

**PROGETTO:** AMPLIAMENTO DEL PARCO PUBBLICO DI VIA REGINA  
VIA REGINA 70, BRIENNO

**OGGETTO:** INTERVENTI STRUTTURE

## CALCOLO DELLE STRUTTURE

<b>1</b>	<b>PREMessa</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>ELABORATI DI RIFERIMENTO</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>MATERIALI</b>	<b>5</b>
4.1	CALCESTRUZZO	5
4.2	ACCIAIO	5
4.3	LEGNO	5
4.4	PIETRA	5
<b>5</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI</b>	<b>6</b>
5.1	PESI PROPRI STRUTTURALI	6
5.2	PESI PROPRI NON STRUTTURALI	6
5.3	SOVRACCARICHI DI ESERCIZIO	6
5.4	AZIONE DEL VENTO	7
5.5	AZIONE DELLA NEVE	10
5.6	AZIONE SISMICA	11
<b>6</b>	<b>VERIFICHE</b>	<b>16</b>
6.1	TRAVE HEA220 RASTREMATA	16
6.2	HEM200 RASTREMATA	22
6.4	PARAPETTO	42
6.5	GRADINO IN PIETRA	45
6.7	MODELLO AD ELEMENTI FINITI DELLO SBALZO	46
6.8	MODELLO AD ELEMENTI FINITI DELLA STRUTTURA IN LEGNO	50
6.9	TRAVE SECONDARIA 150X150	59
6.10	TRAVE PRINCIPALE 150X300	65
6.11	PILASTRO 150X150	71
6.12	MURO IN C.A.	76
6.14	PLATEA IN C.A.	77
6.16	PRESSIONI SUL TERRENO	79
6.17	MURO ESISTENTE IN PIETRA	80

**Il calcolatore della struttura in oggetto:**

Ing. Andrea Castiglioni  
via bazzini n. 24 – 20131 Milano  
Ordine Ingegneri Milano n. 18086

Rev00: emissione

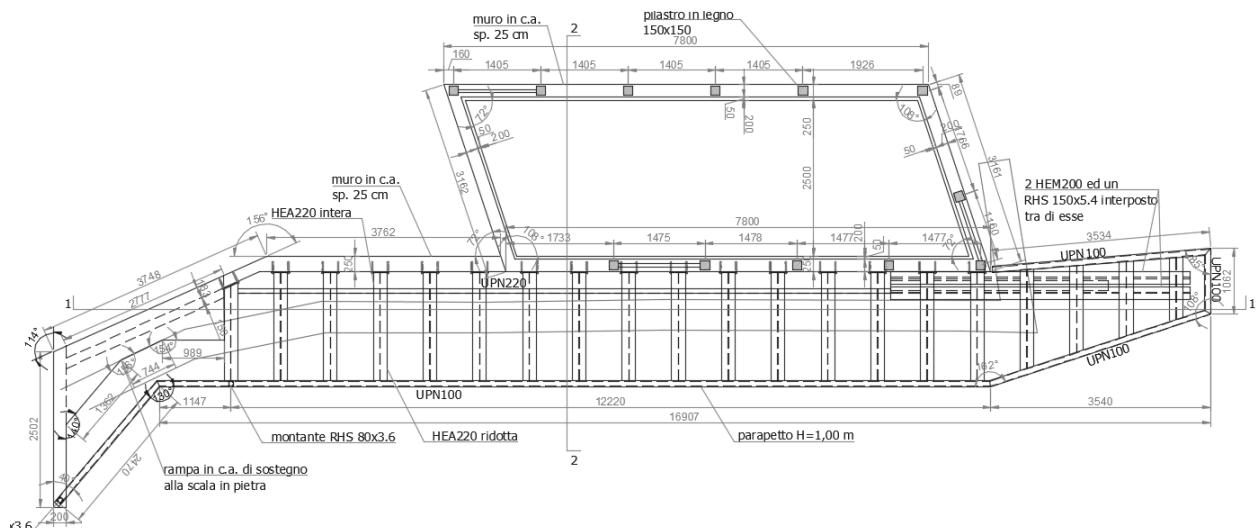


## **1 PREMESSA**

La presente relazione ha per oggetto la verifica delle strutture previste nel progetto di ampliamento del parco pubblico sito in via Regina n. 70 a Brienz.

Le strutture, visibili nella pianta sottostante, consistono in:

- una struttura in c.a. di fondazione per il locale di nuova realizzazione, composta da quattro pozzetti di dimensioni medie  $0,80 \times 0,80 \times 0,80$  m<sup>3</sup> a ridosso del muro esistente, una platea di dimensioni  $7,80 \times 3,20$  m<sup>2</sup> e spessore 20 cm, un muro in c.a. di spessore 25 cm ed altezza 65 cm di contorno alla platea ed alla struttura in acciaio;
  - una struttura in acciaio composta da profili del tipo HEM200, HEA220, UPN220, RHS 150x5.4, poggiate e fissate alla struttura in c.a. di cui al punto precedente;
  - un parapetto in acciaio costituito da montanti tondi  $\phi 14$  e quadrati di lato 10 mm alternati di contorno alla struttura di acciaio ed alla scala di cui sotto;
  - una struttura monopiano in legno massiccio composta da montanti 150x150 e travi 150x150 e 150x300, di dimensioni in pianta  $7,80 \times 3,20$  m<sup>2</sup> ed altezza variabile tra 2,50 m e 2,80 m;
  - una rampa in c.a. di sostegno alla scala in pietra di spessore 20 cm e lunghezza 3,10 m.



## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

### Normativa nazionale

#### **D.M. 17 gennaio 2018**

Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni.

#### **Circolare n. 7 C.S.LL.PP – 21 gennaio 2019**

Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni».

#### **Legge 2 febbraio 1974, n. 64**

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

#### **Legge 5 novembre 1971, n. 1086**

Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.

### Normativa regionale

#### **D.G.R. 30 marzo 2016, n. X/5001**

Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica.

#### **L.R. 12 ottobre 2015, n. 33**

Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche.

### Norme UNI

#### **UNI EN 1993-1-1:2014**

Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

### Istruzioni C.N.R.

#### **C.N.R. DT 206-R1 / 2018**

Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo delle strutture di legno

#### **C.N.R. DT 207-R1 / 2018**

Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni

### **3 ELABORATI DI RIFERIMENTO**

Disegni di layout strutture:

ST00\_Specifiche dei materiali

ST01\_Pianta fondazioni

ST02\_Vista piano calpestio e copertura

ST03\_Sezioni trasversali

ST04\_Sezione longitudinale

ST05\_Tipici e dettagli

## 4 MATERIALI

### 4.1 CALCESTRUZZO

Per la realizzazione dei solai a piano terra e a piano secondo si prevede l'uso dei calcestruzzi indicati di seguito.

