



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DELLA BASILICATA
Scuola di Ingegneria



Corso di
TECNICA DELLE COSTRUZIONI

LE AZIONI SULLE COSTRUZIONI

Docente:
Prof. Ing. Angelo MASI

Collaboratori:
Ing. Vincenzo MANFREDI
Ing. Giuseppe VENTURA

LE AZIONI SULLE COSTRUZIONI: DEFINIZIONI

Capitolo 2 del Decreto Ministeriale 17.01.2018 – “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” NTC-18

La **sicurezza** e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli **stati limite** che si possono verificare durante la sua **vita nominale**

Si definisce **Stato Limite** uno stato raggiunto il quale, la struttura o uno dei suoi elementi costitutivi, non soddisfa più le esigenze per cui è stata concepita.

La **vita nominale** (V_N) di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo a cui è destinata

| TIPI DI COSTRUZIONE | | Vita Nominale V_N (in anni) |
|---------------------|--|----------------------------------|
| 1 | Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹ | ≤ 10 |
| 2 | Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale | ≥ 50 |
| 3 | Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica | ≥ 100 |

Si definisce **azione** ogni causa o insieme di cause capace di indurre stati limite in una struttura (§ 2.5.1)

LE AZIONI SULLE COSTRUZIONI

Classifica per tipo di azione:

- **Forze** (*peso, pressione del vento, neve, spinta della terra o di un liquido, ecc.*)
- **Spostamenti impressi** (*es. cedimenti delle fondazioni*)
- **Deformazioni impresse** dovute a fattori esterni (*variazione di temperatura*) o interni (*ritiro del calcestruzzo, viscosità*)
- **Azioni chimiche** (*carbonatazione del cls, corrosione dell'acciaio*)
- **Fuoco**

LE AZIONI SULLE COSTRUZIONI

Capitolo 2 del Decreto Ministeriale 17.01.2018 - NTC-18

2.5.1.1 Classificazione delle azioni in base al modo di esplicarsi

- a) *dirette*:
forze concentrate, carichi distribuiti, fissi o mobili;
- b) *indirette*:
spostamenti impressi, variazioni di temperatura e di umidità, ritiro, precompressione, cedimenti di vincolo, ecc.
- c) *degrado*:
 - endogeno: alterazione naturale del materiale di cui è composta l'opera strutturale;
 - esogeno: alterazione delle caratteristiche dei materiali costituenti l'opera strutturale, a seguito di agenti esterni.

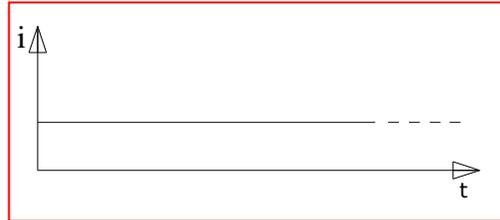
2.5.1.2 Classificazione delle azioni secondo la risposta strutturale

- a) *statiche*: azioni applicate alla struttura che non provocano accelerazioni significative della stessa o di alcune sue parti;
- b) *pseudo statiche*: azioni dinamiche rappresentabili mediante un'azione statica equivalente;
- c) *dinamiche*: azioni che causano significative accelerazioni della struttura o dei suoi componenti.

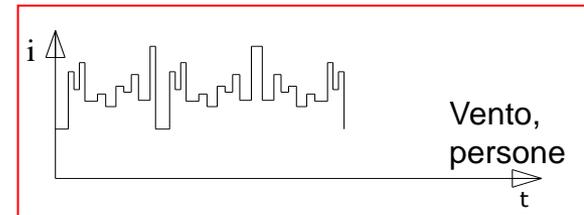
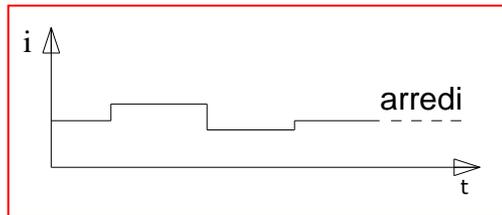
LE AZIONI SULLE COSTRUZIONI

Classificazione in base alla variabilità durante la vita utile di una struttura

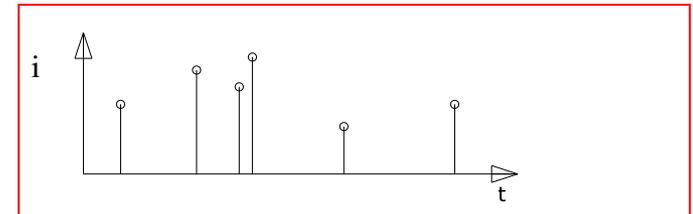
1. **Azioni permanenti:** sono invariabili oppure variano molto lentamente e di poco nel tempo (es. peso proprio strutturale, tamponature, ritiro)



2. **Azioni variabili:** possono variare con una velocità che dipende dal tipo di azione



3. **Eccezionali:** incendi, urti, esplosioni. Sono azioni che solo eccezionalmente possono verificarsi nella vita utile della struttura

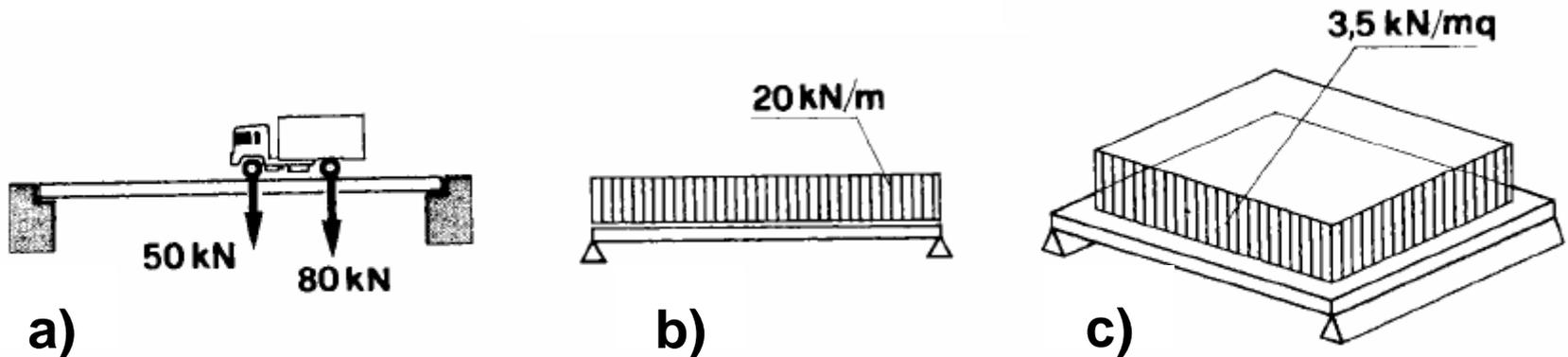


4. **Sismiche:** eventi sismici la cui intensità e frequenza è legata alla pericolosità del sito

LE AZIONI SULLE COSTRUZIONI

I carichi (*azioni dirette*) possono essere schematizzati come:

