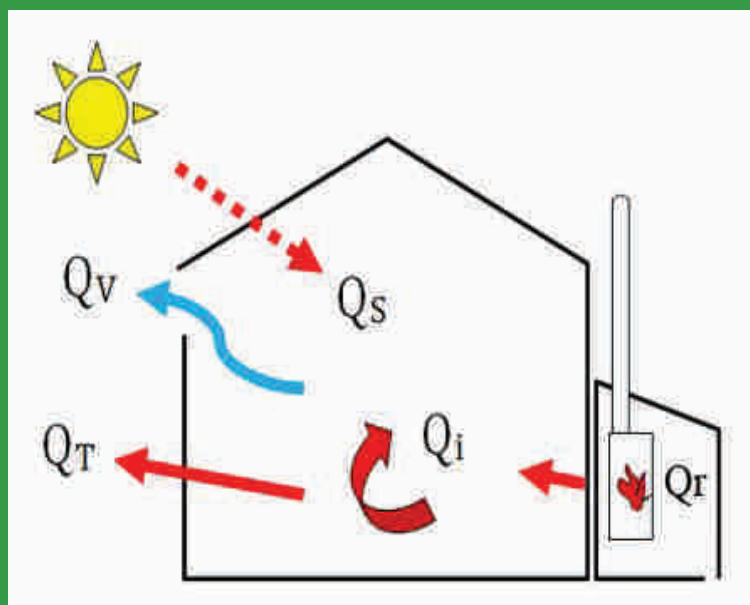


LE SUPERFICI OPACHE ED I MATERIALI

LA TRASMISSIONE DEL CALORE NELLE SUPERFICI OPACHE

Abbiamo visto come nello studio delle dispersioni termiche dell'edificio una delle componenti essenziali da analizzare è la dispersione attraverso le superfici opache, cioè le pareti. (Q_T)



LA TRASMISSIONE DEL CALORE NELLE SUPERFICI OPACHE

Abbiamo visto anche che nella formula semplificata della DM 20/06/09 la trasmissione del calore attraverso le superfici opache è chiamato coefficiente di scambio termico per trasmissione ed è rappresentato dalla formula:

$$H_T = \sum_{n_1} S_i \cdot U_i \cdot b_{tr,i} \quad [W/K]$$

dove:

S_i è la superficie (m^2)

U_i è la trasmittanza termica della superficie (W/m^2K)

$b_{tr,i}$ coefficiente di correzione dello scambio termico

La parete è quindi formata da vari strati di materiali, ognuno con un suo spessore S ed una sua trasmittanza U .

Ma che cos'è la **trasmittanza di un materiale**? come si calcola?

RICHIAMI SULLA TRASMISSIONE DEL CALORE

Abbiamo visto come la trasmissione di calore avviene in generale quando due sistemi a temperatura diversa vengono posti in contatto. Nel caso del calore che passa attraverso un dato materiale abbiamo uno **scambio termico per conduzione**, cioè per contatto.

Lo scambio termico per conduzione viene definito dal POSTULATO DI FOURIER

$$\frac{\dot{Q}}{A} = \lambda \frac{(\vartheta_1 - \vartheta_2)}{s}$$

Dove:

Q è l'energia termica (W)

A è l'area della sezione attraverso la quale fluisce l'energia termica, misurata perpendicolarmente alla direzione del flusso (m^2)

ϑ_1 e ϑ_2 rappresentano la differenza di temperatura del sistema ($^{\circ}C$ o K)

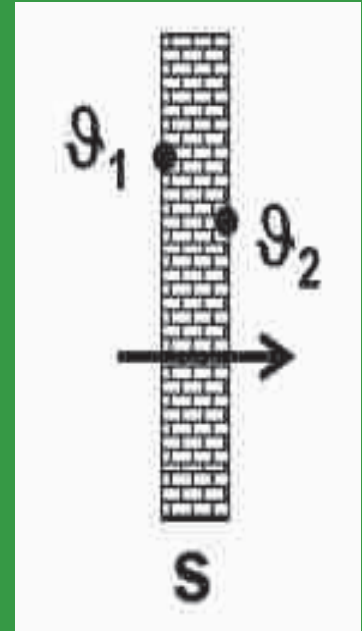
S è la distanza che deve percorrere il flusso termico (m)

λ è la conducibilità termica caratteristica del materiale considerato ($W/mq^{\circ}C$ o W/mqK)

