

BÖLÜM IX

ISI VE SES ÖZELLİKLERİ

9.1- Termik ve Akustik Özellikler :

Termik (Yun. Fr. Thermic) özellikler ısı ile ilgilidir. Isı enerjisi odun, kömür, akaryakıt, bütangazı, fuel oil vs. gibi yanıcı maddelerin yakılmasından ya da güneş ışınları ve elektrik akımından elde edilir. Isı enerjisi Cal ile ölçülür. 1 Cal. 1 gr suyun sıcaklık derecesini 1° C artıran ısı enerjisidir. Çok küçük olduğundan,

$$1000 \text{ Cal} = 1 \text{ kCal (Kilokalori)}$$

kullanılır. Isı enerjisi bulunduğu ortamın sıcaklığını artırır. Sıcaklık derecesi Türkiye'de santigrad derece ile ölçülür. Suyun donması 0°C, kaynaması ise 100°C dir.

Isının Etkisi : Normal sıcaklıkta ısı enerjisi malzemenin deformasyonuna sebep olur. Buna genleşme adı veriyoruz. Diğer önemli bir özellikte elde edilen ısı enerjisi yapıları ısıtır. Bu enerjinin hacimlerde daha fazla kalması, yani kolayca dışarı çıkması istenir. Buda burada kullanılan malzemenin ısı iletim özelliğine bağlıdır. Bunlar normal sıcaklıklarda (100°C altında) olan olaylardır.

Sıcaklık derecesi 100°C üstüne çıktığında ise malzeme bünyesinde çeşitli fiziksel ve kimyasal olaylar meydana gelir. Şöyleki ;

- a) Ahşap derhal yanar, bunu önlemekte mümkün değildir.
- b) Beton içindeki çimento kimyasal değişime uğrayıp büzülür ve taşıyıcılığını kaybeder (600°C civarlarındadır.),
- c) Magmatik taşlar, kalkerler 600-900° civarında önemli kimyasal değişikliğe uğrar, taşıyıcılığını kaybeder,
- d) Çelik ise 1000°C civarlarında yumuşayıp mukavemetini kaybetmektedir.
- e) Kurutulmuş kil bu sıcaklıkta pişerek tuğla olmaktadır. Isı enerjisi tesiri ile diğer metaller ise kristal şebekeleri bozulmakta ve erimmektedirler.

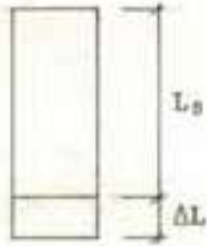
Bazı metallerin Erime ve Kaynama dereceleri şöyledir.

Metal	Erime °C	Kaynama °C
Kalay	282 °C	2260 °C
Kurşun	327 °C	1125 "
Çinko	419 °C	906 "
Aluminyum	658 °C	1800 "
Bakır	1083 °C	2310 "
Nikel	1452 °C	2200 "
Demir	1530 °C	3000 "
Krom	1800 °C	2200 "

Aşağıda ise yanıcı maddelerin 1 kg yandığı zaman verdiği kCal ise verilmiştir.

Fuel oil	9000 kCal
Motorin	11000 "
Linyit	3500 "
Taş kömürü	7000 "

9.2- Isı Genleşmesi :



Şekil : 96

Sıcaklık derecesinin artması ile cismin boyunda ΔL kadar bir uzama meydana gelmektedir.

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

Burada Δt °C sıcaklık artışı, L_0 ilk boy ve α ise, malzemenin genleşme katsayısıdır. Birimi $\text{cm}/\text{cm}^\circ\text{C}$

Termik birim uzama ise,

$$e_t = \frac{\Delta L}{L_0} = \alpha \cdot \Delta t$$

α genleşme katsayısı bazı malzemelerde;

Malzeme	α $\text{cm}/\text{cm}^\circ\text{C}$	α $\text{cm}/\text{cm}^\circ\text{C}$	
Ahşap	4×10^{-5}	Tuğla	9×10^{-6}
Çelik	12×10^{-6}	Cam	9×10^{-6}
Beton	12×10^{-6}	Granit (taş)	8×10^{-6}
Bakır	17×10^{-6}		
Aluminyum	23×10^{-6}		
Çinko	33×10^{-6}		

Görüldüğü gibi beton ve çelik aynı genleşme özelliğine sahip yani betonarme ısı genleşmesi yönünden bir homogen malzeme gibidir. Betonarme için bu büyük bir avantajdır.

Sıcaklık arttığı zaman malzemenin iki ucu serbest ise $e_t = \alpha \cdot \Delta t$ kadar uzama yapar.

Malzeme iki ucundan tesbit edilmiş ve uzaması engellenmiş ise malzeme uzayamaz ve basınç gerilmesi doğar. Buna ısı gerilmesi adı verilir.

Bunun değeri;

$$\sigma = e_t \cdot E = E \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

Burada E malzemenin elastisite modülüdür. Bunu şöyle düşünebiliriz, tesbitten dolayı uzayamadığı miktar basınçtan dolayı kısalmış düşünülebilir.

Isı genleşmesi geniş açıklıklı çerçevelerde, demiryolu raylarında ve geniş meydan betonlarında göz önüne alınmalıdır.

Problem 9.1- Bir çelik profil üzerinde $+20^\circ\text{C}$ hassas olarak ölçülen 1 mt lik boyun $+70^\circ\text{C}$ 0,06 cm uzadığı görülüyor. Çeliğin genleşme katsayısı nedir?

Birim uzama ;

$$e_t = \frac{\Delta l}{L_0} = \frac{0,06}{100} = 6 \times 10^{-4}$$

$$e_t = \alpha \cdot \Delta t \rightarrow \alpha = \frac{e_t}{\Delta t} \quad \Delta t = 70 - 20 = 50^\circ\text{C}$$

olduğuna göre,

$$\alpha = \frac{6 \times 10^{-4}}{50} = 12 \times 10^{-6} \text{ cm/cm}^\circ\text{C}$$

Problem : Bir demiryolu rayında 10 mt bir derz yapılıyor. $\Delta t = 50^\circ\text{C}$ sıcaklık artışında, genleşme katsayısı $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ cm/cm}^\circ\text{C}$ olduğuna göre,

a) Bu ray serbestçe kaç cm genleşme yapar.

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

$$\Delta L = 1000 \text{ cm} \cdot 12 \times 10^{-6} \times 50 = 0,6 \text{ cm bulunur.}$$

b) Rayın hiç genleşmesine izin verilmez ise ısı gerilmesi nedir?

$$E = 2100.000 \text{ kg/cm}^2$$

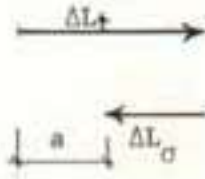
olduğuna göre

$$\sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

$$\sigma = 2.1 \times 10^6 \times 12 \times 10^{-6} \times 50 = 1260 \text{ kg/cm}^2$$

Çeliğin $\sigma_{em} = 1400 \text{ kg/cm}^2$ olduğuna göre çıkan gerilmenin büyüklüğü anlaşılacaktır.

c) Raylar arasındaki derz aralığı ne olsunki meydana gelen ısı gerilmesi en fazla 210 kg/cm^2 olsun.



Rayın uç noktasının deplasmanı şekildeki gibidir.

