

Alma Mater Studiorum Università di Bologna
Facoltà di Ingegneria

Corso di Tecnica delle Costruzioni
A.A. 2002-2003
Prof. Claudio Ceccoli
Assistente G. Gasparini

PROGETTO DI UN
CAPANNONE INDUSTRIALE
IN ACCIAIO

Lerose Salvino 0000126539

01/03/2004

INDICE:

	Pg.
1 Relazione generale	3
2 Dati di calcolo	4
3 Analisi dei carichi accidentali	5
3.1 Neve	5
3.2 Vento	5
4 Analisi dei carichi permanenti	6
5 Carico totale del manto di copertura	7
6 Peso scaricante sugli arcarecci	7
7 Schema statico arcarecci	7
8 Verifica arcareccio	8
8.1 Predimensionamento	8
8.2 Verifica di resistenza	8
8.3 Verifica di deformabilità	8
8.4 Verifica di svergolamento	8
9 Capriata	9
9.1 Analisi dei carichi	9
9.2 Risoluzione capriata con il metodo dei nodi	10
9.3 Risoluzione capriata con il metodo di Ritter	13
9.4 Dimensionamento e verifica delle aste	20
<i>-aste tese (intradosso e montanti)</i>	20
<i>-aste compresse (diagonali ed estradosso)</i>	21
9.5 Verifica del peso presunto	22
10 Unioni	23
10.1 Bullonate	23
<i>-asta (9,11); (11,13); (1,3); (19,20)</i>	23
<i>-asta (10,11)</i>	25
<i>-asta (9,10); (10,13)</i>	26
<i>-asta (1,2); (18,20); (8,10); (10,12)</i>	28
10.2 Saldature di classe I	29
<i>-diagonali</i>	29
<i>-montanti</i>	31
<i>-intradosso</i>	32
<i>-estradosso</i>	33
11 Metodo degli Stati limite ultimi (SLU)	35
11.1 Azioni di calcolo	35
11.2 Resistenza di calcolo	35
11.3 Verifica degli arcarecci	36
11.4 Verifica della capriata	37
11.5 Verifica delle aste tese	38
11.6 Verifica delle aste compresse	38
11.7 Verifica delle unioni bullonate	39
11.8 Verifica delle saldature	41

1. Relazione generale

Oggetto dell'esercitazione è un capannone metallico industriale.

Sono forniti come dati di progetto la lunghezza della capriata e l'interasse fra le capriate.

Dopo aver definito le linee essenziali, ed in base alle esigenze funzionali dell'edificio industriale, gli schemi statici principali e le caratteristiche dimensionali, si procederà con il dimensionamento ed il calcolo degli elementi strutturali

Bisognerà determinare le azioni agenti sulla costruzione e la capacità resistente di ogni singolo elemento strutturale.

Per fare ciò oltre agli usuali metodi della Scienza delle costruzioni ci si avvarrà di normative specifiche in materia.

Secondo quanto previsto nel D.M. 9.1.96 il metodo che si userà nelle verifiche è il "metodo delle tensioni ammissibili" che fanno riferimento alle seguenti normative specifiche:

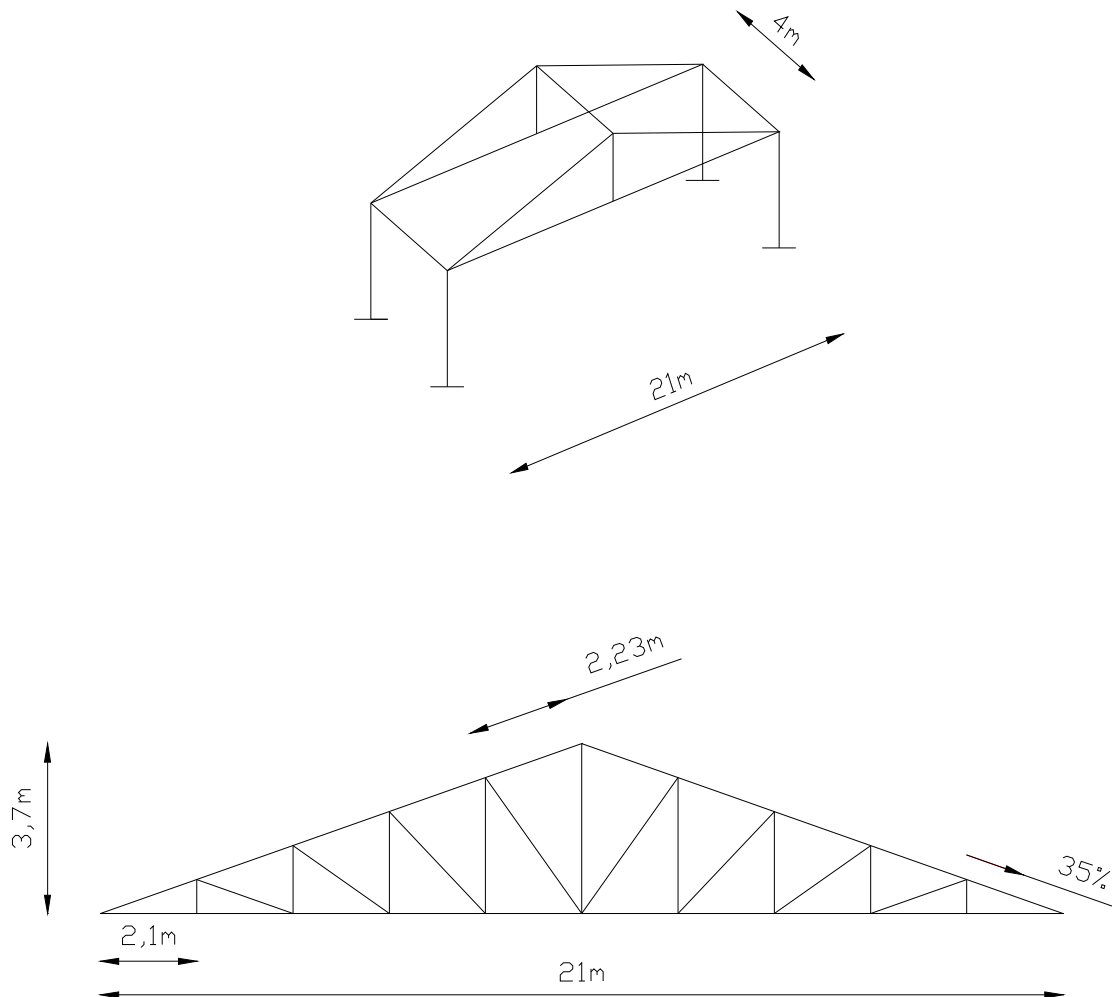
-D.M. 14.2.92 "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" completato da CNR 10011/88 "Costruzioni di acciaio: istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.

-D.M. 16.1.96 "Norme tecniche relative ai carichi e sovraccarichi sulle costruzioni".

Sarà anche effettuato per le verifiche il metodo degli "stati limite ultimi" (SLU).

2. Dati di calcolo

- lunghezza capriata	L= 21 m
- passo colonne=interasse capriata	l= 4 m
- pendenza della falda	P% 35%
- interasse arcarecci di copertura	b= 2,23m
- altezza capriata	h= 3,7m
- distanza montanti	i= 2,1m
-angolo $\alpha = \arctan 0,35 \cong 20^\circ$	$\alpha = 20^\circ$



3. Analisi dei carichi accidentali

3.1 Carico neve

$$\boxed{q_s = \mu_i \cdot q_{sk}}$$

$$\begin{cases} q_s & \text{Carico neve su copertura} \\ \mu_i & \text{Coefficienti di forma della copertura} \\ q_{sk} & \text{Valore di riferimento del carico neve al suolo} \end{cases}$$

Il capannone, sito nella provincia di Crotone a Petilia Policastro , a quota 400 metri sul livello del mare rientra nella ZONA III

$$q_{sk} = 0,75 + 2,2 \cdot (a_s - 200) / 1000 \quad \text{KN/m}^2 \quad 200 < a_s \leq 750\text{m}$$

dove $a_s = 400\text{m}$

$$q_{sk} = 0,75 + 2,2 \cdot (400 - 200) / 1000 \quad \text{KN/m}^2 = \underline{1,19 \text{ KN/m}^2}$$

Il capannone presenta la falda con pendenza pari a 35% quindi $\alpha = 20^\circ$

$$\mu_i = 0,8 + 0,4 \cdot (\alpha - 15) / 30 = 0,8 + 0,4 \cdot (20 - 15) / 30 = \underline{0,86} \quad 15^\circ < \alpha < 30^\circ$$

Di conseguenza il carico della neve sarà:

$$q_s = 0,86 \cdot 1,19 = 1,031 \text{ KN/m}^2 \quad \cong \quad \mathbf{103 \text{ Kg/m}^2}$$

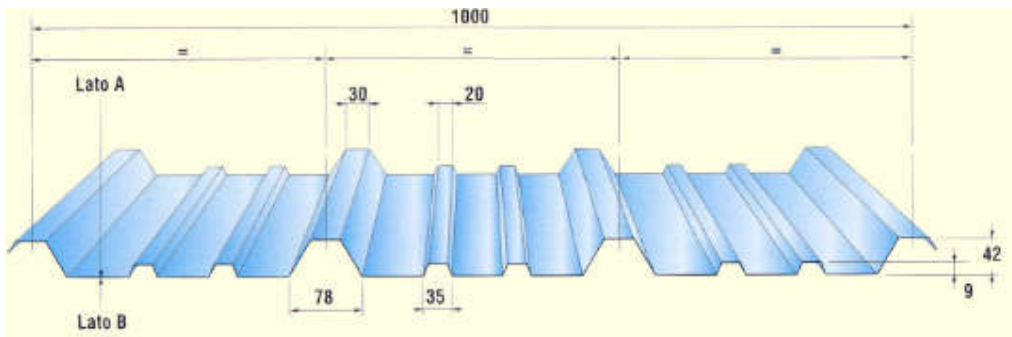
3.2 Carico vento

Il carico vento lo si può trascurare in quanto il capannone è aperto e quindi agisce a favore di sicurezza.

4. Analisi dei carichi permanenti sul manto di copertura

Coibentazione	15	Kg/m ²
Impermeabilizzazione	10	Kg/m ²
Impianti	20	Kg/m ²
Lamiera grecata* ¹	15	Kg/m ²
TOT	60	Kg/m²

*¹ Caratteristiche lamiera grecata :



S	Peso	J	Wp	Wn	l = m	p													
						1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	
0,6	5,75	14,75	4,70	4,57		760	485	335	240	185	145	115	95	75	55	45	-	-	-
0,6	5,57	14,75	4,70	4,57		625	395	270	200	140	95	70	50	-	-	-	-	-	-
0,7	6,70	17,39	5,74	5,48		760	485	335	245	165	115	80	60	-	-	-	-	-	-
0,8	7,66	20,02	6,60	6,35		875	560	385	280	190	130	95	75	65	55	-	-	-	-
1,0	9,58	25,29	8,34	8,15	D = daN/m ²	1110	705	485	355	245	165	120	85	65	-	-	-	-	-
1,2	11,50	30,56	10,08	9,95		1340	855	590	430	295	200	145	105	75	60	55	-	-	-

Il peso si arrotonda a 15 Kg/m²

5. Carico totale sul manto di copertura

Carichi permanenti	60	Kg/m²
Carichi accidentali	103	Kg/m²
Q_{TOT}	163	Kg/m²

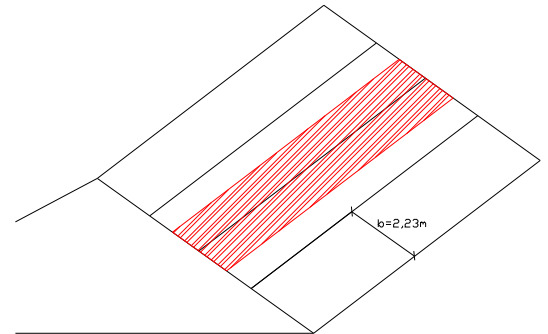
6. Peso scaricante sugli arcarecci

$$q = Q_{TOT} \cdot b$$

$$q = 163 \cdot 2,23 = 363,5 \text{ Kg/m}$$

Considerando anche il peso proprio dell'arcareccio, stimando un HE A 120

$$q = 363,5 + 19,90 = 383,4 \approx 400 \text{ Kg/m}$$



7. Schema statico arcareccio

-Componenti dei carichi ortogonali alla falda

$$q_y = q \cdot \cos\alpha = 400 \cdot \cos 20^\circ = 375,88 \text{ Kg/m}$$

-Componente dei carichi paralleli alla falda

$$q_x = q \cdot \sin\alpha = 400 \cdot \sin 20^\circ = 136,81 \text{ Kg/m}$$

-Calcolo della reazione **R**

$$R = Q/2 \Rightarrow Q = q \cdot l = 400 \cdot 4 = 1600 \text{ Kg}$$

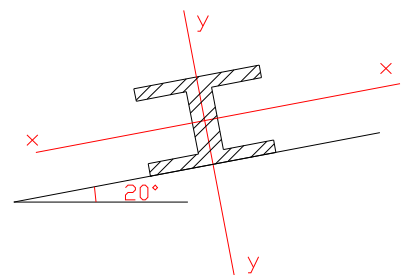
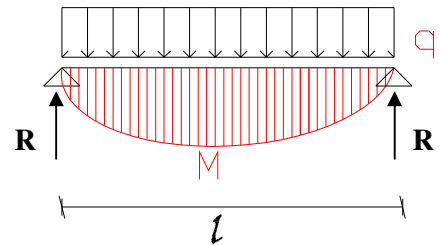
$$R = 1600/2 = 800 \text{ Kg}$$

-Calcolo del momento sul piano ortogonale alla falda

$$M_x = q_y \cdot l^2/8 = 375,88 \cdot 16/8 = 751,76 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

-Calcolo del momento sul piano parallelo alla falda

$$M_y = q_x \cdot l^2/8 = 136,81 \cdot 16/8 = 273,62 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$



8. Verifica arcareccio HE A 120

8.1 Predimensionamento

$$\sigma_{\max} = M_{\max}/W \leq \sigma_{\text{amm}}$$

$$W_{\min} \geq M_{\max}/\sigma_{\text{amm}}$$

Per Fe360 si ha un $\sigma_{\text{amm}} = 1600 \text{ kg/cm}^2$

$$W_{\min,x} \geq M_{\max,x}/1600 = 75176/1600 = 46,98 \text{ cm}^3$$

$$W_{\min,y} \geq M_{\max,y}/1600 = 27362/1600 = 17,1 \text{ cm}^3$$

Scelgo un HE A 120

h (mm)	b (mm)	Sa (mm)	E (mm)	Area (cm ²)	Peso (Kg/m)	J _x (cm ⁴)	W _x (cm ³)	ρ _x (cm)	J _y (cm ⁴)	W _y (cm ³)	ρ _y (cm)
114	120	5	8	25,3	19,9	606	106	4,89	231	38	3,02

8.2 Verifica di Resistenza

$$\sigma = M_x/W_x + M_y/W_y \leq \sigma_{\text{amm}}$$

$$\sigma = 751,76 \cdot 100/106 + 273,62 \cdot 100/38 = 709,20 + 720,05 = 1429,25 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma = 1429,25 \text{ Kg/cm}^2 \leq 1600 \text{ Kg/cm}^2 = \sigma_{\text{amm}}$$

8.3 Verifica di Deformabilità

$$f \leq l/200$$

$$f = 5/384 \cdot (q \cdot l^4)/(E \cdot J) \quad E = 206.000 \text{ N/mm}^2 = 2.060.000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_y = 5/384 \cdot (3,7588 \cdot 400^4)/(2060000 \cdot 606) = 1,0036 \text{ cm}$$

$$f_x = 5/384 \cdot (1,3681 \cdot 400^4)/(2060000 \cdot 231) = 0,9583 \text{ cm}$$

$$l/200 = 400/200 = 2 \text{ cm}$$

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 1,38 \text{ cm}$$

$$f = 1,38 \leq 2 = l/200$$

quindi è verificato.

8.4 Verifica di Svergolamento

$$\sigma = (1,4 \cdot \omega_1 \cdot M_{eq}) / (\psi \cdot W_x) + M_y / W_y \leq \sigma_{amm}$$

ω_1 Si trova per mezzo di tabelle date dalla Normativa, in funzione di $(h \cdot l) / (b \cdot s)$

$$(h \cdot l) / (b \cdot s) = 11,4 \cdot 400 / (12 \cdot 0,8) = 475 \text{ quindi } \omega_1 = 1$$

$$M_{eq} = 0,75 \cdot M_{max} = 0,75 \cdot 751,76 = 563,83 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$\psi = 1$ a favore di sicurezza in quanto deve essere $\psi \geq 1$

$$\begin{aligned} \sigma &= (1,4 \cdot 1 \cdot 56383) / (1 \cdot 106) + 27362 / 38 = \\ &= 744,66 + 720,05 = 1429,25 \leq 1600 = \sigma_{amm} \end{aligned}$$

quindi l'arcareccio è verificato.

