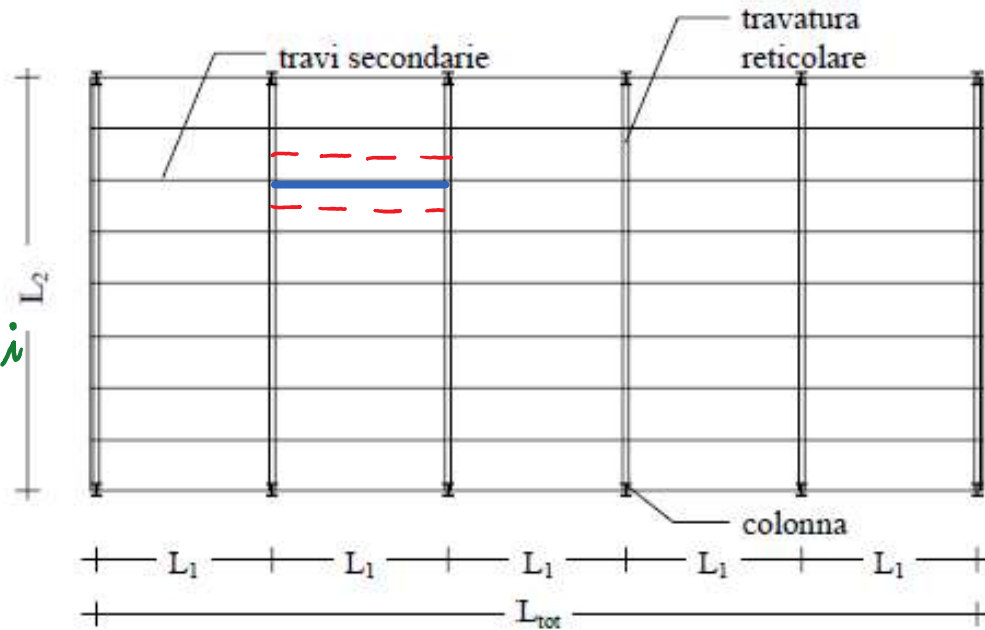
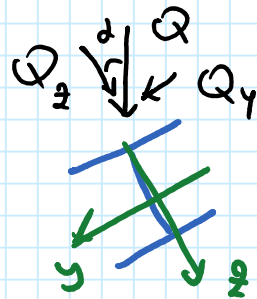
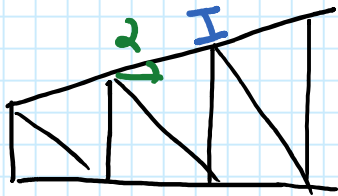