- a) **Carichi puntuali o concentrati:** azione concentrata su una superficie di contatto molto piccola che si può assimilare ad un punto. (es. appoggi delle macchine industriali). Unità di misura [F]
- b) **Carichi con distribuzione lineare:** azione distribuita su una superficie avente una dimensione molto maggiore dell'altra. (es. tramezzi). Unità di misura [FL⁻¹]
- c) **Carichi con distribuzione sulla superficie:** es. azione distribuita su una superficie avente dimensioni confrontabili. (es. pressione dell'acqua sul fondo di una piscina, spinta del terreno). Unità di misura [FL⁻²]



Capitolo 3 del DM 17.01.2018, Circolare applicativa NTC 2018 (n. 7/2019)

3 AZIONI SULLE COSTRUZIONI

3.1 OPERE CIVILI E INDUSTRIALI

Carichi permanenti G

→ Peso proprio degli elementi strutturali **G1**

→ Peso degli elementi non strutturali **G2**

(calcolati in funzione del peso di volume e delle dimensioni degli elementi)

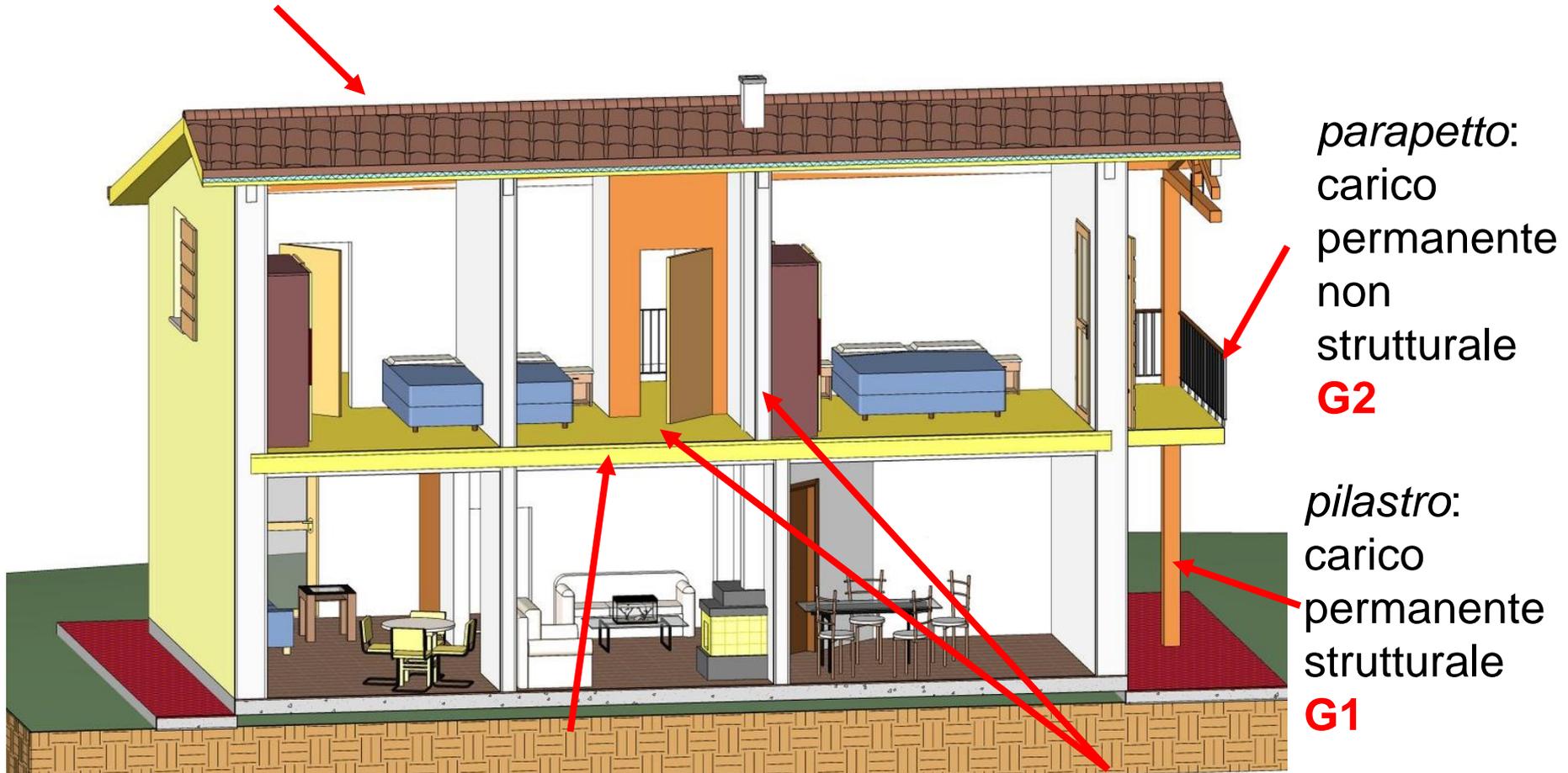
Carichi variabili o di esercizio Q

→ carichi legati al normale funzionamento della struttura (*destinazione d'uso*)

→ neve, vento

ESEMPI DI CARICHI PERMANENTI SULLE COSTRUZIONI

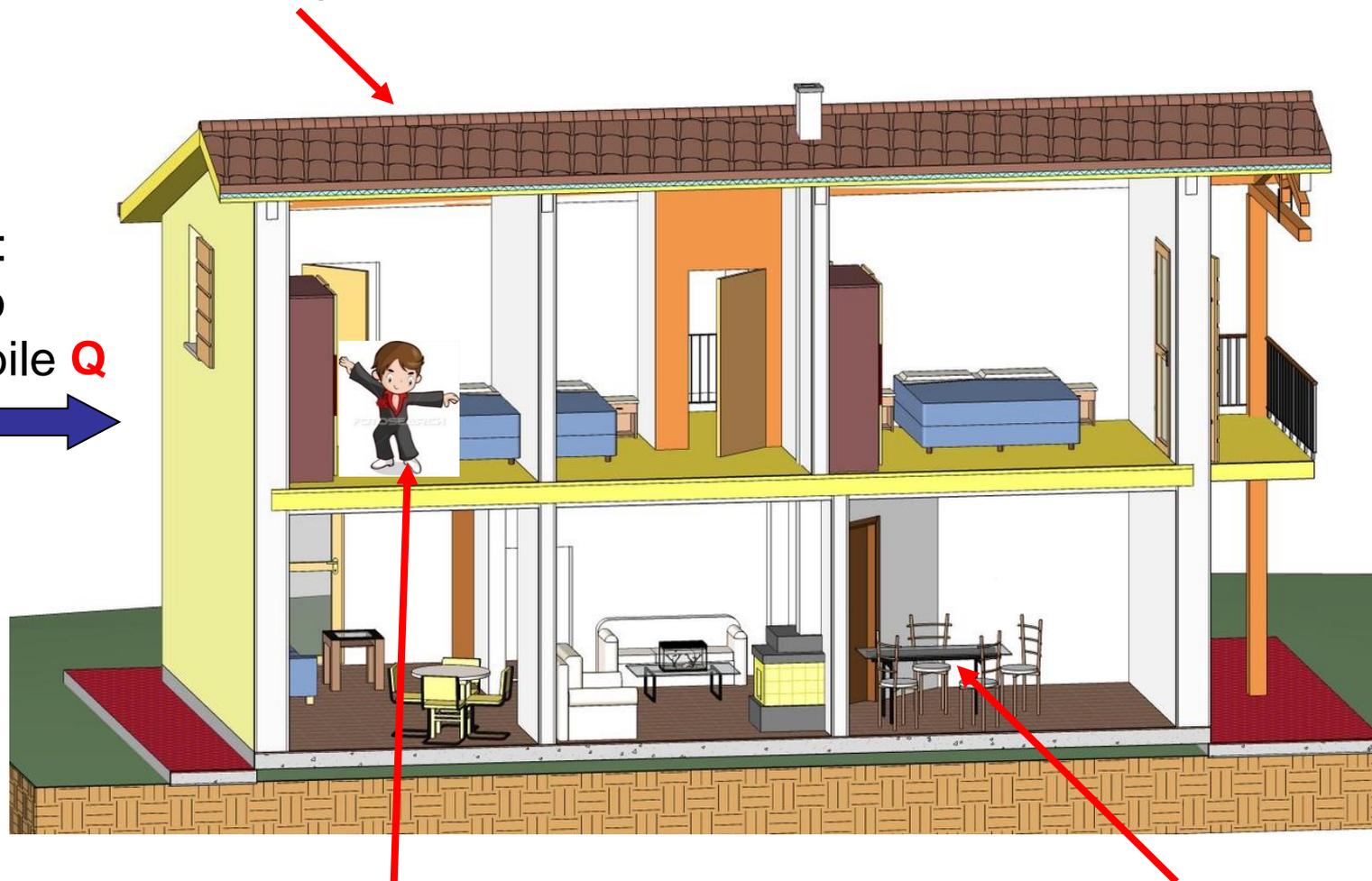
tegole: carico permanente non strutturale **G2**



