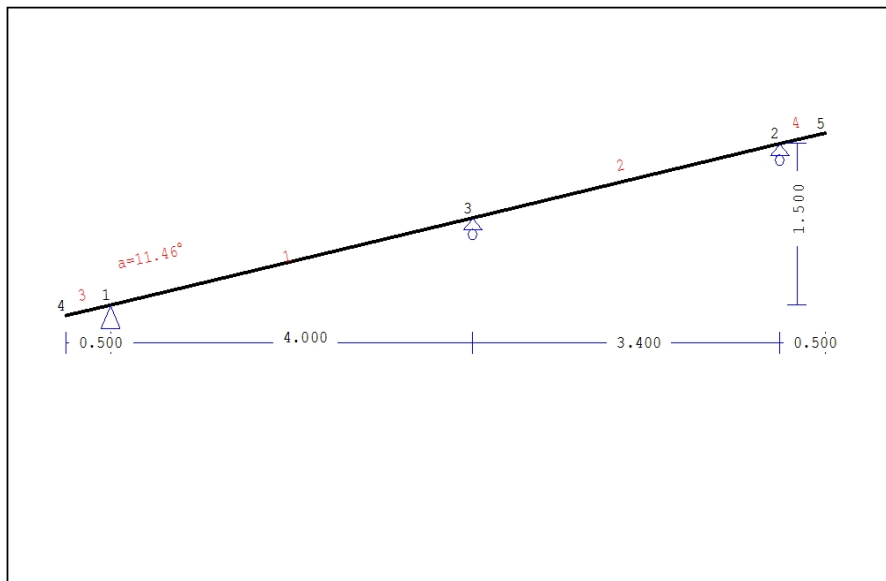


## 1. UNA FALDA-02

Tetto a falda unica



### 1.1. Descrizione tecnica

#### 1.1.1. Tipologia costruttiva

Tetto in legno di classe D40. La tipologia della trave è illustrata nel disegno soprastante.  
 Luce 7.400m, altezza 1.500m, inclinazione 11.46°, interasse delle travi 1.900m  
 Assito costituito da legno di classe C22, spessore 20 mm  
 Travetti in legno di classe C22, con dimensioni 75x100 mm, ad interasse 0.300 m  
 Elementi , sezione 75x225 [mm]  
 Volume della trave =0.145 m<sup>3</sup>, peso proprio della trave =0.780 kN

#### 1.1.2. Normative di calcolo

Norme Tecniche per le Costruzioni (DM2008)  
 UNI EN1990-1-1:2004, Eurocodice 0 Parte 1-1, Basi di calcolo  
 UNI EN1991-1-1:2004, Eurocodice 1 Parte 1-1, Azioni sulle strutture  
 DM2008, §3.4, Azioni della neve  
 DM2008, §3.3, Azioni del vento  
 UNI EN1995-1-1:2009, Eurocodice 5 Parte 1-1, Progettazione delle strutture di legno

#### 1.1.3. Metodo di calcolo

Tutte le combinazioni di carico previste dall'Eurocodice 5 sono considerate, e le verifiche sono svolte nelle condizioni di carico più sfavorevoli, per le combinazioni di carico, allo stato limite ultimo di progetto, secondo EN1995-1-1, §6. Le giunzioni sono considerate come unioni con bulloni con piastre metalliche e sono dimensionate secondo EN1995-1-1, §8. In aggiunta le deformazioni sono verificate nello stato limite di servizio, secondo UNI EN1995-1-1:2009, §7.

**1.1.4. Proprietà dei materiali (trave) (NTC-DM2008, §4.4)**

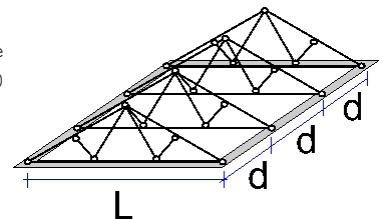
Classe del legno : D40

Classe di servizio : Classe 1, umidità  $\leq 12\%$  (DM2008 §4.4.5)Coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (DM2008 T.4.4.III)**Valori caratteristici del legname** $f_{mk} = 40.0 \text{ MPa}$ ,  $f_{t0k} = 24.0 \text{ MPa}$ ,  $f_{t90k} = 0.6 \text{ MPa}$  $f_{c0k} = 26.0 \text{ MPa}$ ,  $f_{c90k} = 8.3 \text{ MPa}$ ,  $f_{vk} = 4.0 \text{ MPa}$  $E_{0m} = 13000 \text{ MPa}$ ,  $E_{005} = 10900 \text{ MPa}$ ,  $E_{90m} = 860 \text{ MPa}$  $G_m = 810 \text{ MPa}$ ,  $\rho_k = 550 \text{ Kg/m}^3$ **1.1.5. Proprietà dei materiali (legname, finitura) (NTC-DM2008, §4.4)**

Classe del legno : C22

Classe di servizio : Classe 1, umidità  $\leq 12\%$  (DM2008 §4.4.5)Coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (DM2008 T.4.4.III)**Valori caratteristici del legname** $f_{mk} = 22.0 \text{ MPa}$ ,  $f_{t0k} = 13.0 \text{ MPa}$ ,  $f_{t90k} = 0.4 \text{ MPa}$  $f_{c0k} = 20.0 \text{ MPa}$ ,  $f_{c90k} = 2.4 \text{ MPa}$ ,  $f_{vk} = 3.8 \text{ MPa}$  $E_{0m} = 10000 \text{ MPa}$ ,  $E_{005} = 6700 \text{ MPa}$ ,  $E_{90m} = 330 \text{ MPa}$  $G_m = 630 \text{ MPa}$ ,  $\rho_k = 340 \text{ Kg/m}^3$ **1.1.6. Proprietà dei materiali (legname, travetti) (NTC-DM2008, §4.4)**

Classe del legno : C22

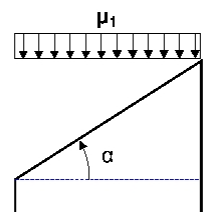
Classe di servizio : Classe 1, umidità  $\leq 12\%$  (DM2008 §4.4.5)Coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (DM2008 T.4.4.III)**Valori caratteristici del legname** $f_{mk} = 22.0 \text{ MPa}$ ,  $f_{t0k} = 13.0 \text{ MPa}$ ,  $f_{t90k} = 0.4 \text{ MPa}$  $f_{c0k} = 20.0 \text{ MPa}$ ,  $f_{c90k} = 2.4 \text{ MPa}$ ,  $f_{vk} = 3.8 \text{ MPa}$  $E_{0m} = 10000 \text{ MPa}$ ,  $E_{005} = 6700 \text{ MPa}$ ,  $E_{90m} = 330 \text{ MPa}$  $G_m = 630 \text{ MPa}$ ,  $\rho_k = 340 \text{ Kg/m}^3$ **1.1.7. Carichi distribuiti sulla copertura**Carico permanente del manto di copertura  $G_e = 0.500 \text{ kN/m}^2$  (Tegole)Travetti, assito, isolamento  $G_t = 0.100 \text{ kN/m}^2$   $G_e + G_t = 0$ Peso del controsoffitto del tetto  $G_c = 0.200 \text{ kN/m}^2$ Carico della neve sul terreno  $S_k = 1.500 \text{ kN/m}^2$ Pressione del vento sulle superfici vert.  $Q_w = 0.754 \text{ kN/m}^2$ Carico (categoria H)  $Q_i = 0.500 \text{ kN/m}^2$ **1.2. Azioni della neve (DM2008, §3.4)**Carico neve al suolo  $S_k$  (DM2008, §3.4.2)

Classe di importanza 1, vita utile 50 anni, periodo di ritorno 500 anni (§3.3.2)

Zona climatica : I , altitudine del suolo sul livello del mare = 200 m

 $s_{sk} = 1.500 \text{ kN/m}^2$  ( $s = 200 \leq 200 \text{ m}$ )Valore di riferimento del carico neve al suolo:  $s_k = q_{ref}(T) = 1.500 \text{ kN/m}^2$ 

Carico neve sulla copertura (DM2008, §3.4.5)

Inclinazione del tetto :  $\alpha = 11.459^\circ$ Coefficiente di esposizione :  $C_e = 1.000$  (DM2008 §5.2(7))Coefficiente termico :  $C_t = 1.000$  (DM2008 §5.2(8))Fattori di forma,  $\alpha = 11.46^\circ$ ,  $\mu_1 = 0.800$  (Tab. 3.4.II)

Azioni della neve (DM2008, §3.4.8.2)

 $S_1 = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0.800 \times 1.000 \times 1.000 \times 1.500 = 1.200 \text{ kN/m}^2$

**1.3. Azioni del vento (DM2008 §3.3)**

Pressione del vento  $q_b(z) = C_e(z) \cdot V_b^2 / 1.6$  (DM2008 §3.3.6)

Classe di importanza 1, vita utile 50 anni, periodo di ritorno 500 anni (§3.3.2)

Zona: 1,  $V_b = 25.00 \text{ m/s}$  ( $a_s = 500 < a_o = 1000 \text{ m}$ ),  $V_b = 25 \text{ m/s}$ ,  $a_o = 1000 \text{ m}$ ,  $K_a = 0.012 (1/\text{s})$  (Tab. 3.3.I)

Velocità di riferimento,  $T_r = 500$  anni (§3.3.2)

Classe di rugosità del terreno = D,  $10 \text{ km} < \text{distanza costa} \leq 30 \text{ km}$ , altitudine di riferimento =  $500 \text{ m}$

Categorie di esposizione del sito: II,  $k_r = 0.19$ ,  $z_o = 0.05 \text{ m}$ ,  $z_{\min} = 4.00 \text{ m}$  (Tab. 3.3.II)

Coefficiente di topografia:  $C_t = 1.000$  (§3.3.7)

Coefficiente di esposizione:  $C_e = 0.19^2 \times 1.000 \times \ln(5/0.05) \times [7 + 1.000 \times \ln(5/0.05)] = 1.929$  (§3.3.7)

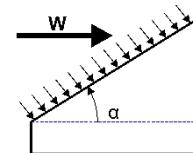
Pressione del vento sulla superficie verticale:  $Q_{\text{ref}} \cdot C_e = 0.001 \times (25.00^2 / 1.6) \times 1.929 = 0.754 \text{ kN/m}^2$

Pressione del vento  $p_f = C_p \cdot q_b$  (DM2008, §3.3.7.1)

Coefficiente di forma  $C_p$  (DM2008 §3.3.7.1)

Con inclinazione  $\alpha = 11.46^\circ$ ,  $C_p = -0.40$

Pressione del vento  $p_f = -0.302 \text{ kN/m}^2$

**1.4. Azione sismica (DM2008, §3.2)**

Accelerazione orizzontale (§3.2.3.2.1)

$a_g/g = 0.02$

Fattore d'importanza (§3.2.1)

$\gamma_i = 1.00$

Fattore di suolo [orizzontale] (§3.2.3.2.1)

$S_o = 1.80$

Fattore di suolo [verticale]

$S_v = 1.00$

Fattore di struttura [orizzontale] (§7.3.1)

$q_o = 1.50$

Fattore di struttura [verticale]

$q_v = 1.50$

Fattore di spettro [orizzontale] (§3.2.3.1)

$\beta_o(T) = 2.21$

Fattore di spettro [verticale] (§3.2.3.2.2)

$\beta_v(T) = 0.48$

Fattore di correzione (§7.3.3.2)

$\lambda = 1.00$

Distribuzione della forza  $\zeta = z_i W_i / \sum z_j W_j$  (§7.3.3.2)

$\zeta = 1.00$

Primo periodo di vibrazione (§7.3.3.2)

$T(\text{sec}) = 0.15$

Fattore di combinazione carichi accidentali

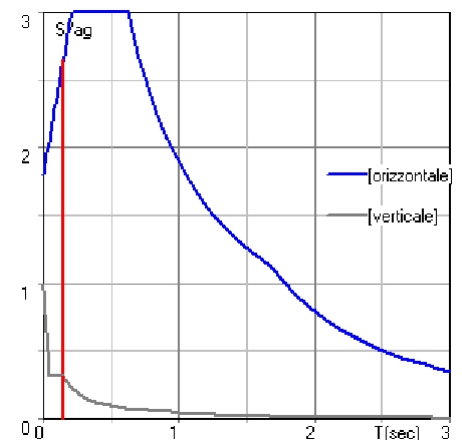
$\psi_2 = 0.30$

Fattore di combinazione carico da neve

$\psi_2 = 0.20$

Periodi di spettro [orizzontale]:  $T_b = 0.21 \text{ sec}$ ,  $T_c = 0.63 \text{ sec}$ ,  $T_d = 1.68 \text{ sec}$