Carpenteria copertura

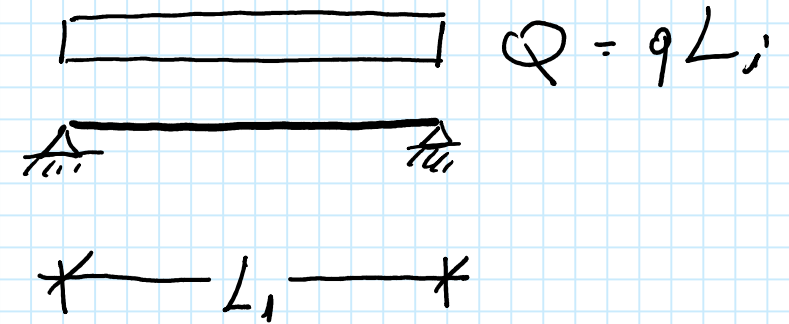


$$L_i \cdot \frac{i''}{\cos \alpha} \approx i$$



Flessione di parete
e Taglio

Travi con oblique



Verifiche alla SLU

Flessione

Taglio

Verifiche alla SLE

Spostamenti

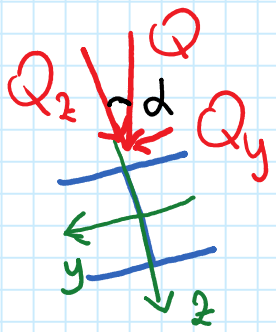
Carichi delle trave secondarie

Carichi per SLE e per SLU								
i	1.5 m							
α	11.3 gradi							
α (radianti)	0.197222							
	Li (m)	gk o qk (kN/m ²)	Gk o Qk (kN/m)	Gd o Qd (kN/m)	Gkz o Qkz (kN/m)	Gky o Qky (kN/m)	Gdz o Qdz (kN/m)	Gdy o Qdy (kN/m)
Pannello	1.53	0.13	0.20	0.26	0.20	0.04	0.25	0.05
Trave sec.		0.17	0.17	0.22	0.17	0.03	0.22	0.04
Variabile	1.50	0.50	0.75	1.13	0.74	0.15	1.10	0.22
Neve	1.50	0.48	0.72	1.08	0.71	0.14	1.06	0.21
Vento \perp sp +	1.53	0.14	0.21	0.32	0.21	0.00	0.32	0.00
Vento \perp sp -	1.53	-0.60	-0.92	-1.38	-0.92	0.00	-1.38	0.00
Vento \perp st	1.53	-0.56	-0.86	-1.28	-0.86	0.00	-1.28	0.00
Vento // A	1.53	-0.80	-1.22	-1.84	-1.22	0.00	-1.84	0.00
Vento // B	1.53	-0.47	-0.72	-1.08	-0.72	0.00	-1.08	0.00

1. Dei carichi per unità di superficie calcolo i carichi per unità di lunghezza (il peso proprio delle trave secondarie è già per unità di lunghezza).

$$Q = q L_i$$

2. Calcolo le componenti del carico rispetto agli assi principali d'inertie ...



$$Q_x = Q \cos \alpha$$

$$Q_y = Q \sin \alpha$$

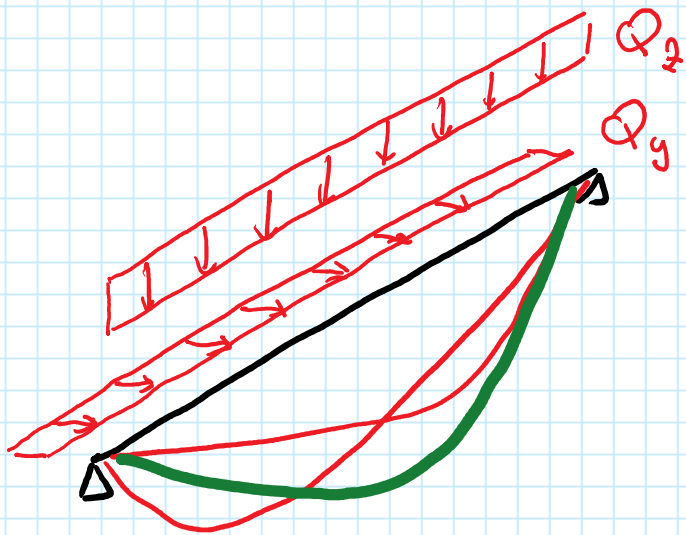
3. Carichi delle travi secondo le componenti rispetto a x ed y vanno calcolati due volte con i valori caratteristici e di progetto.

$$\begin{array}{l} G_k \\ Q_k \end{array} \left| \Rightarrow \begin{array}{l} G_{k,x} \text{ e } G_{k,y} \\ Q_{k,x} \text{ e } Q_{k,y} \end{array} \right.$$

$$\begin{array}{l} G_d = \gamma_G G_k \\ Q_d = \gamma_Q Q_k \end{array} \left| \Rightarrow \begin{array}{l} G_{d,x} \text{ e } G_{d,y} \\ Q_{d,x} \text{ e } Q_{d,y} \end{array} \right.$$

Progetta le travi secondo le norme imponendo il rispetto delle verifiche degli spostamenti che è di norma la più onerosa.

Se la trave è inclinata lo spostamento avrà due componenti ...