#### CALCESTRUZZO FONDAZIONI

Si prescrive un calcestruzzo con le seguenti caratteristiche:

Classe di resistenza C32/40

Classe di consistenza S4

Classe di esposizione ambientale XC4

Diametro massimo degli aggregati 25 mm

Le caratteristiche meccaniche di progetto sono:

$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$

$f_{ck} = 33,2 \text{ N/mm}^2$

$f_{cd} = 18,81 \text{ N/mm}^2$

$E_{cm} = 33\,643 \text{ N/mm}^2$

### 4.2 ACCIAIO

#### ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA

Si prescrive l'uso di acciaio di classe S275 con le seguenti caratteristiche:

$f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$

$f_{yd} = 261,9 \text{ N/mm}^2$

$E = 210\,000 \text{ N/mm}^2$

#### ACCIAIO DA CALCESTRUZZO ARMATO

Si prescrive acciaio tipo B450C per barre e B450A per reti elettrosaldate.

Le caratteristiche meccaniche di progetto sono:

$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$

$f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2$

$E_s = 210\,000 \text{ N/mm}^2$

### 4.3 LEGNO

Per il legno esistente dei solai a piano secondo si assume una classe di resistenza C24. I parametri meccanici risultano:

$f_{m,k} = 24,0 \text{ N/mm}^2$  (resistenza caratteristica a flessione)

$f_{m,d} = 10,7 \text{ N/mm}^2$  (resistenza di progetto a flessione)

$f_{v,k} = 4,0 \text{ N/mm}^2$  (resistenza caratteristica a taglio)

$f_{v,d} = 1,8 \text{ N/mm}^2$  (resistenza di progetto a taglio)

$E_{m,0,mean} = 11\,000 \text{ N/mm}^2$  (modulo elastico medio longitudinale)

$E_{0,05} = 7\,400 \text{ N/mm}^2$  (modulo elastico caratteristico longitudinale)

$G_{mean} = 690 \text{ N/mm}^2$  (modulo elastico medio tangenziale)

$G_{0,05} = 464 \text{ N/mm}^2$  (modulo elastico caratteristico tangenziale)

$\rho_{mean} = 420 \text{ kg/m}^3$  (densità media)

$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$  (densità caratteristica)

### 4.4 PIETRA

Per la scala in pietra si prevede l'uso di una pietra con resistenza a flessione pari a  $7,0 \text{ N/mm}^2$ .

## 5 ANALISI DEI CARICHI

### 5.1 PESI PROPRI STRUTTURALI

Si adottano i seguenti pesi specifici per i materiali strutturali:

$$\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{acciaio} = 78,5 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{legno} = 6,0 \text{ kN/m}^3$$

### 5.2 PESI PROPRI NON STRUTTURALI

Sulla struttura di acciaio è previsto un pavimento in legno. Ai fini dei calcoli statici si assume il seguente peso proprio:

Strato	Peso specifico [kN/m <sup>3</sup> ]	Spessore [cm]	Peso unitario [kN/m <sup>2</sup> ]
Pavimento in legno	6	6,5	0,39
<b>Totalle</b>			<b>0,39</b>

Sulla copertura dell'edificio in legno è prevista la seguente stratigrafia:

Strato	Peso specifico [kN/m <sup>3</sup> ]	Spessore [cm]	Peso unitario [kN/m <sup>2</sup> ]
Doppia lastra cartongesso per esterni	13	2,5	0,33
Lana di roccia	1,50	15	0,23
Doppia lastra cartongesso per esterni	13	2,5	0,33
<b>Totalle</b>			<b>0,89</b>

### 5.3 SOVRACCARICHI DI ESERCIZIO

Il sovraccarico agente sulla struttura di acciaio e a pavimento del locale in legno è assunto pari a 4,00 kN/m<sup>2</sup> (ambiente suscettibile di affollamento).

Il sovraccarico agente sulla copertura della struttura in legno è assunto pari a 0,50 kN/m<sup>2</sup> (copertura accessibile per sola manutenzione).

Si adottano i seguenti coefficienti di combinazione, come prescritto dal §2.5.2 delle NTC2018:

	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
D – ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
H - coperture	0,0	0,0	0,0

## 5.4 AZIONE DEL VENTO

La spinta del vento è calcolata come indicato al §3.3 delle NTC2018 e nell'appendice G del DT 207-R1/2018 del C.N.R.. Si riportano di seguito i calcoli:

INPUT	
Scenario di progetto	
Fase definitiva ( $T_r$ , 50 anni)	(●)
Fase definitiva ( $T_r$ 100 anni)	( )
Fase di costruzione o transitoria con durata prevista $\leq 3$ mesi	( )
Fase di costruzione o transitoria con durata prevista $> 3$ mesi e $\leq 1$ anno	( )
Geografia	
Comune	Brieno
Distanza dalla costa	164 km
Altitudine s.l.m.	538 m
Classe di rugosità	
A	( )
B	( )
C	( )
D	(●)
Caratteristiche struttura	
$z$	3.00 m
Lato 1 in pianta	7.70 m
Lato 2 in pianta	3.35 m
$\alpha$	0°
$\phi_{\text{dir.perpendicolare}}$	1.00
$\phi_{\text{dir.parallelta}}$	0.00
OUTPUT	
Regione	Lombardia
Provincia	Como
$T_R$	50 anni
Zona (Tab. 3.3.I.)	1
$V_{b,0}$	25 m/s
$a_0$	1000 m
$k_s$	0.40
$c_a$	1
$V_b$	25 m/s
$c_r$	1.00
$V_r$	25 m/s
$q_r$	0.39 kN/m <sup>2</sup>
Categoria esposiz.	III
$k_r$	0.20
$z_0$	0.10 m
$z_{\min}$	5.00 m
$c_e$	1.71
<b>p</b>	<b>0.67 kN/m<sup>2</sup></b>

<b>Coefficienti di pressione</b>	
<u>Vento in direzione <math>\pm X</math></u>	
<i>Pareti verticali</i>	
b	3.35 m
d	7.70 m
h/d	0.39
	Sopravento
$c_{pe}$	0.74
	Laterali
$c_{pe}$	-0.81
	Sottovento
$c_{pe}$	-0.38
<i>Copertura</i>	
Fascia sopravento di profondità 1.68 m	
$c_{pe,A}$	-0.80
	Restante parte di profondità 6.03 m
$c_{pe,B+}$	0.20
$c_{pe,B-}$	-0.20
<i>Pressione interna</i>	
$c_{pi+}$	0.67
$c_{pi-}$	-0.73
<u>Vento in direzione <math>\pm Y</math></u>	
<i>Pareti verticali</i>	
b	7.70 m
d	3.35 m
h/d	0.90
	Sopravento
$c_{pe}$	0.79
	Laterali
$c_{pe}$	-1.22
	Sottovento
$c_{pe}$	-0.48
<i>Copertura</i>	
Fascia sopravento di profondità 1.68 m	
$c_{pe,A}$	-0.80
	-Restante parte di profondità 1.68 m
$c_{pe,B+}$	0.20
$c_{pe,B-}$	-0.20
<i>Pressione interna</i>	
$c_{pi+}$	0.71
$c_{pi-}$	-1.09

Spinte - pressione interna positiva		
	Vento in dir. $\pm X$	Vento in dir. $\pm Y$
Parete sopravento	0.36 kN/m <sup>2</sup>	0.05 kN/m <sup>2</sup>
Parete laterale	-0.66 kN/m <sup>2</sup>	-1.28 kN/m <sup>2</sup>
Parete sottovento	-0.38 kN/m <sup>2</sup>	-0.79 kN/m <sup>2</sup>
Copertura - fascia sopravento	-0.98 kN/m <sup>2</sup>	-1.01 kN/m <sup>2</sup>
Copertura - fascia sottovento	-0.31 kN/m <sup>2</sup>	-0.34 kN/m <sup>2</sup>
	-0.58 kN/m <sup>2</sup>	-0.61 kN/m <sup>2</sup>

