

giuliano curti architetto

Spettabile  
EMISSIONIZERO  
p.za Sant'Agostino 24  
20123 Milano

Melegnano, 5 luglio 2003

Prot.: cEZ-1

Lavoro: Verifica statica di una tettoia in bamboo

Luogo: Comune di Vergiate (Provincia di Varese)

Oggetto: Relazione sulle calcolazioni statiche

## Contents

<b>1</b>	<b>Premessa</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Avvertenze</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Calcolazioni eseguite</b>	<b>6</b>
3.1	Modello geometrico . . . . .	6
3.2	Azioni considerate . . . . .	7
3.2.1	Calcolo 1 . . . . .	7
3.2.2	Calcolo 2 . . . . .	23
3.2.3	Calcolo 3 . . . . .	40
3.2.4	Calcolo 4 . . . . .	57
3.3	Risultati . . . . .	66
3.3.1	caratteristiche geometriche . . . . .	66
3.3.2	valori tensionali . . . . .	66
<b>4</b>	<b>Comportamento al fuoco</b>	<b>67</b>
<b>5</b>	<b>Riferimenti</b>	<b>67</b>

## List of Figures

1	schema quotato . . . . .	4
2	modello geometrico di calcolo . . . . .	6
3	calcolo 1: azioni e reazioni . . . . .	8
4	calcolo 1: deformata . . . . .	9
5	calcolo 1: forza assiale nella catena . . . . .	10
6	calcolo 1: forza assiale nelle colonne . . . . .	11
7	calcolo 1: forza assiale nei contrafforti . . . . .	12
8	calcolo 1: forza assiale nei puntoni . . . . .	13
9	calcolo 1: forza assiale nei diagonali n. 1 . . . . .	14
10	calcolo 1: forza assiale nei diagonali n. 3 . . . . .	15
11	calcolo 1: forza assiale nelle travi di copertura n. 1 . . . . .	16

12	calcolo 1: flessione nelle travi di copertura n. 1 . . . . .	17
13	calcolo 1: forza assiale nelle travi di copertura n. 2 . . . . .	18
14	calcolo 1: flessione nelle travi di copertura n. 2 . . . . .	19
15	calcolo 1: forza assiale nelle travi di copertura n. 3 . . . . .	20
16	calcolo 1: flessione nelle travi di copertura n. 3 . . . . .	21
17	calcolo 1: flessione nelle travi longitudinali . . . . .	22
18	calcolo 1: riepilogo delle sollecitazioni e delle tensioni nelle aste .	23
19	calcolo 2: azioni e reazioni . . . . .	24
20	calcolo 2: deformata . . . . .	26
21	calcolo 2: forza assiale nella catena . . . . .	27
22	calcolo 2: forza assiale nelle colonne . . . . .	27
23	calcolo 2: forza assiale nei puntoni . . . . .	28
24	calcolo 2: forza assiale nei contrafforti . . . . .	30
25	calcolo 2: forza assiale nei diagonali n. 1 . . . . .	31
26	calcolo 2: forza assiale nei diagonali n. 2 . . . . .	32
27	calcolo 2: forza assiale nei diagonali n. 3 . . . . .	33
28	calcolo 2: forza assiale nelle travi di copertura n. 1 . . . . .	33
29	calcolo 2: flessione nelle travi di copertura n. 1 . . . . .	35
30	calcolo 2: forza assiale nelle travi di copertura n. 2 . . . . .	36
31	calcolo 2: flessione nelle travi di copertura n. 2 . . . . .	37
32	calcolo 2: forza assiale nelle travi di copertura n. 3 . . . . .	38
33	calcolo 2: flessione nelle travi di copertura n. 3 . . . . .	38
34	calcolo 2: flessione nelle travi longitudinali . . . . .	39
35	calcolo 2: riepilogo delle sollecitazioni e delle tensioni nelle aste .	40
36	calcolo 3: azioni e reazioni . . . . .	41
37	calcolo 3: deformata . . . . .	42
38	calcolo 3: forza assiale nella catena . . . . .	43
39	calcolo 3: forza assiale nelle colonne . . . . .	44
40	calcolo 3: forza assiale nei puntoni . . . . .	45
41	calcolo 3: forza assiale nei contrafforti . . . . .	46
42	calcolo 3: forza assiale nei diagonali n.1 . . . . .	47
43	calcolo 3: forza assiale nei diagonali n. 2 . . . . .	48
44	calcolo 3: forza assiale nei diagonali n. 3 . . . . .	49
45	calcolo 3: forza assiale nelle travi copertura n.1 . . . . .	50
46	calcolo 3: flessione nelle travi di copertura n. 1 . . . . .	51
47	calcolo 3: forza assiale nelle travi di copertura n. 2 . . . . .	52
48	calcolo 3: flessione nelle travi di copertura n. 2 . . . . .	53
49	calcolo 3: forza assiale nelle travi di copertura n. 3 . . . . .	54
50	calcolo 3: flessione nelle travi di copertura n. 3 . . . . .	55
51	calcolo 3: flessione nelle travi longitudinali . . . . .	56
52	calcolo 3: riepilogo delle sollecitazioni e delle tensioni nelle aste .	57
53	calcolo 4: modello geometrico . . . . .	58
54	calcolo 4: azioni e reazioni . . . . .	59
55	calcolo 4: deformata . . . . .	60
56	calcolo 4: forza assiale nelle colonne . . . . .	61
57	calcolo 4: forza assiale nei contrafforti . . . . .	62

58	calcolo 4: forza assiale nei diagonali n. 2 . . . . .	63
59	calcolo 4: forza assiale nella trave longitudinale . . . . .	64
60	calcolo 4: flessione nella trave longitudinale . . . . .	65
61	calcolo 4: riepilogo delle sollecitazioni e delle tensioni nelle aste .	66

## 1 Premessa

L'Associazione EMISSIONIZERO con sede in p.zza Sant'Agostino 24, 20123 Milano, rappresentata dalla Dott.ssa Valeria Chioetto, ha edificato per conto dell'Amministrazione Comunale di Vergiate (Va), una copertura con struttura in bamboo (*Guadua angustifolia*) per la realizzazione di un'area coperta da adibire a spazio per usi civici (balli e manifestazioni popolari).

La struttura è stata concepita a livello morfologico dall'architetto Simon Velez (Colombia) ed è stata realizzata sotto la guida del Direttore dei Lavori, architetto Neri Braulin.

In fase di consegna del manufatto all'Amministrazione committente, l'Associazione EMISSIONIZERO ha incaricato il sottoscritto Professionista di dare corso alle verifiche statiche e ha dato mandato allo studio De Miranda di Milano per l'espletamento del collaudo statico.

La copertura ha una conformazione planimetrica rettangolare, ottenuta dall'accostamento di tre corpi di fabbrica indipendenti, di differente altezza.

I tre corpi di fabbrica presentano la medesima struttura di tipo reticolare iperstatica costituita essenzialmente da portali a tre cerniere, a spinta eliminata, sui quali sono collocate le travi di copertura, adagate su bielle inclinate. Il portale ha luce di m 10.00 e presenta alle estremità due sbalzi di poco superiori ai m 3.00 per un ingombro trasversale di circa m 16.00.

Il corpo centrale presenta una altezza variabile da m 4.50 in gronda ai circa m 7.00 in colmo; i due corpi esterni hanno altezze ridotte di m 1.00 rispetto a quello centrale.

Le dimensioni globali, fornite dalla Committente Associazione e impiegate per le calcolazioni di seguito illustrate, sono contenute nella seguente figura.



## 2 Avvertenze

Gli elementi componenti la struttura in esame, a causa della loro provenienza naturale, presentano un alto grado di variabilità che si traduce in un elevato livello di incertezza per molti dei parametri di calcolo; in particolare:

- le dimensioni geometriche globali (fornite dal Committente) sono, al di là di tolleranze usuali, quelle reali dell'opera;
- le dimensioni geometriche locali (fornite dal Committente) sono quelle medie dell'asta, trascurando l'andamento conico; lo spessore della corona è assunto pari ad 1/10 del diametro esterno, in conformità alla letteratura tecnica
- le proprietà meccaniche del bamboo, in assenza di prove di qualificazione, sono assunte sulla base degli studi pubblicati, in particolare lo studio di Janssen (1981); il riepilogo delle proprietà è contenuto nel presente prospetto:

qualità	Guadua Angustifolia	[Colombia]
peso specifico	600 kg/m <sup>3</sup>	
modulo elastico (flessione)	17800 MPa	Lindemann 2.1
resistenza a breve termine		
compressione ultima	56.40 MPa	Janssen pag. 108
flessione ultima	84.00 MPa	Janssen pag. 227
tens.tangenziale	12.72 MPa	Janssen pag. 138
resistenza a lungo termine		
compressione ultima	31.02 MPa	Janssen pagg. 119-207
flessione ultima	46.20 MPa	Janssen pagg. 119-207
compressione ammissibile	7.90 MPa	Janssen pag. 233
flessione ammissibile	11.76 MPa	Janssen pag. 233

- non sono disponibili informazioni dettagliate sul giunto impiegato, che per quanto citato in letteratura, non è stato fatto oggetto di una estesa campagna di studio; ritengo si debbano prevedere assestamenti anelastici analoghi a quelli osservati da Janssen su altri tipi di giunti; assestamenti significativi che, uniti alle deformazioni elastiche ritardate, portano a sensibili spostamenti a lungo periodo;
- i giunti presentano, a causa di difficoltà operative, sensibili disallineamenti dei loro assi, introducendo eccentricità e fenomeni del II ordine; il presente studio si è limitato alla teoria del I ordine;
- le aste presentano per natura sensibili nonlinearità geometriche degli assi longitudinali con conseguente aggravamento dei fenomeni di instabilità assiale delle membrature compresse.

Figure 2: modello geometrico di calcolo

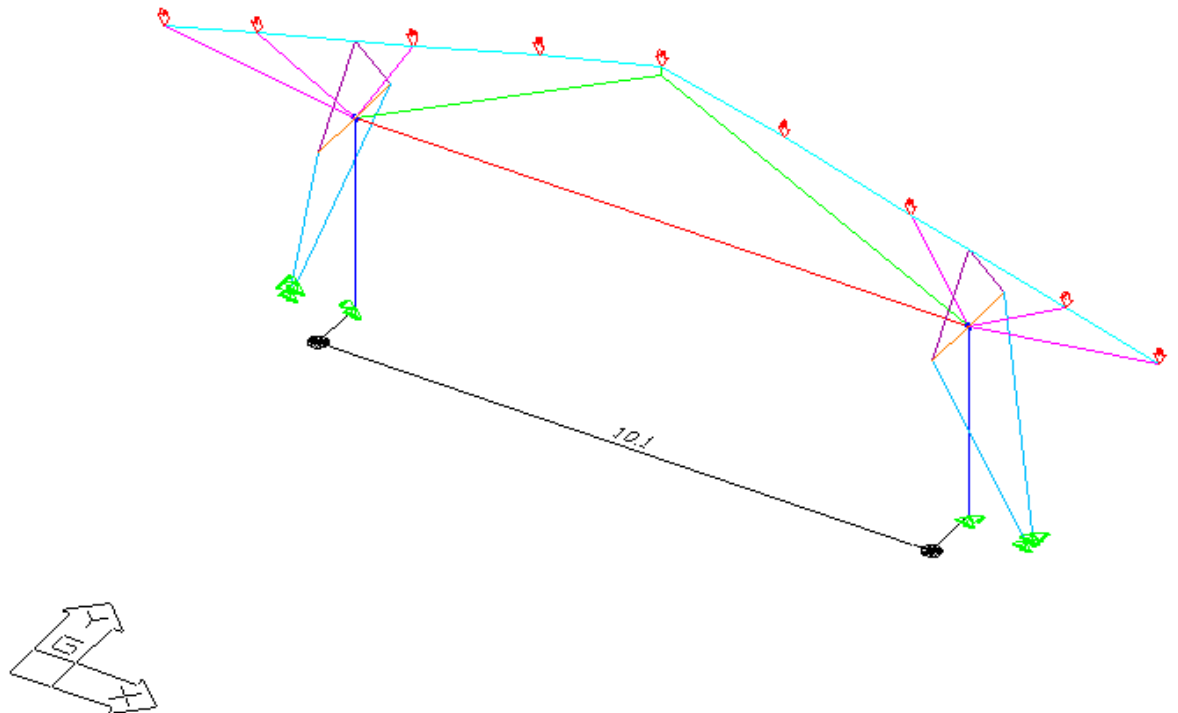
### 3 Calcolazioni eseguite

#### 3.1 Modello geometrico

In conseguenza della serialità strutturale presentata dai corpi di fabbrica si è enucleata una porzione trasversale, larga 2.00 m, contenente tutti gli elementi tipici e ricorsivi.

Il modello geometrico-matematico, nonostante un funzionamento tipicamente piano, è tridimensionale in modo di rappresentare correttamente i contrafforti ed un concio di trave principale.

Il modello geometrico considerato a base dei calcoli è costituito da elementi misti: la trave di copertura e la trave longitudinale, che sono sottoposte a fenomeni flessionali, sono simulate come elementi trave; le rimanenti aste sono simulate con elementi biella.



Tale modello è stato impiegato per lo studio delle azioni verticali e dell'azione orizzontale complanare. Per l'azione orizzontale ortogonale al telaio (longitudinale rispetto all'edificio) è stato adottato un diverso modello, anch'esso tridimensionale, di cui si dirà nell'apposito paragrafo.

Tutte le aste sono in bamboo ed hanno lo stesso modulo elastico e sezioni anulari diverse; la catena è in acciaio.

### 3.2 Azioni considerate

Le azioni considerate sono, oltre ai pesi propri e permanenti, le seguenti:

1. azioni verticali (neve) su tutta la copertura
2. azioni verticali (neve) su metà copertura
3. azione orizzontale (vento) nel piano del telaio (trasversale al corpo di fabbrica)
4. azione orizzontale (vento) ortogonale al piano del telaio (longitudinale al corpo di fabbrica).

#### 3.2.1 Calcolo 1

L'azione verticale principale è dovuta alla neve; in conformità al DM 16 gennaio 1996 abbiamo stimato:

regione	Lombardia	regione climatica 1
altitudine dell'edificio	150	m s.l.m.
azione di riferimento al suolo	1.60	kN/m <sup>2</sup>
tipologia copertura	2 falde	16 ^

Con copertura a 2 falde, e neve non impedita di scivolare, occorre verificare la più gravosa delle seguenti condizioni:

	falda A	falda B
condizione 1	$0.81 \times 1.60 = 1.30$	$0.78 \times 1.60 = 1.25$
condizione 2	$0.5 \times 0.80 \times 1.60 = 0.64$	

Data la pratica uguaglianza dei due valori, adottiamo per la condizione 1 un'azione costante su tutta la copertura pari a 1.30 kN/m<sup>2</sup> (il paragrafo successivo si occuperà dell'azione parziale su metà copertura).

