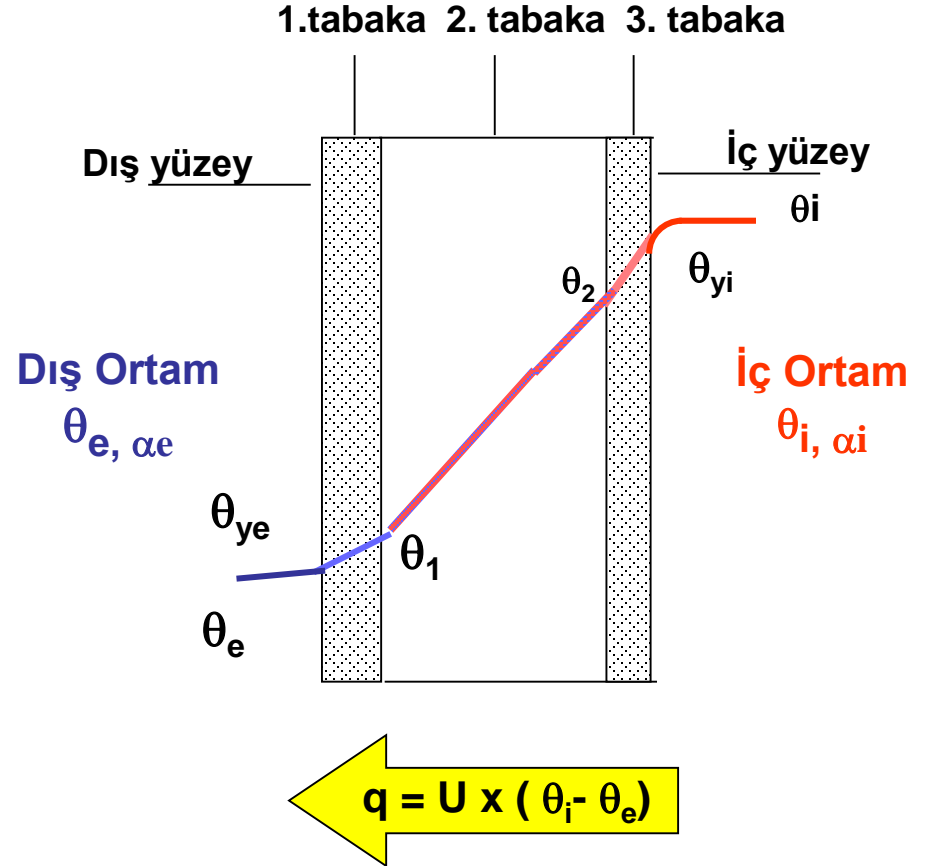
İletimle ve taşınım ile olan toplam ısı geçirgenlik direnci

$$\frac{1}{U} = \underbrace{\frac{1}{\alpha_i}}_{R_i} + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} + \underbrace{\frac{1}{\alpha_e}}_{R_e}$$

