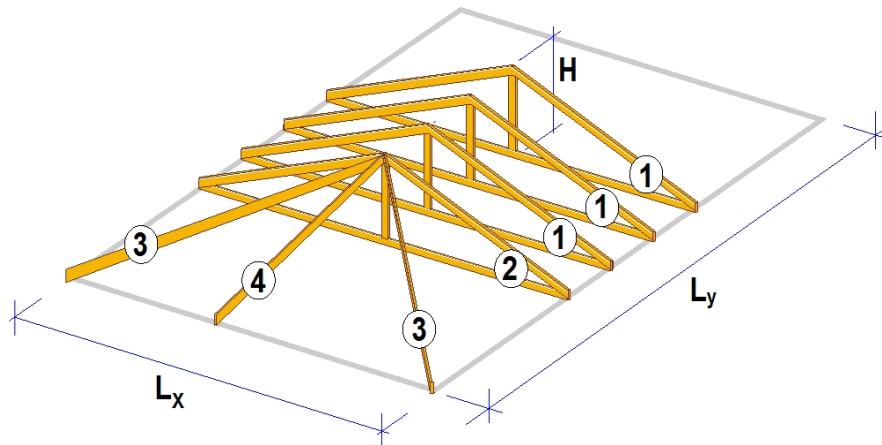


## 1. PADIGLIONE-01

### Tetto a padiglione



### 1.1. Descrizione tecnica

#### 1.1.1. Tipologia costruttiva

Tetto a padiglione  $L_x=6.000$  m,  $L_y=20.000$  m,  $H=1.800$  m

Tetto in legno D40. La tipologia della capriata è illustrata nel disegno soprastante.

Luce della capriata 6.000m, altezza 1.800m, inclinazione  $30.96^\circ$ , interasse delle capriate 3.000m

Assito costituito da legno di classe C22, spessore 20 mm

Travetti in legno di classe C22, con dimensioni 75x130 mm, ad interasse 0.300 m

Sezione degli elementi della capriata BxH [mm]

Elementi travetti, sezione 75x225 [mm]

Elementi cordolo inferiore, sezione 75x225 [mm]

Elementi altri elementi, sezione 75x225 [mm]

#### 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

Gli sforzi interni alla capriata sono calcolati mediante analisi ad elementi finiti. La capriata è considerata come un elemento trave reticolare a due dimensioni. La rigidità delle unioni è modulata secondo il grado desiderato di rigidità. Per calcolare il valore di progetto degli sforzi interni, gli sforzi interni sono dapprima calcolati come sforzi unitari e successivamente, dalle loro combinazioni si ottengono gli sforzi interni nelle varie condizioni di carico. 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 viti 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 (capriata) (NTC-DM2008, §4.4)**