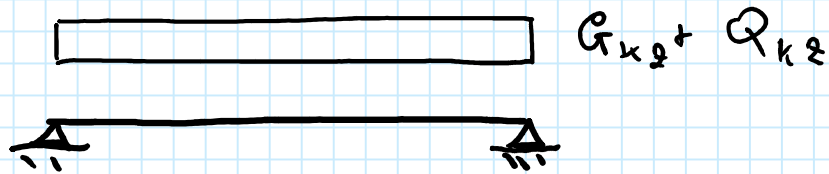


$$Q_z \longrightarrow \delta_z$$

$$Q_y \longrightarrow \delta_y$$

$$\delta = \sqrt{\delta_z^2 + \delta_y^2}$$

Adesso devo combinare i carichi



Carichi permanenti

$$G_{kz} = 0,20 + 0,14 = 0,34 \text{ kN/m}$$

$$G_{ky} = 0,04 + 0,03 = 0,07 \text{ kN/m}$$

Carichi variabili

Devo determinare il carico "principale" che produce le combinazioni di carico reale più sfavorevoli.

$$Q_{kz} = 0,74 + 0,5 \times 0,71 + 0,6 \times 0,21 = \underline{1,22} \text{ kN/m} \quad \text{Vorigliu prinsipal}$$

$$Q_{kz} = 0 \times 0,74 + 0,71 + 0,6 \times 0,21 = 0,84 \text{ kN/m} \quad \text{Nem prinsipal}$$

$$Q_{kz} = 0 \times 0,74 + 0,5 \times 0,71 + 0,21 = 0,54 \text{ kN/m} \quad \text{Vento prinsipal}$$

$$Q_{ky} = 0,15 + 0,5 \times 0,14 + 0 = 0,22 \text{ kN/m}$$

Quindi ...

$$Q_{kz} = 1,22 \text{ kN/m}$$

$$Q_{ky} = 0,22 \text{ kN/m}$$

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{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 ≤ 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 ≤ 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

In queste fasi considero solo Q_2 (flessione rotte), scelgo le sezioni abbassandolo un po' e poi meglio considerandolo anche Q_1 (flessione deviate).

Impongo $\sigma_{\max,2} \leq$ valore limite e ricevo I_y

$$\sigma_{\max,2} = \frac{5}{384} \frac{(G+Q)_{k2} L_1^4}{E I_y} \leq \frac{L_1}{200}$$

$$\frac{5}{384} \frac{(G+Q)_{k2} L_1^4}{E I_y} \leq \frac{L_1}{200}$$

$$I_y \geq \frac{1000}{384} \frac{(G+Q)_{k2} L_1^3}{E} = \frac{1000}{384} \frac{(0,36+1,77) \times 5,8^3}{210 \cdot 1000} \times \frac{10^3 \times 10^6}{10^4} = \underline{\underline{384,7 \text{ cm}^4}}$$

Devo anche considerare le verifiche su S_2 . Dunque:
 Impongo $\delta_{max,2} \leq$ valore limite e ricevo un secondo
 valore di I_y

$$\delta_{2,2} = \frac{5}{384} \frac{Q_{k2} L_1^3}{E I_y} \leq \frac{\Delta}{250}$$

$$I_y \geq \frac{1250}{384} \frac{Q_{k2} L_1^3}{E} = \frac{1250}{384} \times \frac{1,22 \times 5,8^3}{210.000} \times 10^5 = 369,0 \text{ cm}^4$$

Confronto il più grande tra i due ($384,7 \text{ cm}^4$) e
 scelgo la sezione trasversale