Toplam ısı geçirgenlik katsayısı

$$U = \frac{1}{R_i + R + R_e}$$

$$Q = U \cdot A \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

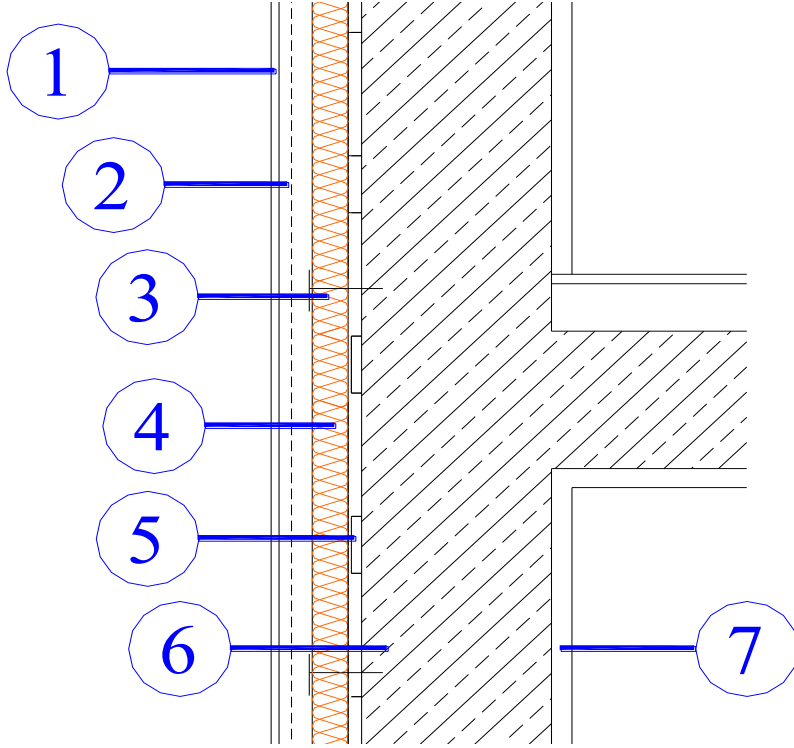


# Isı Yalıtım Malzemelerinin Özellikleri



Avrupa standartlarında ısı iletkenlik katsayıları  $0,06-0,10 \text{ W/mK}$ 'nin altında olan malzemeler, ısı yalıtım malzemeleri olarak tanımlanır.

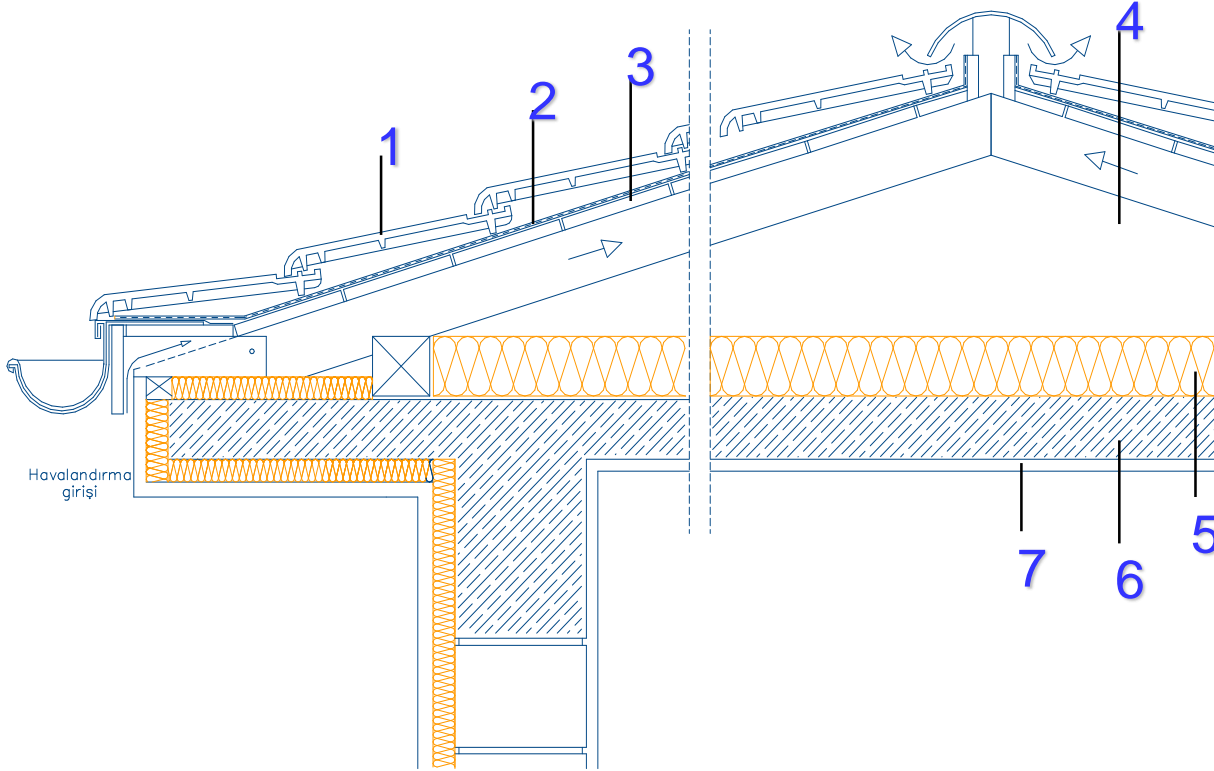
# Dış Duvarların Dıştan Isı Yalıtımı



- 1- Son Kat Dış Cephe Kaplaması
- 2- File Taşıyıcılı Isı Yalıtım Sıvası
- 3- Isı Yalıtım Dübeli
- 4- Isı Yalıtım Levhası
- 5- Isı Yalıtım Yapıştırıcısı
- 6- Betonarme Perde/Dolgu duvar
- 7- İç Sıva

- Bu uygulama yapı kabuğunun sıcak tarafta kalması dolayısıyla en ideal dış duvar yalıtım detayıdır.
- Bu detayda; ısı köprüsü ve yoğuşma sorunları tamamen ortadan kalkar.
- Isıtma sistemi kapatıldıktan sonra konfor koşulları devam eder.