Periodi di spettro [verticale]:  $T_b = 0.05 \text{ sec}$ ,  $T_c = 0.15 \text{ sec}$ ,  $T_d = 1.00 \text{ sec}$



Orizzontale:  $F_o = a_g \cdot \gamma_i \cdot S_o \cdot \beta_o(T) \cdot \lambda \cdot \zeta / q_o$

$F_o = g \times 0.02 \times 1.00 \times 1.80 \times 2.21 \times 1.00 \times 1.00 / 1.50 = 0.053 \times g$  (DM2008 §3.2.3.2.1)

Verticale:  $F_v = a_g \cdot \gamma_i \cdot S_v \cdot \beta_v(T) \cdot \lambda \cdot \zeta / q_v$

$F_v = g \times 0.02 \times 1.00 \times 1.00 \times 0.48 \times 1.00 \times 1.00 / 1.50 = 0.006 \times g$  (DM2008 §3.2.3.2.2)

### 1.5. Finitura del tetto

#### Sistema strutturale dell'assito

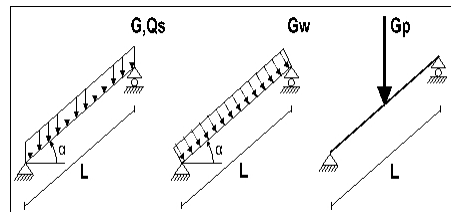
L'assito è progettato come trave semplicemente appoggiata con luce interasse tra i travetti  $L=0.300\text{m}$ , e larghezza  $1.00\text{m}$ .

#### Dimensioni del materiale dell'assito

Specie legnosa dell'assito: C22, classe di servizio: Classe 1, umidità  $\leq 12\%$   
Interasse dei travetti  $L=0.300\text{m}$ , inclinazione del tetto  $\alpha=11.46^\circ$ , spessore dell'assito  $20\text{mm}$

#### Carico sull'assito

Manto di copertura  $G_e = 0.500 \text{ kN/m}^2$   
Peso proprio  $G_l = 0.067 \text{ kN/m}^2$   
Carico neve  $Q_s = 1.200 \text{ kN/m}^2$   
Carico da vento  $Q_w = -0.302 \text{ kN/m}^2$   
Peso del carpentiere  $Q_p = 1.200 \text{ kN}$



#### Sforzi interni dell'assito (luce $L=0.300 \text{ m}$ , larghezza $=1.00 \text{ m}$ )

Carico	Azione	$\gamma_g$	$\gamma_q$	$\psi_0$	$\max N [\text{kN}]$	$\max V [\text{kN}]$	$\max M [\text{kNm}]$	
(Gk) Permanente	$G_k = 0.567 [\text{kN/m}]$	Permanente	1.30	0.00	1.00	0.034	0.083	0.006
(Qk1) Neve	$Q_{ks} = 1.200 [\text{kN/m}]$	Breve	0.00	1.50	0.70	0.070	0.173	0.013
(Qk2) Vento	$Q_{kw} = -0.302 [\text{kN/m}]$	Breve	0.00	1.50	0.60	0.000	-0.045	-0.003
(Qk3) Carpentiere	$Q_{kp} = 1.200 [\text{kN}]$	Istantaneo	0.00	1.00	0.00	0.238	0.588	0.088

#### 1.5.1. Stato limite di servizio (UNI EN1995-1-1:2009, §2.2.3, §7)

##### Deformazione a flessione (EC5 §7.2)

Carico	[kN/m]	$u [\text{mm}]$	Azione	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	$K_{def}$	
(Gk) Permanente	$G_k = 0.567 [\text{kN/m}]$	0.004	Permanente	1.00	1.00	1.00	0.60	
(Qk1) Neve	$Q_{ks} = 1.200 [\text{kN/m}]$	0.008	Breve	0.70	0.50	0.20	0.60	
(Qk2) Vento	$Q_{kw} = -0.302 [\text{kN/m}]$	-0.002	Breve	0.60	0.20	0.00	0.60	

Combinazione di carico	$w_{inst}$	$w_{fin} [\text{mm}]$
1 Gk	0.004	0.006
2 Gk + Qk1	0.011	0.014
3 Gk + Qk2	0.004	0.006
4 Gk + Qk1 + $\psi_0 \cdot Qk2$	0.011	0.014
5 Gk + Qk2 + $\psi_0 \cdot Qk1$	0.009	0.012

$w_{fin, g} = w_{inst, g}(1 + k_{def})$ ,  $w_{fin, q} = w_{inst, q}(1 + \psi_2 \cdot k_{def})$  (EC5 §2.2.3, Eq.2.3, Eq.2.4)

#### Massimi valori della freccia

$w_{inst} = 0.011 \text{ mm}$ ,  $w_{fin} = 0.014 \text{ mm}$

#### Verifica secondo UNI EN1995-1-1:2009 §7.2, Tab.7.2

##### Deformazioni finali

$w_{inst} = 0.011 \text{ mm} < L/300 = 300/300 = 1.000 \text{ mm}$   
 $w_{net, fin} = 0.014 \text{ mm} < L/250 = 300/250 = 1.200 \text{ mm}$   
 $w_{fin} = 0.014 \text{ mm} < L/150 = 300/150 = 2.000 \text{ mm}$

La verifica è soddisfatta

**1.5.2. Verifica dell'assito, Stato limite ultimo di progetto** (UNI EN1995-1-1:2009, §6)

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	N/Kmod	V/Kmod	M/Kmod
1	yg.Gk	Permanente	0.60	-0.073	0.181	0.014
2	yg.Gk + yq.Qk1	Breve	0.90	-0.166	0.409	0.031
3	yg.Gk + yq.Qk2	Breve	0.90	-0.049	0.120	0.009
4	yg.Gk + yq.Qk3	Istantaneo	1.00	-0.282	0.696	0.096
5	yg.Gk + yq.Qk1 + yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-0.166	0.409	0.031
6	yg.Gk + yq.Qk2 + yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-0.131	0.322	0.024
	Valori massimi			-0.282	0.696	0.096

**Assito, combinazione di carico No 4****Compressione parallela alla fibratura, Fc0d=-0.282 kN** (EC5 §6.1.4)Sezione rettangolare, b=1000 mm, h=20 mm, A= 20 000 mm<sup>2</sup>

Coefficiente di correzione Kmod=1.00 (Tab.3.1), coefficiente del materiale γM=1.50 (Tab. 2.3)

fc0k=20.00 N/mm<sup>2</sup>, fc0d=Kmod·fc0k/γM=1.00x20.00/1.50=13.33N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14)Fc0d=-0.282 kN, σc0d=Fc0d/Anetto=1000x0.282/20000=0.01N/mm<sup>2</sup> < 13.33N/mm<sup>2</sup>=fc0d (Eq.6.2)

La verifica è soddisfatta

**Assito, combinazione di carico No 4****Taglio, Fv=0.696 kN** (EC5 §6.1.7)Sezione rettangolare, bef=0.67x1000=670 mm, h=20 mm, A= 13 400 mm<sup>2</sup>

Coefficiente di correzione Kmod=1.00 (Tab.3.1), coefficiente del materiale γM=1.50 (Tab. 2.3)

fvk=3.80 N/mm<sup>2</sup>, fvd=Kmod·fvk/γM=1.00x3.80/1.50=2.53N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14)Fv=0.696 kN, τv0d=1.50Fv0d/Anetto=1000x1.50x0.696/13400=0.08N/mm<sup>2</sup> < 2.53N/mm<sup>2</sup>=fv0d (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

**Assito, combinazione di carico No 4****Flessione, Myd=0.096 kNm, Mzd=0.000 kNm** (EC5 §6.1.6)Sezione rettangolare, b=1000mm, h=20mm, A=2.000E+004mm<sup>2</sup>, Wy=6.667E+004mm<sup>3</sup>, Wz=3.333E+006mm<sup>3</sup>

Coefficiente di correzione Kmod=1.00 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale γM=1.50 (DM2008)

fmyk=22.00 N/mm<sup>2</sup>, fmyd=Kmod·fmyk/γM=1.00x22.00/1.50=14.67N/mm<sup>2</sup>fmzk=22.00 N/mm<sup>2</sup>, fmzd=Kmod·fmzk/γM=1.00x22.00/1.50=14.67N/mm<sup>2</sup>

Sezione rettangolare Km=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

σmyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x0.096/6.667E+004= 1.44 N/mm<sup>2</sup>σmzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/3.333E+006= 0.00 N/mm<sup>2</sup>

σmyd/fmyd+Km.σmzd/fmzd=0.099+0.000= 0.10 &lt; 1 (EC5 Eq.6.11)

Km.σmyd/fmyd+σmzd/fmzd=0.069+0.000= 0.07 &lt; 1 (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

**Assito, combinazione di carico No 4****Flessione e compressione assiale combinate, Fc0d=-0.282kN, Myd=0.096kNm, Mzd=0.000kNm** (§6.2.4)Sezione rettangolare, b=1000mm, h=20mm, A=2.000E+004mm<sup>2</sup>, Wy=6.667E+004mm<sup>3</sup>, Wz=3.333E+006mm<sup>3</sup>

Coefficiente di correzione Kmod=1.00 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale γM=1.50 (DM2008)

fc0k=20.00 N/mm<sup>2</sup>, fc0d=Kmod·fc0k/γM=1.00x20.00/1.50=13.33N/mm<sup>2</sup>fmyk=22.00 N/mm<sup>2</sup>, fmyd=Kmod·fmyk/γM=1.00x22.00/1.50=14.67N/mm<sup>2</sup>fmzk=22.00 N/mm<sup>2</sup>, fmzd=Kmod·fmzk/γM=1.00x22.00/1.50=14.67N/mm<sup>2</sup>

Sezione rettangolare Km=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

σc0d=Fc0d/Anetto=1000x0.282/20000= 0.01 N/mm<sup>2</sup>σmyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x0.096/6.667E+004= 1.44 N/mm<sup>2</sup>σmzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/3.333E+006= 0.00 N/mm<sup>2</sup>(σc0d/fc0d)<sup>2</sup>+σmyd/fmyd+Km.σmzd/fmzd=0.000+0.099+0.000= 0.10 < 1 (EC5 Eq.6.19)(σc0d/fc0d)<sup>2</sup>+Km.σmyd/fmyd+σmzd/fmzd=0.000+0.069+0.000= 0.07 < 1 (EC5 Eq.6.20)

La verifica è soddisfatta

**Assito, combinazione di carico No 4****Stabilità a pressoflessione,  $F_{c0d}=-0.282\text{kN}$ ,  $M_{yd}=0.096\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$  (EC5 §6.3.2)**Sezione rettangolare,  $b=1000\text{mm}$ ,  $h=20\text{mm}$ ,  $A=2.000\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=6.667\text{E}+004\text{mm}^3$ ,  $W_z=3.333\text{E}+006\text{mm}^3$ Coefficiente di correzione  $K_{mod}=1.00$ , coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$ ,  $E_{005}=6700\text{N/mm}^2$  $f_{c0k}=20.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 1.00 \times 20.00 / 1.50 = 13.33\text{N/mm}^2$  $f_{myk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 1.00 \times 22.00 / 1.50 = 14.67\text{N/mm}^2$  $f_{mk}=22.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 1.00 \times 22.00 / 1.50 = 14.67\text{N/mm}^2$ Sezione rettangolare  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2)) $\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{netto}=1000 \times 0.282 / 20000 = 0.01\text{ N/mm}^2$  $\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,netto}=1\text{E}+06 \times 0.096 / 6.667\text{E}+004 = 1.44\text{ N/mm}^2$  $\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,netto}=1\text{E}+06 \times 0.000 / 3.333\text{E}+006 = 0.00\text{ N/mm}^2$ Lunghezza libera di inflessione  $S_k$  $S_{ky}=1.00 \times 0.300 = 0.300\text{ m} = 300\text{ mm}$  $S_{kz}=0.00 \times 0.300 = 0.000\text{ m} = 0\text{ mm}$ Snellezza $i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 20 = 6\text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 300 / 6 = 50.00$  $i_z = \sqrt{I_z/A} = 0.289 \times 1000 = 289\text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 0 / 289 = 0.00$ Tensioni critiche $\sigma_{c,crity} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 26.45\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,crity}} = 0.87$  (EC5 Eq.6.21) $\sigma_{c,critz} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 2000.00\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,critz}} = 0.00$  (EC5 Eq.6.22) $\beta_c=0.20$  (legno massiccio) $k_y = 0.5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0.94$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 0.782$  (Eq.6.27 6.25) $k_z = 0.5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0.50$ ,  $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1.000$  (Eq.6.28 6.26) $\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.001 + 0.099 + 0.000 = 0.10 < 1$  (EC5 Eq.6.23) $\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.001 + 0.069 + 0.000 = 0.07 < 1$  (EC5 Eq.6.24)

