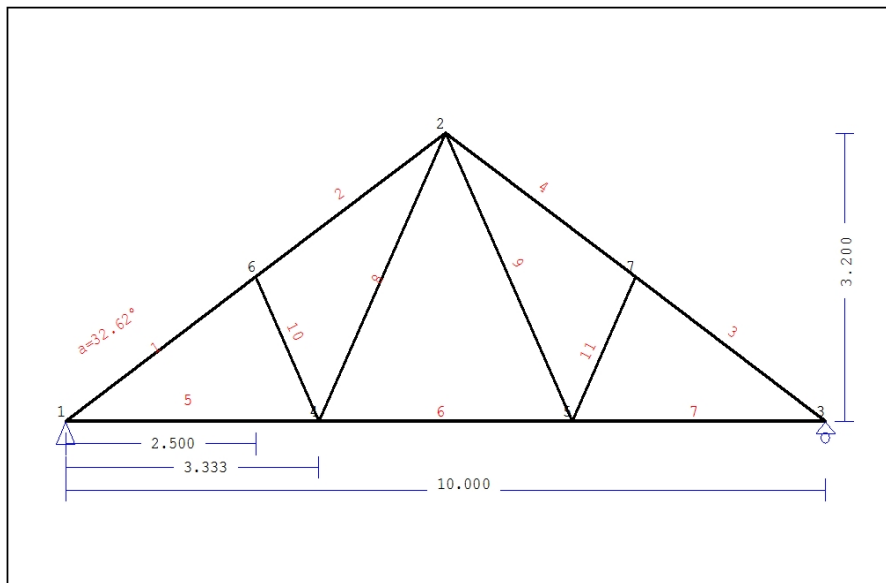


## 1. CAPRIATA-07

Tetto con capriate di tipo W



### 1.1. Descrizione tecnica

#### 1.1.1. Tipologia costruttiva

Tetto in legno C24. La tipologia della capriata è illustrata nel disegno soprastante.  
 Luce della capriata 10.000m, altezza 3.200m, inclinazione 32.62°, interasse delle capriate 2.800m  
 Assito costituito da legno di classe C24, spessore 35 mm  
 Travetti in legno di classe C22, con dimensioni 75x135 mm, ad interasse 0.300 m  
 Sezione degli elementi della capriata BxH [mm]  
 Elementi 1, 2, 3, 4, sezione 75x225 [mm]  
 Elementi 5, 6, 7, sezione 58x200 [mm]  
 Elementi 8, 9, sezione 58x150 [mm]  
 Elementi 10, 11, sezione 58x150 [mm]  
 Volume della capriata = 0.411 m<sup>3</sup>, peso proprio della capriata = 1.410 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

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 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 (capriata) (NTC-DM2008, §4.4)**

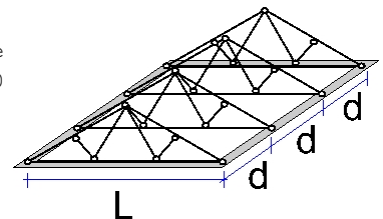
Classe del legno : C24

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> = 24.0 MPa, f<sub>t0k</sub> = 14.0 MPa, f<sub>t90k</sub> = 0.4 MPaf<sub>c0k</sub> = 21.0 MPa, f<sub>c90k</sub> = 2.5 MPa, f<sub>vk</sub> = 4.0 MPaE<sub>0m</sub> = 11000 MPa, E<sub>005</sub> = 7400 MPa, E<sub>90m</sub> = 370 MPaG<sub>m</sub> = 690 MPa,  $\rho_k$  = 350 Kg/m<sup>3</sup>**1.1.5. Proprietà dei materiali (legname, finitura) (NTC-DM2008, §4.4)**

Classe del legno : C24

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> = 24.0 MPa, f<sub>t0k</sub> = 14.0 MPa, f<sub>t90k</sub> = 0.4 MPaf<sub>c0k</sub> = 21.0 MPa, f<sub>c90k</sub> = 2.5 MPa, f<sub>vk</sub> = 4.0 MPaE<sub>0m</sub> = 11000 MPa, E<sub>005</sub> = 7400 MPa, E<sub>90m</sub> = 370 MPaG<sub>m</sub> = 690 MPa,  $\rho_k$  = 350 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 = 0.100 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

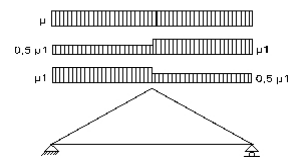
q<sub>sk</sub> = 1.500 kN/m<sup>2</sup> (as=200<=200m)Valore di riferimento del carico neve al suolo: s<sub>k</sub>=q<sub>ref</sub>(T)=1.500 kN/m<sup>2</sup>

Carico neve sulla copertura (DM2008, §3.4.5)

Inclinazione del tetto :  $\alpha=32.619^\circ$ 

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

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

Fattori di forma,  $\alpha_1=\alpha_2=32.62^\circ$ ,  $\mu_1(\alpha_1)=\mu_1(\alpha_2)=0.730$  (Tab. 3.4.II)S( $\alpha_1$ )= $\mu_1(\alpha_1) \cdot Ce \cdot Ct \cdot Sk = 0.730 \times 1.00 \times 1.00 \times 1.500 = 1.095 \text{ kN/m}^2$  (§3.4.1)S( $\alpha_2$ )= $\mu_1(\alpha_2) \cdot Ce \cdot Ct \cdot Sk = 0.730 \times 1.00 \times 1.00 \times 1.500 = 1.095 \text{ kN/m}^2$ 

Azioni della neve (DM2008, §3.4.1)

Combinazione di carico (I), S(Sinistra)=S( $\alpha_1$ ) = 1.095 kN/m<sup>2</sup>, S(Destra)=S( $\alpha_2$ ) = 1.095 kN/m<sup>2</sup>Combinazione di carico (II), S(Sinistra)=0.5xS( $\alpha_1$ )=0.548 kN/m<sup>2</sup>, S(Destra)=S( $\alpha_2$ ) = 1.095 kN/m<sup>2</sup>Combinazione di carico (III), S(Sinistra)=S( $\alpha_1$ ) = 1.095 kN/m<sup>2</sup>, S(Destra)=0.5xS( $\alpha_2$ )=0.548 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:  $Q_{\text{ref}} \cdot C_e = 0.001 \times (25.00^2 / 1.6) \times 1.929 = 0.754 \text{ kN/m}^2$

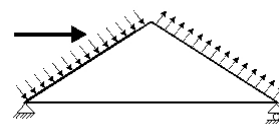
Pressione del vento  $p_f = C_p \cdot q_b$  (DM2008, §3.3.7.1)

Coefficiente di forma  $C_p$  (DM2008 §3.3.7.1)

Con inclinazione  $\alpha = 32.62^\circ$ ,  $C_p(+) = -0.02$ ,  $C_p(-) = -0.40$

Pressione del vento  $p_f(\text{Sinistra}) = -0.016 \text{ kN/m}^2$

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

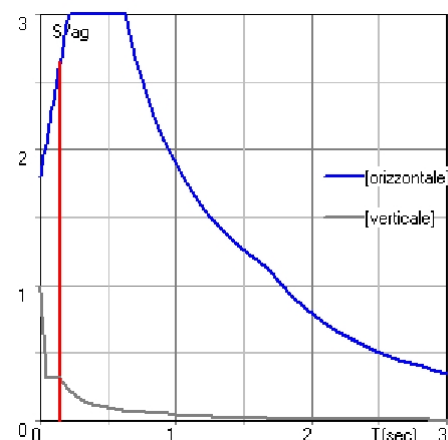
$\psi_2 = 0.30$

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

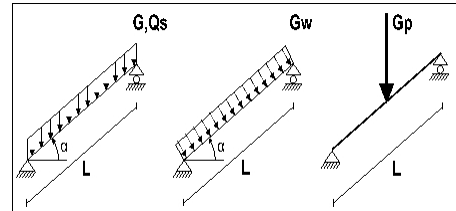
L'assito è progettato come trave semplicemente appoggiata con luce interasse tra i travetti  $L=0.300\text{m}$ , e larghezza  $1.00\text{m}$ .

#### Dimensioni del materiale dell'assito

Specie legnosa dell'assito: C24, classe di servizio: Classe 1, umidità  $\leq 12\%$   
Interasse dei travetti  $L=0.300\text{m}$ , inclinazione del tetto  $\alpha=32.62^\circ$ , spessore dell'assito  $35\text{mm}$

#### Carico sull'assito

Manto di copertura  $G_e = 0.500 \text{ kN/m}^2$   
Peso proprio  $G_l = 0.120 \text{ kN/m}^2$   
Carico neve  $Q_s = 1.095 \text{ kN/m}^2$   
Carico da vento  $Q_w = -0.016 \text{ kN/m}^2$   
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   | $G_k = 0.620 [\text{kN/m}]$     | Permanente | 1.30       | 0.00     | 1.00                 | 0.100                | 0.078                 | 0.006 |  |
| (Qk1) Neve        | $Q_{ks} = 1.095 [\text{kN/m}]$  | Breve      | 0.00       | 1.50     | 0.70                 | 0.149                | 0.117                 | 0.009 |  |
| (Qk2) Vento       | $Q_{kw} = -0.016 [\text{kN/m}]$ | Breve      | 0.00       | 1.50     | 0.60                 | 0.000                | -0.002                | 0.000 |  |
| (Qk3) Carpentiere | $Q_{kp} = 1.200 [\text{kN}]$    | Istantaneo | 0.00       | 1.00     | 0.00                 | 0.647                | 0.505                 | 0.076 |  |

#### 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 | $G_k = 0.620 [\text{kN/m}]$     |                 | 0.001  | Permanente | 1.00     | 1.00     | 1.00      | 0.60 |  |
| (Qk1) Neve      | $Q_{ks} = 1.095 [\text{kN/m}]$  |                 | 0.001  | Breve      | 0.70     | 0.50     | 0.20      | 0.60 |  |
| (Qk2) Vento     | $Q_{kw} = -0.016 [\text{kN/m}]$ |                 | 0.000  | Breve      | 0.60     | 0.20     | 0.00      | 0.60 |  |

| Combinazione di carico          | $w_{inst}$ | $w_{fin} [\text{mm}]$ |
|---------------------------------|------------|-----------------------|
| 1 Gk                            | 0.001      | 0.001                 |
| 2 Gk + Qk1                      | 0.001      | 0.002                 |
| 3 Gk + Qk2                      | 0.001      | 0.001                 |
| 4 Gk + Qk1 + $\psi_0 \cdot Qk2$ | 0.001      | 0.002                 |
| 5 Gk + Qk2 + $\psi_0 \cdot Qk1$ | 0.001      | 0.002                 |

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

#### Massimi valori della freccia

$w_{inst} = 0.001 \text{ mm}$ ,  $w_{fin} = 0.002 \text{ mm}$

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

##### Deformazioni finali

$w_{inst} = 0.001 \text{ mm} < L/300 = 300/300 = 1.000 \text{ mm}$

$w_{net, fin} = 0.002 \text{ mm} < L/250 = 300/250 = 1.200 \text{ mm}$

$w_{fin} = 0.002 \text{ mm} < L/150 = 300/150 = 2.000 \text{ mm}$

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 | k <sub>mod</sub> | N/K <sub>mod</sub> | V/K <sub>mod</sub> | M/K <sub>mod</sub> |
|------|---|------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1    | yg.Gk                                   | Permanente       | 0.60             | -0.217             | 0.170              | 0.013              |
| 2    | yg.Gk + yq.Qk1                          | Breve            | 0.90             | -0.393             | 0.307              | 0.023              |
| 3    | yg.Gk + yq.Qk2                          | Breve            | 0.90             | -0.145             | 0.113              | 0.008              |
| 4    | yg.Gk + yq.Qk3                          | Istantaneo       | 1.00             | -0.777             | 0.607              | 0.083              |
| 5    | yg.Gk + yq.Qk1 + yq.ψ <sub>0</sub> .Qk2 | Breve            | 0.90             | -0.393             | 0.307              | 0.023              |
| 6    | yg.Gk + yq.Qk2 + yq.ψ <sub>0</sub> .Qk1 | Breve            | 0.90             | -0.319             | 0.249              | 0.019              |
|      | Valori massimi                          |                  |                  | -0.777             | 0.607              | 0.083              |

**Assito, combinazione di carico No 4****Compressione parallela alla fibratura, F<sub>c0d</sub>=-0.777 kN** (EC5 §6.1.4)Sezione rettangolare, b=1000 mm, h=35 mm, A= 35 000 mm<sup>2</sup>Coefficiente di correzione K<sub>mod</sub>=1.00 (Tab.3.1), coefficiente del materiale γ<sub>M</sub>=1.50 (Tab. 2.3)f<sub>c0k</sub>=21.00 N/mm<sup>2</sup>, f<sub>c0d</sub>=K<sub>mod</sub>·f<sub>c0k</sub>/γ<sub>M</sub>=1.00×21.00/1.50=14.00N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14)F<sub>c0d</sub>=-0.777 kN, σ<sub>c0d</sub>=F<sub>c0d</sub>/A<sub>netto</sub>=1000x0.777/35000=0.02N/mm<sup>2</sup> < 14.00N/mm<sup>2</sup>=f<sub>c0d</sub> (Eq.6.2)

La verifica è soddisfatta

**Assito, combinazione di carico No 4****Taglio, F<sub>v</sub>=0.607 kN** (EC5 §6.1.7)Sezione rettangolare, b<sub>ef</sub>=0.67x1000=670 mm, h=35 mm, A= 23 450 mm<sup>2</sup>Coefficiente di correzione K<sub>mod</sub>=1.00 (Tab.3.1), coefficiente del materiale γ<sub>M</sub>=1.50 (Tab. 2.3)f<sub>vk</sub>=4.00 N/mm<sup>2</sup>, f<sub>vd</sub>=K<sub>mod</sub>·f<sub>vk</sub>/γ<sub>M</sub>=1.00x4.00/1.50=2.67N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14)F<sub>v</sub>=0.607 kN, τ<sub>v0d</sub>=1.50F<sub>v0d</sub>/A<sub>netto</sub>=1000x1.50x0.607/23450=0.04N/mm<sup>2</sup> < 2.67N/mm<sup>2</sup>=f<sub>v0d</sub> (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

**Assito, combinazione di carico No 4****Flessione, M<sub>yd</sub>=0.083 kNm, M<sub>zd</sub>=0.000 kNm** (EC5 §6.1.6)Sezione rettangolare, b=1000mm, h=35mm, A=3.500E+004mm<sup>2</sup>, W<sub>y</sub>=2.042E+005mm<sup>3</sup>, W<sub>z</sub>=5.833E+006mm<sup>3</sup>Coefficiente di correzione K<sub>mod</sub>=1.00 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale γ<sub>M</sub>=1.50 (DM2008f<sub>yk</sub>=24.00 N/mm<sup>2</sup>, f<sub>ymd</sub>=K<sub>mod</sub>·f<sub>yk</sub>/γ<sub>M</sub>=1.00x24.00/1.50=16.00N/mm<sup>2</sup>f<sub>mk</sub>=24.00 N/mm<sup>2</sup>, f<sub>mzd</sub>=K<sub>mod</sub>·f<sub>mk</sub>/γ<sub>M</sub>=1.00x24.00/1.50=16.00N/mm<sup>2</sup>Sezione rettangolare K<sub>m</sub>=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))σ<sub>myd</sub>=M<sub>yd</sub>/W<sub>my,netto</sub>=1E+06x0.083/2.042E+005= 0.41 N/mm<sup>2</sup>σ<sub>mzd</sub>=M<sub>zd</sub>/W<sub>mz,netto</sub>=1E+06x0.000/5.833E+006= 0.00 N/mm<sup>2</sup>σ<sub>myd</sub>/f<sub>ymd</sub>+K<sub>m</sub>·σ<sub>mzd</sub>/f<sub>mzd</sub>=0.026+0.000= 0.03 < 1 (EC5 Eq.6.11)K<sub>m</sub>·σ<sub>myd</sub>/f<sub>ymd</sub>+σ<sub>mzd</sub>/f<sub>mzd</sub>=0.018+0.000= 0.02 < 1 (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

**Assito, combinazione di carico No 4****Flessione e compressione assiale combinate, F<sub>c0d</sub>=-0.777kN, M<sub>yd</sub>=0.083kNm, M<sub>zd</sub>=0.000kNm** (§6.2.4)Sezione rettangolare, b=1000mm, h=35mm, A=3.500E+004mm<sup>2</sup>, W<sub>y</sub>=2.042E+005mm<sup>3</sup>, W<sub>z</sub>=5.833E+006mm<sup>3</sup>Coefficiente di correzione K<sub>mod</sub>=1.00 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale γ<sub>M</sub>=1.50 (DM2008f<sub>c0k</sub>=21.00 N/mm<sup>2</sup>, f<sub>c0d</sub>=K<sub>mod</sub>·f<sub>c0k</sub>/γ<sub>M</sub>=1.00x21.00/1.50=14.00N/mm<sup>2</sup>f<sub>yk</sub>=24.00 N/mm<sup>2</sup>, f<sub>ymd</sub>=K<sub>mod</sub>·f<sub>yk</sub>/γ<sub>M</sub>=1.00x24.00/1.50=16.00N/mm<sup>2</sup>f<sub>mk</sub>=24.00 N/mm<sup>2</sup>, f<sub>mzd</sub>=K<sub>mod</sub>·f<sub>mk</sub>/γ<sub>M</sub>=1.00x24.00/1.50=16.00N/mm<sup>2</sup>Sezione rettangolare K<sub>m</sub>=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))σ<sub>c0d</sub>=F<sub>c0d</sub>/A<sub>netto</sub>=1000x0.777/35000= 0.02 N/mm<sup>2</sup>σ<sub>myd</sub>=M<sub>yd</sub>/W<sub>my,netto</sub>=1E+06x0.083/2.042E+005= 0.41 N/mm<sup>2</sup>σ<sub>mzd</sub>=M<sub>zd</sub>/W<sub>mz,netto</sub>=1E+06x0.000/5.833E+006= 0.00 N/mm<sup>2</sup>(σ<sub>c0d</sub>/f<sub>c0d</sub>)<sup>2</sup>+σ<sub>myd</sub>/f<sub>ymd</sub>+K<sub>m</sub>·σ<sub>mzd</sub>/f<sub>mzd</sub>=0.000+0.026+0.000= 0.03 < 1 (EC5 Eq.6.19)(σ<sub>c0d</sub>/f<sub>c0d</sub>)<sup>2</sup>+K<sub>m</sub>·σ<sub>myd</sub>/f<sub>ymd</sub>+σ<sub>mzd</sub>/f<sub>mzd</sub>=0.000+0.018+0.000= 0.02 < 1 (EC5 Eq.6.20)

La verifica è soddisfatta

**Assito, combinazione di carico No 4****Stabilità a pressoflessione,  $F_{c0d}=-0.777\text{kN}$ ,  $M_{yd}=0.083\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$  (EC5 §6.3.2)**Sezione rettangolare,  $b=1000\text{mm}$ ,  $h=35\text{mm}$ ,  $A=3.500\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.042\text{E}+005\text{mm}^3$ ,  $W_z=5.833\text{E}+006\text{mm}^3$ Coefficiente di correzione  $K_{mod}=1.00$ , coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$ ,  $E_{005}=7400\text{N/mm}^2$  $f_{c0k}=21.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 1.00 \times 21.00 / 1.50 = 14.00\text{N/mm}^2$  $f_{myk}=24.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 1.00 \times 24.00 / 1.50 = 16.00\text{N/mm}^2$  $f_{mk}=24.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 1.00 \times 24.00 / 1.50 = 16.00\text{N/mm}^2$ Sezione rettangolare  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2)) $\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{netto}=1000 \times 0.777 / 35000 = 0.02\text{ N/mm}^2$  $\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,netto}=1\text{E}+06 \times 0.083 / 2.042\text{E}+005 = 0.41\text{ N/mm}^2$  $\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,netto}=1\text{E}+06 \times 0.000 / 5.833\text{E}+006 = 0.00\text{ N/mm}^2$ 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 $i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 35 = 10\text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 300 / 10 = 30.00$  $i_z = \sqrt{I_z/A} = 0.289 \times 1000 = 289\text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 0 / 289 = 0.00$ Tensioni critiche $\sigma_{c,crity} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 81.15\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,crity}} = 0.51$  (EC5 Eq.6.21) $\sigma_{c,critz} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 2100.00\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,critz}} = 0.00$  (EC5 Eq.6.22) $\beta_c=0.20$  (legno massiccio) $k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0.65$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 0.948$  (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) $\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.002 + 0.026 + 0.000 = 0.03 < 1$  (EC5 Eq.6.23) $\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.002 + 0.018 + 0.000 = 0.02 < 1$  (EC5 Eq.6.24)

La verifica è soddisfatta

### 1.6. Progettazione dei travetti

#### Sistema strutturale dei travetti

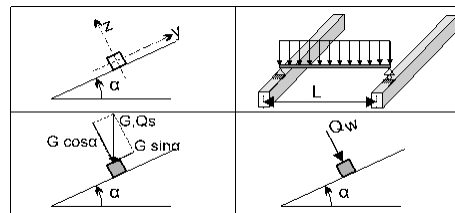
I travetti sono progettati come travi semplicemente appoggiate con luce  $L=2.800\text{m}$  che è la distanza tra le capriate. Essi sono sottoposti ad un carico di superficie di larghezza  $L_1=0.300\text{m}$  (interasse tra i travetti). L'asse dei travetti ha un'inclinazione  $\alpha=32.62^\circ$  sulla 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: 75x135mm  
Interasse dei travetti 0.300m, inclinazione della falda  $\alpha=32.62^\circ$ , interasse delle capriate 2.800m.

#### 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  $Q_s = 1.095 \text{ kN/m}^2$   
Carico da vento  $Q_w = -0.016 \text{ kN/m}^2$   
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  $G_k = 0.180 \text{ kN/m}$ ,  $G_{kz} = 0.152 \text{ kN/m}$ ,  $G_{kez} = 0.097 \text{ kN/m}$   
Carico neve  $Q_{ks} = 0.329 \text{ kN/m}$ ,  $Q_{ksz} = 0.277 \text{ kN/m}$ ,  $Q_{ksy} = 0.177 \text{ kN/m}$   
Carico da vento  $Q_{kw} = -0.005 \text{ kN/m}$ ,  $Q_{kwz} = -0.005 \text{ kN/m}$ ,  $Q_{kwy} = 0.000 \text{ kN/m}$   
Peso del carpentiere  $Q_{kp} = 1.200 \text{ kN}$ ,  $Q_{kpz} = 1.011 \text{ kN}$ ,  $Q_{kpy} = 0.647 \text{ kN}$

#### Sforzi interni nei travetti (luce $L=2.800 \text{ m}$ , BxH: 75x135 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              | 0.212             | 0.136              | 0.149              | 0.000 |
| (Qk1) Neve        | $Q_{ks} = 0.329 [\text{kN/m}]$  | Breve      | 0.00       | 1.50     | 0.70              | 0.387             | 0.248              | 0.271              | 0.000 |
| (Qk2) Vento       | $Q_{kw} = -0.005 [\text{kN/m}]$ | Breve      | 0.00       | 1.50     | 0.60              | -0.007            | 0.000              | -0.005             | 0.000 |
| (Qk3) Carpentiere | $Q_{kp} = 1.200 [\text{kN}]$    | Istantaneo | 0.00       | 1.00     | 0.00              | 0.505             | 0.323              | 0.708              | 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 $G_k = 0.152 [\text{kN/m}]$ | 0.789           | Permanente | 1.00     | 1.00     | 1.00     | 0.60      |
| (Qk1) Neve $Q_{ks} = 0.277 [\text{kN/m}]$   | 1.440           | Breve      | 0.70     | 0.50     | 0.20     | 0.60      |
| (Qk2) Vento $Q_{kw} = -0.005 [\text{kN/m}]$ | -0.025          | Breve      | 0.60     | 0.20     | 0.00     | 0.60      |

| Combinazione di carico          | w.inst | w.fin [mm] |
|---------------------------------|--------|------------|
| 1 Gk                            | 0.789  | 1.263      |
| 2 Gk + Qk1                      | 2.229  | 2.876      |
| 3 Gk + Qk2                      | 0.789  | 1.263      |
| 4 Gk + Qk1 + $\psi_0 \cdot Qk2$ | 2.229  | 2.876      |
| 5 Gk + Qk2 + $\psi_0 \cdot Qk1$ | 1.797  | 2.444      |

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

#### Massimi valori della freccia

$w_{inst} = 2.229 \text{ mm}$ ,  $w_{fin} = 2.876 \text{ mm}$

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

$w_{inst} = 2.229 \text{ mm} < L/300 = 2800/300 = 9.333 \text{ mm}$

$w_{net,fin} = 2.876 \text{ mm} < L/250 = 2800/250 = 11.200 \text{ mm}$

$w_{fin} = 2.876 \text{ mm} < L/150 = 2800/150 = 18.667 \text{ mm}$

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 | 0.460   | 0.294   | 0.322   | 0.000   |
| 2    | yg.Gk + yq.Qk1             | Breve            | 0.90 | 0.952   | 0.609   | 0.667   | 0.000   |
| 3    | yg.Gk + yq.Qk2             | Breve            | 0.90 | 0.307   | 0.196   | 0.215   | 0.000   |
| 4    | yg.Gk + yq.Qk3             | Istantaneo       | 1.00 | 0.781   | 0.500   | 0.901   | 0.000   |
| 5    | yg.Gk + yq.Qk1 + yq.ψo.Qk2 | Breve            | 0.90 | 0.952   | 0.609   | 0.667   | 0.000   |
| 6    | yg.Gk + yq.Qk2 + yq.ψo.Qk1 | Breve            | 0.90 | 0.759   | 0.486   | 0.531   | 0.000   |
|      | Valori massimi             |                  |      | 0.952   | 0.609   | 0.901   | 0.000   |

**Travetto, combinazione di carico No 5****Taglio, Fv=0.857 kN** (EC5 §6.1.7)

Sezione rettangolare,  $b_{ef}=0.67 \times 75=50 \text{ mm}$ ,  $h=135 \text{ mm}$ ,  $A=6750 \text{ mm}^2$

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)

$F_v=0.857 \text{ kN}$ ,  $\tau_{v0d}=1.50 F_{v0d} / A_{netto} = 1000 \times 1.50 \times 0.857 / 6750 = 0.19 \text{ N/mm}^2 < 2.28 \text{ N/mm}^2 = f_{vd}$  (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

**Travetto, combinazione di carico No 5****Taglio, Fv=0.549 kN** (EC5 §6.1.7)

Sezione rettangolare,  $b_{ef}=0.67 \times 135=90 \text{ mm}$ ,  $h=75 \text{ mm}$ ,  $A=6750 \text{ mm}^2$

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)

$F_v=0.549 \text{ kN}$ ,  $\tau_{v0d}=1.50 F_{v0d} / A_{netto} = 1000 \times 1.50 \times 0.549 / 6750 = 0.12 \text{ N/mm}^2 < 2.28 \text{ N/mm}^2 = f_{vd}$  (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

**Travetto, combinazione di carico No 4****Flessione, Myd=0.901 kNm, Mzd=0.000 kNm** (EC5 §6.1.6)

Sezione rettangolare,  $b=75 \text{ mm}$ ,  $h=135 \text{ mm}$ ,  $A=1.013 \text{ E}+004 \text{ mm}^2$ ,  $W_y=2.278 \text{ E}+005 \text{ mm}^3$ ,  $W_z=1.266 \text{ E}+005 \text{ mm}^3$

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

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

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

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

$\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,netto}=1 \text{ E}+06 \times 0.901 / 2.278 \text{ E}+005 = 3.95 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,netto}=1 \text{ E}+06 \times 0.000 / 1.266 \text{ E}+005 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}/f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.270 + 0.000 = 0.27 < 1$  (EC5 Eq.6.11)

$K_m \cdot \sigma_{myd}/f_{myd} + \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.189 + 0.000 = 0.19 < 1$  (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

**Travetto, combinazione di carico No 4****Stabilità laterale, Myd=0.901 kNm, Mzd=0.000 kNm** (EC5 §6.3.3)

Sezione rettangolare,  $b=75 \text{ mm}$ ,  $h=135 \text{ mm}$ ,  $A=1.013 \text{ E}+004 \text{ mm}^2$ ,  $W_y=2.278 \text{ E}+005 \text{ mm}^3$ ,  $W_z=1.266 \text{ E}+005 \text{ mm}^3$

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

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

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

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

Sezione rettangolare  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))  
 $\sigma_{myd} = M_{yd}/W_{my, netto} = 1E+06 \times 0.901 / 2.278E+005 = 3.95 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{mzd} = M_{zd}/W_{mz, netto} = 1E+06 \times 0.000 / 1.266E+005 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

Lunghezza libera di inflessione  $S_k$

$S_{ky} = 1.00 \times 2.800 = 2.800 \text{ m} = 2800 \text{ mm}$

$S_{kz} = 0.00 \times 2.800 = 0.000 \text{ m} = 0 \text{ mm}$

Snellezza

$i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 135 = 39 \text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 2800 / 39 = 71.79$

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

$\sigma_{m, crit} = 0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005} / (h \cdot L_{ef}) = 0.78 \times 75^2 \times 6700 / (135 \times 2520) = 86.41 \text{ N/mm}^2$  (EC5 Eq.6.32)

Tensioni critiche

$\sigma_{m, crity} = 86.41 \text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel, my} = \sqrt{f_{myk} / \sigma_{m, crity}} = 0.50$  (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)

$\lambda_{rel, my} = 0.50$ , ( $\lambda_{rel} \leq 0.75$ ),  $K_{crity} = 1.00$  (EC5 Eq.6.34)

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

$\sigma_{myd} / (K_{crity} \cdot f_{myd}) + K_m \cdot \sigma_{mzd} / (K_{critz} \cdot f_{mzd}) = 0.270 + 0.000 = 0.27 < 1$  (EC5 Eq.6.33)

$K_m \cdot \sigma_{myd} / (K_{crity} \cdot f_{myd}) + \sigma_{mzd} / (K_{critz} \cdot f_{mzd}) = 0.189 + 0.000 = 0.19 < 1$  (EC5 Eq.6.33)

La verifica è soddisfatta

**1.7. Progettazione della capriata****Caratteristiche geometriche della capriata**

Lunghezza  $L=10.000$  m, altezza  $H=3.200$  m, interasse capriate  $d=2.800$  m  
 Inclinazione  $=64.00\%$ , angolo  $\alpha=32.62^\circ$ ,  $\tan\alpha=0.640$ ,  $\sin\alpha=0.539$ ,  $\cos\alpha=0.842$   
 Numero dei nodi = 7, numero degli elementi =11, numero degli appoggi =2

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

| Nodo | x[m]   | y[m]  | Sup. | Elemento | K1 | K2 | b x h [mm] | L [m] | A [mm <sup>2</sup> ] | Iy [mm <sup>4</sup> ] | Wy [mm <sup>3</sup> ] |
|------|--------|-------|------|----------|----|----|------------|-------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1    | 0.000  | 0.000 | 11   | 1        | 1  | 6  | 75x225     | 2.968 | 1.688E+004           | 7.119E+007            | 6.328E+005            |
| 2    | 5.000  | 3.200 |      | 2        | 6  | 2  | 75x225     | 2.968 | 1.688E+004           | 7.119E+007            | 6.328E+005            |
| 3    | 10.000 | 0.000 | 01   | 3        | 7  | 3  | 75x225     | 2.968 | 1.688E+004           | 7.119E+007            | 6.328E+005            |
| 4    | 3.333  | 0.000 |      | 4        | 2  | 7  | 75x225     | 2.968 | 1.688E+004           | 7.119E+007            | 6.328E+005            |
| 5    | 6.667  | 0.000 |      | 5        | 1  | 4  | 58x200     | 3.333 | 1.160E+004           | 3.867E+007            | 3.867E+005            |
| 6    | 2.500  | 1.600 |      | 6        | 4  | 5  | 58x200     | 3.334 | 1.160E+004           | 3.867E+007            | 3.867E+005            |
| 7    | 7.500  | 1.600 |      | 7        | 5  | 3  | 58x200     | 3.333 | 1.160E+004           | 3.867E+007            | 3.867E+005            |
|      |        |       |      | 8        | 4  | 2  | 58x150     | 3.608 | 8.700E+003           | 1.631E+007            | 2.175E+005            |
|      |        |       |      | 9        | 2  | 5  | 58x150     | 3.608 | 8.700E+003           | 1.631E+007            | 2.175E+005            |
|      |        |       |      | 10       | 6  | 4  | 58x150     | 1.804 | 8.700E+003           | 1.631E+007            | 2.175E+005            |
|      |        |       |      | 11       | 5  | 7  | 58x150     | 1.804 | 8.700E+003           | 1.631E+007            | 2.175E+005            |

**Carico lineare per capriata**

Massa volumica del legname  $=350.00$  kg/m<sup>3</sup>, peso proprio della capriata  $=1.410$  kN  
 Interasse delle capriate  $d=2.80$  m, peso delle unioni delle capriate  $=0.141$  kN