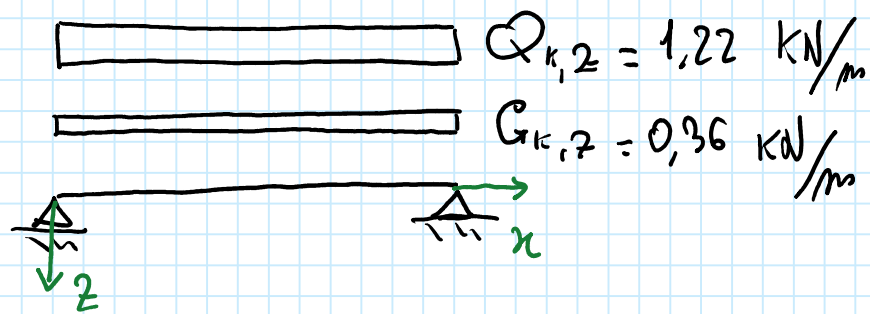
Désignation Designation Bezeichnung	Valeurs statiques / Section properties / Statische Kennwerte												Classification ENV 1993-1-1						HISTAR	
	axe fort y-y strong axis y-y starke Achse y-y						axe faible z-z weak axis z-z schwache Achse z-z							pure bending y-y			pure compression			
	G kg/m	I _y cm ⁴	W _{el,y} cm ³	W _{pl,y} ⬆ cm ³	i _y cm	A _{vz} cm ²	I _z cm ⁴	W _{el,z} cm ³	W _{pl,z} ⬆ cm ³	i _z cm	S _s mm	I _t cm ⁴	I _w x 10 ⁻³ cm ⁶	S 235	S 355	S 460	S 235	S 355		S 460
HE 120 AA	14.6	413.4	75.85	84.12	4.72	6.90	158.8	26.47	40.62	2.93	29.26	2.78	4.24	2	3	-	2	3	-	
HE 120 A	19.9	606.2	106.3	119.5	4.89	8.46	230.9	38.48	58.85	3.02	35.06	5.99	6.47	1	1	-	1	1	-	
HE 120 B	26.7	864.4	144.1	165.2	5.04	10.96	317.5	52.92	80.97	3.06	42.56	13.84	9.41	1	1	-	1	1	-	

HE 120 A

$$I_y = 606.2 \text{ cm}^4$$

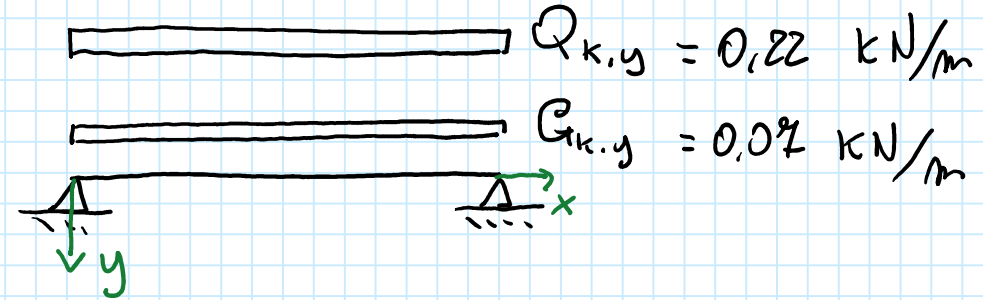
$$I_z = 230.9 \text{ cm}^4$$

Adesso verifico considerando le flessioni dovute...



$$\delta_{max,z} = \frac{5}{384} \frac{(G_k + Q_k)_z L^4}{E I_y} = \frac{5}{384} \frac{(0,36 + 1,22) \times 5,8^4}{210.000 \times 606,2} \times \frac{10^3 \times 10^8}{10^4}$$

$$= 18,4 \text{ mm}$$



$$\delta_{max,y} = \frac{5}{384} \frac{(G_k + Q_k)_y L^4}{E I_z} = \frac{5}{384} \frac{(0,07 + 0,22) \times 5,8^4}{210.000 \times 230,9} \times 10^8$$

$$= 8,8 \text{ mm}$$

OK!

$$\delta_{max} = \sqrt{\delta_{max,z}^2 + \delta_{max,y}^2} = \sqrt{18,4^2 + 8,8^2} = 20,4 \text{ mm} \leq \frac{L}{200} = \frac{5800}{200} = 29,0 \text{ mm}$$

$$\delta_{2,z} = \frac{5}{384} \frac{Q_{K2} L_1^4}{EI_y} = \frac{5}{384} \times \frac{1,22 \times 5,8^4}{210.000 \times 606,2} \times 10^8 = 14,1 \text{ mm}$$

$$\delta_{2,y} = \frac{5}{384} \frac{Q_{Ky} L_1^4}{EI_z} = \frac{5}{384} \times \frac{0,22 \times 5,8^4}{210.000 \times 230,9} \times 10^8 = 6,6 \text{ mm}$$

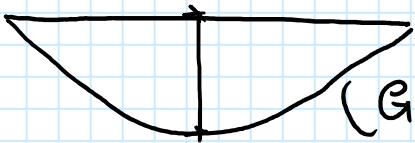
$$\delta_2 = \sqrt{14,1^2 + 6,6^2} = 15,5 \text{ mm} \leq \frac{L_1}{250} = \frac{5800}{250} = 23,2 \text{ mm}$$

OK!