9. Capriata

9.1 Analisi dei carichi

$$q \cdot l = 400 \cdot 4 = 800 \text{ Kg}$$

Aggiungendo il peso presunto della capriata pari a 20 Kg/m^2

$$P_c = 20 \cdot i \cdot l = 20 \cdot 2,1 \cdot 4 = 168 \text{ Kg}$$

avremo allora:

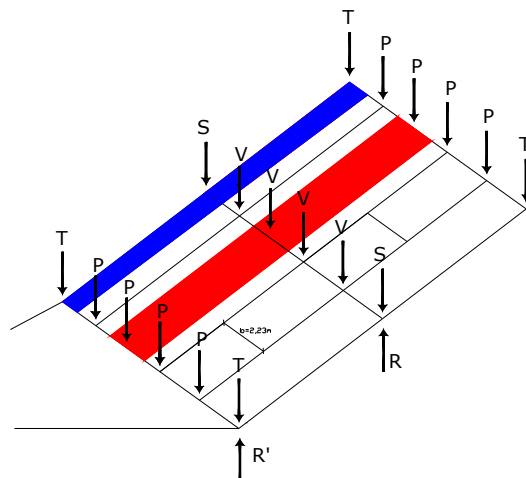
$$T = 400 + 168 = 568 \text{ Kg}$$

$$P = 800 + 168 = 968 \text{ Kg}$$

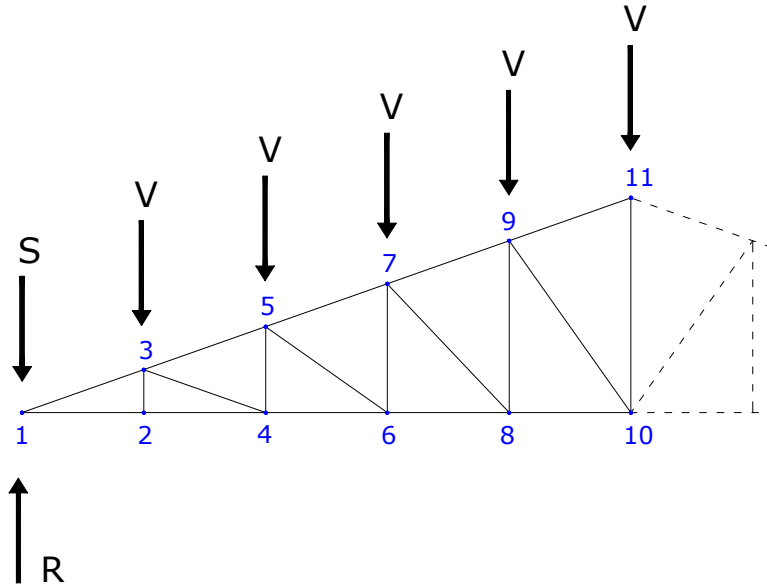
$$S = 2 \cdot 400 + 168 = 968 \text{ Kg}$$

$$V = 2 \cdot 800 + 168 = 1768 \text{ Kg}$$

$$R = 4V + 2S = 9008 \text{ Kg}$$



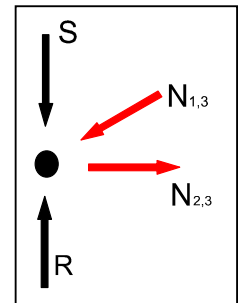
9.2 Risoluzione capriata con il metodo dei nodi:



• Nodo 1

$$N_{1,3} = (-S+R)/\sin 20^\circ = 23507 \text{ Kg}$$

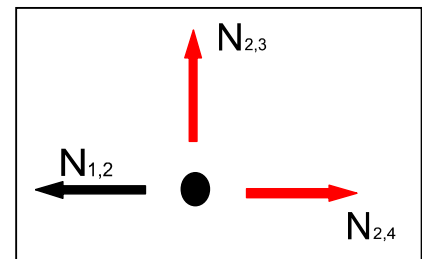
$$N_{1,2} = N_{1,3} \cos 20^\circ = 22089 \text{ Kg}$$



• Nodo 2

$$N_{2,3} = 0$$

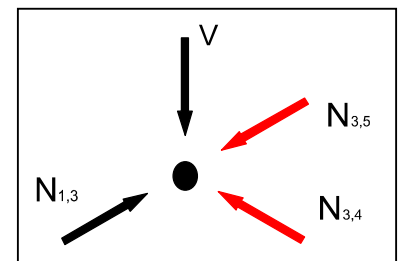
$$N_{2,4} = N_{1,2} = 22089 \text{ Kg}$$



• Nodo 3

$$N_{3,4} = V/(2\sin 20^\circ) = 2585 \text{ Kg}$$

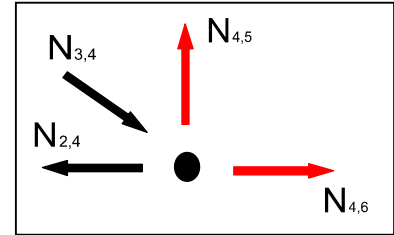
$$N_{3,5} = N_{1,3} - N_{3,4} = 20922 \text{ Kg}$$



• Nodo 4

$$N_{4,5} = N_{3,4} \sin 20^\circ = \mathbf{884 \text{ Kg}}$$

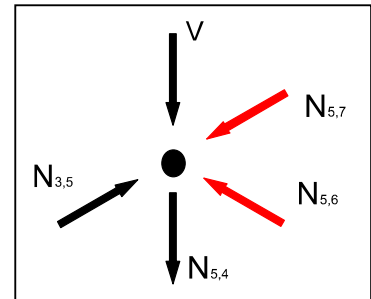
$$N_{4,6} = N_{2,4} - N_{3,4} \cos 20^\circ = \mathbf{19660 \text{ Kg}}$$



Nodo 5

$$N_{5,6} = (V + N_{5,4}) / (\cos 35^\circ \cdot \tan 20^\circ + \sin 35^\circ) = \mathbf{3077 \text{ Kg}}$$

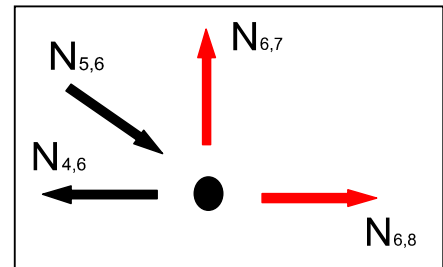
$$N_{5,7} = N_{3,5} - N_{5,6} \cdot \cos 35^\circ / \cos 20^\circ = \mathbf{18240 \text{ Kg}}$$



• Nodo 6

$$N_{6,7} = N_{5,6} \sin 35^\circ = \mathbf{1765 \text{ Kg}}$$

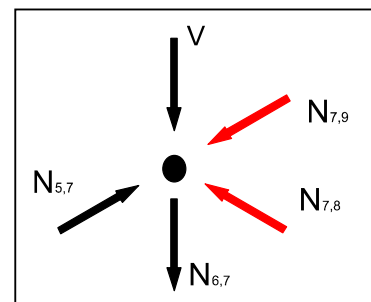
$$N_{6,8} = N_{4,6} - N_{5,6} \cos 35^\circ = \mathbf{17140 \text{ Kg}}$$



• Nodo 7

$$N_{7,8} = (V + N_{6,7}) / (\cos 47^\circ \cdot \tan 20^\circ + \sin 47^\circ) = \mathbf{3617 \text{ Kg}}$$

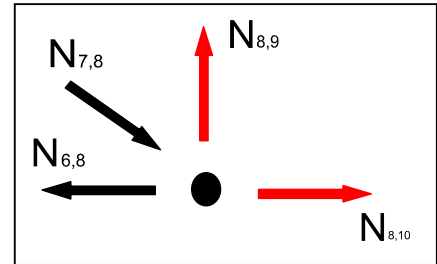
$$N_{7,9} = N_{5,7} - N_{7,8} \cdot \cos 47^\circ / \cos 20^\circ = \mathbf{15615 \text{ Kg}}$$



- Nodo 8

$$N_{8,9} = N_{7,8} \cdot \sin 47^\circ = \mathbf{2645 \text{ Kg}}$$

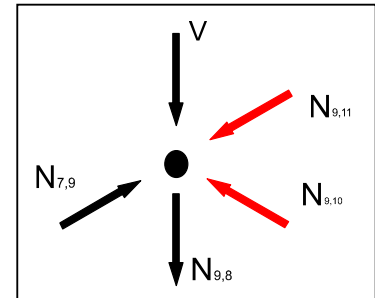
$$N_{8,10} = N_{6,8} - N_{7,8} \cdot \cos 47^\circ = \mathbf{14673 \text{ Kg}}$$



- Nodo 9

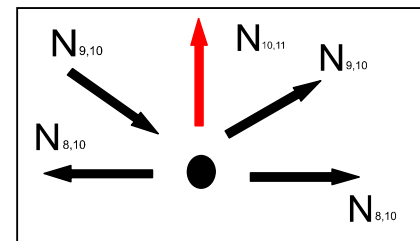
$$N_{9,10} = (V + N_{8,9}) / (\cos 55^\circ \cdot \tan 20^\circ + \sin 55^\circ) = \mathbf{4293 \text{ Kg}}$$

$$N_{9,11} = N_{7,9} - N_{9,10} \cdot \cos 55^\circ / \cos 20^\circ = \mathbf{12995 \text{ Kg}}$$



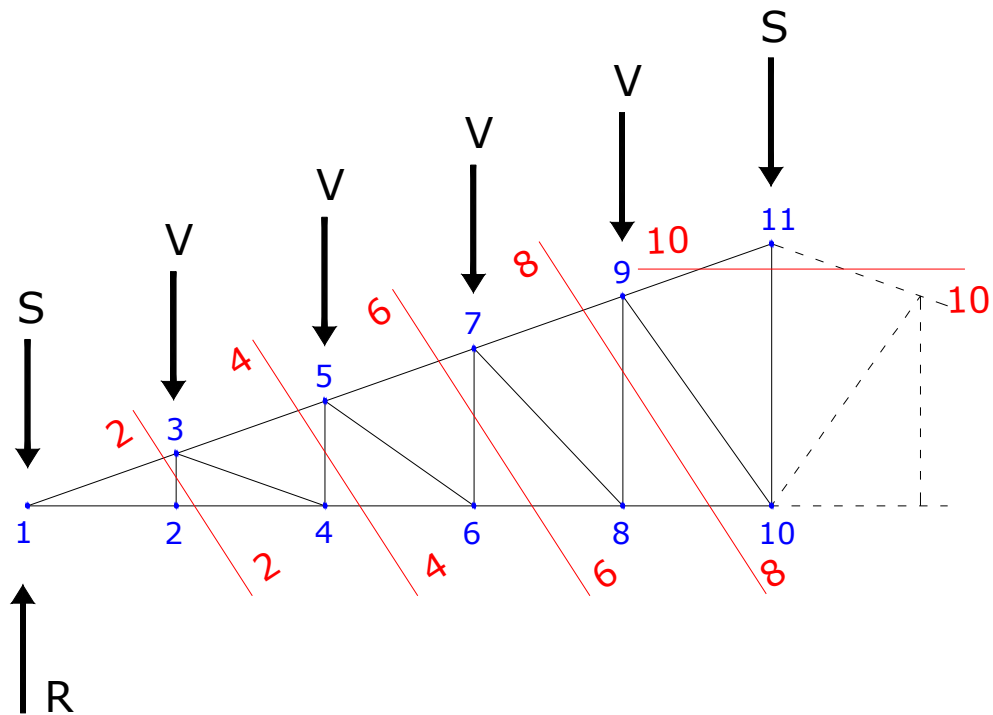
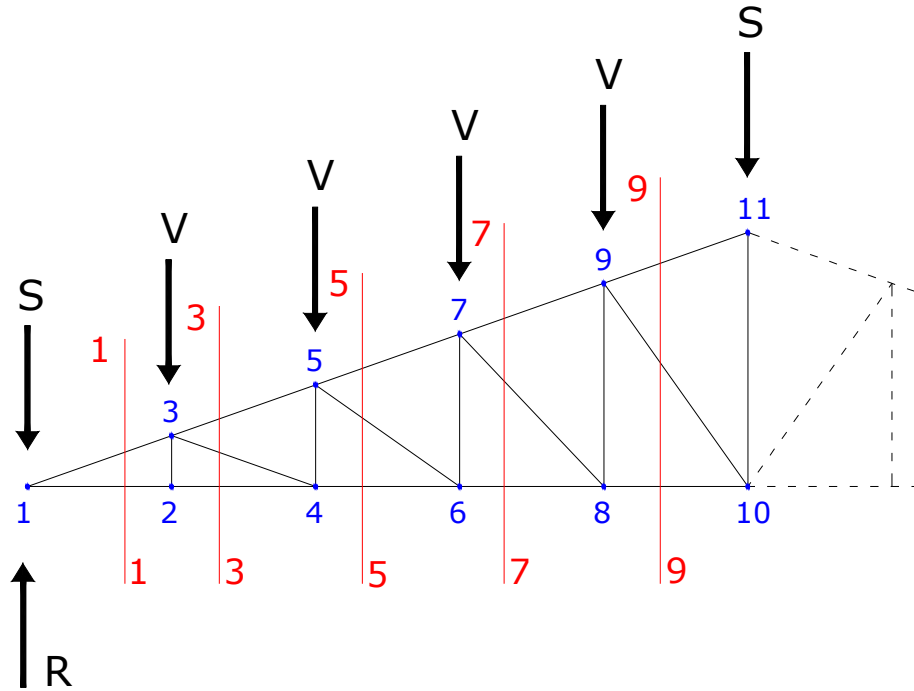
- Nodo 10

$$N_{10,11} = 2 \cdot N_{9,10} \cdot \sin 55^\circ = \mathbf{7033 \text{ Kg}}$$



9.3 Risoluzione capriata con il metodo Ritter

Si divide la capriata in diverse sezioni per trovare gli sforzi alle aste:



• Sezione 1-1

$$\Sigma x=0 \Rightarrow N_{1,3} \cdot \cos 20^\circ + N_{1,2} = 0$$

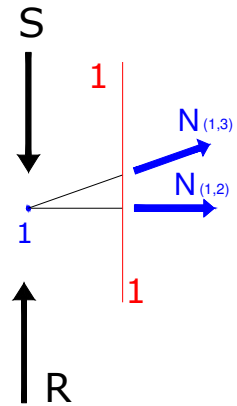
$$\Sigma y=0 \Rightarrow R - X + N_{1,3} \cdot \sin 20^\circ = 0$$

$$N_{1,3} = (X - R) / \sin 20^\circ = -23507 \text{ daN}$$

quindi è un puntone e non un tirante come in figura

$$N_{1,2} = -N_{1,3} \cdot \cos 20^\circ = 22089 \text{ daN}$$

quindi è un tirante



• Sezione 2-2

$$\Sigma x=0 \Rightarrow -N_{1,3} \cdot \cos 20^\circ + N_{2,4} = 0$$

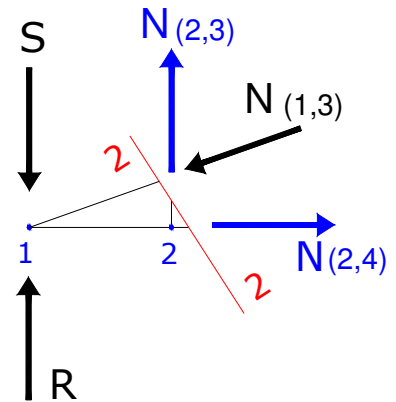
$$\Sigma y=0 \Rightarrow R - X - N_{1,3} \cdot \sin 20^\circ + N_{2,3} = 0$$

$$N_{2,4} = N_{1,3} \cdot \cos 20^\circ = 22089 \text{ daN}$$

quindi è un tirante

$$N_{2,3} = N_{1,3} \cdot \sin 20^\circ + X - R = 0$$

quindi è scarico



• Sezione 3-3

$$\Sigma x=0 \Rightarrow -N_{3,5} \cdot \cos 20^\circ + N_{3,4} \cdot \cos 20^\circ + N_{2,4} = 0$$

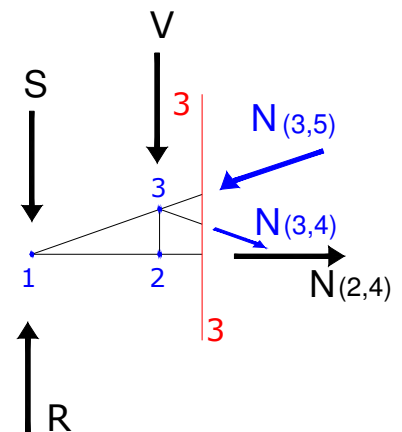
$$\Sigma y=0 \Rightarrow R - X - Y - N_{3,5} \cdot \sin 20^\circ - N_{3,4} \cdot \sin 20^\circ = 0$$

$$N_{3,4} = (R - X - Y) / 2 \cdot \sin 20^\circ - N_{2,4} / 2 \cdot \cos 20^\circ = -2585 \text{ daN}$$

quindi è un puntone e non un tirante come in figura

$$N_{3,5} = N_{2,4} / 2 \cdot \cos 20^\circ + (R - X - Y) / 2 \cdot \sin 20^\circ = -20922 \text{ daN}$$

quindi è un puntone



• Sezione 4-4

$$\Sigma x=0 \Rightarrow -N_{3,5} \cdot \cos 20^\circ + N_{4,6} = 0$$

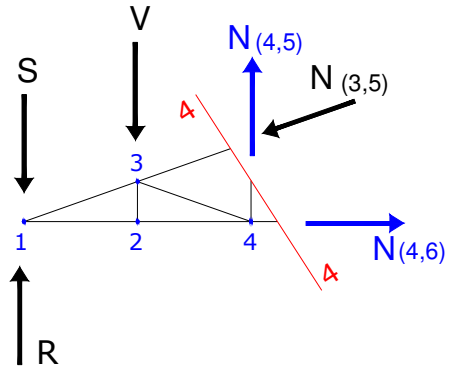
$$\Sigma y=0 \Rightarrow R - X - Y - N_{3,5} \cdot \sin 20^\circ + N_{4,5} = 0$$

$$N_{4,6} = N_{3,5} \cdot \cos 20^\circ = \mathbf{19660 \text{ daN}}$$

quindi è un tirante

$$N_{4,5} = N_{3,5} \cdot \sin 20^\circ + X + Y - R = \mathbf{884 \text{ daN}}$$

quindi è un tirante



• Sezione 5-5

$$\Sigma x=0 \Rightarrow -N_{5,7} \cdot \cos 20^\circ - N_{5,6} \cdot \cos 35^\circ + N_{4,6} = 0$$

$$\Sigma y=0 \Rightarrow R - X - 2Y - N_{5,7} \cdot \sin 20^\circ - N_{5,6} \cdot \sin 35^\circ = 0$$

$$N_{5,7} = -N_{5,6} \cdot \cos 35^\circ / \cos 20^\circ + N_{4,6} / \cos 20^\circ =$$