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

Manto di copertura +peso proprio  $Gk1= 1.835$  kN/m  
 Controsoffitto del tetto  $Gk2= 0.280$  kN/m

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

Sovraccario  $Qki= 0.50 \times 2.800 = 1.400$  kN/m  
 Neve (Sinistra)  $Qk1l= 3.067$  kN/m (Destra )  $Qk1r= 3.067$  kN/m  
 Neve (Sinistra)  $Qk2l= 1.533$  kN/m (Destra )  $Qk2r= 3.067$  kN/m  
 Neve (Sinistra)  $Qk3l= 3.067$  kN/m (Destra )  $Qk3r= 1.533$  kN/m  
 Vento (Sinistra)  $Qk4l=-0.045$  kN/m (Destra )  $Qk4r=-0.844$  kN/m  
 Vento (Sinistra)  $Qk5l=-0.844$  kN/m (Destra )  $Qk5r=-0.045$  kN/m

**Azioni sismiche dovute alle azioni accidentali (kN/m), sulle capriate**

$AeX$  Sismica  $qh=0.053 \times (G+0.20 \times Qk1)$   
 $AeY$  Sismica  $qv=0.006 \times (G+0.20 \times Qk1)$

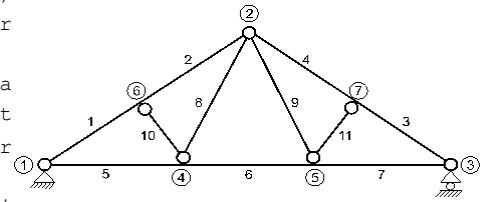
**Combinazioni di carico di progetto**

( $\gamma_g=1.30$ ,  $\gamma_q=1.50$ ,  $\psi_0(\text{di esercizio } Q_f)=0.70$ ,  $\psi_0(\text{neve } Q_1, Q_2, Q_3)=0.70$ ,  $\psi_0(\text{vento } Q_4, Q_5)=0.60$ )

| L.C. | Azioni permanenti-Variabili  | Classe di durata |
|------|--|------------------|
| 1    | $\gamma_g.G_k$   | Permanente       |
| 2    | $\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k1}$   | Breve            |
| 3    | $\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k2}$   | Breve            |
| 4    | $\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k3}$   | Breve            |
| 5    | $\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k4}$   | Breve            |
| 6    | $\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k5}$   | Breve            |
| 7    | $\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{ki}$   | Breve            |
| 8    | $\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k1}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k4}$                        | Breve            |
| 9    | $\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k1}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k5}$                        | Breve            |
| 10   | $\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k2}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k4}$                        | Breve            |
| 11   | $\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k2}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k5}$                        | Breve            |
| 12   | $\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k3}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k4}$                        | Breve            |
| 13   | $\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k3}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k5}$                        | Breve            |
| 14   | $\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k4}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k1}$                        | Breve            |
| 15   | $\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k4}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k2}$                        | Breve            |
| 16   | $\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k4}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k3}$                        | Breve            |
| 17   | $\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k5}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k1}$                        | Breve            |
| 18   | $\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k5}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k2}$                        | Breve            |
| 19   | $\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{k5}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k3}$                        | Breve            |
| 20   | $\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{ki}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k1}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k4}$ | Breve            |
| 21   | $\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{ki}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k1}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k5}$ | Breve            |
| 22   | $\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{ki}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k2}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k4}$ | Breve            |
| 23   | $\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{ki}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k2}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k5}$ | Breve            |
| 24   | $\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{ki}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k3}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k4}$ | Breve            |
| 25   | $\gamma_g.G_k+\gamma_q.Q_{ki}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k3}+\gamma_q.\psi_0.Q_{k5}$ | Breve            |
| 26   | $G_k + \psi_2.Q_{k1} + A_{ex}$   | Accidental       |
| 27   | $G_k + \psi_2.Q_{k1} + A_{ey}$   | Accidental       |

### 1.8. Analisi statica della capriata

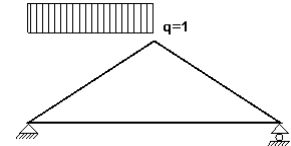
Progettazione di unioni con rigidezza ridotta (fattore 0.20)  
 La capriata è progettata come struttura reticolare con una  $r$  di rigidezza delle unioni secondo il fattore sopraindicato.  
 e la catena sono considerati come aste continue. La capriata viene calcolata dapprima per varie condizioni di carico unit e sulla base di questi sono calcolati gli sforzi interni per le varie condizioni di carico e combinazioni di carichi.  
 Numero dei nodi = 7, numero degli elementi = 11, numero degli



#### 1.8.1. Analisi statica per carichi unitari

##### Sforzi interni per carichi unitari (1 kN/m puntone sinistro verso il basso)

| elem. | nodo-1 | nodo-2 | N1[kN] | V1[kN] | M1[kNm] | N2[kN] | V2[kN] | M2[kNm] |
|-------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|
| 1     | 1      | 6      | -5.70  | 0.80   | 0.02    | -4.35  | -1.31  | -0.74   |
| 2     | 6      | 2      | -4.59  | 1.31   | -0.74   | -3.24  | -0.80  | 0.02    |
| 3     | 7      | 3      | -2.30  | -0.01  | 0.04    | -2.30  | -0.01  | 0.00    |
| 4     | 2      | 7      | -2.30  | 0.02   | 0.00    | -2.30  | 0.02   | 0.04    |
| 5     | 1      | 4      | 4.37   | 0.01   | 0.00    | 4.37   | 0.01   | 0.03    |
| 6     | 4      | 5      | 1.95   | -0.01  | 0.03    | 1.95   | -0.01  | 0.00    |
| 7     | 5      | 3      | 1.93   | 0.00   | 0.00    | 1.93   | 0.00   | 0.00    |
| 8     | 4      | 2      | 2.61   | 0.00   | 0.00    | 2.61   | 0.00   | 0.00    |
| 9     | 2      | 5      | -0.02  | 0.00   | 0.00    | -0.02  | 0.00   | 0.00    |
| 10    | 6      | 4      | -2.63  | 0.00   | 0.00    | -2.63  | 0.00   | 0.00    |
| 11    | 5      | 7      | 0.03   | 0.00   | 0.00    | 0.03   | 0.00   | 0.00    |



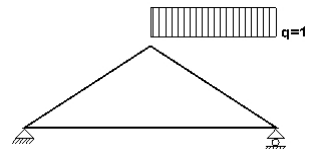
##### Sforzi alle estremità dell'elemento per carichi unitari (1 kN/m puntone sinistro verso il basso)

| elem. | nodo-1 | nodo-2 | F1x[kN] | F1y[kN] | M1[kNm] | F2x[kN] | F2y[kN] | M2[kNm] |
|-------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1     | 1      | 6      | 4.37    | 3.74    | 0.02    | -4.37   | -1.24   | 0.74    |
| 2     | 6      | 2      | 3.16    | 3.57    | -0.74   | -3.16   | -1.07   | -0.02   |
| 3     | 7      | 3      | 1.93    | -1.25   | 0.04    | -1.93   | 1.25    | 0.00    |
| 4     | 2      | 7      | 1.94    | -1.22   | 0.00    | -1.94   | 1.22    | -0.04   |
| 5     | 1      | 4      | -4.37   | 0.01    | 0.00    | 4.37    | -0.01   | -0.03   |
| 6     | 4      | 5      | -1.95   | -0.01   | 0.03    | 1.95    | 0.01    | 0.00    |
| 7     | 5      | 3      | -1.93   | 0.00    | 0.00    | 1.93    | 0.00    | 0.00    |
| 8     | 4      | 2      | -1.21   | -2.32   | 0.00    | 1.21    | 2.32    | 0.00    |
| 9     | 2      | 5      | 0.01    | -0.02   | 0.00    | -0.01   | 0.02    | 0.00    |
| 10    | 6      | 4      | 1.21    | -2.33   | 0.00    | -1.21   | 2.33    | 0.00    |
| 11    | 5      | 7      | -0.01   | -0.03   | 0.00    | 0.01    | 0.03    | 0.00    |

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

##### Sforzi interni per carichi unitari (1 kN/m puntone destro verso il basso)

| elem. | nodo-1 | nodo-2 | N1[kN] | V1[kN] | M1[kNm] | N2[kN] | V2[kN] | M2[kNm] |
|-------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|
| 1     | 1      | 6      | -2.30  | 0.01   | 0.00    | -2.30  | 0.01   | 0.04    |
| 2     | 6      | 2      | -2.30  | -0.02  | 0.04    | -2.30  | -0.02  | 0.00    |
| 3     | 7      | 3      | -4.35  | 1.31   | -0.74   | -5.70  | -0.80  | 0.02    |
| 4     | 2      | 7      | -3.24  | 0.80   | 0.02    | -4.59  | -1.31  | -0.74   |
| 5     | 1      | 4      | 1.93   | 0.00   | 0.00    | 1.93   | 0.00   | 0.00    |
| 6     | 4      | 5      | 1.95   | 0.01   | 0.00    | 1.95   | 0.01   | 0.03    |
| 7     | 5      | 3      | 4.37   | -0.01  | 0.03    | 4.37   | -0.01  | 0.00    |
| 8     | 4      | 2      | -0.02  | 0.00   | 0.00    | -0.02  | 0.00   | 0.00    |
| 9     | 2      | 5      | 2.61   | 0.00   | 0.00    | 2.61   | 0.00   | 0.00    |
| 10    | 6      | 4      | 0.03   | 0.00   | 0.00    | 0.03   | 0.00   | 0.00    |
| 11    | 5      | 7      | -2.63  | 0.00   | 0.00    | -2.63  | 0.00   | 0.00    |



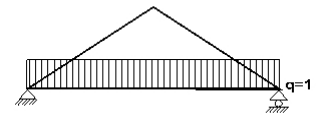
**Sforzi alle estremità dell'elemento per carichi unitari (1 kN/m puntone destro verso il basso)**

| elem. | nodo-1 | nodo-2 | Flx[kN] | Fly[kN] | M1[kNm] | F2x[kN] | F2y[kN] | M2[kNm] |
|-------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1     | 1      | 6      | 1.93    | 1.25    | 0.00    | -1.93   | -1.25   | -0.04   |
| 2     | 6      | 2      | 1.94    | 1.22    | 0.04    | -1.94   | -1.22   | 0.00    |
| 3     | 7      | 3      | 4.37    | -1.24   | -0.74   | -4.37   | 3.74    | -0.02   |
| 4     | 2      | 7      | 3.16    | -1.07   | 0.02    | -3.16   | 3.57    | 0.74    |
| 5     | 1      | 4      | -1.93   | 0.00    | 0.00    | 1.93    | 0.00    | 0.00    |
| 6     | 4      | 5      | -1.95   | 0.01    | 0.00    | 1.95    | -0.01   | -0.03   |
| 7     | 5      | 3      | -4.37   | -0.01   | 0.03    | 4.37    | 0.01    | 0.00    |
| 8     | 4      | 2      | 0.01    | 0.02    | 0.00    | -0.01   | -0.02   | 0.00    |
| 9     | 2      | 5      | -1.21   | 2.32    | 0.00    | 1.21    | -2.32   | 0.00    |
| 10    | 6      | 4      | -0.01   | 0.03    | 0.00    | 0.01    | -0.03   | 0.00    |
| 11    | 5      | 7      | 1.21    | 2.33    | 0.00    | -1.21   | -2.33   | 0.00    |

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

**Sforzi interni per carichi unitari (1 kN/m catena verso il basso)**

| elem. | nodo-1 | nodo-2 | N1[kN] | V1[kN] | M1[kNm] | N2[kN] | V2[kN] | M2[kNm] |
|-------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|
| 1     | 1      | 6      | -6.78  | 0.02   | 0.02    | -6.78  | 0.02   | 0.08    |
| 2     | 6      | 2      | -6.78  | -0.03  | 0.08    | -6.78  | -0.03  | 0.00    |
| 3     | 7      | 3      | -6.78  | -0.02  | 0.08    | -6.78  | -0.02  | 0.02    |
| 4     | 2      | 7      | -6.78  | 0.03   | 0.00    | -6.78  | 0.03   | 0.08    |
| 5     | 1      | 4      | 5.70   | 1.33   | 0.03    | 5.70   | -2.01  | -1.11   |
| 6     | 4      | 5      | 3.83   | 1.67   | -1.11   | 3.83   | -1.67  | -1.11   |
| 7     | 5      | 3      | 5.70   | 2.01   | -1.11   | 5.70   | -1.33  | 0.03    |
| 8     | 4      | 2      | 4.09   | 0.00   | 0.00    | 4.09   | 0.00   | 0.00    |
| 9     | 2      | 5      | 4.09   | 0.00   | 0.00    | 4.09   | 0.00   | 0.00    |
| 10    | 6      | 4      | 0.05   | 0.00   | 0.00    | 0.05   | 0.00   | 0.00    |
| 11    | 5      | 7      | 0.05   | 0.00   | 0.00    | 0.05   | 0.00   | 0.00    |

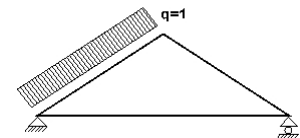
**Sforzi alle estremità dell'elemento per carichi unitari (1 kN/m catena verso il basso)**

| elem. | nodo-1 | nodo-2 | Flx[kN] | Fly[kN] | M1[kNm] | F2x[kN] | F2y[kN] | M2[kNm] |
|-------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1     | 1      | 6      | 5.70    | 3.67    | 0.02    | -5.70   | -3.67   | -0.08   |
| 2     | 6      | 2      | 5.72    | 3.63    | 0.08    | -5.72   | -3.63   | 0.00    |
| 3     | 7      | 3      | 5.70    | -3.67   | 0.08    | -5.70   | 3.67    | -0.02   |
| 4     | 2      | 7      | 5.72    | -3.63   | 0.00    | -5.72   | 3.63    | -0.08   |
| 5     | 1      | 4      | -5.70   | 1.33    | 0.03    | 5.70    | 2.01    | 1.11    |
| 6     | 4      | 5      | -3.83   | 1.67    | -1.11   | 3.83    | 1.67    | 1.11    |
| 7     | 5      | 3      | -5.70   | 2.01    | -1.11   | 5.70    | 1.33    | -0.03   |
| 8     | 4      | 2      | -1.89   | -3.63   | 0.00    | 1.89    | 3.63    | 0.00    |
| 9     | 2      | 5      | -1.89   | 3.63    | 0.00    | 1.89    | -3.63   | 0.00    |
| 10    | 6      | 4      | -0.02   | 0.05    | 0.00    | 0.02    | -0.05   | 0.00    |
| 11    | 5      | 7      | -0.02   | -0.05   | 0.00    | 0.02    | 0.05    | 0.00    |

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

**Sforzi interni per carichi unitari (1 kN/m pressione nel puntone sinistro)**

| elem. | nodo-1 | nodo-2 | N1[kN] | V1[kN] | M1[kNm] | N2[kN] | V2[kN] | M2[kNm] |
|-------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|
| 1     | 1      | 6      | -4.24  | 1.12   | 0.03    | -4.24  | -1.85  | -1.06   |
| 2     | 6      | 2      | -4.58  | 1.85   | -1.06   | -4.58  | -1.12  | 0.02    |
| 3     | 7      | 3      | -3.24  | -0.02  | 0.06    | -3.24  | -0.02  | 0.00    |
| 4     | 2      | 7      | -3.23  | 0.02   | -0.01   | -3.23  | 0.02   | 0.06    |
| 5     | 1      | 4      | 6.17   | 0.01   | 0.01    | 6.17   | 0.01   | 0.03    |
| 6     | 4      | 5      | 2.75   | -0.01  | 0.03    | 2.75   | -0.01  | 0.00    |
| 7     | 5      | 3      | 2.72   | 0.00   | 0.00    | 2.72   | 0.00   | 0.00    |
| 8     | 4      | 2      | 3.69   | 0.00   | 0.00    | 3.69   | 0.00   | 0.00    |
| 9     | 2      | 5      | -0.03  | 0.00   | 0.00    | -0.03  | 0.00   | 0.00    |
| 10    | 6      | 4      | -3.71  | 0.00   | 0.00    | -3.71  | 0.00   | 0.00    |
| 11    | 5      | 7      | 0.04   | 0.00   | 0.00    | 0.04   | 0.00   | 0.00    |



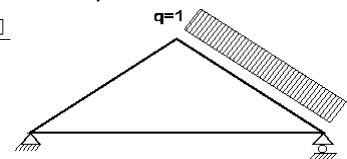
**Sforzi alle estremità dell'elemento per carichi unitari (1 kN/m pressione nel puntone sinistro)**

| elem. | nodo-1 | nodo-2 | Flx[kN] | Fly[kN] | M1[kNm] | F2x[kN] | F2y[kN] | M2[kNm] |
|-------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1     | 1      | 6      | 2.97    | 3.23    | 0.03    | -4.57   | -0.73   | 1.06    |
| 2     | 6      | 2      | 2.86    | 4.02    | -1.06   | -4.46   | -1.52   | -0.02   |
| 3     | 7      | 3      | 2.72    | -1.76   | 0.06    | -2.72   | 1.76    | 0.00    |
| 4     | 2      | 7      | 2.74    | -1.73   | -0.01   | -2.74   | 1.73    | -0.06   |
| 5     | 1      | 4      | -6.17   | 0.01    | 0.01    | 6.17    | -0.01   | -0.03   |
| 6     | 4      | 5      | -2.75   | -0.01   | 0.03    | 2.75    | 0.01    | 0.00    |
| 7     | 5      | 3      | -2.72   | 0.00    | 0.00    | 2.72    | 0.00    | 0.00    |
| 8     | 4      | 2      | -1.71   | -3.28   | 0.00    | 1.71    | 3.28    | 0.00    |
| 9     | 2      | 5      | 0.01    | -0.03   | 0.00    | -0.01   | 0.03    | 0.00    |
| 10    | 6      | 4      | 1.72    | -3.29   | 0.00    | -1.72   | 3.29    | 0.00    |
| 11    | 5      | 7      | -0.02   | -0.04   | 0.00    | 0.02    | 0.04    | 0.00    |

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

**Sforzi interni per carichi unitari (1 kN/m pressione nel puntone destro)**

| elem. | nodo-1 | nodo-2 | N1[kN] | V1[kN] | M1[kNm] | N2[kN] | V2[kN] | M2[kNm] |
|-------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|
| 1     | 1      | 6      | -3.25  | 0.01   | 0.00    | -3.25  | 0.01   | 0.04    |
| 2     | 6      | 2      | -3.25  | -0.01  | 0.04    | -3.25  | -0.01  | -0.01   |
| 3     | 7      | 3      | -4.26  | 1.86   | -1.08   | -4.26  | -1.11  | 0.03    |
| 4     | 2      | 7      | -4.59  | 1.11   | 0.02    | -4.59  | -1.86  | -1.08   |
| 5     | 1      | 4      | -0.47  | 0.00   | 0.00    | -0.47  | 0.00   | -0.01   |
| 6     | 4      | 5      | -0.45  | 0.01   | -0.01   | -0.45  | 0.01   | 0.03    |
| 7     | 5      | 3      | 2.99   | -0.01  | 0.03    | 2.99   | -0.01  | 0.01    |
| 8     | 4      | 2      | -0.01  | 0.00   | 0.00    | -0.01  | 0.00   | 0.00    |
| 9     | 2      | 5      | 3.71   | 0.00   | 0.00    | 3.71   | 0.00   | 0.00    |
| 10    | 6      | 4      | 0.03   | 0.00   | 0.00    | 0.03   | 0.00   | 0.00    |
| 11    | 5      | 7      | -3.73  | 0.00   | 0.00    | -3.73  | 0.00   | 0.00    |

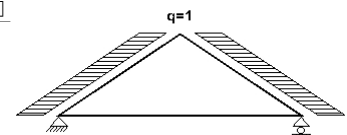
**Sforzi alle estremità dell'elemento per carichi unitari (1 kN/m pressione nel puntone destro)**

| elem. | nodo-1 | nodo-2 | Flx[kN] | Fly[kN] | M1[kNm] | F2x[kN] | F2y[kN] | M2[kNm] |
|-------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1     | 1      | 6      | 2.73    | 1.76    | 0.00    | -2.73   | -1.76   | -0.04   |
| 2     | 6      | 2      | 2.75    | 1.74    | 0.04    | -2.75   | -1.74   | 0.01    |
| 3     | 7      | 3      | 4.59    | -0.73   | -1.08   | -2.99   | 3.23    | -0.03   |
| 4     | 2      | 7      | 4.47    | -1.54   | 0.02    | -2.87   | 4.04    | 1.08    |
| 5     | 1      | 4      | 0.47    | 0.00    | 0.00    | -0.47   | 0.00    | 0.01    |
| 6     | 4      | 5      | 0.45    | 0.01    | -0.01   | -0.45   | -0.01   | -0.03   |
| 7     | 5      | 3      | -2.99   | -0.01   | 0.03    | 2.99    | 0.01    | -0.01   |
| 8     | 4      | 2      | 0.01    | 0.01    | 0.00    | -0.01   | -0.01   | 0.00    |
| 9     | 2      | 5      | -1.71   | 3.29    | 0.00    | 1.71    | -3.29   | 0.00    |
| 10    | 6      | 4      | -0.01   | 0.02    | 0.00    | 0.01    | -0.02   | 0.00    |
| 11    | 5      | 7      | 1.72    | 3.31    | 0.00    | -1.72   | -3.31   | 0.00    |

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

**Sforzi interni per carichi unitari (1 kN/m seismic load)**

| elem. | nodo-1 | nodo-2 | N1[kN] | V1[kN] | M1[kNm] | N2[kN] | V2[kN] | M2[kNm] |
|-------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|
| 1     | 1      | 6      | 4.47   | 0.60   | 0.01    | 1.97   | -1.00  | -0.58   |
| 2     | 6      | 2      | 1.79   | 1.00   | -0.58   | -0.71  | -0.60  | 0.02    |
| 3     | 7      | 3      | -1.92  | -1.03  | 0.65    | -4.42  | 0.57   | -0.01   |
| 4     | 2      | 7      | 0.77   | -0.57  | -0.02   | -1.73  | 1.03   | 0.65    |
| 5     | 1      | 4      | 7.78   | 0.01   | 0.00    | 7.78   | 0.01   | 0.02    |
| 6     | 4      | 5      | 5.93   | 0.00   | 0.02    | 5.93   | 0.00   | 0.01    |
| 7     | 5      | 3      | 4.03   | 0.00   | 0.01    | 4.03   | 0.00   | 0.00    |
| 8     | 4      | 2      | 2.00   | 0.00   | 0.00    | 2.00   | 0.00   | 0.00    |
| 9     | 2      | 5      | -2.06  | 0.00   | 0.00    | -2.06  | 0.00   | 0.00    |
| 10    | 6      | 4      | -2.01  | 0.00   | 0.00    | -2.01  | 0.00   | 0.00    |
| 11    | 5      | 7      | 2.06   | 0.00   | 0.00    | 2.06   | 0.00   | 0.00    |



**Sforzi alle estremità dell'elemento per carichi unitari (1 kN/m seismic load)**

| elem. | nodo-1 | nodo-2 | Flx[kN] | Fly[kN] | M1[kNm] | F2x[kN] | F2y[kN] | M2[kNm] |
|-------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1     | 1      | 6      | -4.09   | -1.91   | 0.01    | 1.12    | 1.91    | 0.58    |
| 2     | 6      | 2      | -2.05   | -0.12   | -0.58   | -0.92   | 0.12    | -0.02   |
| 3     | 7      | 3      | 1.06    | -1.90   | 0.65    | -4.03   | 1.90    | 0.01    |
| 4     | 2      | 7      | -0.96   | -0.07   | -0.02   | -2.01   | 0.07    | -0.65   |
| 5     | 1      | 4      | -7.78   | 0.01    | 0.00    | 7.78    | -0.01   | -0.02   |
| 6     | 4      | 5      | -5.93   | 0.00    | 0.02    | 5.93    | 0.00    | -0.01   |
| 7     | 5      | 3      | -4.03   | 0.00    | 0.01    | 4.03    | 0.00    | 0.00    |
| 8     | 4      | 2      | -0.92   | -1.77   | 0.00    | 0.92    | 1.77    | 0.00    |
| 9     | 2      | 5      | 0.95    | -1.83   | 0.00    | -0.95   | 1.83    | 0.00    |
| 10    | 6      | 4      | 0.93    | -1.78   | 0.00    | -0.93   | 1.78    | 0.00    |
| 11    | 5      | 7      | -0.95   | -1.83   | 0.00    | 0.95    | 1.83    | 0.00    |

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

**1.8.2. Forze interne****Forze interne, Carico, : ( Gk) Proprio Gk1 = 1.835, Gk2 = 0.280 [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      | 6      | -19.32 | 1.77   | 0.05    | -16.38 | -2.82  | -1.51   | -18.19 | 0.00    | 1.06    |
| 2     | 6      | 2      | -16.89 | 2.81   | -1.51   | -13.95 | -1.78  | 0.03    | -15.09 | 0.00    | 1.05    |
| 3     | 7      | 3      | -16.38 | 2.82   | -1.51   | -19.32 | -1.77  | 0.05    | -18.19 | 0.00    | 1.06    |
| 4     | 2      | 7      | -13.95 | 1.78   | 0.03    | -16.89 | -2.81  | -1.51   | -15.09 | 0.00    | 1.05    |
| 5     | 1      | 4      | 15.32  | 0.39   | 0.02    | 15.32  | -0.55  | -0.25   | 15.32  | 0.00    | 0.29    |
| 6     | 4      | 5      | 9.57   | 0.47   | -0.25   | 9.57   | -0.47  | -0.25   | 9.57   | 0.00    | 0.14    |
| 7     | 5      | 3      | 15.32  | 0.55   | -0.25   | 15.32  | -0.39  | 0.02    | 15.32  | 0.00    | 0.29    |
| 8     | 4      | 2      | 6.79   | 0.00   | 0.00    | 6.79   | 0.00   | 0.00    | 6.79   | 0.00    | 0.00    |
| 9     | 2      | 5      | 6.79   | 0.00   | 0.00    | 6.79   | 0.00   | 0.00    | 6.79   | 0.00    | 0.00    |
| 10    | 6      | 4      | -5.65  | 0.00   | 0.00    | -5.65  | 0.00   | 0.00    | -5.65  | 0.00    | 0.00    |
| 11    | 5      | 7      | -5.65  | 0.00   | 0.00    | -5.65  | 0.00   | 0.00    | -5.65  | 0.00    | 0.00    |

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

**Forze interne, Carico, : (Qk1) Neve QksL= 3.067, QksR= 3.067 [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      | 6      | -24.52 | 2.48   | 0.06    | -20.39 | -3.98  | -2.15   | -22.93 | -0.01   | 1.48    |
| 2     | 6      | 2      | -21.10 | 3.97   | -2.15   | -16.97 | -2.49  | 0.04    | -18.57 | 0.01    | 1.46    |
| 3     | 7      | 3      | -20.39 | 3.98   | -2.15   | -24.52 | -2.48  | 0.06    | -22.93 | 0.01    | 1.48    |
| 4     | 2      | 7      | -16.97 | 2.49   | 0.04    | -21.10 | -3.97  | -2.15   | -18.57 | -0.01   | 1.46    |
| 5     | 1      | 4      | 19.32  | 0.02   | 0.01    | 19.32  | 0.02   | 0.09    | 19.32  | 0.02    | 0.04    |
| 6     | 4      | 5      | 11.96  | 0.00   | 0.09    | 11.96  | 0.00   | 0.09    | 11.96  | 0.00    | 0.09    |
| 7     | 5      | 3      | 19.32  | -0.02  | 0.09    | 19.32  | -0.02  | 0.01    | 19.32  | -0.02   | 0.04    |
| 8     | 4      | 2      | 7.95   | 0.00   | 0.00    | 7.95   | 0.00   | 0.00    | 7.95   | 0.00    | 0.00    |
| 9     | 2      | 5      | 7.95   | 0.00   | 0.00    | 7.95   | 0.00   | 0.00    | 7.95   | 0.00    | 0.00    |
| 10    | 6      | 4      | -7.97  | 0.00   | 0.00    | -7.97  | 0.00   | 0.00    | -7.97  | 0.00    | 0.00    |
| 11    | 5      | 7      | -7.97  | 0.00   | 0.00    | -7.97  | 0.00   | 0.00    | -7.97  | 0.00    | 0.00    |

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

**Forze interne, Carico, : (Qk2) Neve QksL= 1.533, QksR= 3.067 [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      | 6      | -15.79 | 1.26   | 0.03    | -13.72 | -1.97  | -1.01   | -14.99 | 0.02    | 0.76    |
| 2     | 6      | 2      | -14.07 | 1.96   | -1.01   | -12.00 | -1.27  | 0.01    | -12.80 | -0.02   | 0.75    |
| 3     | 7      | 3      | -16.87 | 4.00   | -2.22   | -21.00 | -2.46  | 0.06    | -19.41 | 0.03    | 1.45    |
| 4     | 2      | 7      | -13.45 | 2.47   | 0.04    | -17.58 | -3.99  | -2.22   | -15.05 | -0.03   | 1.44    |
| 5     | 1      | 4      | 12.61  | 0.01   | 0.01    | 12.61  | 0.01   | 0.04    | 12.61  | 0.01    | 0.02    |
| 6     | 4      | 5      | 8.97   | 0.01   | 0.04    | 8.97   | 0.01   | 0.09    | 8.97   | 0.01    | 0.07    |
| 7     | 5      | 3      | 16.36  | -0.02  | 0.09    | 16.36  | -0.02  | 0.01    | 16.36  | -0.02   | 0.04    |
| 8     | 4      | 2      | 3.94   | 0.00   | 0.00    | 3.94   | 0.00   | 0.00    | 3.94   | 0.00    | 0.00    |
| 9     | 2      | 5      | 7.98   | 0.00   | 0.00    | 7.98   | 0.00   | 0.00    | 7.98   | 0.00    | 0.00    |
| 10    | 6      | 4      | -3.94  | 0.00   | 0.00    | -3.94  | 0.00   | 0.00    | -3.94  | 0.00    | 0.00    |
| 11    | 5      | 7      | -8.02  | 0.00   | 0.00    | -8.02  | 0.00   | 0.00    | -8.02  | 0.00    | 0.00    |

**Forze interne, Carico, : (Qk3) Neve QksL= 3.067, QksR= 1.533 [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      | 6      | -21.00  | 2.46    | 0.06     | -16.87  | -4.00   | -2.22    | -19.41  | -0.03    | 1.45     |
| 2     | 6      | 2      | -17.58  | 3.99    | -2.22    | -13.45  | -2.47   | 0.04     | -15.05  | 0.03     | 1.44     |
| 3     | 7      | 3      | -13.72  | 1.97    | -1.01    | -15.79  | -1.26   | 0.03     | -14.99  | -0.02    | 0.76     |
| 4     | 2      | 7      | -12.00  | 1.27    | 0.01     | -14.07  | -1.96   | -1.01    | -12.80  | 0.02     | 0.75     |
| 5     | 1      | 4      | 16.36   | 0.02    | 0.01     | 16.36   | 0.02    | 0.09     | 16.36   | 0.02     | 0.04     |
| 6     | 4      | 5      | 8.97    | -0.01   | 0.09     | 8.97    | -0.01   | 0.04     | 8.97    | -0.01    | 0.07     |
| 7     | 5      | 3      | 12.61   | -0.01   | 0.04     | 12.61   | -0.01   | 0.01     | 12.61   | -0.01    | 0.02     |
| 8     | 4      | 2      | 7.98    | 0.00    | 0.00     | 7.98    | 0.00    | 0.00     | 7.98    | 0.00     | 0.00     |
| 9     | 2      | 5      | 3.95    | 0.00    | 0.00     | 3.95    | 0.00    | 0.00     | 3.95    | 0.00     | 0.00     |
| 10    | 6      | 4      | -8.02   | 0.00    | 0.00     | -8.02   | 0.00    | 0.00     | -8.02   | 0.00     | 0.00     |
| 11    | 5      | 7      | -3.94   | 0.00    | 0.00     | -3.94   | 0.00    | 0.00     | -3.94   | 0.00     | 0.00     |