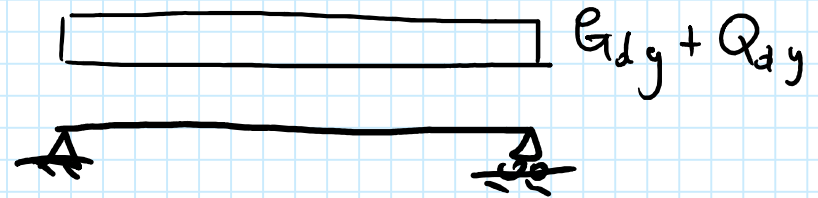
Verifica a flexão (SLU)


$$\frac{M_{yEd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zEd}}{M_{zRd}} \leq 1$$



M_y  $(G_{d1} + Q_{d1}) \frac{L_1^2}{8}$

$$M_{yEd} = 2,24 \frac{5,8^2}{8}$$
$$= 9,63 \text{ kNm}$$



M_z  $(G_{d2} + Q_{d2}) \frac{L_2^2}{8}$

$$M_{zEd} = 0,42 \times \frac{5,8^2}{8}$$
$$= 1,44 \text{ kNm}$$

	Li (m)	gk o qk (kN/m ²)	Gk o Qk (kN/m)	Gd o Qd (kN/m)	Gkz o Qkz (kN/m)	Gky o Qky (kN/m)	Gdz o Qdz (kN/m)	Gdy o Qdy (kN/m)
Pannello	1.53	0.13	0.20	0.26	0.20	0.04	0.25	0.05
Trave sec.		0.17	0.17	0.22	0.17	0.03	0.22	0.04
Variabile	1.50	0.50	0.75	1.13	0.74	0.15	1.10	0.22
Neve	1.50	0.48	0.72	1.08	0.71	0.14	1.06	0.21
Vento ⊥ sp +	1.53	0.14	0.21	0.32	0.21	0.00	0.32	0.00
Vento ⊥ sp -	1.53	-0.60	-0.92	-1.38	-0.92	0.00	-1.38	0.00
Vento ⊥ st	1.53	-0.56	-0.86	-1.28	-0.86	0.00	-1.28	0.00
Vento // A	1.53	-0.80	-1.22	-1.84	-1.22	0.00	-1.84	0.00
Vento // B	1.53	-0.47	-0.72	-1.08	-0.72	0.00	-1.08	0.00

$$G_{dz} = 0,25 + 0,22 = 0,47 \text{ kN/m}$$

$$Q_{dz} = 1,10 + 0,5 \times 1,06 + 0,6 \times 0,32 = 1,82 \text{ kN/m}$$

$$G_{dz} + Q_{dz} = 2,29 \text{ kN/m}$$

$$G_{dy} = 0,05 + 0,04 = 0,09 \text{ kN/m}$$

$$Q_{dy} = 0,22 + 0,5 \times 0,21 + 0 = 0,33 \text{ kN/m}$$

$$G_{dy} + Q_{dy} = 0,09 + 0,33 = 0,42 \text{ kN/m}$$

HE 120 A, S235: n. 1 di classe 1

$$M_{y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = W_{ply} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 119,5 \times \frac{235}{1,05} \times \frac{1}{10^3} = 26,75 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = W_{plz} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 58,9 \times \frac{235}{1,05} \times \frac{1}{10^3} = 13,2 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{9,63}{26,75} + \frac{1,74}{13,2} = 0,4941$$

0,3600 0,1341

OK!