ESEMPI DI CARICHI VARIABILI SULLE COSTRUZIONI

Neve sulla copertura: carico variabile Q

vento:
carico
variabile Q



occupanti: carico variabile Q

arredi: carico variabile Q

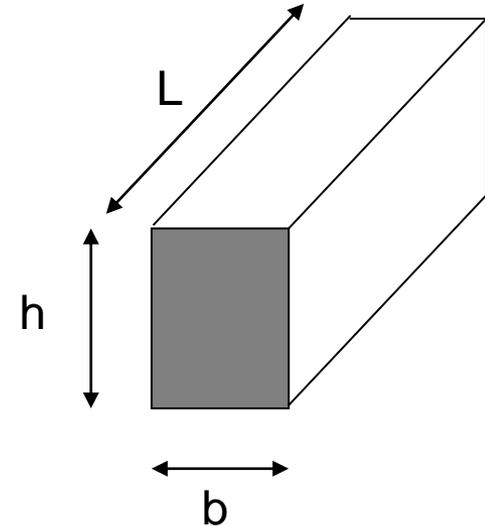
CARICHI PERMANENTI

PESO PROPRIO DEI MATERIALI STRUTTURALI (§3.1.2)

Tabella 3.1.I - Pesì dell' unità di volume dei principali materiali strutturali

| MATERIALI | PESO UNITÀ DI VOLUME [kN/m ³] |
|---|---|
| Calcestruzzi cementizi e malte | |
| Calcestruzzo ordinario | 24,0 |
| Calcestruzzo armato (e/o precompresso) | 25,0 |
| Calcestruzzi "leggeri": da determinarsi caso per caso | 14,0 ÷ 20,0 |
| Calcestruzzi "pesanti": da determinarsi caso per caso | 28,0 ÷ 50,0 |
| Malta di calce | 18,0 |
| Malta di cemento | 21,0 |
| Calce in polvere | 10,0 |
| Cemento in polvere | 14,0 |
| Sabbia | 17,0 |
| Metalli e leghe | |
| Acciaio | 78,5 |
| Ghisa | 72,5 |
| Alluminio | 27,0 |
| Materiale lapideo | |
| Tufo vulcanico | 17,0 |
| Calcere compatto | 26,0 |
| Calcere tenero | 22,0 |
| Gesso | 13,0 |
| Granito | 27,0 |
| Laterizio (pieno) | 18,0 |
| Legnami | |
| Conifere e pioppo | 4,0 ÷ 6,0 |
| Latifoglie (escluso pioppo) | 6,0 ÷ 8,0 |
| Sostanze varie | |
| Acqua dolce (chiara) | 9,81 |
| Acqua di mare (chiara) | 10,1 |
| Carta | 10,0 |
| Vetro | 25,0 |

Per materiali non compresi nella tabella si potrà far riferimento a specifiche indagini sperimentali o a normative di comprovata validità assumendo i valori nominali come valori caratteristici.



Calcolo del peso di una trave (elemento monodimensionale) in c.a.

$$b=0.3\text{m}, \quad h=0.5\text{m}, \quad L=1.0\text{m}$$

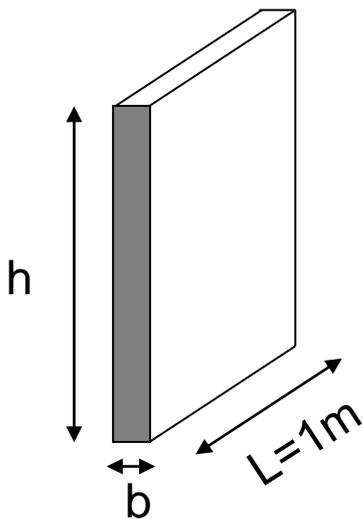
$$P = \gamma \times b \times h \times L = \\ 25 \times 0.3 \times 0.5 \times 1 = 3.75 \text{ kN}$$

L'elemento pesa 3.75 kN per ogni metro di lunghezza (3.75 kN/m)

CARICHI PERMANENTI: GLI ELEMENTI NON STRUTTURALI

Tramezzature (o *partizioni interne*): il carico può essere schematizzato come uniformemente distribuito sulla superficie, purché i solai abbiano un'adeguata capacità di ripartire i carichi (§ 3.1.3, NTC2018)

- | | |
|---|-------------------------------|
| - per elementi divisori con $G_2 \leq 1,00 \text{ kN/m}$: | $g_2 = 0,40 \text{ kN/m}^2$; |
| - per elementi divisori con $1,00 < G_2 \leq 2,00 \text{ kN/m}$: | $g_2 = 0,80 \text{ kN/m}^2$; |
| - per elementi divisori con $2,00 < G_2 \leq 3,00 \text{ kN/m}$: | $g_2 = 1,20 \text{ kN/m}^2$; |
| - per elementi divisori con $3,00 < G_2 \leq 4,00 \text{ kN/m}$: | $g_2 = 1,60 \text{ kN/m}^2$; |
| - per elementi divisori con $4,00 < G_2 \leq 5,00 \text{ kN/m}$: | $g_2 = 2,00 \text{ kN/m}^2$. |



Muratura di mattoni forati (b=0.10m, h=2.80m)

Peso specifico mattoni forati $\gamma=8 \text{ kN/m}^3$

Peso a metro lineare

$$G_2 = \gamma * b * h * L = 8 * 0.1 * 2.8 * 1 = 2.24 \text{ kN/m} \rightarrow g_2 = 1.2 \text{ kN/m}^2$$

DISTRIBUZIONE DEI CARICHI VARIABILI

Un carico è definito variabile perché può cambiare posizione e valore durante la vita della costruzione.