# Çatı Arası Kullanılmayan Eğimli Çatılarda Isı Yalıtımı



- 1- Çatı Örtüsü
- 2- Su Yalıtımı
- 3- Çatı Tahtası
- 4- Havalandırılan Çatı Arası Boşluğu
- 5- Isı Yalıtımı
- 6- Döşeme Paneli
- 7- Tavan Sıvası

- Bu detayda çatı arasının havalandırılması çok önemlidir. Aksi halde yoğuşma sonucu ısı yalıtım malzemesi zarar görebilir.
- Isı köprüsü oluşmaması için duvar ısı yalıtımı ile çatı ısı yalıtımının sürekliliği sağlanmalıdır.



# Çatı Arası Kullanılmayan Eğimli Çatılarda Isı Yalıtımı



**Cam yünü şilte üzerine buhar kesici özelliği olan su buharı geçişine karşı yüksek dirence sahip (örn. naylon) bir malzeme serilmemelidir.**

# Isıtma ve Soğutma Sistemlerinde Isı Kayıpları ve Yalıtım Önlemleri

Binalarda enerji kullanımının yaklaşık olarak %70-80 i ısıtma ve soğutma amaçlı tüketilmektedir. Bu nedenle ısıtma ve iklimlendirme sistemlerinde kayıpların azaltılarak sistem veriminin yükseltilmesi önemlidir.

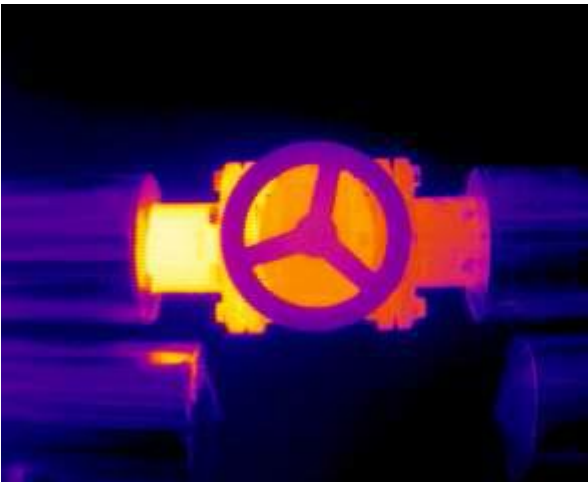
Mekanik tesisatta meydana gelen ısı kayıp ve kazançları prEN ISO 12241:2008 standardına göre hesaplanır.