**Forze interne, Carico, : (Qk4) Vento QkwL=-0.045, QkwR=-0.844 [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      | 6      | 2.94    | -0.06   | 0.00     | 2.94    | 0.07    | 0.02     | 2.94    | -0.01    | -0.04    |
| 2     | 6      | 2      | 2.95    | -0.07   | 0.02     | 2.95    | 0.06    | 0.00     | 2.95    | 0.01     | -0.04    |
| 3     | 7      | 3      | 3.74    | -1.57   | 0.91     | 3.74    | 0.94    | -0.02    | 3.74    | -0.03    | -0.55    |
| 4     | 2      | 7      | 4.02    | -0.94   | -0.02    | 4.02    | 1.57    | 0.91     | 4.02    | 0.03     | -0.54    |
| 5     | 1      | 4      | 0.12    | 0.00    | 0.00     | 0.12    | 0.00    | 0.00     | 0.12    | 0.00     | 0.00     |
| 6     | 4      | 5      | 0.25    | -0.01   | 0.00     | 0.25    | -0.01   | -0.02    | 0.25    | -0.01    | -0.01    |
| 7     | 5      | 3      | -2.65   | 0.01    | -0.02    | -2.65   | 0.01    | 0.00     | -2.65   | 0.01     | -0.01    |
| 8     | 4      | 2      | -0.16   | 0.00    | 0.00     | -0.16   | 0.00    | 0.00     | -0.16   | 0.00     | 0.00     |
| 9     | 2      | 5      | -3.13   | 0.00    | 0.00     | -3.13   | 0.00    | 0.00     | -3.13   | 0.00     | 0.00     |
| 10    | 6      | 4      | 0.14    | 0.00    | 0.00     | 0.14    | 0.00    | 0.00     | 0.14    | 0.00     | 0.00     |
| 11    | 5      | 7      | 3.15    | 0.00    | 0.00     | 3.15    | 0.00    | 0.00     | 3.15    | 0.00     | 0.00     |

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

**Forze interne, Carico, : (Qk5) Vento QkwL=-0.844, QkwR=-0.045 [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      | 6      | 3.73    | -0.94   | -0.02    | 3.73    | 1.56    | 0.89     | 3.73    | 0.02     | -0.55    |
| 2     | 6      | 2      | 4.01    | -1.56   | 0.89     | 4.01    | 0.95    | -0.02    | 4.01    | -0.03    | -0.55    |
| 3     | 7      | 3      | 2.93    | -0.07   | 0.00     | 2.93    | 0.07    | 0.00     | 2.93    | 0.01     | -0.05    |
| 4     | 2      | 7      | 2.94    | -0.07   | 0.00     | 2.94    | 0.07    | 0.00     | 2.94    | -0.02    | -0.04    |
| 5     | 1      | 4      | -5.19   | -0.01   | 0.00     | -5.19   | -0.01   | -0.03    | -5.19   | -0.01    | -0.01    |
| 6     | 4      | 5      | -2.30   | 0.01    | -0.03    | -2.30   | 0.01    | 0.00     | -2.30   | 0.01     | -0.02    |
| 7     | 5      | 3      | -2.43   | 0.00    | 0.00     | -2.43   | 0.00    | 0.00     | -2.43   | 0.00     | 0.00     |
| 8     | 4      | 2      | -3.12   | 0.00    | 0.00     | -3.12   | 0.00    | 0.00     | -3.12   | 0.00     | 0.00     |
| 9     | 2      | 5      | -0.14   | 0.00    | 0.00     | -0.14   | 0.00    | 0.00     | -0.14   | 0.00     | 0.00     |
| 10    | 6      | 4      | 3.13    | 0.00    | 0.00     | 3.13    | 0.00    | 0.00     | 3.13    | 0.00     | 0.00     |
| 11    | 5      | 7      | 0.13    | 0.00    | 0.00     | 0.13    | 0.00    | 0.00     | 0.13    | 0.00     | 0.00     |

**Forze interne, Carico, : (Qki) Sovraccario (H) Qi = 1.400 [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      | 6      | -11.20  | 1.13    | 0.03     | -9.31   | -1.81   | -0.98    | -10.47  | 0.00     | 0.67     |
| 2     | 6      | 2      | -9.63   | 1.81    | -0.98    | -7.75   | -1.14   | 0.02     | -8.48   | 0.01     | 0.67     |
| 3     | 7      | 3      | -9.31   | 1.81    | -0.98    | -11.20  | -1.13   | 0.03     | -10.47  | 0.00     | 0.67     |
| 4     | 2      | 7      | -7.75   | 1.14    | 0.02     | -9.63   | -1.81   | -0.98    | -8.48   | -0.01    | 0.67     |
| 5     | 1      | 4      | 8.82    | 0.01    | 0.01     | 8.82    | 0.01    | 0.04     | 8.82    | 0.01     | 0.02     |
| 6     | 4      | 5      | 5.46    | 0.00    | 0.04     | 5.46    | 0.00    | 0.04     | 5.46    | 0.00     | 0.04     |
| 7     | 5      | 3      | 8.82    | -0.01   | 0.04     | 8.82    | -0.01   | 0.01     | 8.82    | -0.01    | 0.02     |
| 8     | 4      | 2      | 3.63    | 0.00    | 0.00     | 3.63    | 0.00    | 0.00     | 3.63    | 0.00     | 0.00     |
| 9     | 2      | 5      | 3.63    | 0.00    | 0.00     | 3.63    | 0.00    | 0.00     | 3.63    | 0.00     | 0.00     |
| 10    | 6      | 4      | -3.64   | 0.00    | 0.00     | -3.64   | 0.00    | 0.00     | -3.64   | 0.00     | 0.00     |
| 11    | 5      | 7      | -3.64   | 0.00    | 0.00     | -3.64   | 0.00    | 0.00     | -3.64   | 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      | 6      | 0.66    | 0.09    | 0.00     | 0.29    | -0.15   | -0.09    | 0.52    | 0.00     | 0.05     |
| 2     | 6      | 2      | 0.27    | 0.15    | -0.09    | -0.10   | -0.09   | 0.00     | 0.04    | 0.00     | 0.05     |
| 3     | 7      | 3      | -0.28   | -0.15   | 0.10     | -0.65   | 0.09    | 0.00     | -0.51   | -0.01    | -0.05    |
| 4     | 2      | 7      | 0.11    | -0.09   | 0.00     | -0.26   | 0.15    | 0.10     | -0.03   | 0.01     | -0.05    |
| 5     | 1      | 4      | 1.15    | 0.00    | 0.00     | 1.15    | 0.00    | 0.00     | 1.15    | 0.00     | 0.00     |
| 6     | 4      | 5      | 0.88    | 0.00    | 0.00     | 0.88    | 0.00    | 0.00     | 0.88    | 0.00     | 0.00     |
| 7     | 5      | 3      | 0.60    | 0.00    | 0.00     | 0.60    | 0.00    | 0.00     | 0.60    | 0.00     | 0.00     |
| 8     | 4      | 2      | 0.30    | 0.00    | 0.00     | 0.30    | 0.00    | 0.00     | 0.30    | 0.00     | 0.00     |
| 9     | 2      | 5      | -0.30   | 0.00    | 0.00     | -0.30   | 0.00    | 0.00     | -0.30   | 0.00     | 0.00     |
| 10    | 6      | 4      | -0.30   | 0.00    | 0.00     | -0.30   | 0.00    | 0.00     | -0.30   | 0.00     | 0.00     |
| 11    | 5      | 7      | 0.30    | 0.00    | 0.00     | 0.30    | 0.00    | 0.00     | 0.30    | 0.00     | 0.00     |

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

**Forze interne, Carico, : (Aey) AeY Sismica qv=0.006x(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      | 6      | -0.16   | 0.01    | 0.00     | -0.13   | -0.02   | -0.01    | -0.15   | 0.00     | 0.01     |
| 2     | 6      | 2      | -0.14   | 0.02    | -0.01    | -0.11   | -0.01   | 0.00     | -0.12   | 0.00     | 0.01     |
| 3     | 7      | 3      | -0.13   | 0.02    | -0.01    | -0.16   | -0.01   | 0.00     | -0.15   | 0.00     | 0.01     |
| 4     | 2      | 7      | -0.11   | 0.01    | 0.00     | -0.14   | -0.02   | -0.01    | -0.12   | 0.00     | 0.01     |
| 5     | 1      | 4      | 0.12    | 0.00    | 0.00     | 0.12    | 0.00    | 0.00     | 0.12    | 0.00     | 0.00     |
| 6     | 4      | 5      | 0.08    | 0.00    | 0.00     | 0.08    | 0.00    | 0.00     | 0.08    | 0.00     | 0.00     |
| 7     | 5      | 3      | 0.12    | 0.00    | 0.00     | 0.12    | 0.00    | 0.00     | 0.12    | 0.00     | 0.00     |
| 8     | 4      | 2      | 0.05    | 0.00    | 0.00     | 0.05    | 0.00    | 0.00     | 0.05    | 0.00     | 0.00     |
| 9     | 2      | 5      | 0.05    | 0.00    | 0.00     | 0.05    | 0.00    | 0.00     | 0.05    | 0.00     | 0.00     |
| 10    | 6      | 4      | -0.05   | 0.00    | 0.00     | -0.05   | 0.00    | 0.00     | -0.05   | 0.00     | 0.00     |
| 11    | 5      | 7      | -0.05   | 0.00    | 0.00     | -0.05   | 0.00    | 0.00     | -0.05   | 0.00     | 0.00     |

**1.8.3. Sforzi all'estremità dell'elemento****Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: ( Gk) Proprio Gk1 = 1.835, Gk2 = 0.280[kN/m]**

| elem. | nodo-1 | nodo-2 | Flx [kN] | Fly [kN] | M1 [kNm] | F2x [kN] | F2y [kN] | M2 [kNm] |
|-------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1     | 1      | 6      | 15.32    | 11.91    | 0.05     | -15.32   | -6.46    | 1.51     |
| 2     | 6      | 2      | 12.71    | 11.47    | -1.51    | -12.71   | -6.02    | -0.03    |
| 3     | 7      | 3      | 15.32    | -6.46    | -1.51    | -15.32   | 11.91    | -0.05    |
| 4     | 2      | 7      | 12.71    | -6.02    | 0.03     | -12.71   | 11.47    | 1.51     |
| 5     | 1      | 4      | -15.32   | 0.39     | 0.02     | 15.32    | 0.55     | 0.25     |
| 6     | 4      | 5      | -9.57    | 0.47     | -0.25    | 9.57     | 0.47     | 0.25     |
| 7     | 5      | 3      | -15.32   | 0.55     | -0.25    | 15.32    | 0.39     | -0.02    |
| 8     | 4      | 2      | -3.14    | -6.02    | 0.00     | 3.14     | 6.02     | 0.00     |
| 9     | 2      | 5      | -3.14    | 6.02     | 0.00     | 3.14     | -6.02    | 0.00     |
| 10    | 6      | 4      | 2.61     | -5.01    | 0.00     | -2.61    | 5.01     | 0.00     |
| 11    | 5      | 7      | 2.61     | 5.01     | 0.00     | -2.61    | -5.01    | 0.00     |

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

**Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: (Qk1) Neve QksL= 3.067, QksR= 3.067[kN/m]**

| elem. | nodo-1 | nodo-2 | Flx[kN] | Fly[kN] | M1[kNm] | F2x[kN] | F2y[kN] | M2[kNm] |
|-------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1     | 1      | 6      | 19.32   | 15.31   | 0.06    | -19.32  | -7.64   | 2.15    |
| 2     | 6      | 2      | 15.63   | 14.72   | -2.15   | -15.63  | -7.05   | -0.04   |
| 3     | 7      | 3      | 19.32   | -7.64   | -2.15   | -19.32  | 15.31   | -0.06   |
| 4     | 2      | 7      | 15.64   | -7.05   | 0.04    | -15.64  | 14.72   | 2.15    |
| 5     | 1      | 4      | -19.32  | 0.02    | 0.01    | 19.32   | -0.02   | -0.09   |
| 6     | 4      | 5      | -11.96  | 0.00    | 0.09    | 11.96   | 0.00    | -0.09   |
| 7     | 5      | 3      | -19.32  | -0.02   | 0.09    | 19.32   | 0.02    | -0.01   |
| 8     | 4      | 2      | -3.67   | -7.05   | 0.00    | 3.67    | 7.05    | 0.00    |
| 9     | 2      | 5      | -3.67   | 7.05    | 0.00    | 3.67    | -7.05   | 0.00    |
| 10    | 6      | 4      | 3.68    | -7.07   | 0.00    | -3.68   | 7.07    | 0.00    |
| 11    | 5      | 7      | 3.68    | 7.07    | 0.00    | -3.68   | -7.07   | 0.00    |

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

**Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: (Qk2) Neve QksL= 1.533, QksR= 3.067[kN/m]**

| elem. | nodo-1 | nodo-2 | Flx[kN] | Fly[kN] | M1[kNm] | F2x[kN] | F2y[kN] | M2[kNm] |
|-------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1     | 1      | 6      | 12.62   | 9.57    | 0.03    | -12.62  | -5.74   | 1.01    |
| 2     | 6      | 2      | 10.79   | 9.24    | -1.01   | -10.79  | -5.40   | -0.01   |
| 3     | 7      | 3      | 16.36   | -5.73   | -2.22   | -16.36  | 13.39   | -0.06   |
| 4     | 2      | 7      | 12.66   | -5.17   | 0.04    | -12.66  | 12.84   | 2.22    |
| 5     | 1      | 4      | -12.61  | 0.01    | 0.01    | 12.61   | -0.01   | -0.04   |
| 6     | 4      | 5      | -8.97   | 0.01    | 0.04    | 8.97    | -0.01   | -0.09   |
| 7     | 5      | 3      | -16.36  | -0.02   | 0.09    | 16.36   | 0.02    | -0.01   |
| 8     | 4      | 2      | -1.82   | -3.50   | 0.00    | 1.82    | 3.50    | 0.00    |
| 9     | 2      | 5      | -3.69   | 7.07    | 0.00    | 3.69    | -7.07   | 0.00    |
| 10    | 6      | 4      | 1.82    | -3.50   | 0.00    | -1.82   | 3.50    | 0.00    |
| 11    | 5      | 7      | 3.70    | 7.11    | 0.00    | -3.70   | -7.11   | 0.00    |

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

**Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: (Qk3) Neve QksL= 3.067, QksR= 1.533[kN/m]**

| elem. | nodo-1 | nodo-2 | Flx[kN] | Fly[kN] | M1[kNm] | F2x[kN] | F2y[kN] | M2[kNm] |
|-------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1     | 1      | 6      | 16.36   | 13.39   | 0.06    | -16.36  | -5.73   | 2.22    |
| 2     | 6      | 2      | 12.66   | 12.84   | -2.22   | -12.66  | -5.17   | -0.04   |
| 3     | 7      | 3      | 12.62   | -5.74   | -1.01   | -12.62  | 9.57    | -0.03   |
| 4     | 2      | 7      | 10.79   | -5.40   | 0.01    | -10.79  | 9.24    | 1.01    |
| 5     | 1      | 4      | -16.36  | 0.02    | 0.01    | 16.36   | -0.02   | -0.09   |
| 6     | 4      | 5      | -8.97   | -0.01   | 0.09    | 8.97    | 0.01    | -0.04   |
| 7     | 5      | 3      | -12.61  | -0.01   | 0.04    | 12.61   | 0.01    | -0.01   |
| 8     | 4      | 2      | -3.69   | -7.07   | 0.00    | 3.69    | 7.07    | 0.00    |
| 9     | 2      | 5      | -1.82   | 3.50    | 0.00    | 1.82    | -3.50   | 0.00    |
| 10    | 6      | 4      | 3.70    | -7.11   | 0.00    | -3.70   | 7.11    | 0.00    |
| 11    | 5      | 7      | 1.82    | 3.50    | 0.00    | -1.82   | -3.50   | 0.00    |

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

**Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: (Qk4) Vento QkwL=-0.045, QkwR=-0.844[kN/m]**

| elem. | nodo-1 | nodo-2 | Flx[kN] | Fly[kN] | M1[kNm] | F2x[kN] | F2y[kN] | M2[kNm] |
|-------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1     | 1      | 6      | -2.44   | -1.64   | 0.00    | 2.51    | 1.52    | -0.02   |
| 2     | 6      | 2      | -2.45   | -1.65   | 0.02    | 2.52    | 1.54    | 0.00    |
| 3     | 7      | 3      | -4.00   | 0.70    | 0.91    | 2.65    | -2.81   | 0.02    |
| 4     | 2      | 7      | -3.90   | 1.38    | -0.02   | 2.54    | -3.49   | -0.91   |
| 5     | 1      | 4      | -0.12   | 0.00    | 0.00    | 0.12    | 0.00    | 0.00    |
| 6     | 4      | 5      | -0.25   | -0.01   | 0.00    | 0.25    | 0.01    | 0.02    |
| 7     | 5      | 3      | 2.65    | 0.01    | -0.02   | -2.65   | -0.01   | 0.00    |
| 8     | 4      | 2      | 0.07    | 0.14    | 0.00    | -0.07   | -0.14   | 0.00    |
| 9     | 2      | 5      | 1.45    | -2.78   | 0.00    | -1.45   | 2.78    | 0.00    |
| 10    | 6      | 4      | -0.07   | 0.13    | 0.00    | 0.07    | -0.13   | 0.00    |
| 11    | 5      | 7      | -1.45   | -2.79   | 0.00    | 1.45    | 2.79    | 0.00    |

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

**Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: (Qk5) Vento QkwL=-0.844, QkwR=-0.045[kN/m]**

| elem. | nodo-1 | nodo-2 | Flx[kN] | Fly[kN] | M1[kNm] | F2x[kN] | F2y[kN] | M2[kNm] |
|-------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1     | 1      | 6      | -2.63   | -2.81   | -0.02   | 3.98    | 0.70    | -0.89   |
| 2     | 6      | 2      | -2.54   | -3.48   | 0.89    | 3.89    | 1.37    | 0.02    |
| 3     | 7      | 3      | -2.50   | 1.52    | 0.00    | 2.43    | -1.63   | 0.00    |
| 4     | 2      | 7      | -2.51   | 1.53    | 0.00    | 2.44    | -1.64   | 0.00    |
| 5     | 1      | 4      | 5.19    | -0.01   | 0.00    | -5.19   | 0.01    | 0.03    |
| 6     | 4      | 5      | 2.30    | 0.01    | -0.03   | -2.30   | -0.01   | 0.00    |
| 7     | 5      | 3      | 2.43    | 0.00    | 0.00    | -2.43   | 0.00    | 0.00    |
| 8     | 4      | 2      | 1.44    | 2.77    | 0.00    | -1.44   | -2.77   | 0.00    |
| 9     | 2      | 5      | 0.07    | -0.13   | 0.00    | -0.07   | 0.13    | 0.00    |
| 10    | 6      | 4      | -1.45   | 2.78    | 0.00    | 1.45    | -2.78   | 0.00    |
| 11    | 5      | 7      | -0.06   | -0.12   | 0.00    | 0.06    | 0.12    | 0.00    |

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

**Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: (Qki) Sovraccario (H) Qi = 1.400[kN/m]**

| elem. | nodo-1 | nodo-2 | Flx[kN] | Fly[kN] | M1[kNm] | F2x[kN] | F2y[kN] | M2[kNm] |
|-------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1     | 1      | 6      | 8.82    | 6.99    | 0.03    | -8.82   | -3.49   | 0.98    |
| 2     | 6      | 2      | 7.14    | 6.72    | -0.98   | -7.14   | -3.22   | -0.02   |
| 3     | 7      | 3      | 8.82    | -3.49   | -0.98   | -8.82   | 6.99    | -0.03   |
| 4     | 2      | 7      | 7.14    | -3.22   | 0.02    | -7.14   | 6.72    | 0.98    |
| 5     | 1      | 4      | -8.82   | 0.01    | 0.01    | 8.82    | -0.01   | -0.04   |
| 6     | 4      | 5      | -5.46   | 0.00    | 0.04    | 5.46    | 0.00    | -0.04   |
| 7     | 5      | 3      | -8.82   | -0.01   | 0.04    | 8.82    | 0.01    | -0.01   |
| 8     | 4      | 2      | -1.68   | -3.22   | 0.00    | 1.68    | 3.22    | 0.00    |
| 9     | 2      | 5      | -1.68   | 3.22    | 0.00    | 1.68    | -3.22   | 0.00    |
| 10    | 6      | 4      | 1.68    | -3.23   | 0.00    | -1.68   | 3.23    | 0.00    |
| 11    | 5      | 7      | 1.68    | 3.23    | 0.00    | -1.68   | -3.23   | 0.00    |

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

**Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: (Aex) AeX Sismica  $q_h=0.053x(G+0.20xQ_{k1})$  [kN/m]**

| elem. | nodo-1 | nodo-2 | Flx[kN] | Fly[kN] | M1[kNm] | F2x[kN] | F2y[kN] | M2[kNm] |
|-------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1     | 1      | 6      | -0.61   | -0.28   | 0.00    | 0.17    | 0.28    | 0.09    |
| 2     | 6      | 2      | -0.30   | -0.02   | -0.09   | -0.14   | 0.02    | 0.00    |
| 3     | 7      | 3      | 0.16    | -0.28   | 0.10    | -0.60   | 0.28    | 0.00    |
| 4     | 2      | 7      | -0.14   | -0.01   | 0.00    | -0.30   | 0.01    | -0.10   |
| 5     | 1      | 4      | -1.15   | 0.00    | 0.00    | 1.15    | 0.00    | 0.00    |
| 6     | 4      | 5      | -0.88   | 0.00    | 0.00    | 0.88    | 0.00    | 0.00    |
| 7     | 5      | 3      | -0.60   | 0.00    | 0.00    | 0.60    | 0.00    | 0.00    |
| 8     | 4      | 2      | -0.14   | -0.26   | 0.00    | 0.14    | 0.26    | 0.00    |
| 9     | 2      | 5      | 0.14    | -0.27   | 0.00    | -0.14   | 0.27    | 0.00    |
| 10    | 6      | 4      | 0.14    | -0.26   | 0.00    | -0.14   | 0.26    | 0.00    |
| 11    | 5      | 7      | -0.14   | -0.27   | 0.00    | 0.14    | 0.27    | 0.00    |

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

**Sforzi all'estremità dell'elemento, Carico: (Aey) AeY Sismica  $q_v=0.006x(G+0.20xQ_{k1})$  [kN/m]**

| elem. | nodo-1 | nodo-2 | Flx[kN] | Fly[kN] | M1[kNm] | F2x[kN] | F2y[kN] | M2[kNm] |
|-------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1     | 1      | 6      | 0.12    | 0.10    | 0.00    | -0.12   | -0.05   | 0.01    |
| 2     | 6      | 2      | 0.10    | 0.09    | -0.01   | -0.10   | -0.05   | 0.00    |
| 3     | 7      | 3      | 0.12    | -0.05   | -0.01   | -0.12   | 0.10    | 0.00    |
| 4     | 2      | 7      | 0.10    | -0.05   | 0.00    | -0.10   | 0.09    | 0.01    |
| 5     | 1      | 4      | -0.12   | 0.00    | 0.00    | 0.12    | 0.00    | 0.00    |
| 6     | 4      | 5      | -0.08   | 0.00    | 0.00    | 0.08    | 0.00    | 0.00    |
| 7     | 5      | 3      | -0.12   | 0.00    | 0.00    | 0.12    | 0.00    | 0.00    |
| 8     | 4      | 2      | -0.02   | -0.05   | 0.00    | 0.02    | 0.05    | 0.00    |
| 9     | 2      | 5      | -0.02   | 0.05    | 0.00    | 0.02    | -0.05   | 0.00    |
| 10    | 6      | 4      | 0.02    | -0.04   | 0.00    | -0.02   | 0.04    | 0.00    |
| 11    | 5      | 7      | 0.02    | 0.04    | 0.00    | -0.02   | -0.04   | 0.00    |

(sforzi alle estremità dell'elemento nel sistema di coordinate globali x-y)

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

| nodo | Gk    | Qk1   | Qk2   | Qk3   | Qk4  | Qk5  | Qki   |
|------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| 1    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00  |
| 2    | -1.82 | -2.28 | -1.71 | -1.71 | 0.25 | 0.41 | -2.92 |
| 3    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00  |
| 4    | -2.05 | -2.55 | -1.76 | -2.06 | 0.23 | 0.56 | -3.18 |
| 5    | -2.05 | -2.55 | -2.06 | -1.76 | 0.42 | 0.37 | -3.33 |
| 6    | -1.92 | -2.41 | -1.63 | -1.98 | 0.20 | 0.55 | -2.99 |
| 7    | -1.92 | -2.41 | -1.98 | -1.63 | 0.42 | 0.33 | -3.16 |

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

| nodo | reaz. | Gk    | Qk1   | Qk2   | Qk3   | Qk4   | Qk5   | Qki  |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 1    | Fx    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | -2.56 | 2.56  | 0.00 |
| 1    | Fy    | 12.29 | 15.33 | 9.58  | 13.42 | -1.63 | -2.81 | 7.00 |
| 3    | Fx    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00 |
| 3    | Fy    | 12.29 | 15.33 | 13.42 | 9.58  | -2.81 | -1.63 | 7.00 |

**1.9. Reazioni agli appoggi combinazione di carichi (kN)**

| Carico [kN/m]                           | Azione     | $\gamma_g$ | $\gamma_q$ | $\psi_0$ |      |
|---|------------|------------|------------|----------|------|
| ( Gk) Proprio Gk1 = 1.835, Gk2 = 0.280  | Permanente |            | 1.30       | 0.00     | 1.00 |
| (Qk1) Neve QksL= 3.067, QksR= 3.067     | Breve      |            | 0.00       | 1.50     | 0.70 |
| (Qk2) Neve QksL= 1.533, QksR= 3.067     | Breve      |            | 0.00       | 1.50     | 0.70 |
| (Qk3) Neve QksL= 3.067, QksR= 1.533     | Breve      |            | 0.00       | 1.50     | 0.70 |
| (Qk4) Vento QkwL=-0.045, QkwR=-0.844    | Breve      |            | 0.00       | 1.50     | 0.60 |
| (Qk5) Vento QkwL=-0.844, QkwR=-0.045    | Breve      |            | 0.00       | 1.50     | 0.60 |
| (Qki) Sovraccario (H) Qi = 1.400        | 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 |            |            |          |      |

**1.9.1. Reazioni nel nodo : 1 (kN)**

| L.C. | Combinazione di carichi  | classe di  | durata | kmod   | Fx     | Fy     | Fx/Kmod | Fy/Kmod |
|------|--|------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1    | $\gamma_g \cdot G_k$   | Permanente | 0.60   | 0.002  | 15.981 | 0.003  | 26.636  |         |
| 2    | $\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k1}$   | Breve      | 0.90   | 0.004  | 38.981 | 0.004  | 43.312  |         |
| 3    | $\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k2}$   | Breve      | 0.90   | 0.003  | 30.356 | 0.004  | 33.729  |         |
| 4    | $\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k3}$   | Breve      | 0.90   | 0.003  | 36.106 | 0.004  | 40.118  |         |
| 5    | $\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k4}$   | Breve      | 0.90   | -3.835 | 13.530 | -4.261 | 15.033  |         |
| 6    | $\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k5}$   | Breve      | 0.90   | 3.838  | 11.760 | 4.264  | 13.067  |         |
| 7    | $\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{ki}$   | Breve      | 0.90   | 0.003  | 26.481 | 0.003  | 29.424  |         |
| 8    | $\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k1} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k4}$                                      | Breve      | 0.90   | -2.298 | 37.510 | -2.553 | 41.678  |         |
| 9    | $\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k1} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k5}$                                      | Breve      | 0.90   | 2.305  | 36.449 | 2.562  | 40.498  |         |
| 10   | $\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k2} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k4}$                                      | Breve      | 0.90   | -2.299 | 28.885 | -2.554 | 32.095  |         |
| 11   | $\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k2} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k5}$                                      | Breve      | 0.90   | 2.305  | 27.824 | 2.561  | 30.915  |         |
| 12   | $\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k3} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k4}$                                      | Breve      | 0.90   | -2.299 | 34.635 | -2.554 | 38.484  |         |
| 13   | $\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k3} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k5}$                                      | Breve      | 0.90   | 2.305  | 33.574 | 2.561  | 37.304  |         |
| 14   | $\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k4} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k1}$                                      | Breve      | 0.90   | -3.833 | 29.630 | -4.259 | 32.922  |         |
| 15   | $\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k4} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k2}$                                      | Breve      | 0.90   | -3.834 | 23.592 | -4.260 | 26.214  |         |
| 16   | $\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k4} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k3}$                                      | Breve      | 0.90   | -3.834 | 27.617 | -4.260 | 30.686  |         |
| 17   | $\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k5} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k1}$                                      | Breve      | 0.90   | 3.839  | 27.860 | 4.266  | 30.956  |         |
| 18   | $\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k5} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k2}$                                      | Breve      | 0.90   | 3.839  | 21.823 | 4.265  | 24.248  |         |
| 19   | $\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k5} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k3}$                                      | Breve      | 0.90   | 3.839  | 25.848 | 4.265  | 28.720  |         |
| 20   | $\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{ki} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k1} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k4}$ | Breve      | 0.90   | -2.298 | 41.110 | -2.553 | 45.678  |         |
| 21   | $\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{ki} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k1} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k5}$ | Breve      | 0.90   | 2.306  | 40.049 | 2.562  | 44.498  |         |
| 22   | $\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{ki} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k2} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k4}$ | Breve      | 0.90   | -2.298 | 35.073 | -2.554 | 38.970  |         |
| 23   | $\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{ki} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k2} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k5}$ | Breve      | 0.90   | 2.305  | 34.011 | 2.562  | 37.790  |         |
| 24   | $\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{ki} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k3} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k4}$ | Breve      | 0.90   | -2.298 | 39.098 | -2.553 | 43.442  |         |
| 25   | $\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{ki} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k3} + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Q_{k5}$ | Breve      | 0.90   | 2.306  | 38.036 | 2.562  | 42.262  |         |
| 26   | Gk+0.2xQk1 + AedX  | Accidental | 1.00   | 1.740  | 15.641 | 1.740  | 15.641  |         |
| 27   | Gk+0.2xQk1 + AedY  | Accidental | 1.00   | 0.002  | 15.458 | 0.002  | 15.458  |         |
|      | Valori massimi   |            |        |        | 3.839  | 41.110 | 4.266   | 45.678  |
| 28   | $\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k4} = 0.9G_k + 1.5Q_{k4}$ , (EQU)  | Breve      | 0.90   | -3.836 | 8.612  | -4.262 | 9.569   |         |
| 29   | $\gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot Q_{k5} = 0.9G_k + 1.5Q_{k5}$ , (EQU)  | Breve      | 0.90   | 3.837  | 6.843  | 4.263  | 7.603   |         |

**1.9.2. Reazioni nel nodo : 3 (kN)**

| L.C. | Combinazione di carichi          | classe di  | durata | kmod   | Fx     | Fy     | Fx/Kmod | Fy/Kmod |
|------|----------------------------------|------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1    | yg.Gk                            | Permanente | 0.60   | 0.000  | 15.981 | 0.000  | 26.635  |         |
| 2    | yg.Gk+yq.Qk1                     | Breve      | 0.90   | -0.001 | 38.980 | -0.001 | 43.311  |         |
| 3    | yg.Gk+yq.Qk2                     | Breve      | 0.90   | -0.001 | 36.105 | -0.001 | 40.117  |         |
| 4    | yg.Gk+yq.Qk3                     | Breve      | 0.90   | 0.000  | 30.355 | -0.001 | 33.728  |         |
| 5    | yg.Gk+yq.Qk4                     | Breve      | 0.90   | 0.000  | 11.760 | 0.000  | 13.066  |         |
| 6    | yg.Gk+yq.Qk5                     | Breve      | 0.90   | 0.000  | 13.529 | 0.000  | 15.033  |         |
| 7    | yg.Gk+yq.Qki                     | Breve      | 0.90   | 0.000  | 26.481 | 0.000  | 29.423  |         |
| 8    | yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk4           | Breve      | 0.90   | -0.001 | 36.447 | -0.001 | 40.497  |         |
| 9    | yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk5           | Breve      | 0.90   | -0.001 | 37.509 | -0.001 | 41.677  |         |
| 10   | yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk4           | Breve      | 0.90   | -0.001 | 33.573 | -0.001 | 37.303  |         |
| 11   | yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk5           | Breve      | 0.90   | -0.001 | 34.634 | -0.001 | 38.483  |         |
| 12   | yg.Gk+yq.Qk3+yq.ψo.Qk4           | Breve      | 0.90   | 0.000  | 27.823 | 0.000  | 30.914  |         |
| 13   | yg.Gk+yq.Qk3+yq.ψo.Qk5           | Breve      | 0.90   | 0.000  | 28.884 | 0.000  | 32.094  |         |
| 14   | yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk1           | Breve      | 0.90   | 0.000  | 27.859 | -0.001 | 30.955  |         |
| 15   | yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk2           | Breve      | 0.90   | 0.000  | 25.847 | -0.001 | 28.719  |         |
| 16   | yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk3           | Breve      | 0.90   | 0.000  | 21.822 | 0.000  | 24.247  |         |
| 17   | yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk1           | Breve      | 0.90   | 0.000  | 29.629 | 0.000  | 32.921  |         |
| 18   | yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk2           | Breve      | 0.90   | 0.000  | 27.617 | 0.000  | 30.685  |         |
| 19   | yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk3           | Breve      | 0.90   | 0.000  | 23.592 | 0.000  | 26.213  |         |
| 20   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk4 | Breve      | 0.90   | -0.001 | 40.047 | -0.001 | 44.497  |         |
| 21   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk5 | Breve      | 0.90   | -0.001 | 41.109 | -0.001 | 45.677  |         |
| 22   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk2+yq.ψo.Qk4 | Breve      | 0.90   | -0.001 | 38.035 | -0.001 | 42.261  |         |
| 23   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk2+yq.ψo.Qk5 | Breve      | 0.90   | -0.001 | 39.097 | -0.001 | 43.441  |         |
| 24   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk3+yq.ψo.Qk4 | Breve      | 0.90   | -0.001 | 34.010 | -0.001 | 37.789  |         |
| 25   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk3+yq.ψo.Qk5 | Breve      | 0.90   | 0.000  | 35.072 | -0.001 | 38.969  |         |
| 26   | Gk+0.2xQk1 + AedX                | Accidental | 1.00   | 0.000  | 15.641 | 0.000  | 15.641  |         |
| 27   | Gk+0.2xQk1 + AedY                | Accidental | 1.00   | 0.000  | 15.458 | 0.000  | 15.458  |         |
|      | Valori massimi                   |            |        |        | 0.001  | 41.109 | 0.001   | 45.677  |
| 28   | yg.Gk+yq.Qk4=0.9Gk+1.5Qk4, (EQU) | Breve      | 0.90   | 0.000  | 6.843  | 0.000  | 7.603   |         |
| 29   | yg.Gk+yq.Qk5=0.9Gk+1.5Qk5, (EQU) | Breve      | 0.90   | 0.000  | 8.612  | 0.000  | 9.569   |         |