La verifica è soddisfatta

### 1.6. Progettazione dei travetti

#### Sistema strutturale dei travetti

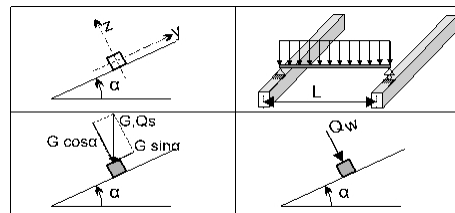
I travetti sono progettati come travi semplicemente appoggiate con luce  $L=1.900\text{m}$  che è la distanza tra le travi. Essi sono sottoposti ad un carico di superficie di larghezza  $L_1=0.300\text{m}$  (interasse tra i travetti). L'asse dei travetti ha un'inclinazione  $\alpha=11.46^\circ$  sulla verticale. I carichi verticali (peso proprio, neve, peso del carpentiere) sono scomposti in due componenti nelle direzioni z-z  $P \cdot \cos\alpha$ , e y-y  $P \cdot \sin\alpha$ , la pressione del vento agisce nella direzione z-z.

#### Dimensioni dei travetti

Specie legnosa dei travetti: C22, Classe 1, umidità  $\leq 12\%$ , sezione dei travetti BxH: 75x100mm  
Interasse dei travetti 0.300m, inclinazione della falda  $\alpha=11.46^\circ$ , interasse delle trave 1.900m.

#### Carico uniformemente distribuito sui travetti $\text{kN/m}^2$

Manto di copertura  $G_e = 0.500 \text{ kN/m}^2$   
Assito+peso proprio  $G_l = 0.100 \text{ kN/m}^2$   
Carico neve  $Q_s = 1.200 \text{ kN/m}^2$   
Carico da vento  $Q_w = -0.302 \text{ kN/m}^2$   
Peso del carpentiere  $Q_p = 1.200 \text{ kN}$



#### Carico lineare sui travetti ( $\text{kN/m}$ ) in z-z e y-y

Manto di copertura+peso proprio  $G_k = 0.180 \text{ kN/m}$ ,  $G_{kz} = 0.176 \text{ kN/m}$ ,  $G_{kez} = 0.036 \text{ kN/m}$   
Carico neve  $Q_{ks} = 0.360 \text{ kN/m}$ ,  $Q_{ksz} = 0.353 \text{ kN/m}$ ,  $Q_{ksy} = 0.072 \text{ kN/m}$   
Carico da vento  $Q_{kw} = -0.090 \text{ kN/m}$ ,  $Q_{kwz} = -0.090 \text{ kN/m}$ ,  $Q_{kwy} = 0.000 \text{ kN/m}$   
Peso del carpentiere  $Q_{kp} = 1.200 \text{ kN}$ ,  $Q_{kpz} = 1.176 \text{ kN}$ ,  $Q_{kpy} = 0.238 \text{ kN}$

#### Sforzi interni nei travetti (luce $L=1.900 \text{ m}$ , BxH: 75x100 mm)

Carico	Azione	$\gamma_g$	$\gamma_q$	$\psi_0$	$Q_z [\text{kN}]$	$Q_y [\text{kN}]$	$M_y [\text{kNm}]$	$M_z [\text{kNm}]$	
(Gk) Permanente	$G_k = 0.180 [\text{kN/m}]$	Permanente	1.30	0.00	1.00	0.168	0.034	0.080	0.000
(Qk1) Neve	$Q_{ks} = 0.360 [\text{kN/m}]$	Breve	0.00	1.50	0.70	0.335	0.068	0.159	0.000
(Qk2) Vento	$Q_{kw} = -0.090 [\text{kN/m}]$	Breve	0.00	1.50	0.60	-0.086	0.000	-0.041	0.000
(Qk3) Carpentiere	$Q_{kp} = 1.200 [\text{kN}]$	Istantaneo	0.00	1.00	0.00	0.588	0.119	0.559	0.000

#### 1.6.1. Stato limite di servizio (UNI EN1995-1-1:2009, §2.2.3, §7)

##### Deformazione a flessione (EC5 §7.2)

Carico	$[\text{kN/m}]$	$u [\text{mm}]$	Azione	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	$K_{def}$
(Gk) Permanente	$G_k = 0.176 [\text{kN/m}]$	0.199	Permanente	1.00	1.00	1.00	0.60
(Qk1) Neve	$Q_{ks} = 0.353 [\text{kN/m}]$	0.398	Breve	0.70	0.50	0.20	0.60
(Qk2) Vento	$Q_{kw} = -0.090 [\text{kN/m}]$	-0.102	Breve	0.60	0.20	0.00	0.60

Combinazione di carico	w.inst	w.fin [mm]
1 Gk	0.199	0.318
2 Gk + Qk1	0.597	0.764
3 Gk + Qk2	0.199	0.318
4 Gk + Qk1 + $\psi_0 \cdot Qk2$	0.597	0.764
5 Gk + Qk2 + $\psi_0 \cdot Qk1$	0.477	0.644

$w_{fin}, g = w_{inst}, g(1 + k_{def})$ ,  $w_{fin}, q = w_{inst}, q(1 + \psi_2 \cdot k_{def})$  (EC5 §2.2.3, Eq.2.3, Eq.2.4)

#### Massimi valori della freccia

$w_{inst} = 0.597 \text{ mm}$ ,  $w_{fin} = 0.764 \text{ mm}$

**Verifica secondo UNI EN1995-1-1:2009 §7.2, Tab.7.2**Deformazioni finali

$w_{inst} = 0.597 \text{ mm} < L/300 = 1900/300 = 6.333 \text{ mm}$

$w_{net,fin} = 0.764 \text{ mm} < L/250 = 1900/250 = 7.600 \text{ mm}$

$w_{fin} = 0.764 \text{ mm} < L/150 = 1900/150 = 12.667 \text{ mm}$

La verifica è soddisfatta

**1.6.2. Verifica dei travetti, Stato limite ultimo di progetto** (UNI EN1995-1-1:2009, §6)

L.C.	Combinazione di carichi	classe di durata	kmod	Qz/Kmod	Qy/Kmod	My/Kmod	Mz/Kmod
1	yg.Gk	Permanente	0.60	0.363	0.074	0.172	0.000
2	yg.Gk + yq.Qk1	Breve	0.90	0.801	0.162	0.380	0.000
3	yg.Gk + yq.Qk2	Breve	0.90	0.242	0.049	0.115	0.000
4	yg.Gk + yq.Qk3	Istantaneo	1.00	0.806	0.163	0.662	0.000
5	yg.Gk + yq.Qk1 + yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	0.801	0.162	0.380	0.000
6	yg.Gk + yq.Qk2 + yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	0.633	0.128	0.301	0.000
	Valori massimi			0.806	0.163	0.662	0.000

**Travetto, combinazione di carico No 4****Taglio, Fv=0.806 kN** (EC5 §6.1.7)

Sezione rettangolare, bef=0.67x75=50 mm, h=100 mm, A= 5 000 mm<sup>2</sup>

Coefficiente di correzione Kmod=1.00 (Tab.3.1), coefficiente del materiale γM=1.50 (Tab. 2.3)

f<sub>vk</sub>=3.80 N/mm<sup>2</sup>, f<sub>vd</sub>=Kmod·f<sub>vk</sub>/γM=1.00x3.80/1.50=2.53N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14)

Fv=0.806 kN, τ<sub>v0d</sub>=1.50F<sub>v0d</sub>/A<sub>netto</sub>=1000x1.50x0.806/5000=0.24N/mm<sup>2</sup> < 2.53N/mm<sup>2</sup>=f<sub>v0d</sub> (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

**Travetto, combinazione di carico No 4****Taglio, Fv=0.163 kN** (EC5 §6.1.7)

Sezione rettangolare, bef=0.67x100=67 mm, h=75 mm, A= 5 025 mm<sup>2</sup>

Coefficiente di correzione Kmod=1.00 (Tab.3.1), coefficiente del materiale γM=1.50 (Tab. 2.3)

f<sub>vk</sub>=3.80 N/mm<sup>2</sup>, f<sub>vd</sub>=Kmod·f<sub>vk</sub>/γM=1.00x3.80/1.50=2.53N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14)

Fv=0.163 kN, τ<sub>v0d</sub>=1.50F<sub>v0d</sub>/A<sub>netto</sub>=1000x1.50x0.163/5025=0.05N/mm<sup>2</sup> < 2.53N/mm<sup>2</sup>=f<sub>v0d</sub> (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

**Travetto, combinazione di carico No 4****Flessione, Myd=0.662 kNm, Mzd=0.000 kNm** (EC5 §6.1.6)

Sezione rettangolare, b=75mm, h=100mm, A=7.500E+003mm<sup>2</sup>, W<sub>y</sub>=1.250E+005mm<sup>3</sup>, W<sub>z</sub>=9.375E+004mm<sup>3</sup>

Coefficiente di correzione Kmod=1.00 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale γM=1.50 (DM2008

f<sub>myk</sub>=22.00 N/mm<sup>2</sup>, f<sub>myd</sub>=Kmod·f<sub>myk</sub>/γM=1.00x22.00/1.50=14.67N/mm<sup>2</sup>

f<sub>mzk</sub>=22.00 N/mm<sup>2</sup>, f<sub>mzd</sub>=Kmod·f<sub>mzk</sub>/γM=1.00x22.00/1.50=14.67N/mm<sup>2</sup>

Sezione rettangolare K<sub>m</sub>=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

o<sub>myd</sub>=Myd/W<sub>my,netto</sub>=1E+06x0.662/1.250E+005= 5.30 N/mm<sup>2</sup>

o<sub>mzd</sub>=Mzd/W<sub>mz,netto</sub>=1E+06x0.000/9.375E+004= 0.00 N/mm<sup>2</sup>

o<sub>myd</sub>/f<sub>myd</sub>+K<sub>m</sub>·o<sub>mzd</sub>/f<sub>mzd</sub>=0.361+0.000= 0.36 < 1 (EC5 Eq.6.11)

K<sub>m</sub>·o<sub>myd</sub>/f<sub>myd</sub>+o<sub>mzd</sub>/f<sub>mzd</sub>=0.253+0.000= 0.25 < 1 (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

**Travetto, combinazione di carico No 4****Stabilità laterale, Myd=0.662 kNm, Mzd=0.000 kNm** (EC5 §6.3.3)

Sezione rettangolare, b=75mm, h=100mm, A=7.500E+003mm<sup>2</sup>, W<sub>y</sub>=1.250E+005mm<sup>3</sup>, W<sub>z</sub>=9.375E+004mm<sup>3</sup>

Coefficiente di correzione Kmod=1.00 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale γM=1.50 (DM2008

f<sub>c0k</sub>=20.00 N/mm<sup>2</sup>, f<sub>c0d</sub>=Kmod·f<sub>c0k</sub>/γM=1.00x20.00/1.50=13.33N/mm<sup>2</sup>

f<sub>myk</sub>=22.00 N/mm<sup>2</sup>, f<sub>myd</sub>=Kmod·f<sub>myk</sub>/γM=1.00x22.00/1.50=14.67N/mm<sup>2</sup>

f<sub>mzk</sub>=22.00 N/mm<sup>2</sup>, f<sub>mzd</sub>=Kmod·f<sub>mzk</sub>/γM=1.00x22.00/1.50=14.67N/mm<sup>2</sup>



