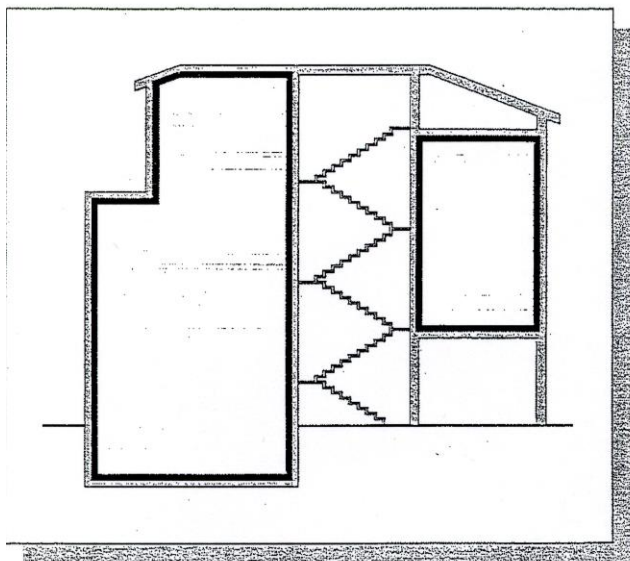


## La determinazione di Cd

Il Cd viene definito come il coefficiente di dispersione volumica per trasmissione dell'edificio e rappresenta la potenza termica per metro cubo e per grado centigrado ( $W/m^3K$ ), necessaria per compensare i disperdimenti termici per trasmissione attraverso le parti opache e trasparenti dell'edificio.

Nel rapporto  $S/V$ ,  $V$  ( $m^3$ ) rappresenta il volume degli ambienti riscaldati al lordo delle strutture che lo delimitano (≡);  $S$  ( $m^2$ ) rappresenta la superficie esterna totale disperdente che delimita il volume  $V$ .



Esempio di volume degli ambienti riscaldati

Per rispettare la legge occorre:

- 1) individuare il Cd imposto per legge come da DM 30/07/86 (v. tab. 9)

Valori di Cd in  $W/m^3 K$  (DM 30/7/86)

S/V	Zona climatica										
	A		B		C		D		E		F
	gradi-giorno fino a 600		gradi-giorno 601   900		gradi-giorno 901   1400		gradi-giorno 1401   2100		gradi-giorno 2101   3000		gradi-giorno oltre 3000
$\leq 0,2$	0,49	0,49	0,46	0,46	0,42	0,42	0,34	0,34	0,30	0,30	0,30
$\geq 0,9$	1,16	1,16	1,08	1,08	0,95	0,95	0,78	0,78	0,73	0,73	0,73

Tab. 9 - Tabella dei Cd limite imposti - D.M. 30/07/86

- 2) calcolare il Cd\* dell'edificio in esame, secondo le indicazioni fornite dalle norme UNI 7357-74, UNI-CTI 10345, UNI-CTI 10346, UNI-CTI 10349, UNI-CTI 10351 e UNI-CTI 10355

- 3) verificare che tra i valori trovati di Cd e Cd\* sussista la condizione:

$$Cd^* \leq Cd$$

## Determinazione del Cd imposto

Le Regioni sono tenute a deliberare, secondo quanto previsto dall'art.16 della Legge 10/91, in merito alle norme di attuazione della legge stessa e pertanto anche relativamente ai valori massimi ammissibili di Cd per ogni Comune di loro competenza.

Pertanto, per ogni Comune, saranno fissati due valori di Cd:

Cd1 per  $S/V = 0,2$

Cd2 per  $S/V = 0,9$

Una volta definiti questi parametri, per arrivare a individuare il valore del Cd imposto, si calcola innanzitutto il rapporto  $S/V$  dell'edificio in questione.

Se  $S/V \leq 0,2$  si assume il valore di Cd1

Se  $S/V \geq 0,9$  si assume il valore di Cd2

Se  $0,2 < S/V < 0,9$  si procede per interpolazione lineare applicando la seguente espressione:

$$(1) \quad Cd = Cd_1 + \frac{S/V - 0,2}{0,7} \cdot 0,7 \times (Cd_2 - Cd_1) \quad [W/m^3K]$$

Nel caso in cui non siano disponibili i valori massimi ammissibili di Cd1 e Cd2 per ogni singolo Comune e l'edificio in esame presenti un rapporto di forma  $S/V$  compreso tra 0,2 e 0,9, occorre procedere individuando, nella Tabella 9, la fascia climatica con i valori dei Gradi Giorno ed interpolando linearmente prima sui Gradi Giorno e successivamente sui valori di  $S/V$ .  
L'esempio seguente illustra meglio la procedura appena descritta.

### Esempio

Consideriamo un edificio residenziale, ubicato a Milano, caratterizzato da:

$S = 750 \text{ m}^2$

$V = 1000 \text{ m}^3$

$S/V = 0,75 \text{ m}^{-1}$

Gradi Giorno = 2404 GG (zona E)

Dalla Tab.9 ricaviamo i dati che ci interessano:

S/V	Zona e gradi giorno	
	2101	3000
0,2	0,34	0,30
0,9	0,78	0,73

Eseguiamo la prima interpolazione per ricavare il Cd1 in corrispondenza di  $S/V = 0,2$ , applicando la seguente espressione:

$$Cd1 = \frac{(3000 - 2404) \times (0,34 - 0,30)}{(3000 - 2101)} + 0,30 = 0,326 \text{ W/m}^3K$$

Allo stesso modo ricaviamo il Cd2, per  $S/V = 0,9$

$$Cd2 = \frac{(3000 - 2404) \times (0,78 - 0,73)}{(3000 - 2101)} + 0,73 = 0,763 \text{ W/m}^3K$$

Possiamo ora applicare la formula (1) per ricavare il Cd massimo ammissibile, che risulterà pari a:

$$Cd = 0,669 \text{ W/m}^3\text{K}$$

E' questo il valore del Cd limite che dovrà essere confrontato con il Cd \* dell'edificio.  
 Il valore di Cd limite può essere ricavato anche utilizzando il grafico ~~\_\_\_\_\_~~.