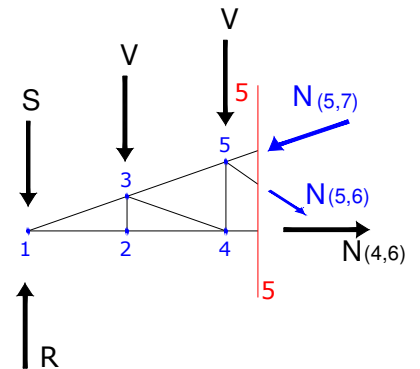
$$N_{5,7} = \mathbf{-18240 \text{ daN}}$$

quindi è un puntone

$$N_{5,6} = (X + 2Y + N_{4,6} \cdot \sin 20^\circ / \cos 20^\circ - R) / (\cos 35^\circ \cdot \tan 20^\circ + \sin 35^\circ) =$$

$$N_{5,6} = \mathbf{-3077 \text{ daN}}$$

quindi è un puntone



• Sezione 6-6

$$\Sigma x=0 \Rightarrow -N_{5,7} \cdot \cos 20^\circ + N_{6,8} = 0$$

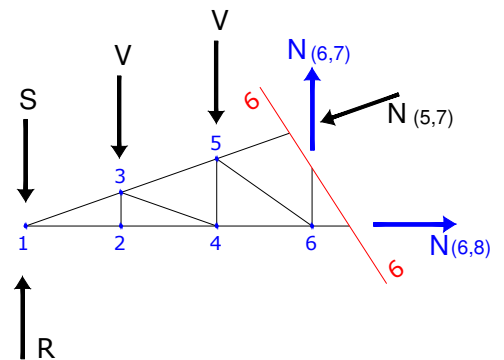
$$\Sigma y=0 \Rightarrow R - X - 2Y - N_{5,7} \cdot \sin 20^\circ + N_{6,7} = 0$$

$$N_{6,8} = N_{5,7} \cdot \cos 20^\circ = \mathbf{17140 \text{ daN}}$$

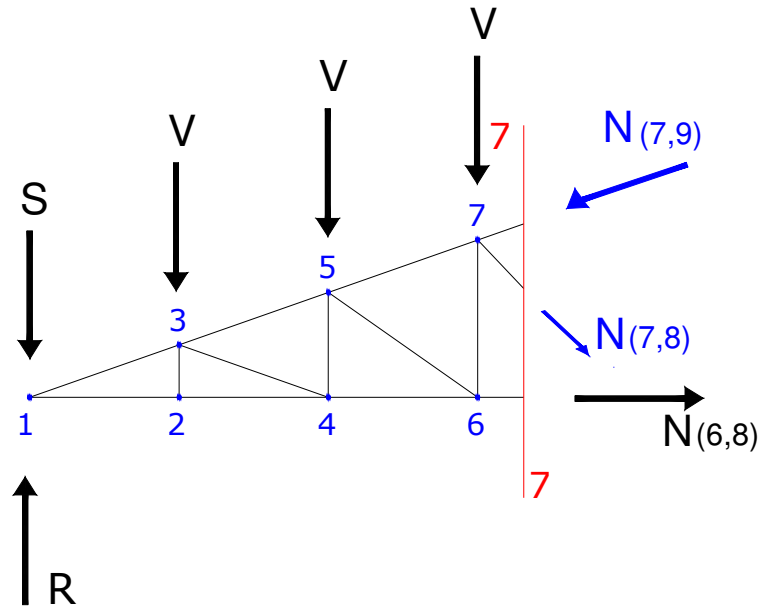
quindi è un tirante

$$N_{6,7} = N_{5,7} \cdot \sin 20^\circ + X + 2Y - R = \mathbf{1765 \text{ daN}}$$

quindi è un tirante



- Sezione 7-7



$$\Sigma x=0 \Rightarrow -N_{7,9} \cdot \cos 20^\circ - N_{7,8} \cdot \cos 47^\circ + N_{6,8} = 0$$

$$\Sigma y=0 \Rightarrow R - X - 3Y - N_{7,9} \cdot \sin 20^\circ - N_{7,8} \cdot \sin 47^\circ = 0$$

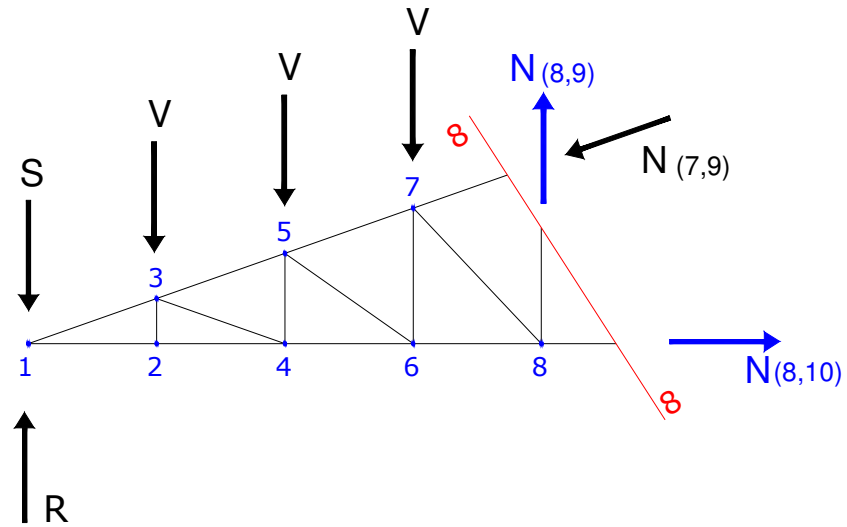
$$N_{7,9} = -N_{7,8} \cdot \cos 47^\circ / \cos 20^\circ + N_{6,8} / \cos 20^\circ = \mathbf{-15615 \text{ daN}}$$

quindi è un puntone

$$N_{7,8} = (X + 3y + N_{6,8} \cdot \sin 20^\circ / \cos 20^\circ - R) / (\cos 47^\circ \cdot \tan 20^\circ + \sin 47^\circ) = \mathbf{-3617 \text{ daN}}$$

quindi è un puntone

- Sezione 8-8



$$\Sigma x=0 \Rightarrow -N_{7,9} \cdot \cos 20^\circ + N_{8,10} = 0$$

$$\Sigma y=0 \Rightarrow R - X - 3Y - N_{7,9} \cdot \sin 20^\circ + N_{8,9} = 0$$

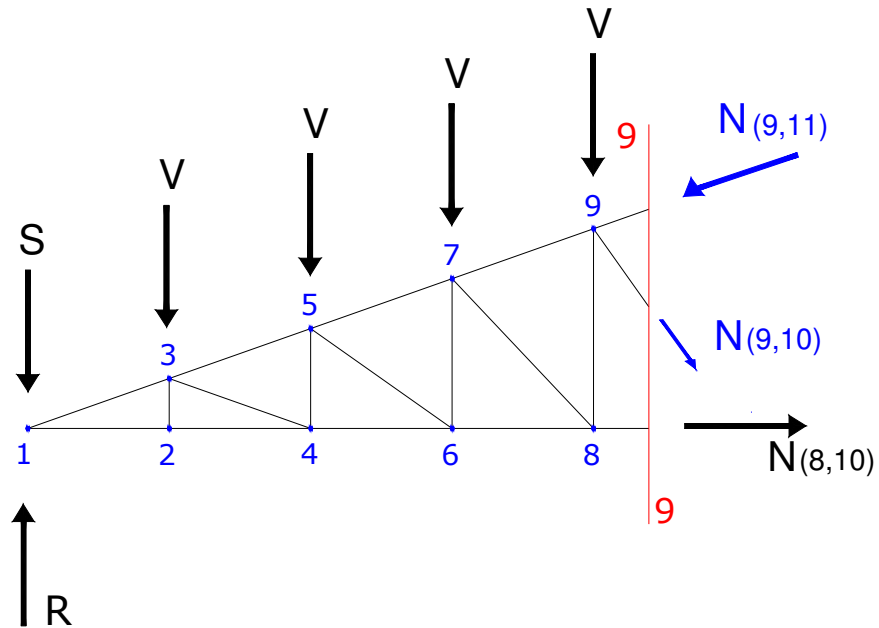
$$N_{8,10} = N_{7,9} \cdot \cos 20^\circ = \mathbf{14673 \text{ daN}}$$

quindi è un tirante

$$N_{8,9} = N_{7,9} \cdot \sin 20^\circ + X + 3Y - R = \mathbf{2645 \text{ daN}}$$

quindi è un tirante

- Sezione 9-9



$$\Sigma x=0 \Rightarrow -N_{9,11} \cdot \cos 20^\circ - N_{9,10} \cdot \cos 47^\circ + N_{8,10} = 0$$

$$\Sigma y=0 \Rightarrow R - X - 3Y - N_{9,11} \cdot \sin 20^\circ - N_{9,10} \cdot \sin 47^\circ = 0$$

$$N_{9,11} = -N_{9,10} \cdot \cos 47^\circ / \cos 20^\circ + N_{8,10} / \cos 20^\circ = -12995 \text{ daN}$$

quindi è un puntone

$$N_{9,10} = (X + 3Y + N_{8,10} \cdot \sin 20^\circ / \cos 20^\circ - R) / (\cos 47^\circ \cdot \tan 20^\circ + \sin 47^\circ) = -4293 \text{ daN}$$

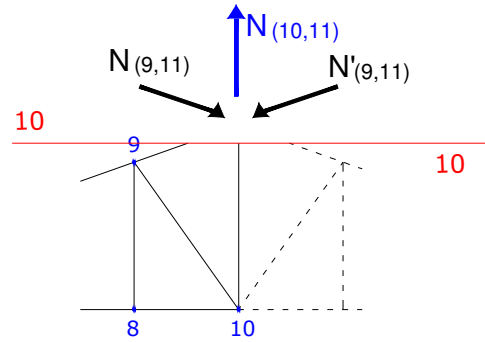
quindi è un puntone

• Sezione 10-10

$$\Sigma y=0 \Rightarrow -2 \cdot N_{9,11} \cdot \sin 20^\circ + N_{10,11} = 0$$

$$N_{10,11} = 2 \cdot N_{9,11} \cdot \sin 20^\circ = \mathbf{7033 \text{ daN}}$$

Quindi è un tirane



Riepilogando tutti gli sforzi nelle aste:

ASTA	SFORZO	TIPO	
$N_{1,2}$	22089	TESA	Intradosso
$N_{1,3}$	23507	PUNTONE	Estradosso
$N_{2,3}$	0	SCARICA	Montante
$N_{2,4}$	22089	TESA	Intradosso
$N_{3,4}$	2585	PUNTONE	Diagonale
$N_{3,5}$	20922	PUNTONE	Estradosso
$N_{4,5}$	884	TESA	Montante
$N_{4,6}$	19660	TESA	Intradosso
$N_{5,6}$	3077	PUNTONE	Diagonale
$N_{5,7}$	18240	PUNTONE	Estradosso
$N_{6,7}$	1765	TESA	Montante
$N_{6,8}$	17140	TESA	Intradosso
$N_{7,8}$	3617	PUNTONE	Diagonale
$N_{7,9}$	15615	PUNTONE	Estradosso
$N_{8,9}$	2645	TESA	Montante
$N_{8,10}$	14673	TESA	Intradosso
$N_{9,10}$	4293	PUNTONE	Diagonale
$N_{9,11}$	12995	PUNTONE	Estradosso
$N_{10,11}$	7033	TESA	Montante

9.4 Dimensionamento e verifica delle aste

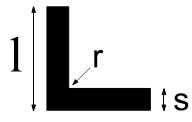
ASTE TESE

- Intradosso
Il massimo sforzo si ha nell'asta 1,2 ed è pari a $N_{1,2} = 22089 \text{ Kg}$

$$\sigma = N/A \leq \sigma_{amm}$$

$$A_{min} = N/\sigma_{amm} = 22089/1600 = 13,81 \text{ cm}^2$$

Scelgo due profili accoppiati di tipo 70x6 angolare a lati uguali a spigoli tondi



L (mm)	s (mm)	r (mm)	A (cm ²)	P (Kg/m)	E _x =e _y (cm)	e _n (cm)	z _m (cm)	z _n (cm)
70	6	9	8,13	6,38	1,93	2,74	4,95	2,46

L'area per due profili accoppiati sarà $A = 2 \cdot 8,13 = 16,26 \text{ cm}^2$

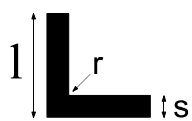
$$\sigma = N/A = 22089/16,26 = 1359 \text{ kg/cm}^2 \leq 1600 \text{ Kg/cm}^2$$

- Montanti
Il massimo sforzo si ha nell'asta 10,11 ed è pari a $N_{10,11} = 7033 \text{ Kg}$

$$\sigma = N/A \leq \sigma_{amm}$$

$$A_{min} = N/\sigma_{amm} = 7033/1600 = 4,4 \text{ cm}^2$$

Scelgo due profili accoppiati di tipo 30x5 angolare a lati uguali a spigoli tondi



L (mm)	s (mm)	r (mm)	A (cm ²)	P (Kg/m)	E _x =e _y (cm)	e _n (cm)	z _m (cm)	z _n (cm)
30	5	5	2,78	2,18	0,918	1,3	2,12	1,07

L'area per due profili accoppiati sarà $A = 2 \cdot 2,78 = 5,56 \text{ cm}^2$

$$\sigma = N/A = 7033/5,56 = 1265 \text{ kg/cm}^2 \leq 1600 \text{ Kg/cm}^2$$

ASTE COMPRESSE

- Diagonali

Il massimo sforzo si ha nell'asta 9,10 ed è pari a $N_{9,10} = -4293 \text{ Kg}$

$$l_{9,10} = 3,66 \text{ m}$$

$$l_0 = \beta \cdot l_{9,10} = 1 \cdot 3,66 = \mathbf{3,66 \text{ m}}$$

$$\lambda = l_0 / \rho \leq 200$$

Scelgo due profili di tipo 60x6 angolare a lati uguali a spigolo tondi accoppiati a stella con distanza $d=1,5 \text{ cm}$

$$\left\{ \begin{array}{l} A = 13,8 \text{ cm}^2 \\ \rho_{\min} = 2,29 \text{ cm} \end{array} \right.$$

$$\lambda = 366 / 2,29 \cong \mathbf{160}$$

conoscendo il valore di λ il tipo di materiale (Fe360) trovo un valore di $\omega = \mathbf{3,85}$

$$\sigma = \omega N / A \leq \sigma_{\text{amm}}$$

$$\sigma = 3,85 \cdot 4293 / 13,8 = \mathbf{1198 \text{ Kg/cm}^2} \leq \mathbf{1600 \text{ kg/cm}^2}$$

- Estradosso

Il massimo sforzo si ha nell'asta 1,3 ed è pari a $N_{1,3} = -23507 \text{ Kg}$

$$l_{1,3} = 2,23 \text{ m}$$

$$l_0 = \beta \cdot l_{1,3} = 1 \cdot 2,23 = \mathbf{2,23 \text{ m}}$$

-nel caso in cui il controventamento sia alternato nei nodi allora:

$$l_{01} = 2 \cdot \beta \cdot l_{1,3} = 2 \cdot 1 \cdot 2,23 = \mathbf{4,46 \text{ m}}$$

$$\lambda = l_0 / \rho \leq 200$$

Scelgo due profili accoppiati di tipo 100x10 angolare a lati uguali a spigoli tondi con distanza $d=1,5 \text{ cm}$

$$\left\{ \begin{array}{l} A = 38,4 \text{ cm}^2 \\ I_x = 354 \text{ cm}^4 \\ i_x = 3,04 \text{ cm} \\ I_w = 844 \text{ cm}^4 \\ i_w = 4,69 \text{ cm} \end{array} \right.$$

$$\lambda = 223/3,04 \cong 73,35$$

$$\lambda_1 = 446/4,69 \cong 95,9$$

conoscendo il valore di λ il tipo di materiale (Fe360) trovo un valore di

$$\omega = 1,52$$

$$\omega_1 = 1,92$$

$$\sigma = \omega N/A \leq \sigma_{amm}$$

$$\sigma = 1,52 \cdot 23507/38,4 = 930,49 \text{ Kg/cm}^2 \leq 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_1 = 1,92 \cdot 23507/38,4 = 1175,4 \text{ Kg/cm}^2 \leq 1600 \text{ kg/cm}^2$$

9.5 Verifica del peso presunto:

- Diagonali

$$l = 2(2,23 + 2,56 + 3,07 + 3,66) = 23,04 \text{ m}$$

$$\text{peso profilo } 60 \times 6 = 5,42 \text{ Kg/m}$$

$$\text{peso totale diagonali} = 5,42 \cdot 23,04 \cdot 2 = 249,75 \text{ Kg}$$

- Montanti

$$l = 3,7 + 2 \cdot (3 + 2,24 + 1,46 + 0,76) = 18,62 \text{ m}$$

$$\text{peso profilo } 30 \times 5 = 2,18 \text{ Kg/m}$$

$$\text{peso totale diagonali} = 2,18 \cdot 18,62 \cdot 2 = 81,18 \text{ Kg}$$

- Intradosso

$$l = 21 \text{ m}$$

$$\text{peso profilo } 70 \times 6 = 6,38 \text{ Kg/m}$$

$$\text{peso totale diagonali} = 6,38 \cdot 21 \cdot 2 = 267,96 \text{ Kg}$$

- Estradosso

$$l = 2 \cdot 10,5 / \cos 20^\circ = 22,36 \text{ m}$$

$$\text{peso profilo } 100 \times 10 = 15,1 \text{ Kg/m}$$

$$\text{peso totale diagonali} = 15,1 \cdot 22,36 \cdot 2 = 675,272 \text{ Kg}$$

Il peso totale della capriata è 1274,16 Kg

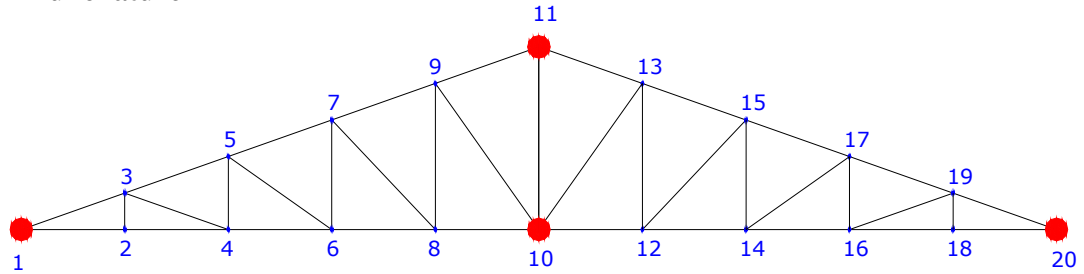
Considerando l'aggiunta di ferro per le saldature: $P = 1274,16 \cdot 1,15 = 1466 \text{ Kg}$

$$P = p/(L \cdot l) = 1466/(4 \cdot 21) = 17,45 \text{ Kg/m}^2$$

Tale risultato è minore del peso presunto all'inizio (20 Kg/m^2) per la risoluzione della capriata.