ΔL_t : Termik uzama

ΔL_σ : Isı gerilmesinden kısıalma

a : Derz aralığı

$$a = \Delta L_t - \Delta L_\sigma \quad L_0 \text{ bilinürse}$$

$$\frac{a}{L_0} = \frac{\Delta L_t}{L_0} - \frac{\Delta L_\sigma}{L_0} = e_t - e_\sigma \quad e_t = \alpha \cdot \Delta t \quad e_\sigma = \frac{\sigma}{E}$$

$$\frac{a}{L_0} = \alpha \cdot \Delta t - \frac{\sigma}{E}$$

$$a = L_0 \alpha \Delta t - L_0 \frac{\sigma}{E}$$

değerler yerine konursa,

$$L_0 = 1000 \text{ cm} \quad \alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ cm/cm}^\circ\text{C} \quad \Delta t = 50^\circ\text{C} \quad \sigma = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$a = 1000 \times 12 \times 10^{-6} \times 50 - 1000 \frac{210}{2.1 \times 10^6} = 0.6 - 0.1 = 0.5 \text{ cm}$$

bulunur.

Problem 9.2- Bir uçak alanı kare şeklinde beton plaklarla kaplanacaktır. Plaklar arasında 0.5 cm derz bırakılacaktır. $\Delta t = 25^\circ\text{C}$ sıcaklık artışında meydana gelen ısı gerilmesinin en çok $\sigma = 21 \text{ kg/cm}^2$ olması için kare plakların boyu ne olmalıdır.

$$E = 2.1 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2 \quad \alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ cm/cm}^\circ\text{C}$$

$$\frac{a}{L_0} = \alpha \cdot \Delta t - \frac{\sigma}{E}$$

$$\frac{a}{L_0} = 12 \times 10^{-6} \times 25 - \frac{21}{210000} = 3 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-4} = 2 \times 10^{-4}$$

$$\frac{a}{L_0} = 2 \times 10^{-4} \quad a = 0.5 \text{ cm} = 5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

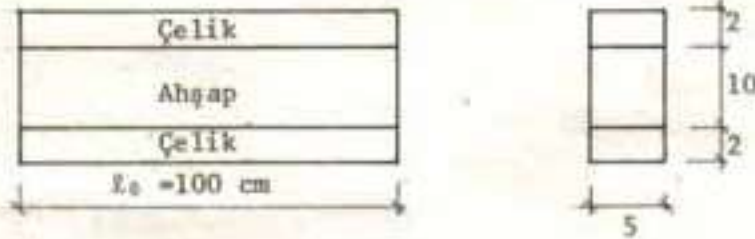
$$L_0 = \frac{a}{2 \times 10^{-4}} = \frac{5 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-4}} = 25 \text{ metre bulunur.}$$

Eğer derz konulmamış olsa ise gerilmesi,

$$\sigma = E\alpha\Delta t = 210.000 \times 12 \times 10^{-6} \times 25 = 63 \text{ kg/cm}^2$$

$\sigma_{em} = 60 \text{ kg/cm}^2$ olduğuna göre çıkan gerilme büyük bir gerilmedir.

Problem 9.3-



Şekil : 97

Şekildeki ahşap ve çelik birlikte çalışıyor.

Ahşabın genleşme katsayısı $\alpha_1 = 4 \times 10^{-5} \text{ cm/cm}^\circ\text{C}$

Çeliğin genleşme katsayısı $\alpha_2 = 12 \times 10^{-6}$

Ahşabın elastisite modülü $E = 1 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$

Çeliğin elastisite modülü $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

a) Gerilme ve deformasyonlar Hooke kanununa uyduğuna göre bu farklı iki malzemenin $\Delta t = 50^\circ\text{C}$ ısı farkında boyu ne olur.

b) Farklı bu iki malzeme aynı genleşmeyi yaptığında meydana gelen basınç ve çekme gerilmeleri nedir.

Cözüm : Ahşap serbest genleşse uzama;

$$\Delta L = l_0 \times \Delta t \cdot \alpha = 100 \times 50 \times 4 \times 10^{-5} = 0.2 \text{ cm.}$$

Ahşabın boyu $L = l_0 + \Delta L = 100 + 0.2 = 100.2 \text{ cm}$ olacak.

Çelik serbest genişleme uzama,

$$\Delta L = \ell_0 \times \Delta t \cdot \alpha = 100 \times 50 \times 12 \times 10^{-6} = 0.06 \text{ cm}$$

Çeliğin boyu,

$$L = \Delta L + \ell_0 = 100 + 0.06 = 100.06 \text{ cm}$$

Ahşap, çelikten fazla genişleme yaptığından, müşterek boy L_1 ise, ahşap bu kadar uzayamayacak, çelikten dolayı kısalma ve basınç gerilmesi doğacak,

Ahşapta birim kısalma,

$$e = \frac{100.2 - L_1}{100.2}$$

Basınç gerilmesi,

$$\sigma = e \cdot E = \frac{100.2 - L_1}{100.2} \times 10^5$$

Basınç kuvveti ise,

$$P = F \cdot \sigma = \frac{100.2 - L_1}{100.2} \times 10^5 \times 5 \times 10 = 5 \times 10^6 \frac{100.2 - L_1}{100.2}$$

Çelikte ise meydana gelen uzama,

$$e = \frac{L_1 - 100.06}{100.06}$$

Çekme gerilmesi,

$$\sigma = e \cdot E = \frac{L_1 - 100.06}{100.06} \times 2.1 \times 10^6$$

Çekme kuvveti ise,

$$P = \sigma \cdot F = \frac{L_1 - 100.06}{100.06} \times 2.1 \times 10^6 \times 4 \times 5 = 42 \times 10^6 \frac{L_1 - 100.06}{100.06}$$

Kuvvetlerin eşitliğinden,

$$5 \times 10^6 \frac{100.2 - L_1}{100.2} = 42 \times \frac{L_1 - 100.06}{100.06} \times 10^6$$

İçler dışlar çarpımından,

$$42 \times 100.2 (L_1 - 100.06) = 5 \times 100.06 (100.2 - L_1)$$

$$L_1 = \frac{471.222,5}{4708,7} = 100.075 \text{ cm}$$

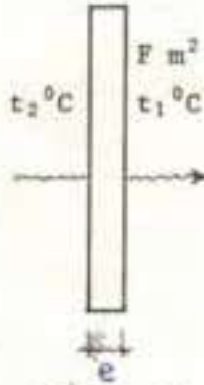
Ahşapta basınç gerilmesi,

$$\sigma = \frac{100.2-100.075}{100.2} \times 10^5 = 125 \text{ kg/cm}^2$$

Çelikteki çekme gerilmesi ,

$$\sigma = \frac{100.075-100.06}{100.06} \times 2.1 \times 10^6 = 315 \text{ kg/cm}^2$$

Her iki gerilmeye malzemeyi kırmaz.



Şekil : 98

9.3- Isı İletimi :

Duvar, döşeme gibi bir yapı malzemesi numunesi düşünelim. Bunun alanı $F \text{ m}^2$ kalınlığı e metre olsun. Isı derecesi bir tarafta t_2 , diğerinde t_1 olsun. $t_2 > t_1$ olsun.

Isı enerjisi yüksekte düşüğe doğru malzeme içinden geçerek malzemenin diğer yüzüne geçer. Akan ısı enerjisi,

$$Q = \lambda \frac{F \cdot \Delta t}{e}$$

formülü ile hesaplanır.

Burada F : yüzey (m^2) olarak, $\Delta t = t_2 - t_1$ ısı farkı santigrad derece ile e : elemanın kalınlığı (m), Q : ısı enerjisi kCal/h olarak ölçülür.