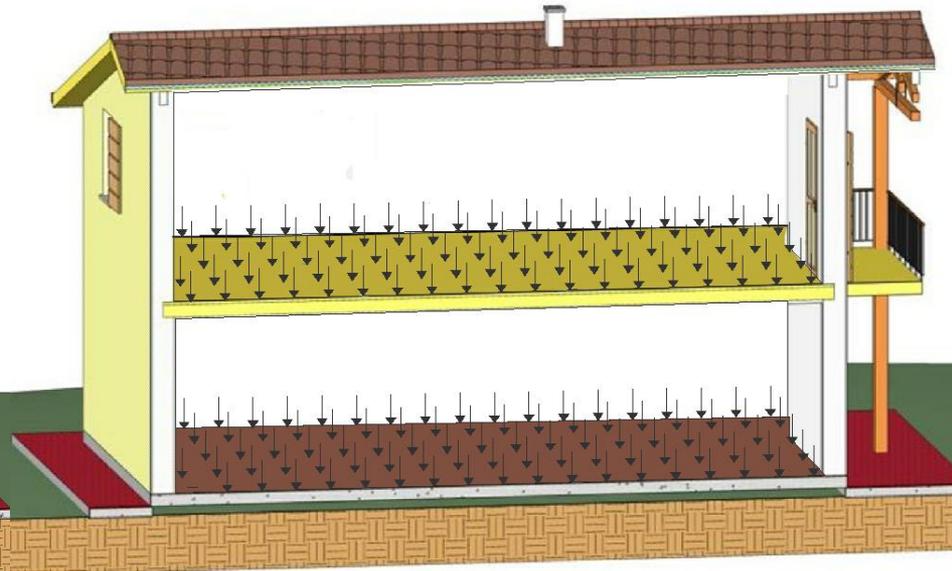
Generalmente i **carichi variabili** presenti in una abitazione non sono uniformemente distribuiti sulla superficie.

Per semplicità vengono comunque considerati uniformemente distribuiti in quanto si fa affidamento sulla capacità di ripartizione dei carichi da parte degli orizzontamenti.

Distribuzione reale dei carichi variabili



Distribuzione uniforme dei carichi variabili



CARICHI VARIABILI (§ 3.1.4)

I carichi variabili dipendono dalla «**destinazione d'uso**» dell' edificio (residenziale, uffici, scuole...) e rappresentano il «**carico utile**» che la struttura deve essere in grado di sopportare in condizioni di sicurezza.

Alcuni esempi:

Per una abitazione → *persone, arredamento ...*,

Per una biblioteca → *persone, libri ...*

Per una autorimessa → *automobili*

Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici

| Cat. | Ambienti | q_k [kN/m ²] | Q_k [kN] | H_k [kN/m] |
|------|--|-------------------------------|----------------------|----------------------|
| A | Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento) | 2,00 | 2,00 | 1,00 |
| B | Uffici. Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 Uffici aperti al pubblico | 2,00 3,00 | 2,00 2,00 | 1,00 1,00 |
| C | Ambienti suscettibili di affollamento Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune | 3,00 4,00 5,00 | 2,00 4,00 5,00 | 1,00 2,00 3,00 |

Verticale distribuito
Verticale concentrato
Orizzontale lineare

Il carico da utilizzare per progettare le strutture civili è quello “verticale distribuito”.

Gli altri carichi si utilizzano per verifiche locali

...segue

CARICHI VARIABILI (§ 3.1.4)

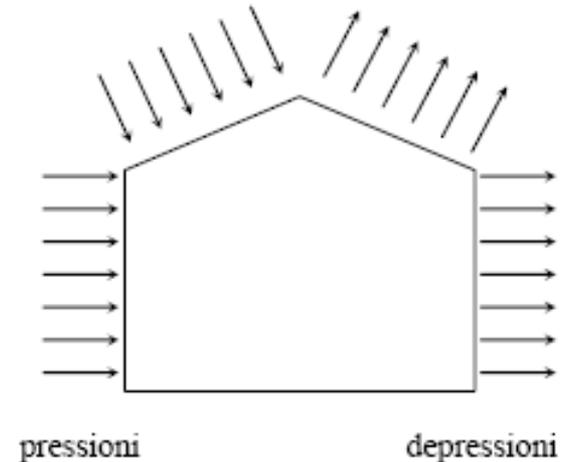
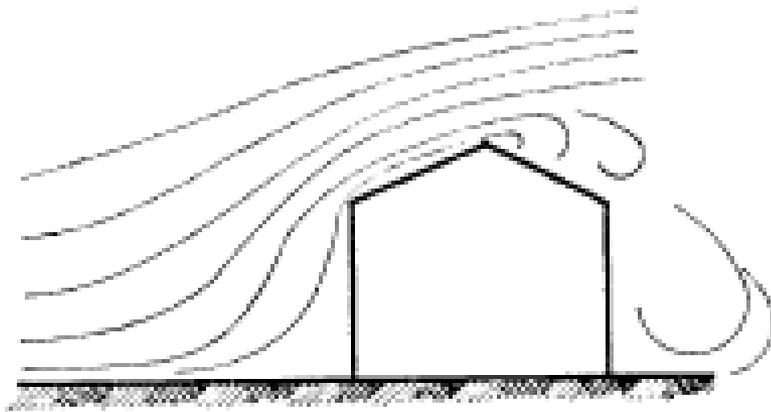
Segue Tab. 3.1.II - altre destinazioni d'uso contemplate dalle norme

Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici

| Cat. | Ambienti | q_k [kN/m ²] | Q_k [kN] | H_k [kN/m] |
|--|--|-------------------------------|----------------|-----------------|
| D | Ambienti ad uso commerciale. | | | |
| | Cat. D1 Negozi Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie... | 4,00 5,00 | 4,00 5,00 | 2,00 2,00 |
| E | Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale. | | | |
| | Cat. E1 Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri Cat. E2 Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso | $\geq 6,00$ — | 6,00 — | 1,00* — |
| F-G | Rimesse e parcheggi. | | | |
| | Cat. F Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN Cat. G Rimesse e parcheggi per transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN: da valutarsi caso per caso | 2,50 — | 2 x 10,00 — | 1,00** — |
| H | Coperture e sottotetti | | | |
| | Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione | 0,50 | 1,20 | 1,00 |
| | Cat. H2 Coperture praticabili Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso | — — | — — | — — |
| * non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati | | | | |
| ** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso | | | | |

AZIONI DEL VENTO

- **Le azioni dovute al vento sono trattate nel §3.3 delle NTC 2018.**
- Il vento produce azioni di **pressione** e di **depressione** agenti ortogonalmente alle superfici delle costruzioni, la cui intensità varia nel tempo (es. raffiche) e nello spazio.
- Per le costruzioni usuali la normativa permette di semplificare la descrizione di queste azioni considerando delle azioni **statiche equivalenti**.