**1.10. Stato limite di servizio****1.10.1. 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 = 1.835, Gk2 = 0.280 | -2.053 | Permanente | 1.00     | 1.00     | 1.00     | 1.00 | 0.60 |  |
| (Qk1) Neve    | QksL= 3.067, QksR= 3.067 | -2.547 | Breve      | 0.70     | 0.50     | 0.20     | 0.20 | 0.60 |  |
| (Qk2) Neve    | QksL= 1.533, QksR= 3.067 | -1.764 | Breve      | 0.70     | 0.50     | 0.20     | 0.20 | 0.60 |  |
| (Qk3) Neve    | QksL= 3.067, QksR= 1.533 | -2.056 | Breve      | 0.70     | 0.50     | 0.20     | 0.20 | 0.60 |  |
| (Qk4) Vento   | QkwL=-0.045, QkwR=-0.844 | 0.232  | Breve      | 0.60     | 0.20     | 0.00     | 0.00 | 0.60 |  |
| (Qk5) Vento   | QkwL=-0.844, QkwR=-0.045 | 0.556  | Breve      | 0.60     | 0.20     | 0.00     | 0.00 | 0.60 |  |

| Combinazione di carico      | w.inst | w.fin [mm] |
|-----------------------------|--------|------------|
| 1 Gk                        | 2.053  | 3.285      |
| 2 Gk + Qk1                  | 4.600  | 6.137      |
| 3 Gk + Qk2                  | 3.817  | 5.260      |
| 4 Gk + Qk3                  | 4.110  | 5.588      |
| 5 Gk + Qk4                  | 2.053  | 3.285      |
| 6 Gk + Qk5                  | 2.053  | 3.285      |
| 7 Gk + Qk1 + $\psi_0$ .Qk4  | 4.600  | 6.137      |
| 8 Gk + Qk1 + $\psi_0$ .Qk5  | 4.600  | 6.137      |
| 9 Gk + Qk2 + $\psi_0$ .Qk4  | 3.817  | 5.260      |
| 10 Gk + Qk2 + $\psi_0$ .Qk5 | 3.817  | 5.260      |
| 11 Gk + Qk3 + $\psi_0$ .Qk4 | 4.110  | 5.588      |
| 12 Gk + Qk3 + $\psi_0$ .Qk5 | 4.110  | 5.588      |
| 13 Gk + Qk4 + $\psi_0$ .Qk1 | 3.836  | 5.373      |
| 14 Gk + Qk4 + $\psi_0$ .Qk2 | 3.288  | 4.731      |
| 15 Gk + Qk4 + $\psi_0$ .Qk3 | 3.493  | 4.971      |
| 16 Gk + Qk5 + $\psi_0$ .Qk1 | 3.836  | 5.373      |
| 17 Gk + Qk5 + $\psi_0$ .Qk2 | 3.288  | 4.731      |
| 18 Gk + Qk5 + $\psi_0$ .Qk3 | 3.493  | 4.971      |

w.fin,g=w.inst,g(1+kdef), w.fin,q=w.inst,q(1+ $\psi_2$ ·kdef) (EC5 §2.2.3, Eq.2.3, Eq.2.4)

**Massimi valori della freccia nel nodo 4**

w.inst = 4.600 mm, w.fin = 6.137 mm

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

w.inst = 4.600 mm < L/300=10000/300= 33.333 mm

w.net,fin = 6.137 mm < L/250=10000/250= 40.000 mm

w.fin = 6.137 mm < L/150=10000/150= 66.667 mm

La verifica è soddisfatta

**1.10.2. Stato limite di servizio** (UNI EN1995-1-1:2009, §2.2.3, §7)**Deformazione a flessione a metà asta 2** (EC5 §7.2)

| Carico [kN/m] |                          | u[mm] | Azione | $\psi_0$   | $\psi_1$ | $\psi_2$ | Kdef |      |
|---------------|--------------------------|-------|--------|------------|----------|----------|------|------|
| (Gk) Proprio  | Gk1 = 1.835, Gk2 = 0.280 |       | 0.830  | Permanente | 1.00     | 1.00     | 1.00 | 0.60 |
| (Qk1) Neve    | QksL= 3.067, QksR= 3.067 |       | 1.387  | Breve      | 0.70     | 0.50     | 0.20 | 0.60 |
| (Qk2) Neve    | QksL= 1.533, QksR= 3.067 |       | 0.693  | Breve      | 0.70     | 0.50     | 0.20 | 0.60 |
| (Qk3) Neve    | QksL= 3.067, QksR= 1.533 |       | 1.387  | Breve      | 0.70     | 0.50     | 0.20 | 0.60 |
| (Qk4) Vento   | QkwL=-0.045, QkwR=-0.844 |       | -0.024 | Breve      | 0.60     | 0.20     | 0.00 | 0.60 |
| (Qk5) Vento   | QkwL=-0.844, QkwR=-0.045 |       | -0.453 | Breve      | 0.60     | 0.20     | 0.00 | 0.60 |

| Combinazione di carico      | w.inst | w.fin [mm] |
|-----------------------------|--------|------------|
| 1 Gk                        | 0.830  | 1.328      |
| 2 Gk + Qk1                  | 2.217  | 2.881      |
| 3 Gk + Qk2                  | 1.523  | 2.104      |
| 4 Gk + Qk3                  | 2.217  | 2.881      |
| 5 Gk + Qk4                  | 0.830  | 1.328      |
| 6 Gk + Qk5                  | 0.830  | 1.328      |
| 7 Gk + Qk1 + $\psi_0$ .Qk4  | 2.217  | 2.881      |
| 8 Gk + Qk1 + $\psi_0$ .Qk5  | 2.217  | 2.881      |
| 9 Gk + Qk2 + $\psi_0$ .Qk4  | 1.523  | 2.104      |
| 10 Gk + Qk2 + $\psi_0$ .Qk5 | 1.523  | 2.104      |
| 11 Gk + Qk3 + $\psi_0$ .Qk4 | 2.217  | 2.881      |
| 12 Gk + Qk3 + $\psi_0$ .Qk5 | 2.217  | 2.881      |
| 13 Gk + Qk4 + $\psi_0$ .Qk1 | 1.801  | 2.465      |
| 14 Gk + Qk4 + $\psi_0$ .Qk2 | 1.315  | 1.896      |
| 15 Gk + Qk4 + $\psi_0$ .Qk3 | 1.801  | 2.465      |
| 16 Gk + Qk5 + $\psi_0$ .Qk1 | 1.801  | 2.465      |
| 17 Gk + Qk5 + $\psi_0$ .Qk2 | 1.315  | 1.896      |
| 18 Gk + Qk5 + $\psi_0$ .Qk3 | 1.801  | 2.465      |

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

**Massimi valori della freccia a metà asta 2**

$w_{inst} = 2.217$  mm,  $w_{fin} = 2.881$  mm

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

Deformazioni finali a metà asta 2

$w_{inst} = 2.217$  mm <  $L/300 = 2968/300 = 9.894$  mm

$w_{net,fin} = 2.881$  mm <  $L/250 = 2968/250 = 11.873$  mm

$w_{fin} = 2.881$  mm <  $L/150 = 2968/150 = 19.788$  mm

La verifica è soddisfatta

**1.11. 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   | 11.37547      | 0.08791      |
| 2   | 15.06753      | 0.06637      |
| 3   | 17.77960      | 0.05624      |
| 4   | 20.90016      | 0.04785      |
| 5   | 26.88098      | 0.03720      |
| 6   | 29.41641      | 0.03399      |
| 7   | 30.41417      | 0.03288      |

**1.12. Stato limite ultimo****1.12.1. Stato limite ultimo** (UNI EN1995-1-1:2009, §6)**Puntone, elementi: 1, 2, 3, 4**

| Carico [kN/m]                           | Azione     | $\gamma_g$ | $\gamma_q$ | $\psi_0$ |      |
|---|------------|------------|------------|----------|------|
| (Gk) Proprio Gk1 = 1.835, Gk2 = 0.280   | Permanente |            | 1.30       | 0.00     | 1.00 |
| (Qk1) Neve QksL= 3.067, QksR= 3.067     | Breve      |            | 0.00       | 1.50     | 0.70 |
| (Qk2) Neve QksL= 1.533, QksR= 3.067     | Breve      |            | 0.00       | 1.50     | 0.70 |
| (Qk3) Neve QksL= 3.067, QksR= 1.533     | Breve      |            | 0.00       | 1.50     | 0.70 |
| (Qk4) Vento QkwL=-0.045, QkwR=-0.844    | Breve      |            | 0.00       | 1.50     | 0.60 |
| (Qk5) Vento QkwL=-0.844, QkwR=-0.045    | Breve      |            | 0.00       | 1.50     | 0.60 |
| (Qki) Sovraccario (H) Qi = 1.400        | 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 | -41.862 | 0.000   | 6.105  | 3.264  |
| 2              | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1$   | Breve            | 0.90 | -68.780 | 0.000   | 10.695 | 5.766  |
| 3              | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2$   | Breve            | 0.90 | -62.908 | 0.000   | 10.730 | 5.870  |
| 4              | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk3$   | Breve            | 0.90 | -62.908 | 0.000   | 10.730 | 5.870  |
| 5              | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk4$   | Breve            | 0.90 | -27.908 | 0.000   | 4.070  | 2.176  |
| 6              | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk5$   | Breve            | 0.90 | -27.908 | 0.000   | 4.070  | 2.176  |
| 7              | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki$   | Breve            | 0.90 | -46.567 | 0.000   | 7.094  | 3.815  |
| 8              | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$                                   | Breve            | 0.90 | -68.780 | 0.000   | 10.695 | 5.766  |
| 9              | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$                                   | Breve            | 0.90 | -68.780 | 0.000   | 10.695 | 5.766  |
| 10             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$                                   | Breve            | 0.90 | -62.908 | 0.000   | 10.730 | 5.870  |
| 11             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$                                   | Breve            | 0.90 | -62.908 | 0.000   | 10.730 | 5.870  |
| 12             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk3 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$                                   | Breve            | 0.90 | -62.908 | 0.000   | 10.730 | 5.870  |
| 13             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk3 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$                                   | Breve            | 0.90 | -62.908 | 0.000   | 10.730 | 5.870  |
| 14             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk4 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1$                                   | Breve            | 0.90 | -56.519 | 0.000   | 8.708  | 4.689  |
| 15             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk4 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2$                                   | Breve            | 0.90 | -52.408 | 0.000   | 8.732  | 4.762  |
| 16             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk4 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk3$                                   | Breve            | 0.90 | -52.408 | 0.000   | 8.732  | 4.762  |
| 17             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk5 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1$                                   | Breve            | 0.90 | -56.519 | 0.000   | 8.708  | 4.689  |
| 18             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk5 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2$                                   | Breve            | 0.90 | -52.408 | 0.000   | 8.732  | 4.762  |
| 19             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk5 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk3$                                   | Breve            | 0.90 | -52.408 | 0.000   | 8.732  | 4.762  |
| 20             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$ | Breve            | 0.90 | -75.178 | 0.000   | 11.732 | 6.328  |
| 21             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$ | Breve            | 0.90 | -75.178 | 0.000   | 11.732 | 6.328  |
| 22             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$ | Breve            | 0.90 | -71.067 | 0.000   | 11.756 | 6.400  |
| 23             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$ | Breve            | 0.90 | -71.067 | 0.000   | 11.756 | 6.400  |
| 24             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk3 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$ | Breve            | 0.90 | -71.067 | 0.000   | 11.756 | 6.401  |
| 25             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk3 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$ | Breve            | 0.90 | -71.067 | 0.000   | 11.756 | 6.401  |
| 26             | Gk+0.2xQk1 + AedX  | Accidental       | 1.00 | -16.586 | 0.000   | 2.507  | 1.349  |
| 27             | Gk+0.2xQk1 + AedY  | Accidental       | 1.00 | -16.254 | 0.000   | 2.424  | 1.300  |
| Valori massimi |  |                  |      | -75.178 | 0.000   | 11.756 | 6.401  |

**1.12.2. Verifica della sezione Puntone, elementi: 1, 2, 3, 4****Puntone, elementi: 1, 2, 3, 4, combinazione di carico No 21****Compressione parallela alla fibratura, Fc0d=-67.660 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=21.00 N/mm<sup>2</sup>, fc0d=Kmod·fc0k/ $\gamma_M=0.90 \times 21.00 / 1.50 = 12.60$  N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14)Fc0d=-67.660 kN, oc0d=Fc0d/Anetto=1000x67.660/16875=4.01 N/mm<sup>2</sup> < 12.60 N/mm<sup>2</sup>=fc0d (Eq.6.2)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 1, 2, 3, 4, combinazione di carico No 25****Taglio, Fv=10.581 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 γM=1.50 (Tab. 2.3)

fvk=4.00 N/mm<sup>2</sup>, fvd=Kmod·fvk/γM=0.90x4.00/1.50=2.40N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14)Fv=10.581 kN, fv0d=1.50Fv0d/Anetto=1000x1.50x10.581/11250=1.41N/mm<sup>2</sup> < 2.40N/mm<sup>2</sup>=fv0d (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 1, 2, 3, 4, combinazione di carico No 25****Flessione, Myd=5.761 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 γM=1.50 (DM2008

fmyk=24.00 N/mm<sup>2</sup>, fmyd=Kmod·fmyk/γM=0.90x24.00/1.50=14.40N/mm<sup>2</sup>fmzk=24.00 N/mm<sup>2</sup>, fmzd=Kmod·fmzk/γM=0.90x24.00/1.50=14.40N/mm<sup>2</sup>

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

omyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x5.761/6.328E+005= 9.10 N/mm<sup>2</sup>omzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/2.109E+005= 0.00 N/mm<sup>2</sup>

omyd/fmyd+Km.omzd/fmzd=0.632+0.000= 0.63 &lt; 1 (EC5 Eq.6.11)

Km.omyd/fmyd+omzd/fmzd=0.443+0.000= 0.44 &lt; 1 (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 1, 2, 3, 4, combinazione di carico No 21****Flessione e compressione assiale combinate, Fc0d=-67.660kN, Myd=5.695kNm, Mzd=0.000kNm** (§6.2.4)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=21.00 N/mm<sup>2</sup>, fc0d=Kmod·fc0k/γM=0.90x21.00/1.50=12.60N/mm<sup>2</sup>fmyk=24.00 N/mm<sup>2</sup>, fmyd=Kmod·fmyk/γM=0.90x24.00/1.50=14.40N/mm<sup>2</sup>fmzk=24.00 N/mm<sup>2</sup>, fmzd=Kmod·fmzk/γM=0.90x24.00/1.50=14.40N/mm<sup>2</sup>

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

sc0d=Fc0d/Anetto=1000x67.660/16875= 4.01 N/mm<sup>2</sup>omyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x5.695/6.328E+005= 9.00 N/mm<sup>2</sup>omzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/2.109E+005= 0.00 N/mm<sup>2</sup>(sc0d/fc0d)<sup>2</sup>+omyd/fmyd+Km.omzd/fmzd=0.101+0.625+0.000= 0.73 < 1 (EC5 Eq.6.19)(sc0d/fc0d)<sup>2</sup>+Km.omyd/fmyd+omzd/fmzd=0.101+0.437+0.000= 0.54 < 1 (EC5 Eq.6.20)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 1, 2, 3, 4, combinazione di carico No 25****Flessione e compressione assiale combinate, Fc0d=-63.960kN, Myd=5.761kNm, Mzd=0.000kNm** (§6.2.4)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=21.00 N/mm<sup>2</sup>, fc0d=Kmod·fc0k/γM=0.90x21.00/1.50=12.60N/mm<sup>2</sup>fmyk=24.00 N/mm<sup>2</sup>, fmyd=Kmod·fmyk/γM=0.90x24.00/1.50=14.40N/mm<sup>2</sup>fmzk=24.00 N/mm<sup>2</sup>, fmzd=Kmod·fmzk/γM=0.90x24.00/1.50=14.40N/mm<sup>2</sup>

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

sc0d=Fc0d/Anetto=1000x63.960/16875= 3.79 N/mm<sup>2</sup>omyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x5.761/6.328E+005= 9.10 N/mm<sup>2</sup>omzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/2.109E+005= 0.00 N/mm<sup>2</sup>(sc0d/fc0d)<sup>2</sup>+omyd/fmyd+Km.omzd/fmzd=0.090+0.632+0.000= 0.72 < 1 (EC5 Eq.6.19)(sc0d/fc0d)<sup>2</sup>+Km.omyd/fmyd+omzd/fmzd=0.090+0.443+0.000= 0.53 < 1 (EC5 Eq.6.20)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 1, 2, 3, 4, combinazione di carico No 21****Stabilità a pressoflessione,  $F_{c0d}=-67.660\text{kN}$ ,  $M_{yd}=5.695\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$**  (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  $\gamma_M=1.50$ ,  $E_{005}=7400\text{N/mm}^2$  $f_{c0k}=21.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{mod}\cdot f_{c0k}/\gamma_M=0.90\times 21.00/1.50=12.60\text{N/mm}^2$  $f_{myk}=24.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod}\cdot f_{myk}/\gamma_M=0.90\times 24.00/1.50=14.40\text{N/mm}^2$  $f_{mk}=24.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod}\cdot f_{mk}/\gamma_M=0.90\times 24.00/1.50=14.40\text{N/mm}^2$ Sezione rettangolare  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2)) $\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{netto}=1000\times 67.660/16875= 4.01\text{ N/mm}^2$  $\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,netto}=1\text{E}+06\times 5.695/6.328\text{E}+005= 9.00\text{ N/mm}^2$  $\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,netto}=1\text{E}+06\times 0.000/2.109\text{E}+005= 0.00\text{ N/mm}^2$ Lunghezza libera di inflessione  $S_k$  $S_{ky}= 1.00\times 2.968=2.968\text{ m}= 2968\text{ mm}$  (più sfavorevole) $S_{kz}= 0.10\times 2.968=0.300\text{ m}= 300\text{ mm}$  (lunghezza efficace/lunghezza totale= $0.30/2.97=0.10$ )Snellezza $i_y=\sqrt{I_y/A}=0.289\times 225= 65\text{ mm}$ ,  $\lambda_y= 2968/ 65= 45.66$  $i_z=\sqrt{I_z/A}=0.289\times 75= 22\text{ mm}$ ,  $\lambda_z= 300/ 22= 13.64$ Tensioni critiche $\sigma_{c,crity}=\pi^2 E_{005}/\lambda_y^2= 35.03\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,y}= \sqrt{(f_{c0k}/\sigma_{c,crity})}= 0.77$  (EC5 Eq.6.21) $\sigma_{c,critz}=\pi^2 E_{005}/\lambda_z^2= 392.56\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,z}= \sqrt{(f_{c0k}/\sigma_{c,critz})}= 0.23$  (EC5 Eq.6.22) $\beta_c=0.20$  (legno massiccio) $k_y=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel,y}-0.3)+\lambda_{rel,y}^2]= 0.85$ ,  $K_{cy}=1/(k_y+\sqrt{(k_y^2-\lambda_{rel,y}^2)})=0.840$  (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) $\sigma_{c0d}/(K_{cy}\cdot f_{c0d})+\sigma_{myd}/f_{myd}+K_m\cdot\sigma_{mzd}/f_{mzd}=0.379+0.625+0.000= 1.00 \leq 1$  (EC5 Eq.6.23) $\sigma_{c0d}/(K_{cz}\cdot f_{c0d})+K_m\cdot\sigma_{myd}/f_{myd}+\sigma_{mzd}/f_{mzd}=0.318+0.437+0.000= 0.76 < 1$  (EC5 Eq.6.24)

La verifica è soddisfatta

**Puntone, elementi: 1, 2, 3, 4, combinazione di carico No 25****Stabilità a pressoflessione,  $F_{c0d}=-63.960\text{kN}$ ,  $M_{yd}=5.761\text{kNm}$ ,  $M_{zd}=0.000\text{kNm}$**  (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  $\gamma_M=1.50$ ,  $E_{005}=7400\text{N/mm}^2$  $f_{c0k}=21.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{mod}\cdot f_{c0k}/\gamma_M=0.90\times 21.00/1.50=12.60\text{N/mm}^2$  $f_{myk}=24.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod}\cdot f_{myk}/\gamma_M=0.90\times 24.00/1.50=14.40\text{N/mm}^2$  $f_{mk}=24.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod}\cdot f_{mk}/\gamma_M=0.90\times 24.00/1.50=14.40\text{N/mm}^2$ Sezione rettangolare  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2)) $\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{netto}=1000\times 63.960/16875= 3.79\text{ N/mm}^2$  $\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,netto}=1\text{E}+06\times 5.761/6.328\text{E}+005= 9.10\text{ N/mm}^2$  $\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,netto}=1\text{E}+06\times 0.000/2.109\text{E}+005= 0.00\text{ N/mm}^2$ Lunghezza libera di inflessione  $S_k$  $S_{ky}= 1.00\times 2.968=2.968\text{ m}= 2968\text{ mm}$  (più sfavorevole) $S_{kz}= 0.10\times 2.968=0.300\text{ m}= 300\text{ mm}$  (lunghezza efficace/lunghezza totale= $0.30/2.97=0.10$ )Snellezza $i_y=\sqrt{I_y/A}=0.289\times 225= 65\text{ mm}$ ,  $\lambda_y= 2968/ 65= 45.66$  $i_z=\sqrt{I_z/A}=0.289\times 75= 22\text{ mm}$ ,  $\lambda_z= 300/ 22= 13.64$ Tensioni critiche $\sigma_{c,crity}=\pi^2 E_{005}/\lambda_y^2= 35.03\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,y}= \sqrt{(f_{c0k}/\sigma_{c,crity})}= 0.77$  (EC5 Eq.6.21) $\sigma_{c,critz}=\pi^2 E_{005}/\lambda_z^2= 392.56\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,z}= \sqrt{(f_{c0k}/\sigma_{c,critz})}= 0.23$  (EC5 Eq.6.22)

$\beta_c=0.20$  (legno massiccio)

$k_y=0.5[1+\beta_c(\lambda_{rel,y}-0.3)+\lambda_{rel,y}^2]=0.85$ ,  $K_{cy}=1/(k_y+\sqrt{(k_y^2-\lambda_{rel,y}^2)})=0.840$  (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)

$\sigma_{cd}/(K_{cy} \cdot f_{cd}) + \sigma_{myd}/f_{myd} + K_{mz} \cdot \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.358 + 0.632 + 0.000 = 0.99 < 1$  (EC5 Eq.6.23)

$\sigma_{cd}/(K_{cz} \cdot f_{cd}) + K_{my} \cdot \sigma_{myd}/f_{myd} + \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.301 + 0.443 + 0.000 = 0.74 < 1$  (EC5 Eq.6.24)

La verifica è soddisfatta

#### **Puntone, elementi: 1, 2, 3, 4, combinazione di carico No 25**

**Stabilità laterale, Myd=5.761 kNm, Mzd=0.000 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

$f_{ck}=21.00\text{ N/mm}^2$ ,  $f_{cd}=K_{mod} \cdot f_{ck}/\gamma_M=0.90 \times 21.00/1.50=12.60\text{ N/mm}^2$

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

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

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

$\sigma_{myd}=Myd/W_{my,netto}=1\text{E}+06 \times 5.761/6.328\text{E}+005=9.10\text{ N/mm}^2$

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

Lunghezza libera di inflessione  $S_k$

$S_{ky}=1.00 \times 2.968=2.968\text{ m}=2968\text{ mm}$  (più sfavorevole)

$S_{kz}=0.10 \times 2.968=0.300\text{ m}=300\text{ mm}$  (lunghezza efficace/lunghezza totale=0.30/2.97=0.10)

Snellezza

$i_y=\sqrt{(I_y/A)}=0.289 \times 225=65\text{ mm}$ ,  $\lambda_y=2968/65=45.66$

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

$\sigma_{m,crit}=0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005}/(h \cdot L_{ef})=0.78 \times 75^2 \times 7400/(225 \times 2671)=54.02\text{ N/mm}^2$  (EC5 Eq.6.32)

$\sigma_{m,crit}=0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005}/(h \cdot L_{ef})=0.78 \times 225^2 \times 7400/(75 \times 300)=12987.00\text{ N/mm}^2$  (EC5 Eq.6.32)

Tensioni critiche

$\sigma_{m,crit,y}=54.02\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,my}=\sqrt{(f_{myk}/\sigma_{m,crit,y})}=0.67$  (EC5 Eq.6.30)

$\sigma_{m,crit,z}=12987.00\text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,mz}=\sqrt{(f_{mzk}/\sigma_{m,crit,z})}=0.04$  (EC5 Eq.6.30)

$\lambda_{rel,my}=0.67$ , ( $\lambda_{rel} \leq 0.75$ ),  $K_{crit,y}=1.00$  (EC5 Eq.6.34)

$\lambda_{rel,mz}=0.04$ , ( $\lambda_{rel} \leq 0.75$ ),  $K_{crit,z}=1.00$  (EC5 Eq.6.34)

$\sigma_{myd}/(K_{crit,y} \cdot f_{myd}) + K_{mz} \cdot \sigma_{mzd}/(K_{crit,z} \cdot f_{mzd}) = 0.632 + 0.000 = 0.63 < 1$  (EC5 Eq.6.33)

$K_{my} \cdot \sigma_{myd}/(K_{crit,y} \cdot f_{myd}) + \sigma_{mzd}/(K_{crit,z} \cdot f_{mzd}) = 0.443 + 0.000 = 0.44 < 1$  (EC5 Eq.6.33)

La verifica è soddisfatta

**1.12.3. Stato limite ultimo** (UNI EN1995-1-1:2009, §6)**Catena, elementi: 5, 6, 7**

| Carico [kN/m]                           | Azione     | $\gamma_g$ | $\gamma_q$ | $\psi_0$ |      |
|---|------------|------------|------------|----------|------|
| (Gk) Proprio Gk1 = 1.835, Gk2 = 0.280   | Permanente |            | 1.30       | 0.00     | 1.00 |
| (Qk1) Neve QksL= 3.067, QksR= 3.067     | Breve      |            | 0.00       | 1.50     | 0.70 |
| (Qk2) Neve QksL= 1.533, QksR= 3.067     | Breve      |            | 0.00       | 1.50     | 0.70 |
| (Qk3) Neve QksL= 3.067, QksR= 1.533     | Breve      |            | 0.00       | 1.50     | 0.70 |
| (Qk4) Vento QkwL=-0.045, QkwR=-0.844    | Breve      |            | 0.00       | 1.50     | 0.60 |
| (Qk5) Vento QkwL=-0.844, QkwR=-0.045    | Breve      |            | 0.00       | 1.50     | 0.60 |
| (Qki) Sovraccario (H) Qi = 1.400        | 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 | 0.000   | 33.192  | 1.183  | 0.618       |
| 2    | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1$   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 54.323  | 0.750  | 0.486       |
| 3    | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2$   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 49.395  | 0.770  | 0.487       |
| 4    | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk3$   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 49.392  | 0.770  | 0.487       |
| 5    | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk4$   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 22.319  | 0.788  | 0.415       |
| 6    | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk5$   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 22.128  | 0.788  | 0.412       |
| 7    | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki$   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 36.826  | 0.771  | 0.446       |
| 8    | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$                                   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 54.435  | 0.750  | 0.488       |
| 9    | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$                                   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 54.323  | 0.750  | 0.486       |
| 10   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$                                   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 49.395  | 0.768  | 0.487       |
| 11   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$                                   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 49.395  | 0.770  | 0.487       |
| 12   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk3 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$                                   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 49.508  | 0.770  | 0.488       |
| 13   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk3 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$                                   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 49.392  | 0.770  | 0.487       |
| 14   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk4 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1$                                   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 44.854  | 0.762  | 0.467       |
| 15   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk4 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2$                                   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 41.215  | 0.773  | 0.464       |
| 16   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk4 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk3$                                   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 41.405  | 0.775  | 0.467       |
| 17   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk5 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1$                                   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 44.664  | 0.762  | 0.464       |
| 18   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk5 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2$                                   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 41.215  | 0.775  | 0.464       |
| 19   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk5 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk3$                                   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 41.213  | 0.775  | 0.464       |
| 20   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$ | Breve            | 0.90 | 0.000   | 59.474  | 0.744  | 0.500       |
| 21   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$ | Breve            | 0.90 | 0.000   | 59.362  | 0.744  | 0.498       |
| 22   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$ | Breve            | 0.90 | 0.000   | 55.913  | 0.757  | 0.498       |
| 23   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$ | Breve            | 0.90 | 0.000   | 55.913  | 0.758  | 0.498       |
| 24   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk3 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$ | Breve            | 0.90 | 0.000   | 56.025  | 0.758  | 0.500       |
| 25   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk3 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$ | Breve            | 0.90 | 0.000   | 55.910  | 0.758  | 0.498       |
| 26   | Gk+0.2xQk1 + AedX  | Accidental       | 1.00 | 0.000   | 13.556  | 0.361  | 0.197       |
| 27   | Gk+0.2xQk1 + AedY  | Accidental       | 1.00 | 0.000   | 12.870  | 0.363  | 0.197       |
|      | Valori massimi   |                  |      |         | 0.000   | 59.474 | 1.183 0.618 |

**1.12.4. Verifica della sezione Catena, elementi: 5, 6, 7****Catena, elementi: 5, 6, 7, combinazione di carico No 20****Trazione parallela alla fibratura, Ft0d=53.526 kN** (EC5 §6.1.2)Sezione rettangolare, b=58 mm, h=200 mm, A= 11 600 mm<sup>2</sup>Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (Tab.3.1), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (Tab. 2.3)ft0k=14.00 N/mm<sup>2</sup>, ft0d=Kmod·ft0k/ $\gamma_M=0.90 \times 14.00 / 1.50 = 8.40$  N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14)Ft0d=53.526 kN,  $\sigma_{t0d} = Ft0d / A_{netto} = 1000 \times 53.526 / 11600 = 4.61$  N/mm<sup>2</sup> < 8.40 N/mm<sup>2</sup> = ft0d (Eq.6.1)

La verifica è soddisfatta

**Catena, elementi: 5, 6, 7, combinazione di carico No 1****Taglio, Fv=0.710 kN** (EC5 §6.1.7)Sezione rettangolare, bef=0.67x58=39 mm, h=200 mm, A= 7 800 mm<sup>2</sup>

Coefficiente di correzione Kmod=0.60 (Tab.3.1), coefficiente del materiale γM=1.50 (Tab. 2.3)

fvk=4.00 N/mm<sup>2</sup>, fvd=Kmod·fvk/γM=0.60x4.00/1.50=1.60N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14)Fv=0.710 kN, fv0d=1.50Fv0d/Anetto=1000x1.50x0.710/7800=0.14N/mm<sup>2</sup> < 1.60N/mm<sup>2</sup>=fv0d (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

**Catena, elementi: 5, 6, 7, combinazione di carico No 1****Flessione, Myd=0.371 kNm, Mzd=0.000 kNm** (EC5 §6.1.6)Sezione rettangolare, b=58mm, h=200mm, A=1.160E+004mm<sup>2</sup>, Wy=3.867E+005mm<sup>3</sup>, Wz=1.121E+005mm<sup>3</sup>

Coefficiente di correzione Kmod=0.60 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale γM=1.50 (DM2008

fmyk=24.00 N/mm<sup>2</sup>, fmyd=Kmod·fmyk/γM=0.60x24.00/1.50=9.60N/mm<sup>2</sup>fmzk=24.00 N/mm<sup>2</sup>, fmzd=Kmod·fmzk/γM=0.60x24.00/1.50=9.60N/mm<sup>2</sup>