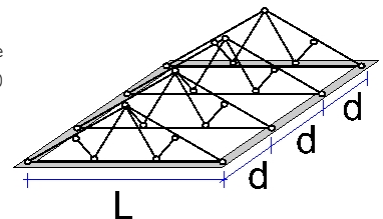
Classe del legno : D40

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<sub>mk</sub> = 40.0 MPa, f<sub>t0k</sub> = 24.0 MPa, f<sub>t90k</sub> = 0.6 MPaf<sub>c0k</sub> = 26.0 MPa, f<sub>c90k</sub> = 8.3 MPa, f<sub>vk</sub> = 4.0 MPaE<sub>0m</sub> = 13000 MPa, E<sub>005</sub> = 10900 MPa, E<sub>90m</sub> = 860 MPaG<sub>m</sub> = 810 MPa,  $\rho_k$  = 550 Kg/m<sup>3</sup>**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<sub>mk</sub> = 22.0 MPa, f<sub>t0k</sub> = 13.0 MPa, f<sub>t90k</sub> = 0.4 MPaf<sub>c0k</sub> = 20.0 MPa, f<sub>c90k</sub> = 2.4 MPa, f<sub>vk</sub> = 3.8 MPaE<sub>0m</sub> = 10000 MPa, E<sub>005</sub> = 6700 MPa, E<sub>90m</sub> = 330 MPaG<sub>m</sub> = 630 MPa,  $\rho_k$  = 340 Kg/m<sup>3</sup>**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<sub>mk</sub> = 22.0 MPa, f<sub>t0k</sub> = 13.0 MPa, f<sub>t90k</sub> = 0.4 MPaf<sub>c0k</sub> = 20.0 MPa, f<sub>c90k</sub> = 2.4 MPa, f<sub>vk</sub> = 3.8 MPaE<sub>0m</sub> = 10000 MPa, E<sub>005</sub> = 6700 MPa, E<sub>90m</sub> = 330 MPaG<sub>m</sub> = 630 MPa,  $\rho_k$  = 340 Kg/m<sup>3</sup>**1.1.7. Carichi distribuiti sulla copertura**Carico permanente del manto di copertura Ge = 0.500 kN/m<sup>2</sup> (Tegole)Travetti, assito, isolamento Gt = 0.100 kN/m<sup>2</sup> Ge+Gt=0Peso del controsoffitto del tetto Gc = 0.000 kN/m<sup>2</sup>Carico della neve sul terreno Sk = 1.500 kN/m<sup>2</sup>Pressione del vento sulle superfici vert. Qw = 0.754 kN/m<sup>2</sup>Carico (categoria H) Qi = 0.500 kN/m<sup>2</sup>**1.2. Azioni della neve (DM2008, §3.4)**

Carico neve al suolo Sk (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

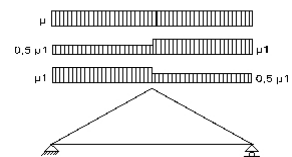
q<sub>sk</sub> = 1.500 kN/m<sup>2</sup> (as=200 <= 200m)Valore di riferimento del carico neve al suolo: sk=q<sub>ref</sub>(T)=1.500 kN/m<sup>2</sup>

Carico neve sulla copertura (DM2008, §3.4.5)

Inclinazione del tetto :  $\alpha = 30.964^\circ$ 

Coefficiente di esposizione : Ce=1.000 (DM2008 §5.2(7))

Coefficiente termico : Ct=1.000 (DM2008 §5.2(8))

Fattori di forma,  $\alpha_1 = \alpha_2 = 30.96^\circ$ ,  $\mu_1(\alpha_1) = \mu_1(\alpha_2) = 0.774$  (Tab. 3.4.II)S( $\alpha_1$ ) =  $\mu_1(\alpha_1) \cdot Ce \cdot Ct \cdot Sk = 0.774 \times 1.00 \times 1.00 \times 1.500 = 1.161 \text{ kN/m}^2$  (§3.4.1)S( $\alpha_2$ ) =  $\mu_1(\alpha_2) \cdot Ce \cdot Ct \cdot Sk = 0.774 \times 1.00 \times 1.00 \times 1.500 = 1.161 \text{ kN/m}^2$ 

Azioni della neve (DM2008, §3.4.1)

Combinazione di carico (I), S(Sinistra)=S( $\alpha_1$ ) = 1.161 kN/m<sup>2</sup>, S(Destra)=S( $\alpha_2$ ) = 1.161 kN/m<sup>2</sup>Combinazione di carico (II), S(Sinistra)=0.5xS( $\alpha_1$ )=0.581 kN/m<sup>2</sup>, S(Destra)=S( $\alpha_2$ ) = 1.161 kN/m<sup>2</sup>Combinazione di carico (III), S(Sinistra)=S( $\alpha_1$ ) = 1.161 kN/m<sup>2</sup>, S(Destra)=0.5xS( $\alpha_2$ )=0.581 kN/m<sup>2</sup>

**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,  $10 \text{ km} < \text{distanza costa} < 30 \text{ km}$ , 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:  $Q_{\text{ref}} \cdot C_e = 0.001 \times (25.00^2 / 1.6) \times 1.929 = 0.754 \text{ kN/m}^2$

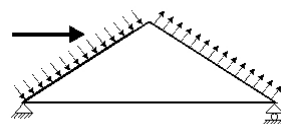
Pressione del vento  $p_f = C_p \cdot q_b$  (DM2008, §3.3.7.1)

Coefficiente di forma  $C_p$  (DM2008 §3.3.7.1)