- **Kazanlar**
- **Borular**
- **Vana ve Flanşlar**
- **Eşanjörler**
- **HVAC**

## Genel Yaklaşım

60 °C nin üzerinde sıcaklığı olan yüzeylerin tamamı

50 °C nin üzerinde sıcaklığı olan yüzeylerin çoğu



# Boru Sistemleri

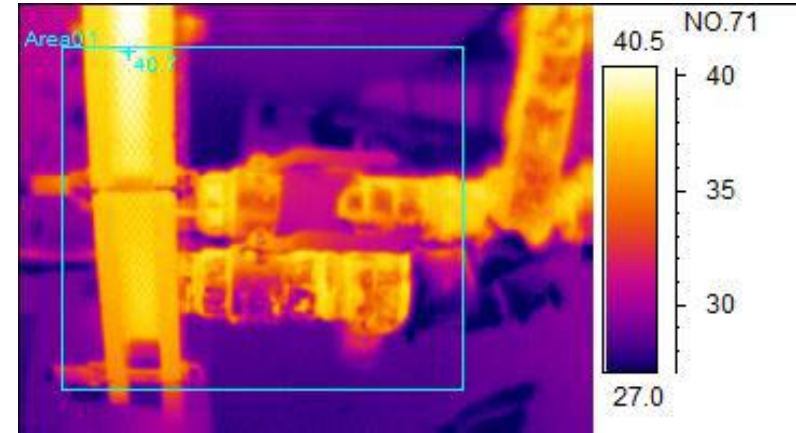
## Yalıtım Hesaplamaları

### Yalıtımsız bir borudan ısıtıcı akışkanın geçişinde olan ısı kaybı

$$Q = (U_c + U_r) \times \pi \times d_1 (T_s - T_a)$$

$$U_c = 1,32 \times ((T_s - T_a) / d_1)^{0,25}$$

$$U_r = 5,67 \times 10^{-8} \times E \times (T_s^2 + T_a^2) \times (T_s + T_a)$$



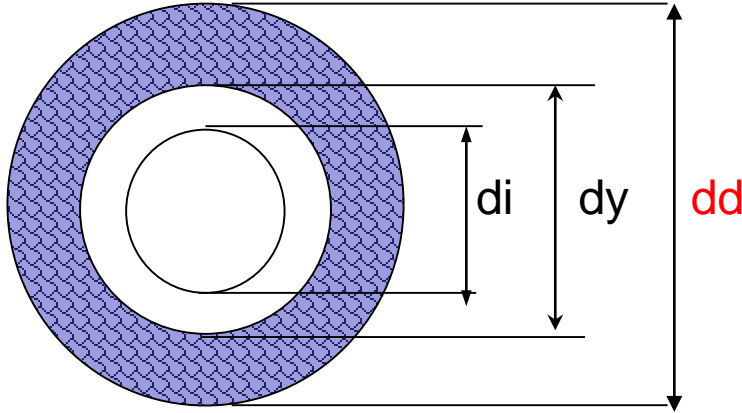
Q :	Isı kaybı (W/m)
Uc :	Konveksiyonla ısı transfer katsayısı (W/m2K)
Ur :	Radyasyonla ısı transfer katsayısı (W/m2K)
Ts :	Boru yüzey sıcaklığı (K)
Ta :	Ortam sıcaklığı (K)
D1 :	Boru dış çapı

# Boru Sistemleri

## Yalıtım Hesaplamaları

**Yalıtım sonrası bir borudan ısıtıcı akışkan geçişinde olan ısı kaybı**

$$Q = \frac{\pi L (t_i - t_d)}{\frac{1}{\alpha_i d_i} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_d}{d_i} + \frac{1}{2\lambda_y} \ln \frac{d_{yd}}{d_{yi}} + \frac{1}{\alpha_d d_d}}$$



$t_i$  : Boru içindeki akışkan sıcaklığı ( °C )

$T_d$  : Borunun bulunduğu hacmin ortam sıcaklığı ( °C )

$\alpha_i$  : İç yüzey ısı taşınım katsayısı ( W/m<sup>2</sup>K )

$\alpha_d$  : Dış yüzey ısı taşınım katsayısı ( W/m<sup>2</sup>K )

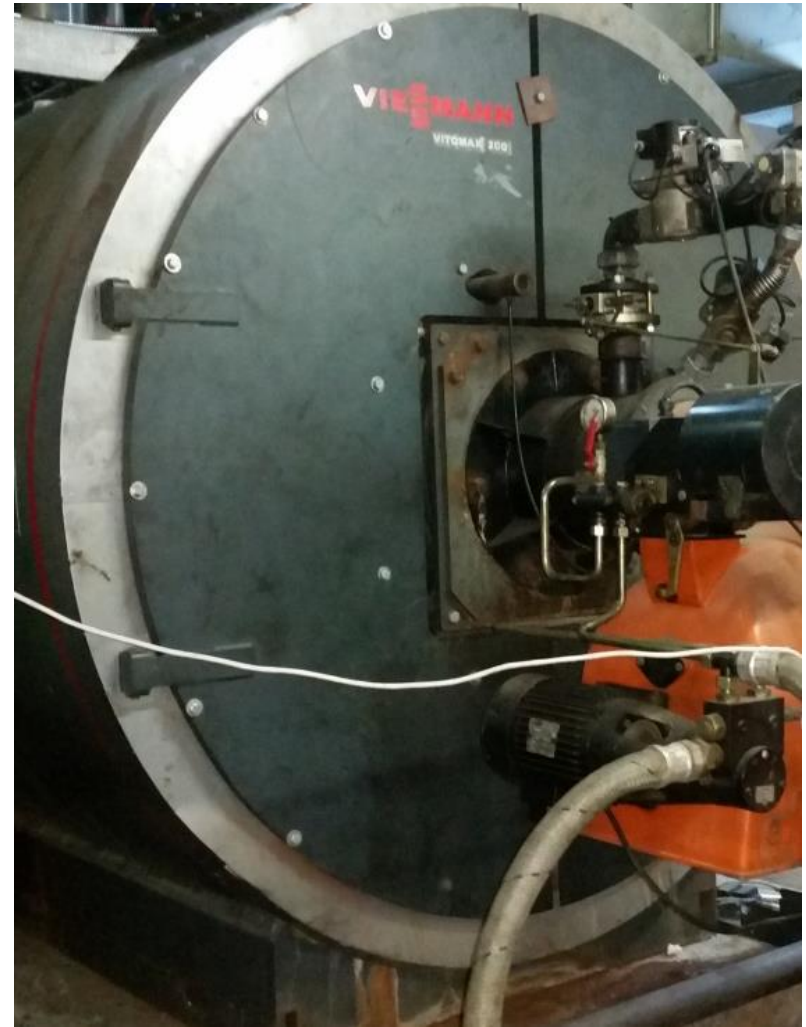
$d_i$  : İç çap (m)