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

omyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x0.371/3.867E+005= 0.96 N/mm<sup>2</sup>omzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/1.121E+005= 0.00 N/mm<sup>2</sup>

omyd/fmyd+Km.omzd/fmzd=0.100+0.000= 0.10 &lt; 1 (EC5 Eq.6.11)

Km.omyd/fmyd+omzd/fmzd=0.070+0.000= 0.07 &lt; 1 (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

**Catena, elementi: 5, 6, 7, combinazione di carico No 20****Flessione e trazione assiale combinate, Ft0d=53.526kN, Myd=0.450kNm, Mzd=0.000kNm** (EC5 §6.2.3)Sezione rettangolare, b=58mm, h=200mm, A=1.160E+004mm<sup>2</sup>, Wy=3.867E+005mm<sup>3</sup>, Wz=1.121E+005mm<sup>3</sup>

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

ft0k=14.00 N/mm<sup>2</sup>, ft0d=Kmod·ft0k/γM=0.90x14.00/1.50=8.40N/mm<sup>2</sup>fmyk=24.00 N/mm<sup>2</sup>, fmyd=Kmod·fmyk/γM=0.90x24.00/1.50=14.40N/mm<sup>2</sup>fmzk=24.00 N/mm<sup>2</sup>, fmzd=Kmod·fmzk/γM=0.90x24.00/1.50=14.40N/mm<sup>2</sup>

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

σt0d=Ft0d/Anetto=1000x53.526/11600= 4.61 N/mm<sup>2</sup>omyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x0.450/3.867E+005= 1.16 N/mm<sup>2</sup>omzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/1.121E+005= 0.00 N/mm<sup>2</sup>

σt0d/ft0d+omyd/fmyd+Km.omzd/fmzd=0.549+0.081+0.000= 0.63 &lt; 1 (EC5 Eq.6.17)

σt0d/ft0d+Km.omyd/fmyd+omzd/fmzd=0.549+0.057+0.000= 0.61 &lt; 1 (EC5 Eq.6.18)

La verifica è soddisfatta

**Catena, elementi: 5, 6, 7, combinazione di carico No 1****Flessione e trazione assiale combinate, Ft0d=19.914kN, Myd=0.371kNm, Mzd=0.000kNm** (EC5 §6.2.3)Sezione rettangolare, b=58mm, h=200mm, A=1.160E+004mm<sup>2</sup>, Wy=3.867E+005mm<sup>3</sup>, Wz=1.121E+005mm<sup>3</sup>

Coefficiente di correzione Kmod=0.60 (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale γM=1.50 (DM2008

ft0k=14.00 N/mm<sup>2</sup>, ft0d=Kmod·ft0k/γM=0.60x14.00/1.50=5.60N/mm<sup>2</sup>fmyk=24.00 N/mm<sup>2</sup>, fmyd=Kmod·fmyk/γM=0.60x24.00/1.50=9.60N/mm<sup>2</sup>fmzk=24.00 N/mm<sup>2</sup>, fmzd=Kmod·fmzk/γM=0.60x24.00/1.50=9.60N/mm<sup>2</sup>

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

σt0d=Ft0d/Anetto=1000x19.914/11600= 1.72 N/mm<sup>2</sup>omyd=Myd/Wmy,netto=1E+06x0.371/3.867E+005= 0.96 N/mm<sup>2</sup>omzd=Mzd/Wmz,netto=1E+06x0.000/1.121E+005= 0.00 N/mm<sup>2</sup>

σt0d/ft0d+omyd/fmyd+Km.omzd/fmzd=0.307+0.100+0.000= 0.41 &lt; 1 (EC5 Eq.6.17)

σt0d/ft0d+Km.omyd/fmyd+omzd/fmzd=0.307+0.070+0.000= 0.38 &lt; 1 (EC5 Eq.6.18)

La verifica è soddisfatta

**1.12.5. Stato limite ultimo** (UNI EN1995-1-1:2009, §6)**Elementi:** 8, 9

| Carico [kN/m]                           | Azione     | $\gamma_g$ | $\gamma_q$ | $\psi_0$ |      |
|---|------------|------------|------------|----------|------|
| (Gk) Proprio Gk1 = 1.835, Gk2 = 0.280   | Permanente |            | 1.30       | 0.00     | 1.00 |
| (Qk1) Neve QksL= 3.067, QksR= 3.067     | Breve      |            | 0.00       | 1.50     | 0.70 |
| (Qk2) Neve QksL= 1.533, QksR= 3.067     | Breve      |            | 0.00       | 1.50     | 0.70 |
| (Qk3) Neve QksL= 3.067, QksR= 1.533     | Breve      |            | 0.00       | 1.50     | 0.70 |
| (Qk4) Vento QkwL=-0.045, QkwR=-0.844    | Breve      |            | 0.00       | 1.50     | 0.60 |
| (Qk5) Vento QkwL=-0.844, QkwR=-0.045    | Breve      |            | 0.00       | 1.50     | 0.60 |
| (Qki) Sovraccario (H) Qi = 1.400        | 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 | 0.000   | 14.717  | 0.000  | 0.000       |
| 2    | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1$   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 23.059  | 0.000  | 0.000       |
| 3    | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2$   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 23.107  | 0.001  | 0.002       |
| 4    | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk3$   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 23.105  | 0.001  | 0.002       |
| 5    | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk4$   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 9.811   | 0.000  | 0.002       |
| 6    | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk5$   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 9.811   | 0.000  | 0.002       |
| 7    | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki$   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 15.859  | 0.000  | 0.000       |
| 8    | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$                                   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 23.059  | 0.000  | 0.001       |
| 9    | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$                                   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 23.057  | 0.000  | 0.001       |
| 10   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$                                   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 23.107  | 0.001  | 0.002       |
| 11   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$                                   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 22.965  | 0.001  | 0.003       |
| 12   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk3 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$                                   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 22.950  | 0.001  | 0.003       |
| 13   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk3 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$                                   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 23.105  | 0.001  | 0.002       |
| 14   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk4 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1$                                   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 19.085  | 0.000  | 0.002       |
| 15   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk4 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2$                                   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 19.118  | 0.000  | 0.002       |
| 16   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk4 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk3$                                   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 18.858  | 0.001  | 0.003       |
| 17   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk5 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1$                                   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 19.083  | 0.000  | 0.002       |
| 18   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk5 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2$                                   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 18.881  | 0.001  | 0.003       |
| 19   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk5 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk3$                                   | Breve            | 0.90 | 0.000   | 19.117  | 0.000  | 0.002       |
| 20   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$ | Breve            | 0.90 | 0.000   | 25.132  | 0.000  | 0.001       |
| 21   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$ | Breve            | 0.90 | 0.000   | 25.130  | 0.000  | 0.001       |
| 22   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$ | Breve            | 0.90 | 0.000   | 25.166  | 0.000  | 0.002       |
| 23   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$ | Breve            | 0.90 | 0.000   | 25.024  | 0.001  | 0.003       |
| 24   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk3 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$ | Breve            | 0.90 | 0.000   | 25.009  | 0.001  | 0.003       |
| 25   | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk3 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$ | Breve            | 0.90 | 0.000   | 25.164  | 0.000  | 0.002       |
| 26   | Gk+0.2xQk1 + AedX  | Accidental       | 1.00 | 0.000   | 5.785   | 0.000  | 0.000       |
| 27   | Gk+0.2xQk1 + AedY  | Accidental       | 1.00 | 0.000   | 5.624   | 0.000  | 0.000       |
|      | Valori massimi   |                  |      |         | 0.000   | 25.166 | 0.001 0.003 |

**1.12.6. Verifica della sezione Elementi:** 8, 9**Elementi:** 8, 9, **combinazione di carico No 22****Trazione parallela alla fibratura, Ft0d=22.649 kN** (EC5 §6.1.2)Sezione rettangolare, b=58 mm, h=150 mm, A= 8 700 mm<sup>2</sup>Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (Tab.3.1), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (Tab. 2.3)ft0k=14.00 N/mm<sup>2</sup>, ft0d=Kmod·ft0k/ $\gamma_M=0.90 \times 14.00 / 1.50 = 8.40$  N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14)Ft0d=22.649 kN,  $\sigma_{td} = Ft0d / A_{netto} = 1000 \times 22.649 / 8700 = 2.60$  N/mm<sup>2</sup> < 8.40 N/mm<sup>2</sup> = ft0d (Eq.6.1)

La verifica è soddisfatta

**1.12.7. Stato limite ultimo** (UNI EN1995-1-1:2009, §6)**Elementi: 10, 11**

| Carico [kN/m]                           | Azione     | $\gamma_g$ | $\gamma_q$ | $\psi_0$ |      |
|---|------------|------------|------------|----------|------|
| (Gk) Proprio Gk1 = 1.835, Gk2 = 0.280   | Permanente |            | 1.30       | 0.00     | 1.00 |
| (Qk1) Neve QksL= 3.067, QksR= 3.067     | Breve      |            | 0.00       | 1.50     | 0.70 |
| (Qk2) Neve QksL= 1.533, QksR= 3.067     | Breve      |            | 0.00       | 1.50     | 0.70 |
| (Qk3) Neve QksL= 3.067, QksR= 1.533     | Breve      |            | 0.00       | 1.50     | 0.70 |
| (Qk4) Vento QkwL=-0.045, QkwR=-0.844    | Breve      |            | 0.00       | 1.50     | 0.60 |
| (Qk5) Vento QkwL=-0.844, QkwR=-0.045    | Breve      |            | 0.00       | 1.50     | 0.60 |
| (Qki) Sovraccario (H) Qi = 1.400        | 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 | -12.242 | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| 2              | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1$   | Breve            | 0.90 | -21.450 | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| 3              | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2$   | Breve            | 0.90 | -21.524 | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| 4              | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk3$   | Breve            | 0.90 | -21.522 | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| 5              | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk4$   | Breve            | 0.90 | -8.161  | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| 6              | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk5$   | Breve            | 0.90 | -8.161  | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| 7              | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki$   | Breve            | 0.90 | -14.228 | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| 8              | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$                                   | Breve            | 0.90 | -21.450 | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| 9              | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$                                   | Breve            | 0.90 | -21.448 | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| 10             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$                                   | Breve            | 0.90 | -21.524 | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| 11             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$                                   | Breve            | 0.90 | -21.390 | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| 12             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk3 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$                                   | Breve            | 0.90 | -21.378 | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| 13             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk3 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$                                   | Breve            | 0.90 | -21.522 | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| 14             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk4 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1$                                   | Breve            | 0.90 | -17.463 | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| 15             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk4 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2$                                   | Breve            | 0.90 | -17.515 | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| 16             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk4 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk3$                                   | Breve            | 0.90 | -17.273 | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| 17             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk5 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1$                                   | Breve            | 0.90 | -17.462 | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| 18             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk5 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2$                                   | Breve            | 0.90 | -17.291 | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| 19             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk5 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk3$                                   | Breve            | 0.90 | -17.514 | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| 20             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$ | Breve            | 0.90 | -23.530 | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| 21             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$ | Breve            | 0.90 | -23.528 | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| 22             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$ | Breve            | 0.90 | -23.582 | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| 23             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$ | Breve            | 0.90 | -23.447 | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| 24             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk3 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk4$ | Breve            | 0.90 | -23.435 | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| 25             | $\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk3 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk5$ | Breve            | 0.90 | -23.580 | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| 26             | Gk+0.2xQk1 + AedX  | Accidental       | 1.00 | -5.028  | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| 27             | Gk+0.2xQk1 + AedY  | Accidental       | 1.00 | -4.861  | 0.000   | 0.000  | 0.000  |
| Valori massimi |  |                  |      | -23.582 | 0.000   | 0.000  | 0.000  |

**1.12.8. Verifica della sezione Elementi: 10, 11****Elementi: 10, 11 , combinazione di carico No 22****Compressione parallela alla fibratura, Fc0d=-21.223 kN** (EC5 §6.1.4)Sezione rettangolare, b=58 mm, h=150 mm, A= 8 700 mm<sup>2</sup>Coefficiente di correzione Kmod=0.90 (Tab.3.1), coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$  (Tab. 2.3)fc0k=21.00 N/mm<sup>2</sup>, fc0d=Kmod·fc0k/ $\gamma_M=0.90 \times 21.00 / 1.50 = 12.60$  N/mm<sup>2</sup> (EC5 Eq.2.14)Fc0d=-21.223 kN, oc0d=Fc0d/Anetto=1000x21.223/8700=2.44 N/mm<sup>2</sup> < 12.60 N/mm<sup>2</sup>=fc0d (Eq.6.2)

La verifica è soddisfatta

**Elementi: 10, 11 , combinazione di carico No 22****Stabilità,  $F_{c0d} = -21.223 \text{ kN}$  (EC5 §6.3.2)**Sezione rettangolare,  $b=58\text{mm}$ ,  $h=150\text{mm}$ ,  $A=8.700\text{E}+003\text{mm}^2$ ,  $W_y=2.175\text{E}+005\text{mm}^3$ ,  $W_z=8.410\text{E}+004\text{mm}^3$ Coefficiente di correzione  $K_{mod}=0.90$ , coefficiente del materiale  $\gamma_M=1.50$ ,  $E_{005}=7400\text{N/mm}^2$  $f_{c0k}=21.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.90 \times 21.00 / 1.50 = 12.60 \text{ N/mm}^2$  $f_{myk}=24.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.90 \times 24.00 / 1.50 = 14.40 \text{ N/mm}^2$  $f_{mk}=24.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 0.90 \times 24.00 / 1.50 = 14.40 \text{ N/mm}^2$ Sezione rettangolare  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2)) $\sigma_{c0d}=F_{c0d}/A_{netto}=1000 \times 21.223 / 8700 = 2.44 \text{ N/mm}^2$ Lunghezza libera di inflessione  $S_k$  $S_{ky}=1.00 \times 1.804 = 1.804 \text{ m} = 1804 \text{ mm}$  (più sfavorevole) $S_{kz}=1.00 \times 1.804 = 1.804 \text{ m} = 1804 \text{ mm}$  (più sfavorevole)Snellezza $i_y = \sqrt{(I_y/A)} = 0.289 \times 150 = 43 \text{ mm}$ ,  $\lambda_y = 1804 / 43 = 41.95$  $i_z = \sqrt{(I_z/A)} = 0.289 \times 58 = 17 \text{ mm}$ ,  $\lambda_z = 1804 / 17 = 106.11$ Tensioni critiche $\sigma_{c,crity} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 41.50 \text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,y} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c,crity})} = 0.71$  (EC5 Eq.6.21) $\sigma_{c,critz} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 6.49 \text{ N/mm}^2$ ,  $\lambda_{rel,z} = \sqrt{(f_{c0k} / \sigma_{c,critz})} = 1.80$  (EC5 Eq.6.22) $\beta_c = 0.20$  (legno massiccio) $k_y = 0.5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0.79$ ,  $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2)}) = 0.872$  (Eq.6.27 6.25) $k_z = 0.5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2] = 2.27$ ,  $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2)}) = 0.274$  (Eq.6.28 6.26) $\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) = 0.22 < 1$  (EC5 Eq.6.23) $\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) = 0.71 < 1$  (EC5 Eq.6.24)

La verifica è soddisfatta

### 1.13. Progetto delle unioni

#### 1.13.1. Resistenza di giunzioni (UNI EN1995-1-1:2009, §8)

##### Bulloni del giunto e piastre del giunto

Diametro dei bulloni  $d=4.0$  mm. Piastre del giunto  $t=2.0$  mm.

Res. snervamento piastre in acciaio  $f_y=240\text{N/mm}^2$ . Superficie netta piastra  $A_{net}=(0.75) \cdot b \cdot t$

##### Proprietà della sezione

Spessore del legname  $d=58.0$  mm, spessore della piastra in acciaio  $t=2.0$  mm

##### Proprietà dei bulloni (EC5 §8.5.1)

Diametro dei bulloni  $d=4.0$  mm, diametro rondella  $\geq 12.0$  mm spessore  $\geq 1.2$  mm.

##### Distanza tra i bulloni (EC5 Table 8.4)

come maggiormente sfavorevole viene scelta  $a_1=7d=7 \times 4.0=28$  mm,  $a_2=4d=16$  mm

##### Momento caratteristico di snervamento (EC5 §8.5.1.1)

$M_{yk}=0.30 f_{yk} \cdot d^2 = 0.30 \times 400 \times 4.0^2 = 4411$  Nmm ( $f_{yk}=400\text{N/mm}^2$ ) (EN1995-1-1 Eq.8.30)

##### Valori caratteristici della resistenza a rifollamento (EC5 §8.3.1.1)

$f_{hk}=0.082(1-0.01d) \rho_k = 27.55\text{N/mm}^2$ , ( $\rho_k=350\text{kg/m}^3$ ,  $d=4.0$  mm) (EN1995-1-1 Eq.8.32)

##### Azione permanente

##### Resistenza caratteristica a taglio dei bulloni -Unione a doppia sezione resistente (EC5 §8.2.3)

$t_2=18.0$  mm, Spessore della piastra in acciaio  $t=2.0$  mm

$R_d$  il minore tra i valori (UNI EN1995-1-1:2009 Eq.8.11(f), 8.11(h))

$$1.00 f_{hk} \cdot t_2 \cdot d = 1.984 \text{ kN}$$

$$1.00 f_{hk} \cdot t_2 \cdot d (\sqrt{[2+4M_{yk}/(f_{hk} \cdot d \cdot t_2^2)]} - 1) = 1.149 \text{ kN}$$

$$2.30 \sqrt{M_{yk} \cdot f_{hk} \cdot d} = 1.604 \text{ kN}$$

Resistenza di progetto del bullone  $R_d = 4K_{mod} \cdot F_{vrk} / \gamma_M = 4 \times 0.60 \times 1.149 / 1.50 = 1.839$  kN

##### Azione di lunga durata

##### Resistenza caratteristica a taglio dei bulloni -Unione a doppia sezione resistente (EC5 §8.2.3)

$t_2=18.0$  mm, Spessore della piastra in acciaio  $t=2.0$  mm

$R_d$  il minore tra i valori (UNI EN1995-1-1:2009 Eq.8.11(f), 8.11(h))

$$1.00 f_{hk} \cdot t_2 \cdot d = 1.984 \text{ kN}$$

$$1.00 f_{hk} \cdot t_2 \cdot d (\sqrt{[2+4M_{yk}/(f_{hk} \cdot d \cdot t_2^2)]} - 1) = 1.149 \text{ kN}$$

$$2.30 \sqrt{M_{yk} \cdot f_{hk} \cdot d} = 1.604 \text{ kN}$$

Resistenza di progetto del bullone  $R_d = 4K_{mod} \cdot F_{vrk} / \gamma_M = 4 \times 0.80 \times 1.149 / 1.50 = 2.451$  kN

##### Azione di breve durata

##### Resistenza caratteristica a taglio dei bulloni -Unione a doppia sezione resistente (EC5 §8.2.3)

$t_2=18.0$  mm, Spessore della piastra in acciaio  $t=2.0$  mm

$R_d$  il minore tra i valori (UNI EN1995-1-1:2009 Eq.8.11(f), 8.11(h))

$$1.00 f_{hk} \cdot t_2 \cdot d = 1.984 \text{ kN}$$

$$1.00 f_{hk} \cdot t_2 \cdot d (\sqrt{[2+4M_{yk}/(f_{hk} \cdot d \cdot t_2^2)]} - 1) = 1.149 \text{ kN}$$

$$2.30 \sqrt{M_{yk} \cdot f_{hk} \cdot d} = 1.604 \text{ kN}$$

Resistenza di progetto del bullone  $R_d = 4K_{mod} \cdot F_{vrk} / \gamma_M = 4 \times 0.90 \times 1.149 / 1.50 = 2.758$  kN

##### Azione Accidentale

Resistenza di progetto del bullone  $R_d = 4K_{mod} \cdot F_{vrk} / \gamma_M = 4 \times 1.00 \times 1.149 / 1.00 = 4.596$  kN

##### Ipotesi per la progettazione di unioni con bulloni

La progettazione dell'unione è basata sull'analisi plastica. Gli sforzi sui bullone raggiungono tutti lo stesso valore limite. La resistenza della piastra metallica è basata sulla sezione resistente plastica. Lo sforzo resistente a compressione è ridotto a  $0.50 \times F_d$

### 1.13.2. Stato limite ultimo

**Progettazione di unione con bulloni al nodo : 2** (UNI EN1995-1-1:2009, §8.5)

Unione con due (2) piastre metalliche.

#### Verifica dell'unione dell'elemento 2, con gli elementi 4, 8 e 9, al nodo 2

Caratteristiche della ferramenta:

Due(2) piastre metalliche 2.0 mm delle dimensioni

BxH=130mmx120mm, e di spessore 2.0mm

Diametro dei bulloni d=4.0mm,

11 bulloni su ogni elemento collegato

Distanza tra i bulloni a1=28 mm, a2=16 mm

Res. snervamento piastre in acciaio  $f_y=240\text{N/mm}^2$

Superficie netta piastra  $A_{net}=(0.75) \cdot b \cdot t$

Fa= forza al centro dell'unione

Ma= momento al centro dell'unione

Sforzo max bullone d'angolo  $F_n=F_a/n+M_a/W_p$

n: numero di bulloni, a: sezione del bullone

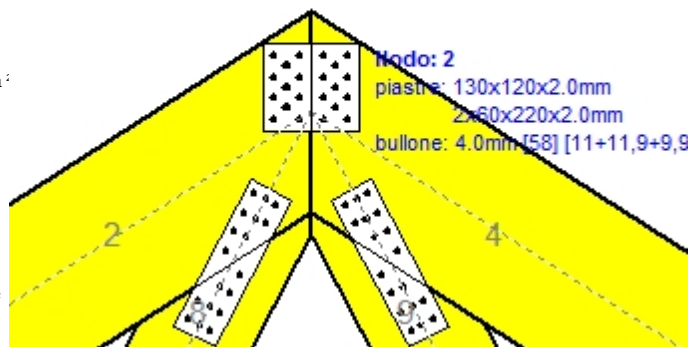
A=nxa: area totale bullone

r :distanza bullone d'angolo dal centro unione

Wp: modulo di resistenza del collegamento

n=11, (nef=1.30n), A=138mm<sup>2</sup>, r=42mm, Wp =4515mm<sup>3</sup>

$\sigma$  e  $\sigma_d$  tens. normale e di esercizio piastra N/mm<sup>2</sup>



**Sforzi nel nodo 2 ,dagli elementi 4, 8, 9, al centro della unioni F(forza) M(momento)**

#### Verifica resistenza della unione

| L.C. | Combinazione di carichi          | Classe di durata | kmod | Fa (kN) | Ma (kNm) | F <sub>n</sub> (kN) | R <sub>d</sub> (kN) |
|------|----------------------------------|------------------|------|---------|----------|---------------------|---------------------|
| 1    | yg.Gk                            | Permanente       | 0.60 | -18.285 | 0.092    | 0.956 <             | 1.839               |
| 2    | yg.Gk+yg.Qk1                     | Breve            | 0.90 | -44.009 | 0.208    | 2.281 <             | 2.758               |
| 3    | yg.Gk+yg.Qk2                     | Breve            | 0.90 | -36.389 | 0.207    | 1.933 <             | 2.758               |
| 4    | yg.Gk+yg.Qk3                     | Breve            | 0.90 | -38.781 | 0.152    | 1.966 <             | 2.758               |
| 5    | yg.Gk+yg.Qk4                     | Breve            | 0.90 | -18.285 | 0.092    | 0.956 <             | 2.758               |
| 6    | yg.Gk+yg.Qk5                     | Breve            | 0.90 | -18.285 | 0.092    | 0.956 <             | 2.758               |
| 7    | yg.Gk+yg.Qki                     | Breve            | 0.90 | -30.028 | 0.145    | 1.561 <             | 2.758               |
| 8    | yg.Gk+yg.Qk1+yg.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | -44.009 | 0.208    | 2.281 <             | 2.758               |
| 9    | yg.Gk+yg.Qk1+yg.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | -44.009 | 0.208    | 2.281 <             | 2.758               |
| 10   | yg.Gk+yg.Qk2+yg.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | -36.389 | 0.207    | 1.933 <             | 2.758               |
| 11   | yg.Gk+yg.Qk2+yg.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | -36.389 | 0.207    | 1.933 <             | 2.758               |
| 12   | yg.Gk+yg.Qk3+yg.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | -38.781 | 0.152    | 1.966 <             | 2.758               |
| 13   | yg.Gk+yg.Qk3+yg.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | -38.781 | 0.152    | 1.966 <             | 2.758               |
| 14   | yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk1           | Breve            | 0.90 | -36.291 | 0.173    | 1.883 <             | 2.758               |
| 15   | yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk2           | Breve            | 0.90 | -30.957 | 0.172    | 1.640 <             | 2.758               |
| 16   | yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk3           | Breve            | 0.90 | -32.630 | 0.134    | 1.663 <             | 2.758               |
| 17   | yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk1           | Breve            | 0.90 | -36.291 | 0.173    | 1.883 <             | 2.758               |
| 18   | yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk2           | Breve            | 0.90 | -30.957 | 0.172    | 1.640 <             | 2.758               |
| 19   | yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk3           | Breve            | 0.90 | -32.630 | 0.134    | 1.663 <             | 2.758               |
| 20   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk1+yg.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | -48.035 | 0.226    | 2.488 <             | 2.758               |
| 21   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk1+yg.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | -48.035 | 0.226    | 2.488 <             | 2.758               |
| 22   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk2+yg.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | -42.698 | 0.225    | 2.245 <             | 2.758               |
| 23   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk2+yg.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | -42.698 | 0.225    | 2.245 <             | 2.758               |
| 24   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk3+yg.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | -44.374 | 0.187    | 2.268 <             | 2.758               |
| 25   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk3+yg.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | -44.374 | 0.187    | 2.268 <             | 2.758               |
| 26   | Gk+0.2xQk1 + AedX                | Accidental       | 1.00 | -17.611 | 0.084    | 0.913 <             | 4.596               |
| 27   | Gk+0.2xQk1 + AedY                | Accidental       | 1.00 | -17.607 | 0.087    | 0.918 <             | 4.596               |

**Verifica la resistenza della piastra di unione**

| L.C. | Combinazione di carichi                          | Classe di durata | kmod | Fa (kN) | Ma (kNm) | $\sigma$ | $\sigma_d$ (N/mm <sup>2</sup> ) |
|------|--|------------------|------|---------|----------|----------|---------------------------------|
| 1    | yg.Gk  | Permanente       | 0.60 | -18.285 | 0.092    | 30 <     | 131                             |
| 2    | yg.Gk+yq.Qk1                                     | Breve            | 0.90 | -44.009 | 0.208    | 71 <     | 196                             |
| 3    | yg.Gk+yq.Qk2                                     | Breve            | 0.90 | -36.389 | 0.207    | 60 <     | 196                             |
| 4    | yg.Gk+yq.Qk3                                     | Breve            | 0.90 | -38.781 | 0.152    | 61 <     | 196                             |
| 5    | yg.Gk+yq.Qk4                                     | Breve            | 0.90 | -18.285 | 0.092    | 30 <     | 196                             |
| 6    | yg.Gk+yq.Qk5                                     | Breve            | 0.90 | -18.285 | 0.092    | 30 <     | 196                             |
| 7    | yg.Gk+yq.Qki                                     | Breve            | 0.90 | -30.028 | 0.145    | 48 <     | 196                             |
| 8    | yg.Gk+yq.Qk1+yq. $\psi_0$ .Qk4                   | Breve            | 0.90 | -44.009 | 0.208    | 71 <     | 196                             |
| 9    | yg.Gk+yq.Qk1+yq. $\psi_0$ .Qk5                   | Breve            | 0.90 | -44.009 | 0.208    | 71 <     | 196                             |
| 10   | yg.Gk+yq.Qk2+yq. $\psi_0$ .Qk4                   | Breve            | 0.90 | -36.389 | 0.207    | 60 <     | 196                             |
| 11   | yg.Gk+yq.Qk2+yq. $\psi_0$ .Qk5                   | Breve            | 0.90 | -36.389 | 0.207    | 60 <     | 196                             |
| 12   | yg.Gk+yq.Qk3+yq. $\psi_0$ .Qk4                   | Breve            | 0.90 | -38.781 | 0.152    | 61 <     | 196                             |
| 13   | yg.Gk+yq.Qk3+yq. $\psi_0$ .Qk5                   | Breve            | 0.90 | -38.781 | 0.152    | 61 <     | 196                             |
| 14   | yg.Gk+yq.Qk4+yq. $\psi_0$ .Qk1                   | Breve            | 0.90 | -36.291 | 0.173    | 58 <     | 196                             |
| 15   | yg.Gk+yq.Qk4+yq. $\psi_0$ .Qk2                   | Breve            | 0.90 | -30.957 | 0.172    | 51 <     | 196                             |
| 16   | yg.Gk+yq.Qk4+yq. $\psi_0$ .Qk3                   | Breve            | 0.90 | -32.630 | 0.134    | 52 <     | 196                             |
| 17   | yg.Gk+yq.Qk5+yq. $\psi_0$ .Qk1                   | Breve            | 0.90 | -36.291 | 0.173    | 58 <     | 196                             |
| 18   | yg.Gk+yq.Qk5+yq. $\psi_0$ .Qk2                   | Breve            | 0.90 | -30.957 | 0.172    | 51 <     | 196                             |
| 19   | yg.Gk+yq.Qk5+yq. $\psi_0$ .Qk3                   | Breve            | 0.90 | -32.630 | 0.134    | 52 <     | 196                             |
| 20   | yg.Gk+yq.Qki+yq. $\psi_0$ .Qk1+yq. $\psi_0$ .Qk4 | Breve            | 0.90 | -48.035 | 0.226    | 77 <     | 196                             |
| 21   | yg.Gk+yq.Qki+yq. $\psi_0$ .Qk1+yq. $\psi_0$ .Qk5 | Breve            | 0.90 | -48.035 | 0.226    | 77 <     | 196                             |
| 22   | yg.Gk+yq.Qki+yq. $\psi_0$ .Qk2+yq. $\psi_0$ .Qk4 | Breve            | 0.90 | -42.698 | 0.225    | 70 <     | 196                             |
| 23   | yg.Gk+yq.Qki+yq. $\psi_0$ .Qk2+yq. $\psi_0$ .Qk5 | Breve            | 0.90 | -42.698 | 0.225    | 70 <     | 196                             |
| 24   | yg.Gk+yq.Qki+yq. $\psi_0$ .Qk3+yq. $\psi_0$ .Qk4 | Breve            | 0.90 | -44.374 | 0.187    | 70 <     | 196                             |
| 25   | yg.Gk+yq.Qki+yq. $\psi_0$ .Qk3+yq. $\psi_0$ .Qk5 | Breve            | 0.90 | -44.374 | 0.187    | 70 <     | 196                             |
| 26   | Gk+0.2xQk1 + AedX                                | Accidental       | 1.00 | -17.611 | 0.084    | 28 <     | 240                             |
| 27   | Gk+0.2xQk1 + AedY                                | Accidental       | 1.00 | -17.607 | 0.087    | 28 <     | 240                             |

**Verifica dell'unione dell'elemento 8, con gli elementi 2, 4 e 9, al nodo 2**

Caratteristiche della ferramenta:

Due(2) piastre metalliche 2.0 mm delle dimensioni

BxH=60mmx220mm, e di spessore 2.0mm

Diametro dei bulloni d=4.0mm,

9 bulloni su ogni elemento collegato

Distanza tra i bulloni a1=28 mm, a2=16 mm

Res. snervamento piastre in acciaio  $f_y=240\text{N/mm}^2$

Superficie netta piastra  $A_{net}=(0.75) \cdot b \cdot t$

Fa= forza al centro dell'unione

Ma= momento al centro dell'unione

Sforzo max bullone d'angolo  $F_n=F_a/n+M_a/W_p$

n: numero di bulloni, a: sezione del bullone

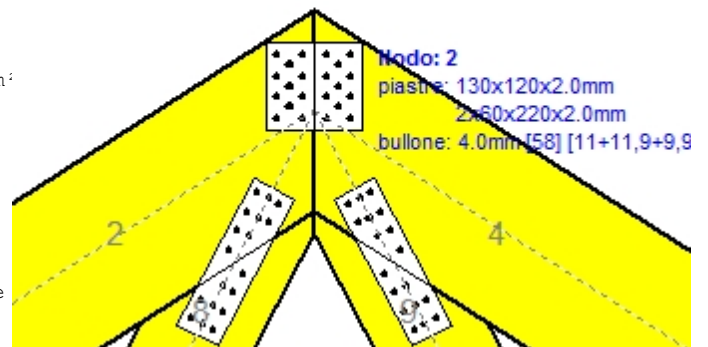
$A=n \cdot a$ : area totale bullone

r :distanza bullone d'angolo dal centro unione

$W_p$ : modulo di resistenza del collegamento

$n=9$ , ( $n_{ef}=1.30n$ ),  $A=113\text{mm}^2$ ,  $r=37\text{mm}$ ,  $W_p=3833\text{mm}^3$

