

AZIONI DEL VENTO

Normativa di riferimento

- D.M. 14/01/2008 – Par. 3.3
- Eurocodice 1 – Parte 1.4

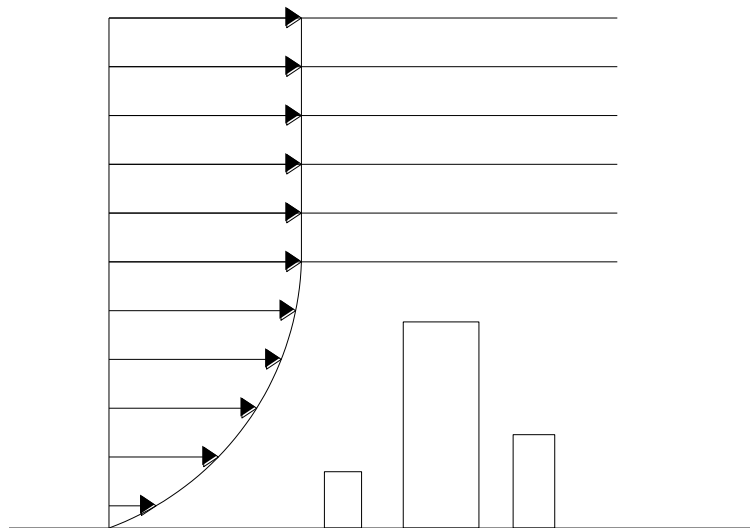
Azione del vento

Il vento è il moto di un fluido, l'aria, dovuto alla differenza di temperatura e pressione tra diversi strati.

Le forze esercitate dal vento dipendono dalla velocità delle particelle.

La superficie della terra esercita un'azione di frenatura, per cui la velocità varia lungo l'altezza.

Man mano che ci allontaniamo dal terreno la velocità diventa costante.



Azione del vento

Il vento esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio, provocando effetti dinamici.

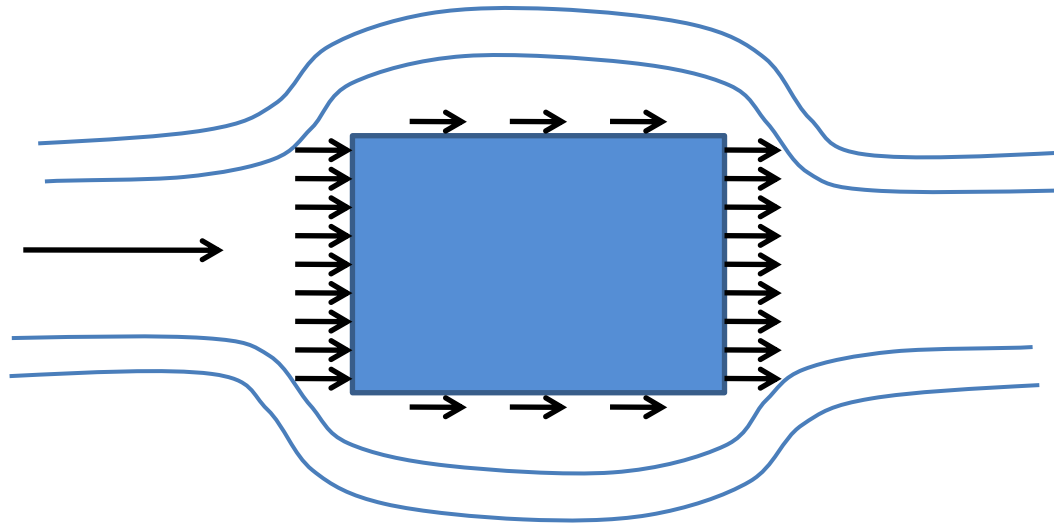
Per le costruzioni usuali tali azioni sono ricondotte alle

AZIONI STATICHE EQUIVALENTI:

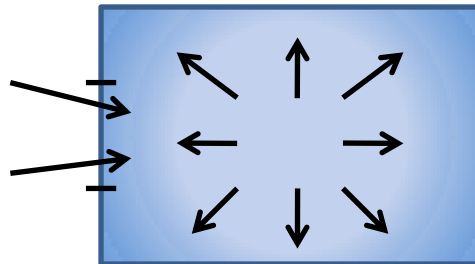
Pressioni (> 0) e depressioni (< 0) agenti normalmente alle superfici, sia interne che esterne, degli elementi che compongono la costruzione.