L'analisi delle azioni verticali diventa:

orizzontamento	copertura	
incidenza peso proprio struttura	0.15	kN/m <sup>2</sup>
peso proprio assito	0.05	kN/m <sup>2</sup>
peso proprio copertura	0.15	kN/m <sup>2</sup>
sommano permanenti	0.35	kN/m <sup>2</sup>
azione neve	1.30	kN/m <sup>2</sup>
sommano accidentali	1.30	kN/m <sup>2</sup>
azioni totali	1.65	kN/m <sup>2</sup>

AVVERTENZA 1: le azioni totali di progetto ammontano a:  $1.65 \times 2.00 \times (3.15 + 10.10 + 3.15) = 54.10$  kN/telaio; le azioni considerate sul modello sono pari a 1.30 kN/m<sup>2</sup>. Con interasse dei telai di 2.00 m, abbiamo un'azione di  $2 \times 1.30 = 2.60$  kN/m. In totale ammontano a 44.30 kN/telaio; pertanto i risultati





Figure 5: calcolo 1: forza assiale nella catena

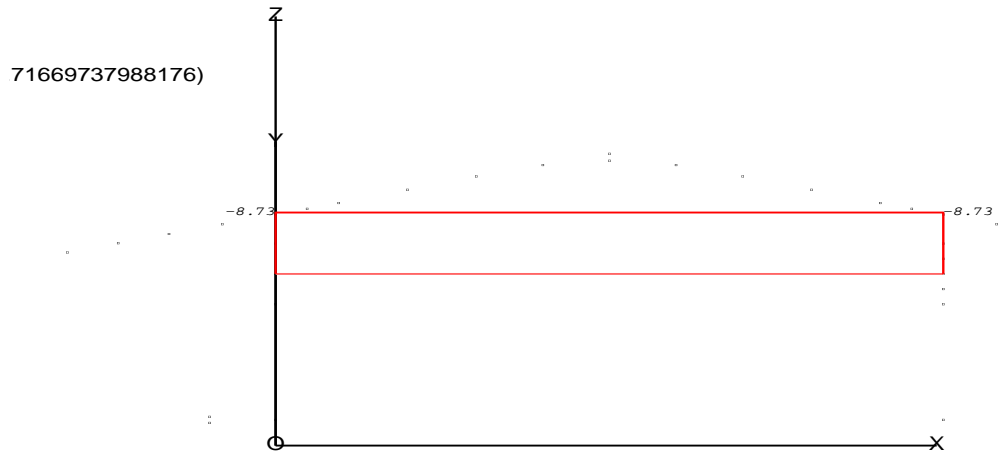


Figure 6: calcolo 1: forza assiale nelle colonne

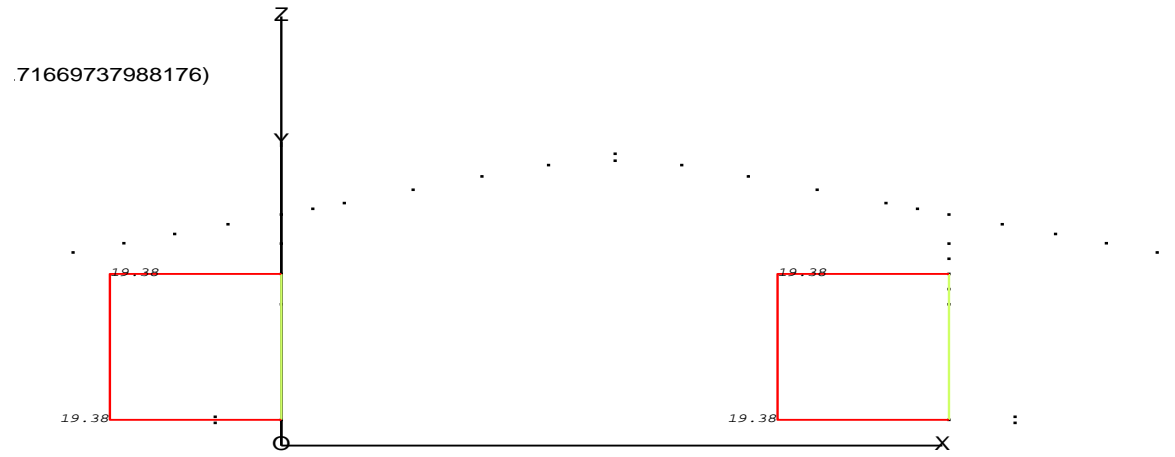


Figure 7: calcolo 1: forza assiale nei contrafforti

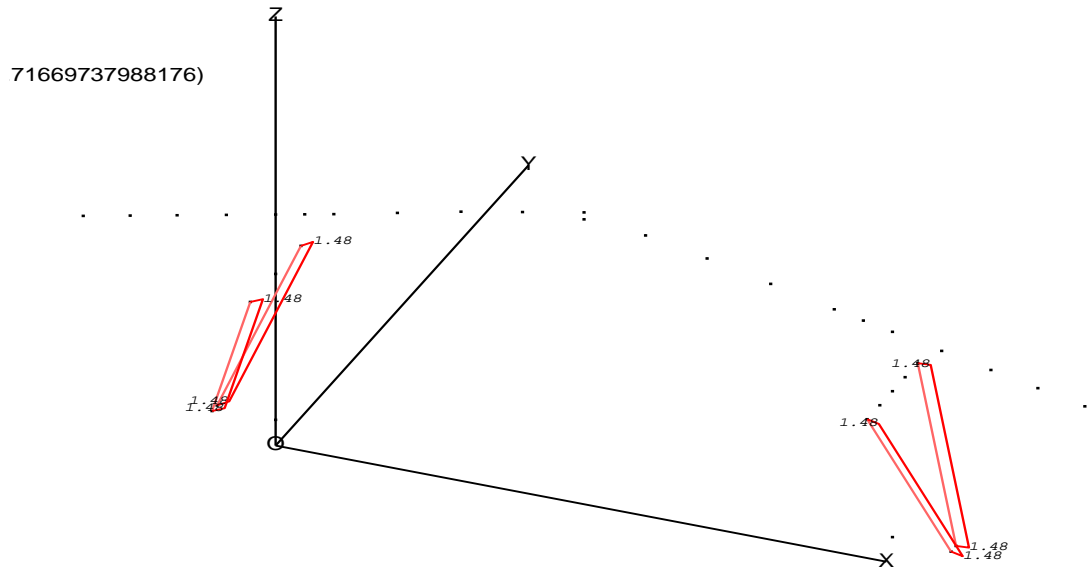


Figure 8: calcolo 1: forza assiale nei puntoni

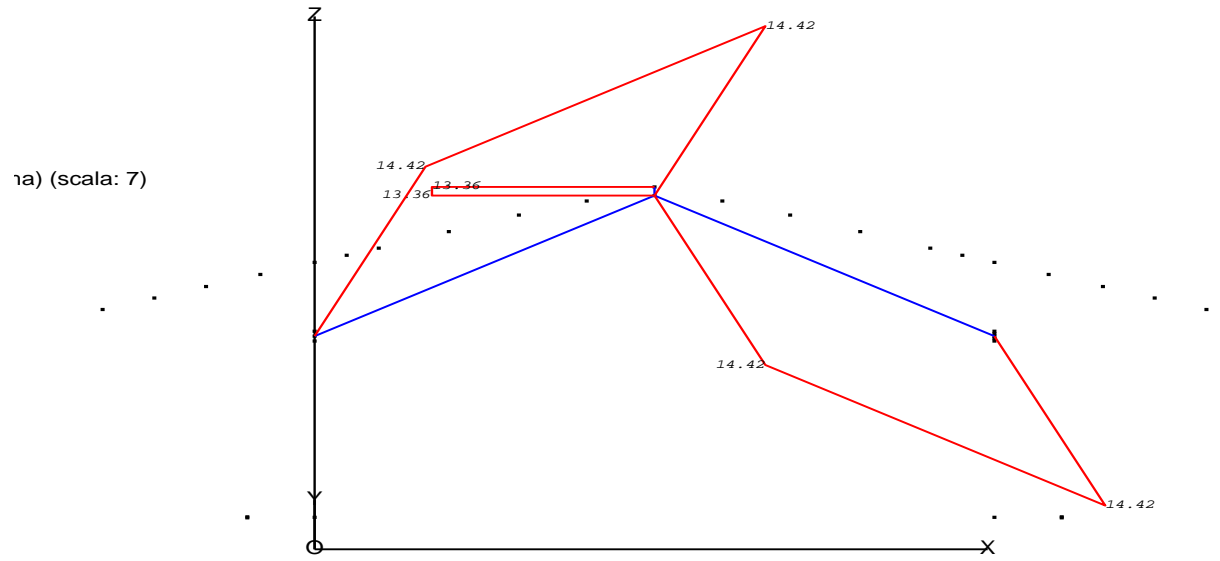


Figure 9: calcolo 1: forza assiale nei diagonali n. 1



Figure 10: calcolo 1: forza assiale nei diagonali n. 3

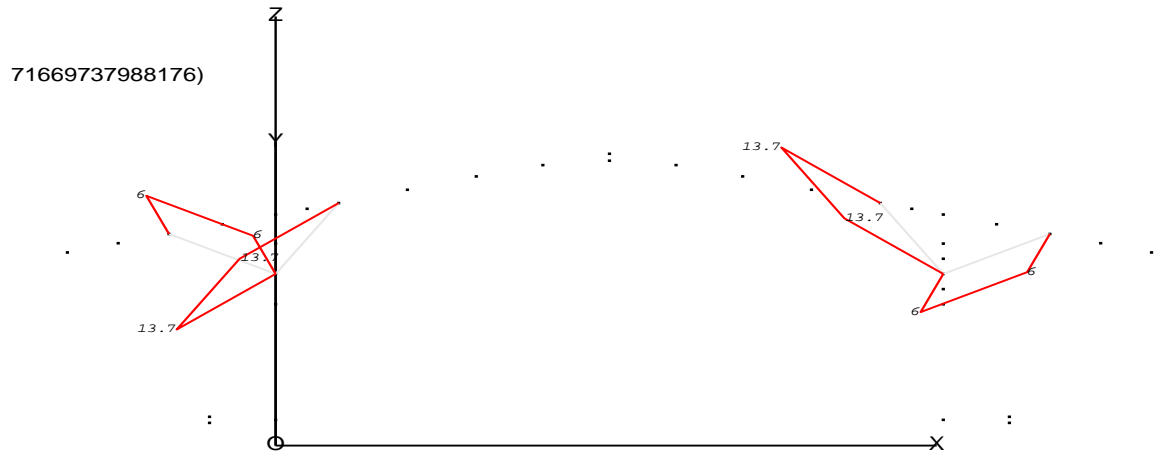


Figure 11: calcolo 1: forza assiale nelle travi di copertura n. 1

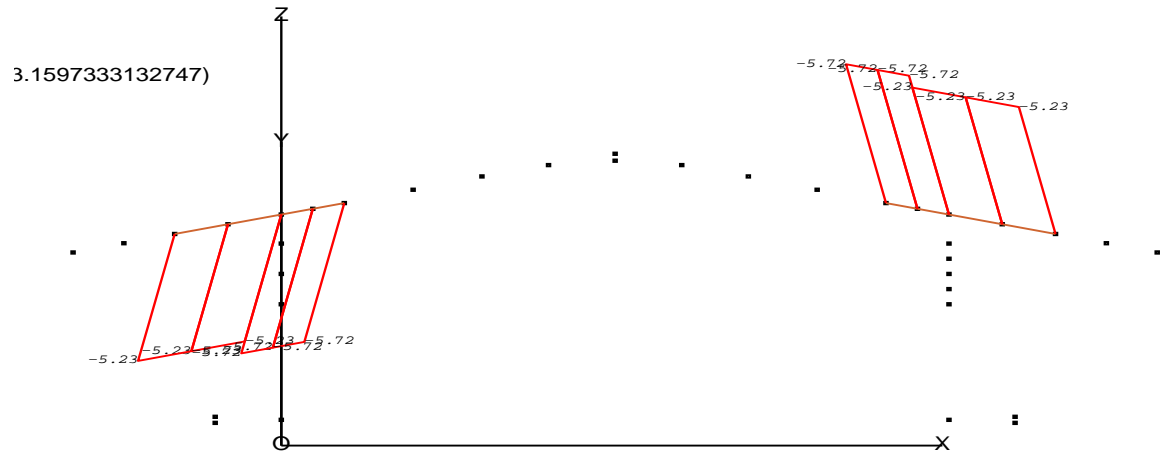


Figure 12: calcolo 1: flessione nelle travi di copertura n. 1

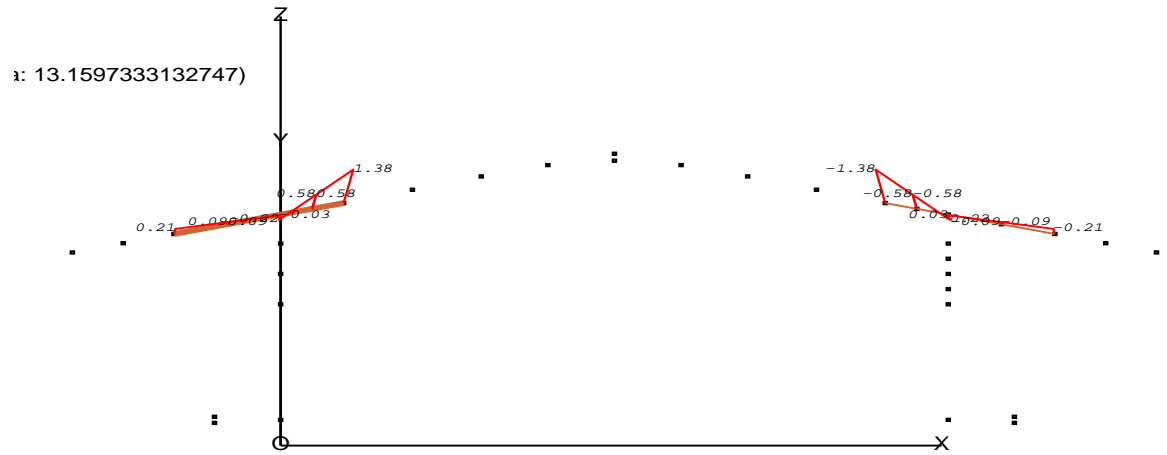


Figure 13: calcolo 1: forza assiale nelle travi di copertura n. 2

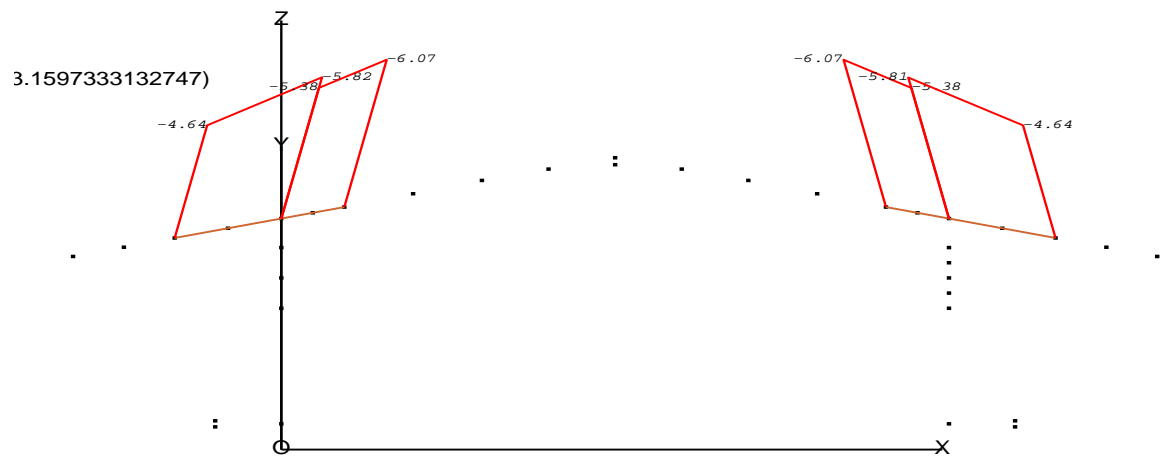


Figure 14: calcolo 1: flessione nelle travi di copertura n. 2



Figure 15: calcolo 1: forza assiale nelle travi di copertura n. 3

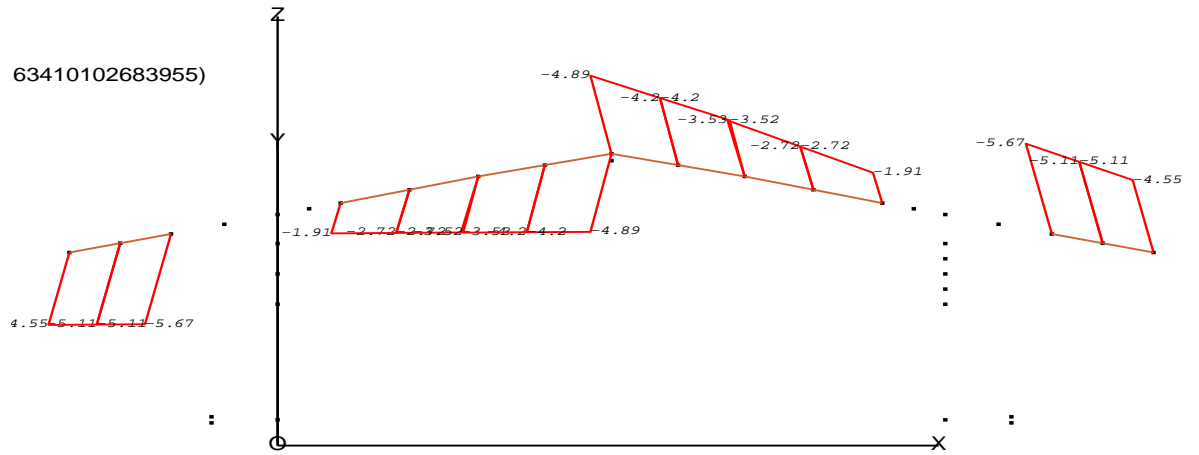


Figure 16: calcolo 1: flessione nelle travi di copertura n. 3

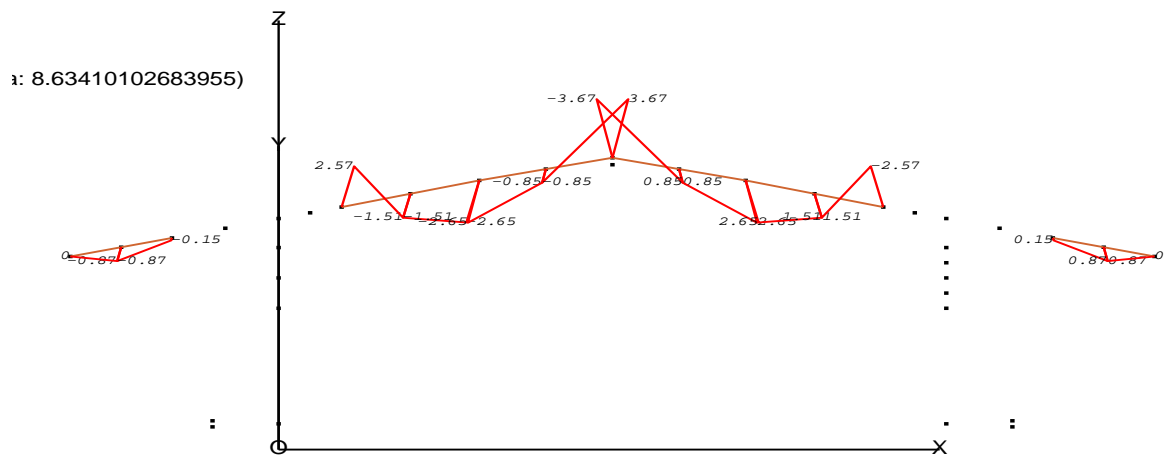