$d_d$  : Dış çap (m)

$L$  : Boru uzunluğu (m)

Sürekli rejimde olan yalıtımlı borularda ısı kaybı yukarıdaki formüle göre hesaplanır.

# Kazan Dairelerinde Isı Yalıtımı

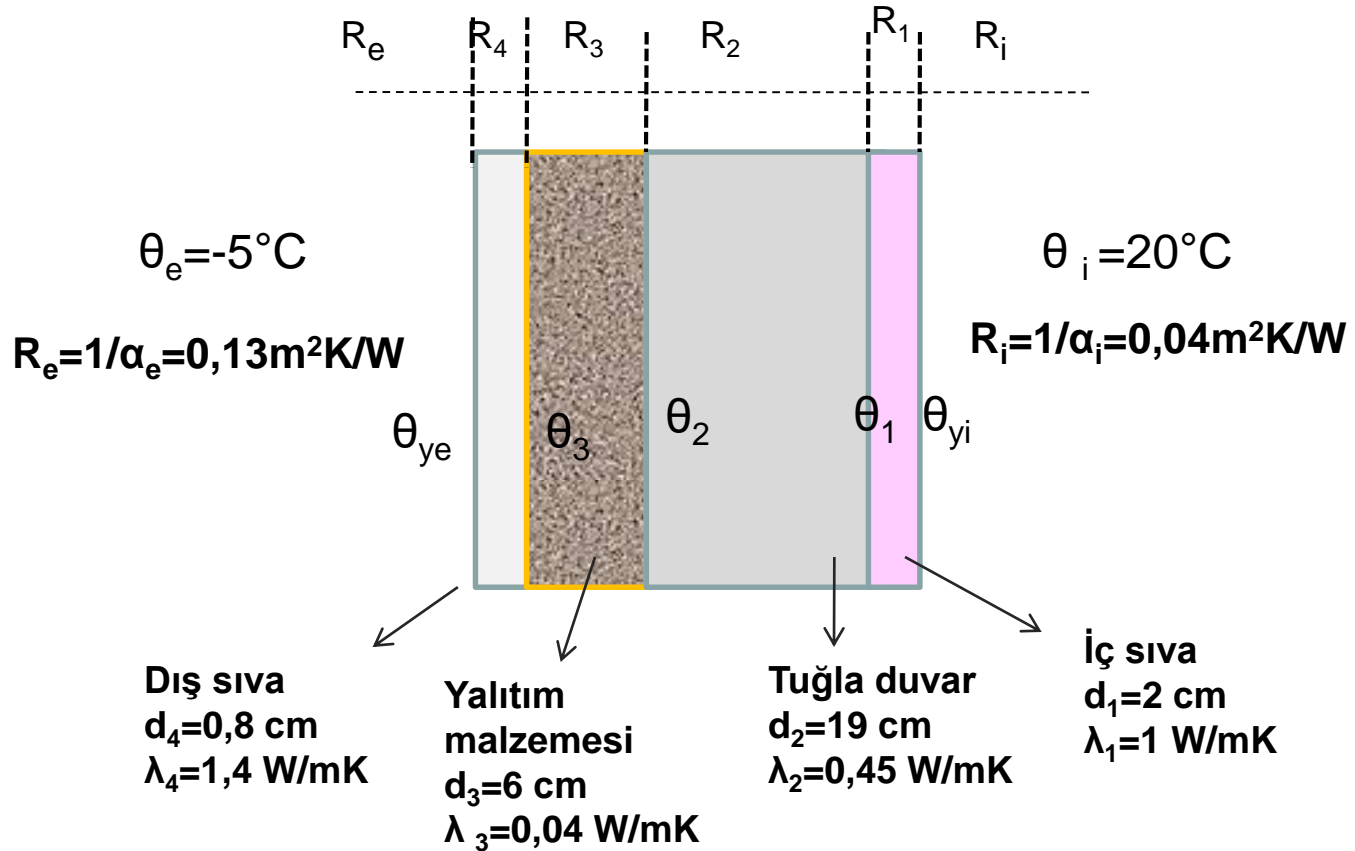


# Klima Kanallarında Isı Yalıtımı

Şartlandırılan mekanların içerisinde yer alan kanallar, ısıl direnci  $0,6 \text{ m}^2\text{K/W}$ 'dan küçük olmayacak şekilde yalıtılır. Diğer mekanlarda yer alan ve yalıtılması gereken kanalların ısıl direnci  $1,2 \text{ m}^2\text{K/W}$ 'dan küçük olmayacak şekilde yalıtılır.



## Örnek 1:



- Kesiti verilen duvara ait  $U$  değerini ve  $\text{m}^2$  'de duvardan geçen ısı kaybını hesaplayınız?
- Duvara ait  $\theta_3$  sıcaklık değerini hesap ediniz.
- Duvarda 6 cm yalıtım malzemesi kullanılmaması durumunda  $\text{m}^2$  yüzeyden kaybedilen ısı miktarını hesaplayınız.

$$Q = \underbrace{1 / \left( \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_{siva}}{\lambda_{siva}} + \frac{d_{tugla}}{\lambda_{tugla}} + \frac{d_{izolasyon}}{\lambda_{izolasyon}} + \frac{d_{siva}}{\lambda_{siva}} + \frac{1}{\alpha_d} \right)}_U * \underbrace{(T_d - T_i)}_{\Delta T} * A$$