Azione del vento

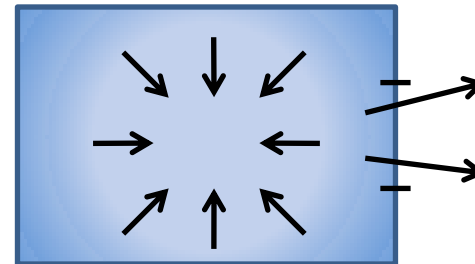
In una zona priva di ostacoli, la particella si muoverebbe lungo una traiettoria rettilinea a velocità costante.



Parete
sovravento



Parete
sottovento



Pressione del vento

La pressione del vento è data da:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Con:

q_b pressione cinetica di riferimento;

c_e coefficiente di esposizione;

c_p coefficiente di forma;

c_d coefficiente dinamico (generalmente assunto pari a 1).

Pressione cinetica di riferimento

La pressione cinetica di riferimento (in N/m²) è data dall'espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$$

Dove

ρ è la *densità dell'aria*, assunta costante e pari a 1,25 kg/m³;

v_b è la *velocità di riferimento* del vento (in m/s).

Velocità di riferimento

La velocità di riferimento V_b

è il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II, mediata su 10 min e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni.

$$v_b = v_{b,0}$$

$$\text{per } a_s \leq a_0$$

$$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$$

$$\text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

dove:

$v_{b,0}$ a_0 k_a sono parametri forniti da tabelle in normativa, legati alla regione in cui sorge la costruzione;

a_s è l'altitudine sul livello del mare (in m) del sito in esame.

Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano e valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_a



Tabella 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_a

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,010
2	Emilia Romagna	25	750	0,015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,020
7	Liguria	28	1000	0,015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,020

Coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito.

Per altezze sul suolo non maggiori di $z = 200$ m, esso è dato dalla formula:

$$\begin{aligned} c_e(z) &= k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] && \text{per } z \geq z_{\min} \\ c_e(z) &= c_e(z_{\min}) && \text{per } z < z_{\min} \end{aligned}$$

dove:

k_r z_0 z_{\min} sono parametri forniti da tabella in normativa in funzione della categoria di esposizione del sito;

c_t è il *coefficiente di topografia* (assunto generalmente pari a 1).

1. Definire la classe di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

ZONE 1,2,3,4,5						
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 9		
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

2. Nota la distanza dal mare e la quota individuare la categoria di esposizione

3. Individuare i parametri per la definizione di c_e

ZONA 6					
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

Categoria di esposizione del sito	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Coefficiente di forma (da Circ. n. 617)

Il coefficiente di forma c_p è funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento.