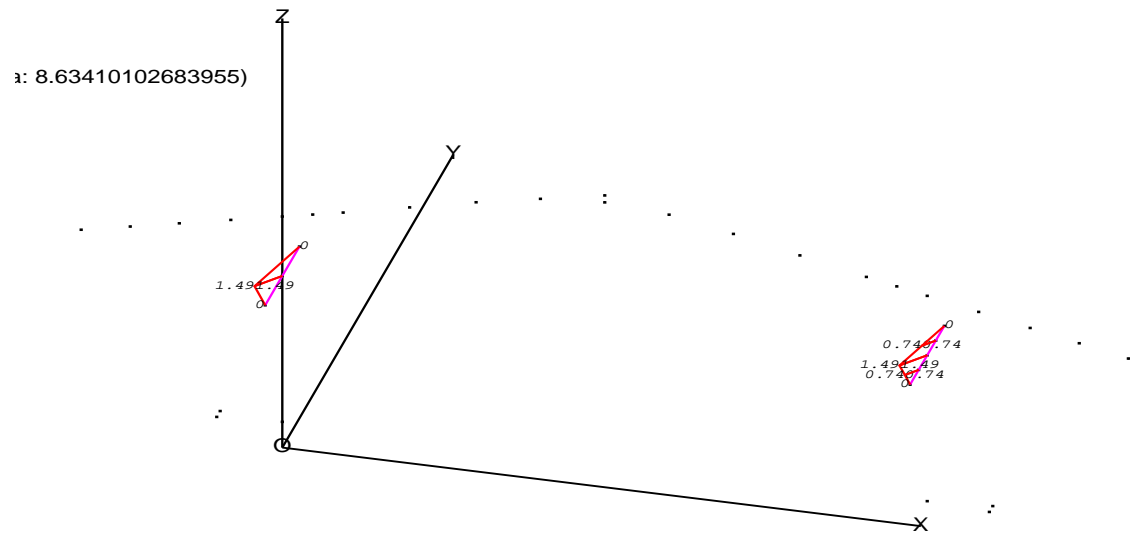


Figure 17: calcolo 1: flessione nelle travi longitudinali



Il quadro riepilogativo delle sollecitazioni e delle tensioni nelle aste è il seguente:

Figure 18: calcolo 1: riepilogo delle sollecitazioni e delle tensioni nelle aste

78.5

**Calcolo 1A - Riepilogo azioni sulle aste** NB: moltiplicare x 54.1/44.3 = 1.22

**Bielle**

modulo elastico(MPa)	17800
tens.caratt.(MPa)	74
snellezza critica	49

elemento	num	diam.ext	diam.int	area(mm2)	szia (cm4)	io min(mm)	ghezza(m)	snellezza	azione (kN)	edia (MPa)	giorazione	rtica(MPa)
catena	1	10	0	78.5			10.100		8.73	111	0.0	
colonne	1	140	112	5541.8	1113.3	44.8	2.400	54	19.38	3	1.1	81.3
purtoni	2	100	80	5654.9	579.6	32.	5.000	156	14.42	3	3.2	7.2
contrafforti	1	130	104	4778.4	827.7	41.6	3.650	88	1.48	0	1.8	22.8
diagonali 1	1	100	80	2827.4	289.8	32.	3.200	100	5.01	2	2.1	17.6
diagonali 2	1	100	80	2827.4	289.8	32.	1.600	50	0.14	0	1.	70.3
diagonali 3	1	80	64	1809.6	118.7	25.6	1.930	75	13.7	8	1.55	30.9

**Travi**

elemento	num	diam.ext	diam.int	area(mm2)	szia (cm4)	enza(cm3)	azione (kN)	ento(kNm)	edia (MPa)
copertura 1	1	100	80	2827	289.81	58.0	5.72	1.38	26
copertura 2	1	100	80	2827	289.81	58.0	6.07	1.18	23
copertura 3	2	100	80	5529	579.62	115.9	3.40	4.48	39
travi	2	140	112	11082	2220.43	317.2	0.28	1.49	5

### 3.2.2 Calcolo 2

L'azione definita dalle norme ammonta a 0.64 kN/m<sup>2</sup>, oltre al peso proprio, applicata ad una sola falda; a titolo prudenziale manteniamo un'azione pari a quella originale, applicata su metà copertura. Le risultanze del calcolo diventano:





Figure 20: calcolo 2: deformata

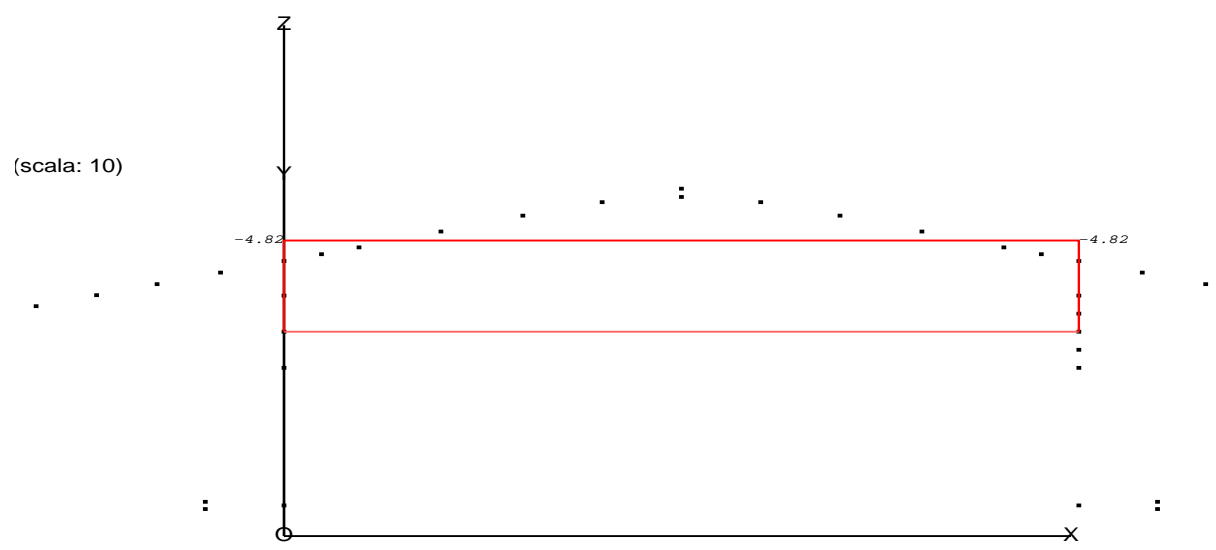


Figure 21: calcolo 2: forza assiale nella catena

Figure 22: calcolo 2: forza assiale nelle colonne

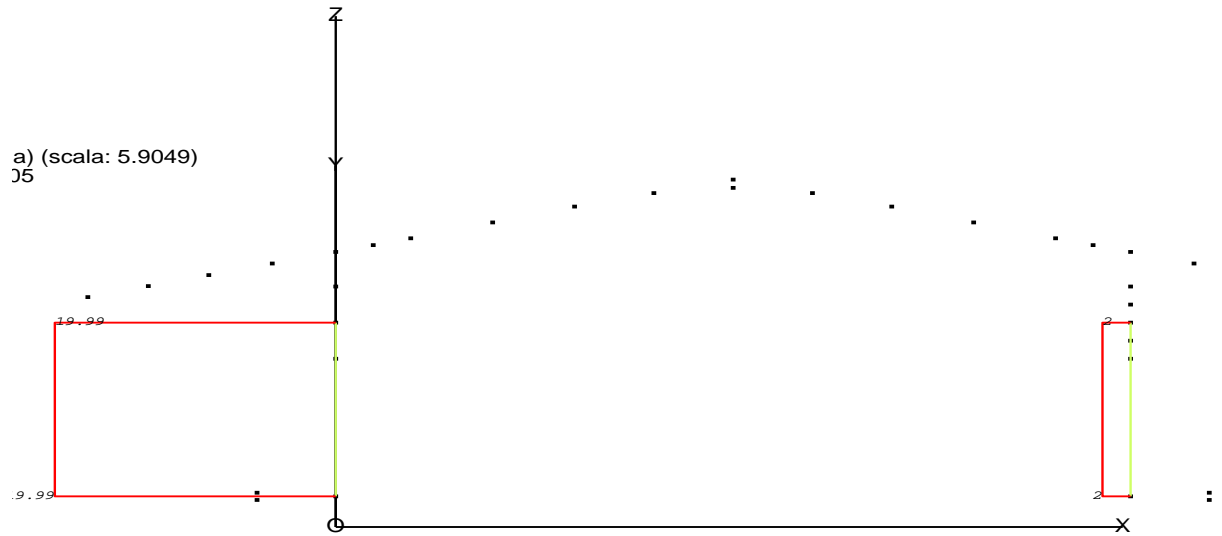
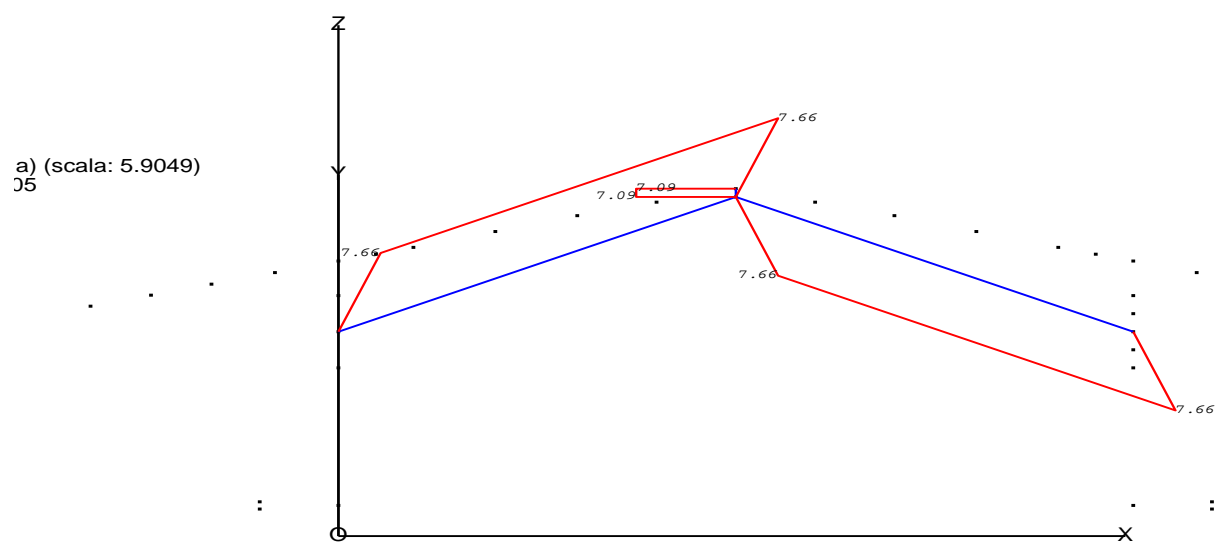


