

*Franco Angotti, Matteo Guiglia, Piero Marro, Maurizio Orlando*  
**Progetto delle Strutture in Calcestruzzo Armato**  
con l'Eurocodice 2 e le Norme Tecniche NTC 2018

## *Esempi svolti relativi al capitolo 1*

### **Criteri generali di progettazione strutturale**

1.1	Esempio 1.1. Trave su due appoggi con sbalzo. ....	A1.3
1.2	Esempio 1.2. Trave continua su quattro appoggi. ....	A1.4
1.3	Esempio 1.3. Tettoia .....	A1.9
1.4	Esempio 1.4. Telaio a nodi rigidi di due piani con copertura praticabile.....	A1.10
1.5	Esempio 1.5. Telaio a nodi rigidi di due piani con copertura non praticabile.....	A1.14
1.6	Esempio 1.6. Edificio industriale monopiano a struttura prefabbricata in c.a.....	A1.17



### 1.1 Esempio 1.1. Trave su due appoggi con sbalzo.

Definire le combinazioni di carico per gli SLU (EQU, STR e GEO) per la trave su due appoggi con sbalzo mostrata nella figura A1.1. L'intensità di tutti i carichi permanenti portati è ben definita,  $G_k$  indica peso pr. + car. perm. portati,  $Q_k$  è il carico variabile.

Si considerano i seguenti stati limite ultimi: equilibrio di corpo rigido con verifica a ribaltamento intorno all'appoggio B (EQU), resistenza del dispositivo antisollevamento in C (EQU), resistenza della trave (STR), verifiche geotecniche (GEO). Le relative disposizioni di carico sono illustrate nel prospetto A1.1.



**Figura A1.1** Trave su due appoggi con sbalzo.

**Prospetto A1.1** Combinazioni di carico per gli SLU EQU, STR/GEO.

Stato limite: EQU (ribaltamento intorno a B)	
Insieme di coefficienti parziali: insieme A (insieme EQU – NTC 2018)	
Stato limite: STR/GEO	
Insieme di coefficienti parziali: insiemi B e C (insiemi A1 e A2 – NTC 2018)	
<i>Approccio 1</i> - Due calcoli separati: uno con l'insieme C (insieme A2 – NTC 2018) per tutte le azioni e l'altro con l'insieme B (insieme A1 – NTC 2018) per tutte le azioni <i>Approccio 2</i> - Un solo calcolo con l'insieme B (insieme A1 – NTC 2018) per tutte le azioni	
Effetti da massimizzare	
Momento flettente e taglio in B	Momento flettente e taglio nella campata BC
Insieme B 	
Insieme C 	

## 1.2 Esempio 1.2. Trave continua su quattro appoggi.

Data la trave continua mostrata nella figura A1.2, definire le combinazioni di carico per lo stato limite ultimo STR che generano i momenti flettenti massimi e quelli minimi nelle tre campate AB, BC e CD ed i momenti flettenti minimi (negativi) sugli appoggi B e C. Sulla trave agiscono i seguenti carichi distribuiti: peso proprio  $G_{k1}$ , carico permanente non strutturale  $G_{k2}$ , un solo carico variabile  $Q_k$ .

Nella definizione delle combinazioni di carico allo stato limite ultimo STR occorre applicare al peso proprio lo stesso coefficiente parziale lungo tutta la trave ( $\gamma_G = 1,3$  oppure  $\gamma_G = 1,0$  per quelli strutturali,  $\gamma_G = 1,5$  oppure  $\gamma_G = 0,8$  per quelli non strutturali) perché si tratta di un'azione derivante da una stessa sorgente. Questo vale anche se sono coinvolti materiali differenti.

Il prospetto A1.2 elenca i coefficienti da adottare secondo la EN1990 e le NTC 2018 per il carico variabile agente sulla trave per ottenere il valore di combinazione, quello frequente e quello quasi permanente.



**Figura A1.2** Trave continua su quattro appoggi.

**Prospetto A1.2** Valori caratteristici e valori di combinazione del carico variabile agente sulla trave.

Valore caratteristico	Valore di combinazione $\psi_0 Q_k$	Valore frequente $\psi_1 Q_k$	Valore quasi-permanente $\psi_2 Q_k$
$Q_k$	$0,7 Q_k$	$0,5 Q_k$	$0,3 Q_k$

Nei prospetti A1.3, A1.4 e A1.5 si riportano le combinazioni di carico costruite sia nell'ipotesi in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali sia ben definita, e quindi ad essi si applicano gli stessi coefficienti dei carichi permanenti strutturali, sia nell'ipotesi che non sia ben definita.

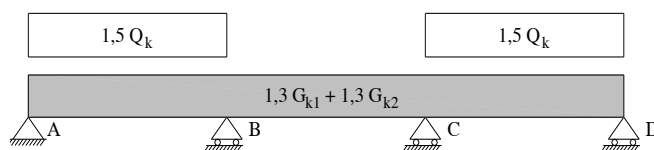
Il progettista valuterà caso per caso quali sono i carichi permanenti la cui intensità “non sia ben definita”. Ad esempio, in un edificio per civile abitazione possono essere annoverati tra i carichi permanenti la cui intensità non è ben definita i pesi propri dei tramezzi e degli impianti.

**Prospetto A1.3** Combinazioni di carico per lo stato limite ultimo STR, nell'ipotesi di carichi permanenti portati di intensità ben definita (Insieme B dei coefficienti parziali = Insieme A1 – NTC 2018).

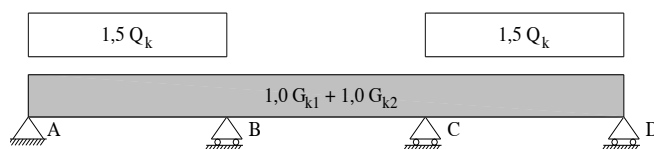
Sollecitazione da  
massimizzare

Combinazione di carico

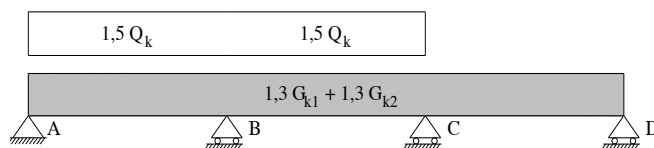
Massimo momento  
flettente positivo  
nelle campate AB  
e CD



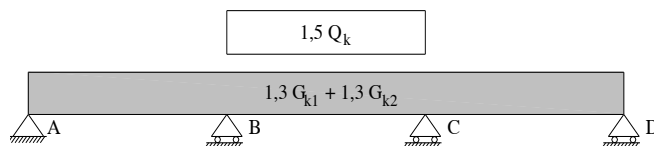
Minimo momento  
flettente positivo (o  
massimo momento  
flettente negativo)  
nella campata BC



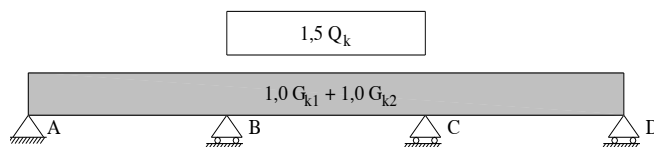
Minimo momento  
flettente (negativo)  
in B



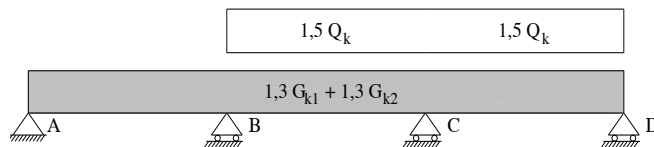
Massimo momento  
flettente nella  
campata BC



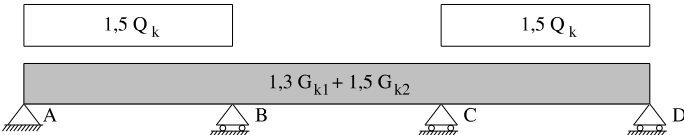
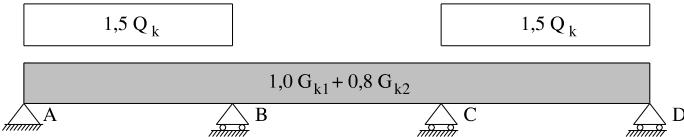
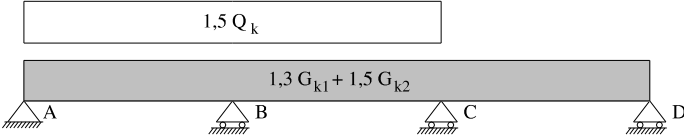
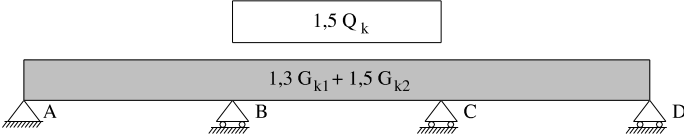
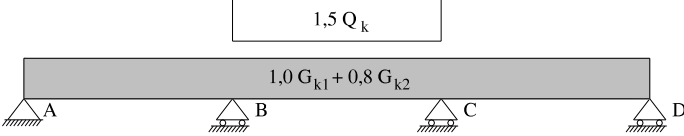
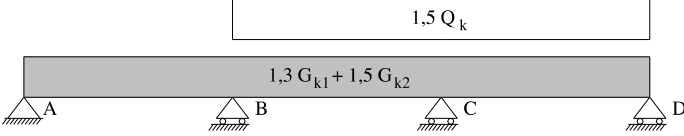
Minimo momento  
flettente nelle  
campate AB e CD



Minimo momento  
flettente (negativo)  
in C



**Prospetto A1.4** Combinazioni di carico per lo stato limite ultimo STR, nell'ipotesi di carichi permanenti portati di intensità non ben definita (Insieme B dei coefficienti parziali = Insieme A1 – NTC 2018).

Sollecitazione da massimizzare	Combinazione di carico
Massimo momento flettente positivo nelle campate AB e CD	
Minimo momento flettente nella campata BC <sup>(1)</sup>	
Minimo momento flettente (negativo) in B	
Massimo momento flettente nella campata BC	
Minimo momento flettente nelle campate AB e CD <sup>(1)</sup>	
Minimo momento flettente (negativo) in C	

<sup>(1)</sup> Quando i carichi  $G_{k2}$  sono favorevoli, si applica ad essi un coefficiente parziale di 0,8 e si assume che essi derivino dalla stessa sorgente di carico, pertanto sono presenti su tutte le campate della trave. Tuttavia, le NTC 2018 al § 2.5.3 precisano che “Nelle combinazioni si intende che vengano omessi i carichi  $Q_{kj}$  che

**Prospetto A1.5** Combinazioni di carico per gli stati limite di esercizio.

Sollecitazione	Combinazione di carico	Disposizione dei carichi
Massimo momento flettente nella campata BC	Combinazione caratteristica	
	Combinazione frequente	
	Combinazione quasi permanente	
Minimo momento flettente (negativo) sull'appoggio B	Combinazione caratteristica	
	Combinazione frequente	
	Combinazione quasi permanente	

danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ .” ossia questi ultimi possono essere trascurati, ad esempio, nel caso di situazioni transitorie, in cui la costruzione subisca alterazioni e modifiche che prevedano la possibilità di assenza dei carichi  $G_2$  favorevoli alle verifiche. In questi casi il progettista può anche applicare ai carichi  $G_{k2}$  la stessa distribuzione a scacchiera dei carichi variabili.

### Esempio 1.3. Tettoia

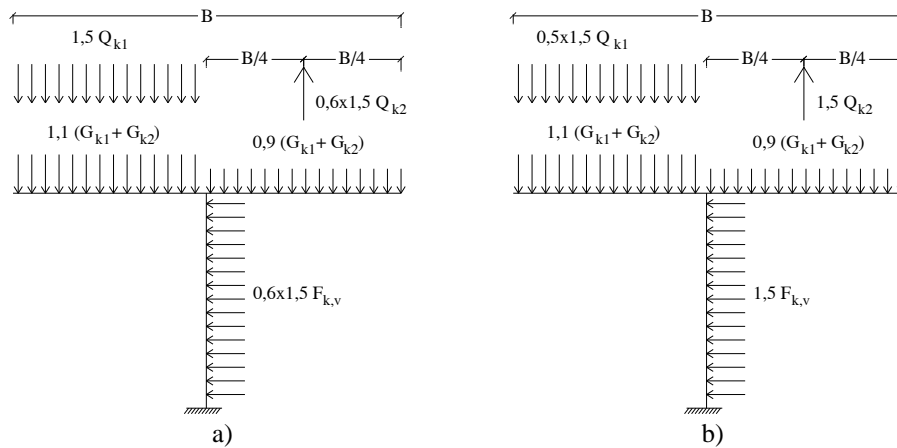
Definire le combinazioni delle azioni agli SLU di una tettoia.

Si considerano i seguenti carichi

- peso proprio  $G_{k1}$
- carico permanente portato  $G_{k2}$  (si ipotizza di intensità ben definita)
- neve  $Q_{k1}$
- vento  $Q_{k2}$

**EQU – Equilibrio di corpo rigido (Insieme A = Insieme EQU – NTC 2018)**

Per lo stato limite ultimo di equilibrio statico (es. verifica al ribaltamento), si utilizzano i coefficienti dell'Insieme A (fig. A1.3).



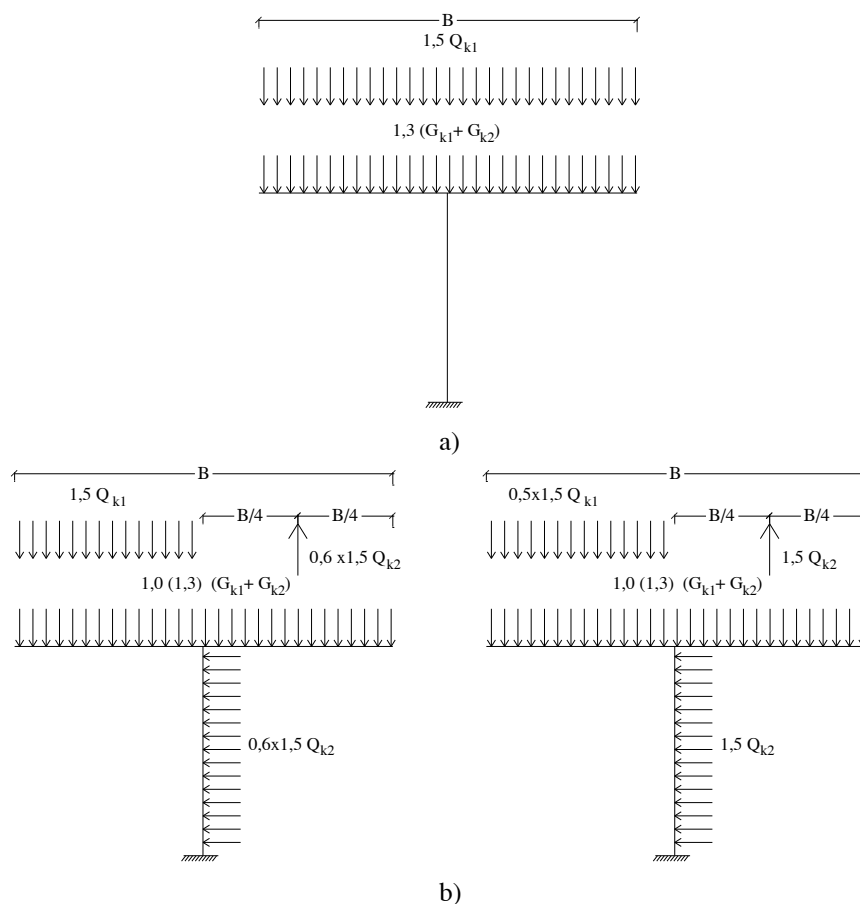
(dal prospetto 1.6 del volume si ha:  $\psi_0 = 0,6$  per l'azione del vento e  $\psi_0 = 0,5$  per il carico di neve sugli edifici nei siti posti sotto i 1000 m s.l.m.)

**Figura A1.3** Combinazione di carico per la verifica dell'equilibrio statico: a) neve dominante, b) vento dominante.

**STR – Verifica di resistenza del pilastro (Insieme B = Insieme A1 – NTC 2018)**

Per la verifica a compressione (fig. A1.4a) ed a pressoflessione (fig. A1.4b) del pilastro il coefficiente parziale da considerare per i carichi permanenti strutturali ed i carichi permanenti portati di intensità ben definita è lo stesso per tutte le campate,  $\gamma_{G1} = \gamma_{G2} = 1,0$  oppure 1,3. Il carico variabile della neve nel primo caso è distribuito su tutta la larghezza della tettoia per massimizzare lo sforzo normale, mentre è applicato solo su metà tettoia per la verifica a pressoflessione. In quest'ultimo caso è presente anche il carico del vento.

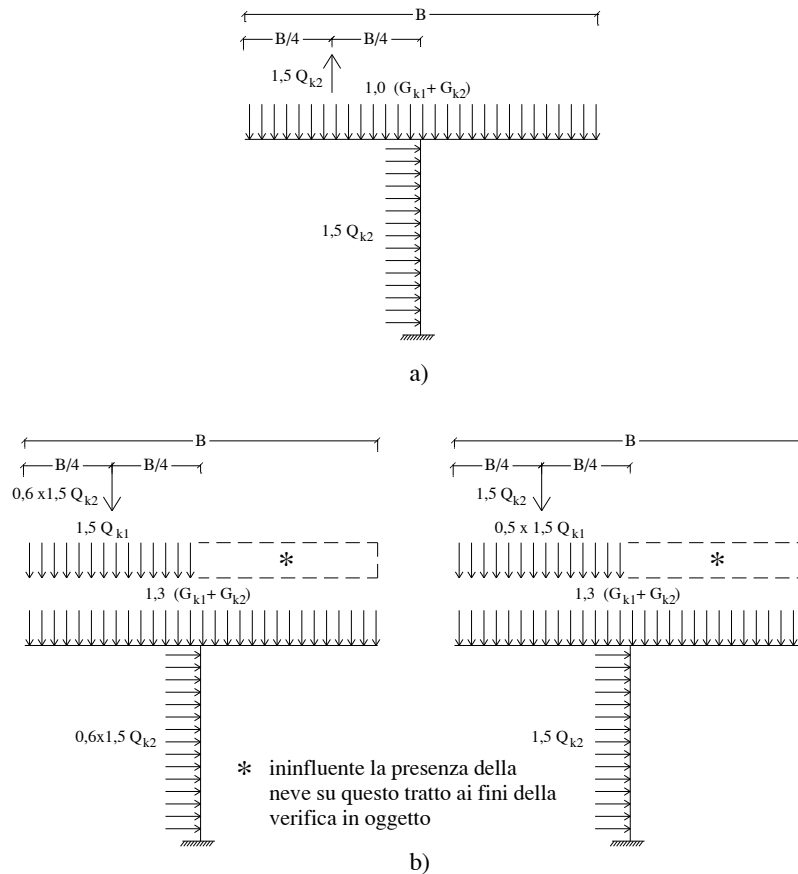




**Figura A1.4** Combinazione di carico per la verifica del pilastro a compressione (a) ed a pressoflessione (b) con neve dominante (a sinistra) e vento dominante (a destra) (nei due schemi in basso è stato indicato tra parentesi il coefficiente  $\gamma_G = 1,3$  da utilizzare per il peso proprio  $G_{k1}$  e quello permanente  $G_{k2}$  se questi carichi sono a sfavore di sicurezza nella verifica considerata).

**STR – Verifica di resistenza delle travi a sbalzo di copertura (Insieme B = Insieme A1 – NTC 2018)**

Anche in questo caso il coefficiente parziale da considerare per i carichi permanenti strutturali ed i carichi permanenti portati di intensità ben definita è lo stesso per tutte le campate,  $\gamma_{G1} = \gamma_{G2} = 1,0$  (in presenza della sola azione di sollevamento del vento – fig. A1.5a) oppure 1,3 (in presenza del vento e della neve – fig. 1.5b).

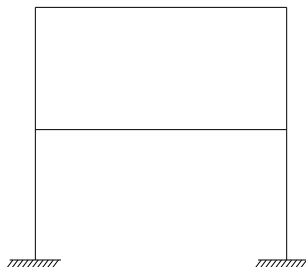


**Figura A1.5** Combinazione di carico per la verifica delle travi a sbalzo (sezione di incastro a sinistra del pilastro): (a) massimo momento flettente positivo all'incastro, (b) massimo momento flettente negativo all'incastro con neve dominante (a sinistra) e vento dominante (a destra). (A = area su cui è applicata la forza risultante, pari all'area della tettoia).

### 1.3 Esempio 1.4. Telaio a nodi rigidi di due piani con copertura praticabile.

Definire le combinazioni di carico per gli SLU STR e STR/GEO del telaio a nodi rigidi di due piani con copertura praticabile mostrato in fig. A1.6. Si considerino le condizioni di carico riportate nel prospetto A1.6, ipotizzando che l'intensità dei carichi permanenti non strutturali sia ben definita e quindi ad essi si applicano gli stessi coefficienti parziali dei carichi permanenti strutturali.

Il prospetto A1.6 elenca i coefficienti da adottare secondo la EN1990 e le NTC 2018 per i carichi variabili agenti sulla trave per ottenere i corrispondenti valori di combinazione.

**Figura A1.6** Telaio a nodi rigidi di due piani con copertura praticabile.**Prospetto A1.6** Valori caratteristici e valori di combinazione delle azioni applicate al telaio.

Azioni variabili	carico variabile solai	neve sulla copertura (per siti sotto 1000 m s.l.m.)	vento
Valore caratteristico $Q_k$	$Q_{k,sol}$	$Q_{k,n}$	$Q_{k,v}$
Valore di combinazione $\psi_0 Q_k$	$0,7 Q_{k,sol}$	$0,5 Q_{k,n}$	$0,6 Q_{k,v}$

**Combinazioni fondamentali per la verifica della sovrastruttura – STR (Insieme B = Insieme A1 – NTC 2018) [eq. 6.10-EN1990]**

Nel prospetto A1.7 si riportano i valori dei coefficienti parziali da utilizzare nella combinazione fondamentale con l’Insieme B.

**Prospetto A1.7** Combinazioni fondamentali con l’Insieme B (Insieme A1 – NTC 2018) dei coefficienti parziali.

Azione variabile dominante	Carico Permanente (*)	Carico variabile solai	Neve	Vento
Carico variabile copertura	1,3 (1,0)	$0,7 \cdot 1,5 = 1,05$	$0,5 \cdot 1,5 = 0,75$	$0,6 \cdot 1,5 = 0,9$
Carico variabile solai	1,3 (1,0)	1,5	$0,5 \cdot 1,5 = 0,75$	$0,6 \cdot 1,5 = 0,9$
Neve	1,3 (1,0)	$0,7 \cdot 1,5 = 1,05$	1,5	$0,6 \cdot 1,5 = 0,9$
Vento (carichi verticali sfavorevoli)	1,3	$0,7 \cdot 1,5 = 1,05$	$0,5 \cdot 1,5 = 0,75$	1,5
Vento (carichi verticali favorevoli)	1,0	0	0	1,5

(\*) I valori massimi di alcuni effetti si ottengono con  $\gamma_G = 1,3$  (es. sforzi normali nei pilastri), mentre per altri effetti i valori massimi si registrano per  $\gamma_G = 1,0$ .

**Combinazioni fondamentali per la verifica delle fondazioni e della resistenza del terreno – STR/GEO [eq. 6.10-EN1990]**

Sono previsti due diversi approcci; l’approccio da utilizzare è scelto dal progettista. Il primo approccio prevede due calcoli separati: il primo con l’Insieme C (Insieme A2 – NTC 2018)

dei coefficienti parziali per tutte le azioni (strutturali e geotecniche) ed il secondo con l'Insieme B (Insieme A1 – NTC 2018) per tutte le azioni. Il secondo approccio prevede solo l'Insieme B.

Nel prospetto A1.8 si riportano i valori dei coefficienti parziali da utilizzare nella combinazione fondamentale con l'Insieme C, che risulta in generale più gravoso per le verifiche geotecniche. Per la combinazione con l'Insieme B si rimanda al prospetto A1.7.

Per semplicità, il p.to A1.2.1(1) della EN1990 consente di limitare a non più di due il numero di azioni variabili da considerare nella definizione delle combinazioni di carico.

Questa semplificazione è accettabile nei casi comuni, come per esempio nel caso di un edificio residenziale a più piani, dove risulta molto bassa la probabilità di occorrenza di una combinazione fondamentale con più di due azioni variabili dove una (azione dominante) compare con il suo valore caratteristico e le altre (azioni concomitanti) con il loro valore di combinazione.

**Prospetto A1.8** Combinazioni fondamentali con l'Insieme C (Insieme A2 – NTC 2018) dei coefficienti parziali.

Azione variabile dominante	Carico Permanente (*)	Carico variabile solai	Neve	Vento
Carico variabile copertura	1,0	$0,7 \cdot 1,3 = 0,91$	$0,5 \cdot 1,3 = 0,65$	$0,6 \cdot 1,3 = 0,78$
Carico variabile solai	1,0	1,3	$0,5 \cdot 1,3 = 0,65$	$0,6 \cdot 1,3 = 0,78$
Neve	1,0	$0,7 \cdot 1,3 = 0,91$	1,3	$0,6 \cdot 1,3 = 0,78$
Vento (carichi verticali sfavorevoli)	1,0	$0,7 \cdot 1,3 = 0,91$	$0,5 \cdot 1,3 = 0,65$	1,3
Vento (carichi verticali favorevoli)	1,0	0	0	1,3

(\*) Nell'insieme C il coefficiente parziale del carico permanente è sempre pari a 1,0, indipendentemente dal fatto che il peso proprio sia un carico favorevole oppure sfavorevole.

Tuttavia, la EN1990 richiama l'attenzione del progettista sul fatto che l'uso della semplificazione proposta può dipendere dall'utilizzo, dalla forma e dalla localizzazione dell'edificio.

Così per esempio nella progettazione di un edificio situato in una località di montagna dove non è bassa la probabilità di occorrenza contemporanea del carico neve e dell'azione del vento con i loro valori di combinazione, occorrerà considerare almeno tre diverse azioni variabili: carico di esercizio sui solai, neve in copertura e vento.

Nel caso in esame, essendo la copertura praticabile ed ipotizzando il carico variabile di esercizio in copertura superiore al carico neve, risultano più gravose quelle combinazioni dove in copertura è presente il carico variabile di esercizio.

Di seguito si riportano le combinazioni ottenute per gli stati limite STR e STR/GEO considerando sia la presenza sia l'assenza di vento.

#### **Combinazioni di carico in presenza di vento**

Combinazione di carico 1 – azione dominante: vento

Combinazione di carico 2 – azione dominante: carico variabile sui solai

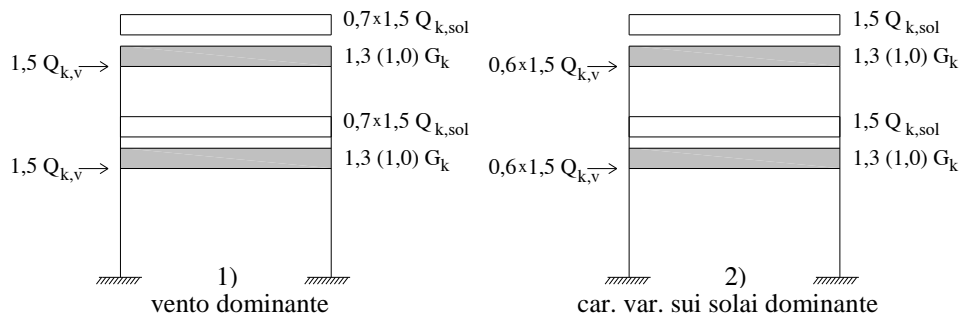
**Combinazioni di carico in assenza di vento**

Combinazione di carico 3 – azione dominante: carico variabile sui solai

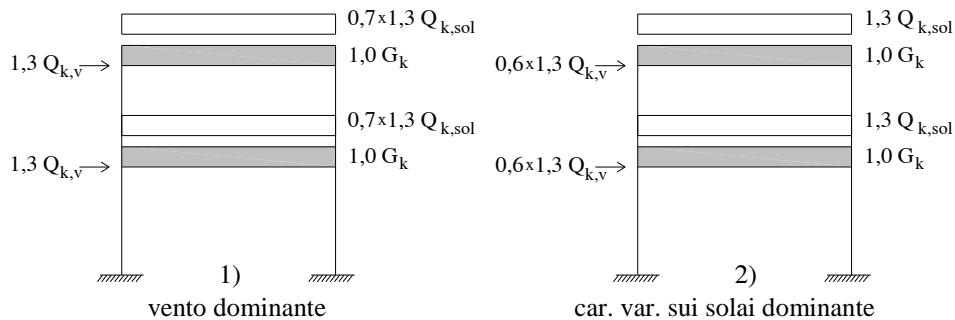
**Osservazione**

Sia per la combinazione 1 sia per la 2 si suppone che il carico variabile sia applicato contemporaneamente su entrambi gli orizzontamenti; sarà cura del progettista valutare l'opportunità di adottare altri schemi di caricamento con il carico variabile agente solo su uno dei due orizzontamenti *in funzione dell'effetto da massimizzare*.

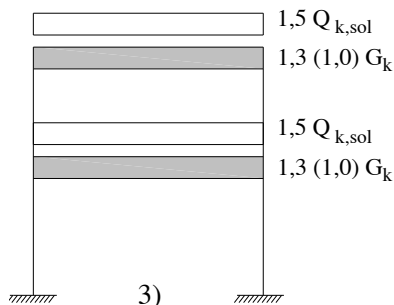
La fig. A1.7 e la fig. A1.8 mostrano la disposizione dei carichi in presenza di vento per gli stati limite STR e STR/GEO, mentre la fig. A1.9 e la fig. A1.10 mostrano quelle in assenza di vento per gli stessi stati limite.



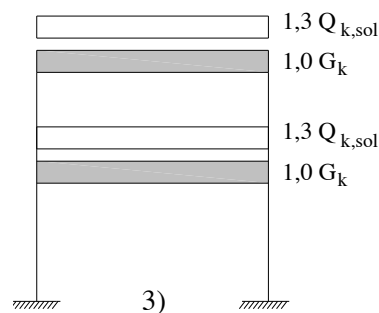
**Figura A1.7** Combinazioni di carico in presenza di vento per lo stato limite STR e per lo stato limite STR/GEO (Combinazione 1 dell'Approccio 1 ed Approccio 2) (tra parentesi tonde è indicato il coefficiente parziale del carico permanente quando è favorevole).



**Figura A1.8** Combinazioni di carico in presenza di vento per lo stato limite STR/GEO (Combinazione 2 dell'Approccio 1) (nell'insieme  $C \gamma_G = 1,0$  sia che il carico permanente sia sfavorevole sia che esso sia favorevole).



**Figura A1.9** Combinazione di carico in assenza di vento per lo stato limite STR e per lo stato limite STR/GEO (Combinazione 1 dell'Approccio 1 ed Approccio 2) (tra parentesi tonde è indicato il coefficiente parziale del carico permanente quando esso è favorevole).



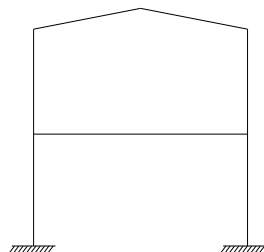
**Figura A1.10** Combinazioni di carico in assenza di vento per lo stato limite STR/GEO (Combinazione 2 dell'Approccio 1) (nell'insieme C  $\gamma_G = 1,0$  sia che il carico permanente sia sfavorevole sia che esso sia favorevole).

#### 1.4 Esempio 1.5. Telaio a nodi rigidi di due piani con copertura non praticabile.

Definire le combinazioni di carico per lo SLU STR e STR/GEO del telaio a nodi rigidi mostrato nella fig. A1.11. Si considerino le condizioni di carico riportate nel prospetto A1.9, ipotizzando che i carichi permanenti non strutturali siano di intensità ben definita e quindi ad essi si applicano gli stessi coefficienti parziali dei carichi permanenti strutturali.

**Prospetto A1.9** Valori caratteristici e valori di combinazione delle azioni applicate al telaio.

Azioni variabili	Carico variabile solai	Neve sulla copertura (per siti sotto 1000 m s.l.m.)	Vento
Valore caratteristico $Q_k$	$Q_{k,sol}$	$Q_{k,n}$	$Q_{k,v}$
Valore di combinazione $\psi_0 Q_k$	$0,7 Q_{k,sol}$	$0,5 Q_{k,n}$	$0,6 Q_{k,v}$



**Figura A1.11** Telaio a nodi rigidi di due piani con copertura non praticabile.

Di seguito si riportano le combinazioni ottenute per gli stati limite STR e STR/GEO considerando sia il caso di presenza di vento, sia quello di assenza di vento.

**Combinazioni di carico in presenza di vento**

Combinazione di carico 1 – azione dominante: vento

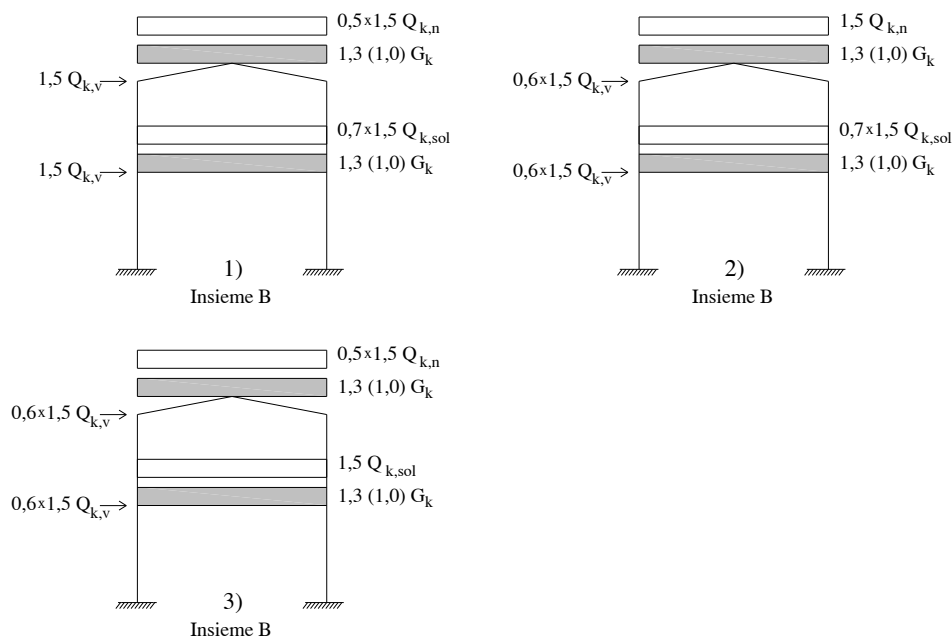
Combinazione di carico 2 – azione dominante: neve

Combinazione di carico 3 – azione dominante: carico variabile sul solaio del primo livello

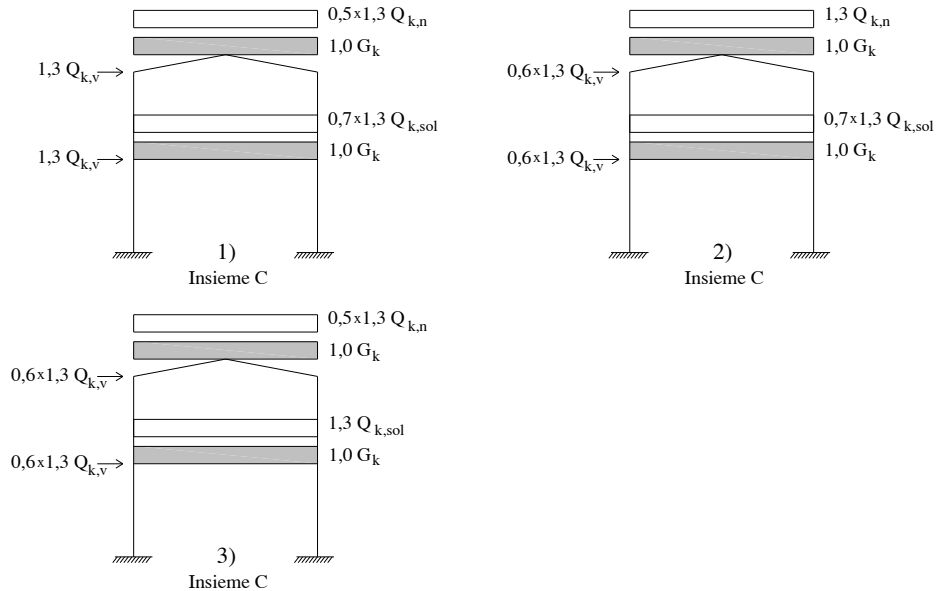
**Combinazioni di carico in assenza di vento**

Combinazione di carico 4 – azione dominante: neve

Combinazione di carico 5 – azione dominante: carico variabile sul solaio del primo livello



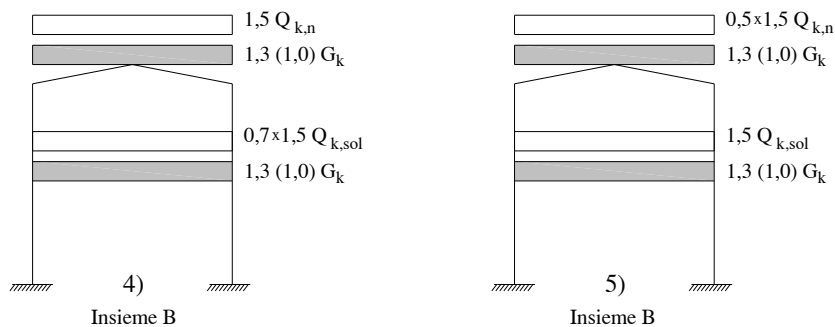
**Figura A1.12** Combinazioni di carico in presenza di vento con l'insieme B (insieme A1 – NTC 2018) dei coefficienti parziali, corrispondenti alla combinazione 1 dell'approccio 1 e all'unica combinazione dell'approccio 2 (stati limite STR e STR/GEO) (tra parentesi tonde è indicato il coefficiente parziale del carico permanente quando esso è favorevole).



**Figura A1.13** Combinazioni di carico in presenza di vento con l'insieme C (insieme A2 – NTC 2018) dei coefficienti parziali, corrispondenti alla combinazione 2 dell'approccio 1 (stato limite STR/GEO) (nell'insieme C  $\gamma_G = 1,0$  per carico permanente sfavorevole o favorevole).

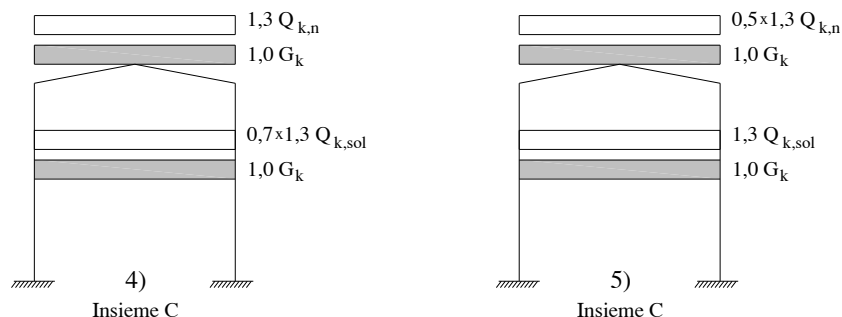
### Osservazione

sia per la combinazione 1 sia per la 2 si suppone che il carico variabile sia applicato contemporaneamente su entrambi gli orizzontamenti; sarà cura del progettista valutare l'opportunità di adottare altri schemi di caricamento con il carico variabile agente solo su uno dei due orizzontamenti in funzione dell'effetto da massimizzare. La fig. A1.12 e la fig. A1.13 mostrano la disposizione dei carichi in presenza di vento per gli stati limite STR e STR/GEO, mentre la fig. A1.14 e la fig. A1.15 mostrano quelle in assenza di vento per gli stessi stati limite.



**Figura A1.14** Combinazioni di carico in assenza di vento con l'insieme B (insieme A1 – NTC 2018) dei coefficienti parziali, corrispondenti alla combinazione 1 dell'approccio 1 e all'unica combinazione dell'approccio 2 (stati limite STR e STR/GEO) (tra parentesi tonde è indicato il coefficiente parziale del carico permanente quando esso è favorevole).





**Figura A1.15** Combinazioni di carico in assenza di vento con l'insieme C (insieme A2 – NTC 2018) dei coefficienti parziali, corrispondenti alla combinazione 2 dell'approccio 1 (stato limite STR/GEO) (nell'insieme C  $\gamma_G = 1,0$  per carico permanente sfavorevole o favorevole).

### 1.5 Esempio 1.6. Edificio industriale monopiano a struttura prefabbricata in c.a.

Definire le combinazioni di carico per le verifiche agli SLU di un edificio monopiano di dimensioni in pianta  $20,00 \times 50,00$  m e altezza 8,00 m. Le dimensioni dei principali elementi strutturali sono le seguenti (fig. A1.16): tegoli di copertura di 20,00 m di luce, travi ad I di 10,00 m di luce, pilastri a sezione quadrata  $50 \times 50$  di 8,00 m di altezza (7,00 m fuori terra e 1,00 m nel plinto a pozzetto). I carichi agenti sono elencati nel prospetto A1.10 (non si considerano nell'esempio le azioni sismiche); nel calcolo dei carichi in fondazione non si tiene conto dei pannelli di tamponamento, che si assumono verticali e appoggiati su cordoli perimetrali di fondazione.

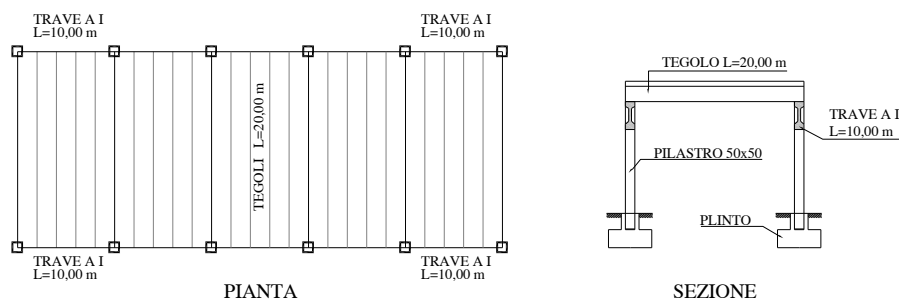
Il prospetto A1.11 elenca i coefficienti parziali delle azioni da utilizzare per gli stati limite ultimi EQU, STR e STR/GEO.

**Prospetto A1.10** Valori caratteristici dei carichi agenti sull'edificio ( $\text{kN/m}^2$ ).

P.P. finiture della copertura	P.P. tegoli TT di copertura ( $b = 2,00$ m, p.p. = $8,50 \text{ kN/m}$ )	P.P. travi ad I ( $9,00 \text{ kN/m}$ ) <sup>(1)</sup>	P.P. pilastri ( $6,25 \text{ kN/m}$ )
$G_{k1} = 0,20 \text{ kN/m}^2$	$G_{k2} = 4,25 \text{ kN/m}^2$ <sup>(2)</sup>	$G_{k3} = 0,9 \text{ kN/m}^2$ <sup>(2)</sup>	$G_{k4} = 0,44 \text{ kN/m}^2$ <sup>(2)</sup>
P.P. plinti (200 kN)	Carico neve	Vento sui pannelli di tamponamento sopravvento	Vento sulla copertura e sui pannelli di tamponamento sottovento
$G_{k5} = 2,0 \text{ kN/m}^2$ <sup>(2)</sup>	$Q_{k1} = 1,00 \text{ kN/m}^2$	$Q'_{k2} = 0,60 \text{ kN/m}^2$	$Q''_{k2} = -0,30 \text{ kN/m}^2$ (depressione)

<sup>(1)</sup> Il peso proprio per unità di lunghezza delle travi a I assume valori diversi nei tratti di estremità e nel tratto centrale (a causa della presenza delle zone piene); il valore indicato è il rapporto tra il peso totale della trave e la sua lunghezza.

<sup>(2)</sup> I pesi propri dei tegoli, delle travi, dei pilastri e dei plinti sono ragguagliati a carichi per unità di superficie.



**Figura A1.16** Pianta e sezione trasversale di edificio industriale monopiano a struttura prefabbricata in c.a.

**Prospetto A1.11** Coefficienti parziali delle azioni per gli stati limite EQU, STR e STR/GEO (vedi prospetto 1.14 del volume per i valori dei coeff. parziali degli insiemi A, B e C).

Stato limite	Azione dominante	Carichi permanenti ( $G_{1k}$ , $G_{2k}$ , $G_{3k}$ , $G_{4k}$ )	Carico neve $Q_{1k}$	Azione del vento $Q'_{2k}$ , $Q''_{2k}$
EQU (Insieme A)	Neve	1,1 se sfavorevole 0,9 se favorevole	1,5	$1,5 \cdot 0,6 = 0,9$ se sfavorevole 0 se favorevole
	Vento	1,1 se sfavorevole 0,9 se favorevole	$1,5 \cdot 0,5 = 0,75$ se sfavorevole 0 se favorevole	1,5
STR (Insieme B)	Neve	1,3 se sfavorevole 1,0 se favorevole	1,5	$1,5 \cdot 0,6 = 0,9$ se sfavorevole 0 se favorevole
	Vento	1,3 se sfavorevole 1,0 se favorevole	$1,5 \cdot 0,5 = 0,75$ se sfavorevole 0 se favorevole	1,5
STR/GEO (Approccio 2 e Combinaz. n° 1 dell'Approccio 1) (Insieme B)	Neve	1,3 se sfavorevole 1,0 se favorevole	1,5	$1,5 \cdot 0,6 = 0,9$ se sfavorevole 0 se favorevole
	Vento	1,3 se sfavorevole 1,0 se favorevole	$1,5 \cdot 0,5 = 0,75$ se sfavorevole 0 se favorevole	1,5
STR/GEO (Combinaz. n° 2 dell'Approccio 1) (Insieme C)	Neve	1,0	1,3	$1,3 \cdot 0,6 = 0,78$ se sfavorevole 0 se favorevole
	Vento	1,0	$1,3 \cdot 0,5 = 0,65$ se sfavorevole 0 se favorevole	1,3

**Figura A1.17** Combinazione di azioni per la verifica dei tegoli (a) e delle travi ad I (b) allo stato limite STR.

Si considera come azione dominante il carico della neve in copertura; l'azione del vento sui tegoli è favorevole, perché di segno opposto ai carichi permanenti ed al carico neve, pertanto si assume  $\gamma_{\text{vento}} = 0$

$$F_d = 1,3 \cdot (0,20 + 4,25) + 1,5 \cdot 1,00 + 0 \cdot (-0,30) = 1,3 \cdot 4,45 + 1,5 \cdot 1,00 = 7,285 \text{ kN/m}^2$$

Si considera come azione dominante in una prima combinazione il carico neve ed in una seconda combinazione il vento.

$$F_d = 1,3 \cdot (0,20 + 4,25 + 0,90) + 1,5 \cdot 1,00 + 0 \cdot (-0,30) = 1,3 \cdot 5,35 + 1,5 \cdot 1,00 = 8,455 \text{ kN/m}^2$$

Si considera ora come azione dominante il vento in copertura; l'azione della neve è favorevole, perché di segno opposto all'azione del vento, pertanto si assume  $\gamma_{\text{neve}} = 0$

$$F_d = 1,3 \cdot (0,20 + 4,25 + 0,9) + 0 \cdot 1,00 + 1,5 \cdot (-0,30) = 1,3 \cdot 5,35 - 1,5 \cdot 0,30 = 6,505 \text{ kN/m}^2$$

Si considera solo la combinazione di carico che ha il vento come azione dominante.

l'azione della neve è sfavorevole, si assume pertanto  $\gamma_{\text{neve}} = 1,5 \cdot 0,5 = 0,75$

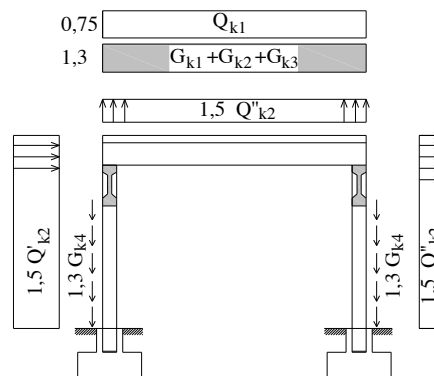
$$F_d(\text{vert.}) = 1,3 \cdot (0,20 + 4,25 + 0,90 + 0,44) + 0,75 \cdot 1,00 + 1,5 \cdot (-0,30) =$$

$$= 1,3 \cdot 5,79 + 0,75 \cdot 1,00 - 1,5 \cdot 0,30 = 7,827 \text{ kN/m}^2$$

$$F_d(\text{orizz.}) = 1,5 \cdot 0,60 = 0,90 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{parete sopravento, valore positivo = pressione})$$

$$F_d(\text{orizz.}) = 1,5 \cdot (-0,30) = -0,45 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{parete sottovento, valore negativo = depressione})$$

**Disposizione dei carichi per la verifica allo stato limite ultimo STR dei pilastri (fig. A1.18).**



**Figura A1.18** Combinazione di azioni per la verifica dei pilastri allo stato limite STR.

#### 1.5.1.1.1.2 Plinti di fondazione (EQU, STR/GEO)

##### 1.5.1.1.1.2.1 Stato limite STR/GEO – Verifica a schiacciamento del terreno e di resistenza del plinto

Approccio 1 – Combinazione n° 1 – Insieme B (Insieme A1 – NTC 2018) dei coeff. parziali

*Azione dominante neve*

Vento sfavorevole

$$F_d(\text{vert.}) = 1,3 \cdot (0,20 + 4,25 + 0,90 + 0,44 + 2,0) + 1,5 \cdot 1,00 + 0,9 \cdot (-0,30) =$$

$$= 1,3 \cdot 7,79 + 1,5 \cdot 1,00 - 0,9 \cdot 0,30 = 11,357 \text{ kN/m}^2$$

$$F_d(\text{orizz.}) = 0,9 \cdot 0,60 = 0,54 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{parete sopravento})$$

$$F_d(\text{orizz.}) = 0,9 \cdot (-0,30) = -0,27 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{parete sottovento})$$

Vento favorevole

$$F_d(\text{vert.}) = 1,3 \cdot (0,20 + 4,25 + 0,90 + 0,44 + 2,0) + 1,5 \cdot 1,00 + 0 \cdot (-0,30) =$$

$$= 1,3 \cdot 7,79 + 1,5 \cdot 1,00 = 11,627 \text{ kN/m}^2$$

$$F_d(\text{orizz.}) = 0 \text{ kN/m}^2$$

*Azione dominante vento*

Neve sfavorevole

$$F_d(\text{vert.}) = 1,3 \cdot (0,20 + 4,25 + 0,90 + 0,44 + 2,0) + 0,75 \cdot 1,00 + 1,5 \cdot (-0,30) =$$

$$= 1,3 \cdot 7,79 + 0,75 \cdot 1,00 - 1,5 \cdot 0,30 = 10,427 \text{ kN/m}^2$$

$$F_d(\text{orizz.}) = 1,5 \cdot 0,60 = 0,90 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{parete sopravento})$$

$$F_d(\text{orizz.}) = 1,5 \cdot (-0,30) = -0,45 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{parete sottovento})$$

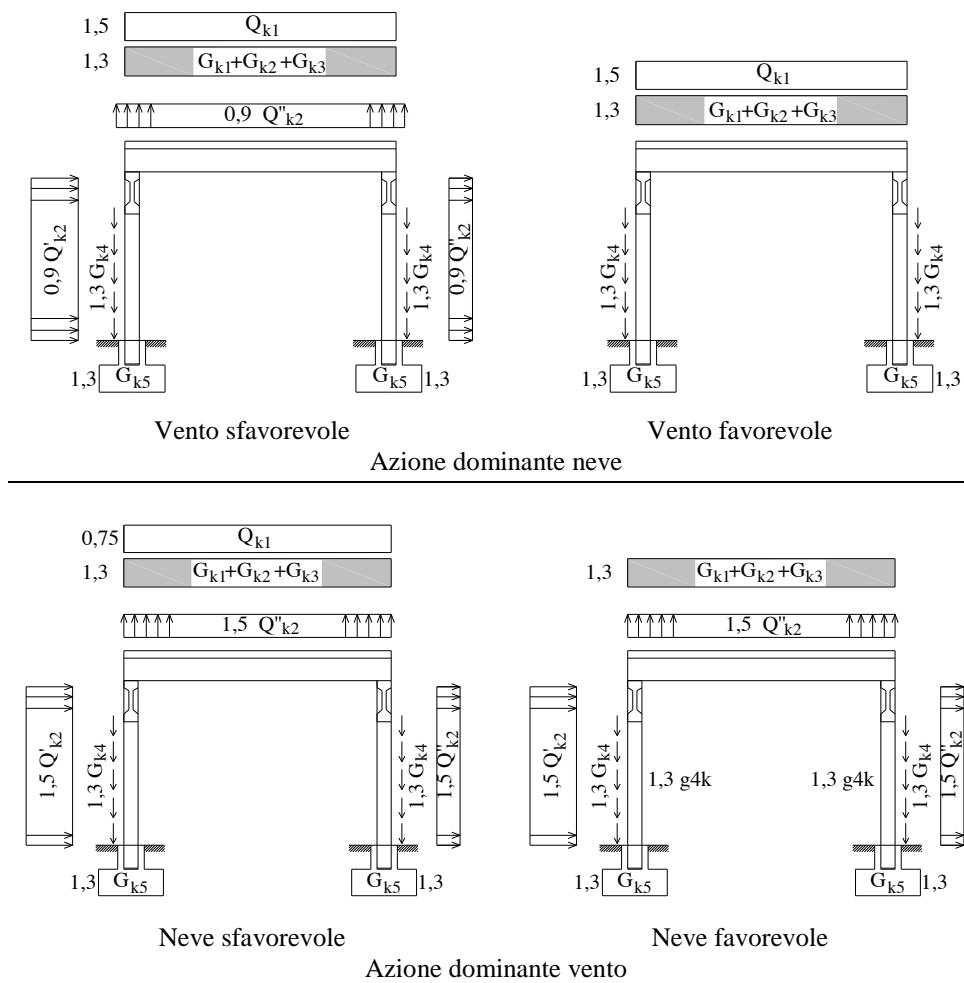
Neve favorevole

$$F_d(\text{vert.}) = 1,3 \cdot (0,20 + 4,25 + 0,90 + 0,44 + 2,0) + 0 \cdot 1,00 + 1,5 \cdot (-0,30) = 1,3 \cdot 7,79 - 1,5 \cdot 0,30 = 9,677 \text{ kN/m}^2$$

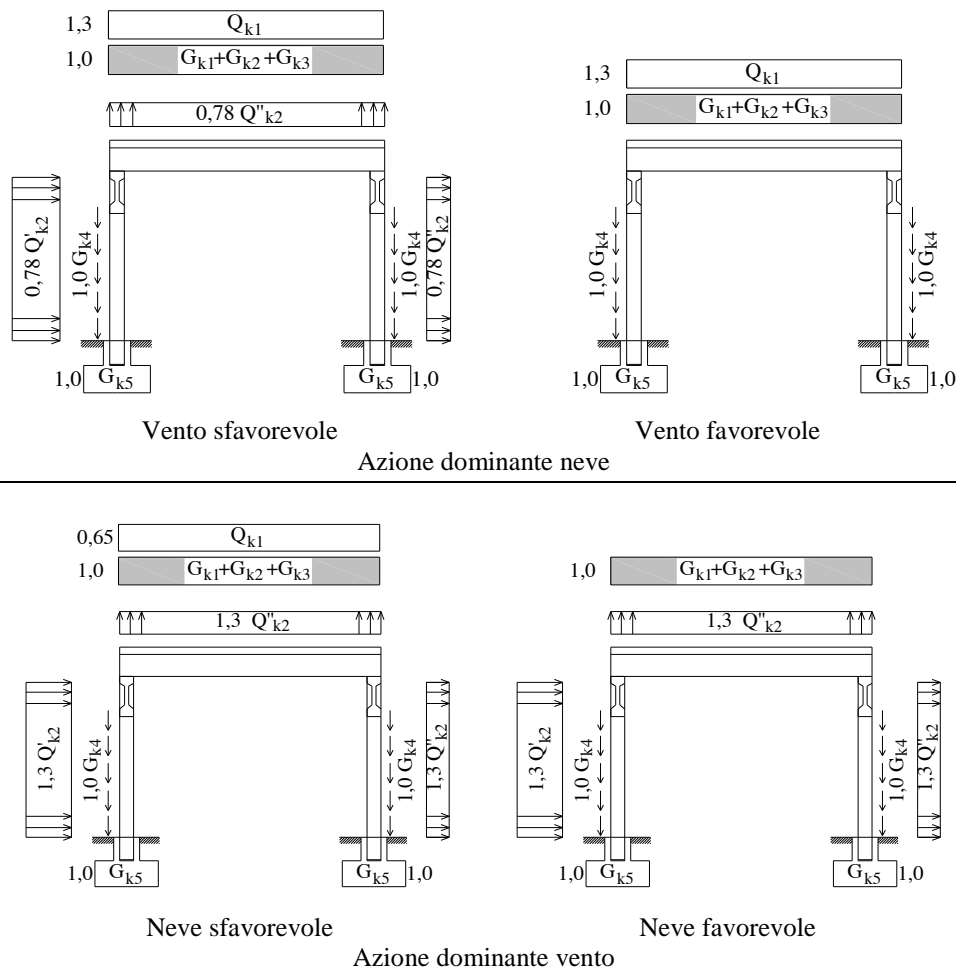
$$F_d(\text{orizz.}) = 1,5 \cdot 0,60 = 0,90 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{parete sopravento})$$

$$F_d(\text{orizz.}) = 1,5 \cdot (-0,30) = -0,45 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{parete sottovento})$$

**Disposizioni dei carichi per la verifica delle fondazioni allo stato limite STR/GEO con l'Insieme B dei coefficienti parziali (fig. A1.19).**



**Figura A1.19** Combinazione di azioni n° 1 dell'Approccio 1 per la verifica delle fondazioni allo stato limite STR/GEO (Insieme B = Insieme A1 – NTC 2018).



**Figura A1.20** Combinazione di azioni n° 2 dell'Approccio 1 per la verifica delle fondazioni allo stato limite STR/GEO (Insieme C = Insieme A2 – NTC 2018).

**Approccio 1 – Combinazione n° 2 – Insieme C (Insieme A2 – NTC 2018) dei coefficienti parziali**

*Azione dominante neve*

Vento sfavorevole

$$F_d(\text{vert.}) = 1,0 \cdot (0,20 + 4,25 + 0,90 + 0,44 + 2,0) + 1,3 \cdot 1,00 + 0,78 \cdot (-0,30) = 1,0 \cdot 7,79 + 1,3 \cdot 1,00 - 0,78 \cdot 0,30 = 8,856 \text{ kN/m}^2$$

$$F_d(\text{orizz.}) = 0,78 \cdot 0,60 = 0,468 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{parete sopravvento})$$

$$F_d(\text{orizz.}) = 0,78 \cdot (-0,30) = -0,234 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{parete sottovento})$$

Vento favorevole

$$F_d(\text{vert.}) = 1,0 \cdot (0,20 + 4,25 + 0,90 + 0,44 + 2,0) + 1,3 \cdot 1,00 + 0 \cdot (-0,30) = 1,0 \cdot 7,79 + 1,3 \cdot 1,00 = 9,09 \text{ kN/m}^2$$

$$F_d(\text{orizz.}) = 0 \text{ kN/m}^2$$

***Disposizioni dei carichi per la verifica delle fondazioni con l'Insieme C (fig. A1.20).****Azione dominante vento*

Neve sfavorevole

$$\begin{aligned} F_d (\text{vert.}) &= 1,0 \cdot (0,20 + 4,25 + 0,90 + 0,44 + 2,0) + 0,65 \cdot 1,00 + 1,3 \cdot (-0,30) = \\ &= 1,0 \cdot 7,79 + 0,65 \cdot 1,00 - 1,3 \cdot 0,30 = 8,05 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$F_d (\text{orizz.}) = 1,3 \cdot 0,60 = 0,78 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{parete sopravento})$$

$$F_d (\text{orizz.}) = 1,3 \cdot (-0,30) = -0,39 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{parete sottovento})$$

Neve favorevole

$$\begin{aligned} F_d (\text{vert.}) &= 1,0 \cdot (0,20 + 4,25 + 0,90 + 0,44 + 2,0) + 0 \cdot 1,00 + 1,3 \cdot (-0,30) = \\ &= 1,0 \cdot 7,79 - 1,3 \cdot 0,30 = 7,4 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$F_d (\text{orizz.}) = 1,3 \cdot 0,60 = 0,78 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{parete sopravento})$$

$$F_d (\text{orizz.}) = 1,3 \cdot (-0,30) = -0,39 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{parete sottovento})$$

*Approccio 2*

La combinazione da usare coincide con la combinazione n° 1 dell'Approccio 1.