Sezione rettangolare  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))  
 $\sigma_{myd} = M_{yd}/W_{my, netto} = 1E+06 \times 0.662 / 1.250E+005 = 5.30 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{mzd} = M_{zd}/W_{mz, netto} = 1E+06 \times 0.000 / 9.375E+004 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

Lunghezza libera di inflessione  $S_k$

$S_{ky} = 1.00 \times 1.900 = 1.900 \text{ m} = 1900 \text{ mm}$

$S_{kz} = 0.00 \times 1.900 = 0.000 \text{ m} = 0 \text{ mm}$

Snellezza

$i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 100 = 29 \text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 1900 / 29 = 65.52$

$i_z = \sqrt{I_z/A} = 0.289 \times 75 = 22 \text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 0 / 22 = 0.00$

$\sigma_{m, crit} = 0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005} / (h \cdot L_{ef}) = 0.78 \times 75^2 \times 6700 / (100 \times 1710) = 171.91 \text{ N/mm}^2$  (EC5 Eq.6.32)

Tensioni critiche

$\sigma_{m, crity} = 171.91 \text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel, my} = \sqrt{f_{myk} / \sigma_{m, crity}} = 0.36$  (EC5 Eq.6.30)

$\sigma_{m, critz} = 200.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel, mz} = \sqrt{f_{mzk} / \sigma_{m, critz}} = 0.00$  (EC5 Eq.6.30)

$\lambda_{rel, my} = 0.36$ , ( $\lambda_{rel} \leq 0.75$ ),  $K_{crity} = 1.00$  (EC5 Eq.6.34)

$\lambda_{rel, mz} = 0.00$ , ( $\lambda_{rel} \leq 0.75$ ),  $K_{critz} = 1.00$  (EC5 Eq.6.34)

$\sigma_{myd} / (K_{crity} \cdot f_{myd}) + K_m \cdot \sigma_{mzd} / (K_{critz} \cdot f_{mzd}) = 0.361 + 0.000 = 0.36 < 1$  (EC5 Eq.6.33)

$K_m \cdot \sigma_{myd} / (K_{crity} \cdot f_{myd}) + \sigma_{mzd} / (K_{critz} \cdot f_{mzd}) = 0.253 + 0.000 = 0.25 < 1$  (EC5 Eq.6.33)

La verifica è soddisfatta

**1.7. Progettazione della trave****Caratteristiche geometriche della trave**

Lunghezza  $L=7.400$  m, altezza  $H=1.500$  m, interasse travi  $d=1.900$  m  
 Inclinazione  $=20.27\%$ , angolo  $\alpha=11.46^\circ$ ,  $\tan\alpha=0.203$ ,  $\sin\alpha=0.199$ ,  $\cos\alpha=0.980$   
 Numero dei nodi = 5, numero degli elementi =4, numero degli appoggi =3

**Coordinate dei nodi****Caratteristiche degli elementi della trave**

Nodo	x[m]	y[m]	Sup.	Elemento	K1	K2	b x h [mm]	L [m]	A [mm <sup>2</sup> ]	I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ]	W <sub>y</sub> [mm <sup>3</sup> ]
1	0.000	0.000	11	1	1	3	75x225	4.081	1.688E+004	7.119E+007	6.328E+005
2	7.400	1.500	01	2	3	2	75x225	3.469	1.688E+004	7.119E+007	6.328E+005
3	4.000	0.811	01	3	4	1	75x225	0.510	1.688E+004	7.119E+007	6.328E+005
4	-0.500	-0.101		4	2	5	75x225	0.510	1.688E+004	7.119E+007	6.328E+005
5	7.900	1.601									

**Carico lineare per trave**

Massa volumica del legname  $=550.00$  kg/m<sup>3</sup>, peso proprio della trave  $=0.780$  kN  
 Interasse delle travi  $d=1.90$  m, peso delle unioni delle trave  $=0.078$  kN

**Carico lineare permanente (kN/m) sulle trave**

Manto di copertura +peso proprio  $G_{k1}= 1.242$  kN/m  
 Controsoffitto del tetto  $G_{k2}= 0.380$  kN/m

**Carichi lineari variabili di breve durata (kN/m) sulla trave**

Sovraccario  $Q_{ki}= 0.50 \times 1.900 = 0.950$  kN/m  
 Carico neve  $Q_{k1}= 2.280$  kN/m  
 Carico da vento  $Q_{k2}=-0.573$  kN/m

**Azioni sismiche dovute alle azioni accidentali (kN/m), sulla trave**

$A_{eX}$  Sismica  $q_h=0.053 \times (G+0.20 \times Q_{k1})$   
 $A_{eY}$  Sismica  $q_v=0.006 \times (G+0.20 \times Q_{k1})$

**Combinazioni di carico di progetto**

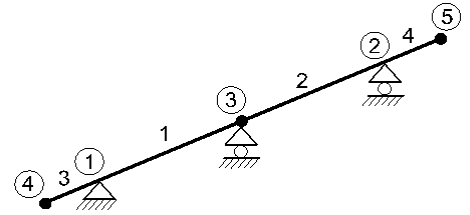
( $\gamma_g=1.30$ ,  $\gamma_q=1.50$ ,  $\psi_0$ (di esercizio  $Q_f$ ) $=0.70$ ,  $\psi_0$ (neve  $Q_1$ ) $=0.70$ ,  $\psi_0$ (vento  $Q_2$ ) $=0.60$ )

L.C.	Azioni permanenti-Variabili	Classe di durata
1	$\gamma_g \cdot G_k$	Permanente
2	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k1}$	Breve
3	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k2}$	Breve
4	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{ki}$	Breve
5	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k1} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k2}$	Breve
6	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k2} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k1}$	Breve
7	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{ki} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k1} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k2}$	Breve
8	$G_k + \psi_2 \cdot Q_{k1} + A_{ex}$	Accidentale
9	$G_k + \psi_2 \cdot Q_{k1} + A_{ey}$	Accidentale

### 1.8. Analisi statica della trave

La struttura del tetto è una trave continua.

Gli sforzi interni sono calcolati per condizioni di carico s (permanente-di esercizio-neve-vento) e successivamente dalle vengono calcolati gli sforzi interni per le combinazioni di Numero dei nodi = 5, numero degli elementi =4, numero degli



#### 1.8.1. Forze interne

**Forze interne, Carico, : ( Gk) Proprio Gk1 = 1.242, Gk2 = 0.380 [kN/m]**

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]	Nm[kN]	VQm[kN]	Mm[kNm]
1	1	3	-0.53	2.61	-0.21	0.79	-3.88	-2.78	0.00	0.00	1.94
2	3	2	-0.71	3.50	-2.78	0.41	-2.01	-0.21	0.00	0.00	1.07
3	4	1	0.00	0.00	0.00	0.16	-0.81	-0.21	0.00	0.00	0.00
4	2	5	-0.16	0.81	-0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

(m punto del momento massimo per il carico permanente, o punto medio dell'elemento)

**Forze interne, Carico, : (Qk1) Neve Qks = 2.280 [kN/m]**

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]	Nm[kN]	VQm[kN]	Mm[kNm]
1	1	3	-0.73	3.60	-0.28	1.08	-5.34	-3.84	0.00	0.00	2.67
2	3	2	-0.98	4.82	-3.84	0.56	-2.78	-0.28	0.00	0.00	1.47
3	4	1	0.00	0.00	0.00	0.23	-1.12	-0.28	0.00	0.00	0.00
4	2	5	-0.23	1.12	-0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

(m punto del momento massimo per il carico permanente, o punto medio dell'elemento)

**Forze interne, Carico, : (Qk2) Vento Qkw = -0.573 [kN/m]**

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]	Nm[kN]	VQm[kN]	Mm[kNm]
1	1	3	-0.75	-0.94	0.07	-0.75	1.40	1.00	-0.75	0.00	-0.70
2	3	2	-0.21	-1.26	1.00	-0.21	0.73	0.07	-0.21	0.00	-0.39
3	4	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.07	0.00	0.00	0.00
4	2	5	0.00	-0.29	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

(m punto del momento massimo per il carico permanente, o punto medio dell'elemento)

**Forze interne, Carico, : (Qki) Sovraccario (H) Qi = 0.950 [kN/m]**

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]	Nm[kN]	VQm[kN]	Mm[kNm]
1	1	3	-0.31	1.53	-0.12	0.46	-2.27	-1.63	0.00	0.00	1.14
2	3	2	-0.42	2.05	-1.63	0.24	-1.18	-0.12	0.00	0.00	0.63
3	4	1	0.00	0.00	0.00	0.10	-0.47	-0.12	0.00	0.00	0.00
4	2	5	-0.10	0.48	-0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

(m punto del momento massimo per il carico permanente, o punto medio dell'elemento)

**Forze interne, Carico, : (Aex) AeX Sismica qh=0.053x(G+0.20xQk1) [kN/m]**

elem.	nodo-1	nodo-2	N1[kN]	V1[kN]	M1[kNm]	N2[kN]	V2[kN]	M2[kNm]	Nm[kN]	VQm[kN]	Mm[kNm]
1	1	3	0.91	0.04	0.00	0.47	-0.05	-0.04	0.73	0.00	0.03
2	3	2	0.44	0.05	-0.04	0.06	-0.03	0.00	0.20	0.00	0.02
3	4	1	0.00	0.00	0.00	-0.06	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
4	2	5	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

(m punto del momento massimo per il carico permanente, o punto medio dell'elemento)

**Forze interne, Carico, : (Aey) AeY Sismica  $q_v=0.006x(G+0.20xQ_{k1})$  [kN/m]**

elem.	nodo-1	nodo-2	N1 [kN]	V1 [kN]	M1 [kNm]	N2 [kN]	V2 [kN]	M2 [kNm]	Nm [kN]	VQm [kN]	Mm [kNm]
1	1	3	0.00	0.02	0.00	0.01	-0.03	-0.02	0.00	0.00	0.02
2	3	2	-0.01	0.03	-0.02	0.00	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.01
3	4	1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
4	2	5	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

(m punto del momento massimo per il carico permanente, o punto medio dell'elemento)

**1.8.2. spostamenti verticali dei nodi (in mm)**

nodo	Gk	Qk1	Qk2	Qki
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00
4	1.24	1.71	-0.45	0.73
5	0.48	0.66	-0.17	0.28

**1.8.3. Reazioni agli appoggi (kN)**

nodo	reaz.	Gk	Qk1	Qk2	Qki
1	Fx	0.00	0.00	0.98	0.00
1	Fy	3.49	4.81	-1.06	2.05
2	Fx	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Fy	2.88	3.97	-1.04	1.69
3	Fx	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Fy	7.53	10.37	-2.71	4.41

**1.9. Stato limite di servizio****1.9.1. Stato limite di servizio** (UNI EN1995-1-1:2009, §2.2.3, §7)**Deformazione a flessione nel nodo 4** (EC5 §7.2)

Carico [kN/m]		u[mm]	Azione	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	Kdef		
(Gk) Proprio	Gk1 = 1.242, Gk2 = 0.380	1.243	1.243	Permanente	1.00	1.00	1.00	0.60	
(Qk1) Neve	Qks = 2.280	1.713	1.713	Breve		0.70	0.50	0.20	0.00
(Qk2) Vento	Qkw = -0.573	-0.449	-0.449	Breve		0.60	0.20	0.00	0.00

Combinazione di carico	w.inst	w.fin [mm]
1 Gk	1.243	1.990
2 Gk + Qk1	2.956	3.908
3 Gk + Qk2	1.243	1.990
4 Gk + Qk1 + $\psi_0 \cdot Qk2$	2.956	3.908
5 Gk + Qk2 + $\psi_0 \cdot Qk1$	2.442	3.394

$w_{fin,g} = w_{inst,g}(1+k_{def})$ ,  $w_{fin,q} = w_{inst,q}(1+\psi_2 \cdot k_{def})$  (EC5 §2.2.3, Eq.2.3, Eq.2.4)