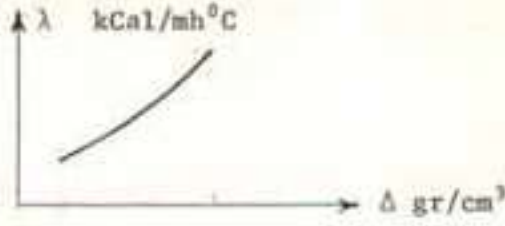
λ ise her malzemenin özelliğine göre ayrı değer alan ısı iletkenlik katsayısıdır. Deneyle bulunur. Isı iletkenlik katsayısı $\text{kCal/mh}^\circ\text{C}$ olarak ölçülür ve şöyle tarif edilir. Alanı 1 m^2 ve kalınlığı 1 metre olan bir malzemenin iki yüzü arasındaki sıcaklık farkı 1°C iken bir saatte geçen kCal cinsinden ısı enerjisine iletkenlik katsayısı denir.

Yapılarda sık sık karşılaştığımız malzemenin ısı iletkenlik katsayıları, Avrupa Normlarına ve İmar İskan Bakanlığı Yapı Malzemesi Genel Müdürlüğünce yapılan deneylere göre aşağıdaki gibi verilmiştir.

İletkenlik katsayısı (λ) düşük malzemeye yalıtkan, iletkenlik katsayısı büyük olanlara iletken malzeme denir. Mühendislikte yalıtkan malzemeler aranır.

Isı iletkenlik katsayısı ile Δ birim ağırlığı arasında bağıntı bulunmakta, birim ağırlığı azaldıkça yani malzeme boşluklu ve hafif oldukça ısı iletkenlik katsayısı azalmaktadır.

Malzeme	Birim hacim ağırlığı (kg/m³)	Isı iletkenlik katsayısı
Tuğla Duvar:		
Dolu tuğla duvar	1800	0,68
Delikli tuğla duvar	1000	0,40
	1200	0,45
	1400	0,52
	1600	0,60
Beton Grobeton	2200	1,30
B 160 (B. arme)	2400	1,75
B 225 (B. arme)	2400	2,00
Hafif agregalardan yapılmış beton (hafif beton)	800	0,29
	1000	0,36
	1200	0,45
	1400	0,55
Siva veya tuğla harcı : Alçı	1600	0,70
	1600	0,60
	1700	0,70
	2000	1,20
Asbestli çimento plaklar: (Eternit ve esaslı)	1900	0,35
Briket duvarlar	1000	0,50
	1200	0,55
	1400	0,60
Taşlar : Kalker ve kumtaşı	2300	1,50
	2700	2,90
Ahşap :		
İğne yapraklı (çam)	600	0,13
Sert ağaç (meşe, gürgen, vs.)	800	0,17
Ahşap elyaflı - çimento - tahta	800	0,24
Mantar plâk	200	0,045
	250	0,055
	400	0,090
Kumdan hafif plâk	100-200	0,055
Elyafli izolasyon malzemesi (cam yünü)	14-80	0,035
Kerpiç sıması	1700	0,60
	1200	0,40
Kıym	1750	0,62
Çakıl (mscır)	1800-1900	0,70
Çuruf	1000	0,24
Asfalt	2100	0,60
Bitüm	1000	0,15
Çelik	7850	35,50
Çam	3500	0,60
Kurşun	11300	51
Alüminyum	2700	175
Bakır	8000	350
Çinko	7100	95



Sekil : 99

$$Q = \lambda \cdot \frac{F \cdot \Delta t}{e}$$

denklemini

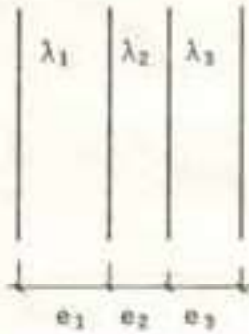
$$q = \frac{Q}{F} = \lambda \cdot \frac{\Delta t}{e}$$

yazılırsa, burada q, kCal/m²h 1 m² yüzeyden 1 saatte geçen kCal ısı enerjisidir.

$$q = \frac{\Delta t}{\frac{e}{\lambda}}$$

bulunur.

Duvar ve teraslar genellikle birkaç çeşit malzemeden meydana gelir, Formül tek bir malzeme içindir. Çeşitli kalınlık ve iletkenlik sayıları olan malzemelerde ise formül.



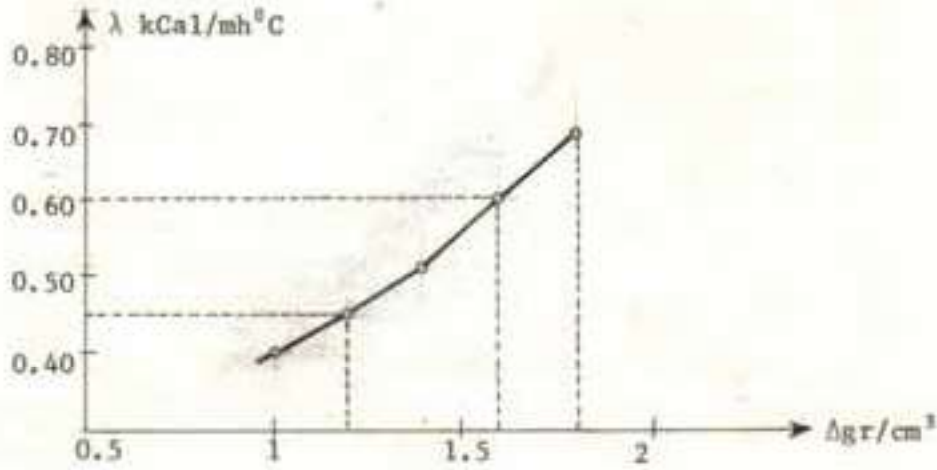
$$q = \frac{\Delta t}{\frac{e_i}{\sum \lambda_i}}$$

Şekil : 100

Hava tabakası kalınlığına göre ısı yalıtım görevi görmektedir.

Hava tabakasının kalınlığına göre (cm) $D = \frac{e}{\lambda}$ değeri m²h°C/kCal

Hava tabakası yönü	1	2	4	6	10	15	20
Düğey	0.18	0.20	0.21	0.21	0.21	0.20	0.20
Yatay	0.16	0.18	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19



Şekil : 101 - Tuğla duvarların birim ağırlığına göre ısı iletkenlik katsayısı

Burada,

$$\Sigma \frac{e_i}{\lambda_i} = \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{e_n}{\lambda_n}$$

Şekildeki 3 tabakalı elemanda,

$$\Sigma \frac{e_i}{\lambda_i} = \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3}$$

$D = \Sigma \frac{e_i}{\lambda_i}$ ifadesine tabakalı elemanın denk ısı direnci adını veriyoruz. Denk ısı direncinin duvar ve teraslarda ne olacağı ve nasıl hesaplanacağı gösterilecektir. Birimi $m^2h^{\circ}C/kCal$.

$\frac{1}{\Lambda} = \Sigma \frac{e_i}{\lambda_i}$ ifadesindeki Λ ise tabakalı elemanın denk ısı iletkenliğidir. Birimi $kCal/m^2h^{\circ}C$ buna göre formülü,

$$q = \frac{\Delta t}{D} = \frac{\Delta t}{\frac{1}{\Lambda}} = \Delta t \cdot \Lambda \quad \text{olmaktadır.}$$

Yapıların ısıtılmasında yakıt hesaplanırken havanın dönüş hareketi (konveksiyonu) göz önüne alınmalıdır. Kapalı yerde hava konveksiyon sayısı (α_n) hava akımı yatay ve yukarı olduğunda $\alpha_n = 7 kCal/m^2h^{\circ}C$ alınabilir.

Dış havada her yönde hava hareketinde $\alpha_0 = 20 kCal/m^2h^{\circ}C$ alınabilir.