Figure 23: calcolo 2: forza assiale nei puntoni



Ia: 5.9049)

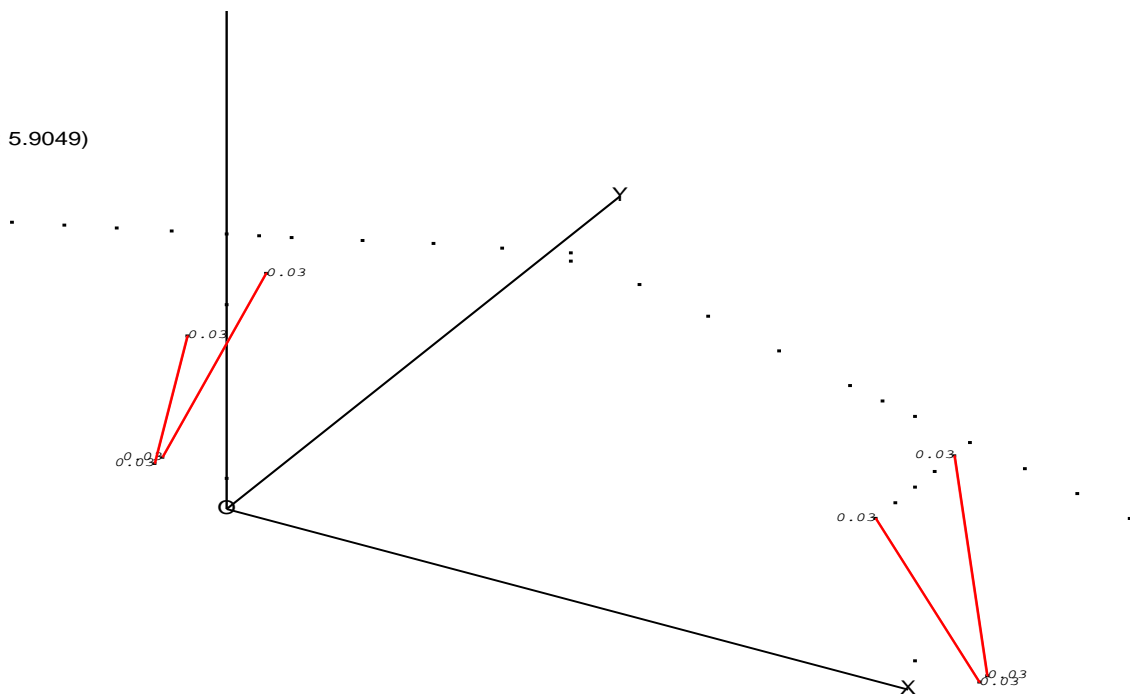


Figure 24: calcolo 2: forza assiale nei contrafforti



Figure 25: calcolo 2: forza assiale nei diagonali n. 1

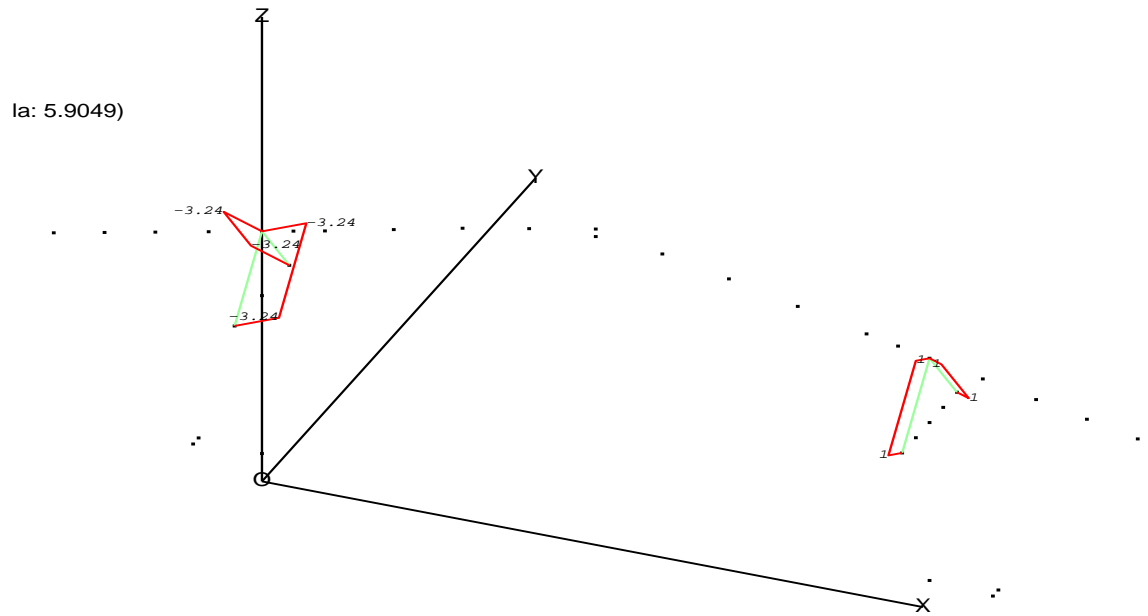


Figure 26: calcolo 2: forza assiale nei diagonali n. 2

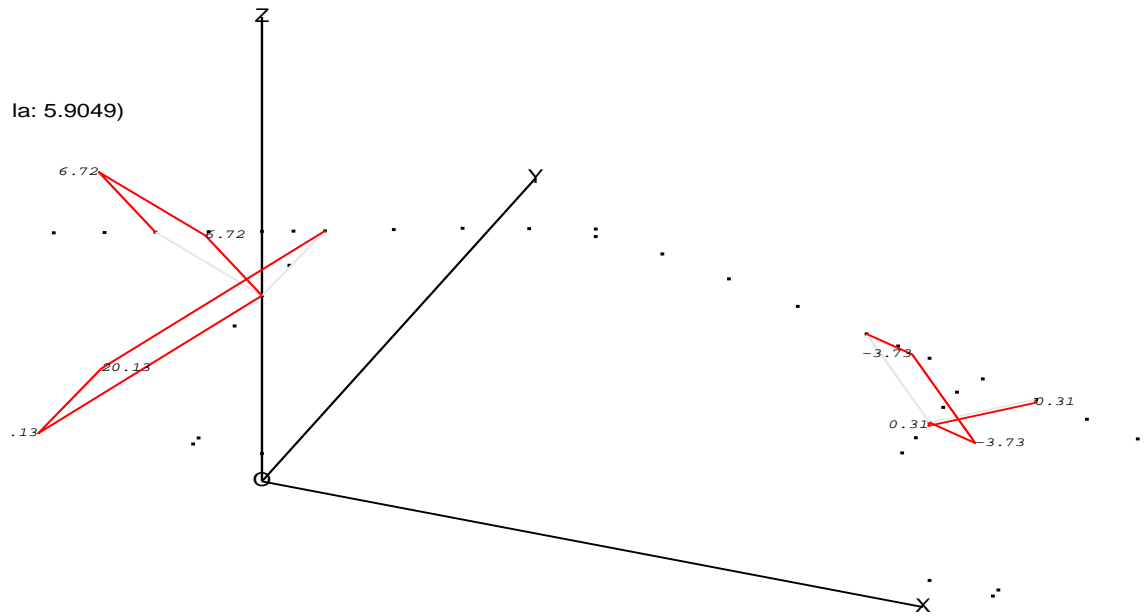






Figure 29: calcolo 2: flessione nelle travi di copertura n. 1

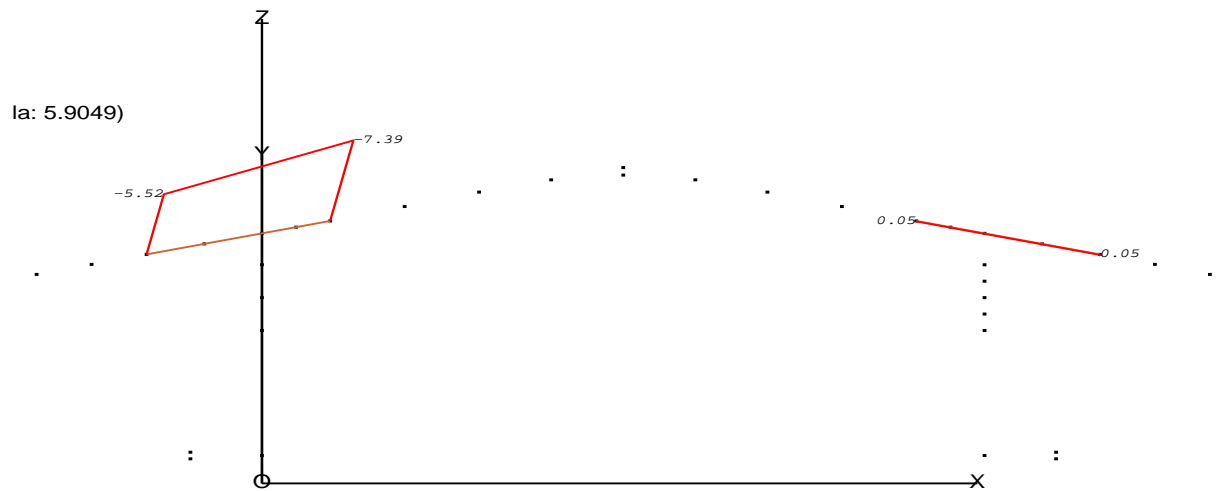


Figure 30: calcolo 2: forza assiale nelle travi di copertura n. 2

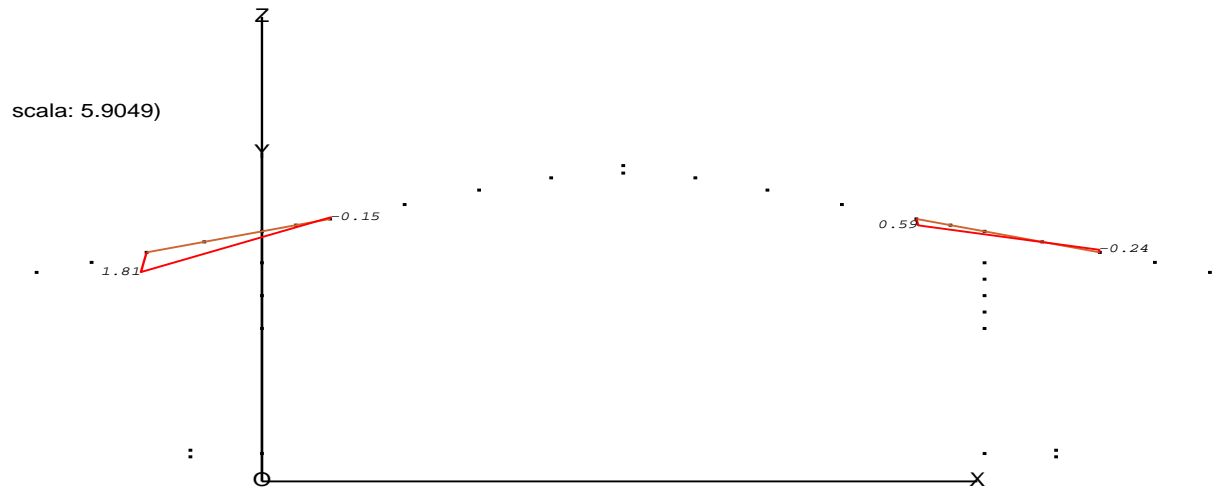


Figure 31: calcolo 2: flessione nelle travi di copertura n. 2

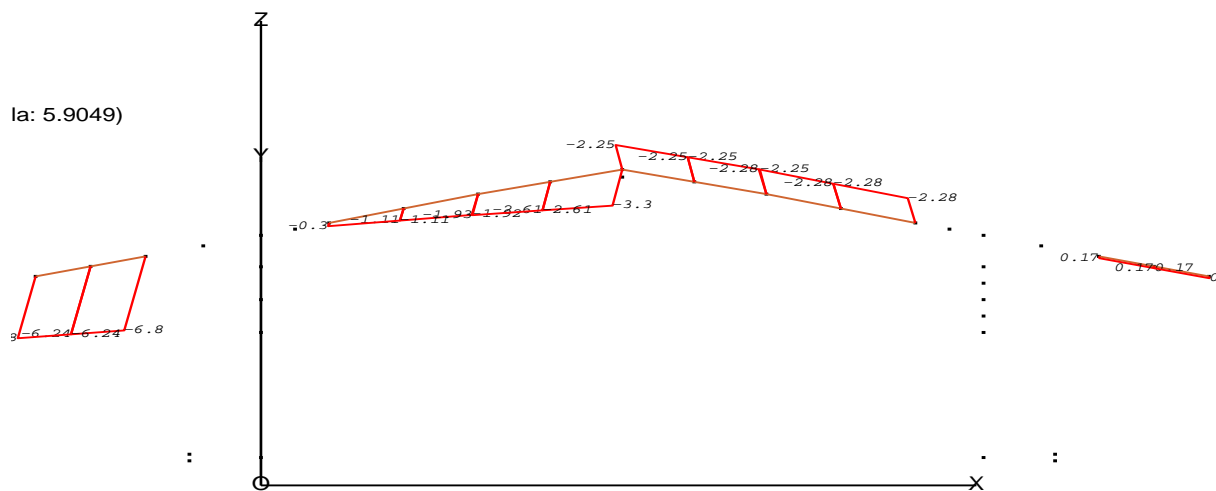


Figure 32: calcolo 2: forza assiale nelle travi di copertura n. 3

Figure 33: calcolo 2: flessione nelle travi di copertura n. 3

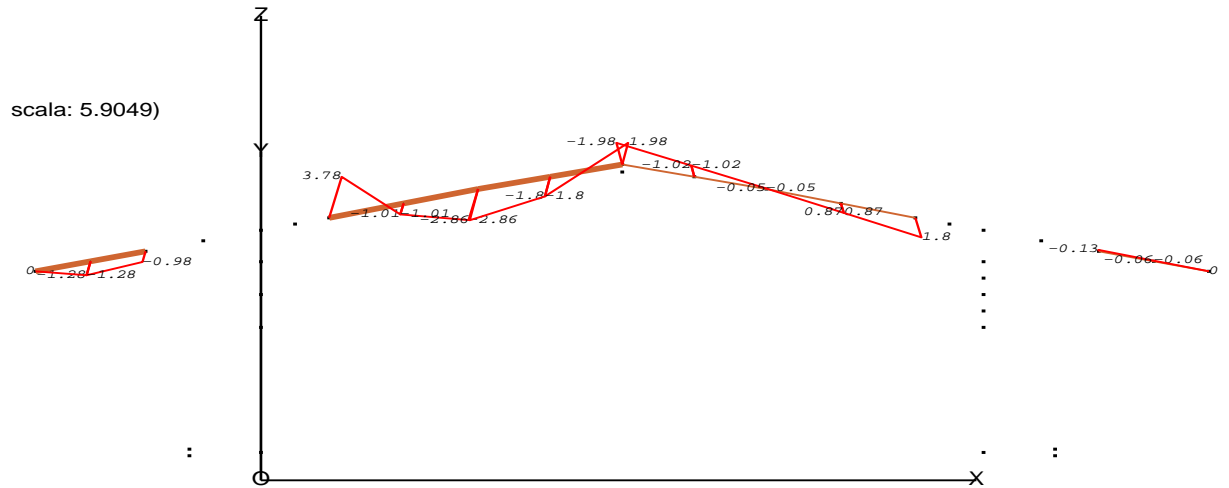
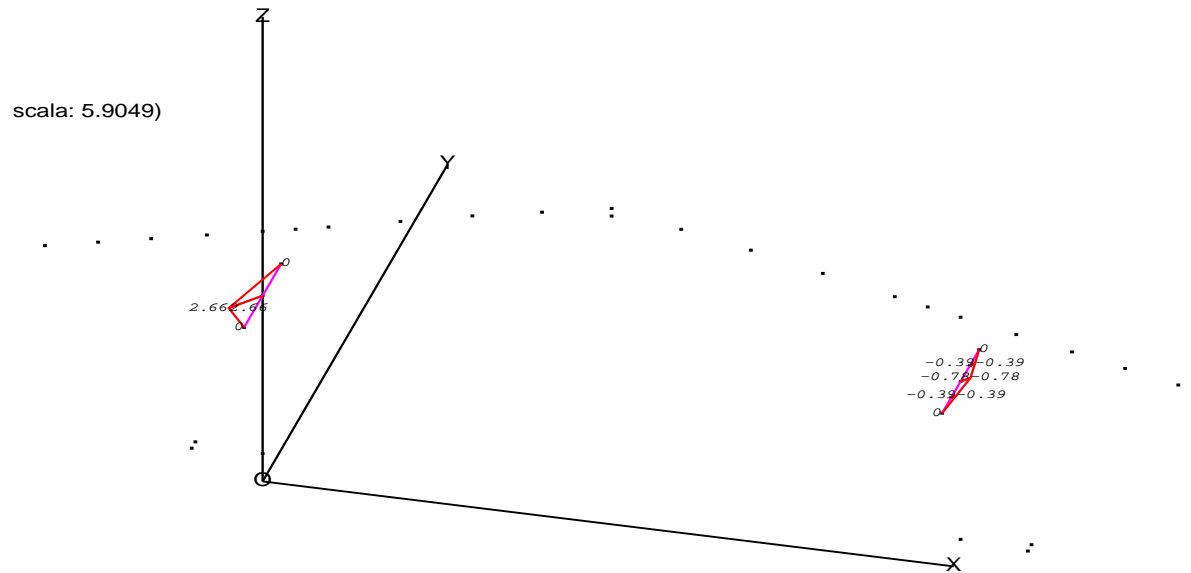


Figure 34: calcolo 2: flessione nelle travi longitudinali



Il quadro riepilogativo delle sollecitazioni e delle tensioni nelle aste è il seguente:

Figure 35: calcolo 2: riepilogo delle sollecitazioni e delle tensioni nelle aste

**Calcolo 2A - Riepilogo azioni sulle aste** NB: moltiplicare x 54.1/44.3 = 1.22

78.5

**Bolle**

modulo elastico(MPa)	17800
tens.caratt.(MPa)	74
snellezza critica	49

elemento	num	diam.ext	diam.int	area(mm2)	erzia (cm4)	io min(mm)	ghezza(m)	snellezza	azione (kN)	edia (MPa)	giorazione	ritica(MPa)
catena	1	10	0	78.5			10.100		4.82	61		0.0
colonne	1	140	112	5541.8	1113.3	44.8	2.400	54	19.99	4	1.1	61.3
puntoni	2	100	80	5654.9	579.6	32.	5.000	156	7.66	1	3.2	7.2
contrafforti	1	130	104	4778.4	827.7	41.6	3.650	88	0.03	0	1.8	22.8
diagonali 1	1	100	80	2827.4	289.8	32.	3.200	100	6.26	2	2.1	17.6
diagonali 2	1	100	80	2827.4	289.8	32.	1.600	50	3.24	1	1.	70.3
diagonali 3	1	80	64	1809.6	118.7	25.6	1.930	75	20.13	11	1.55	30.9

**Travi**

elemento	num	diam.ext	diam.int	area(mm2)	erzia (cm4)	'enza(cm3)	azione (kN)	ento(kNm)	edia (MPa)
copertura 1	1	100	80	2827	289.81	58.0	7.40	3.62	65
copertura 2	1	100	80	2827	289.81	58.0	5.52	1.81	33
copertura 3	2	100	80	5529	579.62	115.9	0.30	4.77	41
travi	2	140	112	11062	2220.43	317.2	1.89	2.66	9

### 3.2.3 Calcolo 3

Assumiamo un'azione orizzontale del vento pari a  $0.75q = 45 \text{ kg/m}^2 = 0.45 \text{ kN/m}^2$  riferito alla proiezione verticale (edifici con altezza inferiore ai 10 m); l'azione totale ammonta a:  $0.45 \times 2.00 \times (6.80 - 4.50) = 2.07 \text{ kN}$  pari ad un'azione in sviluppo di falda di  $2.07 / 8.516 = 0.24$ , arrotondato a  $0.25 \text{ kN/m}$ . Le risultanze del calcolo diventano:



Figure 37: calcolo 3: deformata

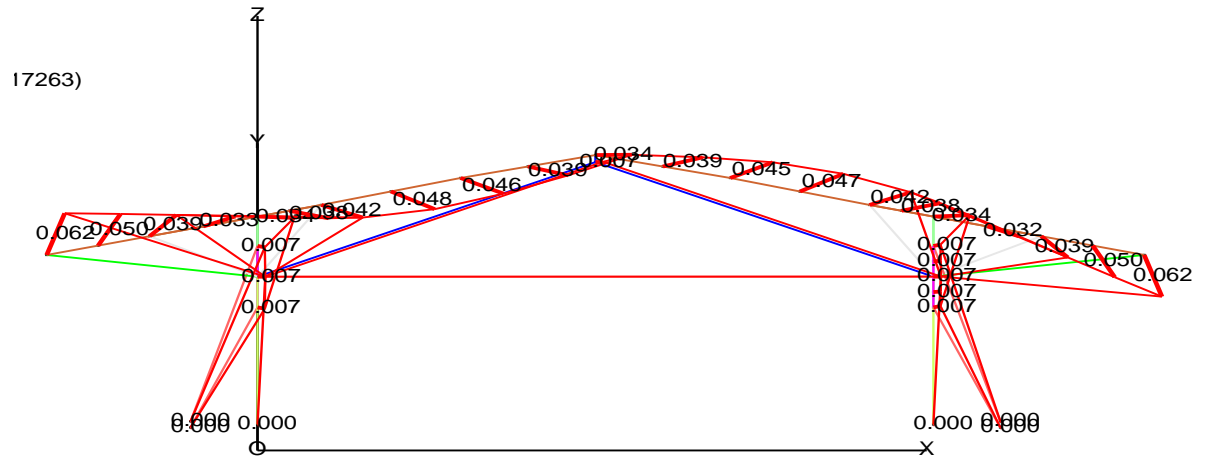


Figure 38: calcolo 3: forza assiale nella catena

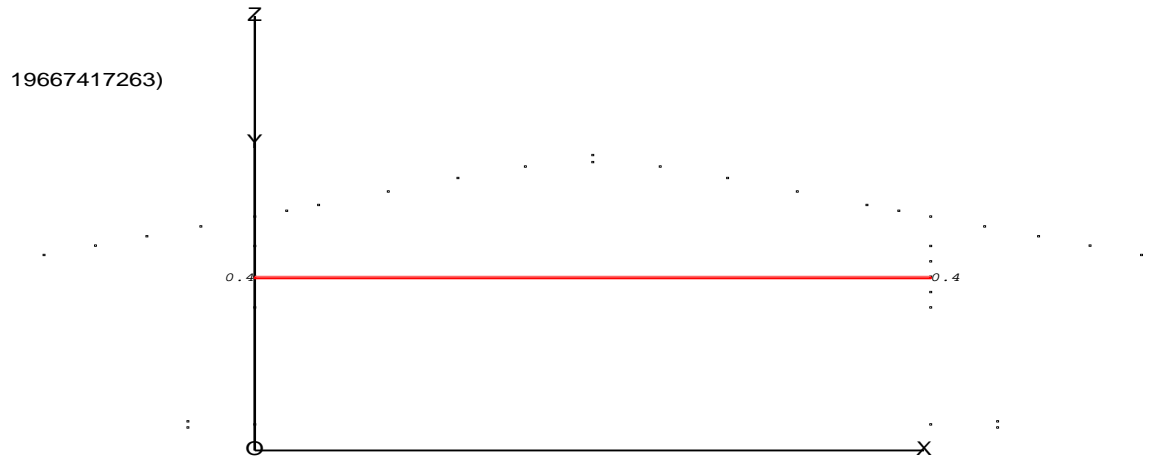


Figure 39: calcolo 3: forza assiale nelle colonne



Figure 40: calcolo 3: forza assiale nei puntoni

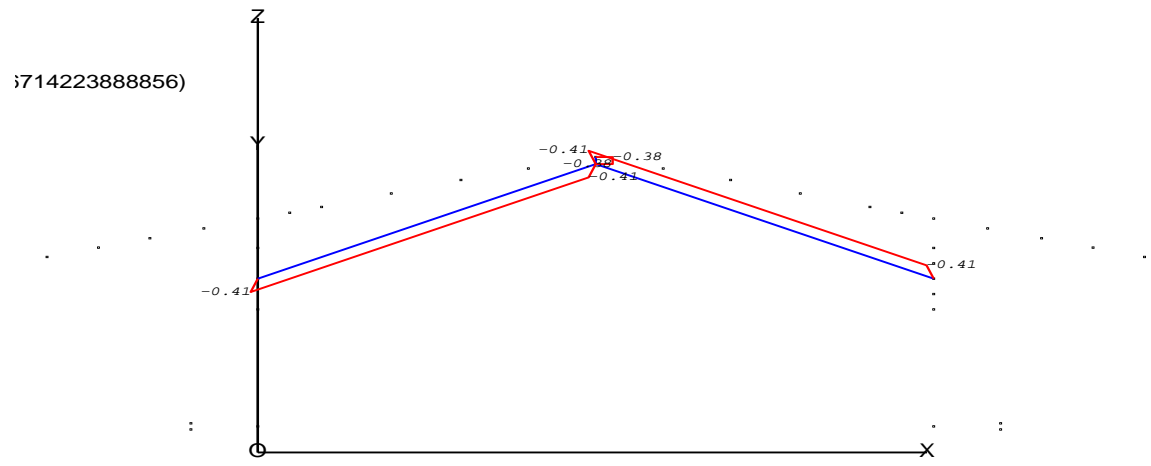


Figure 41: calcolo 3: forza assiale nei contrafforti

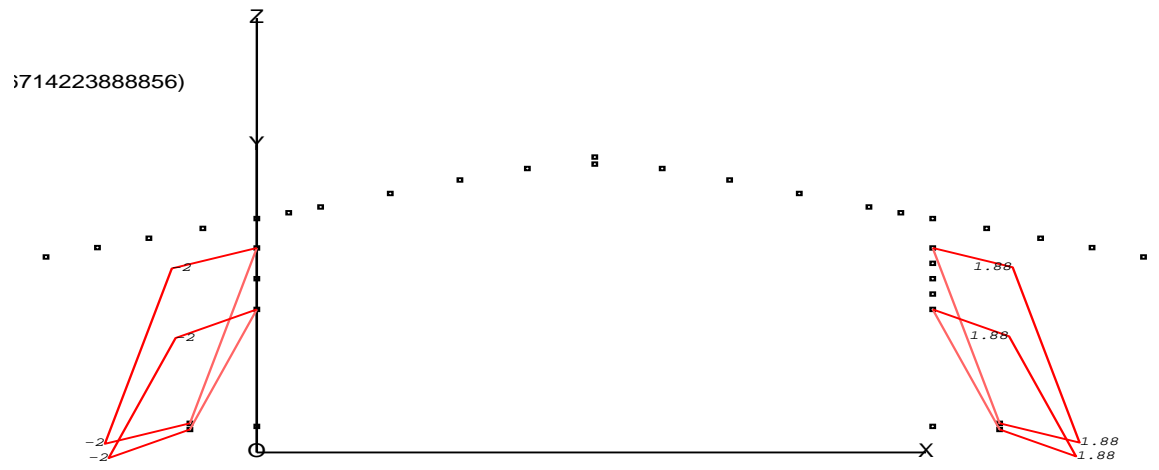


Figure 42: calcolo 3: forza assiale nei diagonali n.1

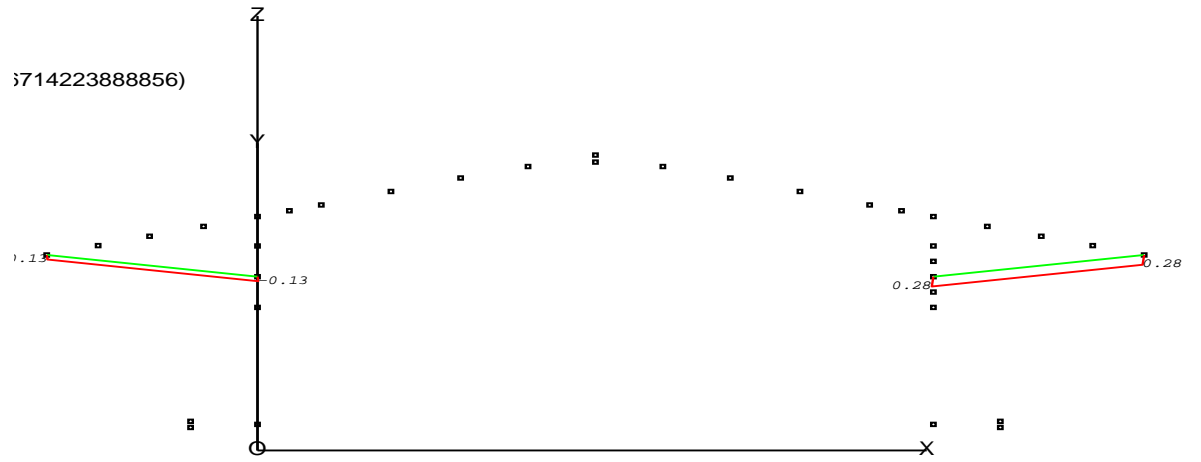


Figure 43: calcolo 3: forza assiale nei diagonali n. 2

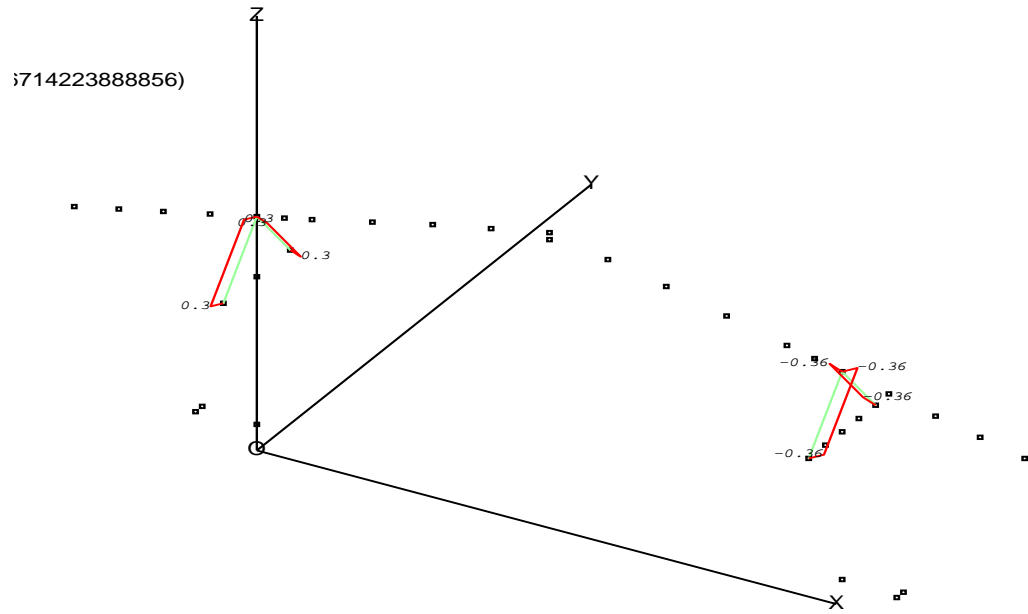


Figure 44: calcolo 3: forza assiale nei diagonali n. 3

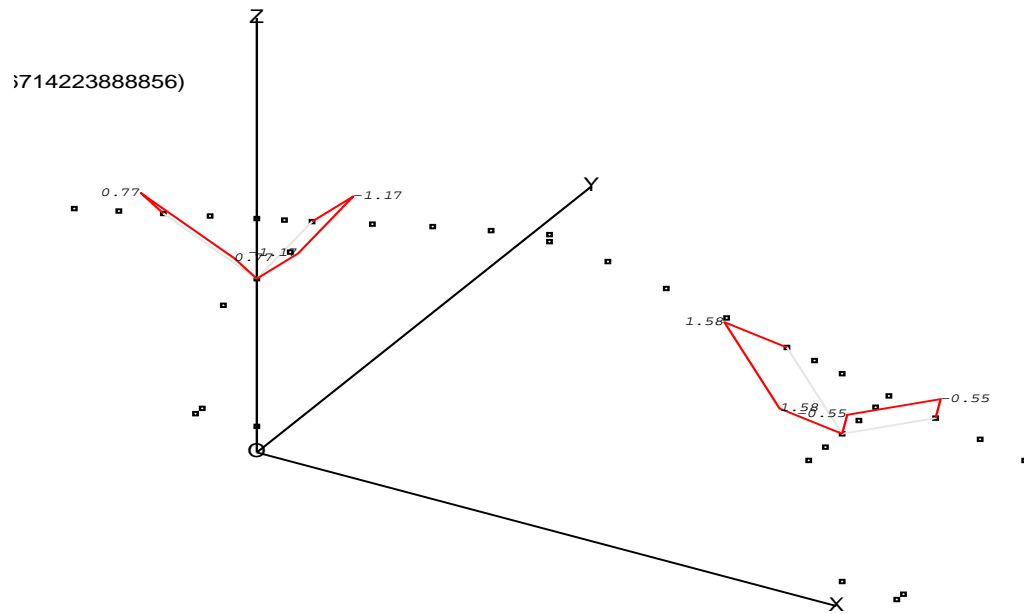


Figure 45: calcolo 3: forza assiale nelle travi copertura n .1

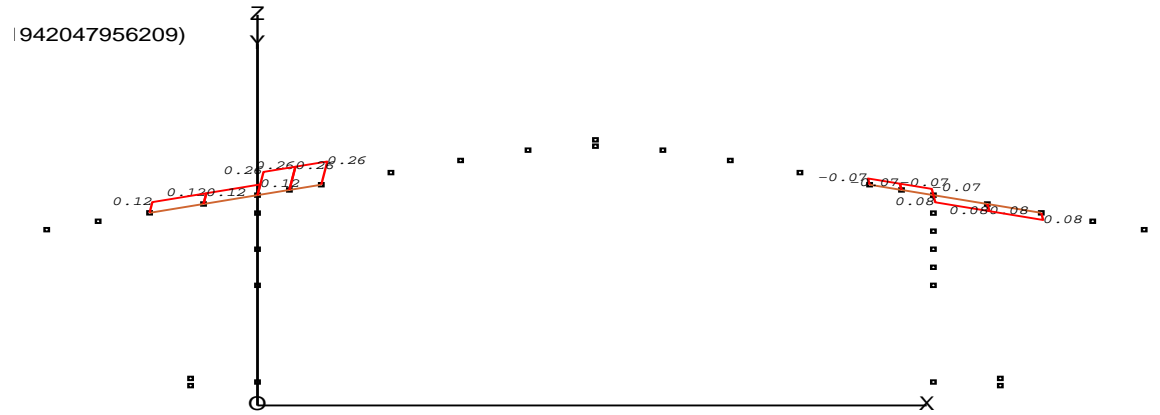


Figure 46: calcolo 3: flessione nelle travi di copertura n. 1



Figure 47: calcolo 3: forza assiale nelle travi di copertura n. 2

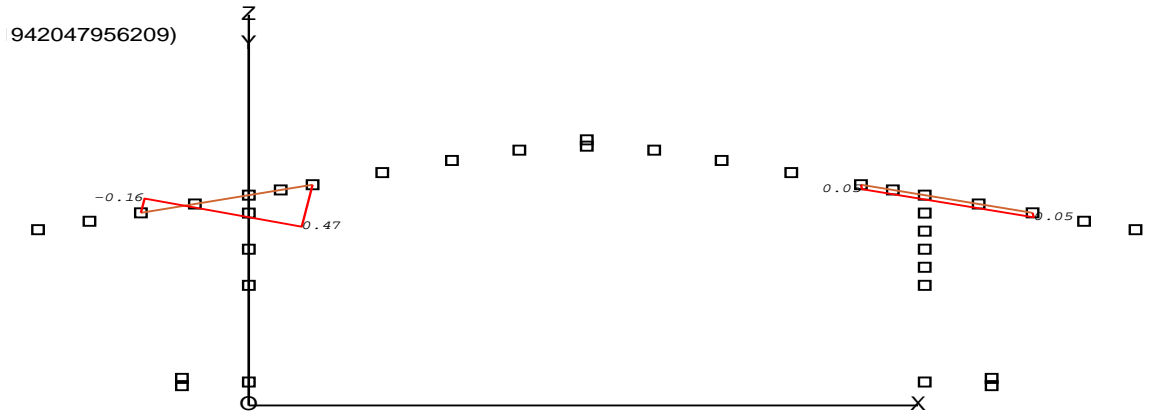


Figure 48: calcolo 3: flessione nelle travi di copertura n. 2

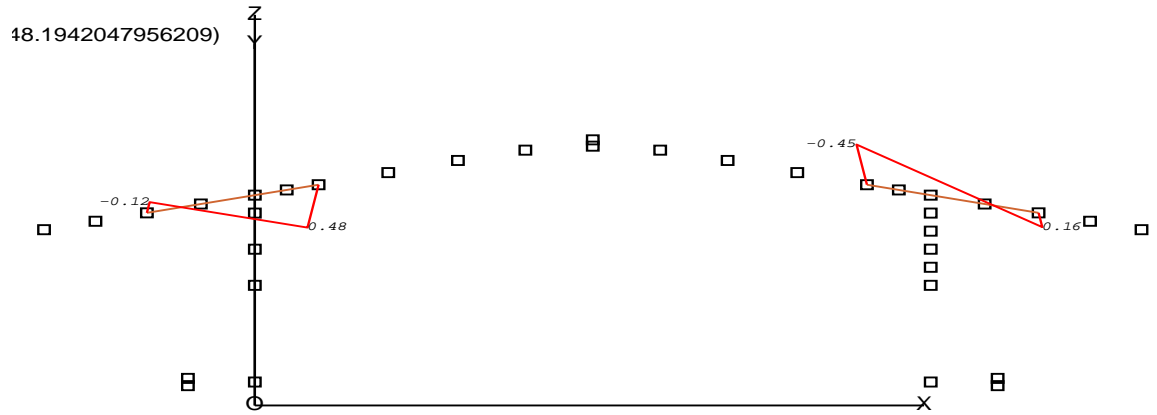


Figure 49: calcolo 3: forza assiale nelle travi di copertura n. 3

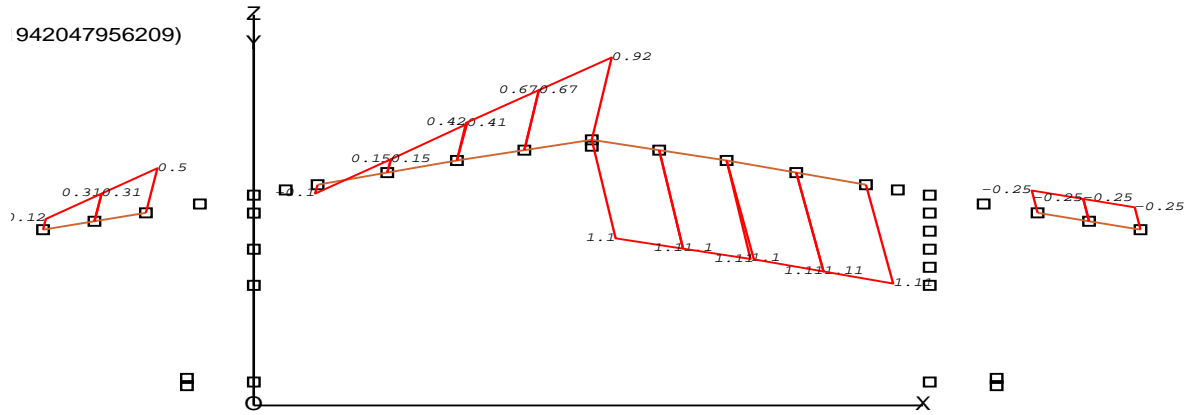


Figure 50: calcolo 3: flessione nelle travi di copertura n. 3

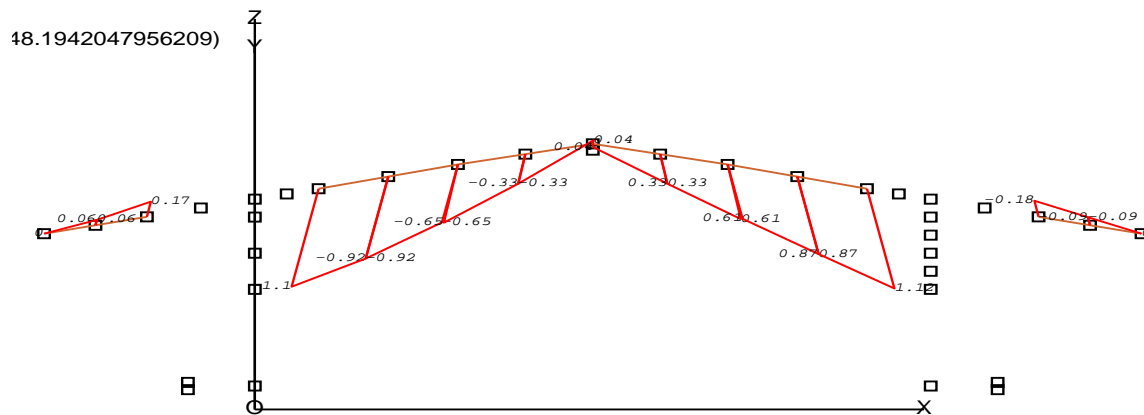
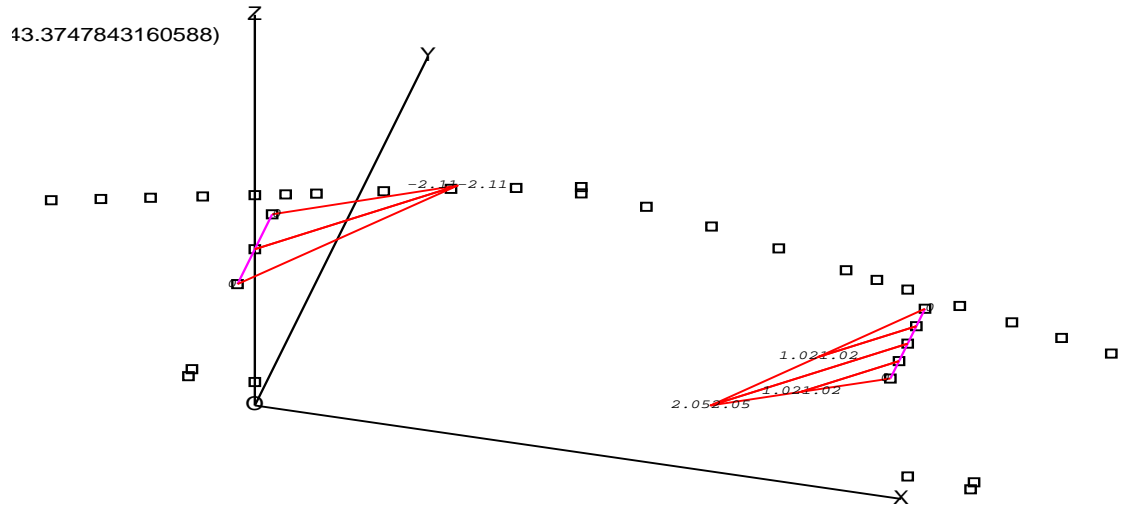