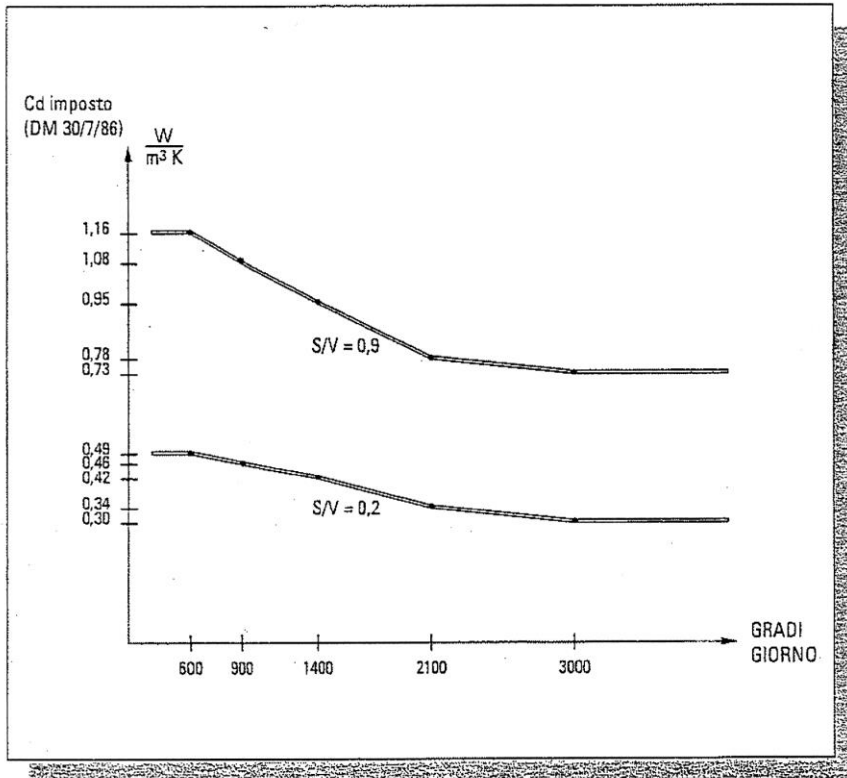


Grafico per la determinazione di Cd

### Calcolo del Cd\* di progetto

Il Cd\* di progetto si determina mediante l'espressione:

$$Cd^* = \frac{Q}{V\Delta T} \quad [\text{W/m}^3\text{K}]$$

dove:

- Q rappresenta i disperdimenti orari per trasmissione, opportunamente maggiorati del coefficiente dovuto all'esposizione (W)
- V rappresenta il volume lordo delle parti di edificio riscaldate (m3)
- $\Delta T$  rappresenta il salto di temperatura di progetto (T interna - T esterna) (°C)  
 (per la temperatura dell'aria esterna di progetto consultare la tabella 10)

Per quanto riguarda il calcolo di Q, si ricorda che questo rappresenta la somma delle dispersioni

- Q1 attraverso pareti opache (verso l'esterno)
- Q2 attraverso pareti opache (verso locali non riscaldati)
- Q3 attraverso pareti opache (verso terreno)
- Q4 attraverso le superfici trasparenti
- Q5 per eterogeneità e ponti termici

calcolata in parte seguendo le nuove norme UNI come dettagliato nel seguito.

### CALCOLO DELLE DISPERSIONI Q1 ATTRAVERSO PARETI OPACHE VERSO L'ESTERNO

Le dispersioni termiche attraverso pareti opache (rivolte verso l'esterno) sono date dalla seguente espressione:

$$(2) \quad Q_1 = \sum_{j=1}^n U_j \cdot A_j \cdot p \cdot \Delta T = \sum_{j=1}^n U_j \cdot A_j \cdot p \cdot (T_i - T_e) \quad [W]$$

dove

$U_j$  è la trasmittanza termica del componente j-esimo (definita in passato con il simbolo K) (W/m<sup>2</sup>K)

$A_j$  è l'area del componente j-esimo termicamente uniforme rivolto verso l'esterno (m<sup>2</sup>)

$p$  è il coefficiente di correzione per esposizione (adimensionale) e tiene conto dell'insolazione normale, del diverso grado di umidità delle pareti, della diversa velocità e temperatura dei venti. Valori accettabili di "p" sono forniti dalla norma UNI-CTI 7357-74 e sono i seguenti:

S	S/O	O	N/O	N	N/E	E	S/E
1	1,05	1,1	1,15	1,2	1,2	1,15	1,1

$T_i$  è la temperatura dell'aria interna (°C), come da DPR 412/93 art. 4 (18°C + 2°C di tolleranza per edifici rientranti nella categoria E.8; 20°C + 2°C di tolleranza per edifici rientranti nelle categorie diverse da E.8. In queste ultime rientrano ad esempio gli edifici a carattere residenziale)

$T_e$  è la temperatura dell'aria esterna di progetto (°C), desumibile dalla norma UNI-CTI 5364-64 e direttamente dalla tabella 10

Per quanto riguarda la trasmittanza termica U di ciascuna struttura opaca, questa viene calcolata sommando prima le resistenze termiche dei singoli strati costituenti la struttura, aggiungendo successivamente le resistenze liminari relative alla superficie interna ed esterna del componente considerato e facendone l'inverso. Le resistenze liminari sono date dall'inverso dei coefficienti di scambio termico interno ed esterno, prefissati dalla norma UNI-CTI 10344-93, ossia:

$$r_{si} = 1/h_i = 1/7.7 = 0.13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$r_{se} = 1/h_e = 1/25 = 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

A differenza di quanto previsto nelle precedenti normative tecniche, la nuova norma UNI riporta dei valori unici di coefficienti superficiali di scambio, indipendentemente dalla giacitura della struttura e dall'andamento del flusso di calore.