Spinte - pressione interna negativa		
	Vento in dir. $\pm X$	Vento in dir. $\pm Y$
Parete sopravento	0.97 kN/m <sup>2</sup>	1.25 kN/m <sup>2</sup>
Parete laterale	-0.04 kN/m <sup>2</sup>	-0.08 kN/m <sup>2</sup>
Parete sottovento	0.23 kN/m <sup>2</sup>	0.40 kN/m <sup>2</sup>
Copertura - fascia sopravento	-0.05 kN/m <sup>2</sup>	0.19 kN/m <sup>2</sup>
Copertura - fascia sottovento	0.61 kN/m <sup>2</sup>	0.86 kN/m <sup>2</sup>
	0.35 kN/m <sup>2</sup>	0.59 kN/m <sup>2</sup>

## 5.5 AZIONE DELLA NEVE

Il carico da neve è calcolato come indicato al §3.4 delle NTC2018. Si riportano di seguito i calcoli:

INPUT	
Scenario di progetto	
Fase definitiva ( $T_r$ 50 anni)	( <input checked="" type="radio"/> )
Fase definitiva ( $T_r$ 100 anni)	( <input type="radio"/> )
Fase di costruzione o transitoria con durata prevista $\leq$ 3 mesi	( <input type="radio"/> )
Fase di costruzione o transitoria con durata prevista $>$ 3 mesi e $\leq$ 1 anno	( <input type="radio"/> )
Comune	
Brieno	
Altitudine	
$a_s$	538 m
Esposizione	
Battuta dai venti	( <input checked="" type="radio"/> )
Normale	( <input type="radio"/> )
Riparata	( <input type="radio"/> )
Caratteristiche copertura	
Inclinazione	
$\alpha$	0°
Parapetto / ostruzione in gronda	
Presente	( <input type="radio"/> )
Assente	( <input checked="" type="radio"/> )
Coefficiente termico	
$C_t$	1
OUTPUT	
Carico della neve sulla copertura	
Provincia	Como
Zona (§3.4)	I - Alpina
$q_{sk}$	2.15 kN/m <sup>2</sup>
$n$	50 anni
$P_n$	0.02
$v$	0.6
$q_{sn}$	2.15 kN/m <sup>2</sup>
$\mu$	0.8
$C_E$	0.9
$q_s$	1.55 kN/m <sup>2</sup>

## 5.6 AZIONE SISMICA

L'azione sismica è stata applicata alla struttura tramite il software di calcolo ad elementi finiti ModeSt, di cui al seguente §6.6, basato sul §3.2 delle NTC2018.

A seguire si indicano l'origine e le caratteristiche dei codici utilizzati riportando titolo, produttore e distributore, versione es estremi della licenza d'uso:

Titolo: Modest  
 Versione: 8.26  
 Autore-Distributore: Tecnisoft S.a.s. – via F.Ferrucci, 203/C – 59100 Prato  
 Estremi licenza d'uso: Ing. Castiglioni Andrea, via Teodosio 17 – 20131 Milano

Titolo: XFinest  
 Versione: 2019  
 Autore-Distributore: Ce.A.S. s.r.l. viale Giustiniano, 10 – 20129 Milano  
 Estremi licenza d'uso: Ing. Castiglioni Andrea, via Teodosio 17 – 20131 Milano

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esaurente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione:

Le società produttrici Tecnisoft s.a.s. e Ce.A.S. hanno verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

L'edificio, costituito dal chiosco e dalla passerella che ne consente l'accesso, è ordinario ed inquadrato nella classe d'uso II del §2.4.2 delle NTC2018, per cui la vita di riferimento al fine del calcolo dell'azione sismica è pari a  $V_R = V_N \times C_U = 50 \text{ anni} \times 1 = 50 \text{ anni}$ .

Ai fini della definizione dei sovraccarichi di esercizio e dei rispettivi coefficienti di combinazione, facendo riferimento alla tabella 3.1.II delle NTC2018, il locale del chiosco in legno rientra nella categoria C1 "aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento", mentre la passerella accanto ad esso rientra nella categoria C – "scale comuni, balconi e ballatoi"; la copertura del chiosco è in categoria H – "coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione".

L'edificio è stato considerato in classe di duttilità "B", regolare in pianta e regolare in altezza. Ai fini del calcolo del fattore di struttura si assume la struttura come "Struttura reticolare con collegamenti a mezzo di chiodi, viti, bulloni e spinotti", come indicato nella tabella 7.3.II delle NTC2018.

Si assume come categoria del terreno la C di cui alla tabella 3.2.II delle NTC2018, ovvero "deposito di terreno a grana grossa mediamente addensato o terreno a grana fina mediamente consistente"; la categoria topografica considerata è la T2, di cui alla tabella 3.2.III delle NTC2018, ovvero "Pendii con inclinazione media  $i > 15^\circ$ ".

I parametri base della vulnerabilità sismica del sito sono stati desunti automaticamente dal software tramite le coordinate geografiche del sito, ovvero latitudine 45.91349 e longitudine 9.13183.

L'analisi dei modi di vibrare è stata eseguita con il metodo degli autovalori.

Si riportano di seguito le impostazioni del software con il quale si è fatto il modello agli elementi finiti:

**Calcolo struttura con metodo FEM**

Opzioni Salva Carica Esporta Importa

Generali | Dati struttura | Dati di piano | **Dati di calcolo** | Ambienti | Combinazioni | Opzioni pushover |

**Normativa**

- Tensioni ammissibili D.M. 92
- Stati limite D.M. 96
- Stati limite D.M. 18

**Tipo di calcolo**

- Statico
- Solo modi di vibrare
- Sismica statica
- Sismica dinamica
- Sismica statica non lineare (pushover a fibre)

**Vincoli esterni**

- Considera sempre vincoli assegnati in modellazione
- Considera incastrate fondazioni per analisi sismiche

**Piani rigidi**

- Nessun impalcato rigido
- Metodo Master-Slave
- Metodo Master-Slave solo per forze sismiche
- Controventatura solai
- Controventatura solai solo per forze sismiche
- Avanzate

Selezione solai controventati

Selezione solai controventati solo per forze sismiche

**Recupero masse secondarie**

- Trasferire le masse
  - All'impalcato più vicino in assoluto
  - Anche sui nodi degli impalcati non rigidi
  - Modificare coordinate baricentro impalcati rigidi
    - XY
    - XYZ
- Mantenere masse e forze relative sul nodo
- Annullare masse e forze relative

**Individuazione perimetri impalcato**

- Dagli elementi appartenenti all'impalcato
- Dagli elementi giacenti sull'impalcato
- Dai solai appartenenti all'impalcato

Ripristina valori predefiniti OK Annulla

**Calcolo struttura con metodo FEM**

Opzioni Salva Carica Esporta Importa

Generali Dati struttura Dati di piano Dati di calcolo Ambienti Combinazioni Opzioni pushover