10. Unioni

10.1 Bullonature



Si sceglie una vite ad alta resistenza di tipo 8.8 dove si ha:

$$\sigma_{amm} = 3730 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\tau_{amm} = 2640 \text{ Kg/cm}^2$$

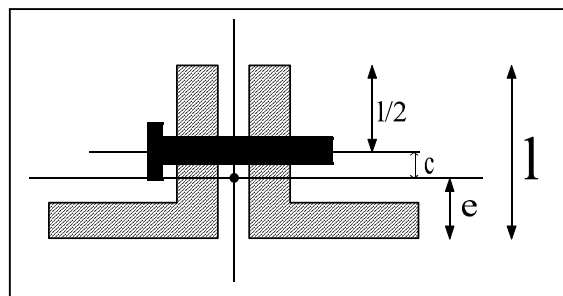
- **ESTRADOSSO**

Nodo 11, asta (9,11) e (11,13) = Nodo 1 asta (1,3) = Nodo 20 asta (19,20)

Verifica di resistenza

Il profilo è il 100x10 che presenta

$$\left\{ \begin{array}{l} A = 38,4 \text{ cm}^2 \\ e = 2,82 \text{ cm} \end{array} \right.$$



Se mettiamo 3 bulloni M24 allora

l'area netta sarà:

$$A_{netta} = A - 2 \cdot d \cdot s = 38,4 - 2(2,55 \cdot 1) = 33,3 \text{ cm}^2$$

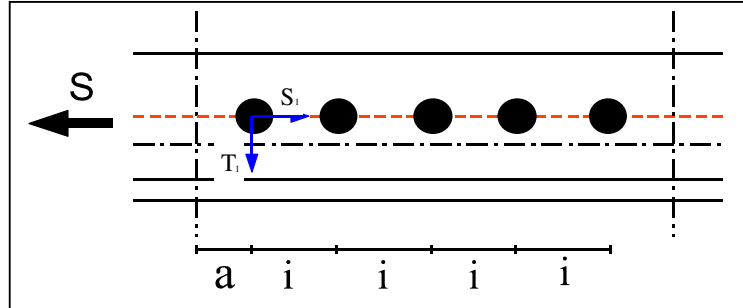
lo sforzo massimo è pari a:

$$S_{max} = A_{netta} \cdot \sigma_{amm, Fe360} = 33,3 \cdot 1600 = 53280 \text{ Kg}$$

-l'azione tagliante verticale è:

$$S_1 = S_{\max}/5 = 10656 \text{ Kg}$$

$$M = S_{\max} \cdot c = S_{\max} \cdot (l/2 - e) = 53280 \cdot (5 - 2,82) = 116150,4 \text{ Kg}\cdot\text{cm}$$



-l'azione equilibrante è:

$$T_1 = M \cdot r_1 / \sum r_{\text{tot}}^2 = 116150,4 \cdot 20 / (10^2 + 20^2 + 10^2 + 20^2) = 2323 \text{ Kg}$$

$$T = \sqrt{S_1^2 + T_1^2} = 10906,26 \text{ Kg}$$

$$\tau = T / 2 \cdot (\pi d^2/4) = 1206 \text{ kg/cm}^2 \leq 2640 \text{ kg/cm}^2$$

verifica a rifollamento

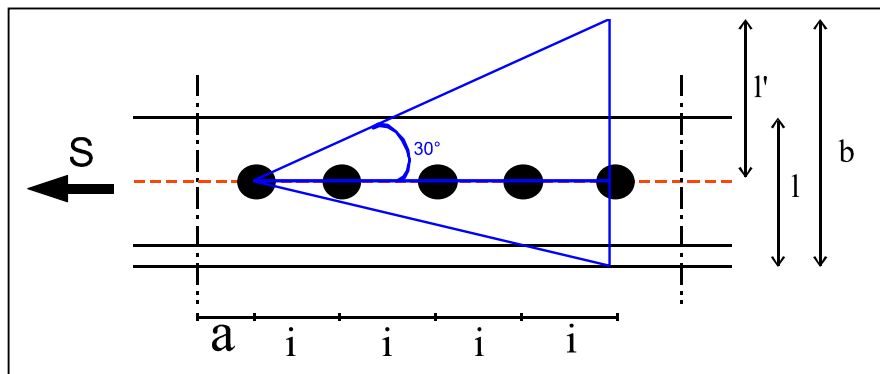
$$\sigma_{\text{rif}} = T/d \cdot s \leq \alpha \cdot \sigma$$

$$\alpha = a/d \leq 2,5 \Rightarrow a/d = 6/2,4 = 2,5$$

$$\sigma_{\text{rif}} = 10906,26 / (2,4 \cdot 1,5) = 3030 \text{ Kg/cm}^2 \leq 2,5 \cdot 1600 = 4000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{rif}} = \alpha \cdot \sigma$$

verifica della piastra



$$l' = 4i \cdot \tan 30^\circ = 4 \cdot 10 \cdot \tan 30^\circ = 23,1 \text{ cm}$$

$$b = l' + l/2 = 23,1 + 5 = 28,1 \text{ cm}$$

$$\sigma = S_{\max} / b \cdot s = 53280 / (28,1 \cdot 1,5) = 1264 \text{ Kg/cm}^2 \leq 1600 \text{ Kg/cm}^2$$

- MONTANTI
Nodo 10, asta 10,11

Verifica di resistenza

Il profilo è il 30x5 che presenta

$$\begin{cases} A = 5,56 \text{ cm}^2 \\ e = 0,918 \text{ cm} \end{cases}$$

Se mettiamo 3 bulloni M12 allora

l'area netta sarà:

$$A_{\text{netta}} = A - 2d \cdot s = 5,56 - 2(1,3 \cdot 0,5) = 4,26 \text{ cm}^2$$

lo sforzo massimo è pari a:

$$S_{\text{max}} = A \cdot \sigma_{\text{amm, Fe360}} = 4,26 \cdot 1600 = 6816 \text{ Kg}$$

-l'azione tagliante verticale è:

$$S_1 = S_{\text{max}}/3 = \mathbf{2272 \text{ Kg}}$$

$$M = S_{\text{max}} \cdot c = S_{\text{max}} \cdot (l/2 - e) = 6816 \cdot (1,5 - 0,918) = 3966,91 \text{ Kg} \cdot \text{cm}$$

Per le aste tese dovrà risultare $25 t_{\text{min}} \leq i \leq 3 \cdot d$

$$\begin{cases} T_{\text{min piastra}} = 1,5 \text{ cm} \\ T_{\text{min profilo}} = 1 \text{ cm} \end{cases} \Rightarrow T_{\text{min}} = 1 \text{ cm} \Rightarrow \text{pongo } i = 5 \text{ cm}$$

-l'azione equilibrante è:

$$T_1 = M / 2i = 3966,91 / 2 \cdot 5 = \mathbf{396,691 \text{ Kg}}$$

$$T = \sqrt{S_1^2 + T_1^2} = \mathbf{2306,37 \text{ Kg}}$$

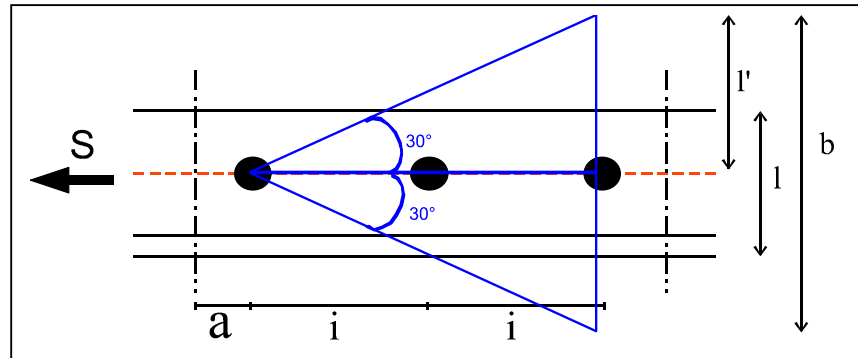
$$\tau = T / 2 \cdot (\pi d^2 / 4) = \mathbf{1019,63 \text{ kg/cm}^2} \leq 2640 \text{ kg/cm}^2$$

verifica a rifollamento

$$\sigma_{\text{rif}} = T / 2d \cdot s \leq \alpha \cdot \sigma$$

$$\alpha = a/d \leq 2,5 \Rightarrow a/d = 3/1,2 = 2,5$$

$$\sigma_{\text{rif}} = 2306,37 / (2 \cdot 1,2 \cdot 0,5) = \mathbf{1921,975 \text{ Kg/cm}^2} \leq 4000 \text{ Kg/cm}^2 = \alpha \cdot \sigma$$

verifica della piastra

$$b = 2 \cdot i \cdot \tan 30^\circ = 2 \cdot 2 \cdot 5 \cdot \tan 30^\circ = 11,54 \text{ cm}$$

$$\sigma = S_{\max} / b \cdot s = 6816 / (11,54 \cdot 1,5) = 393,76 \text{ Kg/cm}^2 \leq 1600 \text{ Kg/cm}^2$$

- **DIAGONALI**
Nodo 10, asta (9,10) = asta (10,13)

Verifica di resistenza

Il profilo è il 60x6 che presenta

$$\left\{ \begin{array}{l} A = 6,91 \text{ cm}^2 \\ e = 1,69 \text{ cm} \end{array} \right.$$

Se mettiamo 3 bulloni M16 allora

l'area netta sarà:

$$A_{\text{netta}} = A - d \cdot s = 6,91 - (1,7 \cdot 0,6) = 5,88 \text{ cm}^2$$

lo sforzo massimo è pari a:

$$S_{\max} = A \cdot \sigma_{\text{amm, Fe360}} = 5,88 \cdot 1600 = 9408 \text{ Kg}$$

-l'azione tagliante verticale è:

$$S_1 = S_{\max} / 3 = 3136 \text{ Kg}$$

$$M = S_{\max} \cdot c = S_{\max} \cdot (l/2 - e) = 9408 \cdot (3 - 1,69) = 12324,48 \text{ Kg}\cdot\text{cm}$$

Per le aste tese dovrà risultare $25 t_{\min} \leq i \leq 3 \cdot d$

$$\begin{cases} T_{\min \text{ piastra}} = 1,5 \text{ cm} \\ T_{\min \text{ profilo}} = 0,6 \text{ cm} \end{cases} \Rightarrow T_{\min} = 0,6 \text{ cm} \Rightarrow \text{pongo } i = 5 \text{ cm}$$

-l'azione equilibrante è:

$$T_1 = M / 2i = 12324,48 / 2 \cdot 5 = 1232,448 \text{ Kg}$$

$$T = \sqrt{S_1^2 + T_1^2} = 3369,48 \text{ Kg}$$

$$\tau = T / 2 \cdot (\pi d^2 / 4) = 1675,84 \text{ kg/cm}^2 \leq 2640 \text{ kg/cm}^2$$

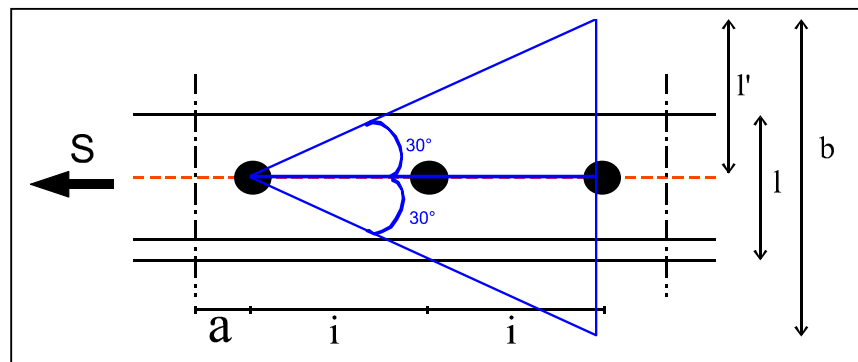
verifica a rifollamento

$$\sigma_{\text{rif}} = T / d \cdot s \leq \alpha \cdot \sigma$$

$$\alpha = a / d \leq 2,5 \Rightarrow a / d = 3 / 1,2 = 2,5$$

$$\sigma_{\text{rif}} = 3369,48 / (1,6 \cdot 0,6) = 3509,875 \text{ Kg/cm}^2 \leq 2,5 \cdot 1600 = 4000 \text{ Kg/cm}^2$$

verifica della piastra



$$l' = 2i \cdot \tan 30^\circ = 2 \cdot 5 \cdot \tan 30^\circ = 5,77 \text{ cm}$$

$$b = 2 \cdot l' = 2 \cdot 5,77 = 11,54 \text{ cm}$$

$$\sigma = S_{\max} / b \cdot s = 9408 / (11,54 \cdot 1,5) = 543,5 \text{ Kg/cm}^2 \leq 1600 \text{ Kg/cm}^2$$

- Nodo 1, asta (1,2) = Nodo 20 asta (18,20) = Nodo 10 asta (8,10) e (10,12)

Verifica di resistenza

Il profilo è il 70x6 che presenta

$$\begin{cases} A = 16,26 \text{ cm}^2 \\ e = 1,93 \text{ cm} \end{cases}$$

Se mettiamo 4 bulloni di diametro $d=16$ mm allora

l'area netta sarà:

$$A_{\text{netta}} = A - 2d \cdot s = 16,26 - 2(1,7 \cdot 0,6) = 14,22 \text{ cm}^2$$

lo sforzo massimo è pari a:

$$S_{\text{max}} = A_{\text{netta}} \cdot \sigma_{\text{amm, Fe360}} = 14,22 \cdot 1600 = 22752 \text{ Kg}$$

-l'azione tagliante verticale è:

$$S_1 = S_{\text{max}}/4 = \mathbf{5688 \text{ Kg}}$$

$$M = S_{\text{max}} \cdot c = S_{\text{max}} \cdot (l/2 - e) = 22752 \cdot (3,5 - 1,93) = 35720,64 \text{ Kg} \cdot \text{cm}$$

Per le aste tese dovrà risultare $25 t_{\text{min}} \leq i \leq 3 \cdot d$

$$\begin{cases} T_{\text{min piastra}} = 1,5 \text{ cm} \\ 2T_{\text{min profilo}} = 0,6 \cdot 2 = 1,2 \text{ cm} \end{cases} \Rightarrow T_{\text{min}} = 1,2 \text{ cm} \Rightarrow \text{pongo } i = 5 \text{ cm}$$

-l'azione equilibrante è:

$$T_1 = M \cdot r_i / \sum r_{\text{tot}}^2 = 35720,64 \cdot 7,5 / [2 \cdot (7,5^2 + 2,5^2)] = \mathbf{2143,23 \text{ Kg}}$$

$$T = \sqrt{S_1^2 + T_1^2} = \mathbf{6078,38 \text{ Kg}}$$

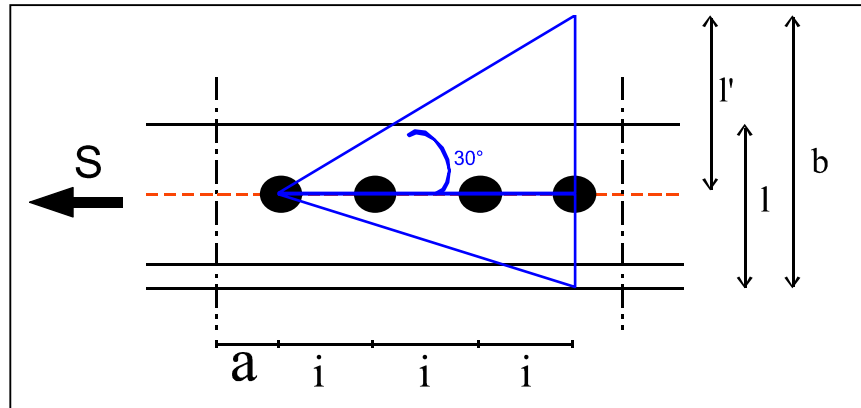
$$\tau = T / 2 \cdot (\pi d^2/4) = \mathbf{1511,57 \text{ kg/cm}^2} \leq \mathbf{2640 \text{ kg/cm}^2}$$

verifica a rifollamento

$$\sigma_{\text{rif}} = T/d \cdot s \leq \alpha \cdot \sigma$$

$$\alpha = a/d \leq 2,5 \Rightarrow a/d = 4/1,6 = 2,5$$

$$\sigma_{\text{rif}} = 6078,38 / (1,6 \cdot 1,2) = \mathbf{3165,82 \text{ Kg/cm}^2} \leq 2,5 \cdot 1600 = \mathbf{4000 \text{ Kg/cm}^2}$$

verifica della piastra

$$l' = 3i \cdot \tan 30^\circ = 3 \cdot 5 \cdot \tan 30^\circ = \mathbf{8,66 \text{ cm}}$$

$$b = l' + l/2 = 8,66 + 3,5 = \mathbf{12,16 \text{ cm}}$$

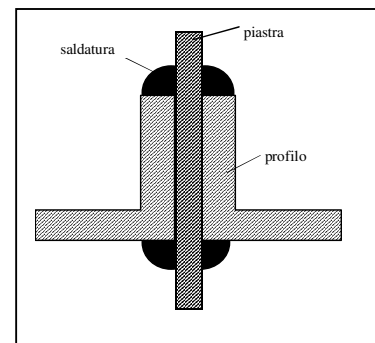
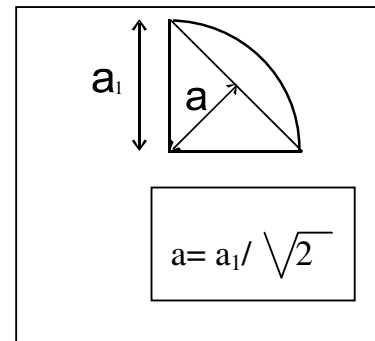
$$\sigma = S_{\max}/b \cdot s = 22752 / (12,16 \cdot 1,5) = \mathbf{1381,87 \text{ Kg/cm}^2} \leq 1600 \text{ Kg/cm}^2$$