Figure 51: calcolo 3: flessione nelle travi longitudinali



Il quadro riepilogativo delle sollecitazioni e delle tensioni nelle aste è il seguente:

Figure 52: calcolo 3: riepilogo delle sollecitazioni e delle tensioni nelle aste

### Calcolo 3A - Riepilogo azioni sulle aste

#### Bielle

modulo elastico(MPa)	17800
tens.caratt.(MPa)	74
snellezza critica	49

elemento	num	diam.ext	diam.int	area(mm <sup>2</sup> )	erzia (cm <sup>4</sup> )	io min(mm)	altezza(m)	snellezza	azione (kN)	edia (MPa)	agiorazione	ritica(MPa)
catena	1	10	0	78.5			10.100		0.4	5	0.0	
colonne	1	140	112	5541.8	1113.3	44.8	2.400	54	3.38	1	1.1	61.3
puntoni	2	100	80	5654.9	579.6	32.	5.000	156	0.41	0	3.2	7.2
contrafforti	1	130	104	4778.4	827.7	41.6	3.650	88	2	0	1.8	22.8
diagonali 1	1	100	80	2827.4	289.8	32.	3.200	100	0.28	0	2.1	17.6
diagonali 2	1	100	80	2827.4	289.8	32.	1.600	50	0.36	0	1.	70.3
diagonali 3	1	80	64	1809.6	118.7	25.6	1.930	75	1.58	1	1.55	30.9

#### Travi

elemento	num	diam.ext	diam.int	area(mm <sup>2</sup> )	erzia (cm <sup>4</sup> )	tenza(cm <sup>3</sup> )	azione (kN)	mento(kNm)	edia (MPa)
copertura 1	1	100	80	2827	289.81	58.0	0.67	12	
copertura 2	1	100	80	2827	289.81	58.0	0.48	8	
copertura 3	2	100	80	5529	579.62	115.9	1.11	10	
travi	2	140	112	11062	2220.43	317.2	0.31	2.11	7

### 3.2.4 Calcolo 4

Assumiamo un'azione di progetto pari ad 1/10 dell'azione verticale, pertanto per ogni portale abbiamo:  $1.30 \times 2.00 \times (3.15 + 10.10 + 3.15) / 10 = 4.26$  kN; sulla sommità di ogni colonna abbiamo:  $4.26 / 2 = 2.15$  kN.

Le travi di copertura sono state dotate di una elevata rigidità trasversale per simulare il comportamento dell'assito di copertura.

Per valutare l'impegno dei contrafforti, trascuriamo il contributo delle colonne azzerando la loro rigidità flessione ( $I_x = I_y = 0$ ).