Edificio esistente

Spettri

Sito di costruzione: LON. 9.13183 LAT. 45.91349

Contenuto tra ID reticolto: 10262 10263 10040 10041

Tipo di opera Opera ordinaria

Vita nominale  $V_N$  50

Classe d'uso

<input type="checkbox"/> SLO-Pvr		Ag		Fo		Classe II
<input checked="" type="checkbox"/> SLD-Pvr	63	Ag	0.196314	Fo	2.58631	Tc*
<input checked="" type="checkbox"/> SLV-Pvr	10	Ag	0.404865	Fo	2.64929	Tc* 0.161316
<input type="checkbox"/> SLC-Pvr		Ag		Fo		Tc* 0.28

Struttura dissipativa

Quota di riferimento

Quota max della struttura

Numero piani edificio

Coefficiente  $\theta$

<input checked="" type="checkbox"/> Edificio regolare in altezza		<m> 0
<input checked="" type="checkbox"/> Edificio regolare in pianta		<m> 2.88
<input type="checkbox"/> Genera stati limite per verifiche di resistenza al fuoco		0
<input type="checkbox"/> Genera le combinazioni corrispondenti allo stato attuale		0

Ripristina valori predefiniti

OK Annulla

**Calcolo struttura con metodo FEM**

Opzioni Salva Carica Esporta Importa

Dati di piano | Dati di calcolo | Ambienti | Combinazioni | Opzioni pushover

Categoria del suolo di fondazione: C

Categoria topografica: T2 - Pendii... Coeff. amplificazione topografica  $S_T$ : 1.2

Tipologia diversa nelle due direzioni sismiche

Tipologia strutturale: legno a strutture re... | Direzione X: | Direzione Y:

Valuta  $T_1$  in modo automatico

Periodo  $T_1$ :

Coeff. $\lambda$ : SLV	1	1
Rapporto di sovraresistenza ( $\alpha_u/\alpha_1$ ):	2.5	2.5
Valore di riferimento del fattore di comportamento ( $q_0$ ):	1	1
Fattore riduttivo ( $K_{W_0}$ ):	2.5	2.5
Fattore di comportamento dissipativo ( $q$ ):	1.5	1.5
Fattore di comportamento non dissipativo ( $q_{ND}$ ):	1.5	1.5
Fattore di comportamento per SLD ( $q_{D}$ ):	1.5	1.5
Fattore di comportamento per sisma verticale ( $q_V$ ):		1.5

Smorzamento spettro: <%> 5 | Visualizza spettri

Angolo di ingresso del sisma: <grad> 0

Modalità di calcolo modi di vibrare | CCE per vettori di Ritz e numero di modi da calcolare

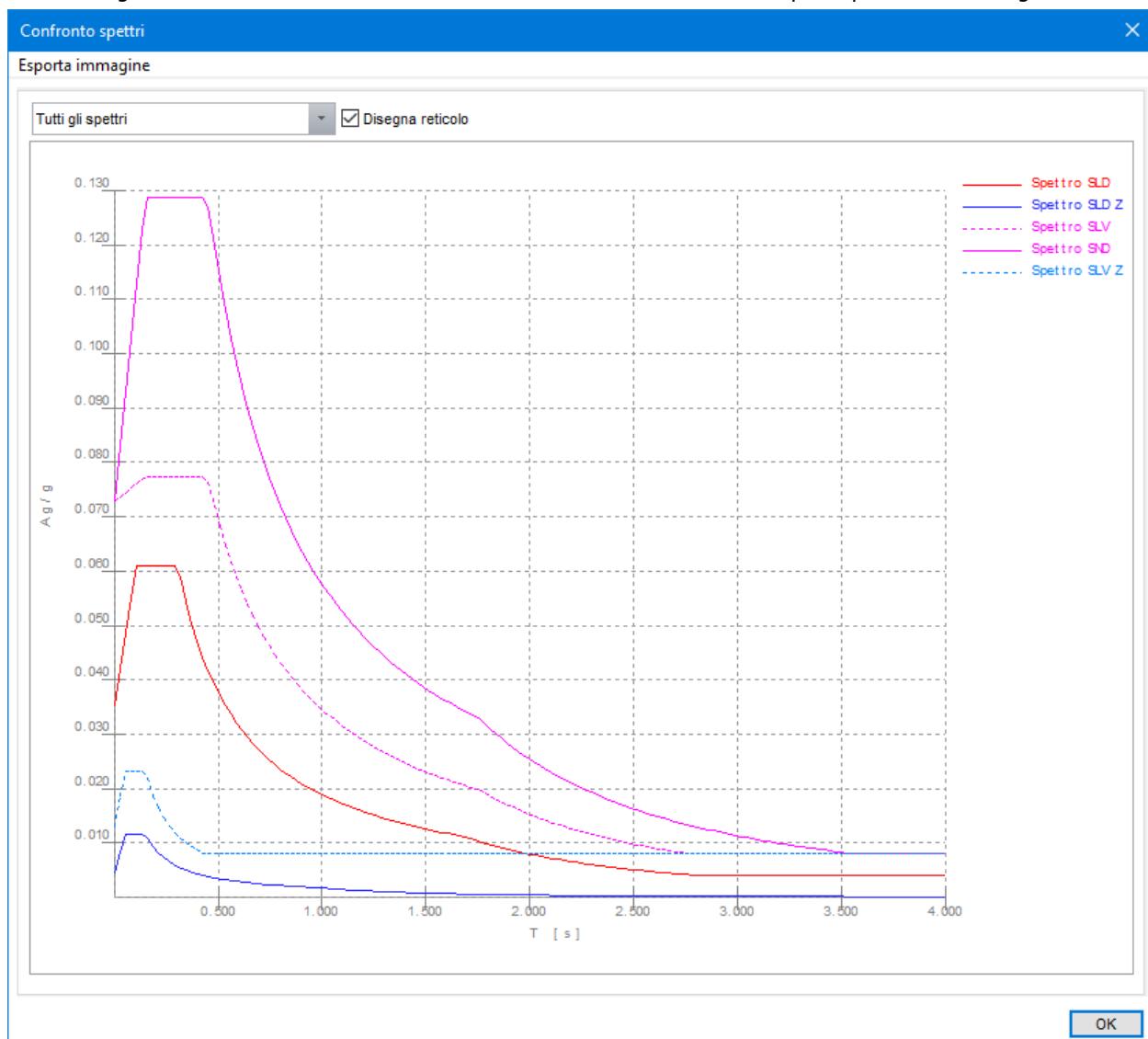
<input checked="" type="radio"/> Autovalori	Num. modi: 10	CCE:   Num. modi:
<input type="radio"/> Ritz-vectors	Num. vettori:	CCE:   Num. modi:
		CCE:   Num. modi:

Modi da considerare:

- Tutti i modi calcolati
- Tali da movimentare una percentuale di massa pari a <%> 85

Ripristina valori predefiniti | OK | Annulla

Si riportano di seguito gli spettri di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali:



## 6 VERIFICHE

### 6.1 TRAVE HEA220 RASTREMATA

La trave è stata schematizzata come una mensola di lunghezza 1,80 m. Il carico è stato modellato come uniformemente ripartito sulla luce della trave. Si riportano di seguito i calcoli di verifica:

INPUT	
Modellazione	
Considera	<input checked="" type="radio"/>
Trascura	<input type="radio"/>
Modellazione ala superiore	
Luce sbalzo	<input type="radio"/>
Distanza ritegno	<input checked="" type="radio"/>
Geometria	
Trave	
Lunghezza mensola	1.80 m
Lungh. rastremaz.	1.50 m
x verifica	1.80 m
Ritegno-estr. libero	0.10 m
Interasse	0.80 m
Altezza minima	0.10 m
Anima	
Altezza	199 mm
Spessore	7.0 mm
Ala	
Larghezza	220 mm
Spessore	11.0 mm
Acciaio	
Classe di resistenza	
S235	<input type="radio"/>
S275	<input checked="" type="radio"/>
S355	<input type="radio"/>
Costanti elastiche	
E	206 000 N/mm <sup>2</sup>
G	78 400 N/mm <sup>2</sup>
Carichi	
G <sub>2</sub>	0.39 kN/m <sup>2</sup>
Q <sub>sovraffaccarico</sub>	4.00 kN/m <sup>2</sup>
Q <sub>neve</sub>	1.55 kN/m <sup>2</sup>
Verifica deformabilità	
Coperture in generale	<input type="radio"/>
Coperture praticabili	<input type="radio"/>
Solai in generale	<input type="radio"/>
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	<input type="radio"/>
Solai che supportano colonne	<input checked="" type="radio"/>
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	<input type="radio"/>

	OUTPUT
$h_{anima}$	199 mm
$J_{t,anima}$	22 752 mm <sup>4</sup>
$J_{t,ala}$	97 607 mm <sup>4</sup>
$J_{t,totale}$	120 359 mm <sup>4</sup>
C	9.44E+09 N mm <sup>2</sup>
$A_{anima}$	1 393 mm <sup>2</sup>
$A_{ala}$	2 420 mm <sup>2</sup>
$A_{totale}$	3 813 mm <sup>2</sup>
$\gamma_{G,anima}$	99.5 mm
$\gamma_{G,ala}$	205 mm
$\gamma_{G,totale}$	166 mm
$J_{G,xx,anima}$	4.6E+06 mm <sup>4</sup>
$J_{G,yy,anima}$	5.7E+03 mm <sup>4</sup>
$J_{G,xx,ala}$	2.4E+04 mm <sup>4</sup>
$J_{G,yy,ala}$	9.8E+06 mm <sup>4</sup>
$d_{G,anima}$	67 mm
$d_{G,ala}$	38 mm
$J_{G,xx,totale}$	1.4E+07 mm <sup>4</sup>
$J_{G,yy,totale}$	9.8E+06 mm <sup>4</sup>
$J_{G,min}$	9.8E+06 mm <sup>4</sup>
B	2.01E+12 N mm <sup>2</sup>
$L_{cr}$	3.50 m
$M_{cr}$	123.7 kNm
$G_1$	0.30 kN/m
$G_2$	0.31 kN/m
$Q_{sovraffaccarico}$	3.20 kN/m
$Q_{neve}$	1.24 kN/m
$F_{Ed,SLU}$	8.38 kN/m
$F_{Ed,FREQUENTE}$	2.85 kN/m
$M_{Ed,SLU}$	13.6 kNm
$f_{yk}$	275 N/mm <sup>2</sup>
$f_{yd}$	262 N/mm <sup>2</sup>
$\epsilon$	0.92
$\gamma_{inf}$	166.1 mm
$\gamma_{sup}$	43.9 mm
$W_{inf}$	8.6E+04 mm <sup>3</sup>
$W_{sup}$	3.3E+05 mm <sup>3</sup>

Verifica di resistenza				
W <sub>min</sub>	8.6E+04 mm <sup>3</sup>			
M <sub>Rd</sub>	23 kNm	≥	13.6 kNm	60%
Verifica di stabilità				
λ <sub>LT</sub>	0.43			
β	1			
λ <sub>LT,0</sub>	0.2			
α <sub>LT</sub>	0.76			
k <sub>c</sub>	0.91			
f	0.97			
ϕ <sub>LT</sub>	0.68			
χ <sub>LT</sub>	0.86			
M <sub>b,Rd</sub>	19.4 kNm	≥	13.6 kNm	70%
Verifica deformabilità				
δ <sub>max</sub>	2L/400	=	9 mm	
F <sub>Ed,RARA</sub>	5.05 kN/m			
E	206 000 N/mm <sup>2</sup>			
J <sub>xx</sub>	1.4E+07 mm <sup>4</sup>			
δ	2.2 mm	≤	9 mm	25%
δ <sub>2,max</sub>	2L/400	=	9 mm	
Q	3.82 kN/m			
δ <sub>2</sub>	1.7	≤	9 mm	19%
Verifica vibrazione				
E	206 000 N/mm <sup>2</sup>			
J <sub>xx</sub>	1.4E+07 mm <sup>4</sup>			
μ	31 kg/m			
f <sub>1</sub>	5.4 Hz	≥	3.0 Hz	56%

Si riportano di seguito il diagramma del momento flettente sollecitante e di quelli resistenti, distinguendo tra M<sub>Rd</sub>, momento resistente della sezione, ed M<sub>b,Rd</sub>, momento resistente che tiene conto dell'instabilità della trave. Il momento Mb,Rd è stato calcolato seguendo il procedimento indicato al § con la seguente espressione:

$$M_{b,Rd} = \frac{\pi}{L_{cr}} \cdot \sqrt{E \cdot J_{min} \cdot G \cdot J_{tor}}$$