$\sigma$  e  $\sigma_d$  tens. normale e di esercizio piastra N/mm<sup>2</sup>



**Sforzi nel nodo 2 ,dall'elemento 8, al centro della unioni F(forza) M(momento)**  
**Verifica resistenza della unione**

| L.C. | Combinazione di carichi          | Classe di durata | kmod | Fa (kN) | Ma (kNm) | Fn (kN)       | Rd (kN) |
|------|----------------------------------|------------------|------|---------|----------|---------------|---------|
| 1    | yg.Gk                            | Permanente       | 0.60 | 8.830   | 0.000    | 0.981 < 1.839 |         |
| 2    | yg.Gk+yq.Qk1                     | Breve            | 0.90 | 20.751  | 0.000    | 2.306 < 2.758 |         |
| 3    | yg.Gk+yq.Qk2                     | Breve            | 0.90 | 14.747  | 0.002    | 1.642 < 2.758 |         |
| 4    | yg.Gk+yq.Qk3                     | Breve            | 0.90 | 20.795  | -0.002   | 2.314 < 2.758 |         |
| 5    | yg.Gk+yq.Qk4                     | Breve            | 0.90 | 8.597   | -0.002   | 0.958 < 2.758 |         |
| 6    | yg.Gk+yq.Qk5                     | Breve            | 0.90 | 8.830   | 0.000    | 0.981 < 2.758 |         |
| 7    | yg.Gk+yq.Qki                     | Breve            | 0.90 | 14.272  | 0.000    | 1.586 < 2.758 |         |
| 8    | yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | 20.612  | -0.001   | 2.292 < 2.758 |         |
| 9    | yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | 20.751  | 0.000    | 2.306 < 2.758 |         |
| 10   | yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | 14.747  | 0.002    | 1.642 < 2.758 |         |
| 11   | yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | 11.940  | 0.003    | 1.332 < 2.758 |         |
| 12   | yg.Gk+yq.Qk3+yq.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | 20.655  | -0.003   | 2.300 < 2.758 |         |
| 13   | yg.Gk+yq.Qk3+yq.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | 20.795  | -0.002   | 2.314 < 2.758 |         |
| 14   | yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk1           | Breve            | 0.90 | 16.942  | -0.002   | 1.885 < 2.758 |         |
| 15   | yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk2           | Breve            | 0.90 | 12.739  | 0.000    | 1.416 < 2.758 |         |
| 16   | yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk3           | Breve            | 0.90 | 16.973  | -0.003   | 1.891 < 2.758 |         |
| 17   | yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk1           | Breve            | 0.90 | 17.175  | 0.000    | 1.908 < 2.758 |         |
| 18   | yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk2           | Breve            | 0.90 | 12.972  | 0.002    | 1.444 < 2.758 |         |
| 19   | yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk3           | Breve            | 0.90 | 17.205  | -0.002   | 1.914 < 2.758 |         |
| 20   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | 22.478  | -0.001   | 2.499 < 2.758 |         |
| 21   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | 22.617  | 0.000    | 2.513 < 2.758 |         |
| 22   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk2+yq.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | 18.414  | 0.002    | 2.048 < 2.758 |         |
| 23   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk2+yq.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | 15.608  | 0.002    | 1.738 < 2.758 |         |
| 24   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk3+yq.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | 22.508  | -0.002   | 2.505 < 2.758 |         |
| 25   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk3+yq.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | 22.648  | -0.002   | 2.519 < 2.758 |         |
| 26   | Gk+0.2xQk1 + AedX                | Accidental       | 1.00 | 8.678   | 0.000    | 0.965 < 4.596 |         |
| 27   | Gk+0.2xQk1 + AedY                | Accidental       | 1.00 | 8.435   | 0.000    | 0.937 < 4.596 |         |

**Verifica la resistenza della piastra di unione**

| L.C. | Combinazione di carichi          | Classe di durata | kmod | Fa (kN) | Ma (kNm) | σ         | σd (N/mm <sup>2</sup> ) |
|------|----------------------------------|------------------|------|---------|----------|-----------|-------------------------|
| 1    | yg.Gk                            | Permanente       | 0.60 | 8.830   | 0.000    | 49 < 131  |                         |
| 2    | yg.Gk+yq.Qk1                     | Breve            | 0.90 | 20.751  | 0.000    | 115 < 196 |                         |
| 3    | yg.Gk+yq.Qk2                     | Breve            | 0.90 | 14.747  | 0.002    | 83 < 196  |                         |
| 4    | yg.Gk+yq.Qk3                     | Breve            | 0.90 | 20.795  | -0.002   | 116 < 196 |                         |
| 5    | yg.Gk+yq.Qk4                     | Breve            | 0.90 | 8.597   | -0.002   | 48 < 196  |                         |
| 6    | yg.Gk+yq.Qk5                     | Breve            | 0.90 | 8.830   | 0.000    | 49 < 196  |                         |
| 7    | yg.Gk+yq.Qki                     | Breve            | 0.90 | 14.272  | 0.000    | 79 < 196  |                         |
| 8    | yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | 20.612  | -0.001   | 115 < 196 |                         |
| 9    | yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | 20.751  | 0.000    | 115 < 196 |                         |
| 10   | yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | 14.747  | 0.002    | 83 < 196  |                         |
| 11   | yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | 11.940  | 0.003    | 67 < 196  |                         |
| 12   | yg.Gk+yq.Qk3+yq.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | 20.655  | -0.003   | 116 < 196 |                         |
| 13   | yg.Gk+yq.Qk3+yq.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | 20.795  | -0.002   | 116 < 196 |                         |
| 14   | yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk1           | Breve            | 0.90 | 16.942  | -0.002   | 95 < 196  |                         |
| 15   | yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk2           | Breve            | 0.90 | 12.739  | 0.000    | 71 < 196  |                         |
| 16   | yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk3           | Breve            | 0.90 | 16.973  | -0.003   | 95 < 196  |                         |
| 17   | yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk1           | Breve            | 0.90 | 17.175  | 0.000    | 95 < 196  |                         |
| 18   | yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk2           | Breve            | 0.90 | 12.972  | 0.002    | 73 < 196  |                         |
| 19   | yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk3           | Breve            | 0.90 | 17.205  | -0.002   | 96 < 196  |                         |
| 20   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | 22.478  | -0.001   | 125 < 196 |                         |
| 21   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | 22.617  | 0.000    | 126 < 196 |                         |
| 22   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk2+yq.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | 18.414  | 0.002    | 103 < 196 |                         |
| 23   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk2+yq.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | 15.608  | 0.002    | 88 < 196  |                         |
| 24   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk3+yq.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | 22.508  | -0.002   | 126 < 196 |                         |
| 25   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk3+yq.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | 22.648  | -0.002   | 126 < 196 |                         |
| 26   | Gk+0.2xQk1 + AedX                | Accidental       | 1.00 | 8.678   | 0.000    | 48 < 240  |                         |
| 27   | Gk+0.2xQk1 + AedY                | Accidental       | 1.00 | 8.435   | 0.000    | 47 < 240  |                         |

### 1.13.3. Stato limite ultimo

**Progettazione di unioni con bulloni nei nodi : 1, 3 (UNI EN1995-1-1:2009, §8.5)**

Unione con due (2) piastre metalliche.

#### Verifica dell'unione tra gli elementi 1 e 5, al nodo 1

Caratteristiche della ferramenta:

Due(2) piastre metalliche 2.0 mm delle dimensioni

BxH=165mmx130mm, e di spessore 2.0mm

Diametro dei bulloni d=4.0mm,

17 bulloni su ogni elemento collegato

Distanza tra i bulloni a1=28 mm, a2=16 mm

Res. snervamento piastre in acciaio  $f_y=240\text{N/mm}^2$

Superficie netta piastra  $A_{net}=(0.75) \cdot b \cdot t$

Fa= forza al centro dell'unione

Ma= momento al centro dell'unione

Sforzo max bullone d'angolo  $F_n=Fa/n+Ma/W_p$

n: numero di bulloni, a: sezione del bullone

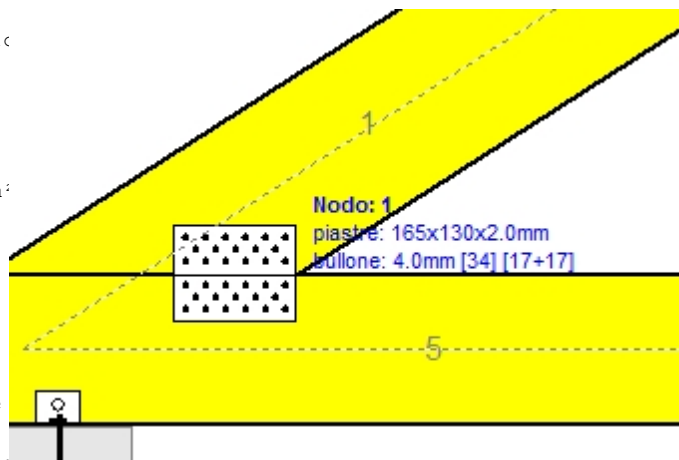
$A=n \cdot x \cdot a$ : area totale bullone

r :distanza bullone d'angolo dal centro unione

$W_p$ : modulo di resistenza del collegamento

$n=17$ , ( $n_{ef}=1.40n$ ),  $A=214\text{mm}^2$ ,  $r=56\text{mm}$ ,  $W_p=8869\text{mm}^3$

$\sigma$  e  $\sigma_d$  tens. normale e di esercizio piastra  $\text{N/mm}^2$



**Sforzi nel nodo 1 ,dall'elemento 1, al centro della unioni F(forza) M(momento)**

**Verifica resistenza della unione**

| L.C. | Combinazione di carichi          | Classe di durata | kmod | Fa (kN) | Ma (kNm) | F <sub>n</sub> (kN) | R <sub>d</sub> (kN) |
|------|----------------------------------|------------------|------|---------|----------|---------------------|---------------------|
| 1    | yg.Gk                            | Permanente       | 0.60 | -25.223 | -0.256   | 0.923 <             | 1.839               |
| 2    | yg.Gk+yg.Qk1                     | Breve            | 0.90 | -62.195 | -0.627   | 2.273 <             | 2.758               |
| 3    | yg.Gk+yg.Qk2                     | Breve            | 0.90 | -48.975 | -0.512   | 1.803 <             | 2.758               |
| 4    | yg.Gk+yg.Qk3                     | Breve            | 0.90 | -56.933 | -0.557   | 2.069 <             | 2.758               |
| 5    | yg.Gk+yg.Qk4                     | Breve            | 0.90 | -25.223 | -0.256   | 0.923 <             | 2.758               |
| 6    | yg.Gk+yg.Qk5                     | Breve            | 0.90 | -25.223 | -0.256   | 0.923 <             | 2.758               |
| 7    | yg.Gk+yg.Qki                     | Breve            | 0.90 | -42.101 | -0.426   | 1.539 <             | 2.758               |
| 8    | yg.Gk+yg.Qk1+yg.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | -62.195 | -0.627   | 2.273 <             | 2.758               |
| 9    | yg.Gk+yg.Qk1+yg.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | -62.195 | -0.627   | 2.273 <             | 2.758               |
| 10   | yg.Gk+yg.Qk2+yg.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | -48.975 | -0.512   | 1.803 <             | 2.758               |
| 11   | yg.Gk+yg.Qk2+yg.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | -48.975 | -0.512   | 1.803 <             | 2.758               |
| 12   | yg.Gk+yg.Qk3+yg.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | -56.933 | -0.557   | 2.069 <             | 2.758               |
| 13   | yg.Gk+yg.Qk3+yg.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | -56.933 | -0.557   | 2.069 <             | 2.758               |
| 14   | yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk1           | Breve            | 0.90 | -51.103 | -0.516   | 1.868 <             | 2.758               |
| 15   | yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk2           | Breve            | 0.90 | -41.849 | -0.435   | 1.539 <             | 2.758               |
| 16   | yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk3           | Breve            | 0.90 | -47.420 | -0.467   | 1.725 <             | 2.758               |
| 17   | yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk1           | Breve            | 0.90 | -51.103 | -0.516   | 1.868 <             | 2.758               |
| 18   | yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk2           | Breve            | 0.90 | -41.849 | -0.435   | 1.539 <             | 2.758               |
| 19   | yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk3           | Breve            | 0.90 | -47.420 | -0.467   | 1.725 <             | 2.758               |
| 20   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk1+yg.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | -67.982 | -0.686   | 2.485 <             | 2.758               |
| 21   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk1+yg.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | -67.982 | -0.686   | 2.485 <             | 2.758               |
| 22   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk2+yg.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | -58.727 | -0.605   | 2.155 <             | 2.758               |
| 23   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk2+yg.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | -58.727 | -0.605   | 2.155 <             | 2.758               |
| 24   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk3+yg.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | -64.299 | -0.636   | 2.341 <             | 2.758               |
| 25   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk3+yg.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | -64.299 | -0.636   | 2.341 <             | 2.758               |
| 26   | Gk+0.2xQk1 + AedX                | Accidental       | 1.00 | -23.681 | -0.235   | 0.862 <             | 4.596               |
| 27   | Gk+0.2xQk1 + AedY                | Accidental       | 1.00 | -24.487 | -0.248   | 0.896 <             | 4.596               |

**Verifica la resistenza della piastra di unione**

| L.C. | Combinazione di carichi          | Classe di durata | k <sub>mod</sub> | F <sub>a</sub> (kN) | M <sub>a</sub> (kNm) | σ    | σ <sub>d</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) |
|------|----------------------------------|------------------|------------------|---------------------|----------------------|------|-------------------------------------|
| 1    | yg.Gk                            | Permanente       | 0.60             | -25.223             | -0.256               | 32 < | 131                                 |
| 2    | yg.Gk+yq.Qk1                     | Breve            | 0.90             | -62.195             | -0.627               | 78 < | 196                                 |
| 3    | yg.Gk+yq.Qk2                     | Breve            | 0.90             | -48.975             | -0.512               | 62 < | 196                                 |
| 4    | yg.Gk+yq.Qk3                     | Breve            | 0.90             | -56.933             | -0.557               | 71 < | 196                                 |
| 5    | yg.Gk+yq.Qk4                     | Breve            | 0.90             | -25.223             | -0.256               | 32 < | 196                                 |
| 6    | yg.Gk+yq.Qk5                     | Breve            | 0.90             | -25.223             | -0.256               | 32 < | 196                                 |
| 7    | yg.Gk+yq.Qki                     | Breve            | 0.90             | -42.101             | -0.426               | 53 < | 196                                 |
| 8    | yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90             | -62.195             | -0.627               | 78 < | 196                                 |
| 9    | yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90             | -62.195             | -0.627               | 78 < | 196                                 |
| 10   | yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90             | -48.975             | -0.512               | 62 < | 196                                 |
| 11   | yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90             | -48.975             | -0.512               | 62 < | 196                                 |
| 12   | yg.Gk+yq.Qk3+yq.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90             | -56.933             | -0.557               | 71 < | 196                                 |
| 13   | yg.Gk+yq.Qk3+yq.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90             | -56.933             | -0.557               | 71 < | 196                                 |
| 14   | yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk1           | Breve            | 0.90             | -51.103             | -0.516               | 64 < | 196                                 |
| 15   | yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk2           | Breve            | 0.90             | -41.849             | -0.435               | 53 < | 196                                 |
| 16   | yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk3           | Breve            | 0.90             | -47.420             | -0.467               | 59 < | 196                                 |
| 17   | yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk1           | Breve            | 0.90             | -51.103             | -0.516               | 64 < | 196                                 |
| 18   | yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk2           | Breve            | 0.90             | -41.849             | -0.435               | 53 < | 196                                 |
| 19   | yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk3           | Breve            | 0.90             | -47.420             | -0.467               | 59 < | 196                                 |
| 20   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90             | -67.982             | -0.686               | 85 < | 196                                 |
| 21   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90             | -67.982             | -0.686               | 85 < | 196                                 |
| 22   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk2+yq.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90             | -58.727             | -0.605               | 74 < | 196                                 |
| 23   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk2+yq.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90             | -58.727             | -0.605               | 74 < | 196                                 |
| 24   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk3+yq.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90             | -64.299             | -0.636               | 81 < | 196                                 |
| 25   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk3+yq.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90             | -64.299             | -0.636               | 81 < | 196                                 |
| 26   | Gk+0.2xQk1 + AedX                | Accidental       | 1.00             | -23.681             | -0.235               | 30 < | 240                                 |
| 27   | Gk+0.2xQk1 + AedY                | Accidental       | 1.00             | -24.487             | -0.248               | 31 < | 240                                 |

#### 1.13.4. Stato limite ultimo

**Progettazione di unioni con bulloni nei nodi : 4, 5 (UNI EN1995-1-1:2009, §8.5)**

Unione con due (2) piastre metalliche.

##### Verifica dell'unione tra gli elementi 5 e 6, con gli elementi 8 e 10, al nodo 4

Caratteristiche della ferramenta:

Due (2) piastre metalliche 2.0 mm delle dimensioni

BxH=270mmx145mm, e di spessore 2.0mm

Diametro dei bulloni d=4.0mm,

12 bulloni su ogni elemento collegato

Distanza tra i bulloni a1=28 mm, a2=16 mm

Res. snervamento piastre in acciaio  $f_y=240\text{N/mm}^2$

Superficie netta piastra  $A_{net}=(0.75) \cdot b \cdot t$

Fa= forza al centro dell'unione

Ma= momento al centro dell'unione

Sforzo max bullone d'angolo  $F_n=Fa/n+Ma/W_p$

n: numero di bulloni, a: sezione del bullone

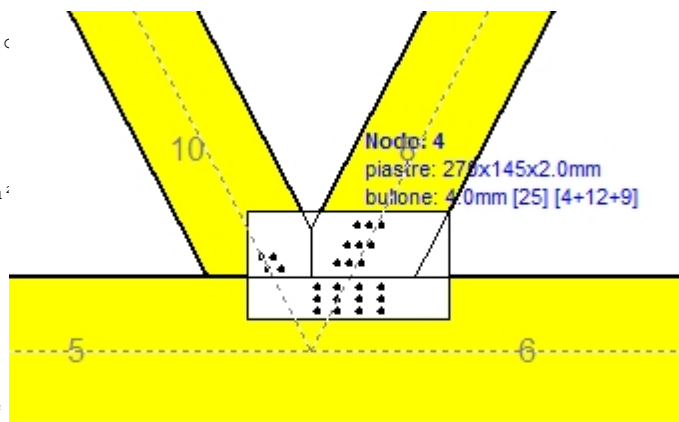
$A=n \cdot a$ : area totale bullone

r :distanza bullone d'angolo dal centro unione

$W_p$ : modulo di resistenza del collegamento

$n=12$ , ( $n_{ef}=1.34n$ ),  $A=151\text{mm}^2$ ,  $r=51\text{mm}$ ,  $W_p=6143\text{mm}^3$

$\sigma$  e  $\sigma_d$  tens. normale e di esercizio piastra  $\text{N/mm}^2$



**Sforzi nel nodo 4 ,dagli elementi 8, 10, al centro della unioni F(forza) M(momento)**

##### Verifica resistenza della unione

| L.C. | Combinazione di carichi          | Classe di durata | kmod | Fa (kN) | Ma (kNm) | F <sub>n</sub> (kN) | R <sub>d</sub> (kN) |
|------|----------------------------------|------------------|------|---------|----------|---------------------|---------------------|
| 1    | yg.Gk                            | Permanente       | 0.60 | 7.586   | 0.179    | 0.995 <             | 1.839               |
| 2    | yg.Gk+yg.Qk1                     | Breve            | 0.90 | 18.546  | 0.444    | 2.429 <             | 2.758               |
| 3    | yg.Gk+yg.Qk2                     | Breve            | 0.90 | 13.002  | 0.310    | 1.705 <             | 2.758               |
| 4    | yg.Gk+yg.Qk3                     | Breve            | 0.90 | 18.596  | 0.445    | 2.435 <             | 2.758               |
| 5    | yg.Gk+yg.Qk4                     | Breve            | 0.90 | 7.379   | 0.174    | 0.967 <             | 2.758               |
| 6    | yg.Gk+yg.Qk5                     | Breve            | 0.90 | 7.586   | 0.179    | 0.995 <             | 2.758               |
| 7    | yg.Gk+yg.Qki                     | Breve            | 0.90 | 12.574  | 0.300    | 1.649 <             | 2.758               |
| 8    | yg.Gk+yg.Qk1+yg.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | 18.421  | 0.441    | 2.413 <             | 2.758               |
| 9    | yg.Gk+yg.Qk1+yg.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | 18.546  | 0.444    | 2.429 <             | 2.758               |
| 10   | yg.Gk+yg.Qk2+yg.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | 12.954  | 0.309    | 1.699 <             | 2.758               |
| 11   | yg.Gk+yg.Qk2+yg.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | -11.696 | 0.279    | 0.754 <             | 2.758               |
| 12   | yg.Gk+yg.Qk3+yg.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | 18.471  | 0.442    | 2.419 <             | 2.758               |
| 13   | yg.Gk+yg.Qk3+yg.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | 18.596  | 0.445    | 2.435 <             | 2.758               |
| 14   | yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk1           | Breve            | 0.90 | 15.039  | 0.360    | 1.971 <             | 2.758               |
| 15   | yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk2           | Breve            | 0.90 | 11.165  | 0.266    | 1.464 <             | 2.758               |
| 16   | yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk3           | Breve            | 0.90 | 15.074  | 0.360    | 1.975 <             | 2.758               |
| 17   | yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk1           | Breve            | 0.90 | 15.247  | 0.365    | 1.998 <             | 2.758               |
| 18   | yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk2           | Breve            | 0.90 | 11.372  | 0.271    | 1.492 <             | 2.758               |
| 19   | yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk3           | Breve            | 0.90 | 15.282  | 0.365    | 2.003 <             | 2.758               |
| 20   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk1+yg.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | 20.143  | 0.482    | 2.638 <             | 2.758               |
| 21   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk1+yg.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | 20.268  | 0.485    | 2.654 <             | 2.758               |
| 22   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk2+yg.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | 16.333  | 0.391    | 2.141 <             | 2.758               |
| 23   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk2+yg.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | -15.081 | 0.361    | 0.975 <             | 2.758               |
| 24   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk3+yg.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | 20.178  | 0.483    | 2.642 <             | 2.758               |
| 25   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk3+yg.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | 20.303  | 0.486    | 2.658 <             | 2.758               |
| 26   | Gk+0.2xQk1 + AedX                | Accidental       | 1.00 | 7.559   | 0.180    | 0.992 <             | 4.596               |
| 27   | Gk+0.2xQk1 + AedY                | Accidental       | 1.00 | 7.334   | 0.174    | 0.962 <             | 4.596               |

**Verifica la resistenza della piastra di unione**

| L.C. | Combinazione di carichi          | Classe di durata | kmod | Fa (kN) | Ma (kNm) | $\sigma$ | $\sigma_d$ (N/mm <sup>2</sup> ) |
|------|----------------------------------|------------------|------|---------|----------|----------|---------------------------------|
| 1    | yg.Gk                            | Permanente       | 0.60 | 7.586   | 0.179    | 13 <     | 131                             |
| 2    | yg.Gk+yq.Qk1                     | Breve            | 0.90 | 18.546  | 0.444    | 31 <     | 196                             |
| 3    | yg.Gk+yq.Qk2                     | Breve            | 0.90 | 13.002  | 0.310    | 22 <     | 196                             |
| 4    | yg.Gk+yq.Qk3                     | Breve            | 0.90 | 18.596  | 0.445    | 31 <     | 196                             |
| 5    | yg.Gk+yq.Qk4                     | Breve            | 0.90 | 7.379   | 0.174    | 12 <     | 196                             |
| 6    | yg.Gk+yq.Qk5                     | Breve            | 0.90 | 7.586   | 0.179    | 13 <     | 196                             |
| 7    | yg.Gk+yq.Qki                     | Breve            | 0.90 | 12.574  | 0.300    | 21 <     | 196                             |
| 8    | yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | 18.421  | 0.441    | 31 <     | 196                             |
| 9    | yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | 18.546  | 0.444    | 31 <     | 196                             |
| 10   | yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | 12.954  | 0.309    | 22 <     | 196                             |
| 11   | yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | -11.696 | 0.279    | 10 <     | 196                             |
| 12   | yg.Gk+yq.Qk3+yq.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | 18.471  | 0.442    | 31 <     | 196                             |
| 13   | yg.Gk+yq.Qk3+yq.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | 18.596  | 0.445    | 31 <     | 196                             |
| 14   | yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk1           | Breve            | 0.90 | 15.039  | 0.360    | 25 <     | 196                             |
| 15   | yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk2           | Breve            | 0.90 | 11.165  | 0.266    | 19 <     | 196                             |
| 16   | yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk3           | Breve            | 0.90 | 15.074  | 0.360    | 25 <     | 196                             |
| 17   | yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk1           | Breve            | 0.90 | 15.247  | 0.365    | 25 <     | 196                             |
| 18   | yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk2           | Breve            | 0.90 | 11.372  | 0.271    | 19 <     | 196                             |
| 19   | yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk3           | Breve            | 0.90 | 15.282  | 0.365    | 26 <     | 196                             |
| 20   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | 20.143  | 0.482    | 34 <     | 196                             |
| 21   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | 20.268  | 0.485    | 34 <     | 196                             |
| 22   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk2+yq.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | 16.333  | 0.391    | 27 <     | 196                             |
| 23   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk2+yq.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | -15.081 | 0.361    | 13 <     | 196                             |
| 24   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk3+yq.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | 20.178  | 0.483    | 34 <     | 196                             |
| 25   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk3+yq.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | 20.303  | 0.486    | 34 <     | 196                             |
| 26   | Gk+0.2xQk1 + AedX                | Accidental       | 1.00 | 7.559   | 0.180    | 13 <     | 240                             |
| 27   | Gk+0.2xQk1 + AedY                | Accidental       | 1.00 | 7.334   | 0.174    | 12 <     | 240                             |

**Verifica dell'unione dell'elemento 10, con gli elementi 5, 6 e 8, al nodo 4**

Caratteristiche della ferramenta:

Due(2) piastre metalliche 2.0 mm delle dimensioni BxH=270mmx145mm, e di spessore 2.0mm

Diametro dei bulloni d=4.0mm,

4 bulloni su ogni elemento collegato

Distanza tra i bulloni a1=28 mm, a2=16 mm

Res. snervamento piastre in acciaio  $f_y=240\text{N/mm}^2$

Superficie netta piastra  $A_{net}=(0.75) \cdot b \cdot t$

Fa= forza al centro dell'unione

Ma= momento al centro dell'unione

Sforzo max bullone d'angolo  $F_n=F_a/n+M_a/W_p$

n: numero di bulloni, a: sezione del bullone

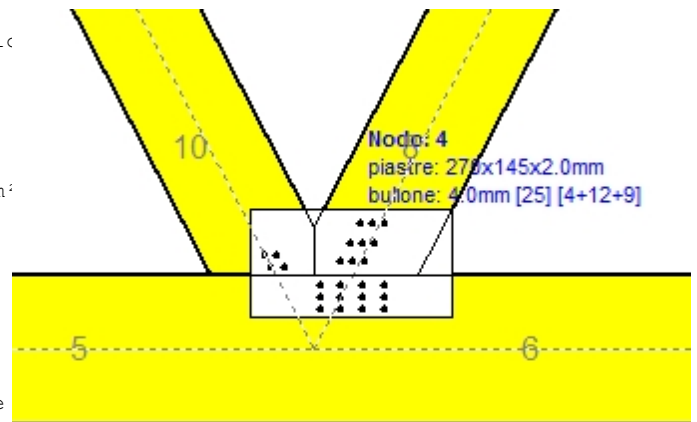
$A=n \cdot a$ : area totale bullone

r :distanza bullone d'angolo dal centro unione

$W_p$ : modulo di resistenza del collegamento

$n=4$ , ( $n_{ef}=1.00n$ ),  $A=50\text{mm}^2$ ,  $r=13\text{mm}$ ,  $W_p=569\text{mm}^3$

$\sigma$  e  $\sigma_d$  tens. normale e di esercizio piastra N/mm<sup>2</sup>



**Sforzi nel nodo 4 ,dall'elemento 10, al centro della unioni F(forza) M(momento)**  
**Verifica resistenza della unione**

| L.C. | Combinazione di carichi          | Classe di durata | kmod | Fa (kN) | Ma (kNm) | Fn (kN) | Rd (kN) |
|------|----------------------------------|------------------|------|---------|----------|---------|---------|
| 1    | yg.Gk                            | Permanente       | 0.60 | -7.345  | 0.000    | 0.919 < | 1.839   |
| 2    | yg.Gk+yq.Qk1                     | Breve            | 0.90 | -19.303 | 0.000    | 2.414 < | 2.758   |
| 3    | yg.Gk+yq.Qk2                     | Breve            | 0.90 | -13.257 | 0.000    | 1.658 < | 2.758   |
| 4    | yg.Gk+yq.Qk3                     | Breve            | 0.90 | -19.370 | 0.000    | 2.422 < | 2.758   |
| 5    | yg.Gk+yq.Qk4                     | Breve            | 0.90 | -7.127  | 0.000    | 0.892 < | 2.758   |
| 6    | yg.Gk+yq.Qk5                     | Breve            | 0.90 | -7.345  | 0.000    | 0.919 < | 2.758   |
| 7    | yg.Gk+yq.Qki                     | Breve            | 0.90 | -12.804 | 0.000    | 1.601 < | 2.758   |
| 8    | yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | -19.173 | 0.000    | 2.397 < | 2.758   |
| 9    | yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | -19.303 | 0.000    | 2.414 < | 2.758   |
| 10   | yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | -13.127 | 0.000    | 1.641 < | 2.758   |
| 11   | yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | -13.257 | 0.000    | 1.658 < | 2.758   |
| 12   | yg.Gk+yq.Qk3+yq.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | -19.240 | 0.000    | 2.406 < | 2.758   |
| 13   | yg.Gk+yq.Qk3+yq.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | -19.370 | 0.000    | 2.422 < | 2.758   |
| 14   | yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk1           | Breve            | 0.90 | -15.499 | 0.000    | 1.938 < | 2.758   |
| 15   | yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk2           | Breve            | 0.90 | -11.266 | 0.000    | 1.409 < | 2.758   |
| 16   | yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk3           | Breve            | 0.90 | -15.545 | 0.000    | 1.944 < | 2.758   |
| 17   | yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk1           | Breve            | 0.90 | -15.716 | 0.000    | 1.965 < | 2.758   |
| 18   | yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk2           | Breve            | 0.90 | -11.483 | 0.000    | 1.436 < | 2.758   |
| 19   | yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk3           | Breve            | 0.90 | -15.763 | 0.000    | 1.971 < | 2.758   |
| 20   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | -21.045 | 0.000    | 2.631 < | 2.758   |
| 21   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | -21.175 | 0.000    | 2.647 < | 2.758   |
| 22   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk2+yq.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | -16.813 | 0.000    | 2.102 < | 2.758   |
| 23   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk2+yq.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | -16.943 | 0.000    | 2.118 < | 2.758   |
| 24   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk3+yq.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | -21.092 | 0.000    | 2.637 < | 2.758   |
| 25   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk3+yq.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | -21.222 | 0.000    | 2.653 < | 2.758   |
| 26   | Gk+0.2xQk1 + AedX                | Accidental       | 1.00 | -7.542  | 0.000    | 0.943 < | 4.596   |
| 27   | Gk+0.2xQk1 + AedY                | Accidental       | 1.00 | -7.291  | 0.000    | 0.912 < | 4.596   |