10.2 Saldature di classe I

- Diagonali

Profilo 60x6

$$\left\{ \begin{array}{l} A = 6,91 \text{ cm}^2 \\ e = 1,69 \text{ cm} \\ h = 6 \text{ cm} \\ a_1 = 0,6 \text{ cm} \\ a = a_1 / 1,414 = 0,42 \text{ cm} \end{array} \right.$$



Lo sforzo ammissibile per l'asta è:

$$S_{\max} = A \cdot \sigma_{\text{amm}} = 6,91 \cdot 1600 = \mathbf{11056 \text{ Kg}}$$

La lunghezza teorica complessiva dei cordoni di saldatura è:

$$\star = S_{\max} / (a \cdot 0,85 \cdot \sigma_{\text{amm}}) = 11056 / (0,42 \cdot 0,85 \cdot 1600) = \mathbf{19,35 \text{ cm}}$$

la lunghezza complessiva del cordone in corrispondenza delle ali è:

$$C'_1 = S_{\max} \cdot e / (a \cdot h \cdot 0,85 \cdot \sigma_{\text{amm}}) = 11056 \cdot 1,69 / (0,42 \cdot 6 \cdot 0,85 \cdot 1600) = \mathbf{5,45 \text{ cm}}$$

la lunghezza complessiva del cordone in corrispondenza dell'angolo del profilato è:

$$C'_2 = \star - C'_1 = 13,9 \text{ cm}$$

la lunghezza minima dei cordoni d'angolo di saldatura deve risultare pari a:

$$l' = 15 \cdot a_1 = 15 \cdot 0,6 = 9 \text{ cm}$$

$$c_1 = l' = 9 \text{ cm}$$

$$c_2 = l' \cdot C'_2 / C'_1 = 9 \cdot 13,9 / 5,45 = 22,95 \text{ cm}$$

$$\tau = S_{\max} / (a \cdot (c_1 + c_2)) = 11056 / (0,42 \cdot (9 + 22,95)) = 824 \text{ kg/cm}^2 \leq 0,85 \cdot 1600 = 1360 \text{ kg/cm}^2$$

verifica di resistenza per la piastra di nodo

$$b' = 2 \cdot c_1 \cdot \tan 30^\circ = 2 \cdot 9 \cdot \tan 30^\circ = 10,39 \text{ cm}$$

$$b'' = 2 \cdot c_2 \cdot \tan 30^\circ = 2 \cdot 22,95 \cdot \tan 30^\circ = 26,50 \text{ cm}$$

lo sforzo delle due saldature sarà:

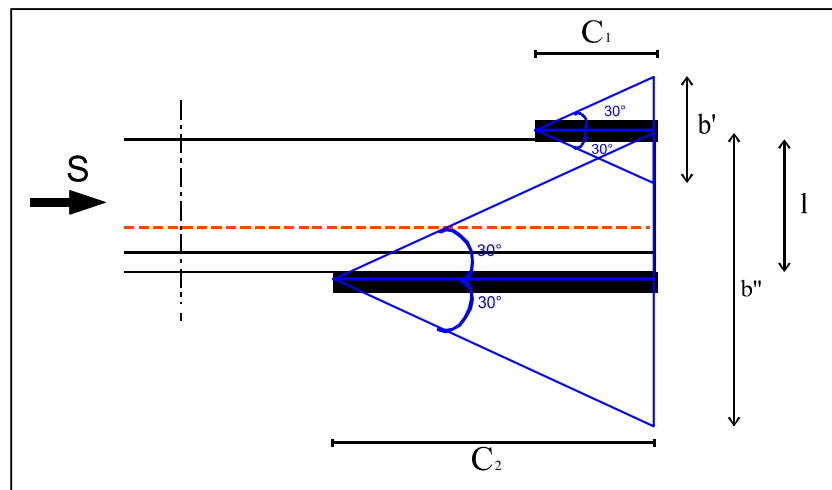
$$S_1 = c_1 \cdot a \cdot 0,85 \cdot \sigma_{\text{amm}} = 9 \cdot 0,42 \cdot 0,85 \cdot 1600 = 5140,8 \text{ Kg}$$

$$S_2 = c_2 \cdot a \cdot 0,85 \cdot \sigma_{\text{amm}} = 22,95 \cdot 0,42 \cdot 0,85 \cdot 1600 = 13109,04 \text{ Kg}$$

$$\sigma_1 = S_1 / (b' \cdot s) = 5140,8 / (10,39 \cdot 1,5) = 329,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = S_2 / (b'' \cdot s) = 13109,04 / (26,5 \cdot 1,5) = 329,78 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{tot}} = \sigma_1 + \sigma_2 = 329,85 + 329,78 = 659,63 \text{ kg/cm}^2 \leq 1600 \text{ kg/cm}^2$$



- Montanti

Profilo 30x5

$$\left\{ \begin{array}{l} A = 2,78 \text{ cm}^2 \\ e = 0,918 \text{ cm} \\ h = 3 \text{ cm} \\ a_1 = 0,5 \text{ cm} \\ a = a_1/1,414 = 0,35 \text{ cm} \end{array} \right.$$

Lo sforzo ammissibile per l'asta è:

$$S_{\max} = A \cdot \sigma_{\text{amm}} = 2,78 \cdot 1600 = \mathbf{4448 \text{ Kg}}$$

La lunghezza teorica complessiva dei cordoni di saldatura è:

$$\star = S_{\max} / (a \cdot 0,85 \cdot \sigma_{\text{amm}}) = 4448 / (0,35 \cdot 0,85 \cdot 1600) = \mathbf{9,34 \text{ cm}}$$

la lunghezza complessiva del cordone in corrispondenza delle ali è:

$$C'_1 = S_{\max} \cdot e / (a \cdot h \cdot 0,85 \cdot \sigma_{\text{amm}}) = 4448 \cdot 0,918 / (0,35 \cdot 3 \cdot 0,85 \cdot 1600) = \mathbf{2,85 \text{ cm}}$$

la lunghezza complessiva del cordone in corrispondenza dell'angolo del profilato è:

$$C'_2 = \star - C'_1 = \mathbf{6,49 \text{ cm}}$$

la lunghezza minima dei cordoni d'angolo di saldatura deve risultare pari a:

$$l' = 15 \cdot a_1 = 15 \cdot 0,5 = 7,5 \text{ cm}$$

$$c_1 = l' = \mathbf{7,5 \text{ cm}}$$

$$c_2 = l' \cdot C'_2 / C'_1 = 7,5 \cdot 6,49 / 2,85 = \mathbf{17,07 \text{ cm}}$$

$$\tau = S_{\max} / (a \cdot (c_1 + c_2)) = 4448 / (0,35 \cdot (7,5 + 17,07)) = \mathbf{517 \text{ kg/cm}^2} \leq 0,85 \cdot 1600 = \mathbf{1360 \text{ kg/cm}^2}$$

verifica di resistenza per la piastra di nodo

$$b' = 2 \cdot c_1 \cdot \tan 30^\circ = 2 \cdot 7,5 \cdot \tan 30^\circ = \mathbf{8,66 \text{ cm}}$$

$$b'' = 2 \cdot c_2 \cdot \tan 30^\circ = 2 \cdot 17,07 \cdot \tan 30^\circ = \mathbf{20,43 \text{ cm}}$$

lo sforzo delle due saldature sarà:

$$S_1 = c_1 \cdot a \cdot 0,85 \cdot \sigma_{amm} = 7,5 \cdot 0,35 \cdot 0,85 \cdot 1600 = 3570 \text{ Kg}$$

$$S_2 = c_2 \cdot a \cdot 0,85 \cdot \sigma_{amm} = 17,07 \cdot 0,35 \cdot 0,85 \cdot 1600 = 8125,32 \text{ Kg}$$

$$\sigma_1 = S_1 / (b' \cdot s) = 3570 / (8,66 \cdot 1,5) = \mathbf{274,82 \text{ kg/cm}^2}$$

$$\sigma_2 = S_2 / (b'' \cdot s) = 8125,32 / (20,43 \cdot 1,5) = \mathbf{265,14 \text{ kg/cm}^2}$$

$$\sigma_{tot} = \sigma_1 + \sigma_2 = 274,82 + 265,14 = \mathbf{539,96 \text{ kg/cm}^2} \leq \mathbf{1600 \text{ kg/cm}^2}$$

- Intradosso

Profilo 70x6

$$\left\{ \begin{array}{l} A = 8,13 \text{ cm}^2 \\ e = 1,93 \text{ cm} \\ h = 7 \text{ cm} \\ a_1 = 0,6 \text{ cm} \\ a = a_1 / 1,414 = 0,42 \text{ cm} \end{array} \right.$$

Lo sforzo ammissibile per l'asta è:

$$S_{max} = A \cdot \sigma_{amm} = 8,13 \cdot 1600 = \mathbf{13008 \text{ Kg}}$$

La lunghezza teorica complessiva dei cordoni di saldatura è:

$$\star = S_{max} / (a \cdot 0,85 \cdot \sigma_{amm}) = 13008 / (0,42 \cdot 0,85 \cdot 1600) = \mathbf{22,77 \text{ cm}}$$

la lunghezza complessiva del cordone in corrispondenza delle ali è:

$$C'_1 = S_{max} \cdot e / (a \cdot h \cdot 0,85 \cdot \sigma_{amm}) = 13008 \cdot 1,93 / (0,42 \cdot 7 \cdot 0,85 \cdot 1600) = \mathbf{6,27 \text{ cm}}$$

la lunghezza complessiva del cordone in corrispondenza dell'angolo del profilato è:

$$C'_2 = \star - C'_1 = \mathbf{16,49 \text{ cm}}$$

la lunghezza minima dei cordoni d'angolo di saldatura deve risultare pari a:

$$l' = 15 \cdot a_1 = 15 \cdot 0,6 = 9 \text{ cm}$$

$$c_1 = l' = 9 \text{ cm}$$

$$c_2 = l' \cdot C_2 / C_1 = 9 \cdot 16,49 / 6,27 = 23,66 \text{ cm}$$

$$\tau = S_{\max} / (a \cdot (c_1 + c_2)) = 13008 / (0,42 \cdot (9 + 23,66)) = 948,29 \text{ kg/cm}^2 \leq 0,85 \cdot 1600 = 1360 \text{ kg/cm}^2$$

verifica di resistenza per la piastra di nodo

$$b' = 2 \cdot c_1 \cdot \tan 30^\circ = 2 \cdot 9 \cdot \tan 30^\circ = 10,39 \text{ cm}$$

$$b'' = 2 \cdot c_2 \cdot \tan 30^\circ = 2 \cdot 23,66 \cdot \tan 30^\circ = 27,32 \text{ cm}$$

lo sforzo delle due saldature sarà:

$$S_1 = c_1 \cdot a \cdot 0,85 \cdot \sigma_{\text{amm}} = 9 \cdot 0,42 \cdot 0,85 \cdot 1600 = 5140,8 \text{ Kg}$$

$$S_2 = c_2 \cdot a \cdot 0,85 \cdot \sigma_{\text{amm}} = 23,66 \cdot 0,42 \cdot 0,85 \cdot 1600 = 13514,592 \text{ Kg}$$

$$\sigma_1 = S_1 / (b' \cdot s) = 5140,8 / (10,39 \cdot 1,5) = 329,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = S_2 / (b'' \cdot s) = 13514,592 / (27,32 \cdot 1,5) = 329,78 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{tot}} = \sigma_1 + \sigma_2 = 329,85 + 329,78 = 659,63 \text{ kg/cm}^2 \leq 1600 \text{ kg/cm}^2$$

- Estradosso

Profilo 100x10

$$\left\{ \begin{array}{l} A = 19,2 \text{ cm}^2 \\ e = 2,82 \text{ cm} \\ h = 10 \text{ cm} \\ a_1 = 1 \text{ cm} \\ a = a_1 / 1,414 = 0,7 \text{ cm} \end{array} \right.$$

Lo sforzo ammissibile per l'asta è:

$$S_{\max} = A \cdot \sigma_{\text{amm}} = 19,2 \cdot 1600 = 30720 \text{ Kg}$$

La lunghezza teorica complessiva dei cordoni di saldatura è:

$$\star = S_{\max} / (a \cdot 0,85 \cdot \sigma_{\text{amm}}) = 30720 / (0,7 \cdot 0,85 \cdot 1600) = 32,26 \text{ cm}$$

la lunghezza complessiva del cordone in corrispondenza delle ali è:

$$C'_1 = S_{\max} \cdot e / (a \cdot h \cdot 0,85 \cdot \sigma_{\text{amm}}) = 30720 \cdot 2,82 / (0,7 \cdot 10 \cdot 0,85 \cdot 1600) = \mathbf{9,09 \text{ cm}}$$

la lunghezza complessiva del cordone in corrispondenza dell'angolo del profilato è:

$$C'_2 = \star - C'_1 = \mathbf{23,16 \text{ cm}}$$

la lunghezza minima dei cordoni d'angolo di saldatura deve risultare pari a:

$$l' = 15 \cdot a_1 = 15 \cdot 0,7 = 10,5 \text{ cm}$$

$$c_1 = l' = \mathbf{10,5 \text{ cm}}$$

$$c_2 = l' \cdot C'_2 / C'_1 = 10,5 \cdot 23,16 / 9,09 = \mathbf{26,75 \text{ cm}}$$

$$\tau = S_{\max} / (a \cdot (c_1 + c_2)) = 30720 / (0,7 \cdot (10,15 + 26,75)) = \mathbf{1178,06 \text{ kg/cm}^2} \leq 0,85 \cdot 1600 = \mathbf{1360 \text{ kg/cm}^2}$$

verifica di resistenza per la piastra di nodo

$$b' = 2 \cdot c_1 \cdot \text{tag}30^\circ = 2 \cdot 10,5 \cdot \text{tag}30^\circ = \mathbf{12,12 \text{ cm}}$$

$$b'' = 2 \cdot c_2 \cdot \text{tag}30^\circ = 2 \cdot 26,75 \cdot \text{tag}30^\circ = \mathbf{30,88 \text{ cm}}$$

lo sforzo delle due saldature sarà:

$$S_1 = c_1 \cdot a \cdot 0,85 \cdot \sigma_{\text{amm}} = 10,5 \cdot 0,7 \cdot 0,85 \cdot 1600 = 9996 \text{ Kg}$$

$$S_2 = c_2 \cdot a \cdot 0,85 \cdot \sigma_{\text{amm}} = 26,75 \cdot 0,7 \cdot 0,85 \cdot 1600 = 25466 \text{ Kg}$$

$$\sigma_1 = S_1 / (b' \cdot s) = 9996 / (12,12 \cdot 1,5) = \mathbf{549,83 \text{ kg/cm}^2}$$

$$\sigma_2 = S_2 / (b'' \cdot s) = 25466 / (30,88 \cdot 1,5) = \mathbf{549,78 \text{ kg/cm}^2}$$

$$\sigma_{\text{tot}} = \sigma_1 + \sigma_2 = 549,83 + 549,78 = \mathbf{1099,61 \text{ kg/cm}^2} \leq \mathbf{1600 \text{ kg/cm}^2}$$

11. Metodo degli “Stati Limiti Ultimo” (SLU)

Il metodo degli stati limite ultimi rappresenta il limite oltre il quale si ha una condizione di pericolo per la resistenza della struttura.