**a) Kesiti verilen duvara ait U değerini ve m<sup>2</sup> de duvardan geçen ısı kaybını hesaplayınız**

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{d_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_e} = R_i + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_e$$

$$\frac{1}{U} = 0,13 + \frac{0,008}{1,4} + \frac{0,06}{0,040} + \frac{0,19}{0,45} + \frac{0,02}{1,0} + 0,04$$

$$\frac{1}{U} = 0,13 + 0,006 + 1,5 + 0,42 + 0,02 + 0,04$$

$$1/U = 2,116 \text{ m}^2\text{K/W} \quad \text{ise} \quad U = 1 / 2,116$$

$$\mathbf{U = 0,47 \text{ W / m}^2\text{K}}$$

$$q = U \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$q = 0,47 \times (20 - (-5))$$

$$\mathbf{q_{yalıtımlı} = 11,75 \text{ W/m}^2}$$

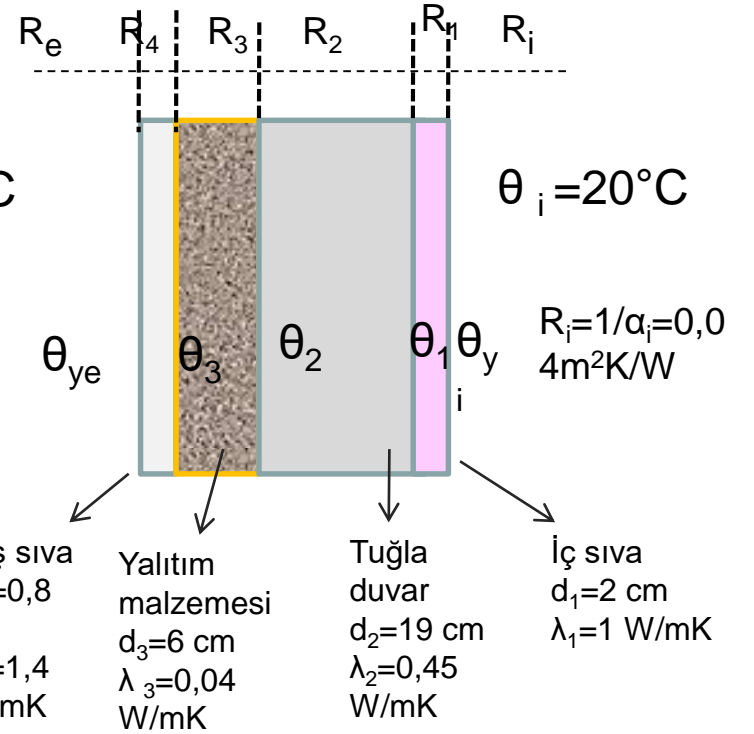
**b) Kesiti verilen duvara ait  $\theta_3$  sıcaklık değerini hesaplayınız**