La trasmittanza termica di una struttura risulta quindi:

$$(3) \quad U = \frac{1}{r_{si} + \sum_{j=1}^n R_j + r_{se}} = \frac{1}{r_{si} + \sum_{j=1}^n \frac{S_j}{\lambda_j} + r_{se}} \quad [W/m^2K]$$

dove  $\lambda$  rappresenta la conduttività termica utile del materiale costituente lo strato j-esimo. Per ogni strato, in assenza di dati forniti dal produttore, si utilizzano i dati di conduttività termica o resistenza termica riportati nelle UNI-CTI 10351 e 10355, opportunamente maggiorati del fattore correttivo  $m$  che tiene conto dell'invecchiamento, della natura, dell'igroscopicità e della posa del materiale. Il fattore correttivo  $m$  deve sempre essere applicato anche alla conducibilità fornita dal Fabbricante a titolo di esempio, ricordiamo che il fattore correttivo  $m$  della conduttività tecnica vale, per gli isolanti in lana di vetro e in lana di roccia ISOVER, solo il 10%. Per altre famiglie di isolanti, quali quelle di origine organica (schiume), il fattore  $m$  è molto più penalizzante e di norma varia tra il 15% e il 40%.

#### CALCOLO DELLE DISPERSIONI Q<sub>2</sub> ATTRAVERSO PARETI OPACHE VERSO LOCALI NON RISCALDATI

Le dispersioni attraverso pareti opache (verso locali non riscaldati) sono date dalla seguente espressione:

$$(4) \quad Q_2 = \sum_{j=1}^n U_j \cdot A_j \cdot (T_i - T_{nr}) \quad [W]$$

dove

- $U_j$  è la trasmittanza termica del componente j-esimo (W/m<sup>2</sup>K)
- $A_j$  è l'area del componente j-esimo termicamente uniforme rivolto verso il locale non riscaldato (m<sup>2</sup>)
- $T_i$  è la temperatura dell'aria interna (°C), come da DPR 412/93 art. 4 (18°C + 2°C di tolleranza per edifici rientranti nella categoria E.8; 20°C + 2°C di tolleranza per edifici rientranti nelle categorie diverse da E.8. ( In queste ultime rientrano ad esempio gli edifici a carattere residenziale)
- $T_{nr}$  è la temperatura dell'aria del locale non riscaldato (°C)

Per il calcolo di  $U$  vale quanto già riportato al precedente punto 4.b.1.

Per il calcolo di  $T_{nr}$  si procede secondo quanto riportato nella UNI-CTI 7357-74, cioè:

$$(5) \quad T_{nr} = \frac{\sum (U' A' T_i) + \sum (U'' A'' T_e)}{\sum (U' A') + \sum (U'' A'')} \quad [°C]$$

dove  $U'$  e  $A'$  sono rispettivamente la trasmittanza termica (W/m<sup>2</sup>K) e l'area (m<sup>2</sup>) della parete divisoria tra locale riscaldato e locale non riscaldato, mentre  $U''$  e  $A''$  sono le stesse grandezze riferite alla parete divisoria tra il locale non riscaldato e l'esterno,  $T_i$  e  $T_e$  sono rispettivamente la temperatura dell'aria interna e quella dell'aria esterna di progetto.

La norma UNI prevede anche una tabella, riportata in appendice (tab.11) con le temperature approssimative di locali non riscaldati per  $T_i = 20°C$  e  $T_e = -5°C$ .

## CALCOLO DELLE DISPERSIONI Q3 ATTRAVERSO PARETI OPACHE VERSO IL TERRENO

Le dispersioni termiche Q3 attraverso il terreno si calcolano secondo la UNI 10346 in funzione della tipologia costruttiva considerata e cioè:

- edifici con pavimento a livello del terreno esterno (caso A);
- edifici con pavimento su spazio aerato, pavimento costruito sollevato dal suolo in modo da formare una camera d'aria col terreno, che potrà essere ventilata oppure no (caso B);
- edifici con pavimento interrato, cioè con vano accessibile costruito in parte o interamente al di sotto del livello della superficie del terreno esterno. Questo spazio può essere riscaldato o no (caso C).

### CASO A - PAVIMENTO APPOGGIATO SUL TERRENO

Nel caso di pavimento appoggiato sul terreno le dispersioni si calcolano con la seguente formula

$$(6) \quad Q_3 = (U_0 A + \Delta\psi \cdot P) (T_i - T_e) \quad [W]$$

dove

- $U_0$  è la trasmittanza termica (W/m<sup>2</sup>K) del pavimento sul terreno e tiene conto delle caratteristiche costruttive del pavimento e dell'eventuale presenza di strati isolanti uniformemente distribuiti su tutta la superficie; si ammette inoltre che la conduttività termica della parete di fondazione (sotto il livello del terreno) sia pari a quella del suolo e che i ponti termici alla giunzione parete-pavimento siano calcolati separatamente;
- $A$  è l'area del pavimento (m<sup>2</sup>)
- $\Delta\psi$  è il fattore di correzione relativo al tipo di isolamento di bordo (W/mK)
- $P$  è il perimetro esposto del pavimento (m)
- $T_i$  è la temperatura dell'aria interna (°C)
- $T_e$  è la temperatura di progetto dell'aria esterna (°C)