11.1 Azioni di Calcolo

Le azioni agenti sulla struttura si cumulano nel modo più sfavorevole secondo la combinazione:

$$F_d = \gamma_g \cdot G_K + \gamma_p \cdot P_k + \gamma_q \left[Q_{1k} + \sum_{i=2}^{i=n} (\varphi_{oi} \cdot Q_{ik}) \right]$$

dove:

G_k = azioni permanenti

P_k = azioni di presollecitazione

Q_{1k} = azione di base di ogni combinazione

Q_{ik} = azioni variabili tra loro indipendenti

$\gamma_g = 1,5$ (oppure 1 se il suo contributo è a favore della sicurezza)

$\gamma_p = 0,9$ se favorevole; 1,2 se sfavorevole

$\gamma_q = 1,5$ (oppure 0 se il suo contributo è a favore della sicurezza)

$\varphi_{oi} = 0,7$

allora inserendo i miei dati di carico ottengo:

$$F_d = 1,5 \cdot 60 + 0 + 1,5 \cdot 103 = 244,5 \text{ Kg/m}^2 \square 245 \text{ Kg/m}^2$$

11.2 Resistenza di calcolo

Per gli stati limite ultimi si assume

$$f_d = \frac{f_y}{\gamma_m}$$

dove f_y = tensione di snervamento

$\gamma_m = 1$ (coefficiente riduttivo della resistenza del materiale)

Poiché abbiamo utilizzato Fe360 allora $f_d = 210 \text{ N/mm}^2 = 2100 \text{ Kg/cm}^2$

11.3 Verifica degli arcarecci

PESO SCARICANTE SUGLI ARCARECCI

$$q = f_d \cdot b = 245 \cdot 2,3 = 546,35 \text{ Kg/m}$$

sommo il peso proprio dell'arcareccio HE A 120

$$q_{TOT} = 546,35 + 19,9 = 566,25 \approx 570 \text{ Kg/m}$$

$$q_y = q \cdot \cos \alpha = 570 \cdot \cos 20^\circ = 535,62 \text{ Kg/m}$$

$$q_x = q \cdot \sin \alpha = 570 \cdot \sin 20^\circ = 194,95 \text{ Kg/m}$$

$$R = \frac{Q}{2} = q \cdot \frac{l}{2} = \frac{570 \cdot 4}{2} = 1140 \text{ Kg} \cdot m$$

$$M_x = \frac{q_y \cdot l^2}{8} = \frac{535,62 \cdot 16}{8} = 1071,24 \text{ Kg} \cdot m$$

$$M_y = \frac{q_x \cdot l^2}{8} = \frac{194,95 \cdot 16}{8} = 389,9 \text{ Kg} \cdot m$$

verifica di resistenza

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq f_d$$

$$\sigma = \frac{1071,24 \cdot 100}{106_x} + \frac{389,9 \cdot 100}{38} = 2036,65 \text{ Kg/cm}^2 \leq 2100 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{verificata}$$

verifica di deformabilità

$$f_x = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_x l^4}{EJ} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,9495 \cdot 400^4}{2060000 \cdot 231} = 1,36 \text{ cm}$$

$$f_y = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_y l^4}{EJ_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{5,3562 \cdot 400^4}{2060000 \cdot 606} = 1,43 \text{ cm}$$

$$f_y = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 1,97 \text{ cm} \quad \text{verificata}$$

verifica di svergolamento

$$\sigma = \frac{1,4 \cdot 1 \cdot 1071,24 \cdot 100}{1 \cdot 106} + \frac{389,9 \cdot 100}{1 \cdot 38} = 2087,18 \text{ Kg/cm}^2 \leq 2100 \text{ Kg/cm}^2$$

11.4 Verifica della Capriata

Il peso della capriata è:

$$P_c = 20 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \cdot i \cdot l = 20 \cdot 2,1 \cdot 4 = 168 \text{Kg}$$

troviamo tutte le reazioni agenti sulla capriata:

$$R' = 1140 \text{Kg} \quad Q = q \cdot l = 2280 \text{kg}$$

$$T = 570 + 168 = 738 \text{Kg} \quad P = 1140 + 168 = 1308 \text{Kg}$$

$$S = 2 \cdot 570 + 168 = 1308 \text{Kg} \quad V = 2 \cdot 1140 + 168 = 2448 \text{Kg}$$

$$R = 4 \cdot V + 2 \cdot S = 12408 \text{Kg}$$

Si trovano ora gli sforzi nelle aste applicando uno dei due metodi già visti.

ASTA	SFORZO	TIPO	
N_{1,2}	32454	TESA	Intradosso
N_{1,3}	30497	PUNTONE	Estradosso
N_{2,3}	0	SCARICA	Montante
N_{2,4}	30497	TESA	Intradosso
N_{3,4}	3579	PUNTONE	Diagonale
N_{3,5}	28875	PUNTONE	Estradosso
N_{4,5}	1224	TESA	Montante
N_{4,6}	27134	TESA	Intradosso
N_{5,6}	3822	PUNTONE	Diagonale
N_{5,7}	25543	PUNTONE	Estradosso
N_{6,7}	2192	TESA	Montante
N_{6,8}	24003	TESA	Intradosso
N_{7,8}	4736	PUNTONE	Diagonale
N_{7,9}	22106	PUNTONE	Estradosso
N_{8,9}	3464	TESA	Montante
N_{8,10}	20773	TESA	Intradosso
N_{9,10}	5751	PUNTONE	Diagonale
N_{9,11}	18596	PUNTONE	Estradosso
N_{10,11}	9422	TESA	Montante

11.5 Verifica delle aste tese

Intradosso

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq f_d \qquad \sigma = \frac{32454}{16,26} = 1995,94 \text{ Kg/cm}^2 \leq 2100 \text{ Kg/cm}^2$$

Montanti

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq f_d \qquad \sigma = \frac{9422}{5,56} = 1694,6 \text{ Kg/cm}^2 \leq 2100 \text{ Kg/cm}^2$$

11.6 Verifica delle aste compresseDiagonali

$$\sigma = \omega \frac{N}{A} \leq f_d$$
$$\sigma = \frac{3,85 \cdot 5751}{13,8} = 1604,4 \text{ Kg/cm}^2 \leq 2100 \text{ Kg/cm}^2$$

Estradosso

$$\sigma = \omega \frac{N}{A} \leq f_d$$
$$\sigma = \frac{1,52 \cdot 30497}{38,4} = 1207,1 \text{ Kg/cm}^2 \leq 2100 \text{ Kg/cm}^2$$
$$\sigma_{\perp} = \frac{1,92 \cdot 30497}{38,4} = 1524,85 \text{ Kg/cm}^2 \leq 2100 \text{ Kg/cm}^2$$

11.7 Verifica delle unioni bullonate

Per le viti di tipo 8.8 usate si ha:

$$f_d = 5600 \text{ Kg/cm}^2$$

Estradosso

$$S_{\max} = A_{\text{netta}} \cdot f_{d_{Fe360}} = 33,3 \cdot 2100 = 69930 \text{ Kg}$$

$$S_1 = \frac{S_{\max}}{5} = 13986 \text{ Kg}$$

$$M = S_{\max} \cdot c = S_{\max} \cdot \left(\frac{l}{2} - e \right) = 69930(5 - 2,82) = 152447,4 \text{ Kg} \cdot \text{cm}$$

$$T_1 = 3049,94 \text{ Kg}$$

$$T = \sqrt{S_1^2 + T_1^2} = 14314,47 \text{ Kg}$$

$$\tau = 1401,44 \text{ Kg/cm}^2 \leq 3960 \text{ Kg/cm}^2$$

rifollamento

$$\sigma_{rif} = \frac{T}{d \cdot s} \leq \alpha \cdot f_d$$

$$\sigma_{rif} = \frac{14314,47}{2,55 \cdot 1,5} = 3742 \text{ Kg/cm}^2 \leq 2,5 \cdot 2100 = 5240 \text{ Kg/cm}^2$$

piastra

$$\sigma = \frac{S_{\max}}{b \cdot s} = \frac{69930}{28,1 \cdot 1,5} = 1659 \text{ Kg/cm}^2 \leq 2100 \text{ Kg/cm}^2$$

Montanti

$$S_{\max} = A_{\text{netta}} \cdot f_{d_{Fe360}} = 4,26 \cdot 2100 = 8946 \text{Kg}$$

$$S_1 = \frac{S_{\max}}{3} = 2982 \text{Kg}$$

$$M = S_{\max} \cdot c = S_{\max} \cdot \left(\frac{l}{2} - e \right) = 5206,57 \text{Kg} \cdot \text{cm}$$

$$T_1 = 520,65 \text{Kg}$$

$$T = \sqrt{S_1^2 + T_1^2} = 3027,11 \text{Kg}$$

$$\tau = 1338,27 \text{Kg/cm}^2 \leq 3960 \text{Kg/cm}^2$$

$$\text{rifollamento} \quad \sigma_{\text{rif}} = 2522,59 \text{Kg/cm}^2 \leq 2,5 \cdot 2100 = 5240 \text{Kg/cm}^2$$

$$\text{piastra} \quad \sigma = 516,81 \text{Kg/cm}^2 \leq 2100 \text{Kg/cm}^2$$

Diagonali

$$S_{\max} = A_{\text{netta}} \cdot f_{d_{Fe360}} = 5,88 \cdot 2100 = 12348 \text{Kg}$$

$$S_1 = \frac{S_{\max}}{3} = 4116 \text{Kg}$$

$$M = S_{\max} \cdot c = S_{\max} \cdot \left(\frac{l}{2} - e \right) = 16175,88 \text{Kg} \cdot \text{cm}$$

$$T_1 = 1617,58 \text{Kg}$$

$$T = \sqrt{S_1^2 + T_1^2} = 4422,44 \text{Kg}$$

$$\tau = 1099,77 \text{Kg/cm}^2 \leq 3960 \text{Kg/cm}^2$$

$$\text{rifollamento} \quad \sigma_{\text{rif}} = 4606 \text{Kg/cm}^2 \leq 2,5 \cdot 2100 = 5240 \text{Kg/cm}^2$$

$$\text{piastra} \quad \sigma = 713,34 \text{Kg/cm}^2 \leq 2100 \text{Kg/cm}^2$$

Intradosso

$$S_{\max} = A_{\text{netta}} \cdot f_{d_{Fe360}} = 29862 \text{ Kg}$$

$$S_1 = \frac{S_{\max}}{3} = 7465,5 \text{ Kg}$$

$$M = S_{\max} \cdot c = S_{\max} \cdot \left(\frac{l}{2} - e \right) = 46883,34 \text{ Kg} \cdot \text{cm}$$

$$T_1 = 2813 \text{ Kg}$$

$$T = \sqrt{S_1^2 + T_1^2} = 7977,88 \text{ Kg}$$

$$\tau = 1983,71 \text{ Kg/cm}^2 \leq 3960 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{rifollamento} \quad \sigma_{\text{rif}} = 4155,14 \text{ Kg/cm}^2 \leq 2,5 \cdot 2100 = 5240 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{piastra} \quad \sigma = 1637,17 \text{ Kg/cm}^2 \leq 2100 \text{ Kg/cm}^2$$

11.8 Verifica delle saldature

Diagonali

$$S_{\max} = 6,91 \cdot 2100 = 14511 \text{ Kg}$$

$$S = \frac{14511}{0,42 \cdot 0,85 \cdot 2100} = 19,35 \text{ cm}$$

$$c_1 = 5,45 \text{ cm}$$

$$\tau = \frac{14511}{0,42 \cdot (9 + 22,95)} = 1081,37 \text{ Kg/cm}^2 \leq 0,85 \cdot 2100 = 1785 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S_1 = 6747,3 \text{ Kg} \quad S_2 = 17205,61 \text{ Kg}$$

$$\sigma_1 = 432,93 \text{ Kg/cm}^2 \quad \sigma_2 = 432,84 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{tot}} = 865,77 \text{ Kg/cm}^2 \leq 2100 \text{ Kg/cm}^2$$

Montanti

$$S_{\max} = 5838Kg$$

$$\tau = 678,87 \frac{Kg}{cm^2} \leq 0,85 \cdot 2100 = 1785 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$S_1 = 4685,62Kg \quad S_2 = 10664,48Kg$$

$$\sigma_1 = 360,7 \frac{Kg}{cm^2} \quad \sigma_2 = 348 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$\sigma_{tot} = 708,7 \frac{Kg}{cm^2} \leq 2100 \frac{Kg}{cm^2}$$

Intradosso

$$S_{\max} = 17073Kg$$

$$\tau = 1244,6 \frac{Kg}{cm^2} \leq 0,85 \cdot 2100 = 1785 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$S_1 = 6747,3Kg \quad S_2 = 17737,9Kg$$

$$\sigma_1 = 432,93 \frac{Kg}{cm^2} \quad \sigma_2 = 432,84 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$\sigma_{tot} = 865,77 \frac{Kg}{cm^2} \leq 2100 \frac{Kg}{cm^2}$$

Estradosso

$$S_{\max} = 40320Kg$$

$$\tau = 1560,09 \frac{Kg}{cm^2} \leq 0,85 \cdot 2100 = 1785 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$S_1 = 13119,75Kg \quad S_2 = 33424,12Kg$$

$$\sigma_1 = 721,65 \frac{Kg}{cm^2} \quad \sigma_2 = 721,59 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$\sigma_{tot} = 1443,24 \frac{Kg}{cm^2} \leq 2100 \frac{Kg}{cm^2}$$

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BOLOGNA FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Tecnica delle Costruzioni L

Anno Accademico 2003 - 2004

Docente: Prof. Ing. Ceccoli
Tutor: Ing. G. Gasparini
Studenti: Lerose Salvino (0000126539)

● TAV.1: Capriata

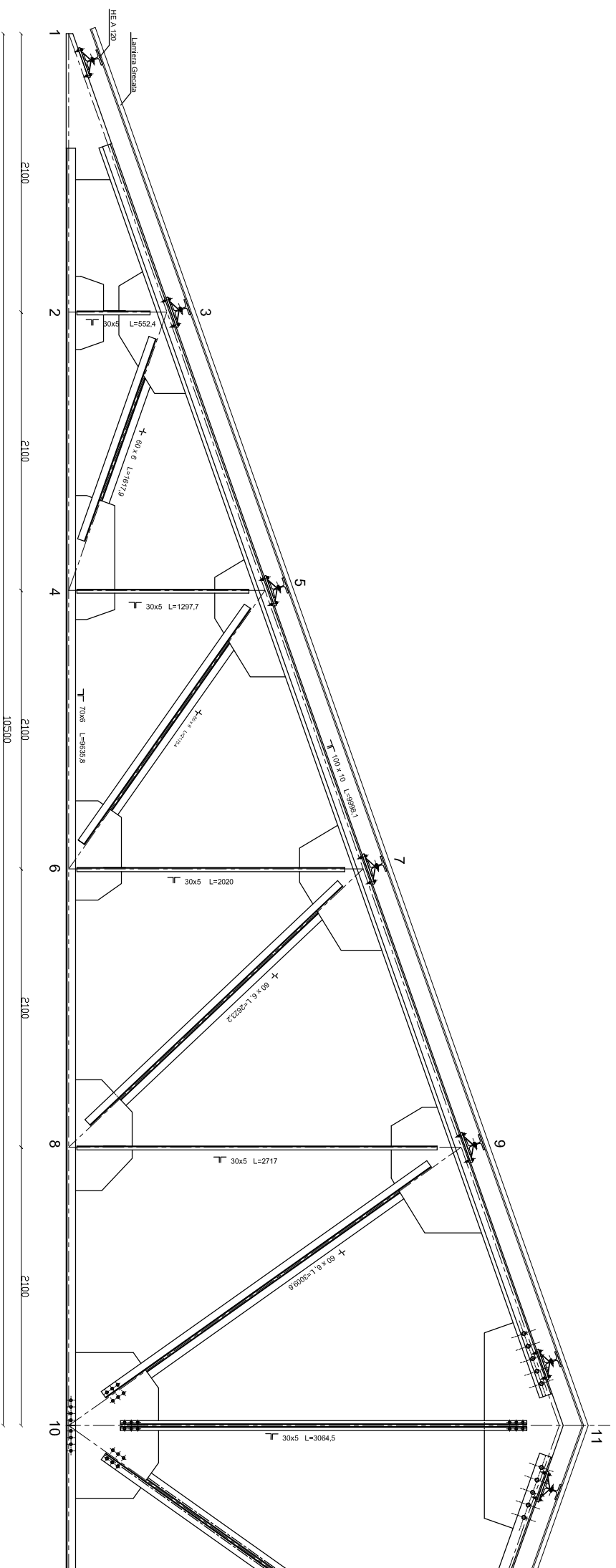
TAV.

1

MATERIALI
-Profili e piastre acciaio Fe 360
-Bulloni di classe 8.8

SCALA 1:20

Elaborati stampati presso il DISTAFI - Scienza delle Costruzioni
Laboratorio di Meccanica Computazionale (LAMEC)
www.lamec.ing.unibo.it
Aino Mater - Studiorum - Università di Bologna



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BOLOGNA
FACOLTA' DI INGEGNERIA**

Corso di Tecnica delle Costruzioni L

Anno Accademico 2003 - 2004

Docente: Prof. Ing. Ceccoli
Tutor: Ing. G. Gasparini
Studenti: Lerosé Salvino (0000126539)

● TAV.2: Particolare NODO 11

TAV.