RICHIAMI SULLA TRASMISSIONE DEL CALORE

Se prendiamo in esame quindi una parete (di una data grandezza) composta ad esempio da un solo materiale (omogeneo e di un dato spessore) avremo che:

$$\frac{\dot{Q}}{A} = \lambda \frac{(\vartheta_1 - \vartheta_2)}{s}$$



Q è la quantità di calore che fluisce attraverso il materiale e quindi attraverso la parete (W)

A è la grandezza della parete (mq)

\vartheta_1 e \vartheta_2 sono le diverse temperature della parete esterna ed interna (°C o K)

S è lo spessore del materiale di cui è composta la parete (m)

\lambda è la conducibilità termica del materiale (W/mq°C o W/mqK)

LA CONDUCIBILITA' TERMICA

La conducibilità o conduttività termica è una proprietà del materiale e rappresenta la potenza termica che passa attraverso una porzione unitaria di materiale e con un gradiente di temperatura unitario

$$\lambda = \frac{Q}{A(\vartheta_1 - \vartheta_2)/s}$$

Dove:

Q è l'energia termica (W)

A è l'area della sezione (mq)

\vartheta_1 e \vartheta_2 sono la differenza di temperatura del sistema (°C o K)

S è lo spessore del materiale (m)

La sua unità di misura è [Kcal/mq°C o W/mqK]

LA CONDUCIBILTA' TERMICA

Materiale	$\lambda = \text{Kcal/mq}^\circ\text{C}$		
Acciaio al 5% Ni	25	Intonaco a calce	0.7
Acciaio al 30% Ni	9	Lana	0.041
Alluminio	178	Lana minerale	0.03
Argilla secca	0.8	Legno di abete e pino	0.11 ÷ 0.14
Aria secca	0.021	Legno di quercia	0.18
Asfalto	0.55	Linoleum	0.16
Calcestruzzo secco	0.7	Marmo	20
Calcestruzzo umido	1.2	Mattoni pieni asciutti	0.4 ÷ 0.6
Cartone	0.12 ÷ 0.25	Mattoni forati asciutti	0.3 ÷ 0.7
Cauciù	0.1 ÷ 0.2	Muratura in pietra	1.2 ÷ 2.5
Cemento in pasta	0.8	Pietra calcarea compatta	0.6
Cellulosa compressa	0.21	Polistirolo espanso	0.026 ÷ 0.028
Ferro	70	Porcellana	0.7 ÷ 0.9
Fibra di vetro	0.028	Sabbia asciutta	0.28
Gesso	0.34	Sabbia umida	1 ÷ 1.5
		Sughero espanso	0.035
		Vetro comune	0.4 ÷ 0.8

LA CONDUCIBILTA' TERMICA

	CONDUTTIVITA' (K) (W/m°C)	CALORE SPECIFICO (Wh/Kg°C)	PESO SPECIFICO (Kg/mq)
Calcestruzzo	1.73	0.23	2240
Mattoni comuni	0.73	0.23	1940
Mattoni con magnesio	3.81	0.23	1920
Adobe	0.52	0.28	1700

LA RESISTENZA TERMICA

Opposto alla conducibilità ogni materiale ha anche una propria resistenza termica, cioè la capacità di offrire una resistenza al passaggio del calore.

Questa varia in relazione diretta allo spessore del materiale (s) ed in relazione inversa alla sua conducibilità termica (λ)

$$R = s/\lambda$$

Dove:

s è lo spessore (m)

λ è la conducibilità termica del materiale (W/mK)

La sua unità di misura è [mqK/W]

LA TRASMITTANZA TERMICA

Opposta alla resistenza termica ogni materiale ha quindi una sua **Trasmittanza termica**, cioè il flusso di calore che, in condizioni stazionarie, passa attraverso uno strato di materiale in presenza di una differenza di temperatura tra le due facce opposte del materiale considerato.

$$U = 1/R$$

La Trasmittanza dipende quindi dalle caratteristiche del materiale (λ), dalla sua porosità (densità) e dal suo contenuto igrometrico.