Per il calcolo di  $U_0$  si usa una delle seguenti formule in funzione del tipo di isolamento del pavimento:

a) se  $dt < B'$  (pavimenti non isolati o moderatamente isolati)

$$(7) \quad U_0 = \frac{2\lambda}{\pi B' + dt} \ln \left( \frac{\pi B'}{dt} + 1 \right) \quad [W/m^2K]$$

dove

- $\pi$  3,14
- $\lambda$  è la conduttività del terreno (W/mK)
- $B'$  è la dimensione caratteristica del pavimento  $B' = A / 0,5P$  (m)
- $dt$  è lo spessore equivalente totale (m) espresso con la formula:  $dt = w + l (R_{si} + R_p + R_{se})$ ;  $w$  è lo spessore delle pareti perimetrali esterne dell'edificio (m),  $R_{si}$  la resistenza termica superficiale interna,  $R_p$  la resistenza termica del pavimento e  $R_{se}$  la resistenza termica superficiale esterna (m<sup>2</sup> K/W)
- $\ln$  logaritmo naturale

b) se  $dt > B'$  (pavimenti ben isolati)

$$(8) \quad U_o = \frac{\lambda}{0,457 \cdot B' + dt} \quad [W/m^2K]$$

dove il significato dei simboli è lo stesso del precedente punto a). Si riportano in appendice, a titolo indicativo, le Tab. 12, 13 e 14 con i valori di  $U_o$ , in funzione del rapporto  $P/A$ , della resistenza termica del pavimento  $R_p$  e della conduttività  $\lambda$  del terreno.

Il fattore correttivo  $\Delta\psi$  dipende dall'entità e dal posizionamento di eventuali strati di materiale isolante. Si possono considerare le tre situazioni:

1) Nel caso di pavimento non isolato od uniformemente isolato  $\Delta\psi$  è uguale a zero.

2) Nel caso di isolamento perimetrale o di bordo posizionati orizzontalmente, sia sotto la lastra sia sopra la lastra del pavimento o esterni all'edificio purchè si eviti la formazione di ponte termico (v. ~~fig. 12~~) si applica la seguente espressione:

$$(9) \quad \Delta\psi = -\frac{\lambda}{\pi} \left[ \ln \left( \frac{D}{dt} + 1 \right) - \ln \left( \frac{D}{dt + R'\lambda} + 1 \right) \right] \quad [W/mK]$$

dove

$\ln$  è il logaritmo naturale

$D$  è la larghezza dell'isolamento di bordo (m)

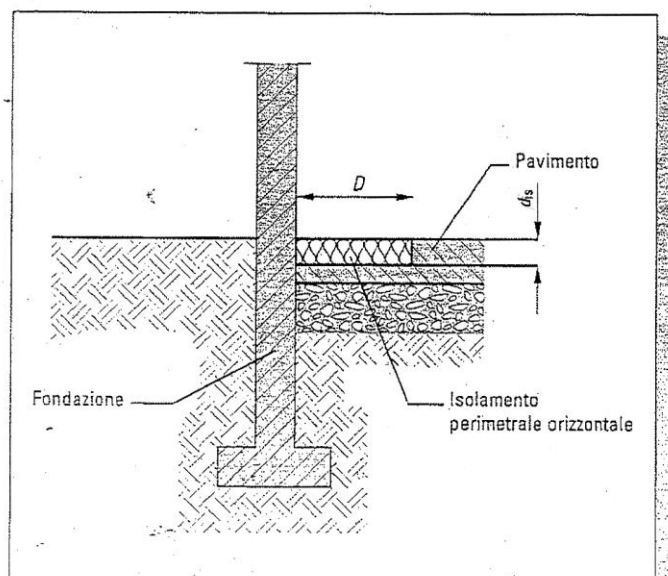
$dt$  è lo spessore equivalente totale, come definito precedentemente (m)

$R'$  pari a  $R' = (d_{is} / \lambda_{is} - d_{is} / \lambda)$ , è la resistenza termica addizionale introdotta dall'isolamento di bordo orizzontale, cioè la differenza tra la resistenza termica dell'isolamento di bordo e quella parte di suolo o di lastra rimpiazzata dall'isolamento ( $m^2 K/W$ );

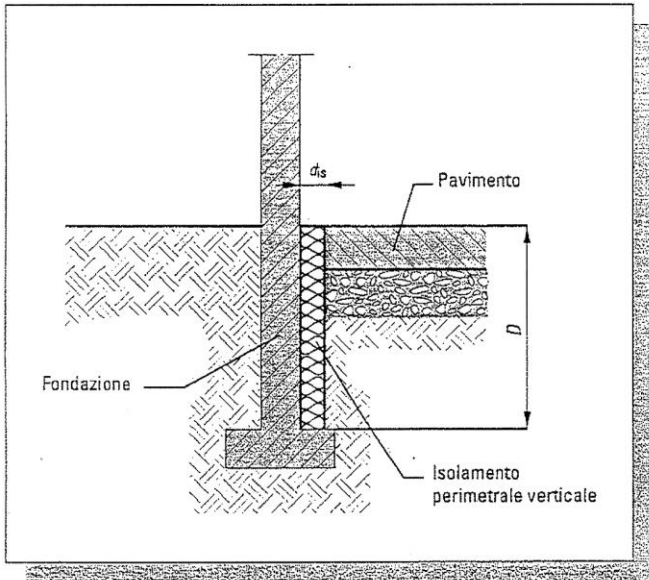
$d_{is}$  è lo spessore dello strato perimetrale di isolante (m);