Figure 53: calcolo 4: modello geometrico

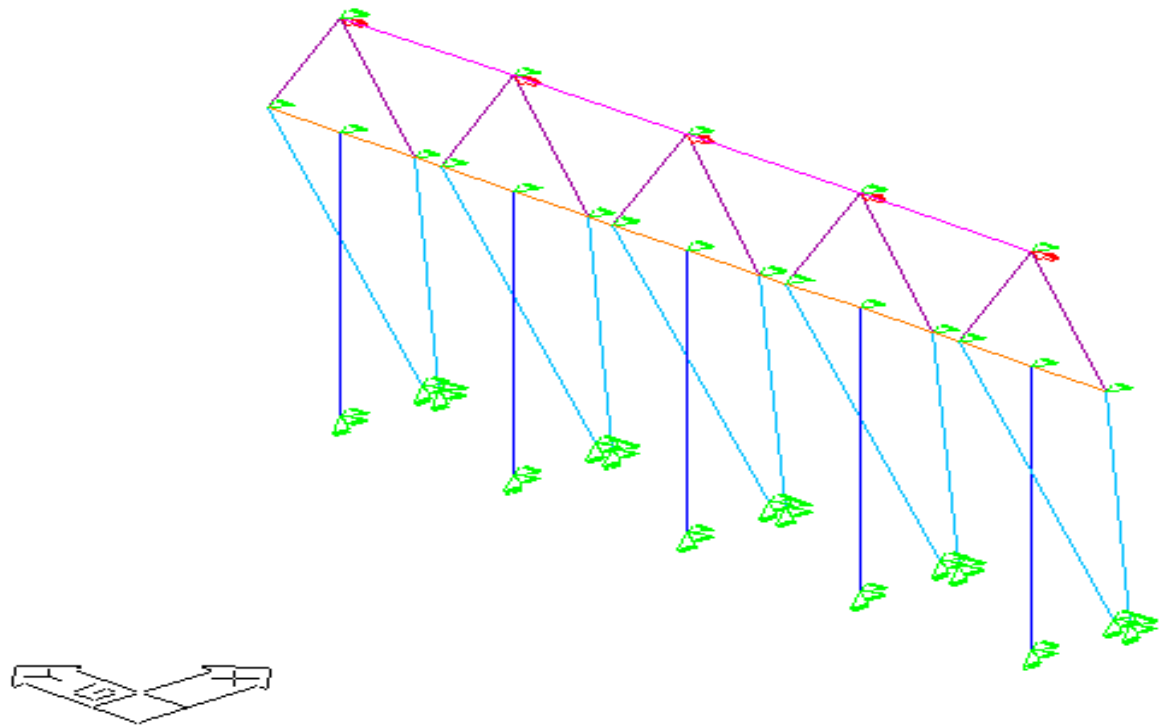


Figure 54: calcolo 4: azioni e reazioni

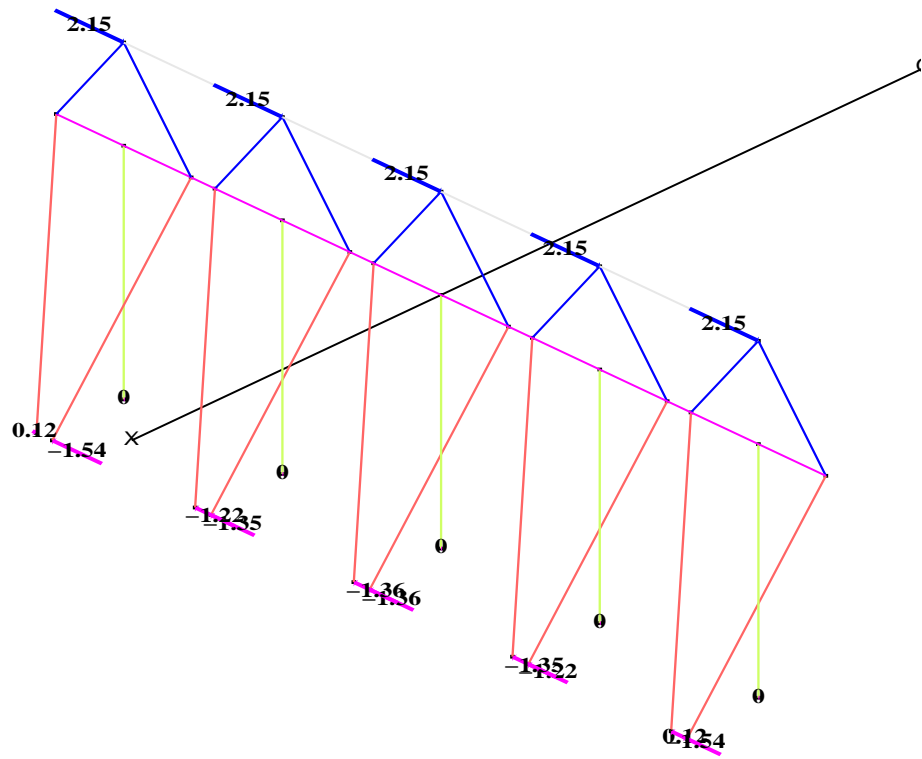


Figure 55: calcolo 4: deformata

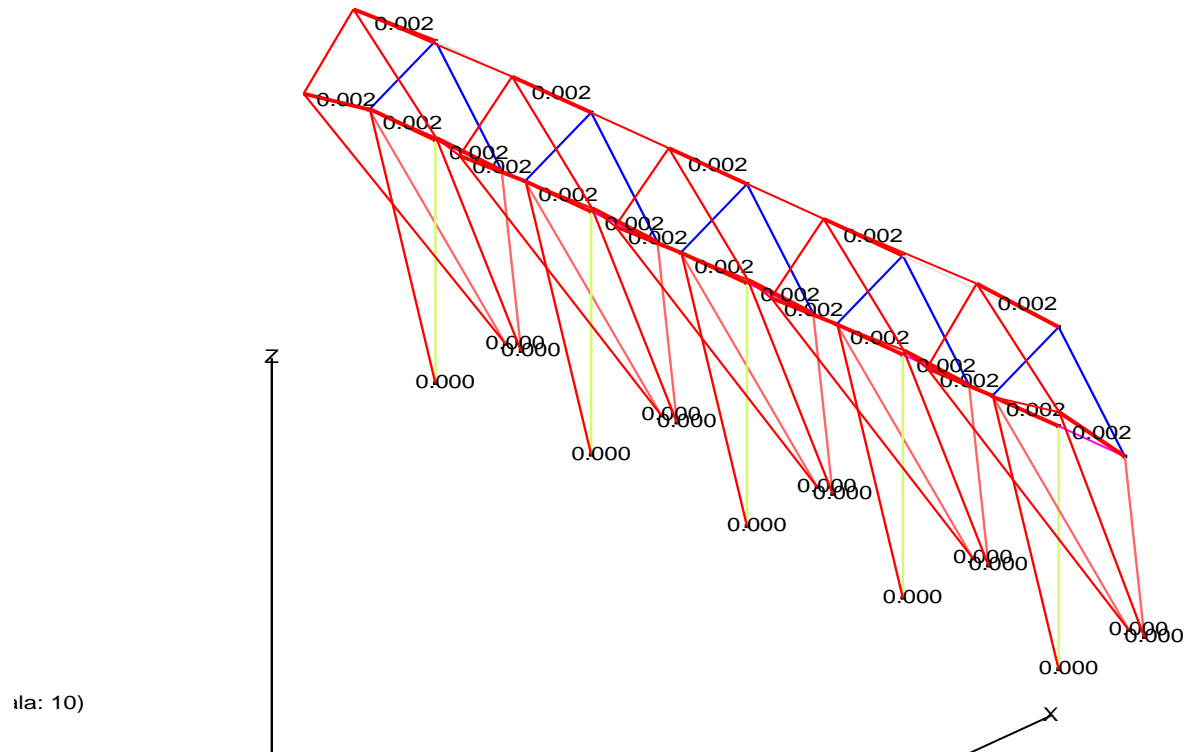


Figure 56: calcolo 4: forza assiale nelle colonne

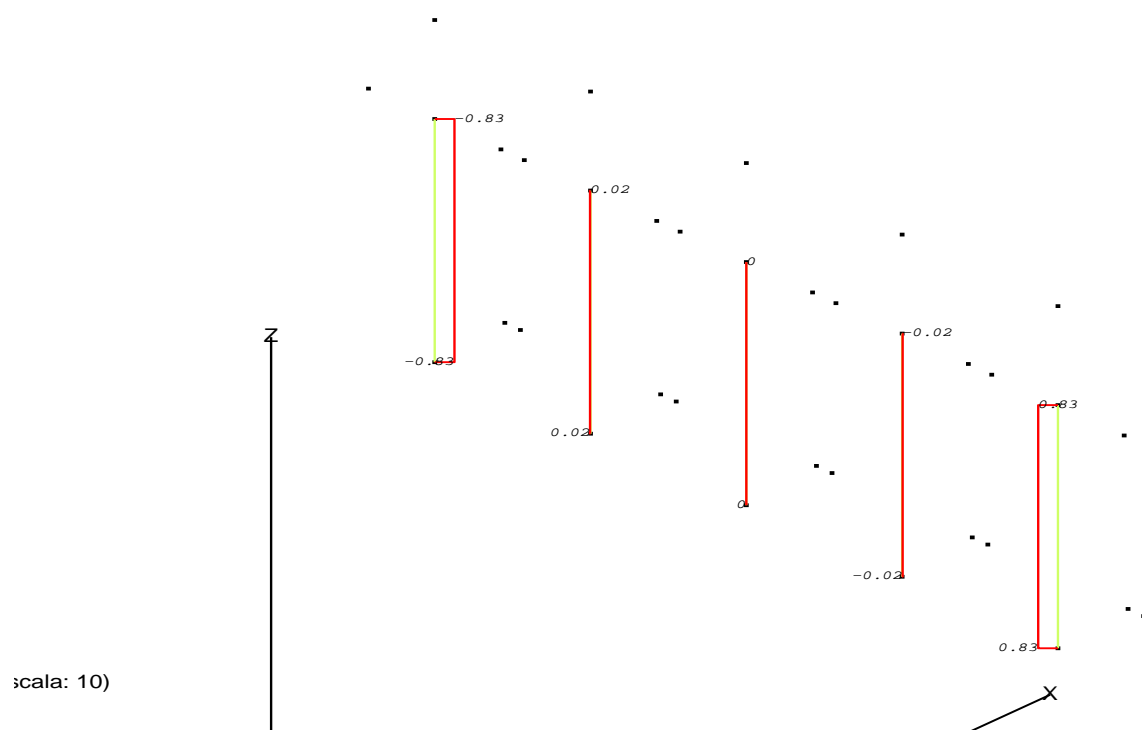


Figure 57: calcolo 4: forza assiale nei contrafforti

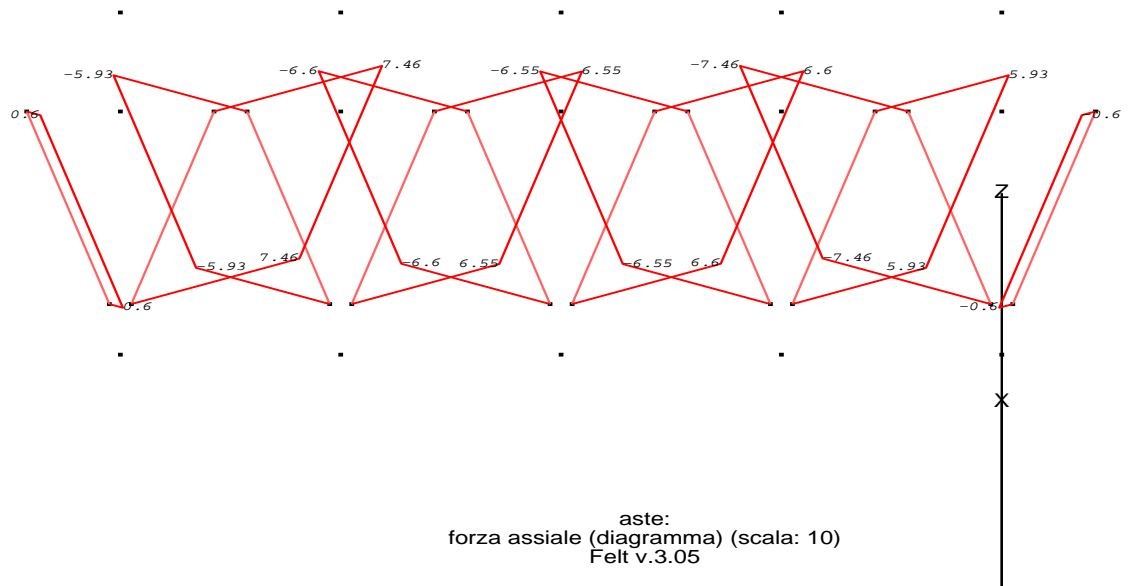


Figure 58: calcolo 4: forza assiale nei diagonali n. 2

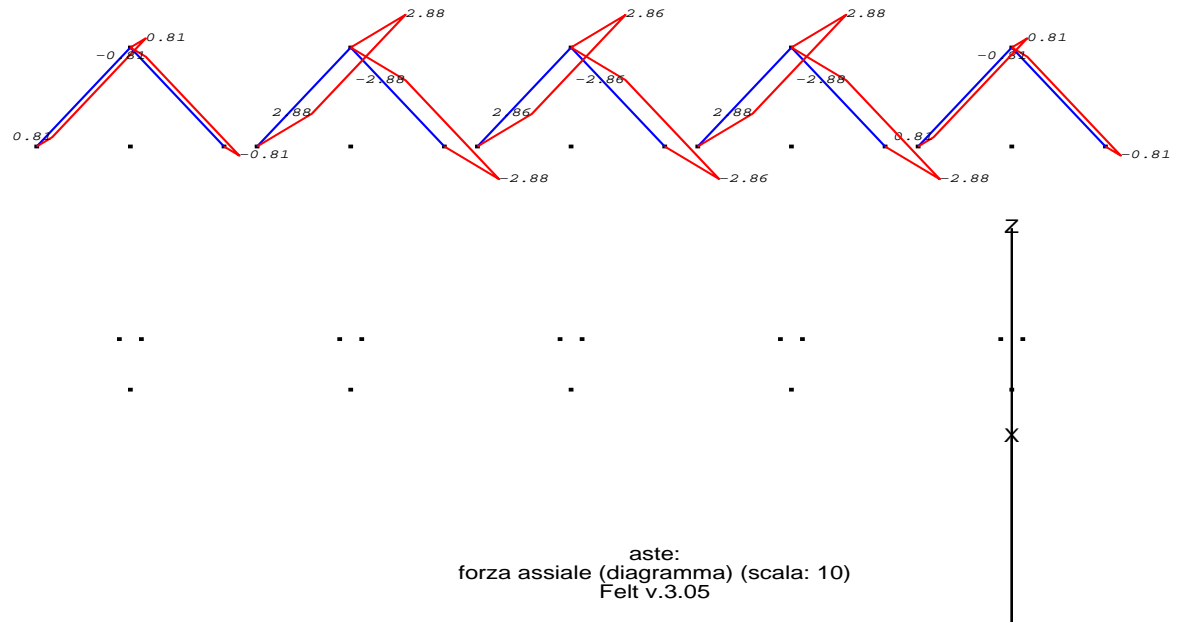


Figure 59: calcolo 4: forza assiale nella trave longitudinale

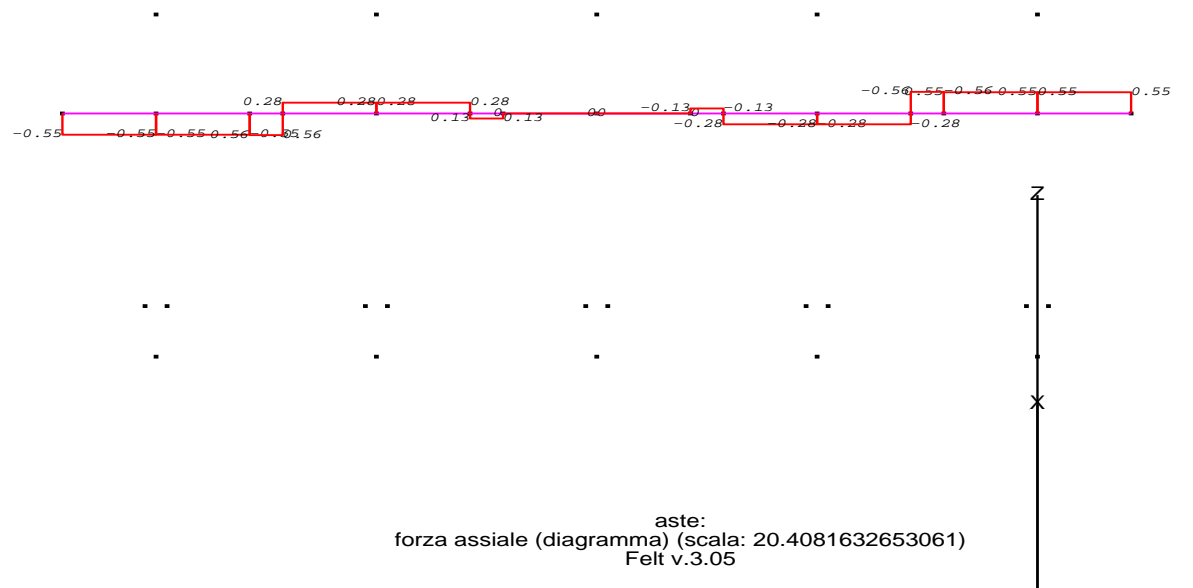
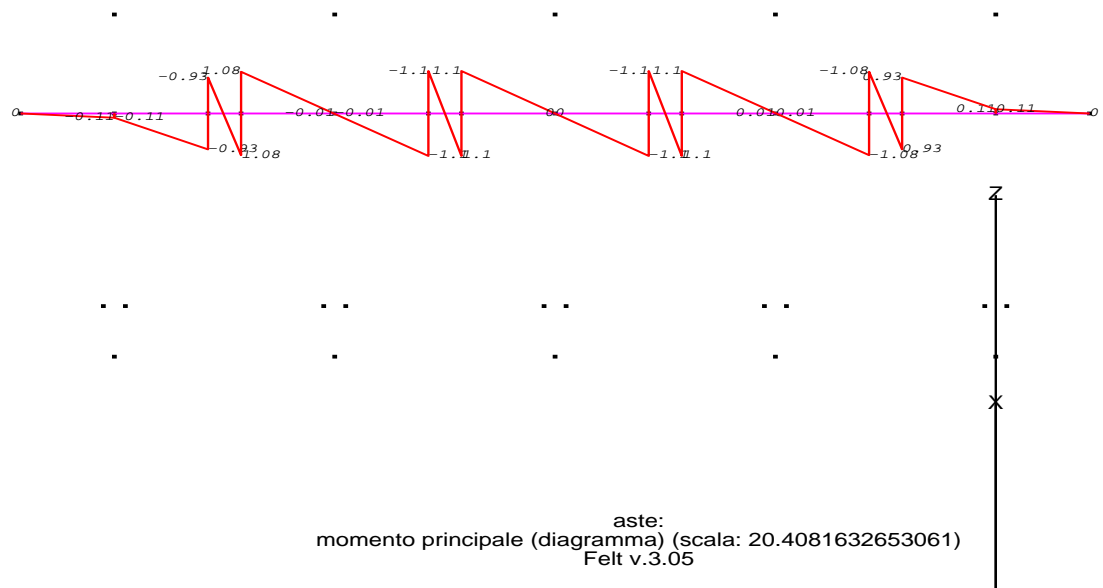


Figure 60: calcolo 4: flessione nella trave longitudinale



Il quadro riepilogativo delle sollecitazioni e delle tensioni nelle aste è il seguente:

Figure 61: calcolo 4: riepilogo delle sollecitazioni e delle tensioni nelle aste

**Calcolo 4A - Riepilogo azioni sulle aste** NB: moltiplicare x 54,1/44,3 = 1,22

78.5

**Bielle**

modulo elastico(MPa)	17800
tens.caratt.(MPa)	74
snellezza critica	49

elemento	num	diam.ext	diam.int	area(mm2)	erzia (cm4)	io min(mm)	lghezza(m)	snellezza	azione (kN)	edia (MPa)	giorazione critica(MPa)
catena	1	10	0	78.5			10.100				
colonne	1	140	112	5541.8	1113.3	44.8	2.400	54	0.83	0	1.1
puntoni	2	100	80	5654.9	579.8	32.	5.000	156			
contraforti	1	130	104	4778.4	827.7	41.6	3.650	88	7.46	2	1.8
diagonali 1	1	100	80	2827.4	289.8	32.	3.200	100			
diagonali 2	1	100	80	2827.4	289.8	32.	1.600	50	2.88	1	1.
diagonali 3	1	80	64	1809.6	118.7	25.6	1.930	75			
corrente	(asta fittizia che sostituisce l'assi			1810.0	118.7	25.6	2.000	78	1.29	1	1.6

**Travi**

elemento	num	diam.ext	diam.int	area(mm2)	erzia (cm4)	tenza(cm3)	azione (kN)	ento(kNm)	edia (MPa)
copertura 1	1	100	80	2827	289.81	58.0			0
copertura 2	1	100	80	2827	289.81	58.0			0
copertura 3	2	100	80	5529	579.82	115.9			0
travi	2	140	112	11062	2220.43	317.2	0.55	1.11	4

### 3.3 Risultati

I risultati possono essere inquadrati secondo due settori: caratteristiche geometriche e valori tensionali:

#### 3.3.1 caratteristiche geometriche

alcune aste, segnatamente i puntoni e i diagonali n. 1, presentano una snellezza elevata, pari a 154 e 100 rispettivamente. Se si considera che la snellezza limite per il bamboo è pari a circa 50 (snellezza cui corrisponde una tensione critica euleriana pari alla tensione di flessione ultima), si può apprezzare come i valori riscontrati risultino eccessivi per membrature principali;