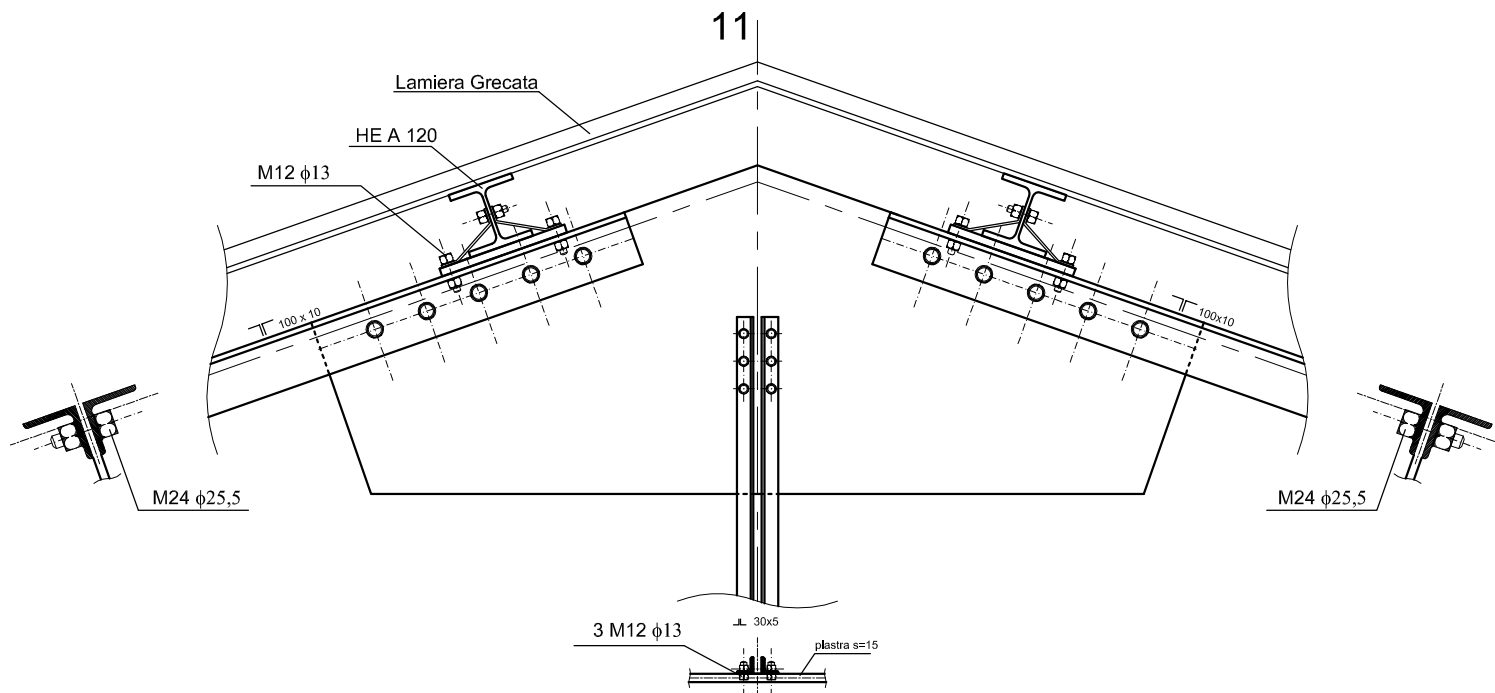
2

MATERIALI

-Profili e piastre acciaio Fe 360
-Bulloni di classe 8.8

SCALA 1:5

Elaborati stampati presso il DISTART - Scienza delle Costruzioni
Laboratorio di Meccanica Computazionale (L.M.C.)
www.lanc.ing.unibo.it
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BOLOGNA
FACOLTA' DI INGEGNERIA**

Corso di Tecnica delle Costruzioni L

Anno Accademico 2003 - 2004

Docente: Prof. Ing. Ceccoli
Tutor: Ing. G. Gasparini
Studenti: Lerosé Salvino (0000126539)

● TAV.2: Particolare NODO 10

TAV.

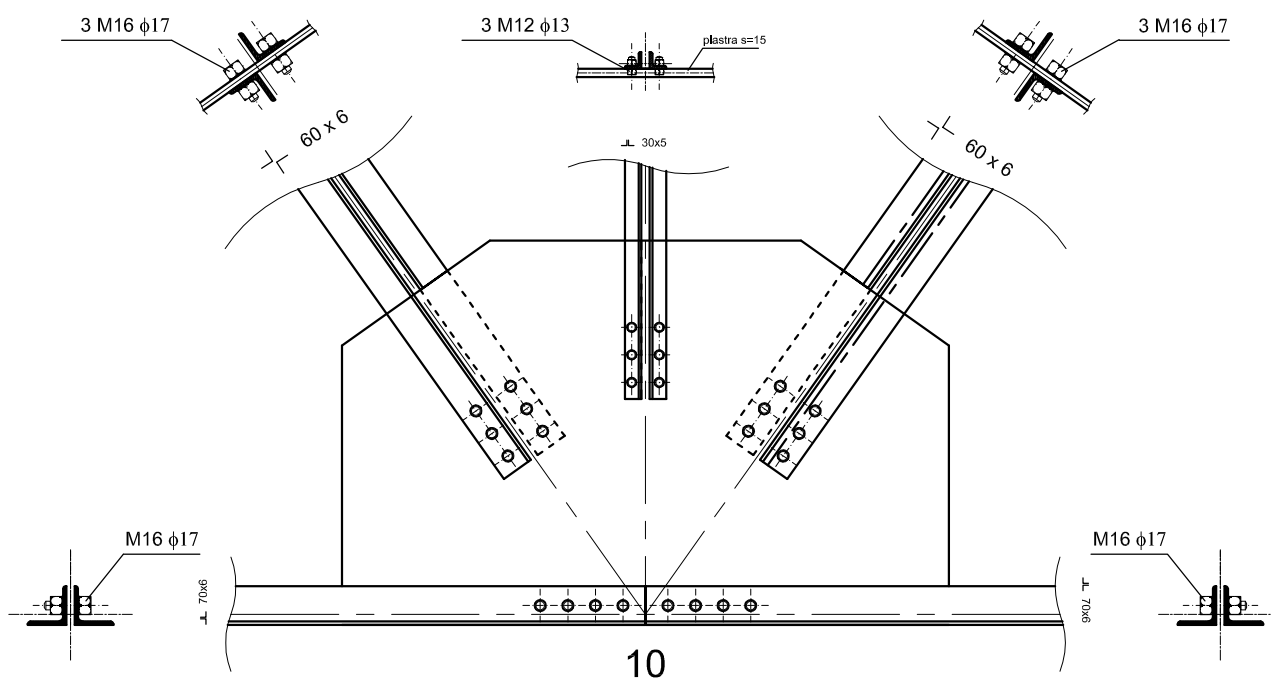
3

MATERIALI

-Profili e piastre acciaio Fe 360
-Bulloni di classe 8.8

SCALA 1:5

Elaborati stampati presso il DISTART - Scienza delle Costruzioni
Laboratorio di Meccanica Computazionale (L.M.C.)
www.lanc.ing.unibo.it
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BOLOGNA
FACOLTA' DI INGEGNERIA**

Corso di Tecnica delle Costruzioni L

Anno Accademico 2003 - 2004

Docente: Prof. Ing. Ceccoli
Tutor: Ing. G. Gasparini
Studenti: Lerosé Salvino (0000126539)

● TAV.4: Particolare NODO 1

TAV.

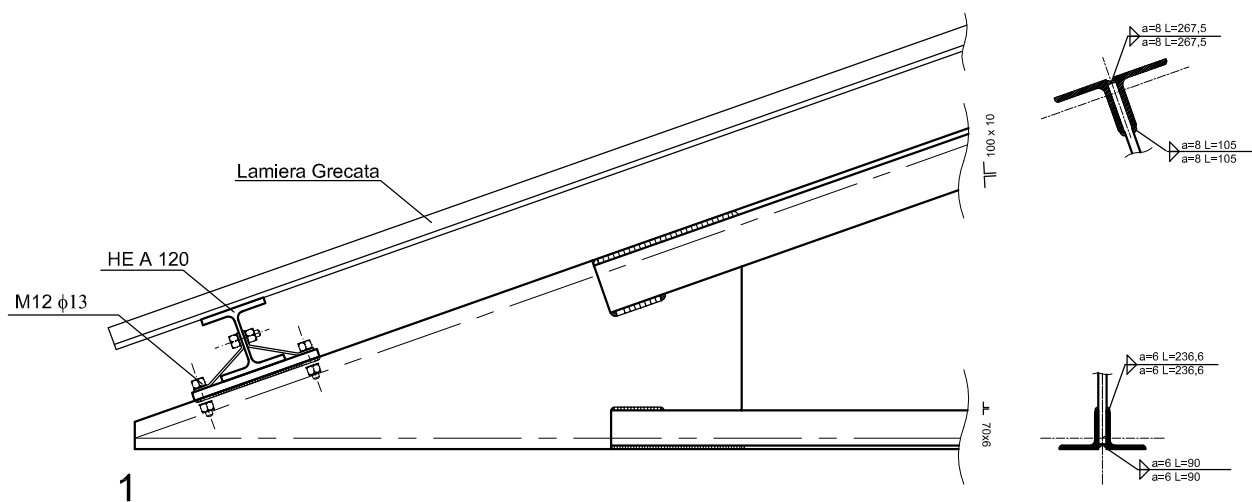
4

MATERIALI

-Profili e piastre acciaio Fe 360
-Bulloni di classe 8.8

SCALA 1:5

Elaborati stampati presso il DISTART - Scienza delle Costruzioni
Laboratorio di Meccanica Computazionale (L.M.C.)
www.lanc.ing.unibo.it
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna



**UNIVERSITA' DEGLI
STUDI DI BOLOGNA
FACOLTA' DI
INGEGNERIA**

Corso di Tecnica delle Costruzioni L

Anno Accademico 2003 - 2004

Docente: Prof. Ing. Ceccoli
Tutor: Ing. G. Gasparini
Studenti: Lerose Salvino (0000126539)

● TAV.2: Particolare NODO 3

TAV.

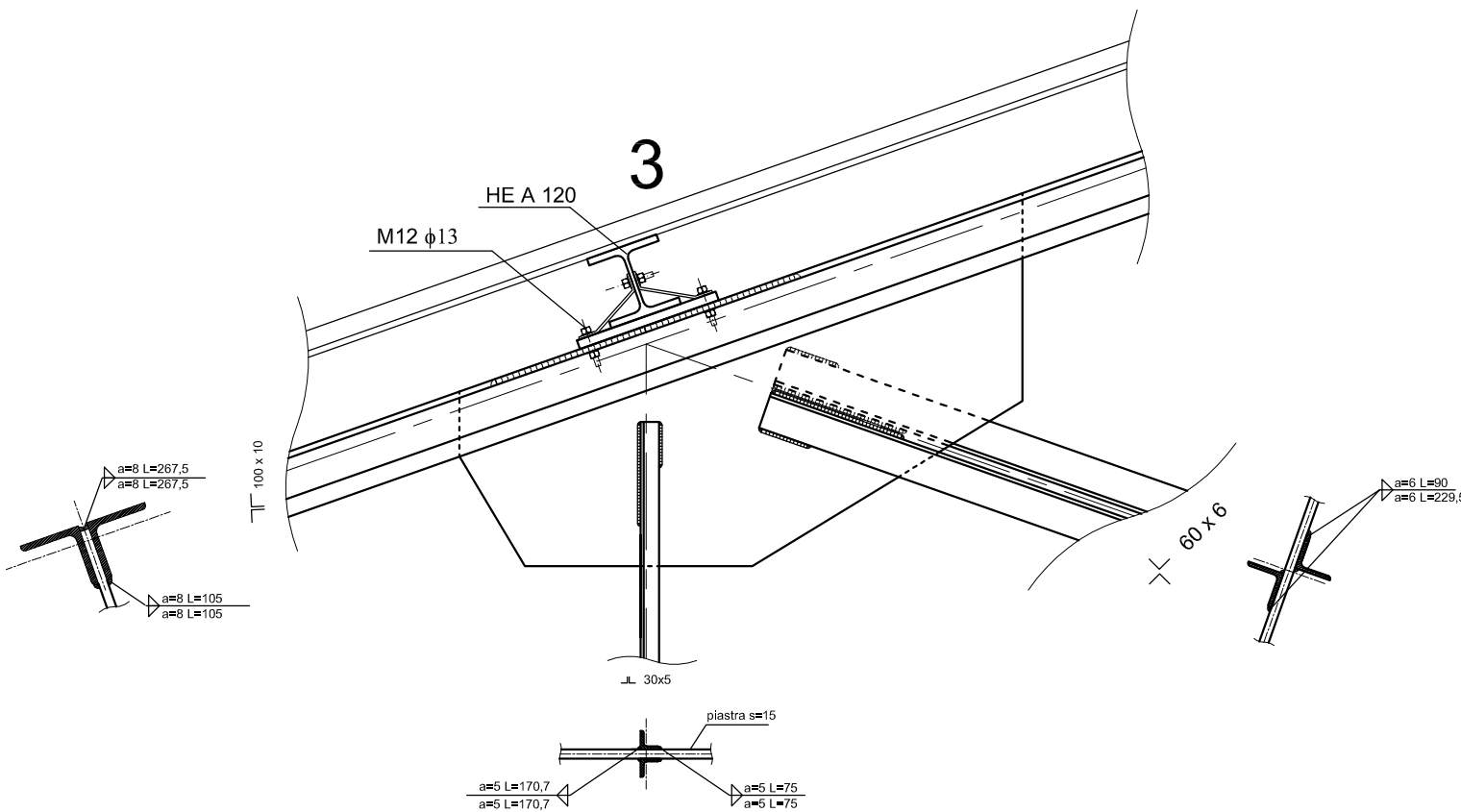
MATERIALI

- Profili e piastre acciaio Fe 360
- Bulloni di classe 8.8

5

SCALA 1:5

Elaborati stampati presso il DISTART - Scienza delle Costruzioni
Laboratorio di Meccanica Computazionale (LAMC)
www.lamc.unibo.it
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna



**UNIVERSITA' DEGLI
STUDI DI BOLOGNA
FACOLTA' DI
INGEGNERIA**

Corso di Tecnica delle Costruzioni L

Anno Accademico 2003 - 2004

Docente: Prof. Ing. Ceccoli
Tutor: Ing. G. Gasparini
Studenti: Lerose Salvino (0000126539)

● TAV.2: Particolare NODO 2

TAV.

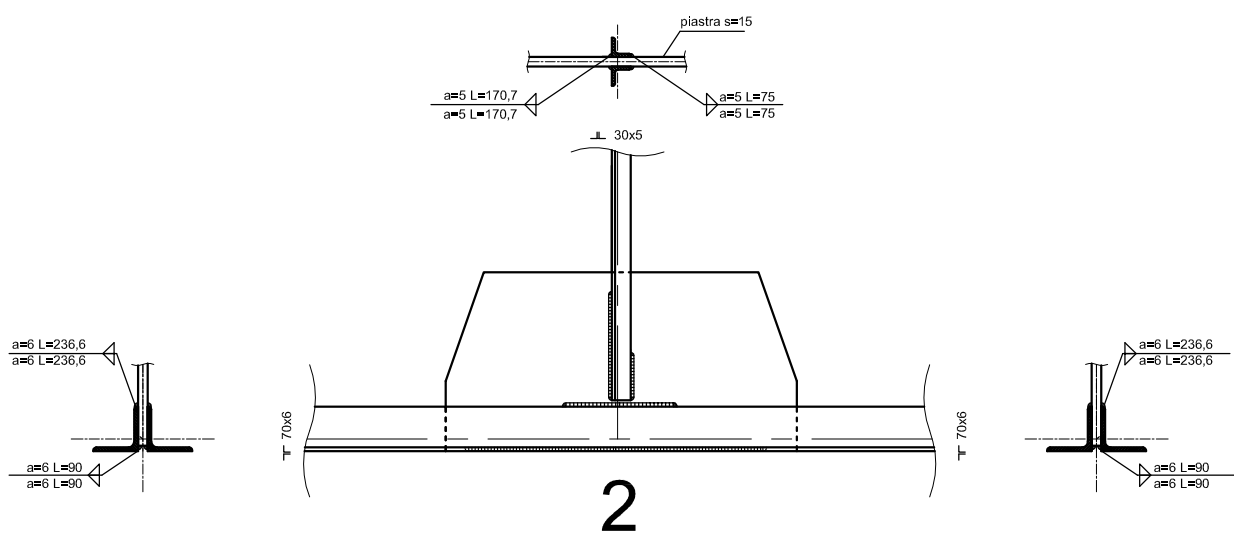
MATERIALI

- Profili e piastre acciaio Fe 360
- Bulloni di classe 8.8

6

SCALA 1:5

Elaborati stampati presso il DISTART - Scienza delle Costruzioni
Laboratorio di Meccanica Computazionale (LAMC)
www.lamc.unibo.it
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna



**UNIVERSITA' DEGLI
STUDI DI BOLOGNA
FACOLTA' DI
INGEGNERIA**

Corso di Tecnica delle Costruzioni L

Anno Accademico 2003 - 2004

Docente: Prof. Ing. Ceccoli
Tutor: Ing. G. Gasparini
Studenti: Lerose Salvino (0000126539)

● TAV.2: Particolare NODO 8

TAV.

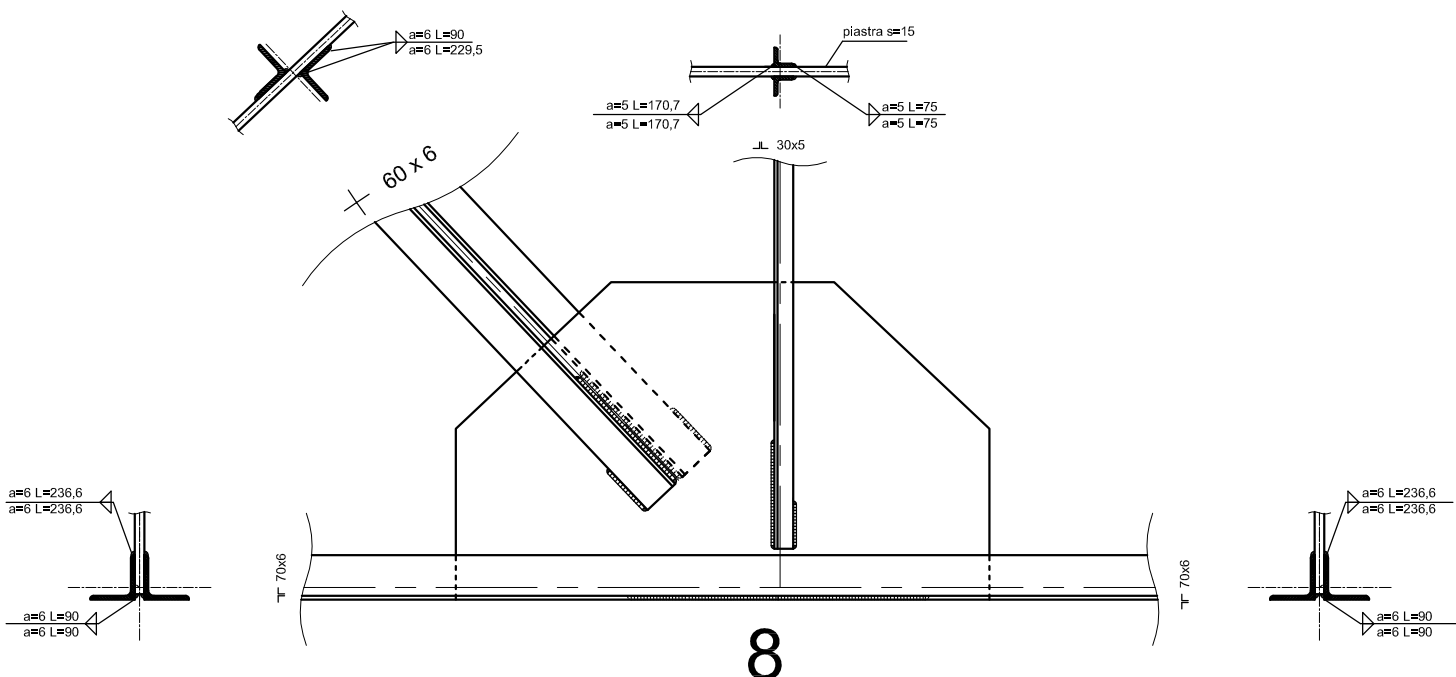
MATERIALI

- Profili e piastre acciaio Fe 360
- Bulloni di classe 8.8

7

SCALA 1:5

Elaborati stampati presso il DISTART - Scienza delle Costruzioni
Laboratorio di Meccanica Computazionale (LAMC)
www.lamc.unibo.it
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna



**UNIVERSITA' DEGLI
STUDI DI BOLOGNA
FACOLTA' DI
INGEGNERIA**

Corso di Tecnica delle Costruzioni L

Anno Accademico 2003 - 2004

Docente: Prof. Ing. Ceccoli
Tutor: Ing. G. Gasparini
Studenti: Lerose Salvino (0000126539)

● TAV.6: Particolare Piastre 1-5

TAV.