Con inclinazione  $\alpha = 30.96^\circ$ ,  $C_p(+) = -0.07$ ,  $C_p(-) = -0.40$

Pressione del vento  $p_f(\text{Sinistra}) = -0.054 \text{ kN/m}^2$

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

**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

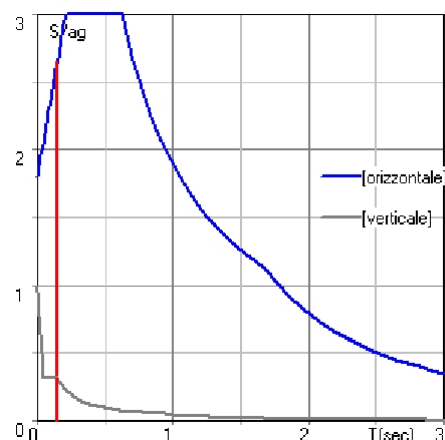
$\psi_2 = 0.30$

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

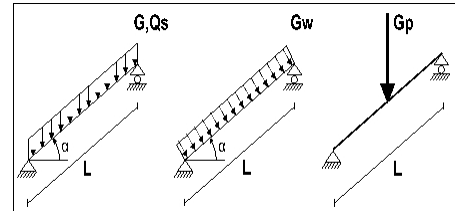
L'assito è progettato come trave semplicemente appoggiata con luce interasse tra i travetti  $L=0.300\text{m}$ , e larghezza  $1.00\text{m}$ .

#### 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  $\alpha=30.96^\circ$ , 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  $Q_s = 1.161 \text{ kN/m}^2$   
 Carico da vento  $Q_w = -0.054 \text{ kN/m}^2$   
 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	0.088	0.073	0.005
(Qk1) Neve	$Q_{ks} = 1.161 [\text{kN/m}]$	Breve	0.00	1.50	0.70	0.154	0.128	0.010
(Qk2) Vento	$Q_{kw} = -0.054 [\text{kN/m}]$	Breve	0.00	1.50	0.60	0.000	-0.008	-0.001
(Qk3) Carpentiere	$Q_{kp} = 1.200 [\text{kN}]$	Istantaneo	0.00	1.00	0.00	0.617	0.514	0.077

#### 1.5.1. 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	$G_k = 0.567 [\text{kN/m}]$	0.003	Permanente	1.00	1.00	1.00	0.60	
(Qk1) Neve	$Q_{ks} = 1.161 [\text{kN/m}]$	0.006	Breve	0.70	0.50	0.20	0.60	
(Qk2) Vento	$Q_{kw} = -0.054 [\text{kN/m}]$	0.000	Breve	0.60	0.20	0.00	0.60	

Combinazione di carico	$w_{inst}$	$w_{fin} [\text{mm}]$
1 Gk	0.003	0.005
2 Gk + Qk1	0.009	0.011
3 Gk + Qk2	0.003	0.005
4 Gk + Qk1 + $\psi_0 \cdot Qk2$	0.009	0.011
5 Gk + Qk2 + $\psi_0 \cdot Qk1$	0.007	0.010

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

#### Massimi valori della freccia

$w_{inst} = 0.009 \text{ mm}$ ,  $w_{fin} = 0.011 \text{ mm}$

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

##### Deformazioni finali

$w_{inst} = 0.009 \text{ mm} < L/300 = 300/300 = 1.000 \text{ mm}$

$w_{net, fin} = 0.011 \text{ mm} < L/250 = 300/250 = 1.200 \text{ mm}$

$w_{fin} = 0.011 \text{ mm} < L/150 = 300/150 = 2.000 \text{ mm}$

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	-0.190	0.158	0.012
2	yg.Gk + yq.Qk1	Breve	0.90	-0.383	0.319	0.024
3	yg.Gk + yq.Qk2	Breve	0.90	-0.126	0.105	0.008
4	yg.Gk + yq.Qk3	Istantaneo	1.00	-0.731	0.609	0.084
5	yg.Gk + yq.Qk1 + yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-0.383	0.319	0.024
6	yg.Gk + yq.Qk2 + yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-0.306	0.255	0.019
	Valori massimi			-0.731	0.609	0.084