Hava konveksiyonları da göz önüne alınarak tabakalı bir elemanın ısı geçirgenliği,

$$q = \frac{\Delta t}{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_s}}$$

yukarıdaki formülde,

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_n} + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_s}$$

alınırsa burada $k \text{ Cal/m}^2 \text{ h}^\circ \text{C}$ birimindeki k sayısı tabakalı elemanın hava konveksiyonu göz önüne alınarak bulunmuş denk ısı iletkenliğidir, bu zaman denklemi,

$$q = k \cdot \Delta t$$

9.4- Yapıların Isıtılması :

Yapılarda iç sıcaklık insanın rahat beden ve fikir çalışması yapabilmesi için $20-22^\circ \text{C}$ olmalıdır. Dış sıcaklık ise iklim bölgelerindeki kış sıcaklık ortalamalarından alınır.

Türkiye iklim bölgelerine göre şöyle gruplanır :

1- Soğuktan korunmayı gerektirmiyen bölgeler, Akdeniz - Ege kıyıları - Kıbrıs. (Sıcaklık ortalama 10°C).

2- Soğuktan korunmayı gerektiren bölgeler:

I- Marmara - Karadeniz kıyıları (Sıcaklık ortalaması 6°C). Düşük sıcaklık -5°C kadar.

II- İç Anadolu (Sıcaklık ortalaması 0°C). Düşük sıcaklık -15°C kadar.

III- Doğu Anadolu (Sıcaklık ortalaması -10°C) Düşük sıcaklık -30°C kadar.

Burada, İç Anadolu (Konya) $\Delta t = 20^\circ \text{C}$ alınabilir.

Yukarıda gösterilen bölgelerde duvar ve teras çatıların ısı direçlerinin ne olacağı aşağıda verilmiştir.

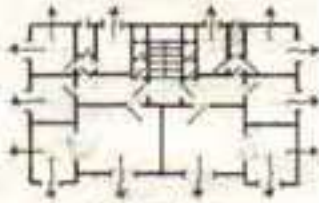
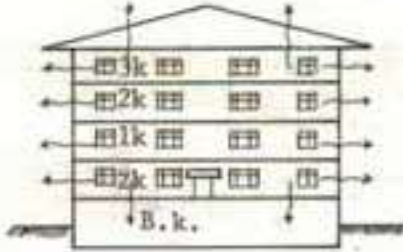
Eleman	$D \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/kCal}$	I	II	III
Dış duvarlar		0.40	0.60	0.80
İç duvarlar		0.20	0.30	0.40
Teras döşemeler		1.00	1.00	1.00
Üzeri çatı ile örtülü tavanlar		0.40	0.55	0.55
Isıtılmayan bodrum üzeri döşer		0.40	0.60	0.90
Zemine oturan döşemeler		0.65	0.80	1.00
Açık geçit üzeri döşemeler		1.15	1.75	2.30

Yapılarda kullanılan elemanların dirençleri verilen değerlere eşit veya daha fazla ise yapının ısıtılması ekonomik ve kullanılması rahat ve konforludur.

Yapıların ısıtılması ise;

a) Sobalı sistem : Soba yanan odanın dört duvarından, tabanından, tavanından ısı kaybı olur.

b) Merkezi sistem : Isı mülğterek bir kazan dairesinde kömür veya fuel oil yanarak elde edilir, ve diğer katları sıcak su dolaşarak ısıtır. Isı kaybı dış duvarlardan, zemin katta ilave olarak bodrum, son katlarda ise dış duvarlara ilave olarak çatıdan ısı kaybı olmaktadır.



Kat planı

Şekil : 102

Yapılarda Isının Korunması :

Bir yapının ısıtılma projesi Makina Mühendislerince yapılmaktadır. Ancak konu Mimar ve İnşaat Mühendislerince iyi bilinmelidir. Binalar projelendirilirken aşağıdaki noktalara dikkat edilmelidir.

- 1) Yapılar projelendirilirken yukarıda belirtilen ısı kaybı yüzeyleri az olacak şekilde düşünölmelidir.
- 2) Duvarlarda ısı direnci yüksek malzeme kullanılmalı, cephelerde konulacak pencereler çok büyük olmamalıdır. Pencereler çift kanatlı veya çift cam olacaktır.
- 3) Mümkünse teras düşemesinden kaçınılmalı ve çatı yapılmalıdır. Çatı-

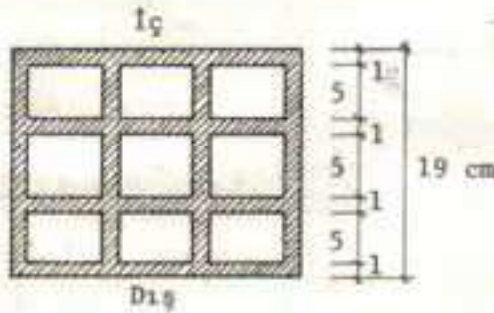
larda kiremit altına ve tabliye üstüne ısı yalıtımı sağlayacak izocam ve bol samanlı çamur kaplanmalıdır.

Ayrıca konu ülke ekonomisi ve çevre sağlığı yönünden de önemlidir.

a) Merkezi sistemlerde yakıt fuel oil ve kömür kullanılmaktadır. Kömür Türkiye'de çıkarıldığından döviz ihtiyacı olmamakta, ama fuel oil çoğu dışardan satın alındığından paramız dışarı gitmekte ve ekonomiye olumsuz etkide bulunmaktadır. Bu bakımdan yapılar yalıtım yapılarak yakıt miktarı azaltılmalıdır.

b) Ayrıca yakıtları azaltmanın bir diğer faydası çevre temizliğinde görünecek, son yıllarda özellikle Ankara ve diğer şehirlerde görülen kirli hava sorununa katkıda bulunacaktır.

Problem :



Şekil : 103

Şekildeki boşluklu tuğlanın ısı iletkenlik katsayısını bulun.

Dolu tuğlanın iletkenlik katsayısı

$$\lambda_1 = 0.60 \text{ kCal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$$

Hava boşluğunun ısı direnci (5 cm) için, (Sayfa 135 den),

$$D_1 = 0.20 \text{ m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/kCal}$$

olduğuna göre boşluklu tuğlanın ısı iletkenlik katsayısı nedir?

Sistemin ısı direnci,

$$D = \frac{e_1}{\lambda_1} + D_1$$

$$D = 4 \frac{0.01}{0.60} + 3 \times 0.20 = 0.07 + 0.60 = 0.67 \text{ m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/kCal}$$