**Verifica la resistenza della piastra di unione**

| L.C. | Combinazione di carichi          | Classe di durata | kmod | Fa (kN) | Ma (kNm) | σ    | σd (N/mm <sup>2</sup> ) |
|------|----------------------------------|------------------|------|---------|----------|------|-------------------------|
| 1    | yg.Gk                            | Permanente       | 0.60 | -7.345  | 0.000    | 8 <  | 131                     |
| 2    | yg.Gk+yq.Qk1                     | Breve            | 0.90 | -19.303 | 0.000    | 22 < | 196                     |
| 3    | yg.Gk+yq.Qk2                     | Breve            | 0.90 | -13.257 | 0.000    | 15 < | 196                     |
| 4    | yg.Gk+yq.Qk3                     | Breve            | 0.90 | -19.370 | 0.000    | 22 < | 196                     |
| 5    | yg.Gk+yq.Qk4                     | Breve            | 0.90 | -7.127  | 0.000    | 8 <  | 196                     |
| 6    | yg.Gk+yq.Qk5                     | Breve            | 0.90 | -7.345  | 0.000    | 8 <  | 196                     |
| 7    | yg.Gk+yq.Qki                     | Breve            | 0.90 | -12.804 | 0.000    | 15 < | 196                     |
| 8    | yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | -19.173 | 0.000    | 22 < | 196                     |
| 9    | yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | -19.303 | 0.000    | 22 < | 196                     |
| 10   | yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | -13.127 | 0.000    | 15 < | 196                     |
| 11   | yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | -13.257 | 0.000    | 15 < | 196                     |
| 12   | yg.Gk+yq.Qk3+yq.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | -19.240 | 0.000    | 22 < | 196                     |
| 13   | yg.Gk+yq.Qk3+yq.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | -19.370 | 0.000    | 22 < | 196                     |
| 14   | yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk1           | Breve            | 0.90 | -15.499 | 0.000    | 18 < | 196                     |
| 15   | yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk2           | Breve            | 0.90 | -11.266 | 0.000    | 13 < | 196                     |
| 16   | yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk3           | Breve            | 0.90 | -15.545 | 0.000    | 18 < | 196                     |
| 17   | yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk1           | Breve            | 0.90 | -15.716 | 0.000    | 18 < | 196                     |
| 18   | yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk2           | Breve            | 0.90 | -11.483 | 0.000    | 13 < | 196                     |
| 19   | yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk3           | Breve            | 0.90 | -15.763 | 0.000    | 18 < | 196                     |
| 20   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | -21.045 | 0.000    | 24 < | 196                     |
| 21   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | -21.175 | 0.000    | 24 < | 196                     |
| 22   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk2+yq.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | -16.813 | 0.000    | 19 < | 196                     |
| 23   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk2+yq.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | -16.943 | 0.000    | 19 < | 196                     |
| 24   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk3+yq.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | -21.092 | 0.000    | 24 < | 196                     |
| 25   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk3+yq.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | -21.222 | 0.000    | 24 < | 196                     |
| 26   | Gk+0.2xQk1 + AedX                | Accidental       | 1.00 | -7.542  | 0.000    | 9 <  | 240                     |
| 27   | Gk+0.2xQk1 + AedY                | Accidental       | 1.00 | -7.291  | 0.000    | 8 <  | 240                     |

**Verifica dell'unione dell'elemento 8, con gli elementi 5, 6 e 10, al nodo 4**

Caratteristiche della ferramenta:

Due(2) piastre metalliche 2.0 mm delle dimensioni

BxH=270mmx145mm, e di spessore 2.0mm

Diametro dei bulloni d=4.0mm,

9 bulloni su ogni elemento collegato

Distanza tra i bulloni a1=28 mm, a2=16 mm

Res. snervamento piastre in acciaio  $f_y=240\text{N/mm}^2$ Superficie netta piastra  $A_{net}=(0.75) \cdot b \cdot t$ 

Fa= forza al centro dell'unione

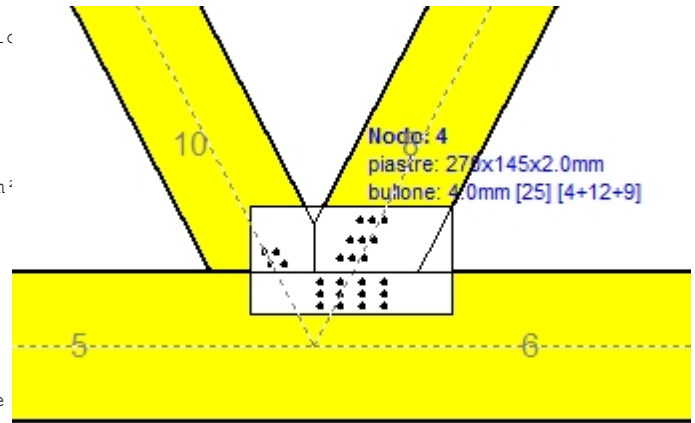
Ma= momento al centro dell'unione

Sforzo max bullone d'angolo  $F_n=Fa/n+Ma/W_p$ 

n: numero di bulloni, a: sezione del bullone

 $A=n \cdot a$ : area totale bullone

r :distanza bullone d'angolo dal centro unione

 $W_p$ : modulo di resistenza del collegamenton= 9, ( $n_{ef}=1.30n$ ),  $A=113\text{mm}^2$ ,  $r=26\text{mm}$ ,  $W_p=2746\text{mm}^3$  $\sigma$  e  $\sigma_d$  tens. normale e di esercizio piastra  $\text{N/mm}^2$ **Sforzi nel nodo 4 ,dall'elemento 8, al centro della unioni F(forza) M(momento)****Verifica resistenza della unione**

| L.C. | Combinazione di carichi          | Classe di durata | kmod | Fa (kN) | Ma (kNm) | F <sub>n</sub> (kN) | R <sub>d</sub> (kN) |
|------|----------------------------------|------------------|------|---------|----------|---------------------|---------------------|
| 1    | vg.Gk                            | Permanente       | 0.60 | 8.830   | 0.000    | 0.981 < 1.839       |                     |
| 2    | vg.Gk+vg.Qk1                     | Breve            | 0.90 | 20.751  | 0.000    | 2.306 < 2.758       |                     |
| 3    | vg.Gk+vg.Qk2                     | Breve            | 0.90 | 14.747  | 0.000    | 1.639 < 2.758       |                     |
| 4    | vg.Gk+vg.Qk3                     | Breve            | 0.90 | 20.795  | 0.000    | 2.311 < 2.758       |                     |
| 5    | vg.Gk+vg.Qk4                     | Breve            | 0.90 | 8.597   | 0.000    | 0.955 < 2.758       |                     |
| 6    | vg.Gk+vg.Qk5                     | Breve            | 0.90 | 8.830   | 0.000    | 0.981 < 2.758       |                     |
| 7    | vg.Gk+vg.Qki                     | Breve            | 0.90 | 14.272  | 0.000    | 1.586 < 2.758       |                     |
| 8    | vg.Gk+vg.Qk1+vg.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | 20.612  | 0.000    | 2.290 < 2.758       |                     |
| 9    | vg.Gk+vg.Qk1+vg.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | 20.751  | 0.000    | 2.306 < 2.758       |                     |
| 10   | vg.Gk+vg.Qk2+vg.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | 14.747  | 0.000    | 1.639 < 2.758       |                     |
| 11   | vg.Gk+vg.Qk2+vg.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | 11.940  | 0.000    | 1.327 < 2.758       |                     |
| 12   | vg.Gk+vg.Qk3+vg.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90 | 20.655  | 0.000    | 2.295 < 2.758       |                     |
| 13   | vg.Gk+vg.Qk3+vg.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90 | 20.795  | 0.000    | 2.311 < 2.758       |                     |
| 14   | vg.Gk+vg.Qk4+vg.ψo.Qk1           | Breve            | 0.90 | 16.942  | 0.000    | 1.883 < 2.758       |                     |
| 15   | vg.Gk+vg.Qk4+vg.ψo.Qk2           | Breve            | 0.90 | 12.739  | 0.000    | 1.416 < 2.758       |                     |
| 16   | vg.Gk+vg.Qk4+vg.ψo.Qk3           | Breve            | 0.90 | 16.973  | 0.000    | 1.886 < 2.758       |                     |
| 17   | vg.Gk+vg.Qk5+vg.ψo.Qk1           | Breve            | 0.90 | 17.175  | 0.000    | 1.909 < 2.758       |                     |
| 18   | vg.Gk+vg.Qk5+vg.ψo.Qk2           | Breve            | 0.90 | 12.972  | 0.000    | 1.441 < 2.758       |                     |
| 19   | vg.Gk+vg.Qk5+vg.ψo.Qk3           | Breve            | 0.90 | 17.205  | 0.000    | 1.912 < 2.758       |                     |
| 20   | vg.Gk+vg.Qki+vg.ψo.Qk1+vg.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | 22.478  | 0.000    | 2.498 < 2.758       |                     |
| 21   | vg.Gk+vg.Qki+vg.ψo.Qk1+vg.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | 22.617  | 0.000    | 2.513 < 2.758       |                     |
| 22   | vg.Gk+vg.Qki+vg.ψo.Qk2+vg.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | 18.414  | 0.000    | 2.046 < 2.758       |                     |
| 23   | vg.Gk+vg.Qki+vg.ψo.Qk2+vg.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | 15.608  | 0.000    | 1.734 < 2.758       |                     |
| 24   | vg.Gk+vg.Qki+vg.ψo.Qk3+vg.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90 | 22.508  | 0.000    | 2.501 < 2.758       |                     |
| 25   | vg.Gk+vg.Qki+vg.ψo.Qk3+vg.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90 | 22.648  | 0.000    | 2.517 < 2.758       |                     |
| 26   | Gk+0.2xQk1 + AedX                | Accidental       | 1.00 | 8.678   | 0.000    | 0.964 < 4.596       |                     |
| 27   | Gk+0.2xQk1 + AedY                | Accidental       | 1.00 | 8.435   | 0.000    | 0.937 < 4.596       |                     |

**Verifica la resistenza della piastra di unione**

| L.C. | Combinazione di carichi                          | Classe di durata | kmod | Fa (kN) | Ma (kNm) | $\sigma$ | $\sigma_d$ (N/mm <sup>2</sup> ) |
|------|--|------------------|------|---------|----------|----------|---------------------------------|
| 1    | yg.Gk  | Permanente       | 0.60 | 8.830   | 0.000    | 11 <     | 131                             |
| 2    | yg.Gk+yq.Qk1                                     | Breve            | 0.90 | 20.751  | 0.000    | 26 <     | 196                             |
| 3    | yg.Gk+yq.Qk2                                     | Breve            | 0.90 | 14.747  | 0.000    | 18 <     | 196                             |
| 4    | yg.Gk+yq.Qk3                                     | Breve            | 0.90 | 20.795  | 0.000    | 26 <     | 196                             |
| 5    | yg.Gk+yq.Qk4                                     | Breve            | 0.90 | 8.597   | 0.000    | 11 <     | 196                             |
| 6    | yg.Gk+yq.Qk5                                     | Breve            | 0.90 | 8.830   | 0.000    | 11 <     | 196                             |
| 7    | yg.Gk+yq.Qki                                     | Breve            | 0.90 | 14.272  | 0.000    | 18 <     | 196                             |
| 8    | yg.Gk+yq.Qk1+yq. $\psi_o$ .Qk4                   | Breve            | 0.90 | 20.612  | 0.000    | 25 <     | 196                             |
| 9    | yg.Gk+yq.Qk1+yq. $\psi_o$ .Qk5                   | Breve            | 0.90 | 20.751  | 0.000    | 26 <     | 196                             |
| 10   | yg.Gk+yq.Qk2+yq. $\psi_o$ .Qk4                   | Breve            | 0.90 | 14.747  | 0.000    | 18 <     | 196                             |
| 11   | yg.Gk+yq.Qk2+yq. $\psi_o$ .Qk5                   | Breve            | 0.90 | 11.940  | 0.000    | 15 <     | 196                             |
| 12   | yg.Gk+yq.Qk3+yq. $\psi_o$ .Qk4                   | Breve            | 0.90 | 20.655  | 0.000    | 26 <     | 196                             |
| 13   | yg.Gk+yq.Qk3+yq. $\psi_o$ .Qk5                   | Breve            | 0.90 | 20.795  | 0.000    | 26 <     | 196                             |
| 14   | yg.Gk+yq.Qk4+yq. $\psi_o$ .Qk1                   | Breve            | 0.90 | 16.942  | 0.000    | 21 <     | 196                             |
| 15   | yg.Gk+yq.Qk4+yq. $\psi_o$ .Qk2                   | Breve            | 0.90 | 12.739  | 0.000    | 16 <     | 196                             |
| 16   | yg.Gk+yq.Qk4+yq. $\psi_o$ .Qk3                   | Breve            | 0.90 | 16.973  | 0.000    | 21 <     | 196                             |
| 17   | yg.Gk+yq.Qk5+yq. $\psi_o$ .Qk1                   | Breve            | 0.90 | 17.175  | 0.000    | 21 <     | 196                             |
| 18   | yg.Gk+yq.Qk5+yq. $\psi_o$ .Qk2                   | Breve            | 0.90 | 12.972  | 0.000    | 16 <     | 196                             |
| 19   | yg.Gk+yq.Qk5+yq. $\psi_o$ .Qk3                   | Breve            | 0.90 | 17.205  | 0.000    | 21 <     | 196                             |
| 20   | yg.Gk+yq.Qki+yq. $\psi_o$ .Qk1+yq. $\psi_o$ .Qk4 | Breve            | 0.90 | 22.478  | 0.000    | 28 <     | 196                             |
| 21   | yg.Gk+yq.Qki+yq. $\psi_o$ .Qk1+yq. $\psi_o$ .Qk5 | Breve            | 0.90 | 22.617  | 0.000    | 28 <     | 196                             |
| 22   | yg.Gk+yq.Qki+yq. $\psi_o$ .Qk2+yq. $\psi_o$ .Qk4 | Breve            | 0.90 | 18.414  | 0.000    | 23 <     | 196                             |
| 23   | yg.Gk+yq.Qki+yq. $\psi_o$ .Qk2+yq. $\psi_o$ .Qk5 | Breve            | 0.90 | 15.608  | 0.000    | 19 <     | 196                             |
| 24   | yg.Gk+yq.Qki+yq. $\psi_o$ .Qk3+yq. $\psi_o$ .Qk4 | Breve            | 0.90 | 22.508  | 0.000    | 28 <     | 196                             |
| 25   | yg.Gk+yq.Qki+yq. $\psi_o$ .Qk3+yq. $\psi_o$ .Qk5 | Breve            | 0.90 | 22.648  | 0.000    | 28 <     | 196                             |
| 26   | Gk+0.2xQk1 + AedX                                | Accidental       | 1.00 | 8.678   | 0.000    | 11 <     | 240                             |
| 27   | Gk+0.2xQk1 + AedY                                | Accidental       | 1.00 | 8.435   | 0.000    | 10 <     | 240                             |

### 1.13.5. Stato limite ultimo

**Progettazione di unioni con bulloni nei nodi : 6, 7** (UNI EN1995-1-1:2009, §8.5)

Unione con due (2) piastre metalliche.

#### Verifica dell'unione dell'elemento 10, con gli elementi 1 e 2, al nodo 6

Caratteristiche della ferramenta:

Due(2) piastre metalliche 2.0 mm delle dimensioni

BxH=125mmx45mm, e di spessore 2.0mm

Diametro dei bulloni d=4.0mm,

4 bulloni su ogni elemento collegato

Distanza tra i bulloni a1=16 mm, a2=16 mm

Res. snervamento piastre in acciaio  $f_y=240\text{N/mm}^2$

Superficie netta piastra  $A_{net}=(0.75) \cdot b \cdot t$

Fa= forza al centro dell'unione

Ma= momento al centro dell'unione

Sforzo max bullone d'angolo  $F_n=Fa/n+Ma/W_p$

n: numero di bulloni, a: sezione del bullone

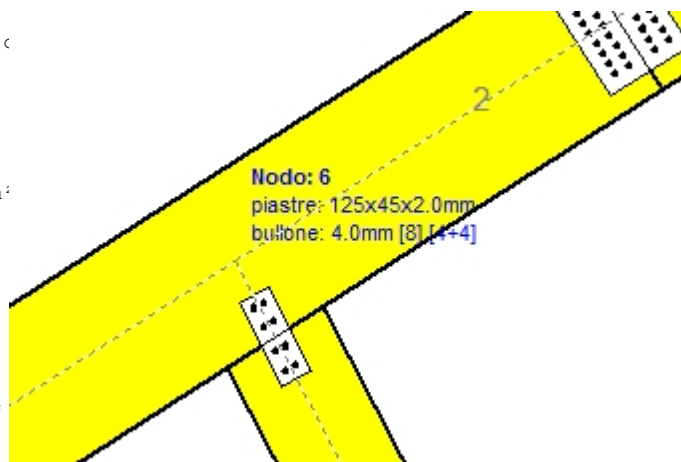
$A=n \cdot x \cdot a$ : area totale bullone

r :distanza bullone d'angolo dal centro unione

$W_p$ : modulo di resistenza del collegamento

$n=4$ , ( $n_{ef}=1.00n$ ),  $A=50\text{mm}^2$ ,  $r=13\text{mm}$ ,  $W_p=569\text{mm}^3$

$\sigma$  e  $\sigma_d$  tens. normale e di esercizio piastra  $\text{N/mm}^2$



#### Sforzi nel nodo 6 ,dall'elemento 10, al centro della unioni F(forza) M(momento)

##### Verifica resistenza della unione

| L.C. | Combinazione di carichi          | Classe di  | durata | kmod    | Fa (kN) | Ma (kNm) | F <sub>n</sub> (kN) | R <sub>d</sub> (kN) |
|------|----------------------------------|------------|--------|---------|---------|----------|---------------------|---------------------|
| 1    | yg.Gk                            | Permanente | 0.60   | -7.345  | 0.000   | 0.918    | < 1.839             |                     |
| 2    | yg.Gk+yg.Qk1                     | Breve      | 0.90   | -19.303 | 0.000   | 2.413    | < 2.758             |                     |
| 3    | yg.Gk+yg.Qk2                     | Breve      | 0.90   | -13.257 | 0.000   | 1.657    | < 2.758             |                     |
| 4    | yg.Gk+yg.Qk3                     | Breve      | 0.90   | -19.370 | 0.000   | 2.421    | < 2.758             |                     |
| 5    | yg.Gk+yg.Qk4                     | Breve      | 0.90   | -7.127  | 0.000   | 0.891    | < 2.758             |                     |
| 6    | yg.Gk+yg.Qk5                     | Breve      | 0.90   | -7.345  | 0.000   | 0.918    | < 2.758             |                     |
| 7    | yg.Gk+yg.Qki                     | Breve      | 0.90   | -12.804 | 0.000   | 1.601    | < 2.758             |                     |
| 8    | yg.Gk+yg.Qk1+yg.ψo.Qk4           | Breve      | 0.90   | -19.173 | 0.000   | 2.397    | < 2.758             |                     |
| 9    | yg.Gk+yg.Qk1+yg.ψo.Qk5           | Breve      | 0.90   | -19.303 | 0.000   | 2.413    | < 2.758             |                     |
| 10   | yg.Gk+yg.Qk2+yg.ψo.Qk4           | Breve      | 0.90   | -13.127 | 0.000   | 1.641    | < 2.758             |                     |
| 11   | yg.Gk+yg.Qk2+yg.ψo.Qk5           | Breve      | 0.90   | -13.257 | 0.000   | 1.657    | < 2.758             |                     |
| 12   | yg.Gk+yg.Qk3+yg.ψo.Qk4           | Breve      | 0.90   | -19.240 | 0.000   | 2.405    | < 2.758             |                     |
| 13   | yg.Gk+yg.Qk3+yg.ψo.Qk5           | Breve      | 0.90   | -19.370 | 0.000   | 2.421    | < 2.758             |                     |
| 14   | yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk1           | Breve      | 0.90   | -15.499 | 0.000   | 1.937    | < 2.758             |                     |
| 15   | yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk2           | Breve      | 0.90   | -11.266 | 0.000   | 1.408    | < 2.758             |                     |
| 16   | yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk3           | Breve      | 0.90   | -15.545 | 0.000   | 1.943    | < 2.758             |                     |
| 17   | yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk1           | Breve      | 0.90   | -15.716 | 0.000   | 1.965    | < 2.758             |                     |
| 18   | yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk2           | Breve      | 0.90   | -11.483 | 0.000   | 1.436    | < 2.758             |                     |
| 19   | yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk3           | Breve      | 0.90   | -15.763 | 0.000   | 1.970    | < 2.758             |                     |
| 20   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk1+yg.ψo.Qk4 | Breve      | 0.90   | -21.045 | 0.000   | 2.631    | < 2.758             |                     |
| 21   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk1+yg.ψo.Qk5 | Breve      | 0.90   | -21.175 | 0.000   | 2.647    | < 2.758             |                     |
| 22   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk2+yg.ψo.Qk4 | Breve      | 0.90   | -16.813 | 0.000   | 2.102    | < 2.758             |                     |
| 23   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk2+yg.ψo.Qk5 | Breve      | 0.90   | -16.943 | 0.000   | 2.118    | < 2.758             |                     |
| 24   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk3+yg.ψo.Qk4 | Breve      | 0.90   | -21.092 | 0.000   | 2.637    | < 2.758             |                     |
| 25   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk3+yg.ψo.Qk5 | Breve      | 0.90   | -21.222 | 0.000   | 2.653    | < 2.758             |                     |
| 26   | Gk+0.2xQk1 + AedX                | Accidental | 1.00   | -7.542  | 0.000   | 0.943    | < 4.596             |                     |
| 27   | Gk+0.2xQk1 + AedY                | Accidental | 1.00   | -7.291  | 0.000   | 0.911    | < 4.596             |                     |

**Verifica la resistenza della piastra di unione**

| L.C. | Combinazione di carichi                          | Classe di durata | kmod | Fa (kN) | Ma (kNm) | $\sigma$ | $\sigma_d$ (N/mm <sup>2</sup> ) |
|------|--|------------------|------|---------|----------|----------|---------------------------------|
| 1    | yg.Gk  | Permanente       | 0.60 | -7.345  | 0.000    | 27 <     | 131                             |
| 2    | yg.Gk+yq.Qk1                                     | Breve            | 0.90 | -19.303 | 0.000    | 71 <     | 196                             |
| 3    | yg.Gk+yq.Qk2                                     | Breve            | 0.90 | -13.257 | 0.000    | 49 <     | 196                             |
| 4    | yg.Gk+yq.Qk3                                     | Breve            | 0.90 | -19.370 | 0.000    | 72 <     | 196                             |
| 5    | yg.Gk+yq.Qk4                                     | Breve            | 0.90 | -7.127  | 0.000    | 26 <     | 196                             |
| 6    | yg.Gk+yq.Qk5                                     | Breve            | 0.90 | -7.345  | 0.000    | 27 <     | 196                             |
| 7    | yg.Gk+yq.Qki                                     | Breve            | 0.90 | -12.804 | 0.000    | 47 <     | 196                             |
| 8    | yg.Gk+yq.Qk1+yq. $\psi_o$ .Qk4                   | Breve            | 0.90 | -19.173 | 0.000    | 71 <     | 196                             |
| 9    | yg.Gk+yq.Qk1+yq. $\psi_o$ .Qk5                   | Breve            | 0.90 | -19.303 | 0.000    | 71 <     | 196                             |
| 10   | yg.Gk+yq.Qk2+yq. $\psi_o$ .Qk4                   | Breve            | 0.90 | -13.127 | 0.000    | 49 <     | 196                             |
| 11   | yg.Gk+yq.Qk2+yq. $\psi_o$ .Qk5                   | Breve            | 0.90 | -13.257 | 0.000    | 49 <     | 196                             |
| 12   | yg.Gk+yq.Qk3+yq. $\psi_o$ .Qk4                   | Breve            | 0.90 | -19.240 | 0.000    | 71 <     | 196                             |
| 13   | yg.Gk+yq.Qk3+yq. $\psi_o$ .Qk5                   | Breve            | 0.90 | -19.370 | 0.000    | 72 <     | 196                             |
| 14   | yg.Gk+yq.Qk4+yq. $\psi_o$ .Qk1                   | Breve            | 0.90 | -15.499 | 0.000    | 57 <     | 196                             |
| 15   | yg.Gk+yq.Qk4+yq. $\psi_o$ .Qk2                   | Breve            | 0.90 | -11.266 | 0.000    | 42 <     | 196                             |
| 16   | yg.Gk+yq.Qk4+yq. $\psi_o$ .Qk3                   | Breve            | 0.90 | -15.545 | 0.000    | 58 <     | 196                             |
| 17   | yg.Gk+yq.Qk5+yq. $\psi_o$ .Qk1                   | Breve            | 0.90 | -15.716 | 0.000    | 58 <     | 196                             |
| 18   | yg.Gk+yq.Qk5+yq. $\psi_o$ .Qk2                   | Breve            | 0.90 | -11.483 | 0.000    | 43 <     | 196                             |
| 19   | yg.Gk+yq.Qk5+yq. $\psi_o$ .Qk3                   | Breve            | 0.90 | -15.763 | 0.000    | 58 <     | 196                             |
| 20   | yg.Gk+yq.Qki+yq. $\psi_o$ .Qk1+yq. $\psi_o$ .Qk4 | Breve            | 0.90 | -21.045 | 0.000    | 78 <     | 196                             |
| 21   | yg.Gk+yq.Qki+yq. $\psi_o$ .Qk1+yq. $\psi_o$ .Qk5 | Breve            | 0.90 | -21.175 | 0.000    | 78 <     | 196                             |
| 22   | yg.Gk+yq.Qki+yq. $\psi_o$ .Qk2+yq. $\psi_o$ .Qk4 | Breve            | 0.90 | -16.813 | 0.000    | 62 <     | 196                             |
| 23   | yg.Gk+yq.Qki+yq. $\psi_o$ .Qk2+yq. $\psi_o$ .Qk5 | Breve            | 0.90 | -16.943 | 0.000    | 63 <     | 196                             |
| 24   | yg.Gk+yq.Qki+yq. $\psi_o$ .Qk3+yq. $\psi_o$ .Qk4 | Breve            | 0.90 | -21.092 | 0.000    | 78 <     | 196                             |
| 25   | yg.Gk+yq.Qki+yq. $\psi_o$ .Qk3+yq. $\psi_o$ .Qk5 | Breve            | 0.90 | -21.222 | 0.000    | 79 <     | 196                             |
| 26   | Gk+0.2xQk1 + AedX                                | Accidental       | 1.00 | -7.542  | 0.000    | 28 <     | 240                             |
| 27   | Gk+0.2xQk1 + AedY                                | Accidental       | 1.00 | -7.291  | 0.000    | 27 <     | 240                             |

**1.13.6. Stato limite ultimo**

**Progettazione di unioni con bulloni degli elementi : 5, 7** (UNI EN1995-1-1:2009, §8.5)

Unione con due (2) piastre metalliche.

**Verifica dell'unione dell'elemento 5**

Caratteristiche della ferramenta:

Due (2) piastre metalliche 2.0 mm delle dimensioni

BxH=180mmx145mm, e di spessore 2.0mm

Diametro dei bulloni d=4.0mm,

24 bulloni su ogni elemento collegato

Distanza tra i bulloni a1=28 mm, a2=16 mm

Res. snervamento piastre in acciaio  $f_y=240\text{N/mm}^2$

Superficie netta piastra  $A_{net}=(0.75) \cdot b \cdot t$

Fa= forza al centro dell'unione

Ma= momento al centro dell'unione

Sforzo max bullone d'angolo  $F_n=F_a/n+M_a/W_p$

n: numero di bulloni, a: sezione del bullone

$A=n \cdot a$ : area totale bullone

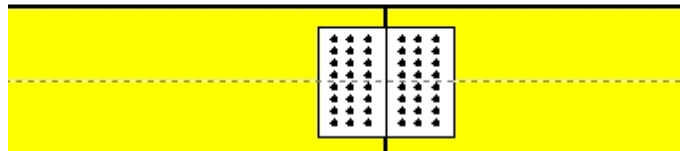
r :distanza bullone d'angolo dal centro unione

$W_p$ : modulo di resistenza del collegamento

$n=24$ , ( $n_{ef}=1.30n$ ),  $A=302\text{mm}^2$ ,  $r=72\text{mm}$ ,  $W_p=15353\text{mm}^3$

$\sigma$  e  $\sigma_d$  tens. normale e di esercizio piastra  $\text{N/mm}^2$

Elem: 5  
piastre: 180x145x2.0mm  
bullone: 4.0mm [48] [24+24]

**Forze alla giunzione dell'elemento 5 , al centro della unione F(forza) M(momento)****Verifica resistenza della unione**

| L.C. | Combinazione di carichi          | Classe di  | durata | kmod   | $F_n$ (kN) | $F_v$ (kN) | $M_a$ (kNm) | $F_n$  | $R_d$ (kN) |
|------|----------------------------------|------------|--------|--------|------------|------------|-------------|--------|------------|
| 1    | yg.Gk                            | Permanente | 0.60   | 19.914 | -0.491     | 0.039      | 0.850       | <1.839 |            |
| 2    | yg.Gk+yg.Qk1                     | Breve      | 0.90   | 48.888 | -0.457     | 0.153      | 2.101       | <2.758 |            |
| 3    | yg.Gk+yg.Qk2                     | Breve      | 0.90   | 38.835 | -0.474     | 0.095      | 1.660       | <2.758 |            |
| 4    | yg.Gk+yg.Qk3                     | Breve      | 0.90   | 44.453 | -0.457     | 0.153      | 1.917       | <2.758 |            |
| 5    | yg.Gk+yg.Qk4                     | Breve      | 0.90   | 20.087 | -0.489     | 0.044      | 0.859       | <2.758 |            |
| 6    | yg.Gk+yg.Qk5                     | Breve      | 0.90   | 19.914 | -0.491     | 0.039      | 0.850       | <2.758 |            |
| 7    | yg.Gk+yg.Qki                     | Breve      | 0.90   | 33.141 | -0.476     | 0.091      | 1.421       | <2.758 |            |
| 8    | yg.Gk+yg.Qk1+yg.ψo.Qk4           | Breve      | 0.90   | 48.991 | -0.456     | 0.156      | 2.107       | <2.758 |            |
| 9    | yg.Gk+yg.Qk1+yg.ψo.Qk5           | Breve      | 0.90   | 48.888 | -0.457     | 0.153      | 2.101       | <2.758 |            |
| 10   | yg.Gk+yg.Qk2+yg.ψo.Qk4           | Breve      | 0.90   | 38.939 | -0.473     | 0.098      | 1.665       | <2.758 |            |
| 11   | yg.Gk+yg.Qk2+yg.ψo.Qk5           | Breve      | 0.90   | 38.835 | -0.474     | 0.095      | 1.660       | <2.758 |            |
| 12   | yg.Gk+yg.Qk3+yg.ψo.Qk4           | Breve      | 0.90   | 44.557 | -0.455     | 0.156      | 1.922       | <2.758 |            |
| 13   | yg.Gk+yg.Qk3+yg.ψo.Qk5           | Breve      | 0.90   | 44.453 | -0.457     | 0.153      | 1.917       | <2.758 |            |
| 14   | yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk1           | Breve      | 0.90   | 40.368 | -0.465     | 0.123      | 1.735       | <2.758 |            |
| 15   | yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk2           | Breve      | 0.90   | 33.332 | -0.477     | 0.083      | 1.426       | <2.758 |            |
| 16   | yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk3           | Breve      | 0.90   | 37.264 | -0.465     | 0.124      | 1.606       | <2.758 |            |
| 17   | yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk1           | Breve      | 0.90   | 40.195 | -0.467     | 0.119      | 1.726       | <2.758 |            |
| 18   | yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk2           | Breve      | 0.90   | 33.159 | -0.479     | 0.079      | 1.417       | <2.758 |            |
| 19   | yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk3           | Breve      | 0.90   | 37.091 | -0.467     | 0.119      | 1.597       | <2.758 |            |
| 20   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk1+yg.ψo.Qk4 | Breve      | 0.90   | 53.526 | -0.450     | 0.173      | 2.302       | <2.758 |            |
| 21   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk1+yg.ψo.Qk5 | Breve      | 0.90   | 53.423 | -0.452     | 0.170      | 2.297       | <2.758 |            |
| 22   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk2+yg.ψo.Qk4 | Breve      | 0.90   | 46.490 | -0.463     | 0.133      | 1.993       | <2.758 |            |
| 23   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk2+yg.ψo.Qk5 | Breve      | 0.90   | 46.386 | -0.464     | 0.130      | 1.988       | <2.758 |            |
| 24   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk3+yg.ψo.Qk4 | Breve      | 0.90   | 50.422 | -0.450     | 0.174      | 2.174       | <2.758 |            |
| 25   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk3+yg.ψo.Qk5 | Breve      | 0.90   | 50.319 | -0.451     | 0.171      | 2.168       | <2.758 |            |
| 26   | Gk+0.2xQk1 + AedX                | Accidental | 1.00   | 20.334 | -0.372     | 0.048      | 0.870       | <4.596 |            |
| 27   | Gk+0.2xQk1 + AedY                | Accidental | 1.00   | 19.304 | -0.376     | 0.046      | 0.826       | <4.596 |            |

**Verifica la resistenza della piastra di unione**

| L.C. | Combinazione di carichi          | Classe di durata | k <sub>mod</sub> | F <sub>a</sub> (kN) | M <sub>a</sub> (kNm) | σ     | σ <sub>d</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) |
|------|----------------------------------|------------------|------------------|---------------------|----------------------|-------|-------------------------------------|
| 1    | yg.Gk                            | Permanente       | 0.60             | 19.920              | 0.050                | 49 <  | 131                                 |
| 2    | yg.Gk+yg.Qk1                     | Breve            | 0.90             | 48.890              | 0.163                | 123 < | 196                                 |
| 3    | yg.Gk+yg.Qk2                     | Breve            | 0.90             | 38.838              | 0.106                | 96 <  | 196                                 |
| 4    | yg.Gk+yg.Qk3                     | Breve            | 0.90             | 44.456              | 0.163                | 113 < | 196                                 |
| 5    | yg.Gk+yg.Qk4                     | Breve            | 0.90             | 20.093              | 0.055                | 50 <  | 196                                 |
| 6    | yg.Gk+yg.Qk5                     | Breve            | 0.90             | 19.920              | 0.050                | 49 <  | 196                                 |
| 7    | yg.Gk+yg.Qki                     | Breve            | 0.90             | 33.144              | 0.102                | 83 <  | 196                                 |
| 8    | yg.Gk+yg.Qk1+yg.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90             | 48.993              | 0.166                | 123 < | 196                                 |
| 9    | yg.Gk+yg.Qk1+yg.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90             | 48.890              | 0.163                | 123 < | 196                                 |
| 10   | yg.Gk+yg.Qk2+yg.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90             | 38.942              | 0.109                | 96 <  | 196                                 |
| 11   | yg.Gk+yg.Qk2+yg.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90             | 38.838              | 0.106                | 96 <  | 196                                 |
| 12   | yg.Gk+yg.Qk3+yg.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90             | 44.559              | 0.166                | 113 < | 196                                 |
| 13   | yg.Gk+yg.Qk3+yg.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90             | 44.456              | 0.163                | 113 < | 196                                 |
| 14   | yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk1           | Breve            | 0.90             | 40.371              | 0.134                | 101 < | 196                                 |
| 15   | yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk2           | Breve            | 0.90             | 33.335              | 0.094                | 83 <  | 196                                 |
| 16   | yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk3           | Breve            | 0.90             | 37.267              | 0.134                | 94 <  | 196                                 |
| 17   | yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk1           | Breve            | 0.90             | 40.198              | 0.129                | 101 < | 196                                 |
| 18   | yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk2           | Breve            | 0.90             | 33.162              | 0.089                | 82 <  | 196                                 |
| 19   | yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk3           | Breve            | 0.90             | 37.094              | 0.129                | 93 <  | 196                                 |
| 20   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk1+yg.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90             | 53.528              | 0.183                | 135 < | 196                                 |
| 21   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk1+yg.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90             | 53.425              | 0.180                | 134 < | 196                                 |
| 22   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk2+yg.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90             | 46.492              | 0.143                | 116 < | 196                                 |
| 23   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk2+yg.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90             | 46.388              | 0.141                | 116 < | 196                                 |
| 24   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk3+yg.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90             | 50.424              | 0.184                | 128 < | 196                                 |
| 25   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk3+yg.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90             | 50.321              | 0.181                | 127 < | 196                                 |
| 26   | Gk+0.2xQk1 + AedX                | Accidental       | 1.00             | 20.338              | 0.056                | 50 <  | 240                                 |
| 27   | Gk+0.2xQk1 + AedY                | Accidental       | 1.00             | 19.308              | 0.054                | 48 <  | 240                                 |

**1.13.7. Stato limite ultimo**

**Progettazione di unioni con bulloni degli elementi : 2, 4** (UNI EN1995-1-1:2009, §8.5)

Unione con due (2) piastre metalliche.