**Massimi valori della freccia nel nodo 4**

w.inst = 2.956 mm, w.fin = 3.908 mm

**Verifica secondo UNI EN1995-1-1:2009 §7.2, Tab.7.2**Deformazioni finali nel nodo 4

w.inst = 2.956 mm <  $L/150 = 510/150 = 3.401$  mm

w.net,fin = 3.908 mm <  $L/125 = 510/125 = 4.081$  mm

w.fin = 3.908 mm <  $L/75 = 510/75 = 6.802$  mm

La verifica è soddisfatta

**1.9.2. Stato limite di servizio** (UNI EN1995-1-1:2009, §2.2.3, §7)**Deformazione a flessione nel nodo 5** (EC5 §7.2)

Carico [kN/m]		u[mm]	Azione	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	Kdef	
(Gk) Proprio	Gk1 = 1.242, Gk2 = 0.380		0.481	Permanente	1.00	1.00	1.00	0.60
(Qk1) Neve	Qks = 2.280		0.662	Breve	0.70	0.50	0.20	0.00
(Qk2) Vento	Qkw = -0.573		-0.173	Breve	0.60	0.20	0.00	0.00

Combinazione di carico	w.inst	w.fin [mm]
1 Gk	0.481	0.769
2 Gk + Qk1	1.143	1.511
3 Gk + Qk2	0.481	0.769
4 Gk + Qk1 + $\psi_0 \cdot Qk2$	1.143	1.511
5 Gk + Qk2 + $\psi_0 \cdot Qk1$	0.945	1.313

$w_{fin,g} = w_{inst,g}(1+k_{def})$ ,  $w_{fin,q} = w_{inst,q}(1+\psi_2 \cdot k_{def})$  (EC5 §2.2.3, Eq.2.3, Eq.2.4)

**Massimi valori della freccia nel nodo 5**

$w_{inst} = 1.143$  mm,  $w_{fin} = 1.511$  mm

**Verifica secondo UNI EN1995-1-1:2009 §7.2, Tab.7.2**Deformazioni finali nel nodo 5

$w_{inst} = 1.143$  mm <  $L/150 = 510/150 = 3.401$  mm

$w_{net,fin} = 1.511$  mm <  $L/125 = 510/125 = 4.081$  mm

$w_{fin} = 1.511$  mm <  $L/75 = 510/75 = 6.802$  mm

La verifica è soddisfatta

**1.9.3. Stato limite di servizio** (UNI EN1995-1-1:2009, §2.2.3, §7)**Deformazione a flessione a metà asta 1** (EC5 §7.2)

Carico [kN/m]		u[mm]	Azione	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	Kdef	
(Gk) Proprio	Gk1 = 1.242, Gk2 = 0.380	2.582	Permanente	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60
(Qk1) Neve	Qks = 2.280	3.629	Breve		0.70	0.50	0.20	0.00
(Qk2) Vento	Qkw = -0.573	0.000	Breve		0.60	0.20	0.00	0.00

Combinazione di carico	w.inst	w.fin [mm]
1 Gk	2.582	4.131
2 Gk + Qk1	6.211	8.196
3 Gk + Qk2	2.582	4.131
4 Gk + Qk1 + $\psi_0 \cdot Qk2$	6.211	8.196
5 Gk + Qk2 + $\psi_0 \cdot Qk1$	5.123	7.107

 $w_{fin,g} = w_{inst,g}(1+k_{def}), w_{fin,q} = w_{inst,q}(1+\psi_2 \cdot k_{def})$  (EC5 §2.2.3, Eq.2.3, Eq.2.4)
**Massimi valori della freccia a metà asta 1**
 $w_{inst} = 6.211 \text{ mm}, w_{fin} = 8.196 \text{ mm}$ 
**Verifica secondo UNI EN1995-1-1:2009 §7.2, Tab.7.2**

Deformazioni finali a metà asta 1

 $w_{inst} = 6.211 \text{ mm} < L/300 = 4081/300 = 13.605 \text{ mm}$ 
 $w_{net,fin} = 8.196 \text{ mm} < L/250 = 4081/250 = 16.326 \text{ mm}$ 
 $w_{fin} = 8.196 \text{ mm} < L/150 = 4081/150 = 27.209 \text{ mm}$ 

La verifica è soddisfatta

**1.10. Frequenze strutturali naturali caratteristiche (peso proprio + carichi permanenti)**

Dopo un'analisi dinamica vengono calcolate le frequenze naturali di base della struttura.  
Per il calcolo delle frequenze naturali si considera una massa corrispondente

No.	Frequenza[Hz]	Periodo[sec]
1	8.56397	0.11677
2	16.20468	0.06171
3	34.30070	0.02915
4	37.64123	0.02657
5	108.35503	0.00923



**1.10.1. Stato limite ultimo** (UNI EN1995-1-1:2009, §6)**Puntone, elementi: 1**

Carico [kN/m]	Azione	$\gamma_g$	$\gamma_q$	$\psi_0$	
(Gk) Proprio Gk1 = 1.242, Gk2 = 0.380	Permanente		1.30	0.00	1.00
(Qk1) Neve Qks = 2.280	Breve		0.00	1.50	0.70
(Qk2) Vento Qkw = -0.573	Breve		0.00	1.50	0.60
(Qki) Sovraccario (H) Qi = 0.950	Breve		0.00	1.50	0.00
(Aex) AeX Sismica qh=0.053x(G+0.20xQk1)	Accidental				
(Aey) AeY Sismica qv=0.006x(G+0.20xQk1)	Accidental				

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	-N/Kmod	+N/Kmod	V/Kmod	M/Kmod
1	$\gamma_g \cdot Gk$	Permanente	0.60	-1.148	1.703	8.398	6.034
2	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1$	Breve	0.90	-1.981	2.939	14.497	10.416
3	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2$	Breve	0.90	-0.765	1.135	5.599	4.022
4	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki$	Breve	0.90	-1.282	1.902	9.382	6.741
5	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2$	Breve	0.90	-1.981	2.939	14.497	10.416
6	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1$	Breve	0.90	-1.617	2.398	11.828	8.498
7	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$	Breve	0.90	-2.134	3.165	15.611	11.216
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	0.000	0.979	3.332	2.394
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-0.453	0.673	3.317	2.383
	Valori massimi				-2.134	3.165	15.611 11.216

**1.10.2. Verifica della sezione Puntone, elementi: 1****Puntone, elementi: 1 , combinazione di carico No 7****Trazione parallela alla fibratura, Ft0d=2.849 kN** (EC5 §6.1.2)Sezione rettangolare, b=75 mm, h=225 mm, A= 16 875 mm<sup>2</sup>Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (Tab.3.1), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (Tab. 2.3)ft0k=24.00 N/mm<sup>2</sup>, ft0d=Kmod·ft0k/ $\gamma_M=0.90 \times 24.00 / 1.50 = 14.40$  N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14)Ft0d=2.849 kN,  $\sigma_{t0d} = Ft0d / A_{netto} = 1000 \times 2.849 / 16875 = 0.17$  N/mm<sup>2</sup> < 14.40 N/mm<sup>2</sup> = ft0d (Eq.6.1)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 1 , combinazione di carico No 7****Compressione parallela alla fibratura, Fc0d=-1.920 kN** (EC5 §6.1.4)Sezione rettangolare, b=75 mm, h=225 mm, A= 16 875 mm<sup>2</sup>Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (Tab.3.1), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (Tab. 2.3)fc0k=26.00 N/mm<sup>2</sup>, fc0d=Kmod·fc0k/ $\gamma_M=0.90 \times 26.00 / 1.50 = 15.60$  N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14)Fc0d=-1.920 kN,  $\sigma_{c0d} = Fc0d / A_{netto} = 1000 \times 1.920 / 16875 = 0.11$  N/mm<sup>2</sup> < 15.60 N/mm<sup>2</sup> = fc0d (Eq.6.2)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 1 , combinazione di carico No 7****Taglio, Fv=14.050 kN** (EC5 §6.1.7)Sezione rettangolare, bef=0.67x75=50 mm, h=225 mm, A= 11 250 mm<sup>2</sup>Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (Tab.3.1), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (Tab. 2.3)fvk=4.00 N/mm<sup>2</sup>, fvd=Kmod·fvk/ $\gamma_M=0.90 \times 4.00 / 1.50 = 2.40$  N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14)Fv=14.050 kN,  $\tau_{v0d} = 1.50 Fv0d / A_{netto} = 1000 \times 1.50 \times 14.050 / 11250 = 1.87$  N/mm<sup>2</sup> < 2.40 N/mm<sup>2</sup> = fv0d (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 1 , combinazione di carico No 7****Flessione, Myd=10.094 kNm, Mzd=0.000 kNm** (EC5 §6.1.6)Sezione rettangolare, b=75mm, h=225mm, A=1.688E+004mm<sup>2</sup>, Wy=6.328E+005mm<sup>3</sup>, Wz=2.109E+005mm<sup>3</sup>Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (DM2008fmyk=40.00 N/mm<sup>2</sup>, fmyd=Kmod·fmyk/ $\gamma_M=0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00$  N/mm<sup>2</sup>fmzk=40.00 N/mm<sup>2</sup>, fmzd=Kmod·fmzk/ $\gamma_M=0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00$  N/mm<sup>2</sup>

Sezione rettangolare  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))  
 $\sigma_{myd} = M_{yd}/W_{my,netto} = 1E+06 \times 10.094 / 6.328E+005 = 15.95 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{mzd} = M_{zd}/W_{mz,netto} = 1E+06 \times 0.000 / 2.109E+005 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}/f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.665 + 0.000 = 0.66 < 1$  (EC5 Eq.6.11)

$K_m \cdot \sigma_{myd}/f_{myd} + \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.465 + 0.000 = 0.47 < 1$  (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

**Tensione di compress. trascurabile, verifica fless.-compress. combinate non necessaria** (EC5 §6.2.4)

**Puntone, elementi: 1 , combinazione di carico No 7**

**Stabilità a pressoflessione,  $F_{c0d} = -1.920 \text{ kN}$ ,  $M_{yd} = 10.094 \text{ kNm}$ ,  $M_{zd} = 0.000 \text{ kNm}$**  (EC5 §6.3.2)

Sezione rettangolare,  $b=75 \text{ mm}$ ,  $h=225 \text{ mm}$ ,  $A=1.688E+004 \text{ mm}^2$ ,  $W_y=6.328E+005 \text{ mm}^3$ ,  $W_z=2.109E+005 \text{ mm}^3$

Coefficiente di correzione  $K_{mod}=0.90$ , coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$ ,  $E_{005}=10900 \text{ N/mm}^2$

$f_{c0k}=26.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k}/\gamma_M = 0.90 \times 26.00 / 1.50 = 15.60 \text{ N/mm}^2$

$f_{myk}=40.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk}/\gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00 \text{ N/mm}^2$

$f_{mzk}=40.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mzk}/\gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00 \text{ N/mm}^2$

Sezione rettangolare  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d} = F_{c0d}/A_{netto} = 1000 \times 1.920 / 16875 = 0.11 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd} = M_{yd}/W_{my,netto} = 1E+06 \times 10.094 / 6.328E+005 = 15.95 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd} = M_{zd}/W_{mz,netto} = 1E+06 \times 0.000 / 2.109E+005 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

Lunghezza libera di inflessione  $S_k$

$S_{ky} = 1.00 \times 4.081 = 4.081 \text{ m} = 4081 \text{ mm}$  (più sfavorevole)

$S_{kz} = 0.07 \times 4.081 = 0.300 \text{ m} = 300 \text{ mm}$  (lunghezza efficace/lunghezza totale =  $0.30/4.08 = 0.07$ )

Snellezza

$i_y = \sqrt{(I_y/A)} = 0.289 \times 225 = 65 \text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 4081 / 65 = 62.79$

$i_z = \sqrt{(I_z/A)} = 0.289 \times 75 = 22 \text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 300 / 22 = 13.64$

Tensioni critiche

$\sigma_{c,crity} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 27.29 \text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,y} = \sqrt{(f_{c0k}/\sigma_{c,crity})} = 0.98$  (EC5 Eq.6.21)

$\sigma_{c,critz} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 578.23 \text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,z} = \sqrt{(f_{c0k}/\sigma_{c,critz})} = 0.21$  (EC5 Eq.6.22)

$\beta_c = 0.20$  (legno lamellare)

$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2] = 1.04$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2)}) = 0.707$  (Eq.6.27 6.25)

$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0.50$ ,  $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2)}) = 1.000$  (Eq.6.28 6.26)

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.010 + 0.665 + 0.000 = 0.67 < 1$  (EC5 Eq.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.007 + 0.465 + 0.000 = 0.47 < 1$  (EC5 Eq.6.24)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 1 , combinazione di carico No 7**