**Assito, combinazione di carico No 4****Compressione parallela alla fibratura, Fc0d=-0.731 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=-0.731 kN, σc0d=Fc0d/Anetto=1000x0.731/20000=0.04N/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=0.609 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=0.609 kN, τv0d=1.50Fv0d/Anetto=1000x1.50x0.609/13400=0.07N/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=0.084 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+06x0.084/6.667E+004= 1.26 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=0.086+0.000= 0.09 &lt; 1 (EC5 Eq.6.11)

Km.σmyd/fmyd+σmzd/fmzd=0.060+0.000= 0.06 &lt; 1 (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

**Assito, combinazione di carico No 4****Flessione e compressione assiale combinate, Fc0d=-0.731kN, Myd=0.084kNm, 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=1000x0.731/20000= 0.04 N/mm<sup>2</sup>σmyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x0.084/6.667E+004= 1.26 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+0.086+0.000= 0.09 < 1 (EC5 Eq.6.19)(σc0d/fc0d)<sup>2</sup>+Km.σmyd/fmyd+σmzd/fmzd=0.000+0.060+0.000= 0.06 < 1 (EC5 Eq.6.20)

La verifica è soddisfatta

**Assito, combinazione di carico No 4****Stabilità a pressoflessione,  $F_{c0d} = -0.731 \text{ kN}$ ,  $M_{yd} = 0.084 \text{ kNm}$ ,  $M_{zd} = 0.000 \text{ kNm}$**  (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)) $\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 0.731 / 20000 = 0.04 \text{ N/mm}^2$  $\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my,netto} = 1 \text{ E}+06 \times 0.084 / 6.667 \text{ E}+004 = 1.26 \text{ N/mm}^2$  $\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz,netto} = 1 \text{ E}+06 \times 0.000 / 3.333 \text{ E}+006 = 0.00 \text{ N/mm}^2$ 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) $\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.004 + 0.086 + 0.000 = 0.09 < 1$  (EC5 Eq.6.23) $\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.003 + 0.060 + 0.000 = 0.06 < 1$  (EC5 Eq.6.24)

La verifica è soddisfatta

### 1.6. Progettazione dei travetti

#### Sistema strutturale dei travetti

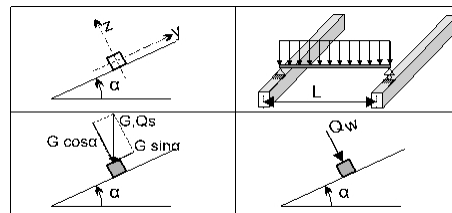
I travetti sono progettati come travi semplicemente appoggiate con luce  $L=3.000\text{m}$  che è la distanza tra le capriate. Essi sono sottoposti ad un carico di superficie di larghezza  $L_1=0.300\text{m}$  (interasse tra i travetti). L'asse dei travetti ha un'inclinazione  $\alpha=30.96^\circ$  sulla 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: 75x130mm  
Interasse dei travetti 0.300m, inclinazione della falda  $\alpha=30.96^\circ$ , interasse delle capriate 3.000m.

#### 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  $Q_s = 1.161 \text{ kN/m}^2$   
Carico da vento  $Q_w = -0.054 \text{ kN/m}^2$   
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  $G_k = 0.180 \text{ kN/m}$ ,  $G_{kz} = 0.154 \text{ kN/m}$ ,  $G_{kez} = 0.093 \text{ kN/m}$   
Carico neve  $Q_{ks} = 0.348 \text{ kN/m}$ ,  $Q_{ksz} = 0.299 \text{ kN/m}$ ,  $Q_{ksy} = 0.179 \text{ kN/m}$   
Carico da vento  $Q_{kw} = -0.016 \text{ kN/m}$ ,  $Q_{kwz} = -0.016 \text{ kN/m}$ ,  $Q_{kwy} = 0.000 \text{ kN/m}$   
Peso del carpentiere  $Q_{kp} = 1.200 \text{ kN}$ ,  $Q_{kpz} = 1.029 \text{ kN}$ ,  $Q_{kpy} = 0.617 \text{ kN}$