$$\theta_3 = \theta_e + \frac{R_e + R_4}{R_T} (\theta_i - \theta_e)$$

$$\theta_e = -5^\circ\text{C}$$

$$R_e = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\theta_3 = \theta_e + \frac{R_e + R_4}{R_e + R_4 + R_3 + R_2 + R_1 + R_i} (\theta_i - \theta_e)$$



$$\theta_3 = -5 + \frac{0,04 + 0,006}{2,116} (20 - (-5)) = -3,39^\circ\text{C}$$

c) Duvarda yalıtım olmaması durumunda  $m^2$  yüzeyden kaybedilen ısı miktarını ve yalıtımlı ve yalıtımsız durum arasındaki farkı bulunuz

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{d_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_e} = R_i + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_e$$

$$\frac{1}{U} = 0,13 + \frac{0,008}{1,4} + \frac{0,19}{0,45} + \frac{0,02}{1,0} + 0,04$$

$$\frac{1}{U} = 0,13 + 0,006 + 0,42 + 0,02 + 0,04$$

$$1/U = 0,616 \text{ m}^2\text{K/W} \quad \text{ise} \quad U = 1 / 0,618$$

$$U = 1,62 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$$

$$q = U \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

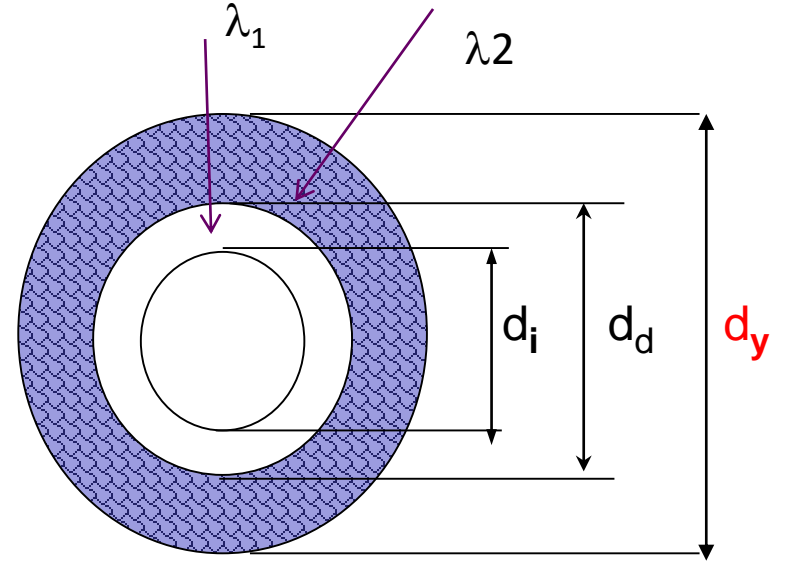
$$q_{\text{yalıtımsız}} = 1,62 \times (20 - (-5)) = 40,5 \text{ W/m}^2$$

$$q_{\text{yalıtımlı}} - q_{\text{yalıtımsız}} = 40,5 - 11,75$$

$$= 28,75 \text{ W/m}^2$$

## Örnek 2:

Boru uzunluğu 40 m olan 89 x2 mm çapında borunun içinden 190°C buhar geçmektedir. Dış ortam sıcaklığı +15 °C dir. Boru, ısı iletim katsayısı 0,035 W/mK olan yalıtım malzemesi ile 8 cm kalınlıkta yalıtıldığına göre 1 gündeki yakıt tasarrufu ne kadar olur?