Per la valutazione della **pressione esterna** $\rightarrow c_{pe}$

- Per elementi sopravento con $\alpha \geq 60^\circ$

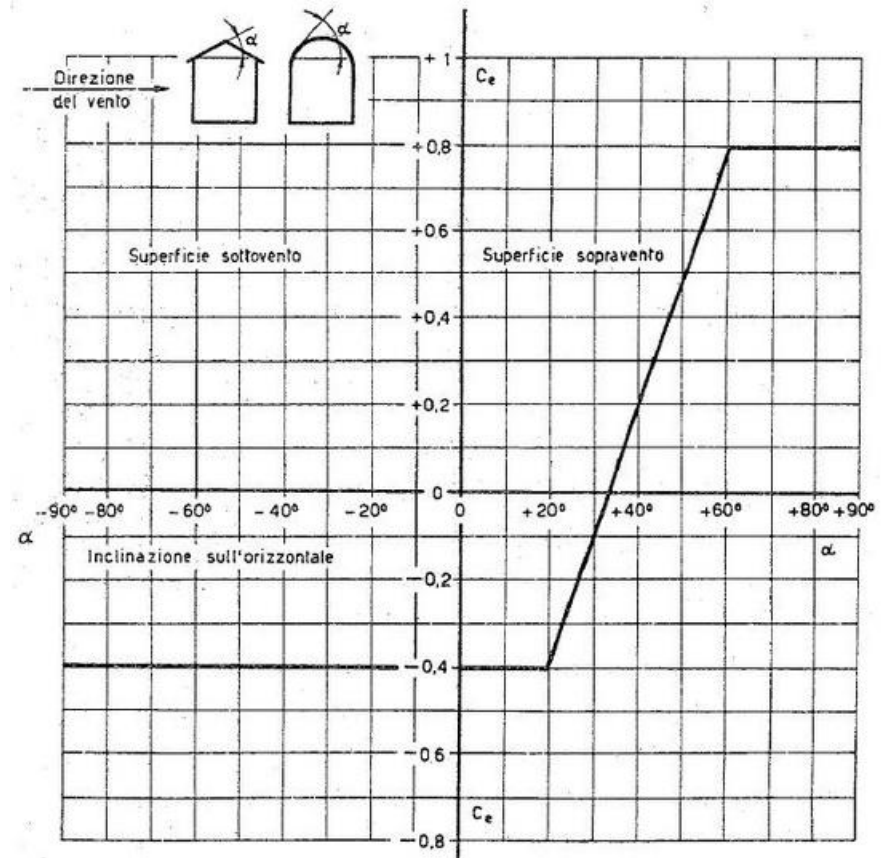
$$c_{pe} = + 0,8$$

- Per elementi sopravento con $20^\circ < \alpha < 60^\circ$

$$c_{pe} = + 0,03\alpha - 1$$

- Per elementi sopravento con $0^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$ e per elementi sottovento

$$c_{pe} = - 0,4$$



Coefficiente di forma (da Circ. n. 617)

Per la valutazione della **pressione interna** → c_{pi}

- Per costruzioni che hanno una parete con aperture di superficie $< 1/3$ di quella totale

$$c_{pi} = \pm 0,2$$

- Per costruzioni che hanno una parete con aperture di superficie $\geq 1/3$ di quella totale

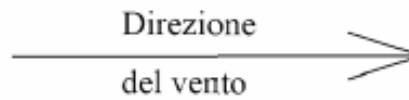
$$c_{pi} = + 0,8 \text{ parete sopravento}$$

$$c_{pi} = -0,5 \text{ parete sottovento o parallela al vento}$$

- Per costruzioni che presentano su due pareti opposte, normali alla direzione del vento, aperture di superficie $\geq 1/3$ di quella totale

$$c_{pe} + c_{pi} = \pm 1,2 \text{ per elementi normali alla direzione del vento}$$

$$c_{pe} + c_{pi} = \pm 0,2 \text{ per i rimanenti elementi}$$



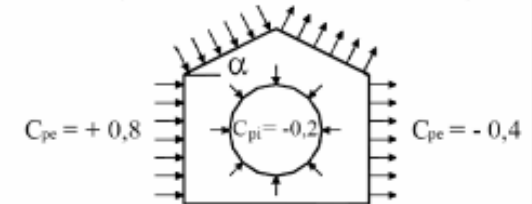
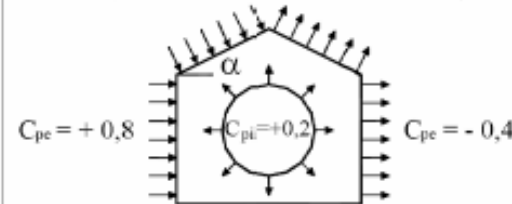
Costruzioni aventi una parete con aperture
di superficie < 33 % di quella totale

$$C_{pe} = +0,03 \alpha - 1$$

$$C_{pe} = -0,4$$

$$C_{pe} = +0,03 \alpha - 1$$

$$C_{pe} = -0,4$$



Su ogni elemento della
costruzione:

$$C_p = C_{pe} + C_{pi}$$

(prestando attenzione
ai segni delle pressioni)

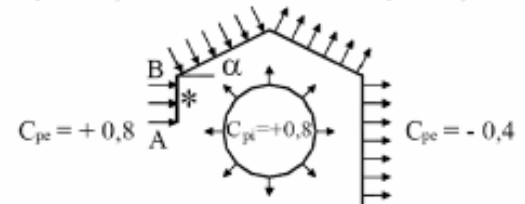
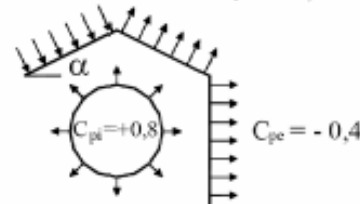
Costruzioni aventi una parete con aperture
di superficie ≥ 33 % di quella totale