8.A

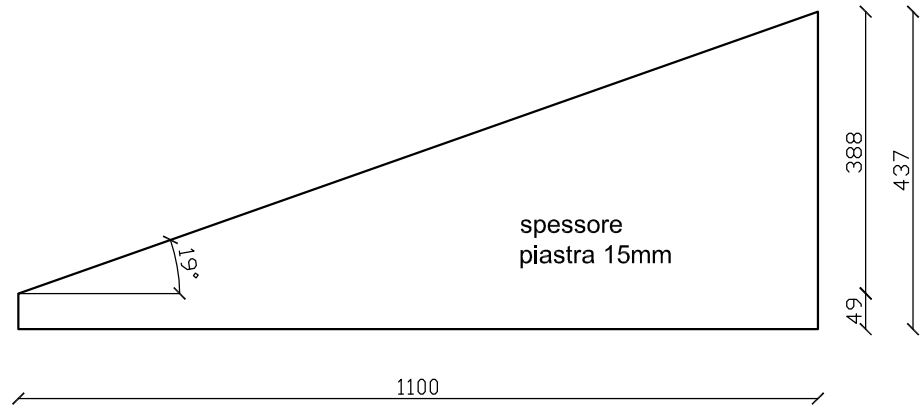
MATERIALI

- Profili e piastre acciaio Fe 360
- Bulloni di classe 8.8

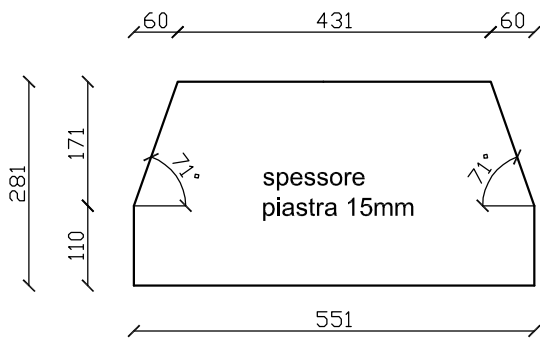
SCALA 1:5

Elaborati stampati presso il DISTART - Scienza delle Costruzioni
Laboratorio di Meccanica Computazionale (LAMC)
www.lamc.ing.unibo.it
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

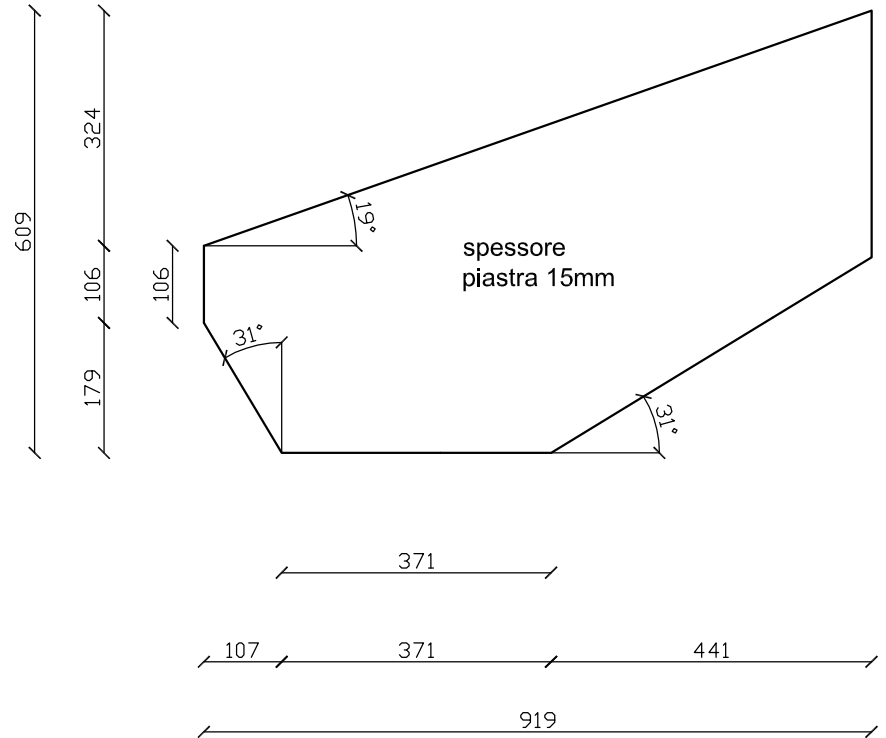
PIASTRA NODO 1



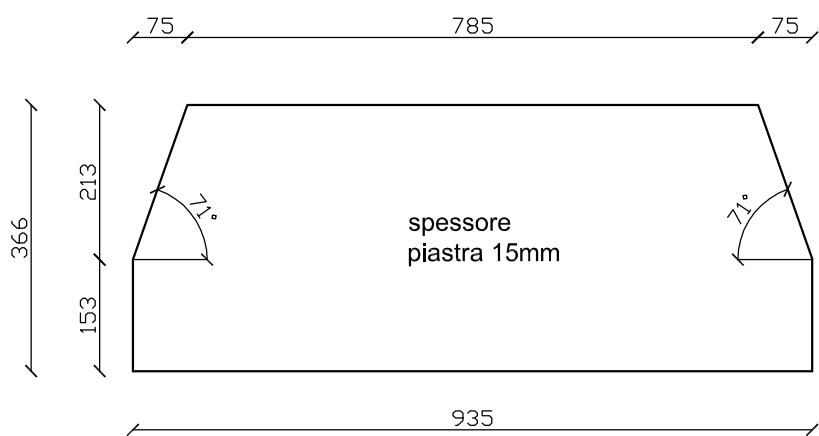
PIASTRA NODO 2



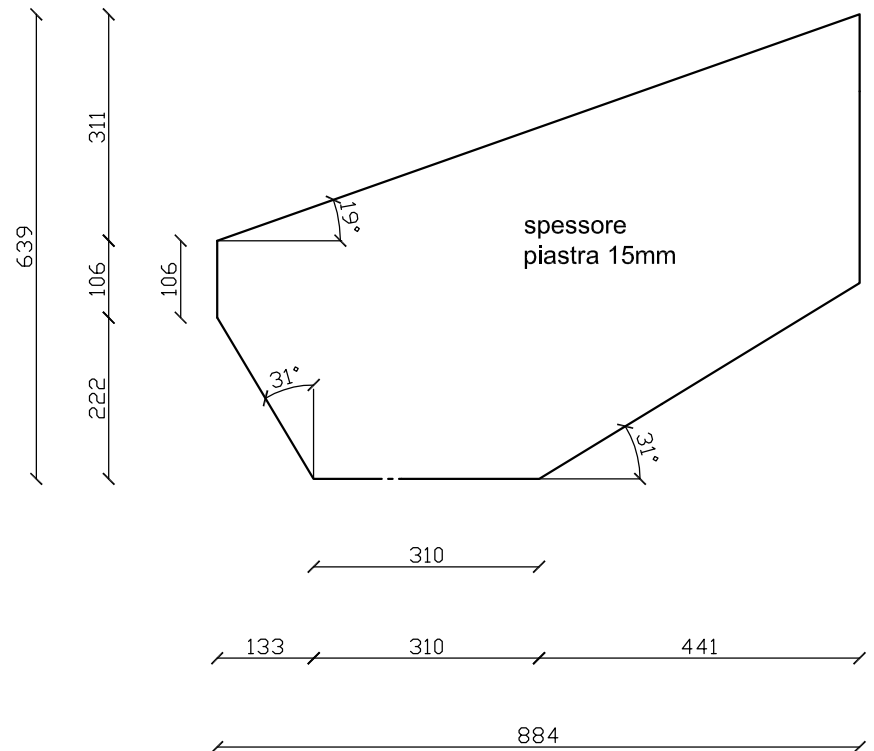
PIASTRA NODO 3



PIASTRA NODO 4



PIASTRA NODO 5



**UNIVERSITA' DEGLI
STUDI DI BOLOGNA
FACOLTA' DI
INGEGNERIA**

Corso di Tecnica delle Costruzioni L

Anno Accademico 2003 - 2004

Docente: Prof. Ing. Ceccoli
Tutor: Ing. G. Gasparini
Studenti: Lerose Salvino (0000126539)

● TAV.6: Particolare Piastre 6-11

TAV.

MATERIALI

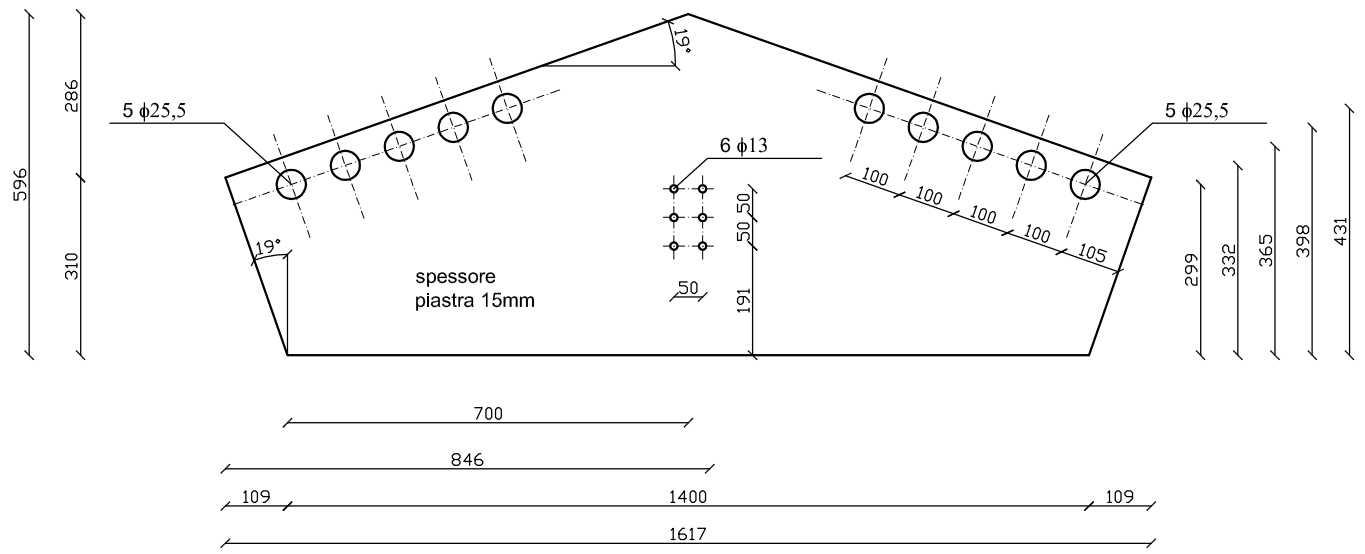
- Profili e piastre acciaio Fe 360
- Bulloni di classe 8.8

8.B

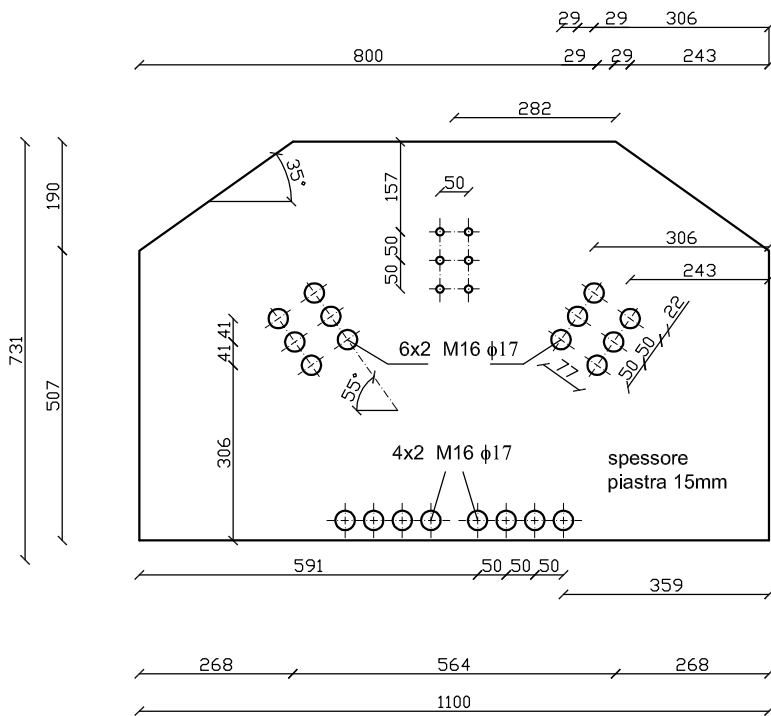
SCALA 1:5

Elaborati stampati presso il DISTART - Scienza delle Costruzioni
Laboratorio di Meccanica Computazionale (LAMC)
www.lamc.unibo.it
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

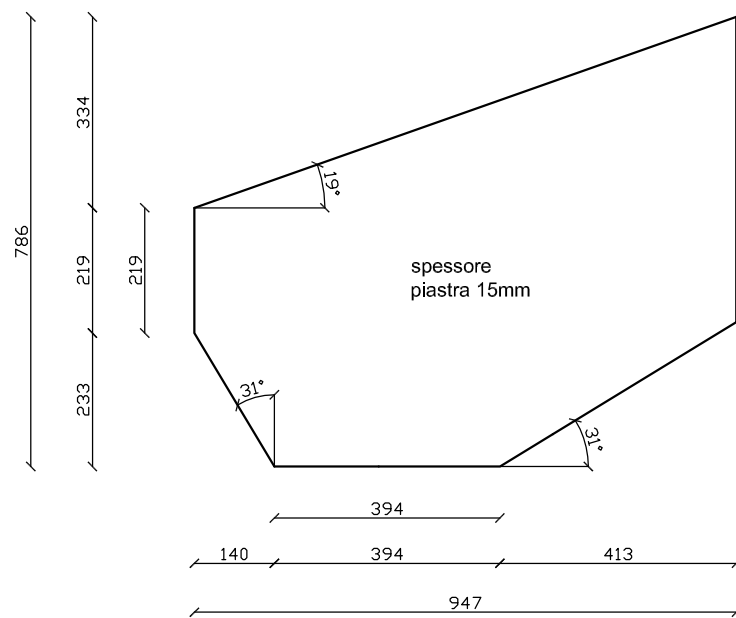
PIASTRA NODO 11



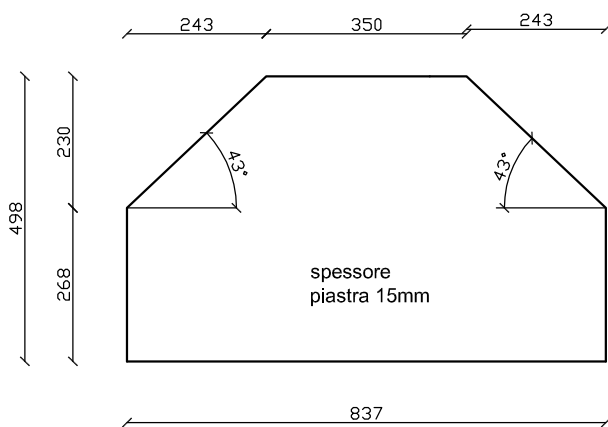
PIASTRA NODO 10



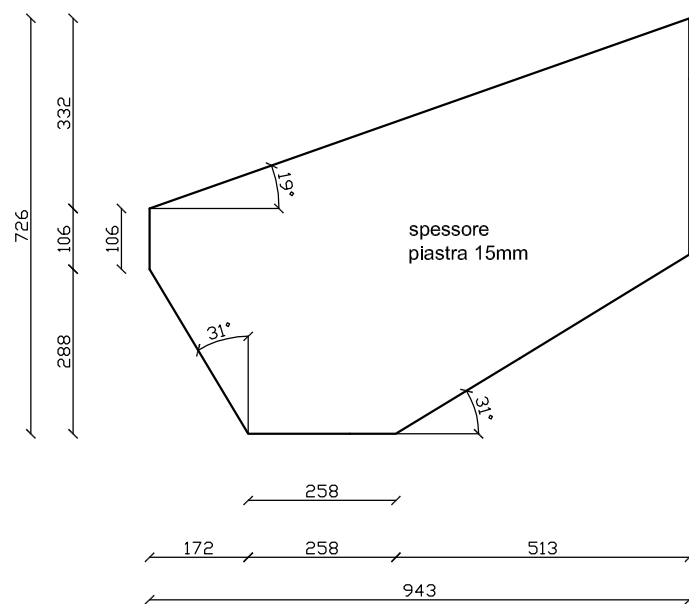
PIASTRA NODO 9



PIASTRA NODO 8



PIASTRA NODO 7



PIASTRA NODO 6