**Stabilità laterale,  $M_{yd} = 10.094 \text{ kNm}$ ,  $M_{zd} = 0.000 \text{ kNm}$**  (EC5 §6.3.3)

Sezione rettangolare,  $b=75 \text{ mm}$ ,  $h=225 \text{ mm}$ ,  $A=1.688E+004 \text{ mm}^2$ ,  $W_y=6.328E+005 \text{ mm}^3$ ,  $W_z=2.109E+005 \text{ mm}^3$

Coefficiente di correzione  $K_{mod}=0.90$  (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (DM2008)

$f_{c0k}=26.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k}/\gamma_M = 0.90 \times 26.00 / 1.50 = 15.60 \text{ N/mm}^2$

$f_{myk}=40.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk}/\gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00 \text{ N/mm}^2$

$f_{mzk}=40.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mzk}/\gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00 \text{ N/mm}^2$

Sezione rettangolare  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{myd} = M_{yd}/W_{my,netto} = 1E+06 \times 10.094 / 6.328E+005 = 15.95 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd} = M_{zd}/W_{mz,netto} = 1E+06 \times 0.000 / 2.109E+005 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

Lunghezza libera di inflessione  $S_k$

$S_{ky} = 1.00 \times 4.081 = 4.081 \text{ m} = 4081 \text{ mm}$  (più sfavorevole)

$S_{kz} = 0.07 \times 4.081 = 0.300 \text{ m} = 300 \text{ mm}$  (lunghezza efficace/lunghezza totale =  $0.30/4.08 = 0.07$ )

Snellezza

$$i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 225 = 65 \text{ mm}, \lambda_y = 4081 / 65 = 62.79$$

$$i_z = \sqrt{I_z/A} = 0.289 \times 75 = 22 \text{ mm}, \lambda_z = 300 / 22 = 13.64$$

$$\sigma_{m,crit} = \text{Mycrit} / W_y = n \sqrt{(E005 \cdot I_z \cdot G005 \cdot I_{tor}) / (L_{ef} \cdot W_y)} = 51.79 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{EC5 Eq.6.31})$$

$$\sigma_{m,crit} = \text{Mycrit} / W_y = n \sqrt{(E005 \cdot I_z \cdot G005 \cdot I_{tor}) / (L_{ef} \cdot W_y)} = 5707.56 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{EC5 Eq.6.31})$$

Tensioni critiche

$$\sigma_{m,crit_y} = 51.79 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel,m_y} = \sqrt{f_{myk} / \sigma_{m,crit_y}} = 0.88 \quad (\text{EC5 Eq.6.30})$$

$$\sigma_{m,crit_z} = 5707.56 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel,m_z} = \sqrt{f_{mzk} / \sigma_{m,crit_z}} = 0.08 \quad (\text{EC5 Eq.6.30})$$

$$\lambda_{rel,m_y} = 0.88, (0.75 < \lambda_{rel} \leq 1.40, K_{crit} = 1.56 - 0.75 \lambda_{rel,m}), K_{crit_y} = 0.90 \quad (\text{EC5 Eq.6.34})$$

$$\lambda_{rel,m_z} = 0.08, (\lambda_{rel} \leq 0.75), K_{crit_z} = 1.00 \quad (\text{EC5 Eq.6.34})$$

$$\sigma_{myd} / (K_{crit_y} \cdot f_{myd}) + K_m \cdot \sigma_{mzd} / (K_{crit_z} \cdot f_{mzd}) = 0.738 + 0.000 = 0.74 < 1 \quad (\text{EC5 Eq.6.33})$$

$$K_m \cdot \sigma_{myd} / (K_{crit_y} \cdot f_{myd}) + \sigma_{mzd} / (K_{crit_z} \cdot f_{mzd}) = 0.516 + 0.000 = 0.52 < 1 \quad (\text{EC5 Eq.6.33})$$

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 1 , combinazione di carico No 7**

**Flessione e trazione assiale combinate,  $F_{t0d} = 2.849 \text{ kN}$ ,  $M_{yd} = 10.094 \text{ kNm}$ ,  $M_{zd} = 0.000 \text{ kNm}$**  (EC5 §6.2.3)

Sezione rettangolare,  $b = 75 \text{ mm}$ ,  $h = 225 \text{ mm}$ ,  $A = 1.688 \text{ E}+004 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 6.328 \text{ E}+005 \text{ mm}^3$ ,  $W_z = 2.109 \text{ E}+005 \text{ mm}^3$

Coefficiente di correzione  $K_{mod} = 0.90$  (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale  $\gamma_M = 1.50$  (DM2008)

$$f_{t0k} = 24.00 \text{ N/mm}^2, f_{t0d} = K_{mod} \cdot f_{t0k} / \gamma_M = 0.90 \times 24.00 / 1.50 = 14.40 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{myk} = 40.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd} = K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{mzk} = 40.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd} = K_{mod} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00 \text{ N/mm}^2$$

Sezione rettangolare  $K_m = 0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$$\sigma_{t0d} = F_{t0d} / A_{netto} = 1000 \times 2.849 / 16875 = 0.17 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my,netto} = 1 \text{ E}+06 \times 10.094 / 6.328 \text{ E}+005 = 15.95 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz,netto} = 1 \text{ E}+06 \times 0.000 / 2.109 \text{ E}+005 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{t0d} / f_{t0d} + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.012 + 0.665 + 0.000 = 0.68 < 1 \quad (\text{EC5 Eq.6.17})$$

$$\sigma_{t0d} / f_{t0d} + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.012 + 0.465 + 0.000 = 0.48 < 1 \quad (\text{EC5 Eq.6.18})$$

La verifica è soddisfatta

**1.10.3. Stato limite ultimo** (UNI EN1995-1-1:2009, §6)**Puntone, elementi: 2**

Carico [kN/m]	Azione	$\gamma_g$	$\gamma_q$	$\psi_0$	
(Gk) Proprio Gk1 = 1.242, Gk2 = 0.380	Permanente		1.30	0.00	1.00
(Qk1) Neve Qks = 2.280	Breve		0.00	1.50	0.70
(Qk2) Vento Qkw = -0.573	Breve		0.00	1.50	0.60
(Qki) Sovraccario (H) Qi = 0.950	Breve		0.00	1.50	0.00
(Aex) AeX Sismica qh=0.053x(G+0.20xQk1)	Accidental				
(Aey) AeY Sismica qv=0.006x(G+0.20xQk1)	Accidental				

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	-N/Kmod	+N/Kmod	V/Kmod	M/Kmod	
1	yg.Gk	Permanente	0.60	-1.537	0.885	7.585	6.034	
2	yg.Gk+yq.Qk1	Breve	0.90	-2.653	1.527	13.094	10.416	
3	yg.Gk+yq.Qk2	Breve	0.90	-1.025	0.590	5.057	4.022	
4	yg.Gk+yq.Qki	Breve	0.90	-1.717	0.988	8.474	6.741	
5	yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-2.653	1.527	13.094	10.416	
6	yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-2.165	1.246	10.683	8.498	
7	yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk4	Breve	0.90	-2.857	1.644	14.100	11.216	
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-0.307	0.390	3.009	2.394	
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-0.607	0.349	2.996	2.383	
	Valori massimi				-2.857	1.644	14.100	11.216

**1.10.4. Verifica della sezione Puntone, elementi: 2****Puntone, elementi: 2 , combinazione di carico No 7****Trazione parallela alla fibratura, Ft0d=1.480 kN** (EC5 §6.1.2)Sezione rettangolare, b=75 mm, h=225 mm, A= 16 875 mm<sup>2</sup>Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (Tab.3.1), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (Tab. 2.3)ft0k=24.00 N/mm<sup>2</sup>, ft0d=Kmod·ft0k/ $\gamma_M=0.90 \times 24.00 / 1.50 = 14.40$  N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14)Ft0d=1.480 kN,  $\sigma_{t0d} = Ft0d / A_{netto} = 1000 \times 1.480 / 16875 = 0.09$  N/mm<sup>2</sup> < 14.40 N/mm<sup>2</sup> = ft0d (Eq.6.1)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 2 , combinazione di carico No 7****Compressione parallela alla fibratura, Fc0d=-2.572 kN** (EC5 §6.1.4)Sezione rettangolare, b=75 mm, h=225 mm, A= 16 875 mm<sup>2</sup>Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (Tab.3.1), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (Tab. 2.3)fc0k=26.00 N/mm<sup>2</sup>, fc0d=Kmod·fc0k/ $\gamma_M=0.90 \times 26.00 / 1.50 = 15.60$  N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14)Fc0d=-2.572 kN,  $\sigma_{c0d} = Fc0d / A_{netto} = 1000 \times 2.572 / 16875 = 0.15$  N/mm<sup>2</sup> < 15.60 N/mm<sup>2</sup> = fc0d (Eq.6.2)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 2 , combinazione di carico No 7****Taglio, Fv=12.690 kN** (EC5 §6.1.7)Sezione rettangolare, bef=0.67x75=50 mm, h=225 mm, A= 11 250 mm<sup>2</sup>Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (Tab.3.1), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (Tab. 2.3)fvk=4.00 N/mm<sup>2</sup>, fvd=Kmod·fvk/ $\gamma_M=0.90 \times 4.00 / 1.50 = 2.40$  N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14)Fv=12.690 kN,  $\tau_{v0d} = 1.50 Fv0d / A_{netto} = 1000 \times 1.50 \times 12.690 / 11250 = 1.69$  N/mm<sup>2</sup> < 2.40 N/mm<sup>2</sup> = fv0d (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 2 , combinazione di carico No 7****Flessione, Myd=10.094 kNm, Mzd=0.000 kNm** (EC5 §6.1.6)Sezione rettangolare, b=75mm, h=225mm, A=1.688E+004mm<sup>2</sup>, Wy=6.328E+005mm<sup>3</sup>, Wz=2.109E+005mm<sup>3</sup>Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (DM2008fmyk=40.00 N/mm<sup>2</sup>, fmyd=Kmod·fmyk/ $\gamma_M=0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00$  N/mm<sup>2</sup>fmzk=40.00 N/mm<sup>2</sup>, fmzd=Kmod·fmzk/ $\gamma_M=0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00$  N/mm<sup>2</sup>

Sezione rettangolare  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))  
 $\sigma_{myd} = M_{yd}/W_{my,netto} = 1E+06 \times 10.094 / 6.328E+005 = 15.95 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{mzd} = M_{zd}/W_{mz,netto} = 1E+06 \times 0.000 / 2.109E+005 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}/f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.665 + 0.000 = 0.66 < 1$  (EC5 Eq.6.11)

$K_m \cdot \sigma_{myd}/f_{myd} + \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.465 + 0.000 = 0.47 < 1$  (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

**Tensione di compress. trascurabile, verifica fless.-compress. combinate non necessaria** (EC5 §6.2.4)

#### **Puntone, elementi: 2 , combinazione di carico No 7**

**Stabilità a pressoflessione,  $F_{c0d} = -2.572 \text{ kN}$ ,  $M_{yd} = 10.094 \text{ kNm}$ ,  $M_{zd} = 0.000 \text{ kNm}$**  (EC5 §6.3.2)

Sezione rettangolare,  $b=75 \text{ mm}$ ,  $h=225 \text{ mm}$ ,  $A=1.688E+004 \text{ mm}^2$ ,  $W_y=6.328E+005 \text{ mm}^3$ ,  $W_z=2.109E+005 \text{ mm}^3$

Coefficiente di correzione  $K_{mod}=0.90$ , coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$ ,  $E_{005}=10900 \text{ N/mm}^2$

$f_{c0k}=26.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k}/\gamma_M = 0.90 \times 26.00 / 1.50 = 15.60 \text{ N/mm}^2$

$f_{myk}=40.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk}/\gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00 \text{ N/mm}^2$

$f_{mzk}=40.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mzk}/\gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00 \text{ N/mm}^2$

Sezione rettangolare  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{c0d} = F_{c0d}/A_{netto} = 1000 \times 2.572 / 16875 = 0.15 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd} = M_{yd}/W_{my,netto} = 1E+06 \times 10.094 / 6.328E+005 = 15.95 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd} = M_{zd}/W_{mz,netto} = 1E+06 \times 0.000 / 2.109E+005 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

Lunghezza libera di inflessione  $S_k$

$S_{ky} = 1.00 \times 3.469 = 3.469 \text{ m} = 3469 \text{ mm}$  (più sfavorevole)