#### 3.3.2 valori tensionali

le tensioni delle travi di copertura risultano elevate, collocandosi fra 25 e 40 MPa, ben superiori al valore indicato da Janssen.

Anche riferendosi a vari metodi pratici di dimensionamento, citati nel lavoro di Janssen, che assumono un valore ammissibile di circa 25 MPa, si vede che il valore è in alcuni casi ampiamente superato.

## 4 Comportamento al fuoco

Per quanto non strettamente attinenti al lavoro in oggetto, possono risultare utili alcune considerazioni in merito al comportamento al fuoco della struttura in esame.

Premesso che nella letteratura non si riscontrano studi al riguardo, in particolare manca l'indicazione della reazione al fuoco del bamboo e la sua velocità di combustione (parametro che consente la stima del comportamento al fuoco delle strutture lignee), possono indicarsi due ordini di osservazioni:

1. la presenza di fessure lungo le superfici esterne delle aste consente l'immissione di fumi e gas combusti all'interno delle sezioni anulari e con esso il pericolo di autocombustione e di aggressione del fuoco anche dall'interno; il ridotto spessore dell'anello (1/10 del diametro esterno, tipicamente dagli 8 ai 14 mm) non consente di immaginare una lunga resistenza dell'asta all'azione del fuoco;
2. la struttura è completamente libera sui due lati lunghi e su un lato corto, consentendo quindi la rapida evacuazione degli occupanti in caso di incendio.

In conclusione quindi può immaginarsi una struttura che, per quanto non rappresenti un pericolo per gli occupanti, rischia gravi mutilazioni in caso di incendio.

## 5 Riferimenti

1. J.J.A.Janssen, Bamboo in Building Structures, Tesi di Laurea presso la Technische Hogeschool Eindhoven, 1981
2. O.A.Arce-Villalobos Fundamentals of the Design of Bamboo Structures. Tesi di Laurea presso la Technische Hogeschool Eindhoven, 1991
3. J.Lindemann K.Steffens, El Pabellon de Bamboo en Expo 2000 Hannover, 2000
4. D.L.Jayanetti - P.R.Follett, Bamboo in Construction. An introduction. INBAR Technical Report n. 15.

Con i migliori saluti  
Dott. Arch. Giuliano Curti

piazza garibaldi 4 20077 melegnano (mi)  
tel +39 02 9834630 - fax +39 02 9830650  
e-mail: giulianc@libero.it