Andamento dei “filetti fluidi” del vento in presenza di un ostacolo

Schema delle pressioni

Azioni statiche equivalenti

La **pressione (p)** è valutata attraverso la seguente espressione:

$$p = q_r c_e c_p c_d$$

dove:

- **q_r** è la pressione cinetica di riferimento
- **C_e** è il coefficiente di esposizione
- **C_p** è il coefficiente di forma o aerodinamico (dipende dalla geometria della costruzione)
- **C_d** è il coefficiente dinamico (assunto pari a 1 per costruzioni ordinarie)

AZIONI DEL VENTO (§ 3.3) – Pressione cinetica di riferimento q_r

La pressione cinetica di riferimento q_r è data dalla seguente espressione:

$$q_r = \frac{1}{2} \rho v_r^2$$

dove:

- v_r è la velocità di riferimento del vento (in m/s);
- ρ è la densità dell'aria (assunta convenzionalmente costante e pari a 1,25 kg/m³).

AZIONI DEL VENTO (§ 3.3) – Velocità di riferimento V_r

V_r è la velocità di riferimento del vento, generalmente riferita ad un periodo di ritorno $T_R=50$ anni (V_{b0}), valutata con la seguente espressione:

$$V_r = V_{b0} * c_a * c_r$$

c_r è un coefficiente che porta in conto periodi di ritorno > 50 anni ($c_r=1$ per $T_R=50$)

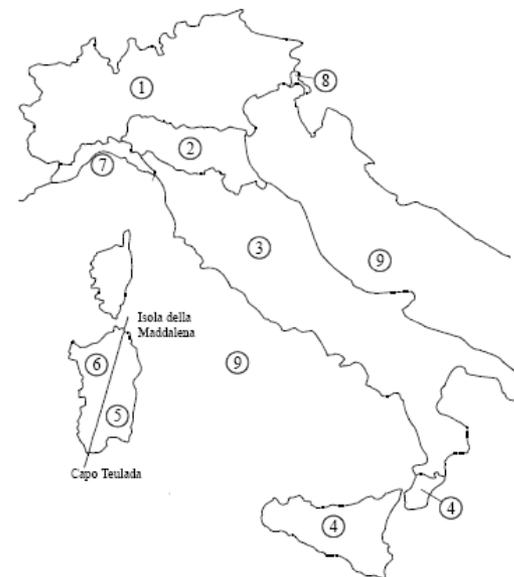
c_a è il coefficiente di altitudine
(a_s è la quota s.l.m.)

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s \left(\frac{a_s}{a_0} - 1 \right) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_s

| Zona | Descrizione | $v_{b,0}$ [m/s] | a_0 [m] | k_s |
|------|---|-----------------|-----------|-------|
| 1 | Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste) | 25 | 1000 | 0,40 |
| 2 | Emilia Romagna | 25 | 750 | 0,45 |
| 3 | Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria) | 27 | 500 | 0,37 |
| 4 | Sicilia e provincia di Reggio Calabria | 28 | 500 | 0,36 |
| 5 | Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena) | 28 | 750 | 0,40 |
| 6 | Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena) | 28 | 500 | 0,36 |
| 7 | Liguria | 28 | 1000 | 0,54 |
| 8 | Provincia di Trieste | 30 | 1500 | 0,50 |
| 9 | Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto | 31 | 500 | 0,32 |



UN ESEMPIO DI CALCOLO DELL'AZIONE DEL VENTO

Sito di Potenza (**zona 3**) Altitudine s.l.m: $a_s = 800\text{m}$

Dalla Tabella 3.3.I della NTC2018 si ha:

$v_{b,0} = 27 \text{ m/s (97 km/h)}$, $a_0 = 500 \text{ m}$, $k_s = 0.37$

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_s

| Zona | Descrizione | $v_{b,0}$ [m/s] | a_0 [m] | k_s |
|------|---|-----------------|-----------|-------|
| 1 | Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste) | 25 | 1000 | 0,40 |
| 2 | Emilia Romagna | 25 | 750 | 0,45 |
| 3 | Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria) | 27 | 500 | 0,37 |
| 4 | Sicilia e provincia di Reggio Calabria | 28 | 500 | 0,36 |
| 5 | Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena) | 28 | 750 | 0,40 |
| 6 | Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena) | 28 | 500 | 0,36 |
| 7 | Liguria | 28 | 1000 | 0,54 |
| 8 | Provincia di Trieste | 30 | 1500 | 0,50 |
| 9 | Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto | 31 | 500 | 0,32 |

UN ESEMPIO DI CALCOLO DELL'AZIONE DEL VENTO

Sito di Potenza: zona 3, Altitudine s.l.m: $a_s = 800\text{m}$

Dalla Tabella 3.3.I della NTC2018 si ha:

$v_{b,0} = 27\text{ m/s}$ (97 km/h), $a_0 = 500\text{ m}$, $k_s = 0.37$

$$V_r = V_{b0} * c_a * c_r$$

$$q_r = \frac{1}{2} \rho V_r^2$$

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s \left(\frac{a_s}{a_0} - 1 \right) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500\text{ m}$$

$$c_a = 1 + 0.37(800/500 - 1) = 1.222$$

$$V_r = 27 \times 1.222 \times 1.0 = 33\text{ m/s}$$

$$q_r = 0.5 \times 1.25 \times 33^2 = \mathbf{681\text{ N/m}^2}$$

AZIONE DEL VENTO (§ 3.3) – Coefficiente di esposizione C_e

$$p = q_r c_e c_p c_d$$

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

- altezza dal suolo z del punto considerato
- topografia del terreno (si assume generalmente $C_t = 1$)
- categoria di esposizione del sito dove sorge la costruzione

Categorie di esposizione previste dalle NTC18

Tabella 3.3.II – Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

| 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 |

La categoria di esposizione è funzione di:

- **classe di rugosità del terreno**
- **Zona e posizione geografica** della costruzione

AZIONE DEL VENTO (§ 3.3) – Categoria di esposizione

Tabella 3.3.III - Classi 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,...) |

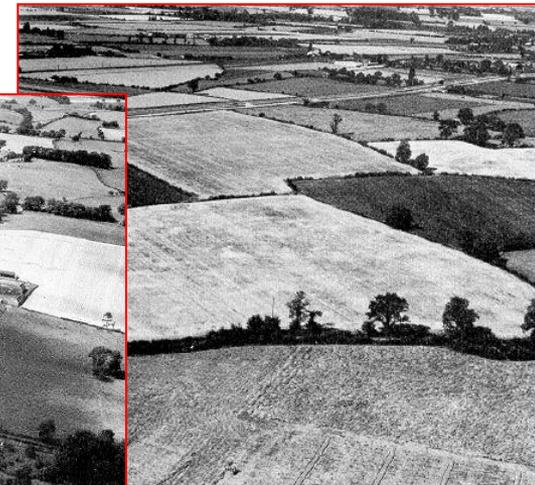
L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non 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.