$S_{kz} = 0.09 \times 3.469 = 0.300 \text{ m} = 300 \text{ mm}$  (lunghezza efficace/lunghezza totale =  $0.30/3.47 = 0.09$ )

Snellezza

$i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 225 = 65 \text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 3469 / 65 = 53.37$

$i_z = \sqrt{I_z/A} = 0.289 \times 75 = 22 \text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 300 / 22 = 13.64$

Tensioni critiche

$\sigma_{c,crity} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 37.77 \text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c0k}/\sigma_{c,crity}} = 0.83$  (EC5 Eq.6.21)

$\sigma_{c,critz} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 578.23 \text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c0k}/\sigma_{c,critz}} = 0.21$  (EC5 Eq.6.22)

$\beta_c = 0.20$  (legno lamellare)

$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0.90$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 0.807$  (Eq.6.27 6.25)

$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0.50$ ,  $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1.000$  (Eq.6.28 6.26)

$\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.012 + 0.665 + 0.000 = 0.68 < 1$  (EC5 Eq.6.23)

$\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.010 + 0.465 + 0.000 = 0.48 < 1$  (EC5 Eq.6.24)

La verifica è soddisfatta

#### **Puntone, elementi: 2 , combinazione di carico No 7**

**Stabilità laterale,  $M_{yd} = 10.094 \text{ kNm}$ ,  $M_{zd} = 0.000 \text{ kNm}$**  (EC5 §6.3.3)

Sezione rettangolare,  $b=75 \text{ mm}$ ,  $h=225 \text{ mm}$ ,  $A=1.688E+004 \text{ mm}^2$ ,  $W_y=6.328E+005 \text{ mm}^3$ ,  $W_z=2.109E+005 \text{ mm}^3$

Coefficiente di correzione  $K_{mod}=0.90$  (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (DM2008)

$f_{c0k}=26.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k}/\gamma_M = 0.90 \times 26.00 / 1.50 = 15.60 \text{ N/mm}^2$

$f_{myk}=40.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk}/\gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00 \text{ N/mm}^2$

$f_{mzk}=40.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mzk}/\gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00 \text{ N/mm}^2$

Sezione rettangolare  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{myd} = M_{yd}/W_{my,netto} = 1E+06 \times 10.094 / 6.328E+005 = 15.95 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd} = M_{zd}/W_{mz,netto} = 1E+06 \times 0.000 / 2.109E+005 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

Lunghezza libera di inflessione  $S_k$

$S_{ky} = 1.00 \times 3.469 = 3.469 \text{ m} = 3469 \text{ mm}$  (più sfavorevole)

$S_{kz} = 0.09 \times 3.469 = 0.300 \text{ m} = 300 \text{ mm}$  (lunghezza efficace/lunghezza totale =  $0.30/3.47 = 0.09$ )

Snellezza

$$i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 225 = 65 \text{ mm}, \lambda_y = 3469 / 65 = 53.37$$

$$i_z = \sqrt{I_z/A} = 0.289 \times 75 = 22 \text{ mm}, \lambda_z = 300 / 22 = 13.64$$

$$\sigma_{m,crit} = M_{ycrit}/W_y = n \sqrt{(E005 \cdot I_z \cdot G005 \cdot I_{tor}) / (L_{ef} \cdot W_y)} = 60.94 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{EC5 Eq.6.31})$$

$$\sigma_{m,crit} = M_{zcrit}/W_z = n \sqrt{(E005 \cdot I_z \cdot G005 \cdot I_{tor}) / (L_{ef} \cdot W_z)} = 5707.56 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{EC5 Eq.6.31})$$

Tensioni critiche

$$\sigma_{m,crity} = 60.94 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel,my} = \sqrt{f_{myk}/\sigma_{m,crity}} = 0.81 \quad (\text{EC5 Eq.6.30})$$

$$\sigma_{m,critz} = 5707.56 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel,mz} = \sqrt{f_{mzk}/\sigma_{m,critz}} = 0.08 \quad (\text{EC5 Eq.6.30})$$

$$\lambda_{rel,my} = 0.81, (0.75 < \lambda_{rel} \leq 1.40, K_{crit} = 1.56 - 0.75 \lambda_{relm}), K_{critey} = 0.95 \quad (\text{EC5 Eq.6.34})$$

$$\lambda_{rel,mz} = 0.08, (\lambda_{rel} \leq 0.75), K_{critz} = 1.00 \quad (\text{EC5 Eq.6.34})$$

$$\sigma_{myd} / (K_{critey} \cdot f_{myd}) + K_m \cdot \sigma_{mzd} / (K_{critz} \cdot f_{mzd}) = 0.698 + 0.000 = 0.70 < 1 \quad (\text{EC5 Eq.6.33})$$

$$K_m \cdot \sigma_{myd} / (K_{critey} \cdot f_{myd}) + \sigma_{mzd} / (K_{critz} \cdot f_{mzd}) = 0.489 + 0.000 = 0.49 < 1 \quad (\text{EC5 Eq.6.33})$$

La verifica è soddisfatta

**Tensione di traz. trascurabile, verifica flessi.-trazione combinate non necessaria** (EC5 §6.2.3)

**1.10.5. Stato limite ultimo** (UNI EN1995-1-1:2009, §6)**Puntone, elementi: 3**

Carico [kN/m]	Azione	$\gamma_g$	$\gamma_q$	$\psi_0$	
(Gk) Proprio Gk1 = 1.242, Gk2 = 0.380	Permanente		1.30	0.00	1.00
(Qk1) Neve Qks = 2.280	Breve		0.00	1.50	0.70
(Qk2) Vento Qkw = -0.573	Breve		0.00	1.50	0.60
(Qki) Sovraccario (H) Qi = 0.950	Breve		0.00	1.50	0.00
(Aex) AeX Sismica qh=0.053x(G+0.20xQk1)	Accidental				
(Aey) AeY Sismica qv=0.006x(G+0.20xQk1)	Accidental				

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	-N/Kmod	+N/Kmod	V/Kmod	M/Kmod	
1	$\gamma_g \cdot G_k$	Permanente	0.60	0.000	0.355	1.757	0.448	
2	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k1}$	Breve	0.90	0.000	0.613	3.034	0.774	
3	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k2}$	Breve	0.90	0.000	0.237	0.684	0.175	
4	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{ki}$	Breve	0.90	0.000	0.397	1.963	0.501	
5	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k1} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k2}$	Breve	0.90	0.000	0.613	2.741	0.699	
6	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k2} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k1}$	Breve	0.90	0.000	0.500	1.988	0.507	
7	$\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{ki} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k1} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k2}$	Breve	0.90	0.000	0.660	2.974	0.759	
8	$G_k + 0.2 \cdot x \cdot Q_{k1} + A_{edX}$	Accidental	1.00	0.000	0.102	0.697	0.178	
9	$G_k + 0.2 \cdot x \cdot Q_{k1} + A_{edY}$	Accidental	1.00	0.000	0.140	0.694	0.177	
	Valori massimi				0.000	0.660	3.034	0.774

**1.10.6. Verifica della sezione Puntone, elementi: 3****Puntone, elementi: 3 , combinazione di carico No 7****Trazione parallela alla fibratura, Ft0d=0.594 kN** (EC5 §6.1.2)Sezione rettangolare, b=75 mm, h=225 mm, A= 16 875 mm<sup>2</sup>Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (Tab.3.1), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (Tab. 2.3)ft0k=24.00 N/mm<sup>2</sup>, ft0d=Kmod·ft0k/ $\gamma_M=0.90 \times 24.00 / 1.50 = 14.40$  N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14)Ft0d=0.594 kN,  $\sigma_{t0d} = F_{t0d} / A_{netto} = 1000 \times 0.594 / 16875 = 0.04$  N/mm<sup>2</sup> < 14.40 N/mm<sup>2</sup> = ft0d (Eq.6.1)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 3 , combinazione di carico No 2****Taglio, Fv=2.730 kN** (EC5 §6.1.7)Sezione rettangolare, bef=0.67x75=50 mm, h=225 mm, A= 11 250 mm<sup>2</sup>Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (Tab.3.1), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (Tab. 2.3)fvk=4.00 N/mm<sup>2</sup>, fvd=Kmod·fvk/ $\gamma_M=0.90 \times 4.00 / 1.50 = 2.40$  N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14)Fv=2.730 kN,  $\tau_{v0d} = 1.50 F_{v0d} / A_{netto} = 1000 \times 1.50 \times 2.730 / 11250 = 0.36$  N/mm<sup>2</sup> < 2.40 N/mm<sup>2</sup> = fv0d (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 3 , combinazione di carico No 2****Flessione, Myd=0.696 kNm, Mzd=0.000 kNm** (EC5 §6.1.6)Sezione rettangolare, b=75mm, h=225mm, A=1.688E+004mm<sup>2</sup>, Wy=6.328E+005mm<sup>3</sup>, Wz=2.109E+005mm<sup>3</sup>Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (DM2008)fmyk=40.00 N/mm<sup>2</sup>, fmyd=Kmod·fmyk/ $\gamma_M=0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00$  N/mm<sup>2</sup>fmzk=40.00 N/mm<sup>2</sup>, fmzd=Kmod·fmzk/ $\gamma_M=0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00$  N/mm<sup>2</sup>

Sezione rettangolare Km=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

 $\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my, netto} = 1E+06 \times 0.696 / 6.328E+005 = 1.10$  N/mm<sup>2</sup> $\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz, netto} = 1E+06 \times 0.000 / 2.109E+005 = 0.00$  N/mm<sup>2</sup> $\sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.046 + 0.000 = 0.05 < 1$  (EC5 Eq.6.11) $K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.032 + 0.000 = 0.03 < 1$  (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 3 , combinazione di carico No 2****Stabilità laterale, Myd=0.696 kNm, Mzd=0.000 kNm (EC5 §6.3.3)**Sezione rettangolare, b=75mm, h=225mm, A=1.688E+004mm<sup>2</sup>, Wy=6.328E+005mm<sup>3</sup>, Wz=2.109E+005mm<sup>3</sup>

Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale γM=1.50 (DM2008

fc0k=26.00 N/mm<sup>2</sup>, fc0d=Kmod·fc0k/γM=0.90x26.00/1.50=15.60N/mm<sup>2</sup>fmyk=40.00 N/mm<sup>2</sup>, fmyd=Kmod·fmyk/γM=0.90x40.00/1.50=24.00N/mm<sup>2</sup>fmzk=40.00 N/mm<sup>2</sup>, fmzd=Kmod·fmzk/γM=0.90x40.00/1.50=24.00N/mm<sup>2</sup>

Sezione rettangolare Km=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

omyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x0.696/6.328E+005= 1.10 N/mm<sup>2</sup>omzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/2.109E+005= 0.00 N/mm<sup>2</sup>Lunghezza libera di inflessione Sk

Sky= 1.00x1.020=1.020 m= 1020 mm (più sfavorevole)

Skz= 0.29x1.020=0.300 m= 300 mm (lunghezza efficace/lunghezza totale=0.30/1.02=0.29)

Snellezza

iy=√(Iy/A)=0.289x 225= 65 mm, λy= 1020/ 65= 15.70

iz=√(Iz/A)=0.289x 75= 22 mm, λz= 300/ 22= 13.64

om,crit=Mycrit/Wy=n √(E005·Iz·G005·Itor)/(Lef·Wy)= 207.21N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.6.31)om,crit=Mycrit/Wy=n √(E005·Iz·G005·Itor)/(Lef·Wy)=5707.56N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.6.31)Tensioni criticheom,crity= 207.21 N/mm<sup>2</sup>, λrel,my= √(fmyk/om,crity)= 0.44 (EC5 Eq.6.30)om,critz= 5707.56 N/mm<sup>2</sup>, λrel,mz= √(fmzk/om,critz)= 0.08 (EC5 Eq.6.30)

λrel,my=0.44, (λrel≤0.75), Kcridy=1.00 (EC5 Eq.6.34)

λrel,mz=0.08, (λrel≤0.75), Kcritz=1.00 (EC5 Eq.6.34)

omyd/(Kcridy·fmyd)+Km.omzd/(Kcritz·fmzd)=0.046+0.000= 0.05 &lt; 1 (EC5 Eq.6.33)