#### Sforzi interni nei travetti (luce $L=3.000 \text{ m}$ , BxH: 75x130 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	0.232	0.139	0.174	0.000
(Qk1) Neve	$Q_{ks} = 0.348 [\text{kN/m}]$	Breve	0.00	1.50	0.70	0.448	0.269	0.336	0.000
(Qk2) Vento	$Q_{kw} = -0.016 [\text{kN/m}]$	Breve	0.00	1.50	0.60	-0.024	0.000	-0.018	0.000
(Qk3) Carpentiere	$Q_{kp} = 1.200 [\text{kN}]$	Istantaneo	0.00	1.00	0.00	0.514	0.309	0.772	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 $G_k = 0.154 [\text{kN/m}]$	1.186	Permanente	1.00	1.00	1.00	0.60
(Qk1) Neve $Q_{ks} = 0.299 [\text{kN/m}]$	2.295	Breve	0.70	0.50	0.20	0.60
(Qk2) Vento $Q_{kw} = -0.016 [\text{kN/m}]$	-0.124	Breve	0.60	0.20	0.00	0.60

Combinazione di carico	w.inst	w.fin [mm]
1 Gk	1.186	1.897
2 Gk + Qk1	3.480	4.467
3 Gk + Qk2	1.186	1.897
4 Gk + Qk1 + $\psi_0 \cdot Qk2$	3.480	4.467
5 Gk + Qk2 + $\psi_0 \cdot Qk1$	2.792	3.779

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

#### Massimi valori della freccia

$w_{inst} = 3.480 \text{ mm}$ ,  $w_{fin} = 4.467 \text{ mm}$

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

$w_{inst} = 3.480 \text{ mm} < L/300 = 3000/300 = 10.000 \text{ mm}$

$w_{net,fin} = 4.467 \text{ mm} < L/250 = 3000/250 = 12.000 \text{ mm}$

$w_{fin} = 4.467 \text{ mm} < L/150 = 3000/150 = 20.000 \text{ mm}$

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	0.502	0.301	0.376	0.000
2	yg.Gk + yq.Qk1	Breve	0.90	1.081	0.649	0.811	0.000
3	yg.Gk + yq.Qk2	Breve	0.90	0.334	0.201	0.251	0.000
4	yg.Gk + yq.Qk3	Istantaneo	1.00	0.815	0.489	0.997	0.000
5	yg.Gk + yq.Qk1 + yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	1.081	0.649	0.811	0.000
6	yg.Gk + yq.Qk2 + yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	0.857	0.514	0.643	0.000
	Valori massimi			1.081	0.649	0.997	0.000

**Travetto, combinazione di carico No 5****Taglio, Fv=0.973 kN** (EC5 §6.1.7)

Sezione rettangolare,  $b_{ef}=0.67 \times 75=50 \text{ mm}$ ,  $h=130 \text{ mm}$ ,  $A=6500 \text{ mm}^2$

Coefficiente di correzione  $K_{mod}=0.90$  (Tab.3.1), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (Tab. 2.3)

$f_{vk}=3.80 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vd}=K_{mod} \cdot f_{vk} / \gamma_M = 0.90 \times 3.80 / 1.50 = 2.28 \text{ N/mm}^2$  (EC5 Eq.2.14)

$F_v=0.973 \text{ kN}$ ,  $\tau_{v0d}=1.50 F_{v0d} / A_{netto} = 1000 \times 1.50 \times 0.973 / 6500 = 0.22 \text{ N/mm}^2 < 2.28 \text{ N/mm}^2 = f_{vd}$  (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

**Travetto, combinazione di carico No 5****Taglio, Fv=0.584 kN** (EC5 §6.1.7)

Sezione rettangolare,  $b_{ef}=0.67 \times 130=87 \text{ mm}$ ,  $h=75 \text{ mm}$ ,  $A=6525 \text{ mm}^2$

Coefficiente di correzione  $K_{mod}=0.90$  (Tab.3.1), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (Tab. 2.3)

$f_{vk}=3.80 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{vd}=K_{mod} \cdot f_{vk} / \gamma_M = 0.90 \times 3.80 / 1.50 = 2.28 \text{ N/mm}^2$  (EC5 Eq.2.14)

$F_v=0.584 \text{ kN}$ ,  $\tau_{v0d}=1.50 F_{v0d} / A_{netto} = 1000 \times 1.50 \times 0.584 / 6525 = 0.13 \text{ N/mm}^2 < 2.28 \text{ N/mm}^2 = f_{vd}$  (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