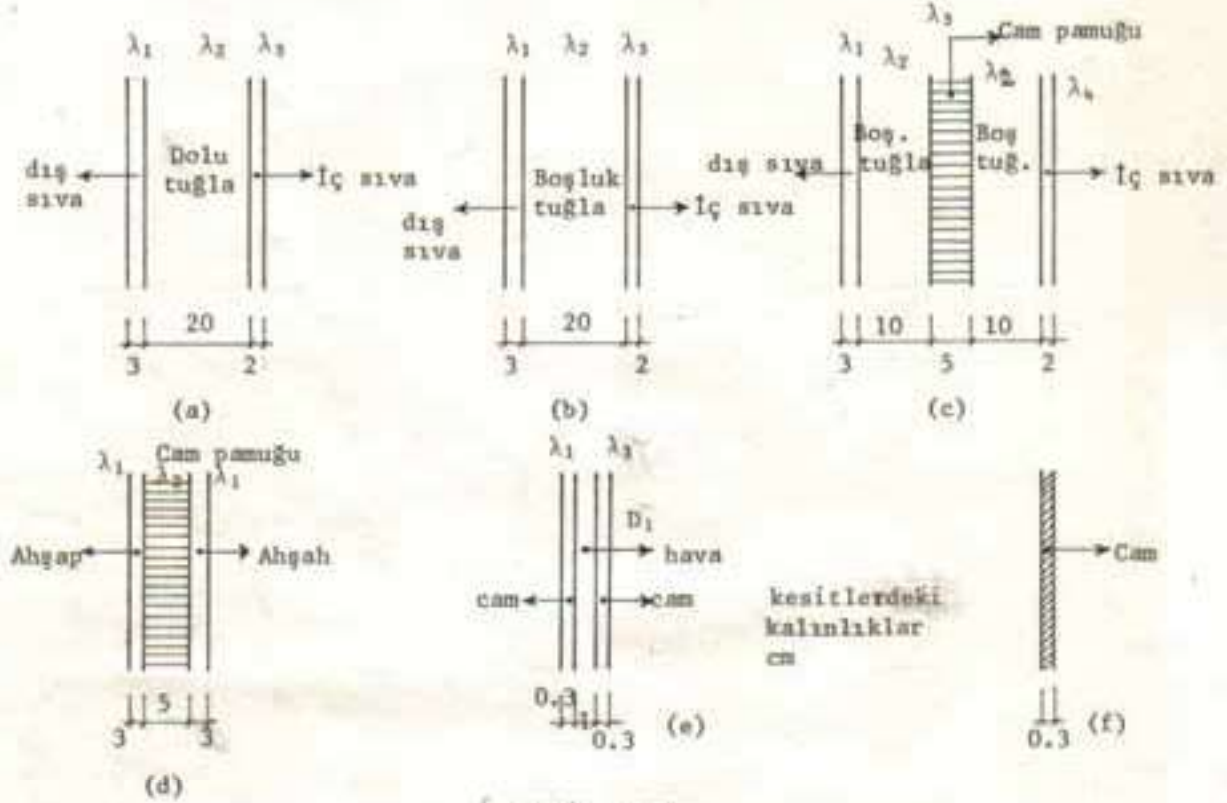
Boşluklu duvar direnci,

$$D = \frac{e}{\lambda} \quad \lambda = \frac{e}{D} = \frac{0.19}{0.67} = 0.28 \text{ kCal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$$

bulunur.

Problem 9.4- Bir binanın dış duvarları şekildeki gibidir ve alanı 60 m^2 dir. $\Delta t = 20^{\circ}\text{C}$ ısı farkında buradan geçen ısı enerjisi karşılamak için günlük kaç kg kok kömürü gereklidir. 1 kg kok yandığında 7000 kCal ısı ver-

mektedir. Ayrıca bu dış duvarların ısı dirençleri nedir. Bunlar hangi bölgelerde kullanılması uygundur.



Şekil : 104

a) Buradaki malszemelerin ısı iletim katsayısı;

Cimento Dış siva	$\lambda_1 = 1.20$ kCal/mh°C
Dolu tuğla	$\lambda_2 = 0.68$ "
Kireçli iç siva	$\lambda_3 = 0.70$ "
Dış hava konveksiyonu	$\alpha_0 = 20$ kCal/m²h°C
İç hava konveksiyonu	$\alpha_n = 7$ "

Denk ısı iletkenlik katsayısı;

$$D = \sum \frac{e_i}{\lambda_i} = \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3}$$

$$D = \frac{0.03}{1.20} + \frac{0.20}{0.68} + \frac{0.02}{0.70} = 0.025 + 0.294 + 0.029 = 0.348 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C/kCal}$$

Soğuktan korunması gereken bölgelerde kullanılmamalı,

$$D_{\min} = 0.40 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{kCal}$$

yakıt miktarı,

$$D = \frac{1}{\Lambda}$$

olduğundan,

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_n} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_g} = \frac{1}{\alpha_n} + D + \frac{1}{\alpha_g}$$

yazılabilir.

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{7} + 0.348 + \frac{1}{20} = 0.143 + 0.348 + 0.050 = 0.541 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{kCal}$$

$$k = \frac{1}{0.541} = 1.848 \text{ kCal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$q = k \cdot \Delta t = 20 \times 1.848 = 36.96 \text{ kCal}/\text{m}^2\text{h}$$

24 saatte 60 m^2 den geçen ısı enerjisi,

$$Q = 36.96 \times 60 \times 24 = 53222 \text{ kCal}$$

kok olarak yakıt miktarı,

$$\text{yakıt} = \frac{53222}{7000} = 7.60 \text{ kg}$$

b) Malzemenin iletkenlik katsayıları,

Dış sıva	$\lambda_1 = 1.20 \text{ kCal}/\text{mh}^\circ\text{C}$
Hogluklu tuğla du	$\lambda_2 = 0.40 \text{ "}$
İç sıva	$\lambda_3 = 0.70 \text{ "}$
Dış hava	$\alpha_g = 20 \text{ kCal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$
İç hava	$\alpha_n = 7 \text{ "}$

Denk ısı iletkenliği,

$$D = \frac{0.03}{1.20} + \frac{0.20}{0.40} + \frac{0.02}{0.70} = 0.025 + 0.500 + 0.029 = 0.554 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{kCal}$$

I Bölgede dış duvar olabilir.

yakıt miktarı,

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{7} + 0.554 + \frac{1}{20} = 0.143 + 0.554 + 0.050 = 0.747$$

$$k = \frac{1}{0.747} = 1.339 \text{ kCal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$q = 20 \times 1.339 = 26.78 \text{ kCal/m}^2\text{h}$$

$$\text{yakıt} = \frac{26.78 \times 60 \times 24}{7000} = 5.51 \text{ kg}$$

c) Malzemenin iletkenlik katsayıları ;

Dış sıva	$\lambda_1 = 1.20 \text{ kCal/mh}^\circ\text{C}$
Boşluklu tuğla	$\lambda_2 = 0.40 \text{ ''}$
Cam panosu	$\lambda_3 = 0.05 \text{ ''}$
İç sıva	$\lambda_4 = 0.70 \text{ ''}$
Dış hava	$\alpha_0 = 20 \text{ kCal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$
İç hava	$\alpha_1 = 7 \text{ ''}$

$$D = \frac{0.03}{1.20} + \frac{0.10}{0.40} \times 2 + \frac{0.05}{0.05} + \frac{0.02}{0.70} = 0.025 + 0.500 + 1.000 + 0.029$$

$$D = 1.554 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C/kCal}$$

Her bölgede dış duvar olur. $D = 1.554 > D_{\max} = 0.80$

yakıt miktarı,

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{7} + 1.554 + \frac{1}{20} = 0.143 + 1.554 + 0.050 = 1.747 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C/kCal}$$

$$k = 0.572 \text{ kCal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$q = k \cdot \Delta t = 0.572 \times 20 = 11.44 \text{ kCal/m}^2\text{h}$$

$$\text{yakıt} = \frac{11.44 \times 60 \times 24}{7000} = 2.35 \text{ kg/gün}$$

d) Malzemenin iletkenlik katsayıları,

Ahişap (çam)	$\lambda_1 = 0.13 \text{ kCal/mh}^\circ\text{C}$
Cam panosu	$\lambda_2 = 0.05 \text{ ''}$
Dış hava	$\alpha_0 = 20 \text{ kCal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$
İç hava	$\alpha_1 = 7 \text{ ''}$

$$D = 2 \times \frac{0.03}{0.13} + \frac{0.05}{0.05} = 1.462 > D_{\max} = 0.80$$

yakıt miktarı

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{7} + 1.462 + \frac{1}{20} = 0.193 + 1.462 = 1.655$$

$$k = 0.604 \text{ kCal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} \quad q = 20 \times 0.604 = 12.08 \text{ kCal/m}^2\text{h}$$

$$\text{yakıt} = \frac{12.08 \times 60 \times 24}{7000} = 2.48 \text{ kg}$$

e) Malzemenin iletkenlik katsayısı,

$$\text{Cam} \quad \lambda_1 = 0.60 \text{ kCal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\text{Hava} \quad D_1 = \frac{0.1}{\lambda_1} = 0.18 \text{ kCal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\text{Dış hava} \quad \alpha_0 = 20 \text{ kCal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\text{İç hava} \quad \alpha_n = 7 \quad "$$

$$D = 2 \times \frac{0.003}{0.60} + 0.18 = 0.01 + 0.18 = 0.19 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C/kCal}$$

$$\frac{1}{k} = 0.193 + 0.19 = 0.383 \quad k = 2.61 \text{ kCal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$q = 20 \times 2.61 = 52.20 \text{ kCal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\text{yakıt} = \frac{52.20 \times 60 \times 24}{7000} = 10.74 \text{ kg}$$

f) Tek cam halinde,

$$D = \frac{0.003}{60} = 0$$

kabul edilebilir.