$\lambda_{is}$  è la conduttività termica dell'isolante ( $W/mK$ )

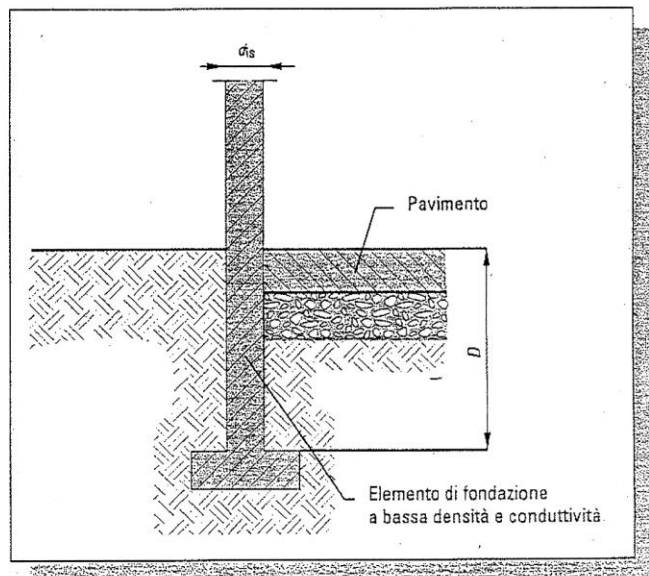
$\lambda$  è la conduttività termica del terreno ( $W/mK$ )



Isolamento perimetrale orizzontale -  
UNI 10346



Isolamento delle pareti verticali di fondazione - UNI 10346



Elementi di fondazione a bassa densità e conduttività termica - UNI 10346

Per materiali a bassa conduttività termica,  $R'$  può essere assunta come la resistenza termica dell'isolamento di bordo.

Valori di  $\Delta\psi$  sono riportati nelle tabb. 15, 16 e 17 per  $w=0,3$  m  $R_p=0$ .

3) Nel caso di isolamento perimetrale verticale si possono presentare le due situazioni riportate nelle ~~fig. 15 e 16~~.

Per ambedue le situazioni il fattore  $\Delta\psi$  è dato da:

$$(10) \quad \Delta\psi = -\frac{\lambda}{\pi} \left[ \ln\left(\frac{2D}{dt} + 1\right) - \ln\left(\frac{2D}{dt + R'\lambda} + 1\right) \right] \quad [\text{W/mK}]$$



dove

$D$  è la profondità dell'isolamento di bordo sotto la quota del terreno (m);  
 $dt$  è lo spessore equivalente prima definito (m);  
 $R'$  pari a  $R' = (dis / \lambda_{is} - dis / \lambda)$ , è la resistenza termica addizionale introdotta dall'isolamento di bordo verticale, cioè la differenza tra la resistenza termica dell'isolamento di bordo e quella parte di suolo o di lastra rimpiazzata dall'isolamento ( $m^2 K/W$ );  
 $dis$  è lo spessore dello strato perimetrale di isolante (m);  
 $\lambda_{is}$  è la conduttività termica dell'isolante ( $W/mK$ );  
 $\lambda$  è la conduttività termica del terreno ( $W/mK$ ).

Valori di  $\Delta\psi$  per isolamenti verticali sono riportati nelle tab. 18, 19 e 20 per  $w = 0.3$  m e  $R_p = 0$ .

### CASO B - PAVIMENTO SU SPAZIO AERATO

Sono considerati su spazio aerato i pavimenti che si trovano a quota superiore rispetto a quella del terreno, e dove il vespaio è ventilato in modo naturale. In questo caso

$$(11) \quad Q_3 = U \cdot A \cdot (T_i - T_e) \quad [W]$$

dove

$T_i - T_e$  è la differenza di temperatura tra l'aria interna e quella esterna ( $^{\circ}C$ );  
 $U$  è la trasmittanza termica globale tra l'ambiente interno e l'ambiente esterno ( $W/m^2K$ );  
 $A$  è l'area del pavimento ( $m^2$ ).

Poichè l'energia termica si trasmette attraverso il terreno, la ventilazione dell'intercapedine e i muri dello spazio sotto il pavimento,  $U$  sarà dato da:

$$(12) \quad U = \frac{1}{\frac{1}{U_p} + \frac{1}{U_x}} \quad [W/m^2K]$$

dove

$U_p$  trasmittanza termica del pavimento ( $W/m^2K$ )  
 $U_x$  trasmittanza termica equivalente tra lo spazio aerato e l'ambiente esterno, definito come

$$(13) \quad U_x = U_g + \frac{2z U_w}{B'} + 1450 \varepsilon v \frac{fv}{B'} \quad [W/m^2K]$$

dove

$U_g$  trasmittanza termica del terreno pari a

$$(14) \quad U_g = \frac{2\lambda}{\pi B' + dt} \ln \left( \frac{\pi B'}{dt} + 1 \right) \quad [W/m^2K]$$