LA TRASMITTANZA TERMICA DELLA PARETE

Tornando quindi alla parete vediamo che essa, essendo composta da vari materiali stratificati che sono in contatto tra di loro, avrà un valore di trasmittanza termica pari alla sommatoria di tutte le trasmittanze dei vari materiali da cui è composta.

$$U_p = \frac{1}{r_{si} + \sum R_s + r_{se}}$$

dove:

U_p è la trasmittanza della parete

R_{si} è il coefficiente di adduttanza interna

R_s è il valore di uno strato della parete

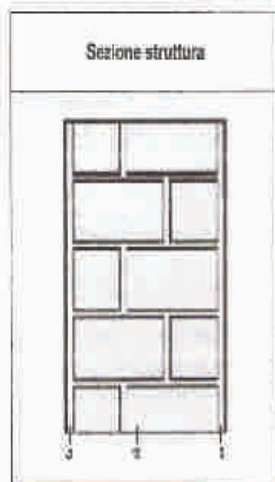
R_{se} è il coefficiente di adduttanza esterna

L'unità di misura è ovviamente [W/mqK]

Appendice B UNI TS 11300-1

Abaco delle principali strutture
murarie utilizzate in Italia

STRUTTURA N. 1 DESCRIZIONE Muratura in mattoni pieni

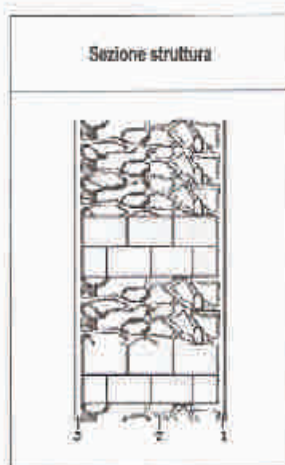


Rif.	Materiali	Massa volumica [kg/m ³]	Conducibilità [W/(m·K)]
1	Intonaco interno (calce e gesso)	1400	0,70
2	Muro in mattoni pieni	1800	0,72
3	Intonaco esterno	1800	0,90
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Spessori variabili da 15 a 80 cm e oltre.

Negli edifici multipiano si riscontrano spessori decrescenti verso i piani più alti.

STRUTTURA N. 2 DESCRIZIONE Muratura in pietra listata con mattoni (con ricorsi di mattoni)



Rif.	Materiali	Massa volumica [kg/m ³]	Conducibilità [W/(m·K)]
1	Intonaco interno (calce e gesso)	1400	0,70
2	Mattoni e sassi	2000	0,90
3	Intonaco esterno	1800	0,90
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Spessori variabili da 15 a 80 cm e oltre.

Negli edifici multipiano si riscontrano spessori decrescenti verso i piani più alti.

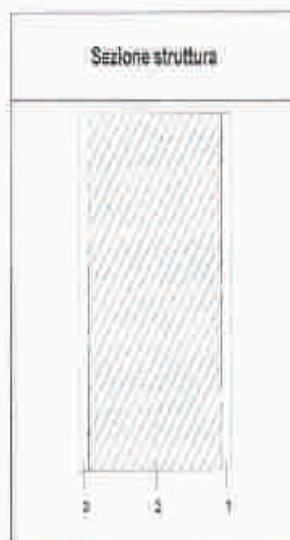
STRUTTURA N. 6 DESCRIZIONE Muratura di laterizio semipieno



RIF.	Materiali	Massa volumica [kg/m ³]	Conduttività [W/(m·K)]
1	intonaco interno (calce e gesso)	1400	0,7
2	Blocchi in laterizio	1200	0,43
3	intonaco esterno	1800	0,9
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Spessori tipici da 20 a 30 cm.

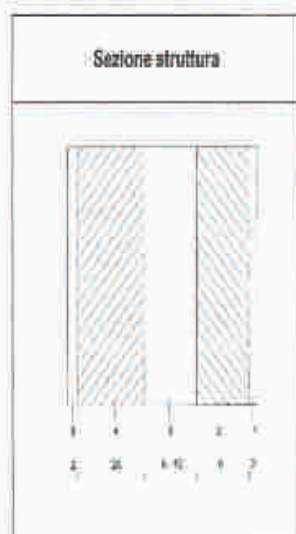
STRUTTURA N. 7 DESCRIZIONE Muratura di blocchi forati di calcestruzzo non alleggerito



RIF.	Materiali	Massa volumica [kg/m ³]	Conduttività [W/(m·K)]
1	intonaco interno (calce e gesso)	1400	0,7
2	Blocchi in calcestruzzo	1400	0,5
3	intonaco esterno	1800	0,9
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Spessori tipici da 20 a 30 cm.