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{7} + 0 + \frac{1}{20} = 0.143 + 0.050 = 0.193$$

$$k = 5.18 \text{ kCal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} \quad q = 20 \times 5.18 = 103.60 \text{ kCal/m}^2\text{h}$$

$$\text{yakıt} = \frac{103.60 \times 60 \times 24}{7000} = 21.31 \text{ kg}$$

Problemin yorumu : 60 m² dış cephe 100 m² lik bir ev için seçilmiştir. Bu cephenin yarısı cam kabul edilebilir.

1) Boşluklu tuğla (20 cm), 3 mm tek cam olsa,

$$\text{yakıt} = \frac{5.51 + 21.31}{2} = 13.41 \text{ kg}$$

2) Isı tecritli duvar ve çift cam olsa,

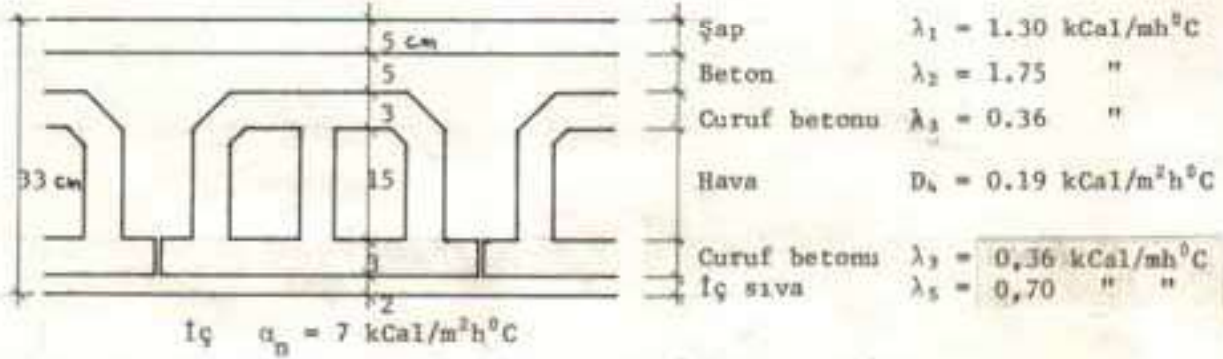
$$\text{yakıt} = \frac{2.35 + 10.74}{2} = 6.55 \text{ kg/gün}$$

3) Isı yalıtımı ve çift cam ile yakıt yarıya düşmektedir. Buna göre yıllık kok kömürü 180x6.55 = 1179 kg kok, linyit ise 2x1179 = 2358 kg çıkmaktadır.

Problem 9.5- Bir binanın teras döşemesi şekildeki gibidir. Teras alanı 100 m^2 dir. $\Delta t = 20^\circ\text{C}$ ısı farkında buradan geçen ısı enerjisini karşılamak için günlük kaç kg kömürü gereklidir. Bu terasların ısı dirençleri nedir. Bunlar hangi bölgelerde kullanılır.

Kalınlıklar cm.

a) Dış $\alpha_D = 20 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$



Şekil : 105

$$\text{Teras direnci } D = \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{e_n}{\lambda_n}$$

$$D = \frac{0.05}{1.30} + \frac{0.05}{1.75} + 2 \times \frac{0.03}{0.36} + 0.19 + \frac{0.02}{0.70}$$

$$D = 0.038 + 0.028 + 0.167 + 0.190 + 0.029 = 0.452 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C/kCal}$$

Soğuk bölgelerde bu teras yapılmamalı. $D = 0.452 < D_{\min} = 1.00$

yakıt hesabı,

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{20} + \frac{1}{7} + 0.452 = 0.193 + 0.452 = 0.645$$

$$k = 1.55 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} \quad q = 1.55 \times 20 = 31 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

$$\text{yakıt} = \frac{31 \times 100 \times 24}{7000} = 10.62 \text{ kg}$$

b) Yukarı probleme 5 cm cam pamuğu ekliyelim. Isı iletkenlik katsayısı.



Şekil : 106

$$\lambda = 0.05 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

Isı direnci

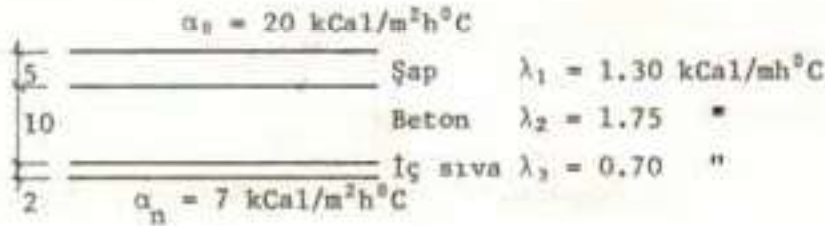
$$D = 0.452 + \frac{0.05}{0.05} = 1.452 > D = 1.00 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C/kCal}$$

$$\text{yakıt miktarı } \frac{1}{k} = 0.193 + 1.452 = 1.645$$

$$k = 0.608 \text{ kCal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C} \quad q = 20 \times 0.608 = 12.16 \text{ kCal/m}^2\text{h}$$

$$\text{yakıt} = \frac{12.16 \times 100 \times 24}{7000} = 4.17 \text{ kg}$$

c) Normal Betonarme betonu olursa,



Şekil : 107

$$D = \frac{0.05}{1.30} + \frac{0.10}{1.75} + \frac{0.02}{0.70} = 0.038 + 0.057 + 0.029 = 0.124 \text{ m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/kCal}$$

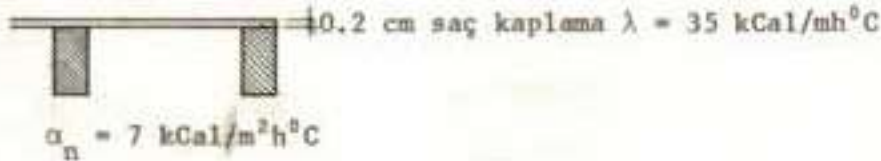
Soğuk bölgelerde uygulanması çok sakıncalıdır.

$$\frac{1}{k} = 0.193 + 0.124 = 0.317 \quad k = 3.15 \text{ kCal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$q = 20 \times 3.15 = 63 \text{ kCal/m}^2\text{h}$$

$$\text{yakıt} = \frac{63 \times 100 \times 24}{7000} = 21.6 \text{ kg}$$

$\alpha_0 = 20 \text{ kCal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$ d) Çelik saç kaplama,



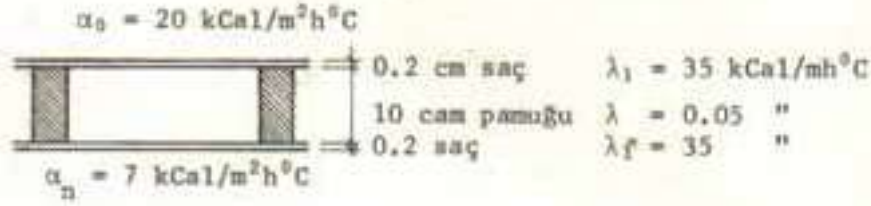
Şekil : 108

$$D = \frac{0.002}{35} = 0 \quad \frac{1}{k} = 0.193 \quad k = 5.18 \text{ kCal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$$

(Saçın ısı direnci) $q = 5.18 \times 20 = 103.60 \text{ kCal/m}^2\text{h}$

$$\text{yakıt} = \frac{103.60 \times 100 \times 24}{7000} = 35.52 \text{ kg}$$

e) İki saç levha arası Cam YÜnlü eleman.