**Verifica dell'unione dell'elemento 2**

Caratteristiche della ferramenta:

Due(2) piastre metalliche 2.0 mm delle dimensioni

BxH=125mmx165mm, e di spessore 2.0mm

Diametro dei bulloni d=4.0mm,

18 bulloni su ogni elemento collegato

Distanza tra i bulloni a1=28 mm, a2=16 mm

Res. snervamento piastre in acciaio  $f_y=240\text{N/mm}^2$

Superficie netta piastra  $A_{net}=(0.75) \cdot b \cdot t$

Fa= forzo al centro dell'unione

Ma= momento al centro dell'unione

Sforzo max bullone d'angolo  $F_n=F_a/n+M_a/W_p$

n: numero di bulloni, a: sezione del bullone

A=nxa: area totale bullone

r :distanza bullone d'angolo dal centro unione

Wp: modulo di resistenza del collegamento

n=18, ( $n_{ef}=1.00n$ ),  $A=226\text{mm}^2$ ,  $r=75\text{mm}$ ,  $W_p=9334\text{mm}^3$

$\sigma$  e  $\sigma_d$  tens. normale e di esercizio piastra N/mm<sup>2</sup>

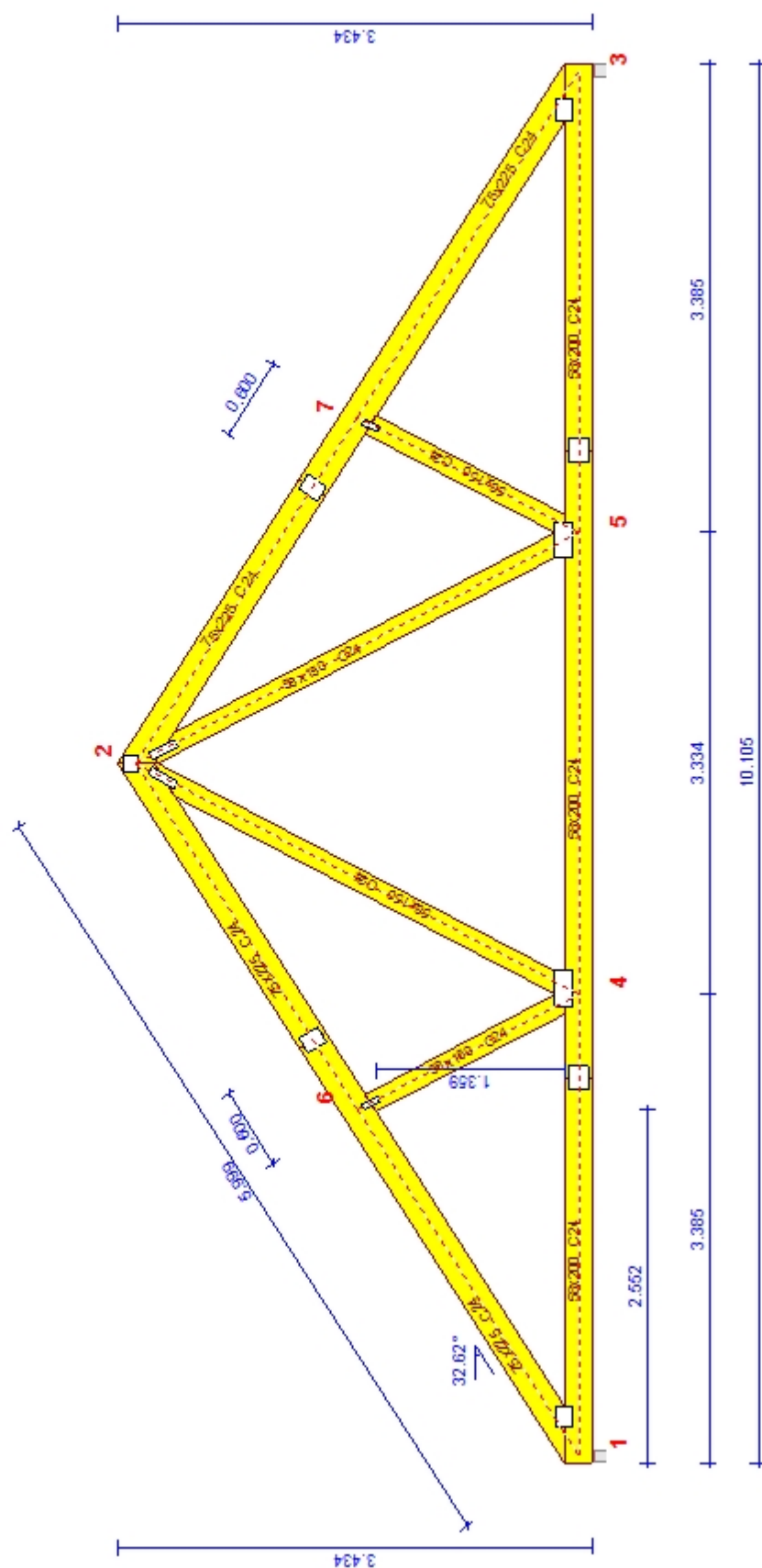
**Forze alla giunzione dell'elemento 2 , al centro della unioni F(forza) M(momento)****Verifica resistenza della unione**

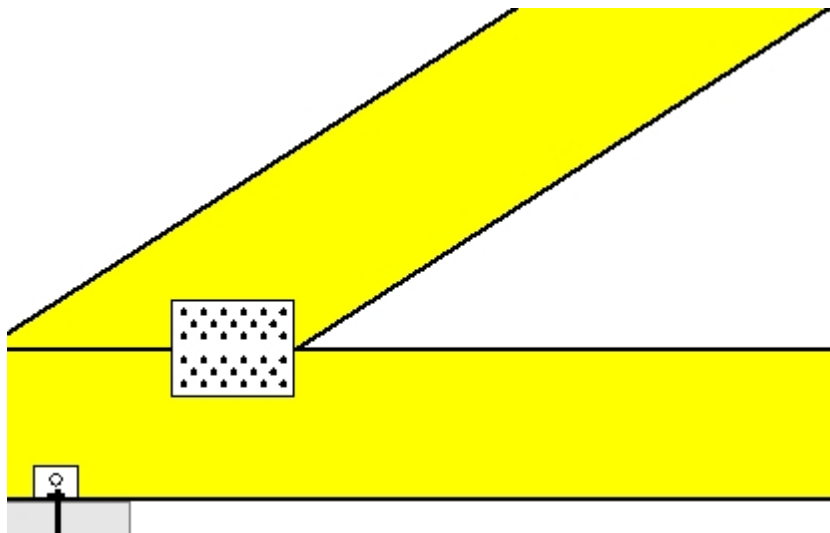
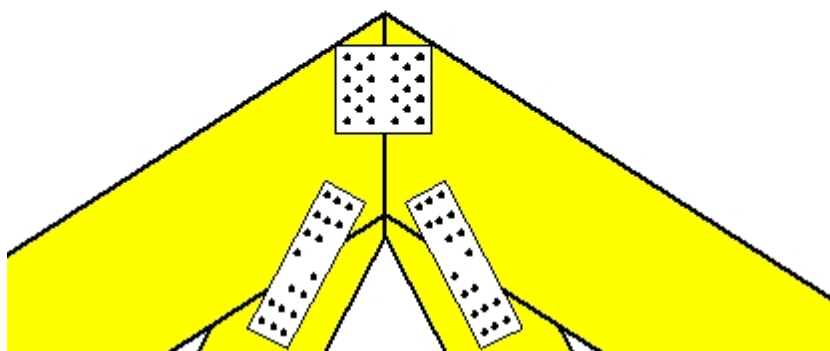
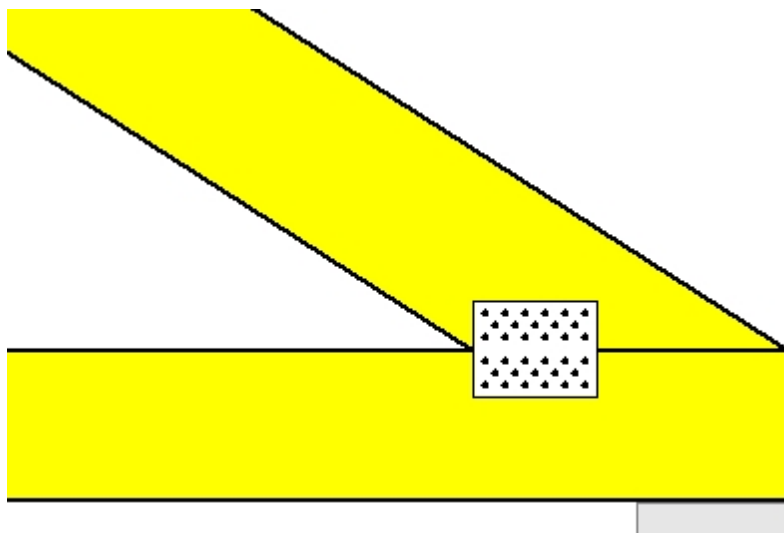
| L.C. | Combinazione di carichi          | Classe di  | durata kmod | $F_n$ (kN) | $F_v$ (kN) | $M_a$ (kNm) | $F_n$  | $R_d$ (kN) |
|------|----------------------------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|--------|------------|
| 1    | yg.Gk                            | Permanente | 0.60-21.184 | 2.447      | -0.129     | 0.599       | <1.839 |            |
| 2    | yg.Gk+yg.Qk1                     | Breve      | 0.90-51.582 | 6.439      | -0.377     | 1.467       | <2.758 |            |
| 3    | yg.Gk+yg.Qk2                     | Breve      | 0.90-41.662 | 4.408      | -0.181     | 1.171       | <2.758 |            |
| 4    | yg.Gk+yg.Qk3                     | Breve      | 0.90-46.303 | 6.474      | -0.449     | 1.331       | <2.758 |            |
| 5    | yg.Gk+yg.Qk4                     | Breve      | 0.90-21.184 | 2.447      | -0.129     | 0.599       | <2.758 |            |
| 6    | yg.Gk+yg.Qk5                     | Breve      | 0.90-21.184 | 2.447      | -0.129     | 0.599       | <2.758 |            |
| 7    | yg.Gk+yg.Qki                     | Breve      | 0.90-35.061 | 4.270      | -0.242     | 0.995       | <2.758 |            |
| 8    | yg.Gk+yg.Qk1+yg.ψo.Qk4           | Breve      | 0.90-51.582 | 6.439      | -0.377     | 1.467       | <2.758 |            |
| 9    | yg.Gk+yg.Qk1+yg.ψo.Qk5           | Breve      | 0.90-51.582 | 6.439      | -0.377     | 1.467       | <2.758 |            |
| 10   | yg.Gk+yg.Qk2+yg.ψo.Qk4           | Breve      | 0.90-41.662 | 4.408      | -0.181     | 1.171       | <2.758 |            |
| 11   | yg.Gk+yg.Qk2+yg.ψo.Qk5           | Breve      | 0.90-41.662 | 4.408      | -0.181     | 1.171       | <2.758 |            |
| 12   | yg.Gk+yg.Qk3+yg.ψo.Qk4           | Breve      | 0.90-46.303 | 6.474      | -0.449     | 1.331       | <2.758 |            |
| 13   | yg.Gk+yg.Qk3+yg.ψo.Qk5           | Breve      | 0.90-46.303 | 6.474      | -0.449     | 1.331       | <2.758 |            |
| 14   | yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk1           | Breve      | 0.90-42.463 | 5.241      | -0.303     | 1.207       | <2.758 |            |
| 15   | yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk2           | Breve      | 0.90-35.519 | 3.820      | -0.165     | 1.000       | <2.758 |            |
| 16   | yg.Gk+yg.Qk4+yg.ψo.Qk3           | Breve      | 0.90-38.767 | 5.266      | -0.353     | 1.111       | <2.758 |            |
| 17   | yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk1           | Breve      | 0.90-42.463 | 5.241      | -0.303     | 1.207       | <2.758 |            |
| 18   | yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk2           | Breve      | 0.90-35.519 | 3.820      | -0.165     | 1.000       | <2.758 |            |
| 19   | yg.Gk+yg.Qk5+yg.ψo.Qk3           | Breve      | 0.90-38.767 | 5.266      | -0.353     | 1.111       | <2.758 |            |
| 20   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk1+yg.ψo.Qk4 | Breve      | 0.90-56.340 | 7.064      | -0.416     | 1.603       | <2.758 |            |
| 21   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk1+yg.ψo.Qk5 | Breve      | 0.90-56.340 | 7.064      | -0.416     | 1.603       | <2.758 |            |
| 22   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk2+yg.ψo.Qk4 | Breve      | 0.90-49.396 | 5.642      | -0.279     | 1.395       | <2.758 |            |
| 23   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk2+yg.ψo.Qk5 | Breve      | 0.90-49.396 | 5.642      | -0.279     | 1.395       | <2.758 |            |
| 24   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk3+yg.ψo.Qk4 | Breve      | 0.90-52.645 | 7.088      | -0.467     | 1.507       | <2.758 |            |
| 25   | yg.Gk+yg.Qki+yg.ψo.Qk3+yg.ψo.Qk5 | Breve      | 0.90-52.645 | 7.088      | -0.467     | 1.507       | <2.758 |            |
| 26   | Gk+0.2xQk1 + AedX                | Accidental | 1.00-20.158 | 2.515      | -0.144     | 0.573       | <4.596 |            |
| 27   | Gk+0.2xQk1 + AedY                | Accidental | 1.00-20.478 | 2.430      | -0.133     | 0.580       | <4.596 |            |

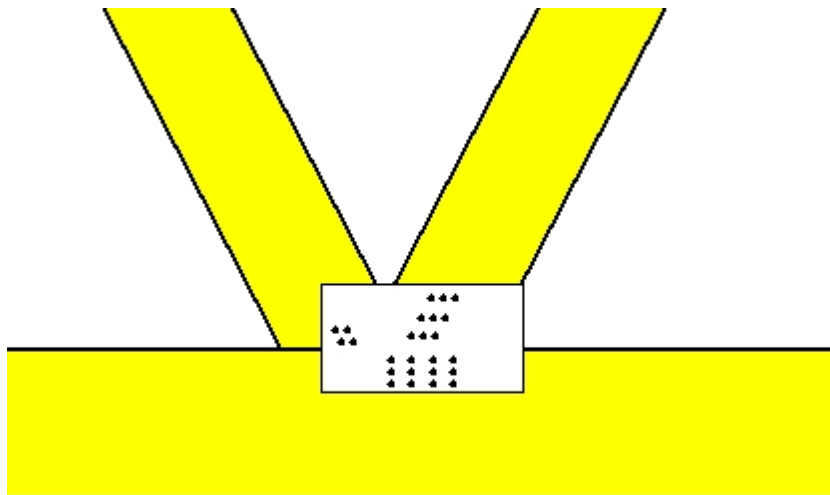
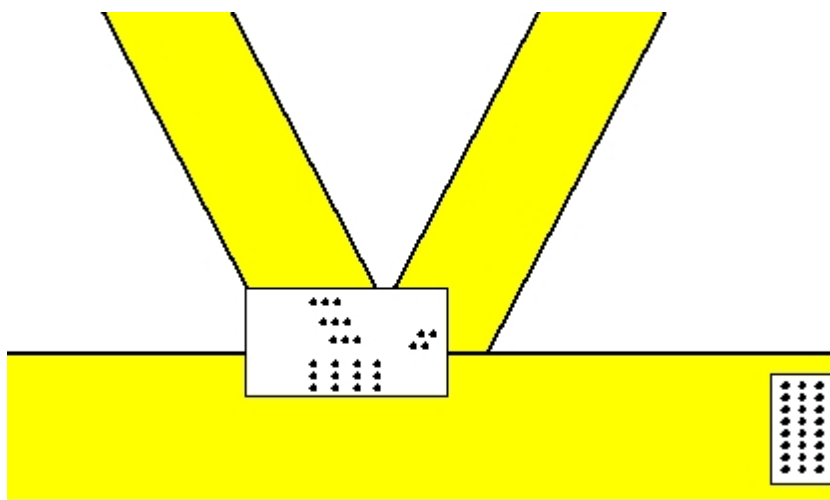
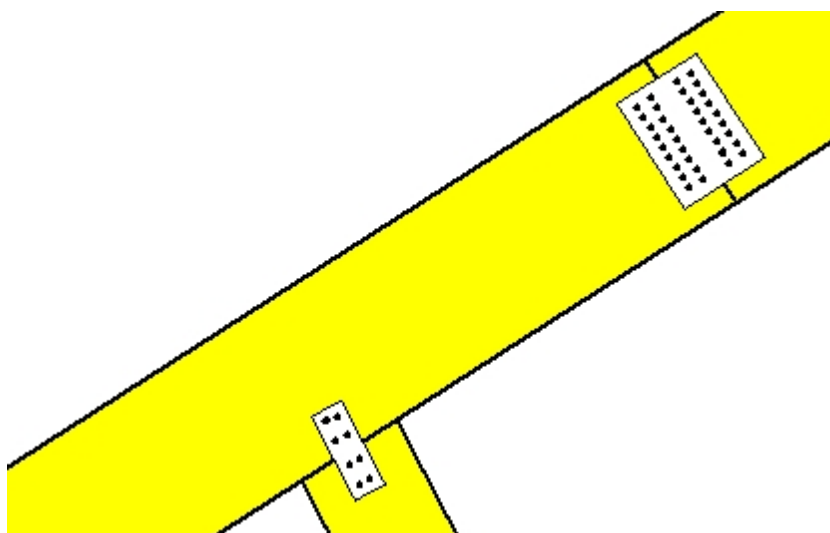
**Verifica la resistenza della piastra di unione**

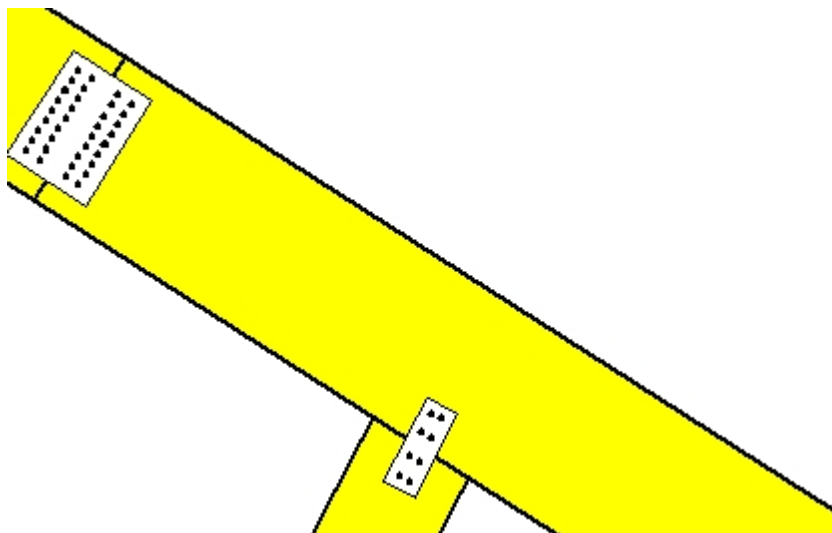
| L.C. | Combinazione di carichi          | Classe di durata | k <sub>mod</sub> | F <sub>a</sub> (kN) | M <sub>a</sub> (kNm) | σ    | σ <sub>d</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) |
|------|----------------------------------|------------------|------------------|---------------------|----------------------|------|-------------------------------------|
| 1    | yg.Gk                            | Permanente       | 0.60             | -21.324             | -0.075               | 23 < | 131                                 |
| 2    | yg.Gk+yq.Qk1                     | Breve            | 0.90             | -51.983             | -0.235               | 58 < | 196                                 |
| 3    | yg.Gk+yq.Qk2                     | Breve            | 0.90             | -41.895             | -0.084               | 44 < | 196                                 |
| 4    | yg.Gk+yq.Qk3                     | Breve            | 0.90             | -46.754             | -0.307               | 55 < | 196                                 |
| 5    | yg.Gk+yq.Qk4                     | Breve            | 0.90             | -21.324             | -0.075               | 23 < | 196                                 |
| 6    | yg.Gk+yq.Qk5                     | Breve            | 0.90             | -21.324             | -0.075               | 23 < | 196                                 |
| 7    | yg.Gk+yq.Qki                     | Breve            | 0.90             | -35.320             | -0.148               | 39 < | 196                                 |
| 8    | yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90             | -51.983             | -0.235               | 58 < | 196                                 |
| 9    | yg.Gk+yq.Qk1+yq.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90             | -51.983             | -0.235               | 58 < | 196                                 |
| 10   | yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90             | -41.895             | -0.084               | 44 < | 196                                 |
| 11   | yg.Gk+yq.Qk2+yq.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90             | -41.895             | -0.084               | 44 < | 196                                 |
| 12   | yg.Gk+yq.Qk3+yq.ψo.Qk4           | Breve            | 0.90             | -46.754             | -0.307               | 55 < | 196                                 |
| 13   | yg.Gk+yq.Qk3+yq.ψo.Qk5           | Breve            | 0.90             | -46.754             | -0.307               | 55 < | 196                                 |
| 14   | yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk1           | Breve            | 0.90             | -42.785             | -0.187               | 48 < | 196                                 |
| 15   | yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk2           | Breve            | 0.90             | -35.723             | -0.081               | 38 < | 196                                 |
| 16   | yg.Gk+yq.Qk4+yq.ψo.Qk3           | Breve            | 0.90             | -39.123             | -0.237               | 45 < | 196                                 |
| 17   | yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk1           | Breve            | 0.90             | -42.785             | -0.187               | 48 < | 196                                 |
| 18   | yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk2           | Breve            | 0.90             | -35.723             | -0.081               | 38 < | 196                                 |
| 19   | yg.Gk+yq.Qk5+yq.ψo.Qk3           | Breve            | 0.90             | -39.123             | -0.237               | 45 < | 196                                 |
| 20   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90             | -56.782             | -0.261               | 64 < | 196                                 |
| 21   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk1+yq.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90             | -56.782             | -0.261               | 64 < | 196                                 |
| 22   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk2+yq.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90             | -49.717             | -0.154               | 54 < | 196                                 |
| 23   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk2+yq.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90             | -49.717             | -0.154               | 54 < | 196                                 |
| 24   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk3+yq.ψo.Qk4 | Breve            | 0.90             | -53.120             | -0.311               | 61 < | 196                                 |
| 25   | yg.Gk+yq.Qki+yq.ψo.Qk3+yq.ψo.Qk5 | Breve            | 0.90             | -53.120             | -0.311               | 61 < | 196                                 |
| 26   | Gk+0.2xQk1 + AedX                | Accidental       | 1.00             | -20.314             | -0.088               | 23 < | 240                                 |
| 27   | Gk+0.2xQk1 + AedY                | Accidental       | 1.00             | -20.622             | -0.079               | 23 < | 240                                 |

Scala 1:50



**Unione chiodata al nodo 1**(nodo a  $x=0.282$  m,  $y=0.100$  m)**piastre:** 165x130x2.0mm**bullone:** 4.0mm [34] [17+17]**Unione chiodata al nodo 2**(nodo a  $x=5.000$  m,  $y=3.200$  m)**piastre:** 130x120x2.0mm**2x60x220x2.0mm****bullone:** 4.0mm [58] [11+11,9+9,9+9]**Unione chiodata al nodo 3**(nodo a  $x=9.718$  m,  $y=0.100$  m)**piastre:** 165x130x2.0mm**bullone:** 4.0mm [34] [17+17]

**Unione chiodata al nodo 4**(nodo a  $x=3.333$  m,  $y=0.100$  m)**piastre:** 270x145x2.0mm**bullone:** 4.0mm [25] [4+12+9]**Unione chiodata al nodo 5**(nodo a  $x=6.667$  m,  $y=0.100$  m)**piastre:** 270x145x2.0mm**bullone:** 4.0mm [25] [4+12+9]**Unione chiodata al nodo 6**(nodo a  $x=2.500$  m,  $y=1.600$  m)**piastre:** 125x45x2.0mm**bullone:** 4.0mm [8] [4+4]

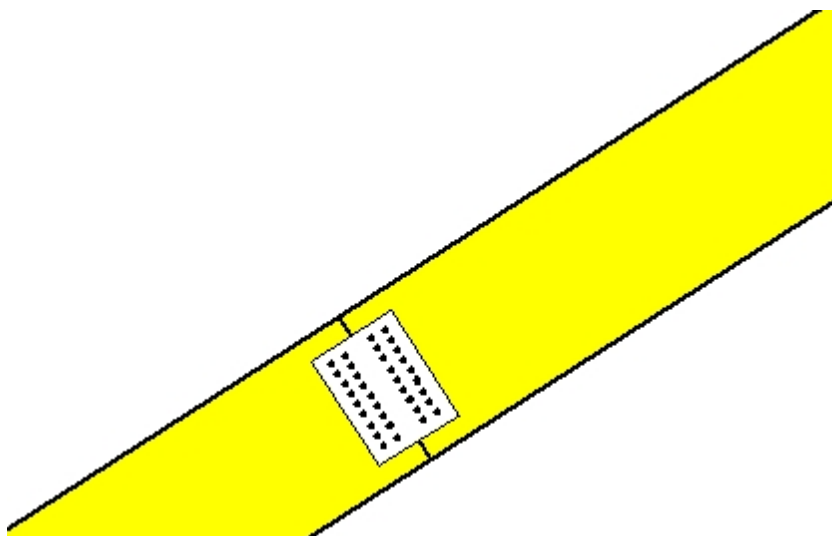


**Unione chiodata al nodo 7**

(nodo a  $x=7.500$  m,  $y=1.600$  m)

**piastre: 125x45x2.0mm**

**bullone: 4.0mm [8] [4+4]**

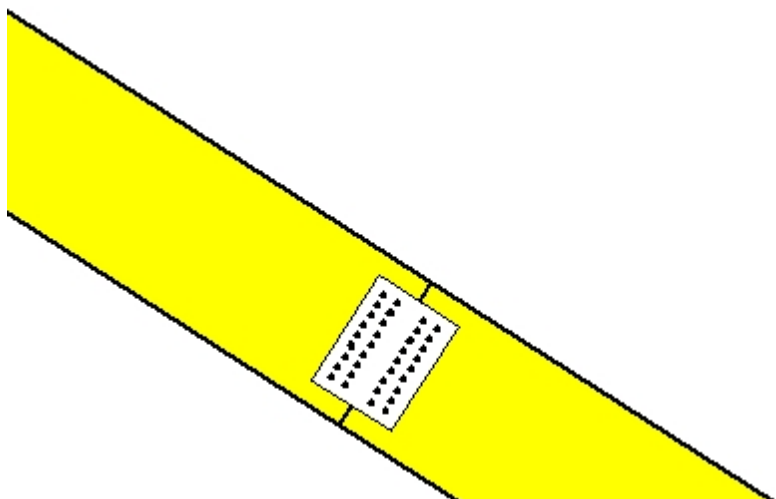


**Giunto nell'elemento**

(a  $x=3.005$  m,  $y=1.923$  m)

**piastre: 125x165x2.0mm**

**bullone: 4.0mm [36] [18+18]**

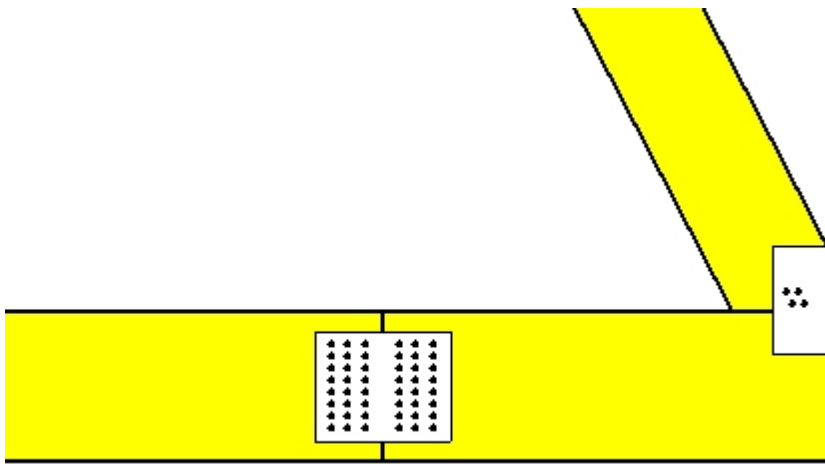


**Giunto nell'elemento**

(a  $x=6.995$  m,  $y=1.923$  m)

**piastre: 125x165x2.0mm**

**bullone: 4.0mm [36] [18+18]**

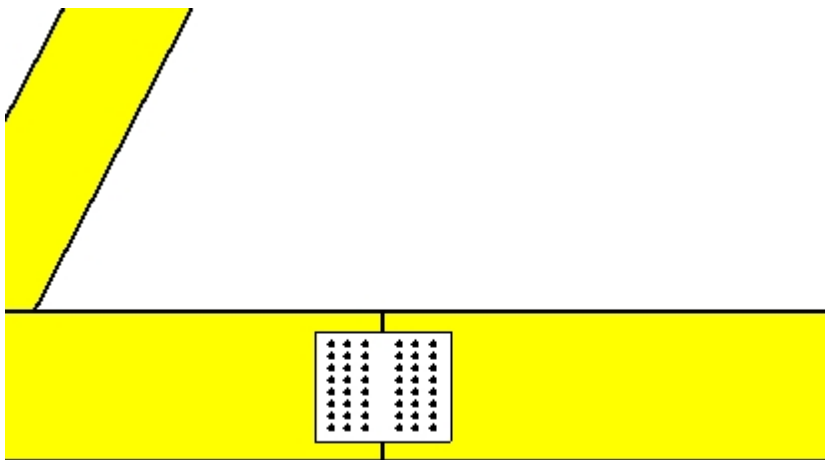


Giunto nell'elemento

(a  $x=2.733$  m,  $y=0.000$  m)

piastre: 180x145x2.0mm

bullone: 4.0mm [48] [24+24]



Giunto nell'elemento

(a  $x=7.267$  m,  $y=0.000$  m)

piastre: 180x145x2.0mm

bullone: 4.0mm [48] [24+24]