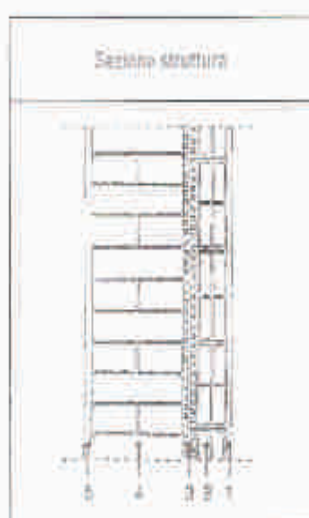
STRUTTURA N. 9 DESCRIZIONE Muratura a cassa vuota



Rif.	Materiali	Massa volumica (kg/m ³)	Conducibilità (W/(m·K))
1	Intonaco interno (calce e gesso)	1400	0,70
2	Mattoni forati	800	0,30
3	Intercapedine d'aria	-	
4	Mattoni forati	800	0,30
5	Intonaco esterno	1800	0,90
6			
7			
8			
9			
10			

Spessori variabili da 43 a 49 cm (in funzione dello spessore dell'intercapedine)

STRUTTURA N. 15 Descrizione Muratura in mattoni pieni con intercapedine o isolamento leggero



Rif.	Materiali	Massa volumica (kg/m ³)	Conducibilità (W/(m·K))
1	Intonaco interno (a base di calce)	1500 - 1600	0,90
2	Mattoni pieni spessore cm 8	550 - 600	0,30
3	Intercapedine d'aria o isolamento		
4	Muro in mattoni pieni	1800	0,72
5	Intonaco esterno	1800	0,90
6			
7			
8			
9			
10			

Muratura con spessori variabili da 15 a 20 cm

Negli edifici multipiano si riscontrano spessori decrescenti verso i piani più alti

Sezione struttura		RU	Materiali	Massa volumica (ρ_{vol})	Conducibilità (λ)
		1	Intonaco interno (a base di calce)	1800 - 1800	0,30
		2	Muro in mattoni pieni	1800	0,77
		3			
		4			
		5			
		6			
		7			
		6			
		8			
		10			

Muratura per cui si considerava non necessario l'isolamento (pur in presenza intonaco esterno). Spessori (tab. 4) cm.

Sezione struttura		RU	Materiali	Massa volumica (ρ_{vol})	Conducibilità (λ)
		1	Intonaco interno (a base di calce)	1800 - 1800	0,30
		2	Muro in laterizio spessore cm 8	650 - 650	0,08
		3	Intercapedine d'aria o polistirolo	-	
		4	Muro in blocchi di cemento spessore cm 20	1900	0,58
		5	Intonaco esterno	1800	0,30
		6			
		7			
		8			
		9			
		10			

Spessori variabili da 38 a 45 cm (in funzione dello spessore dell'intercapedine)

Sezione struttura		Rif.	Materiali	Massa volumica [kg/m ³]	Conducibilità [W/(m·K)]
		1	Intonaco interno (a base di calce)	1600 - 1800	0,90
		2	Muro in laterizio spessore cm 8	650 - 800	0,30
		3	Intercapedine d'aria o polistirolo	-	
		4	Muro in mattoni forati spessore cm 25	1200	0,50
		5	Intonaco esterno	1800	0,90
		6			
		7			
		8			
		9			
		10			

Spessori variabili da 39 a 45 cm (in funzione dello spessore dell'intercapedine).

Prospetto A.1 delle UNITS 113300

Trasmittanza termica delle chiusure verticali opache di edifici esistenti [W/(m²K)]

spessore	Muratura in pietra	Muratura in mattoni pieni	Muratura in tufo	Pannello in cls	Parete a cassa vuota
0,15	-	2,59	2,19	3,59	-
0,20	-	2,28	1,96	3,28	-
0,25	-	2,01	1,76	3,02	1,20
0,30	2,99	1,77	1,57	2,80	1,15
0,35	2,76	1,56	1,41	2,61	1,10
0,40	2,57	1,39	1,26	2,44	1,10
0,45	2,40	1,25	1,14	-	1,10
0,50	2,25	1,14	1,04	-	1,10
0,55	2,11	1,07	0,96	-	-
0,60	2,00	1,04	0,90	-	-

Allegato B (articolo 2) DM 11 marzo 2008

Valori limite della trasmittanza termica delle strutture

2. Valori applicabili dal 1 gennaio 2010 per tutte le tipologie di edifici

Tabella 2. Valori limite della trasmittanza termica utile U delle strutture componenti l'involucro edificio espressa in (W/m^2K)

Zona climatica	strutture opache verticali	strutture opache orizzontali o inclinate		finestre comprensive di infissi
		Coperture	Pavimenti (*)	
A	0,56	0,34	0,59	3,9
B	0,43	0,34	0,44	2,6
C	0,36	0,34	0,38	2,1
D	0,30	0,28	0,30	2,0
E	0,28	0,24	0,27	1,6
F	0,27	0,23	0,26	1,4

(*) Pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno