

Carichi sulle strutture previsti dal D.M.17.01.2018,   
nuove norme tecniche delle costruzioni NTC 2018

**Premessa:** non esistono norme specifiche per le costruzioni in pannelli sandwich, pertanto si applicano norme attinenti, per similitudine di tipologia di costruzione. Nello specifico, analizzeremo cosa succede, quando andiamo a realizzare un soffitto di un complesso frigorifero, all'interno di un fabbricato, in cui l'altezza di quest'ultimo, permetta l'accessibilità al di sopra del soffitto stesso.

Come prima cosa, andiamo a verificare cosa dicono le NTC 2018.

A pag.44 della Gazzetta Ufficiale, paragrafo **3.1.4** alla tabella **3.1.II** Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni, alla categoria **H**, troviamo: Coperture accessibili per sola manutenzione ( nella versione 2008, era specificato anche sottotetti pedonali per sola manutenzione), che per similitudine, comprendono il nostro soffitto.

**Analizziamo ora cosa prevedono le NTC 2018, ai fini del calcolo strutturale di un edificio:**

Vediamo che ai fini delle verifiche degli stati limite ultimi (calcolo strutturale) i carichi da considerare sono dati dalla seguente espressione:

$$G_1 \times \gamma_{G1} + G_2 \times \gamma_{G2} + P \times \gamma_P + Q_{K1} \times \gamma_{Q1} + Q_{K2} \times \psi_{02} \times \gamma_{Q2} + \dots \quad (\text{formula 2.5.1 NTC 2018})$$

Dove:

$G_1$  = carichi permanenti (peso proprio degli elementi strutturali)

$\gamma_{G1}$  = coefficiente parziale di sicurezza dei carichi permanenti ( tab. 2.6.I )  $G_1 = 1,3$

$G_2$  = carichi permanenti non strutturali (es. peso proprio pannelli soffitto + depressione)

$\gamma_{G2}$  = coefficiente parziale di sicurezza dei carichi permanenti non strutturali ( tab. 2.6.I )  $G_2 = 1,5$

$P$  = carico di precompressione

$\gamma_P$  = coefficiente parziale di sicurezza del carico di precompressione = **1,0**

$Q_{K1}$  = sovraccarico **predominante ( neve )** vedi figura **3.4.1** ( es. 150 kg/m<sup>2</sup> )

$\gamma_{Q1}$  = coefficiente parziale di sicurezza dei carichi variabili  $Q_{K1} = 1,5$

$Q_{K2}$  = sovraccarico cat. H ( tabella 3.1.II ) soffitti pedonabili per sola manutenzione = **50 kg/m<sup>2</sup>**

$\psi_{02}$  = coefficiente di combinazione ( vedere tabella 2.5.1 riga cat. H, colonna  $\psi_{0j}$  ) = **0**

$\gamma_{Q2}$  = coefficiente parziale di sicurezza dei carichi variabili  $Q_{K1} = 1,5$

} = 0

**Nota Bene:**

Per effetto del coeff.  $\psi_{02} = 0$  il prodotto  $Q_{K2} \times \psi_{02} \times \gamma_{Q2}$  è 0, quindi la pedonabilità dei soffitti non influisce sul calcolo della struttura del fabbricato ( non contemporaneità col carico **neve** predominante ).

**Pertanto al cliente dovrebbero essere comunicati separatamente i carichi puntuali permanenti appesi alle struttura, ed i carichi di cat. H per la pedonabilità di 50 kg/m<sup>2</sup>, di cui il progettista della struttura, dovrà tenere conto ai fini del dimensionamento.**

Attenzione in caso che il carico predominante non sia la neve in quanto zona a bassa nevosità quale il sud Italia ( vedi figura 3.4.1 ) i carichi si combinano in modo diverso, secondo la formula:

$$G_1 \times 1,3 + G_2 \times 1,5 + P \times \gamma_P + Q_{\text{PEDONABILITÀ}} \times 1,5 + Q_{\text{NEVE}} \times 0,5 \times 1,5 + \dots$$

Come si vede, il carico da comunicare al cliente deriva dal carico dovuto al peso proprio dei pannelli + depressione + carico pedonale + ¾ carico neve previsto in zona.

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLLI

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		$\gamma_F$			
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_{Qk}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

$\gamma_{G1}$  coefficiente parziale dei carichi permanenti  $G_1$ ;

$\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali  $G_2$ ;

$\gamma_{Qk}$  coefficiente parziale delle azioni variabili Q.

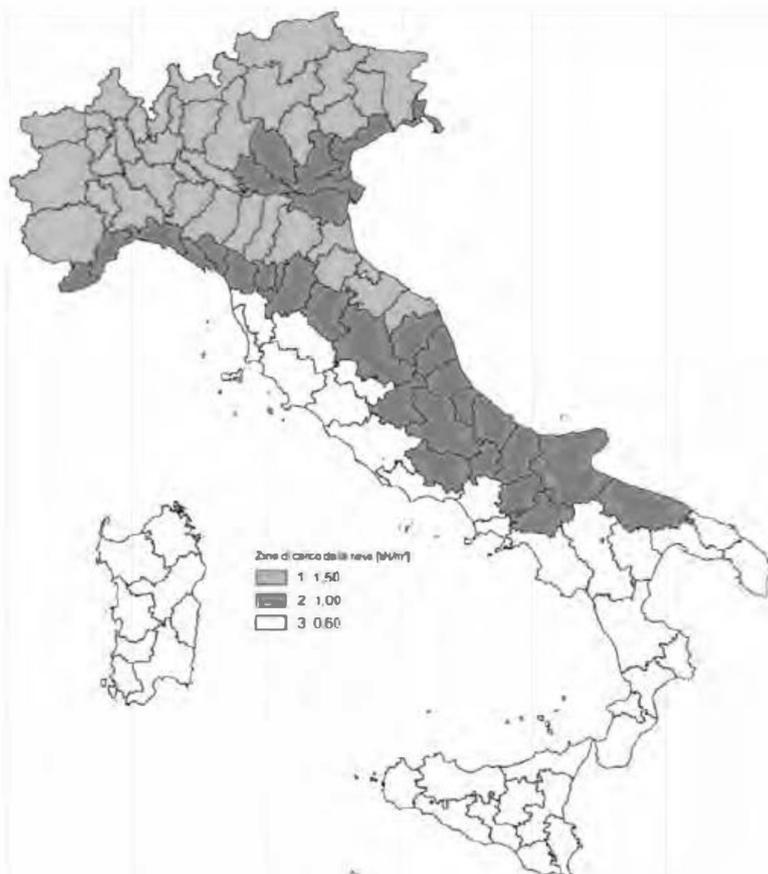
Nel caso in cui l'azione sia costituita dalla spinta del terreno, per la scelta dei coefficienti parziali di sicurezza valgono le indicazioni riportate nel Capitolo 6.

Carichi sulle strutture previsti dal D.M.17.01.2018,   
nuove norme tecniche delle costruzioni NTC 2018

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Fig. 3.4.1 – Zone di carico della neve



Carichi sulle strutture previsti dal D.M.17.01.2018, IT  
nuove norme tecniche delle costruzioni NTC 2018

Tab. 3.1.II - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

Cat.	Ambienti	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]	$H_k$ [kN/m]
A	<b>Ambienti ad uso residenziale</b>			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	<b>Uffici</b>			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	<b>Ambienti suscettibili di affollamento</b>			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atrii di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici.	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
		≥ 4,00	≥ 4,00	≥ 2,00
D	<b>Ambienti ad uso commerciale</b>			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita		
E	<b>Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale</b>			
	Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	≥ 6,00	7,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	da valutarsi caso per caso		
F-G	<b>Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)</b>			
	Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico	5,00	2 x 50,00	1,00**
	<b>Coperture</b>			
H-I-K	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categorie di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti.	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.

Carichi sulle strutture previsti dal D.M.17.01.2018,   
nuove norme tecniche delle costruzioni NTC 2018

**Rimane pertanto**, da calcolare il sistema di sospensioni in modo da garantire la capacità di sopportare, i carichi derivanti dal peso proprio dei pannelli, dalla depressione e della pedonabilità cat. H .

Il sistema deve essere calcolato, mediante la formula 2.5.1 come segue:

$$G_2 \times Y_{G2} + Q_{K2} \times Y_{Q2}$$

Esempio: Soffitto in pannelli sp. 150 mm, temperatura – 20 °C, pedonale per sola manutenzione.

Peso pannelli = 14,1 kg/m<sup>2</sup>

Depressione = 30 kg/m<sup>2</sup>

Pertanto:

$$G_2 = 30 + 14,1 = 44,1 \text{ kg/m}^2$$

$$Y_{G2} = 1,5$$

$$Q_{K2} = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$Y_{Q2} = 1,5$$

Calcolo:  $44,1 \times 1,5 + 50 \times 1,5 = 66,15 + 75 = \text{Tot. carico sul sistema } 141,15 \text{ kg/m}^2$

Come si vede, la NCT 2018, prevede una maggiorazione dei carichi, ma poi la resistenza dei materiali, è considerata agli stati limiti ultimi, con applicazione di un coefficiente di sicurezza, come da tabelle allegate.

Per semplicità, date le tipologie delle nostre applicazioni, possiamo sintetizzare:

- 1) Resistenza a trazione di tubolari e/o profili laminati a caldo:  
si deve considerare il carico di snervamento, diviso un coefficiente di sicurezza secondo la formula  $f_{yk} : Y_{M0}$   
In cui nel nostro caso più comune,  $f_{yk} = 2397 \text{ kg/cm}^2$  e  $Y_{M0} = 1,05$   
Pertanto la resistenza a trazione dell'acciaio, da applicare nella progettazione dei nostri staffaggi sarà:  
 **$2397 : 1,05 = 2282 \text{ kg/cm}^2$**
- 2) Resistenza a del giunto a farfalla, carico ammissibile su ciascun punto di sospensione:  
Non essendo tabellata, si considera il carico a inizio cedimento del profilo in prossimità del pendino, diviso un coefficiente di sicurezza più elevato rispetto a quello previsto per i profili di cui al punto 1, che assumeremo pari a 2.  
Pertanto, stante il carico massimo a inizio cedimento, rilevato con test di cui al rapporto di prova 32034 del 24.01.2007 Bodycote, pari a kg 1480 : 2 = **740 kg** = Carico massimo applicabile per ciascun punto di sospensione.
- 3) Resistenza a trazione di barre filettate in classe 4.6:  
si deve considerare il carico a rottura, diviso un coefficiente di sicurezza secondo la formula:  $0,9 \times f_{tb} : Y_{M2}$   
In cui 0,9 è un coefficiente fisso previsto dalla norma,  $f_{tb} = 40,8 \text{ kg/mm}^2$  e  $Y_{M2} = 1,25$   
Pertanto la resistenza a trazione da applicare nella verifica delle nostre barre filettate sarà :  
 **$0,9 \times 40,8 : 1,25 = 29,3 \text{ kg/mm}^2$**  quindi considerando una barra filettata M10, con sezione resistente **58 mm<sup>2</sup>**, la sua resistenza a trazione da considerare sarà:  **$29,3 \times 58 = 1699 \text{ kg}$**
- 4) Resistenza a trazione boccola filettata M10 cod. 04181034  
Non essendo tabellata, si considera il carico a rottura, diviso un coefficiente di sicurezza più elevato rispetto alla viteria ( punto 3 ), che assumeremo pari a 2,5.  
Pertanto, stante la resistenza a trazione della boccola, riferita alla rottura, pari a kg 3000 : 2,5 = **1200 kg**

Carichi sulle strutture previsti dal D.M.17.01.2018,   
nuove norme tecniche delle costruzioni NTC 2018

Table di riferimento relative NTC 2018, resistenza materiali

**Tab. 4.2.I - Laminati a caldo con profili a sezione aperta piani e lunghi**

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale "t" dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>tk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>tk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
S460 Q/QL/QL1	460	570	440	580
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

**Tab. 4.2.II - Laminati a caldo con profili a sezione cava**

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale "t" dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>tk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>tk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
UNI EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
UNI EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S460 MH/MLH	460	530		
S460 NH/NHL	460	550		

**Tab. 4.2.VII - Coefficienti di sicurezza per la resistenza delle membrature e la stabilità**

Resistenza delle Sezioni di Classe 1-2-3-4	γ <sub>M0</sub> = 1,05
Resistenza all'instabilità delle membrature	γ <sub>M1</sub> = 1,05
Resistenza all'instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari	γ <sub>M1</sub> = 1,10
Resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori)	γ <sub>M2</sub> = 1,25

Carichi sulle strutture previsti dal D.M.17.01.2018, IT  
nuove norme tecniche delle costruzioni NTC 2018

**Viterie:** Le tensioni di snervamento **f<sub>yb</sub>** e di rottura **f<sub>tb</sub>** delle viti appartenenti alle classi indicate nella precedente Tab. 11.3.XIII.a sono riportate nella seguente Tab. 11.3.XIII.b:

Tab. 11.3.XIII.b

Classe	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
f <sub>yb</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	240	320	300	400	480	640	900
f <sub>tb</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	400	400	500	500	600	800	1000

Tab. 4.2. XIV - Coefficienti di sicurezza per la verifica delle unioni.

Resistenza dei bulloni	$\gamma_{M2} = 1,25$
Resistenza dei chiodi	
Resistenza delle connessioni a perno	
Resistenza delle saldature a parziale penetrazione e a cordone d'angolo	
Resistenza dei piatti a contatto	
Resistenza a scorrimento: per SLU	$\gamma_{M3} = 1,25$
per SLE	$\gamma_{M3} = 1,10$
Resistenza delle connessioni a perno allo stato limite di esercizio	$\gamma_{M6,ser} = 1,0$
Precarico di bullone ad alta resistenza con serraggio controllato	$\gamma_{M7} = 1,0$
con serraggio non controllato	$\gamma_{M7} = 1,10$

La resistenza di progetto a trazione degli elementi di connessione  $F_{t,Rd}$  può essere assunta pari a:

$$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot f_{tbk} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} \quad \text{per i bulloni;} \quad [4.2.68]$$

**Bodycote**  
MATERIALS TESTING  
C.T.R. Srl Via del Santo 211 - 35010 Limena (PD)  
Tel.: 049 610 400 - Fax: 049 610 539  
e-mail: ctr@bodycote.it

Laboratorio autorizzato dal Ministero dei Lavori Pubblici per prove secondo legge 1086/71

**Rapporto di prova n° 32034**  
(test report n°)

Emesso il 24/01/2007  
(issued on)

Prove eseguite, normative di riferimento ed eventuali modifiche (Test in accordance):	Prove di flessione su componenti, eseguite secondo specifica del cliente
Strumentazione usata (Instruments):	Sistema di acquisizione elettronica HBM con SPIDER 8 (a 8 canali) Cella di carico da 50KN - BTA5000 (in compressione) Øe 38.0mm, Øi 12.7mm sens. 2mV/V Matr. 20080001 (Inv. 814)
Data della prova (Date test):	16/01/2007

**RISULTATI DI PROVA TEST RESULTS**

CAMPIONE Sample MF No.	Dimensioni Dimensions (mm)	Posizione del carico dal centro del foro a (mm)	Carico totale applicato (pesato) F <sub>max</sub> (kg)		Forza applicata sulla cella (sul tirante M12) F <sub>max</sub> (N)		Freccia di deformazione H <sub>max</sub> (mm)	Note
			Valori - Value	Valori - Value	Valori - Value	Valori - Value		
15378	1000x1200x sp.80	~150	~3445	1480	14516	25	Nessuna cedimento del pannello (inizio distacco del profilo dal pannello) con evidente deformazione del foro	
15379	1000x1200x sp.80	~150	~3530	1569	15395	32	Cedimento del pannello e sfondamento del foro	
15380	1000x1200x sp.80	~160	> 3900	1605	15750	35	Cedimento del pannello e sfondamento del foro	

Note: La differenza di carico a rottura riscontrata sui pannelli MIF 15379 e 15380 si giustifica dalla diversa distanza di applicazione dei carichi rispetto al centro del foro (a).

Per tutti i pannelli non si è riscontrato alcun cedimento evidente fino a un carico complessivo sui pannelli di P=1600kg, mentre sul tirante M12 vi è una forza di reazione applicata pari a F=7500N (764kg).

#####

SCHEMA DI CARICO

Lo sperimentatore (The Operator):  
Dott. Ing. Mauro ISCARO

pag. 2 / 9

Carichi sulle strutture previsti dal D.M.17.01.2018,   
nuove norme tecniche delle costruzioni NTC 2018

### ESEMPIO CALCOLO CARICHI PER APPENDIMENTO SOFFITTO CELLA FRIGORIFERA

#### Sistema di sospensione:

Consideriamo una cella a temperatura positiva con depressione pari a  $10 \text{ kg/m}^2$  di dimensioni m 10 x 10, in pannelli sp. 100 mm, del peso di  $\text{kg/m}^2$  **10,9** sospesi in mezzera.

Considerato che l'interasse tra le barre filettate per le sospensioni è il passo dei pannelli = **1,12 m**, la porzione di pannello da considerare gravante sulla sospensione sarà m  $10 : 2 = 5 \text{ m}$  quindi per una superficie di  $5 \times 1,12 = 5,6 \text{ m}^2$

Considerato il peso del pannello e la depressione come carichi permanenti da sopportare per ciascun punto di sospensione, avremo:

$$G_2 = 10 + 10,9 = 20,9 \text{ kg/mq}$$

Considerato il sovraccarico variabile di tipo H (NTC 2018)

$$Q_{k2} (\text{accessibilità}) = 50 \text{ kg/mq}$$

Il carico da considerare per la verifica delle barre di sospensione (allo stato limite ultimo SLU, cioè applicando i fattori di amplificazione dei carichi) è:

$$Z = G_2 \times Y_{G2} + Q_{k2} \times Y_{Q2} = (20,9 \times 1,5 + 50 \times 1,5) \times 5,6 = 595,56 \text{ kg}$$

Il carico limite a trazione per una barra filettata M10 classe 4.6 è = **1699 kg > 595,56 kg**

Il carico limite a trazione per la boccola filettata M10 è = **1200 kg > 595,56 kg**

### SCHEMA SOFFITTO