Km.omyd/(Kcridy·fmyd)+omzd/(Kcritz·fmzd)=0.032+0.000= 0.03 &lt; 1 (EC5 Eq.6.33)

La verifica è soddisfatta

**Tensione di traz. trascurabile, verifica flessi.-trazione combinate non necessaria (EC5 §6.2.3)**



**1.10.7. Stato limite ultimo** (UNI EN1995-1-1:2009, §6)**Puntone, elementi: 4**

Carico [kN/m]	Azione	$\gamma_g$	$\gamma_q$	$\psi_0$	
(Gk) Proprio Gk1 = 1.242, Gk2 = 0.380	Permanente		1.30	0.00	1.00
(Qk1) Neve Qks = 2.280	Breve		0.00	1.50	0.70
(Qk2) Vento Qkw = -0.573	Breve		0.00	1.50	0.60
(Qki) Sovraccario (H) Qi = 0.950	Breve		0.00	1.50	0.00
(Aex) AeX Sismica qh=0.053x(G+0.20xQk1)	Accidental				
(Aey) AeY Sismica qv=0.006x(G+0.20xQk1)	Accidental				

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	-N/Kmod	+N/Kmod	V/Kmod	M/Kmod
1	$\gamma_g \cdot Gk$	Permanente	0.60	-0.355	0.000	1.757	0.448
2	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1$	Breve	0.90	-0.613	0.000	3.034	0.774
3	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2$	Breve	0.90	-0.237	0.000	1.172	0.299
4	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki$	Breve	0.90	-0.397	0.000	1.963	0.501
5	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2$	Breve	0.90	-0.613	0.000	3.034	0.774
6	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1$	Breve	0.90	-0.500	0.000	2.475	0.631
7	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$	Breve	0.90	-0.660	0.000	3.267	0.833
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.00	-0.102	0.000	0.697	0.178
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.00	-0.140	0.000	0.694	0.177
	Valori massimi			-0.660	0.000	3.267	0.833

**1.10.8. Verifica della sezione Puntone, elementi: 4****Puntone, elementi: 4 , combinazione di carico No 7****Compressione parallela alla fibratura,  $F_{c0d} = -0.594$  kN** (EC5 §6.1.4)Sezione rettangolare, b=75 mm, h=225 mm, A= 16 875 mm<sup>2</sup>Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (Tab.3.1), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (Tab. 2.3) $f_{c0k}=26.00$  N/mm<sup>2</sup>,  $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.90 \times 26.00 / 1.50 = 15.60$  N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14) $F_{c0d} = -0.594$  kN,  $\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 0.594 / 16875 = 0.04$  N/mm<sup>2</sup> < 15.60 N/mm<sup>2</sup> =  $f_{c0d}$  (Eq.6.2)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 4 , combinazione di carico No 7****Taglio,  $F_v = 2.940$  kN** (EC5 §6.1.7)Sezione rettangolare, b<sub>ef</sub>=0.67x75=50 mm, h=225 mm, A= 11 250 mm<sup>2</sup>Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (Tab.3.1), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (Tab. 2.3) $f_{vk}=4.00$  N/mm<sup>2</sup>,  $f_{vd}=K_{mod} \cdot f_{vk} / \gamma_M = 0.90 \times 4.00 / 1.50 = 2.40$  N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14) $F_v = 2.940$  kN,  $\tau_{v0d} = 1.50 F_{v0d} / A_{netto} = 1000 \times 1.50 \times 2.940 / 11250 = 0.39$  N/mm<sup>2</sup> < 2.40 N/mm<sup>2</sup> =  $f_{v0d}$  (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 4 , combinazione di carico No 7****Flessione,  $M_{yd} = 0.750$  kNm,  $M_{zd} = 0.000$  kNm** (EC5 §6.1.6)Sezione rettangolare, b=75mm, h=225mm, A=1.688E+004mm<sup>2</sup>,  $W_y=6.328E+005$ mm<sup>3</sup>,  $W_z=2.109E+005$ mm<sup>3</sup>Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (DM2008) $f_{myk}=40.00$  N/mm<sup>2</sup>,  $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00$  N/mm<sup>2</sup> $f_{mzk}=40.00$  N/mm<sup>2</sup>,  $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.90 \times 40.00 / 1.50 = 24.00$  N/mm<sup>2</sup>Sezione rettangolare  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2)) $\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my,netto} = 1E+06 \times 0.750 / 6.328E+005 = 1.18$  N/mm<sup>2</sup> $\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz,netto} = 1E+06 \times 0.000 / 2.109E+005 = 0.00$  N/mm<sup>2</sup> $\sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.049 + 0.000 = 0.05 < 1$  (EC5 Eq.6.11) $K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.035 + 0.000 = 0.03 < 1$  (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

**Tensione di compress. trascurabile, verifica fless.-compress. combinate non necessaria** (EC5 §6.2.4)

**Puntone, elementi: 4 , combinazione di carico No 7****Stabilità a pressoflessione,  $F_{c0d}=-0.594\text{kN}$ ,  $M_{yd}=0.750\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$**  (EC5 §6.3.2)Sezione rettangolare,  $b=75\text{mm}$ ,  $h=225\text{mm}$ ,  $A=1.688\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=6.328\text{E}+005\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.109\text{E}+005\text{mm}^3$ Coefficiente di correzione  $K_{mod}=0.90$ , coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$ ,  $E_{005}=10900\text{N/mm}^2$  $f_{c0k}=26.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{mod}\cdot f_{c0k}/\gamma_M=0.90\times 26.00/1.50=15.60\text{N/mm}^2$  $f_{myk}=40.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod}\cdot f_{myk}/\gamma_M=0.90\times 40.00/1.50=24.00\text{N/mm}^2$  $f_{mk}=40.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod}\cdot f_{mk}/\gamma_M=0.90\times 40.00/1.50=24.00\text{N/mm}^2$ Sezione rettangolare  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2)) $\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{netto}=1000\times 0.594/16875= 0.04\text{ N/mm}^2$  $\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,netto}=1\text{E}+06\times 0.750/6.328\text{E}+005= 1.18\text{ N/mm}^2$  $\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,netto}=1\text{E}+06\times 0.000/2.109\text{E}+005= 0.00\text{ N/mm}^2$ Lunghezza libera di inflessione  $S_k$  $S_{ky}=1.00\times 1.020=1.020\text{ m}=1020\text{ mm}$  (più sfavorevole) $S_{kz}=0.29\times 1.020=0.300\text{ m}=300\text{ mm}$  (lunghezza efficace/lunghezza totale=0.30/1.02=0.29)Snellezza $i_y=\sqrt{I_y/A}=0.289\times 225=65\text{ mm}$ ,  $\lambda_y=1020/65=15.70$  $i_z=\sqrt{I_z/A}=0.289\times 75=22\text{ mm}$ ,  $\lambda_z=300/22=13.64$ Tensioni critiche $\sigma_{c,crity}=n^2 E_{005}/\lambda_y^2=436.44\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,y}= \sqrt{(f_{c0k}/\sigma_{c,crity})}=0.24$  (EC5 Eq.6.21) $\sigma_{c,critz}=n^2 E_{005}/\lambda_z^2=578.23\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,z}= \sqrt{(f_{c0k}/\sigma_{c,critz})}=0.21$  (EC5 Eq.6.22) $\beta_c=0.20$  (legno lamellare) $k_y=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel,y}-0.3)+\lambda_{rel,y}^2]=0.50$ ,  $K_{cy}=1/(k_y+\sqrt{(k_y^2-\lambda_{rel,y}^2)})=1.000$  (Eq.6.27 6.25) $k_z=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel,z}-0.3)+\lambda_{rel,z}^2]=0.50$ ,  $K_{cz}=1/(k_z+\sqrt{(k_z^2-\lambda_{rel,z}^2)})=1.000$  (Eq.6.28 6.26) $(\sigma_{c0d}/f_{c0d})^2+\sigma_{myd}/f_{myd}+K_m\cdot\sigma_{mzd}/f_{mzd}=0.000+0.049+0.000=0.05 < 1$  $(\sigma_{c0d}/f_{c0d})^2+K_m\cdot\sigma_{myd}/f_{myd}+\sigma_{mzd}/f_{mzd}=0.000+0.035+0.000=0.03 < 1$  $\sigma_{c0d}/(K_{cy}\cdot f_{c0d})+\sigma_{myd}/f_{myd}+K_m\cdot\sigma_{mzd}/f_{mzd}=0.002+0.049+0.000=0.05 < 1$  (EC5 Eq.6.23) $\sigma_{c0d}/(K_{cz}\cdot f_{c0d})+K_m\cdot\sigma_{myd}/f_{myd}+\sigma_{mzd}/f_{mzd}=0.002+0.035+0.000=0.04 < 1$  (EC5 Eq.6.24)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 4 , combinazione di carico No 7****Stabilità laterale,  $M_{yd}=0.750\text{ kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{ kNm}$**  (EC5 §6.3.3)Sezione rettangolare,  $b=75\text{mm}$ ,  $h=225\text{mm}$ ,  $A=1.688\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=6.328\text{E}+005\text{mm}^3$ ,  $W_z=2.109\text{E}+005\text{mm}^3$ Coefficiente di correzione  $K_{mod}=0.90$  (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (DM2008) $f_{c0k}=26.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{mod}\cdot f_{c0k}/\gamma_M=0.90\times 26.00/1.50=15.60\text{N/mm}^2$  $f_{myk}=40.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod}\cdot f_{myk}/\gamma_M=0.90\times 40.00/1.50=24.00\text{N/mm}^2$  $f_{mk}=40.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod}\cdot f_{mk}/\gamma_M=0.90\times 40.00/1.50=24.00\text{N/mm}^2$ Sezione rettangolare  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2)) $\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,netto}=1\text{E}+06\times 0.750/6.328\text{E}+005= 1.18\text{ N/mm}^2$  $\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,netto}=1\text{E}+06\times 0.000/2.109\text{E}+005= 0.00\text{ N/mm}^2$ Lunghezza libera di inflessione  $S_k$  $S_{ky}=1.00\times 1.020=1.020\text{ m}=1020\text{ mm}$  (più sfavorevole) $S_{kz}=0.29\times 1.020=0.300\text{ m}=300\text{ mm}$  (lunghezza efficace/lunghezza totale=0.30/1.02=0.29)Snellezza $i_y=\sqrt{I_y/A}=0.289\times 225=65\text{ mm}$ ,  $\lambda_y=1020/65=15.70$  $i_z=\sqrt{I_z/A}=0.289\times 75=22\text{ mm}$ ,  $\lambda_z=300/22=13.64$

$\sigma_{m,crit} = \text{Mycrit} / W_y = \pi \sqrt{(E005 \cdot I_z \cdot G005 \cdot I_{tor}) / (L_{ef} \cdot W_y)} = 207.21 \text{ N/mm}^2$  (EC5 Eq.6.31)  
 $\sigma_{m,crit} = \text{Mycrit} / W_y = \pi \sqrt{(E005 \cdot I_z \cdot G005 \cdot I_{tor}) / (L_{ef} \cdot W_y)} = 5707.56 \text{ N/mm}^2$  (EC5 Eq.6.31)  
Tensioni critiche  
 $\sigma_{m,crity} = 207.21 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel,my} = \sqrt{f_{myk} / \sigma_{m,crity}} = 0.44$  (EC5 Eq.6.30)  
 $\sigma_{m,critz} = 5707.56 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel,mz} = \sqrt{f_{mzk} / \sigma_{m,critz}} = 0.08$  (EC5 Eq.6.30)

$\lambda_{rel,my} = 0.44, (\lambda_{rel} \leq 0.75), K_{cristy} = 1.00$  (EC5 Eq.6.34)  
 $\lambda_{rel,mz} = 0.08, (\lambda_{rel} \leq 0.75), K_{cristz} = 1.00$  (EC5 Eq.6.34)

$\sigma_{myd} / (K_{cristy} \cdot f_{myd}) + K_{m,\sigma_{mzd}} / (K_{cristz} \cdot f_{mzd}) = 0.049 + 0.000 = 0.05 < 1$  (EC5 Eq.6.33)

$K_{m,\sigma_{myd}} / (K_{cristy} \cdot f_{myd}) + \sigma_{mzd} / (K_{cristz} \cdot f_{mzd}) = 0.035 + 0.000 = 0.03 < 1$  (EC5 Eq.6.33)

La verifica è soddisfatta