dove L<sub>cr</sub> è la lunghezza di libera inflessione dell'asta,

E il modulo di elasticità longitudinale,

J<sub>min</sub> il minimo momento di inerzia della sezione,

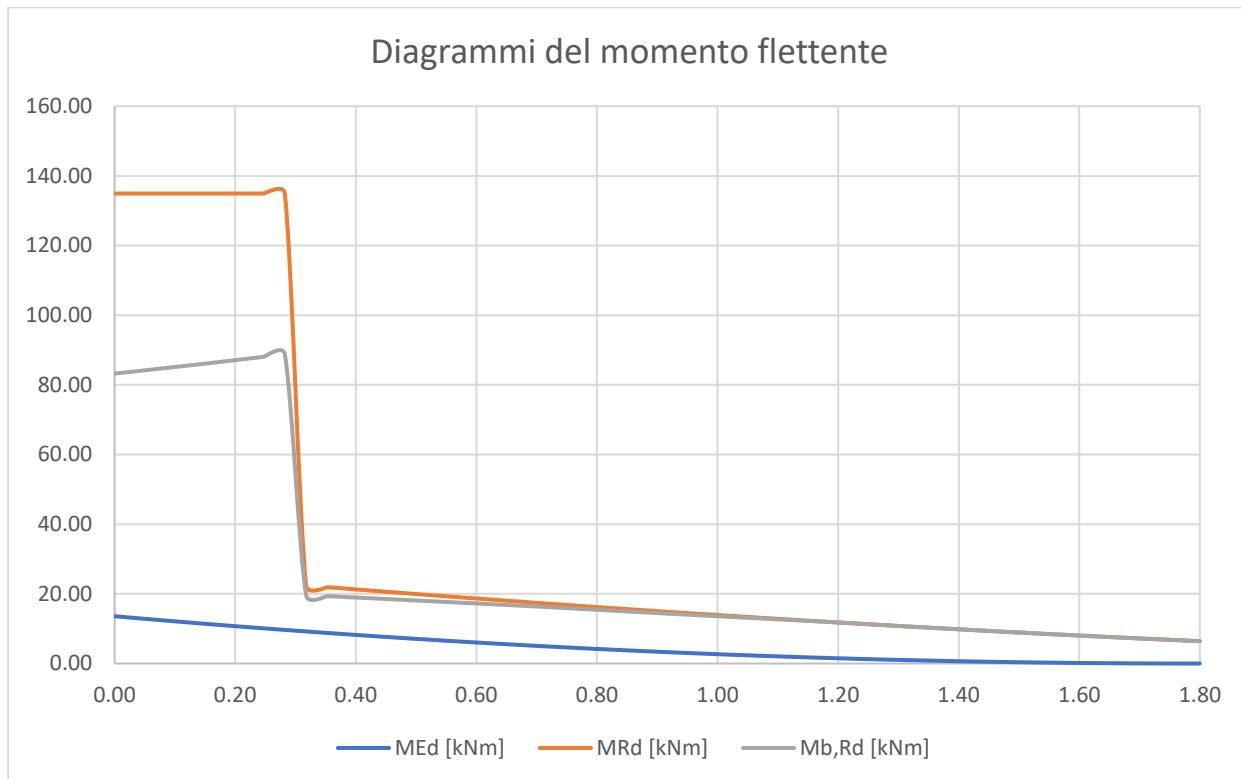
G il modulo di elasticità a taglio,

J<sub>tor</sub> il momento di inerzia a torsione della sezione

Il momento d'inerzia torsionale è stato calcolato con la seguente espressione:

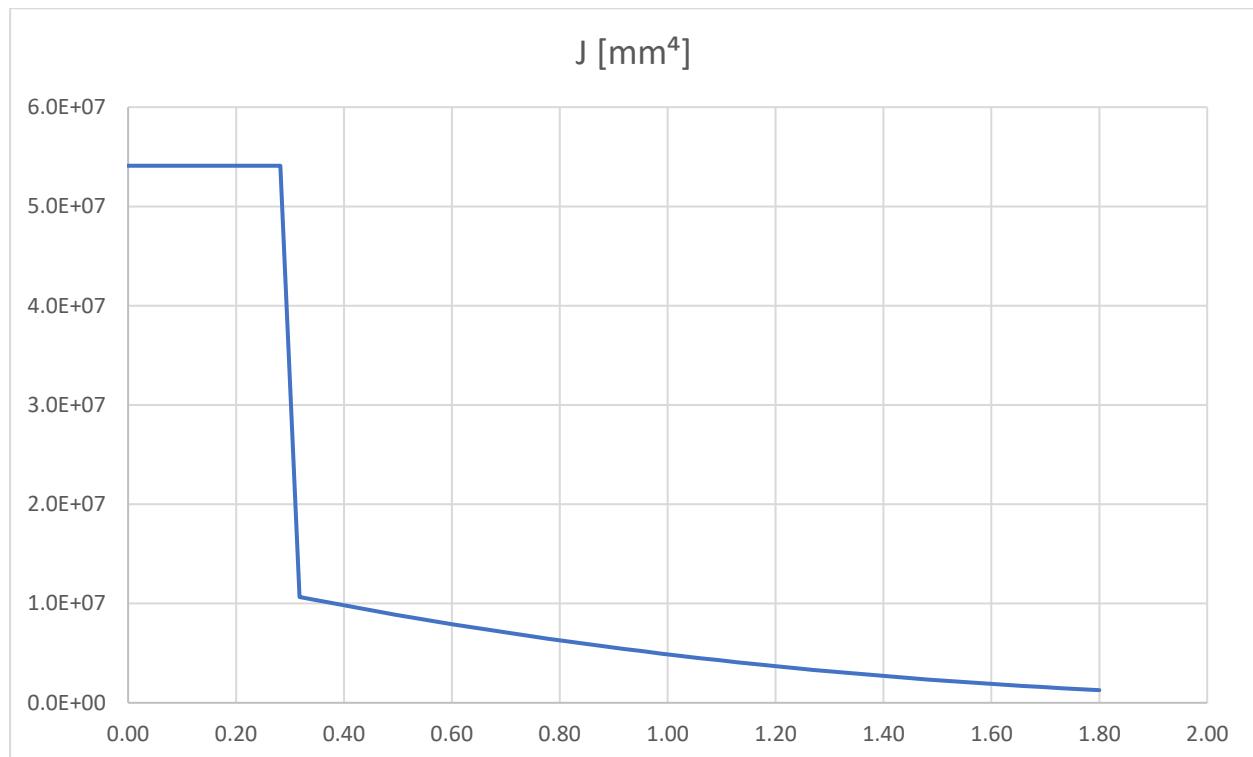
$$J_{\text{tor}} = \frac{1}{3} \cdot \sum a \cdot t^3$$

dove a e t sono rispettivamente la lunghezza e lo spessore dell'anima e delle ali della sezione.



Come si vede nel diagramma il momento resistente è sempre maggiore del momento sollecitante.

Si riporta di seguito lo sviluppo del momento di inerzia della sezione rastremata lungo la lunghezza della trave:



Si procede al calcolo della deflessione in combinazione rara considerando la rastremazione dell'anima. Il procedimento è basato sulla suddivisione della trave in tronchi di lunghezza  $dx = 0,04 \text{ m}$ ; successivamente, dopo aver determinato il momento sollecitante ed il momento di inerzia di quel tronco si calcola la rotazione della trave in quel punto con la seguente espressione:

$$\alpha_i = \frac{M dx}{EJ(x)}$$

Quindi si calcola l'abbassamento del singolo tronco con la seguente espressione:

$$f_i = \alpha_i dx$$

ed infine si fa la somma delle frecce di tutti i singoli tronchi per ricavare quella totale all'estremità della trave:

$$f = \sum f_i$$

Si riporta di seguito il tabulato di calcolo. Risulta un abbassamento pari a 2,4 mm, praticamente uguale a quello calcolato in precedenza.