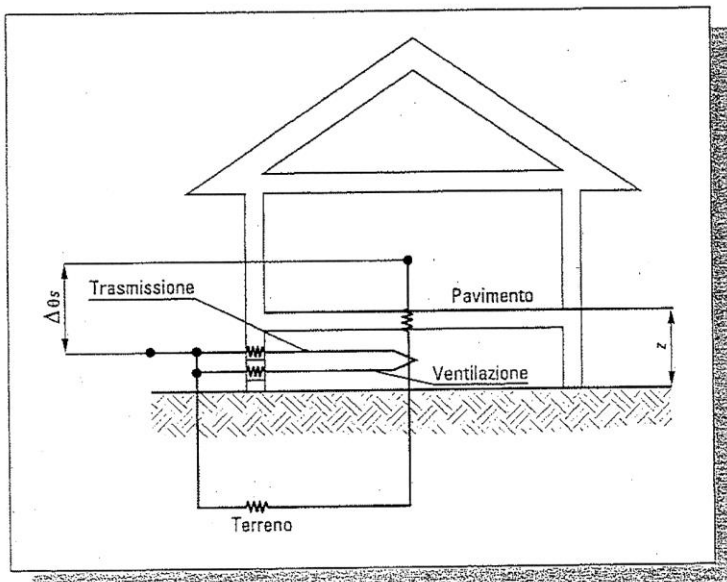
$z$  altezza del pavimento sul livello del terreno esterno, se varia lungo il perimetro bisogna assumere il valore medio (m);



- $U_w$  trasmittanza termica delle pareti dello spazio aerato già calcolato per il  $C_d$  ( $W/m^2K$ );  
 $B'$  dimensione caratteristica del pavimento  $B' = A/0,5P$  (m);  
 $\varepsilon$  area delle aperture di ventilazione per unità di perimetro dello spazio aerato (m);  
 $v$  velocità media del vento (m/s) desumibile dalla UNI 10349;  
 $f_v$  coefficiente di protezione dal vento (desumibile dalla tab. 21)  
 $\lambda$   $l_n$  e  $d_t$  hanno il consueto significato.

Posizione	$f_v$
protetta (centro città)	0,02
media (periferie)	0,05
esposta (zone rurali)	0,10

Tab. 21 - Coefficiente di protezione dal vento  
UNI 10346



Scambi termici in presenza di spazio aerato - UNI 10346

### CASO C - PIANO INTERRATO

Nel caso di piano interrato le dispersioni si calcolano con le seguente formula

$$(15) \quad Q_3 = (A \cdot U_p + z P U_w) (T_i - T_e) \quad [W]$$

dove

- $U_p$  trasmittanza termica del pavimento al di sopra dello spazio interrato ( $W/m^2K$ );  
 $A$  area del pavimento ( $m^2$ );  
 $U_w$  trasmittanza termica delle pareti interrate ( $W/m^2K$ );  
 $z$  profondità del pavimento al di sotto del livello esterno (m);  
 $P$  perimetro disperdente del pavimento (m);  
 $T_i - T_e$  differenza di temperatura tra l'aria interna e quella esterna di progetto ( $^{\circ}C$ )

Per il calcolo di  $U_p$  si usa una delle formule seguenti:

- se  $(dt + z/2) < B'$  (valido per pavimenti non isolati o moderatamente isolati)

$$(16) \quad U_p = \frac{2\lambda}{\pi B' + dt + z/2} \ln \left( \frac{\pi B'}{dt + z/2} + 1 \right) \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

dove i parametri sono quelli definiti precedentemente

-se  $(dt + z/2) \geq B'$  (valido per pavimenti ben isolati)

$$(17) \quad U_p = \frac{\lambda}{0,457 B' + dt + z/2} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

Per entrambi i casi  $U_w$  è dato da:

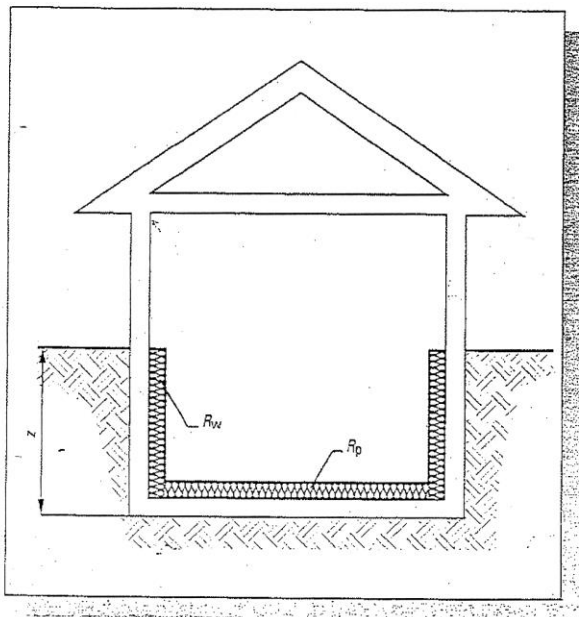
$$(18) \quad U_w = \frac{2\lambda}{\pi z} \left( 1 + \frac{dt/2}{dt + z} \right) \ln \left( \frac{z}{dw} + 1 \right) \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

con  $dw$  definito spessore equivalente totale della parete interrata dato da:

$$(19) \quad dw = w + \lambda (R_{si} + R_w + R_{se}) \quad [\text{m}]$$


dove

- $w$  spessore delle pareti perimetrali esterne dell'edificio (m);
- $R_{si}$  resistenza termica superficiale interna ( $\text{m}^2 \text{K/W}$ );
- $R_w$  resistenza termica della parete ( $\text{m}^2 \text{K/W}$ );
- $R_{se}$  resistenza termica superficiale esterna ( $\text{m}^2 \text{K/W}$ ).