Şekil : 109

Saçın ısı direncini yok sayarak,

$$D = \frac{0.10}{0.05} = 2 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C/kCal}$$

Her bölgede kullanılabilir. Özellikle yiyecek taşıyan treylerlerde çok iyi sonuç vermektedir.

$$\frac{1}{k} = 0.193 + 2 = 2.193 \quad k = 0.456 \quad q = 20 \times 0.456 = 9.12 \text{ kCal/m}^2\text{h}$$

$$\text{yakıt} = \frac{9.12 \times 100 \times 24}{7000} = 3.13 \text{ kg}$$

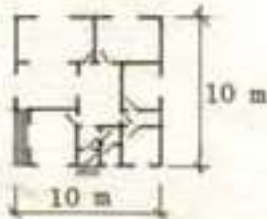
Burada ısı yalıtımının ve uygun kesit seçiminin önemi görülmektedir.

Problem 9.6- Bir meskeni $10 \times 10 = 100 \text{ m}^2$ lik kare alanda yapılacağını düşünerek ısı kaybı yönünden karşılaştırmak üzere, 48 konutlu bir siteyi.

- Tek bahçeli,
- Bir katta dört meskenli 3 katlı 4 blok
- Bir katta 4 meskenli tek blok olarak düşünleyin.



48 ev



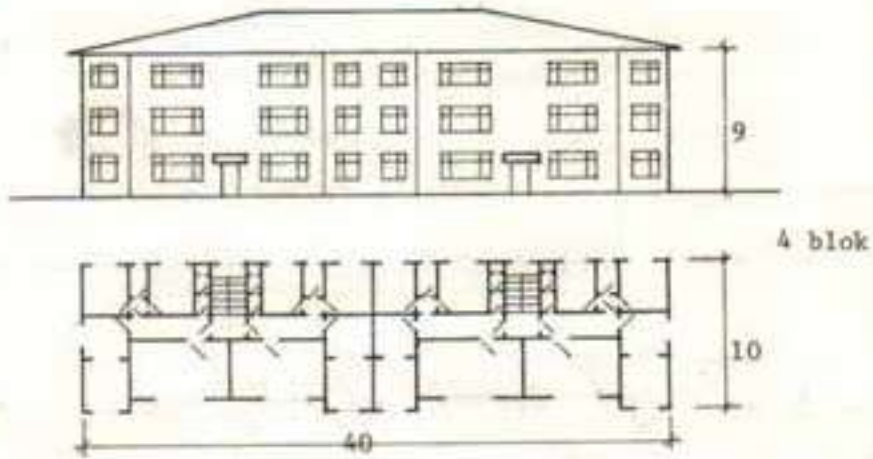
Isı kayıp alanı

	F
Dış cepheler	$48 \times 4 \times 10 \times 3 = 5760 \text{ m}^2$
Taban	$48 \times 10 \times 10 = 4800 \text{ m}^2$
Tavan	$48 \times 10 \times 10 = 4800 \text{ m}^2$
	<hr/>
	15360 m^2

$$\text{Daire başı alan} = \frac{15360}{48} = 320 \text{ m}^2$$

Şekil : 110

b)

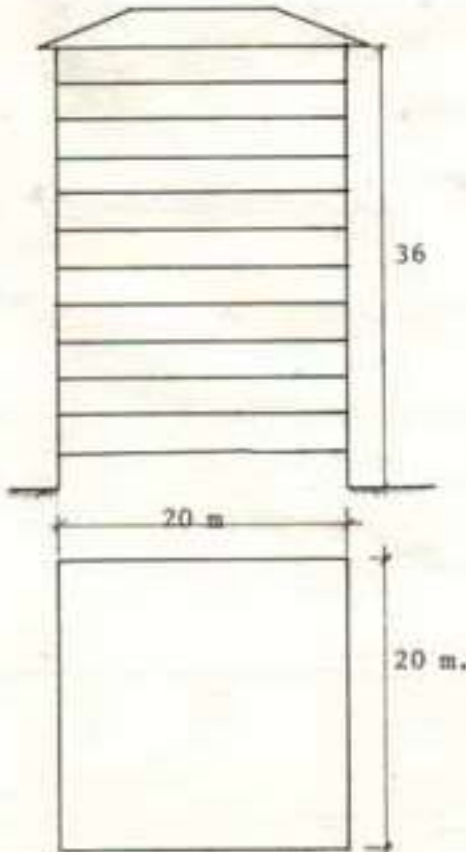


Şekil : 111

Isı kayıp alanı	F
Ön cephe	$4 \times 2 \times 40 \times 9 = 2880 \text{ m}^2$
Yan "	$4 \times 2 \times 10 \times 9 = 720 \text{ "$
Taban	$4 \times 40 \times 10 = 1600 \text{ "$
Tavan	$4 \times 40 \times 10 = 1600 \text{ "$
	<u>6800 "</u>

$$\text{Daire başı alanı} = \frac{6800}{48} = 142 \text{ m}^2$$

c) Tek blok



Isı kayıp alanı	F
Diş cephe	$4 \times 20 \times 36 = 2880 \text{ m}^2$
Taban	$20 \times 20 = 400 \text{ m}^2$
Tavan	$20 \times 20 = 400 \text{ m}^2$
	<u>3680 m²</u>

$$\text{Daire başı alan} = \frac{3680}{48} = 76.7 \text{ m}^2$$

Şekil : 112

9.5- Akustik Özellikler :

Akustik özellikler (Yun. akustikos) ses ile ilgili özelliklerdir. Ses ile ilgili yapılarda iki problem karşımıza çıkmaktadır.

1) Bir hacimde konuşulan sesler her yerden rahatça duyulmalıdır. Ses her yere gitmeli ve yansıma yapmamalıdır.

2) Bir hacimde meydana gelen sesler orada kalmalı, diğer bir hacme geçmemelidir.