x [m]	J [mm <sup>4</sup> ]	I <sub>Ed,RARA</sub> [kNm]	α [rad]	f [mm]
0.00	5.4E+07	8.18	0.0E+00	0.0E+00
0.04	5.4E+07	7.87	2.5E-05	8.8E-04
0.07	5.4E+07	7.55	4.9E-05	1.7E-03
0.11	5.4E+07	7.25	7.2E-05	2.5E-03
0.14	5.4E+07	6.95	9.4E-05	3.3E-03
0.18	5.4E+07	6.66	1.1E-04	4.1E-03
0.21	5.4E+07	6.37	1.4E-04	4.8E-03
0.25	5.4E+07	6.09	1.5E-04	5.4E-03
0.28	5.4E+07	5.82	1.7E-04	6.1E-03
0.32	1.1E+07	5.55	2.6E-04	9.2E-03
0.35	1.0E+07	5.29	3.5E-04	1.2E-02
0.39	9.9E+06	5.03	4.4E-04	1.5E-02
0.42	9.6E+06	4.79	5.2E-04	1.8E-02
0.46	9.2E+06	4.54	6.1E-04	2.1E-02
0.49	8.9E+06	4.31	6.9E-04	2.4E-02
0.53	8.6E+06	4.08	7.7E-04	2.7E-02
0.56	8.2E+06	3.85	8.5E-04	3.0E-02
0.60	7.9E+06	3.64	9.3E-04	3.3E-02
0.64	7.6E+06	3.43	1.0E-03	3.6E-02
0.67	7.3E+06	3.22	1.1E-03	3.8E-02
0.71	7.0E+06	3.02	1.2E-03	4.1E-02
0.74	6.7E+06	2.83	1.2E-03	4.3E-02
0.78	6.5E+06	2.65	1.3E-03	4.6E-02
0.81	6.2E+06	2.47	1.4E-03	4.8E-02
0.85	5.9E+06	2.29	1.4E-03	5.1E-02
0.88	5.7E+06	2.13	1.5E-03	5.3E-02
0.92	5.4E+06	1.97	1.6E-03	5.5E-02
0.95	5.2E+06	1.81	1.6E-03	5.7E-02
0.99	5.0E+06	1.66	1.7E-03	5.9E-02
1.02	4.7E+06	1.52	1.7E-03	6.1E-02
1.06	4.5E+06	1.39	1.8E-03	6.3E-02
1.09	4.3E+06	1.26	1.8E-03	6.5E-02
1.13	4.1E+06	1.14	1.9E-03	6.6E-02
1.16	3.9E+06	1.02	1.9E-03	6.8E-02
1.20	3.7E+06	0.91	2.0E-03	6.9E-02
1.24	3.5E+06	0.81	2.0E-03	7.1E-02
1.27	3.3E+06	0.71	2.0E-03	7.2E-02
1.31	3.1E+06	0.62	2.1E-03	7.3E-02
1.34	3.0E+06	0.53	2.1E-03	7.4E-02
1.38	2.8E+06	0.45	2.1E-03	7.5E-02
1.41	2.7E+06	0.38	2.2E-03	7.6E-02
1.45	2.5E+06	0.31	2.2E-03	7.7E-02
1.48	2.4E+06	0.25	2.2E-03	7.8E-02
1.52	2.2E+06	0.20	2.2E-03	7.8E-02
1.55	2.1E+06	0.15	2.2E-03	7.9E-02
1.59	1.9E+06	0.11	2.2E-03	7.9E-02
1.62	1.8E+06	0.08	2.2E-03	7.9E-02
1.66	1.7E+06	0.05	2.3E-03	7.9E-02
1.69	1.6E+06	0.03	2.3E-03	8.0E-02
1.73	1.5E+06	0.01	2.3E-03	8.0E-02
1.76	1.4E+06	0.00	2.3E-03	8.0E-02
1.80	1.3E+06	0.00	2.3E-03	8.0E-02
TOTALE				2.4 mm

## 6.2 HEM200 RASTREMATA

La trave è stata schematizzata come una mensola. Il carico è stato modellato come uniformemente ripartito. Di seguito si riportano le verifiche nel caso di acciaio di classe S235:

INPUT	
Modellazione	
Intera	<input type="radio"/>
Ala inf. tagliata	<input checked="" type="radio"/>
Ala superiore	
Considera	<input checked="" type="radio"/>
Trascura	<input type="radio"/>
Luce di instabilità	
Luce totale sbalzo	<input type="radio"/>
Distanza tra ritegni	<input checked="" type="radio"/>
Schema statico luce instabilità con ritegni	
Doppia cerniera	<input type="radio"/>
Mensola	<input checked="" type="radio"/>
Geometria	
Trave	
Lunghezza mensola	3.50 m
Lungh. rastremaz.	3.50 m
Altezza minima	0.10 m
x verifica	3.50 m
Interasse ritegni	0.80 m
Numero travi	2
Tipo sezione	
IPE	<input type="radio"/>
HEA	<input type="radio"/>
HEB	<input type="radio"/>
HEM	<input checked="" type="radio"/>
Profilo	
HE 200 M	
Acciaio	
Classe di resistenza	
S235	<input checked="" type="radio"/>
S275	<input type="radio"/>
S355	<input type="radio"/>
Costanti elastiche	
E	206 000 N/mm <sup>2</sup>
G	78 400 N/mm <sup>2</sup>
Carichi	
G <sub>1</sub>	0.51 kN/m <sup>2</sup>
G <sub>2</sub>	0.39 kN/m <sup>2</sup>
Q <sub>sovaccarico</sub>	4.00 kN/m <sup>2</sup>
Q <sub>neve</sub>	0.00 kN/m <sup>2</sup>
Larghezza di influenza	
L <sub>infl,min</sub>	1.27 m
L <sub>infl,max</sub>	1.90 m

Verifica deformabilità	
Coperture in generale	<input type="radio"/>
Coperture praticabili	<input type="radio"/>
Solai in generale	<input type="radio"/>
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	<input type="radio"/>
Solai che supportano colonne	<input checked="" type="radio"/>
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	<input type="radio"/>

## OUTPUT

## Caratteristiche geometriche anima

$h_{\max, anima}$	195 mm
$h_{anima}$	195 mm
$t_{anima}$	15.0 mm
$A_{anima}$	2 925 mm <sup>2</sup>
$y_{G, anima}$	97.5 mm
$J_{G, xx, anima}$	9.3E+06 mm <sup>4</sup>
$J_{G, yy, anima}$	5.5E+04 mm <sup>4</sup>
$J_{t, anima}$	219 375 mm <sup>4</sup>

## Caratteristiche geometriche ala

$b_{ala}$	206 mm
$t_{ala}$	25.0 mm
$A_{ala}$	5 150 mm <sup>2</sup>
$y_{G, ala}$	208 mm
$J_{G, xx, ala}$	2.7E+05 mm <sup>4</sup>
$J_{G, yy, ala}$	1.8E+07 mm <sup>4</sup>
$J_{t, ala}$	1 072 917 mm <sup>4</sup>

## Caratteristiche geometriche globali

$y_{G, totale}$	168 mm
$A_{totale}$	8 075 mm <sup>2</sup>
$d_{G, anima}$	70 mm
$d_{G, ala}$	40 mm
$J_{G, xx, totale}$	3.2E+07 mm <sup>4</sup>
$J_{G, yy, totale}$	1.83E+07 mm <sup>4</sup>
$J_{G, min}$	1.83E+07 mm <sup>4</sup>
$J_{t, totale}$	1 292 292 mm <sup>4</sup>
$J_{\omega}$	-
B	3.76E+12 N mm <sup>2</sup>
C	1.01E+11 N mm <sup>2</sup>
$L_{cr}$	1.60 m
$\psi$	1.00
$M_{cr}$	1212.4 kNm
$y_{inf}$	167.7 mm
$y_{sup}$	52.3 mm
$W_{inf}$	1.9E+05 mm <sup>3</sup>
$W_{sup}$	6.1E+05 mm <sup>3</sup>

## Carichi e sollecitazioni

L <sub>infl,media</sub>	1.58 m
G <sub>1</sub>	1.03 kN/m
G <sub>2</sub>	0.31 kN/m
Q <sub>sovraffaccarico</sub>	3.17 kN/m
Q <sub>neve</sub>	0.00 kN/m
F <sub>Ed,SLU</sub>	6.50 kN/m
M <sub>Ed,SLU</sub>	39.8 kNm