Rappresentazione schematica di un piano interrato - UNI 10346

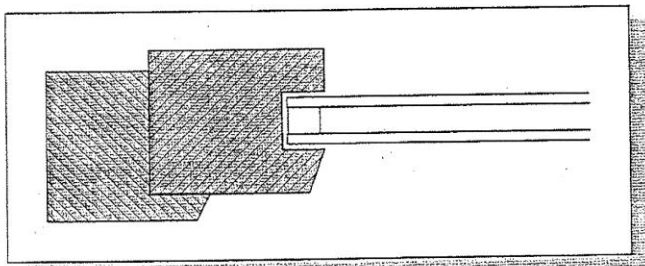
### CALCOLO DELLE DISPERSIONI Q4 ATTRAVERSO LE SUPERFICI TRASPARENTI

Per il calcolo delle dispersioni Q4 attraverso i componenti finestrati si fa riferimento alla norma UNI-CTI 10345-93, che riporta opportune metodologie sia per serramenti singoli che doppi o combinati (  ). Le dispersioni Q4 sono date dalla seguente espressione:

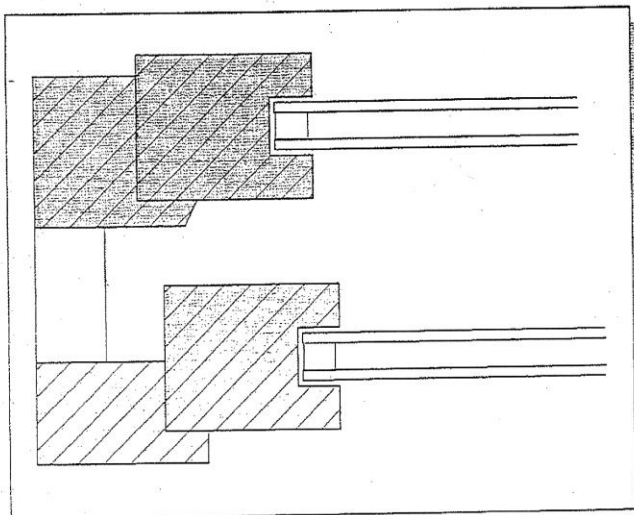
$$(20) \quad Q_4 = \sum_{j=1}^n U_{w,j} \cdot A_j \cdot p \cdot \Delta T = \sum U_{w,j} \cdot A_j \cdot p \cdot (T_i - T_e) \quad [W]$$

dove

- $U_{w,j}$  è la trasmittanza termica del componente finestrato j-esimo ( $W/m^2 \cdot K$ )
- $A_j$  area del componente finestrato j-esimo ( $m^2$ )
- $p$  coefficiente di correzione già definito in 4.b.1.
- $T_i, T_e$  Temperatura interna ed esterna di progetto già definite in 4.b.1.
- $n$  numero dei componenti finestrati



Schema di serramento singolo -  
UNI 10345



Schema di serramento doppio -  
UNI 10345

## CALCOLO DELLE DISPERSIONI Q5 PER ETEROGENEITÀ E PONTI TERMICI

Le dispersioni dovute ai ponti termici sono date da:

$$(25) \quad Q_5 = \sum_{j=1}^n \psi_{1,j} \cdot L_j \cdot \Delta T = \sum \psi_l \cdot L \cdot (T_i - T_e) \quad [W]$$

dove

$\psi_{1,j}$  è la trasmittanza termica lineare del ponte termico j-esimo (W/mK).  
Per il calcolo di tale parametro si può procedere seguendo le indicazioni fornite dalle norme UNI-CTI 7357-74 e UNI FA 3 oppure lo si può desumere direttamente dalle tabelle fornite dalla suddetta norma, che riportano il valore di  $\psi_l$  in corrispondenza dei ponti termici più ricorrenti. Si riportano di seguito alcuni esempi indicativi.

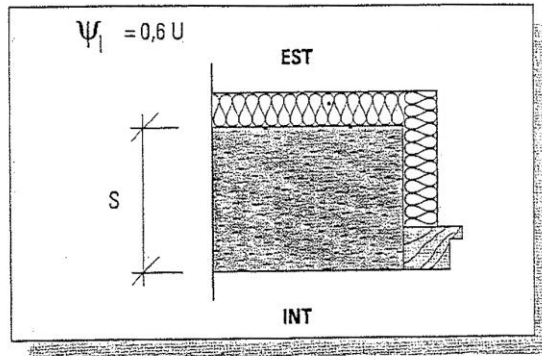
$L_j$  è la lunghezza del ponte termico j-esimo (m)

$T_i$  è la temperatura dell'aria interna (°C)

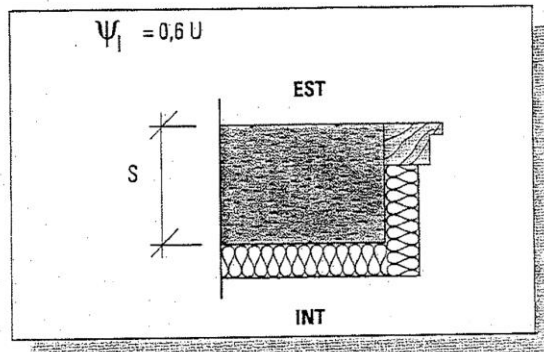
$T_e$  è la temperatura dell'aria esterna (°C)

Per quanto riguarda queste due temperature valgono i riferimenti riportati ai punti precedenti.