Sese ait kısa fiziksel bilgi : Ses Bir dalga hareketidir. Birim alana gelen ses enerjisine "sesin şiddeti" denir. Watt/cm² ile ölçülür. Saniyedeki tekrar sayısına da "Frekans" adı verilir. Sesin şiddeti çok küçük değer olduğundan İngiliz Fizikçi Graham Bell (1847-1922) tarafından belirlenen özel bir birimle belirlenir. Bu birim Bell biriminin on katı küçük "Desibel" dir.

$$\beta = 10 \log \frac{E_1}{E_0} \quad (\text{desibel-dB})$$

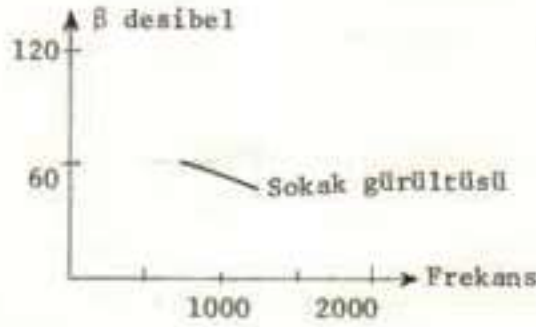
Burada E₁ yüzeye gelen ses enerjisi Watt/cm². E₀ ise insan kulağının duyabileceği en zayıf ses 10⁻¹⁶ Watt/cm²

$$\begin{aligned} E_1 &= 10^{-16} \text{ Watt/cm}^2 & \beta &= 0 \\ E_1 &= 10^{-15} & & \beta = 10 \text{ desibel} \\ E_1 &= 10^{-4} & & \beta = 120 \text{ desibel} \end{aligned}$$

Ses şiddetine göre sesler;

	β	desibel (dB)
Çok hafif	10	Fısıltı, yaprak hışırtısı
	20	Alçak konuşma
Hafif	30	Sessiz ev, özel büro sesi
	40	Alçak radyo sesi
Orta	50	Gürültülü ev
	60	Sanayi sesi
Yüksek	70	Sokak gürültüsü
	80	Kamyon gürültüsü
Çok yüksek	90	Yüksek sokak gürültüsü
	100	Ağır sanayi sesi
Sağır edi.	110	Perçin imalı
	120	Gök gürültüsü

Ses şiddeti ve Frekansı ile belirtilir. Frekans belirtilmediğinde frekans 1000 anlaşılmalıdır.



Şekil : 113

Ses dalgası havada ilerlerken bir malzeme yüzeyine çarptığında bunun α kısmı yüzey tarafından emilir, kalanı yansır, malzeme ince ise öbür tarafa geçer. Birimsiz α sayısına "ses emme katsayısı" adı verilir.

Malzeme	Ses emme katsayısı α
Beton, mermer, su yüzeyi	0.02
Cam, sıva	0.03
Tuğla duvar	0.04
Gazete kağıdı, duvar kağıdı	0.04
Marley kaplama	0.05
Fanarit (Karo)	0.07
Ahşap	0.10
Yünlü kumaş	0.30
Halı	0.50
Cam yünlü 3 cm kalınlık	0.70

Bir hacimde işitme şartlarının iyi olabilmesi için ses kaynağı kesildikten sonra sesin iç yüzeyler tarafından emilerek oda içinde sönmesi gerekir. Çöbuk sönmez ise yansıma yaparak sesler birbirine karışır. Çok çöbuk sönse de ses her tarafa yetişmez. Ses kaynağı kesildikten sonra ses şiddetinin milyonda birine immesi için geçen süreye yansıma (reverberasyon) süresi adı verilir.

İngiliz Fizikçi E.Sabine (1788-1883) bunun için aşağıdaki formülü vermiştir.

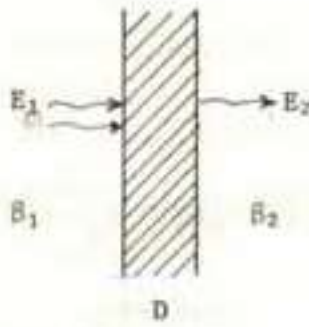
$$T = 0.16 \frac{V}{\sum A_i \alpha_i}$$

Burada; T saniye olarak yansımaya süresi, V m³ olarak hacim, A m² olarak yüzey, α yüzeyin ses emme katsayısıdır.

İşitme şartlarının iyi olabilmesi için yansımaya süresi 0.8-1.2 sn arasında olmalıdır.

Sesin malzeme içinde iletimi ve ses izolasyonu :

Ses dalgası havada ilerlerken bir malzemeye çarptığında sesin bir miktarı duvar tarafından söndürülür.



Şekil : 114

Duvarın ses söndürme sayısı;

$$D = 10 \log \frac{E_1}{E_2}$$

desibeldir.

Burada E₁ duvarın önünde ses şiddeti E₂ duvarın arkasındaki ses şiddetidir.

$$\text{Duvar önü } \beta_1 = 10 \log \frac{E_1}{E_0}$$

$$\text{Duvar arkası } \beta_2 = 10 \log \frac{E_2}{E_0}$$

$\beta_1 - \beta_2$ teşkil edilirse,

$$\beta_1 - \beta_2 = 10 [\log E_1 - \log E_0 - \log E_2 + \log E_0]$$

$$\beta_1 - \beta_2 = 10 \log \frac{E_1}{E_2} = D$$

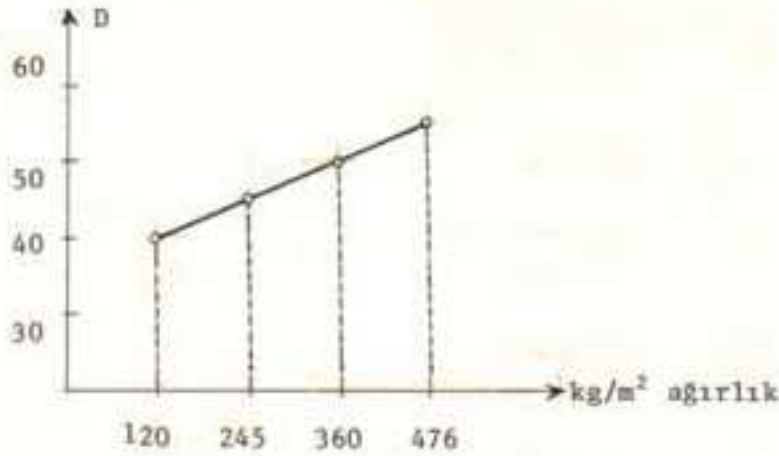
$$\boxed{\beta_1 - \beta_2 = D}$$

Bir duvarın ses söndürme sayısı bulunursa sesin ne kadarının söndürüleceği hemen bulunur.

Dış duvarlarda m² ağırlığı arttıkça ses izolasyonu artar. Ses söndürme sayısı,

$$D = 12 + \sqrt[3]{G}$$

D desibel olarak ses söndürme sayısı, G kg/m² olarak ağırlıktır. Dış duvarlardan istenen ses söndürme katsayısı yaklaşık 50 desibeldir.



Şekil : 115

G	kg/m ²	120	245	360	476
D	desibel	41	46	49	53

Duvar 1/2 tuğla tek tuğla

Problem 9.7- Bir sınıfın plandaki boyutları 5x10 metre, yüksekliği 3.5 metredir. Tavan ve duvarlar sıva ($\alpha = 0.02$), sınıf tabanında herbirinin yüzeyi 2 m² olan ($\alpha = 0.10$) 50 tahta sıra vardır. Herbirinin alanı 0.75 m² olan 50 adet öğrenci ($\alpha = 0.20$) bulunmaktadır. Sınıfta öğretim şartları nedir?

$$V = 5 \times 10 \times 3.5 = 175 \text{ m}^3$$

	Alan (A)	α	$\Sigma A_i \alpha_i$
Tavan	5x10	0.02	1.00
Duvarlar	2x5x3.5	0.02	0.70
Duvarlar	2x10x3.5	0.02	1.40
Sıralar	50x2.0	0.10	10.00
Öğrenci	50x0.75	0.20	7.50
	Toplam		20.60

$$T = 0.16 \frac{175}{20.60} = 1.36 \text{ sn}$$

$T > 1.2$ saniye olduğundan öğretim şartları iyi değildir.

Problem 9.8- Bir dış duvar önünde sokak gürültüsü vardır. Duvar m² ağırlığı 476 kg/m² (20 lik dolu tuğla) olduğuna göre duvarın arkasında duyulan ses nedir?

Tablodan sokak gürültüsü $\beta_1 = 70$ desibel $G = 476$ kg/m² olarak ağırlık için $D = 53$ dB.

$$\beta_2 = \beta_1 - D = 70 - 53 = 17 \text{ desibel}$$

(Alçak konuşma)