L:	40 m
$d_i$ :	87 mm
$d_d$ :	89 mm
$\alpha_i$	2000 W/m <sup>2</sup> K
$\alpha_d$ :	25 W/m <sup>2</sup> K
$\Lambda$ :	45 W/mK
$t_i$ :	190 °C
$t_d$ :	15 °C
$\eta$ :	% 90
Hu:	8250 kcal/m <sup>3</sup>
h:	2800 saat/yıl

**Boru ısı iletim katsayısı = 40 W/mK**

**Boru iç yüzeyi ısı taşınım katsayısı = 2000 W/m<sup>2</sup>K**

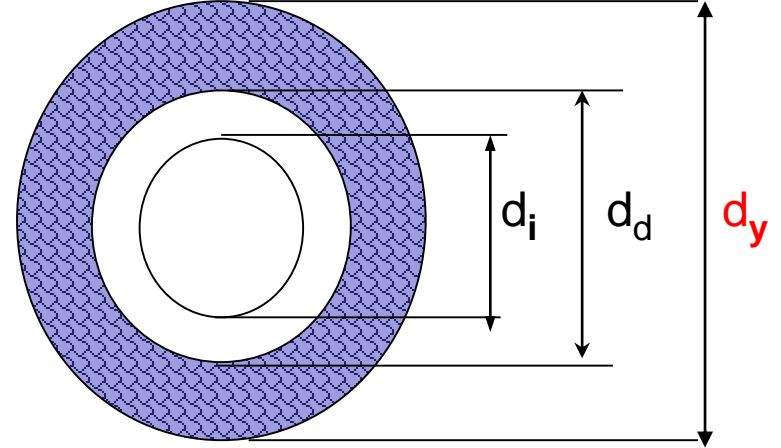
**Boru dış yüzey ısı taşınım katsayısı = 15 W/m<sup>2</sup>K**

**Yakıt Isıl değeri = 8250 kcal/m<sup>3</sup> (4,18.10<sup>4</sup> kJ/kg)**

**Yanma verimi = %90**

## Çözüm :

$$Q = \frac{\pi x L x (t_i - t_d)}{\frac{1}{\alpha_i x d_i} + \frac{1}{2 x \lambda} x \ln \frac{d_d}{d_i} + \frac{1}{\alpha_d x d_d}}$$



$$Q = \frac{\pi x 40 x (190 - 15)}{\frac{1}{2000 x 0,087} + \frac{1}{2 x 45} \ln \frac{0,089}{0,087} + \frac{1}{25 x 0,089}}$$

$$Q = 48262,08 \text{ W}$$

L:	40 m
d <sub>i</sub> :	87 mm
d <sub>d</sub> :	89 mm
α <sub>i</sub> :	2000 W/m <sup>2</sup> K
α <sub>d</sub> :	25 W/m <sup>2</sup> K
λ :	45 W/mK
t <sub>i</sub> :	190 °C
t <sub>d</sub> :	15 °C
η :	% 90
H <sub>u</sub> :	8250 kcal/m <sup>3</sup>
H :	2800 saat/yıl

**Boru, 8 cm kalınlıkta, ısı iletim katsayısı 0,035 W/mK yalıtım malzemesi ile yalıtılırsa günlük yakıt tasarrufu ne kadar olur?**

$$Q = \frac{\pi L (t_i - t_d)}{\frac{1}{\alpha_i d_i} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_d}{d_i} + \frac{1}{2\lambda_y} \ln \frac{d_{yd}}{d_{yi}} + \frac{1}{\alpha_d d_d}}$$

$$Q = \frac{\pi \times 40 \times (190 - 15)}{\frac{1}{2000 \times 0,087} + \frac{1}{2 \times 45} \ln \frac{0,089}{0,087} + \frac{1}{2 \times 0,035} \ln \frac{0,249}{0,089} + \frac{1}{25 \times 0,089}} = 1450,82$$

$$Q = 1450,82 \text{ W}$$

$$Q_{\text{tasarruf}} = Q_{\text{yalıtımsız}} - Q_{\text{yalıtımlı}}$$

$$Q_{\text{tasarruf}} = 48262,08 - 1450,82$$

$$Q_{\text{tasarruf}} = 46,81 \text{ kW}$$

## Yakıt tasarrufu

Yakıt ısı değeri :  $8250 \text{ kcal/m}^3 = 3,45 \times 10^4 \text{ kJ/m}^3 = 9,60 \text{ kW/m}^3$

Yanma verimi : % 90

$$= \frac{(Q_{\text{yalitimsiz}} - Q_{\text{yalitimli}}) \times 24 \text{ saat}}{H_u \times \eta_{\text{kazan}}}$$

$$= \frac{[(46,81) \text{ kW} \times (3600 \text{ sn/saat})]}{3,45 \times 10^4 (\text{kJ/m}^3) \times 0.90}$$

$$m = 54 \text{ m}^3/\text{gün}$$

1 kcal = 4,18 kJ (birim saniyedir)