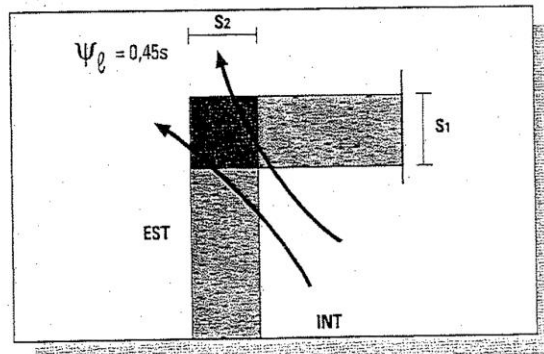
Parete a isolamento termico esterno con finestra (con  $U$  = trasmittanza termica della parete)



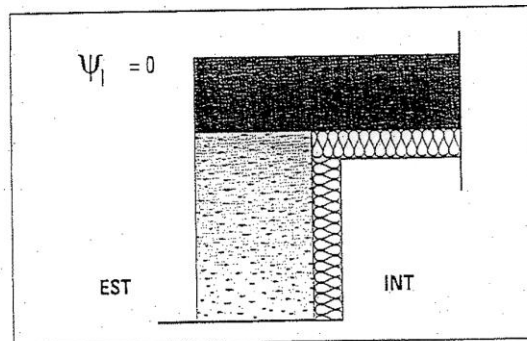
Parete a isolamento termico dall'interno con finestra (con  $U$  = trasmittanza termica della parete)



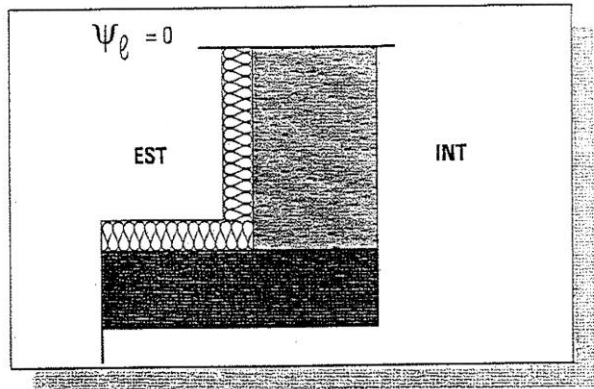
Spigolo costruito da un pilastro in calcestruzzo (con  $S$  = media aritmetica degli spessori delle due pareti  $S_1$  e  $S_2$ )



Spigolo sporgente con isolamento termico dall'interno



Spigolo rientrante con isolamento termico dall'esterno



#### VERIFICA DEL Cd

Una volta calcolati Q1, Q2, Q3, Q4 e Q5, si effettuerà la somma per ottenere la dispersione totale Q dell'edificio, come spiegato in 4.b.

Sarà possibile allora definire il Cd\* come:

$$(26) \quad Cd^* = \frac{Q}{V \cdot \Delta T} \quad [W/m^3K]$$

e procedere pertanto alla verifica finale

#### Verifica

- Se  $Cd^* \leq Cd$ , l'edificio in esame rientra nelle disposizioni di legge.
- Se  $Cd^* > Cd$ , le dispersioni di calore dell'edificio superano quelle consentite dalla legge. Per rientrare nella condizione a) si potrà intervenire sulle strutture edilizie in sede progettuale, incrementando, ad esempio, gli spessori dei materiali isolanti impiegati.



# Calcolo del F.E.N.

Il DPR del 26/08/93 n°412 all'art. 8 commi 1 e 2, definisce come Fabbisogno Energetico Normalizzato (FEN) per la climatizzazione invernale, la seguente quantità:

$$(27) \quad \text{F.E.N.} = \frac{Q}{\text{GG} \cdot V} \quad [\text{kJ/GGm}^3]$$

dove

Q è il fabbisogno energetico convenzionale per la climatizzazione invernale, cioè la quantità di energia primaria globalmente richiesta, durante l'anno, per mantenere negli ambienti la temperatura interna costante, con un adeguato ricambio d'aria (kJ)

V è il volume dell'edificio individuato dalla porzione di spazio, al lordo delle strutture, delimitata dall'involucro edilizio e riscaldata con energia prodotta da un unico impianto (m<sup>3</sup>)

GG gradi giorno della località

Il termine normalizzato deriva dal fatto che si divide Q per il volume dell'edificio e i gradi giorno e quindi si cerca di rendere questa quantità indipendente dalla tipologia e collocazione dell'edificio.

In sostanza con questa formula si esprime un bilancio energetico fra l'edificio e l'impianto termico, tenendo conto sia degli apporti di calore gratuiti (centrale termica, sole, elettrodomestici, illuminazione, ecc) sia delle perdite (trasmissione, ventilazione, rendimenti dell'impianto, ecc).

**Il calcolo del FEN deve essere fatto per ciascuna porzione di spazio riscaldata con energia prodotta da un unico impianto.**

Lo scopo di questa normativa, con il calcolo del FEN, non è quello di calcolare la potenza termica necessaria per il dimensionamento del generatore di calore come accadeva per la 373, ma invece il fabbisogno di energia stagionale!

La norma UNI-CTI 10344 riporta il metodo di calcolo del Fabbisogno Energetico Normalizzato nella forma completa (tipo A) che considera come parametri:

- 1) - stagione di riscaldamento : i mesi interi
- 2) - temperatura dell'aria esterna come media mensile desunta dalla UNI-CTI 10349 per ogni mese compreso nella stagione di riscaldamento
- 3) - irradiazione solare globale giornaliera: valori giornalieri medi mensili, per ogni mese della stagione di riscaldamento, della radiazione totale incidente sulle diverse esposizioni e sul piano orizzontale, desunti dalla UNI-CTI 10349
- 4) - temperatura interna - secondo art.4 comma 1 DPR 412/93
- 5) - 24 ore giornaliere di mantenimento dell'edificio alla temperatura fissata
- 6) - numero di ricambi d'aria calcolato in funzione della categoria dell'edificio
- 7) - apporti gratuiti interni definiti in funzione della categoria dell'edificio
- 8) - coefficiente di trasmissione solare delle superfici vetrate (g)
- 9) - fattore di riduzione dovuto a schermi (Fc) definito in base alle caratteristiche costruttive del progetto edilizio
- 10) - fattore di riduzione dovuto ad ostruzioni esterne (Fs) calcolato secondo l'appendice E della UNI-CTI 10344