$$C_{pe} = +0,03 \alpha - 1$$

$$C_{pe} = -0,4$$

$$C_{pe} = +0,03 \alpha - 1$$

$$C_{pe} = -0,4$$



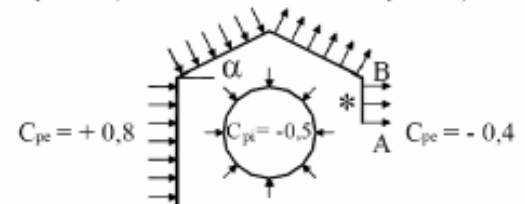
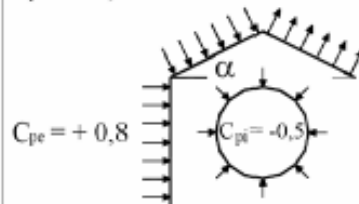
* Per l'elemento AB: $C_{pi} = -0,2$

$$C_{pe} = +0,03 \alpha - 1$$

$$C_{pe} = -0,4$$

$$C_{pe} = +0,03 \alpha - 1$$

$$C_{pe} = -0,4$$



* Per l'elemento AB: $C_{pi} = +0,2$

AZIONI DELLA NEVE

Normativa di riferimento

- D.M. 14/01/2008 – Par. 3.4
- Eurocodice 1 – Parte 1.3

Azione della neve

L'azione della neve sulle costruzioni dipende da diversi fattori:

- Collocazione geografica del sito nel contesto nazionale;
- Altitudine del sito;
- Esposizione dell'edificio;
- Forma della copertura.

Carico neve

Il carico provocato dalla neve sulle coperture è dato dalla seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot c_E \cdot c_t$$

Con:

μ_i coefficiente di forma della copertura;

q_{sk} valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo;

c_E coefficiente di esposizione;

c_t coefficiente termico (generalmente assunto pari a 1).

Si ipotizza che il carico agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

Valore caratteristico del carico neve al suolo

Il carico neve al suolo q_{sk} dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione.

Per località poste a quota inferiore a 1500 m sul livello del mare, la normativa fornisce i valori di q_{sk} riferiti ad un periodo di ritorno di 50 anni (valori che non vengono superati nel 95% dei casi che si sono studiati in 50 anni).

Tali valori sono distinti in base alle ZONE DI CARICO DA NEVE e in base alla quota sul livello del mare del sito a_s .

Valore caratteristico del carico neve al suolo

Il territorio nazionale è diviso in 3 zone:

Zona I -Alpina

Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza.

Zona I –Mediterranea

Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì, Lodi, Milano, Modena, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese.

Zona II

Arezzo, Ascoli Piceno, Bari, Campobasso, Chieti, Ferrara, Firenze, Foggia, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona.

Zona III

Agrigento, Avellino, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Frosinone, Grosseto, L'Aquila, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastro, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo

Valore caratteristico del carico neve al suolo

Zona I – Alpina

$$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2 \quad a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 1,39 [1 + (a_s/728)^2] \text{ kN/m}^2 \quad a_s > 200 \text{ m}$$

Zona I – Mediterranea

$$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2 \quad a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 1,39 [1 + (a_s/602)^2] \text{ kN/m}^2 \quad a_s > 200 \text{ m}$$