Assegnazione della **classe di rugosità**

Classe B



Classe D



Classe A



Classe C



AZIONE DEL VENTO (§ 3.3) – Categoria di esposizione

Categorie di Esposizione in funzione di:

- **Zona**
- **Posizione geografica**
- **Classe di rugosità**

| 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 |

| 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 | | | |

AZIONE DEL VENTO (§ 3.3) – Zona - distanza dal mare - altitudine

DATI: Zona 3, classe di rugosità “A” (aree urbane ...), altitudine s.l.m 800m

| | 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 | | | | | | |

La categoria di esposizione è **V**

Tabella 3.3.II – Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

| 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 |

DATI:

$z = 6m (< z_{min})$

$C_t = 1$

$$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)]$$

per $z \geq z_{min}$

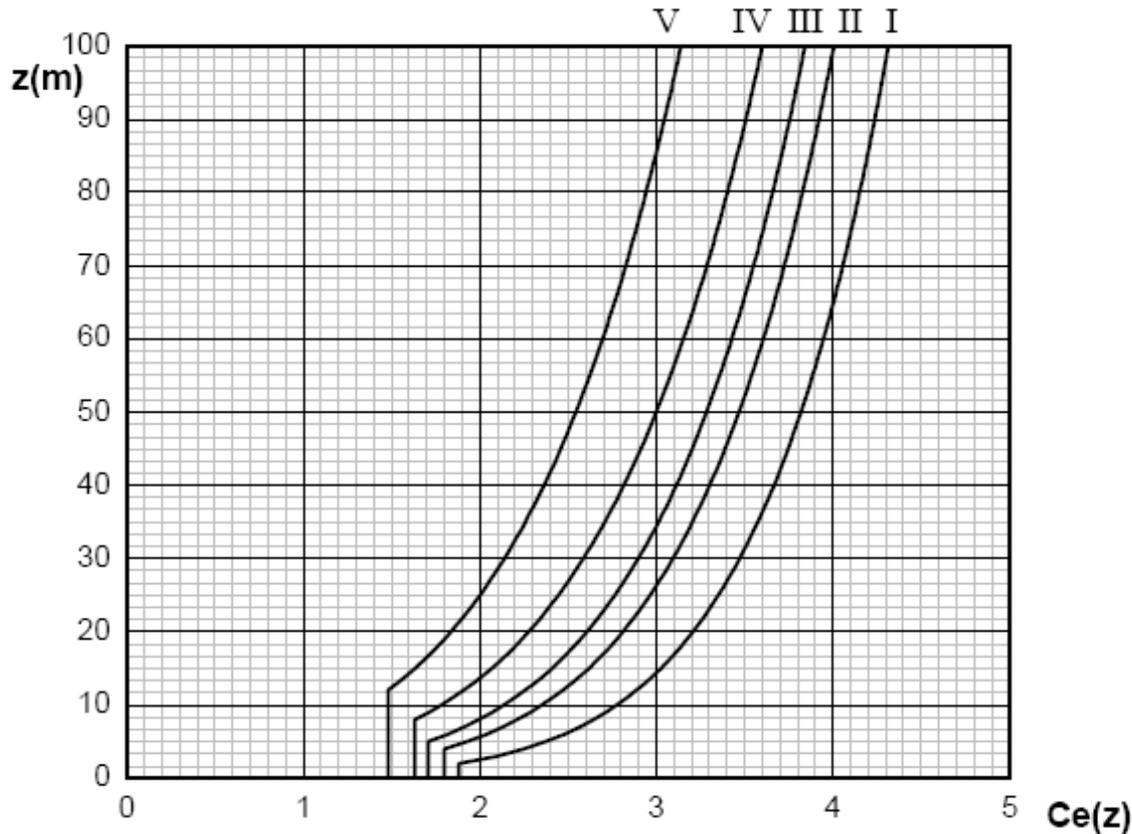
$$c_e(z) = c_e(z_{min})$$

per $z < z_{min}$

$C_e = 1.48$

AZIONE DEL VENTO (§ 3.3)

Valori del coefficiente C_e al variare dell'altezza z per le categorie di esposizione ($C_t = 1$)



C_e è variabile con l'altezza z da terra.

Di solito si assume costante e pari al valore calcolato con la z massima (ossia altezza totale della costruzione).

AZIONE DEL VENTO (§ 3.3) – Coefficiente di forma C_p

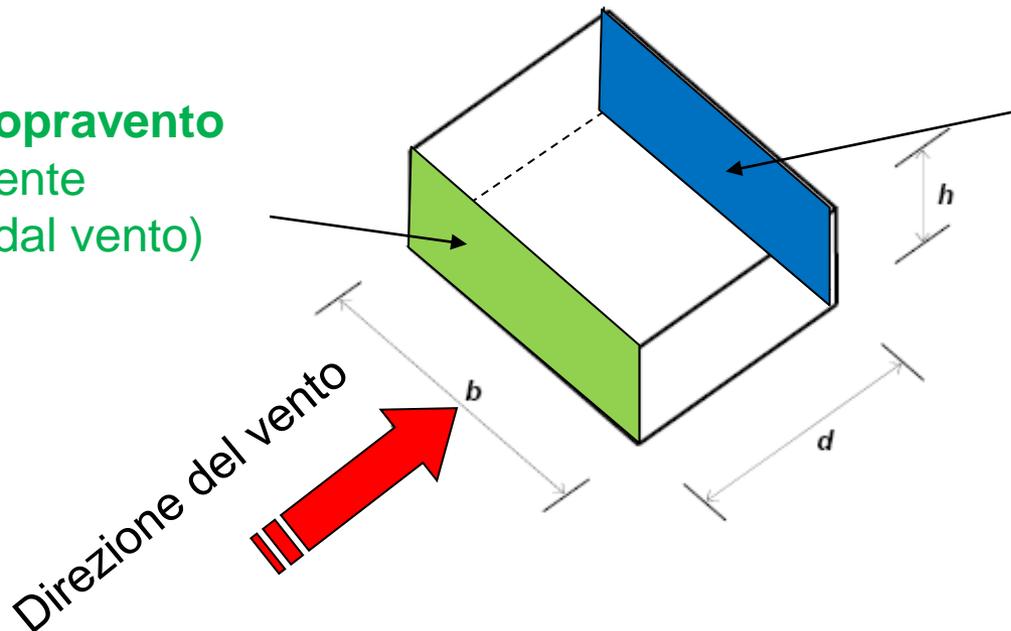
$$p = q_r c_e c_p c_d$$

C_p **positivo** = pressione (flusso verso la superficie)

C_p **negativo** = depressione, *suzione* (flusso in allontanamento dalla superficie)

Per le pareti verticali delle costruzioni a pianta rettangolare bisogna distinguere pareti sopravento e sottovento