**Travetto, combinazione di carico No 4****Flessione, Myd=0.997 kNm, Mzd=0.000 kNm** (EC5 §6.1.6)

Sezione rettangolare,  $b=75 \text{ mm}$ ,  $h=130 \text{ mm}$ ,  $A=9.750 \text{ E}+003 \text{ mm}^2$ ,  $W_y=2.113 \text{ E}+005 \text{ mm}^3$ ,  $W_z=1.219 \text{ E}+005 \text{ mm}^3$

Coefficiente di correzione  $K_{mod}=1.00$  (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (DM2008)

$f_{mk}=22.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 1.00 \times 22.00 / 1.50 = 14.67 \text{ N/mm}^2$

$f_{mk}=22.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 1.00 \times 22.00 / 1.50 = 14.67 \text{ N/mm}^2$

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

$\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,netto}=1 \text{ E}+06 \times 0.997 / 2.113 \text{ E}+005 = 4.72 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,netto}=1 \text{ E}+06 \times 0.000 / 1.219 \text{ E}+005 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}/f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.322 + 0.000 = 0.32 < 1$  (EC5 Eq.6.11)

$K_m \cdot \sigma_{myd}/f_{myd} + \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.225 + 0.000 = 0.23 < 1$  (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

**Travetto, combinazione di carico No 4****Stabilità laterale, Myd=0.997 kNm, Mzd=0.000 kNm** (EC5 §6.3.3)

Sezione rettangolare,  $b=75 \text{ mm}$ ,  $h=130 \text{ mm}$ ,  $A=9.750 \text{ E}+003 \text{ mm}^2$ ,  $W_y=2.113 \text{ E}+005 \text{ mm}^3$ ,  $W_z=1.219 \text{ E}+005 \text{ mm}^3$

Coefficiente di correzione  $K_{mod}=1.00$  (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (DM2008)

$f_{c0k}=20.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 1.00 \times 20.00 / 1.50 = 13.33 \text{ N/mm}^2$

$f_{mk}=22.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 1.00 \times 22.00 / 1.50 = 14.67 \text{ N/mm}^2$

$f_{mk}=22.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 1.00 \times 22.00 / 1.50 = 14.67 \text{ N/mm}^2$



Sezione rettangolare  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))  
 $\sigma_{myd} = M_{yd}/W_{my, netto} = 1E+06 \times 0.997 / 2.113E+005 = 4.72 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{mzd} = M_{zd}/W_{mz, netto} = 1E+06 \times 0.000 / 1.219E+005 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

Lunghezza libera di inflessione  $S_k$

$S_{ky} = 1.00 \times 3.000 = 3.000 \text{ m} = 3000 \text{ mm}$

$S_{kz} = 0.00 \times 3.000 = 0.000 \text{ m} = 0 \text{ mm}$

Snellezza

$i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 130 = 38 \text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 3000 / 38 = 78.95$

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

$\sigma_{m, crit} = 0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005} / (h \cdot L_{ef}) = 0.78 \times 75^2 \times 6700 / (130 \times 2700) = 83.75 \text{ N/mm}^2$  (EC5 Eq.6.32)

Tensioni critiche

$\sigma_{m, crity} = 83.75 \text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel, my} = \sqrt{f_{myk} / \sigma_{m, crity}} = 0.51$  (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)

$\lambda_{rel, my} = 0.51$ , ( $\lambda_{rel} \leq 0.75$ ),  $K_{crity} = 1.00$  (EC5 Eq.6.34)

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

$\sigma_{myd} / (K_{crity} \cdot f_{myd}) + K_m \cdot \sigma_{mzd} / (K_{critz} \cdot f_{mzd}) = 0.322 + 0.000 = 0.32 < 1$  (EC5 Eq.6.33)

$K_m \cdot \sigma_{myd} / (K_{crity} \cdot f_{myd}) + \sigma_{mzd} / (K_{critz} \cdot f_{mzd}) = 0.225 + 0.000 = 0.23 < 1$  (EC5 Eq.6.33)

La verifica è soddisfatta