Zona II

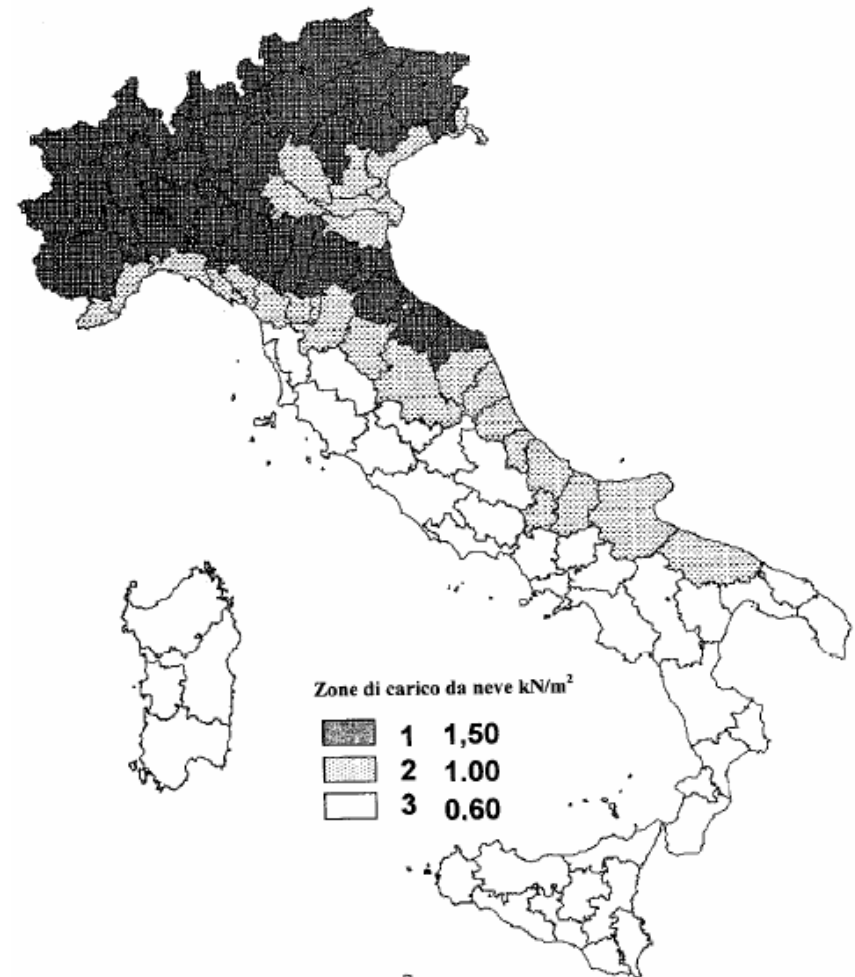
$$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/m}^2 \quad a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 0,85 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2 \quad a_s > 200 \text{ m}$$

Zona III

$$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2 \quad a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 0,51 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2 \quad a_s > 200 \text{ m}$$



Coefficienti c_E e c_t

Il coefficiente di esposizione c_E può essere utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche dell'area in cui sorge l'opera.

Topografia	Descrizione	C_E
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

Il coefficiente termico c_t può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causato dalla perdita di calore della costruzione.

In assenza di studi specifici e documentati deve essere utilizzato $C_t = 1$.

Coefficiente di forma

I valori del coefficiente di forma μ_i dipendono dall'angolo di inclinazione α della falda rispetto all'orizzontale.

Coeff. di forma	$0 \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30 < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0.8 (60-\alpha)/30$	0,0

I valori sopra riportati si riferiscono alle coperture ad una o due falde.

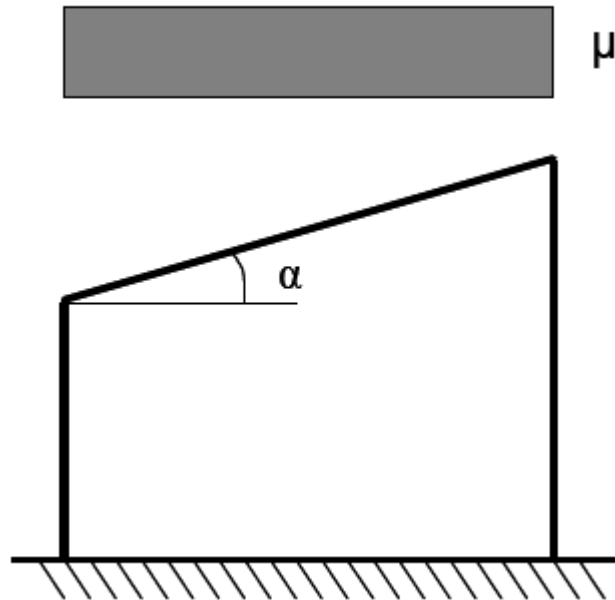
Devono essere considerate due condizioni di carico:

- In assenza di vento;
- In presenza di vento.

Coefficiente di forma

Coperture ad una falda

La condizione in figura deve essere utilizzata sia in presenza che in assenza di vento.



Coefficiente di forma

Coperture a due falde

Per la condizione in assenza di vento → Caso I

Per la condizione in presenza di vento → peggiore tra Caso II e Caso III