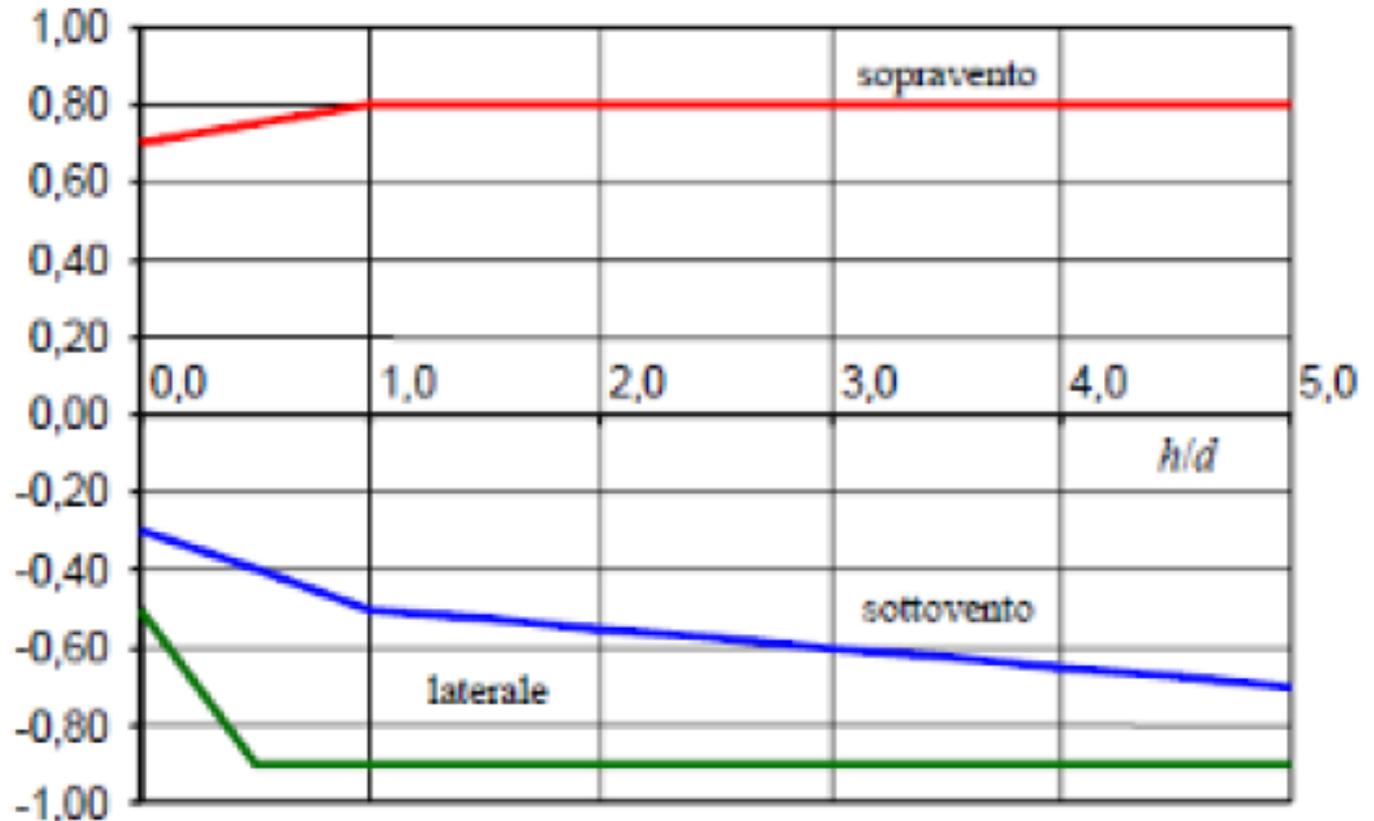
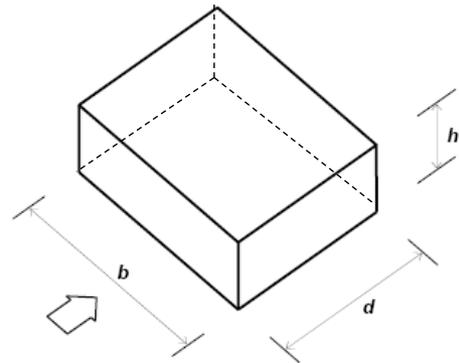
Faccia sopravvento
(direttamente investita dal vento)



Faccia sottovento
(non direttamente investita dal vento)

AZIONE DEL VENTO (§ 3.3) – Coefficiente di forma C_p

| Faccia sopravvento | Faccia laterale | Faccia sottovento |
|--|--|--|
| $h/d \leq 1: c_{pe} = 0,7 + 0,1 \cdot h/d$ | $h/d \leq 0,5: c_{pe} = -0,5 - -0,8 \cdot h/d$ | $h/d \leq 1: c_{pe} = -0,3 - 0,2 \cdot h/d$ |
| $h/d > 1: c_{pe} = 0,8$ | $h/d > 0,5: c_{pe} = -0,9$ | $1 < h/d \leq 5: c_{pe} = -0,5 - 0,05 \cdot (h/d - 1)$ |



ESEMPIO DI VALUTAZIONE DELL'AZIONE DEL VENTO

Sito di Potenza (zona 3) → $a_0=500$ m, $k_a=0.02$, $v_{b,0}=27$ m/s (97 km/h)

Altitudine s.l.m: $a_s = 800$ m

$h/d = 1$

$$q_r = \frac{1}{2} \rho v_r^2 = 0.5 \times 1.25 \times 33^2 = 681 \text{ N/m}^2$$

$$C_e = 1.48$$

$$C_t = 1$$

$C_p = 0.8$ pareti *sopravento*

$C_p = -0.5$ pareti *sottovento*

$C_d = 1$ (si assume pari ad 1)



$$p = q_b c_e c_p c_d$$

Pressione del vento

pareti **sopravento** $p = 805 \text{ N/m}^2$

pareti **sottovento** $p = -503 \text{ N/m}^2$

AZIONE DELLA NEVE

- **Le azioni dovute alla neve sono trattate nel §3.4. delle NTC 2018**
- Il carico neve q_s dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione e viene valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

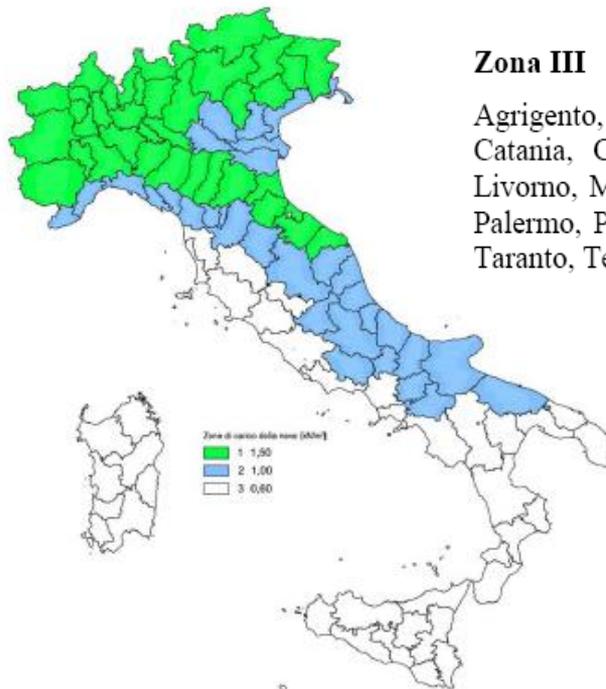
dove:

- q_s è il carico neve sulla copertura;
- μ_i è il coefficiente di forma della copertura;
- q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m²], per un periodo di ritorno di 50 anni;
- C_E è il coefficiente di esposizione;
- C_t è il coefficiente termico.

AZIONE DELLA NEVE (§ 3.4)

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

- q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m²], per un periodo di ritorno di 50 anni
- q_{sk} è assegnato in funzione della Zona di appartenenza e della quota del sito



Zona III

Agrigento, Avellino, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotona, 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:

ESEMPIO DI VALUTAZIONE DELL'AZIONE DELLA NEVE (§ 3.4)

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

Sito di Potenza: **zona III**, altitudine s.l.m: $a_s = 800\text{m}$

Calcolo q_{sk}

Per la zona III, la NTC18 indica la seguente l'espressione (§ 3.3.11):

$$\begin{array}{ll} q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2 & a_s \leq 200 \text{ m} \\ q_{sk} = 0,51 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2 & a_s > 200 \text{ m} \end{array}$$

$$q_{sk} = 0.51 \times [1 + (800 / 481)^2] = 1.92 \text{ kN/m}^2$$

AZIONE DELLA NEVE (§ 3.4) – coeff. di esposizione C_E e termico C_t

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

- Il coefficiente di esposizione C_E tiene conto della possibilità che il vento possa favorire la caduta della neve dalla copertura.
- Dipende dalla topografia del terreno intorno alla costruzione

Tabella 3.4.I – Valori di C_E per diverse classi di topografia

| 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 tiene conto delle proprietà isolanti della copertura che potrebbero causare lo scioglimento della neve a causa della dispersione di calore dell'abitazione.
- In mancanza di dati specifici si assume pari a 1

AZIONE DELLA NEVE – coefficiente di forma della copertura μ_i (§ 3.4.5.2)

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

Per una copertura ad una falda μ_1 è funzione dell'angolo di inclinazione α

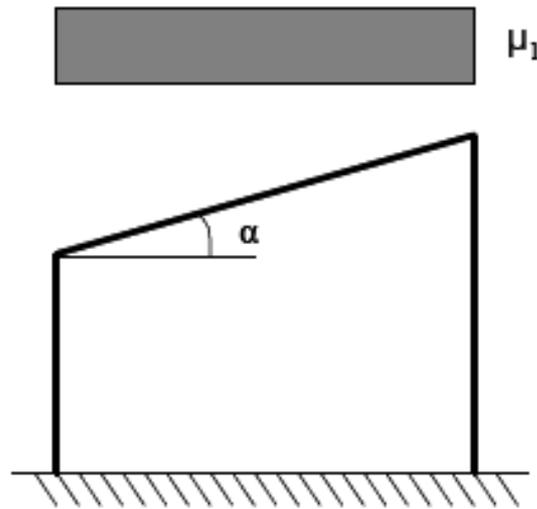


Figura 3.4.2 – Condizioni di carico per coperture ad una falda

Tabella 3.4.II – Valori del coefficiente di forma

| Coefficiente di forma | $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ | $30^\circ < \alpha < 60^\circ$ | $\alpha \geq 60^\circ$ |
|-----------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| μ_1 | 0,8 | $0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$ | 0,0 |

AZIONE DELLA NEVE – coefficiente di forma della copertura μ_i (§ 3.4.5.2)

Copertura a due falde: il coefficiente di forma dipende dall'angolo delle falde sull'orizzontale

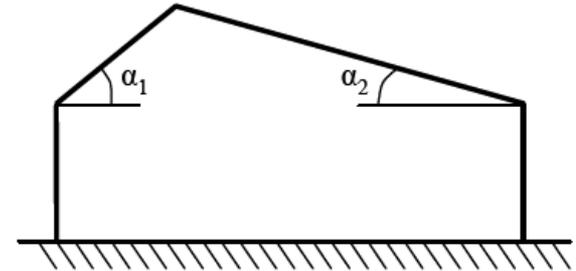
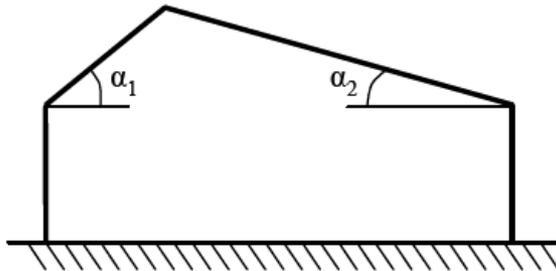
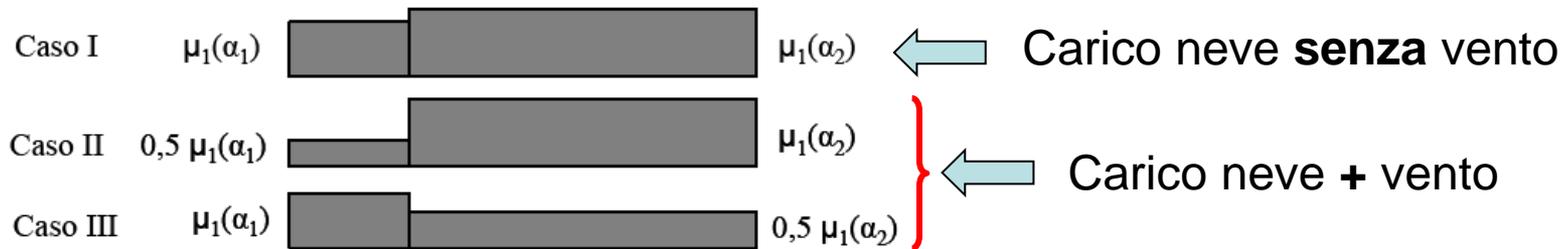


Tabella 3.4.II – Valori del coefficiente di forma

| Coefficiente di forma | $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ | $30^\circ < \alpha < 60^\circ$ | $\alpha \geq 60^\circ$ |
|-----------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| μ_1 | 0,8 | $0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$ | 0,0 |

Condizioni di carico da neve



La presenza del vento riduce l'azione della neve perché ne favorisce la caduta.

Figura 3.4.3 – Condizioni di carico per coperture a due falde

ESEMPIO DI VALUTAZIONE DELL'AZIONE DELLA NEVE (§ 3.4)

Sito di Potenza (zona III)

Altitudine s.l.m: $a_s = 800\text{m}$

Dall'espressione 3.3.11 della NTC18:

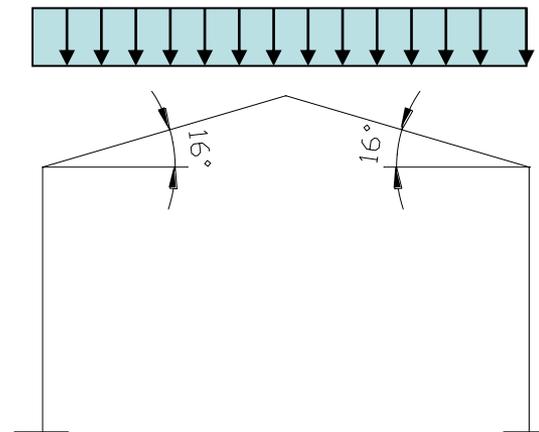
$$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2 \quad a_s \leq 200 \text{ m}$$
$$q_{sk} = 0,51 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2 \quad a_s > 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 0.51 \times [1 + (800 / 481)^2] = 1.92 \text{ kN/m}^2$$

$\alpha_1 = \alpha_2 = 16^\circ \rightarrow$ coefficiente di forma della copertura $\mu_i = 0.8$

$C_E = 1$ (topografia "normale")

$C_t = 1$



Condizione senza vento

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

$$\rightarrow q_s = 0.8 \times 1.92 \times 1 \times 1 = 1.54 \text{ kN/m}^2$$