## Classificazione sezione

f <sub>yk</sub>	235 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>yd</sub>	224 N/mm <sup>2</sup>
ε	1.00
σ <sub>inf,compr</sub>	64.9 N/mm <sup>2</sup>
σ <sub>sup,traz</sub>	207.7 N/mm <sup>2</sup>
ψ	-3.20
c	195 mm
t	15.0 mm
c/t	13.0

## Classe 1

## Verifica di resistenza

W <sub>min</sub>	1.9E+05 mm <sup>3</sup>			
M <sub>Rd</sub>	43 kNm	≥	39.8 kNm	93%

## Verifica di stabilità

λ <sub>LT</sub>	0.19			
β	1			
λ <sub>LT,0</sub>	0.2			
α <sub>LT</sub>	0.76			
k <sub>c</sub>	0.91			
f	0.99			
ϕ <sub>LT</sub>	0.52			
χ <sub>LT</sub>	1.00			
M <sub>b,Rd</sub>	42.9 kNm	≥	39.8 kNm	93%

## Verifica deformabilità

δ <sub>max</sub>	2L/400	=	18 mm	
F <sub>Ed,RARA</sub>	4.51 kN/m			
E	206 000 N/mm <sup>2</sup>			
J <sub>xx</sub>	3.2E+07 mm <sup>4</sup>			
δ	12.8 mm	≤	18 mm	73%
δ <sub>2,max</sub>	2L/500	=	14 mm	
Q	3.17 kN/m			
δ <sub>2</sub>	9.0 mm	≤	14 mm	64%

## Verifica vibrazione

F <sub>Ed,FREQ</sub>	3.56 kN/m			
δ	10.1 mm			
f <sub>1</sub>	5.7 Hz	≥	3.0 Hz	53%

Di seguito si riportano le verifica nel caso di acciaio di classe S275:

INPUT	
Modellazione	
Intera	<input type="radio"/>
Ala inf. tagliata	<input checked="" type="radio"/>
Ala superiore	
Considera	<input checked="" type="radio"/>
Trascura	<input type="radio"/>
Luce di instabilità	
Luce totale sbalzo	<input type="radio"/>
Distanza tra ritegni	<input checked="" type="radio"/>
Schema statico luce instabilità con ritegni	
Doppia cerniera	<input type="radio"/>
Mensola	<input checked="" type="radio"/>
Geometria	
Trave	
Lunghezza mensola	3.50 m
Lungh. rastremaz.	3.50 m
Altezza minima	0.10 m
x verifica	3.50 m
Interasse ritegni	0.80 m
Numero travi	2
Tipo sezione	
IPE	<input type="radio"/>
HEA	<input type="radio"/>
HEB	<input type="radio"/>
HEM	<input checked="" type="radio"/>
Profilo	
HE 200 M	
Acciaio	
Classe di resistenza	
S235	<input type="radio"/>
S275	<input checked="" type="radio"/>
S355	<input type="radio"/>
Costanti elastiche	
E	206 000 N/mm <sup>2</sup>
G	78 400 N/mm <sup>2</sup>
Carichi	
G <sub>1</sub>	0.51 kN/m <sup>2</sup>
G <sub>2</sub>	0.39 kN/m <sup>2</sup>
Q <sub>sovraffaccarico</sub>	4.00 kN/m <sup>2</sup>
Q <sub>neve</sub>	0.00 kN/m <sup>2</sup>
Larghezza di influenza	
L <sub>infl,min</sub>	1.27 m
L <sub>infl,max</sub>	1.90 m

Verifica deformabilità	
Coperture in generale	<input type="radio"/>
Coperture praticabili	<input type="radio"/>
Solai in generale	<input type="radio"/>
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	<input type="radio"/>
Solai che supportano colonne	<input checked="" type="radio"/>
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	<input type="radio"/>

## OUTPUT

## Caratteristiche geometriche anima

$h_{\max, anima}$	195 mm
$h_{anima}$	195 mm
$t_{anima}$	15.0 mm
$A_{anima}$	2 925 mm <sup>2</sup>
$\gamma_{G, anima}$	97.5 mm
$J_{G, xx, anima}$	9.3E+06 mm <sup>4</sup>
$J_{G, yy, anima}$	5.5E+04 mm <sup>4</sup>
$J_{t, anima}$	219 375 mm <sup>4</sup>

## Caratteristiche geometriche ala

$b_{ala}$	206 mm
$t_{ala}$	25.0 mm
$A_{ala}$	5 150 mm <sup>2</sup>
$\gamma_{G, ala}$	208 mm
$J_{G, xx, ala}$	2.7E+05 mm <sup>4</sup>
$J_{G, yy, ala}$	1.8E+07 mm <sup>4</sup>
$J_{t, ala}$	1 072 917 mm <sup>4</sup>

## Caratteristiche geometriche globali

$\gamma_{G, totale}$	168 mm
$A_{totale}$	8 075 mm <sup>2</sup>
$d_{G, anima}$	70 mm
$d_{G, ala}$	40 mm
$J_{G, xx, totale}$	3.2E+07 mm <sup>4</sup>
$J_{G, yy, totale}$	1.83E+07 mm <sup>4</sup>
$J_{G, min}$	1.83E+07 mm <sup>4</sup>
$J_{t, totale}$	1 292 292 mm <sup>4</sup>
$J_{\omega}$	-
B	3.76E+12 N mm <sup>2</sup>
C	1.01E+11 N mm <sup>2</sup>
$L_{cr}$	1.60 m
$\psi$	1.00
$M_{cr}$	1212.4 kNm
$\gamma_{inf}$	167.7 mm
$\gamma_{sup}$	52.3 mm
$W_{inf}$	1.9E+05 mm <sup>3</sup>
$W_{sup}$	6.1E+05 mm <sup>3</sup>

## Carichi e sollecitazioni

L <sub>infl,media</sub>	1.58 m
G <sub>1</sub>	1.03 kN/m
G <sub>2</sub>	0.31 kN/m
Q <sub>sovraffaccarico</sub>	3.17 kN/m
Q <sub>neve</sub>	0.00 kN/m
F <sub>Ed,SLU</sub>	6.50 kN/m
M <sub>Ed,SLU</sub>	39.8 kNm

## Classificazione sezione

f <sub>yk</sub>	275 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>yd</sub>	262 N/mm <sup>2</sup>
ε	0.92
σ <sub>inf,compr</sub>	64.9 N/mm <sup>2</sup>
σ <sub>sup,traz</sub>	207.7 N/mm <sup>2</sup>
ψ	-3.20
c	195 mm
t	15.0 mm
c/t	13.0

## Classe 1

## Verifica di resistenza

W <sub>min</sub>	1.9E+05 mm <sup>3</sup>			
M <sub>Rd</sub>	50 kNm	≥	39.8 kNm	79%

## Verifica di stabilità

λ <sub>LT</sub>	0.21			
β	1			
λ <sub>LT,0</sub>	0.2			
α <sub>LT</sub>	0.76			
k <sub>c</sub>	0.91			
f	0.99			
ϕ <sub>LT</sub>	0.52			
χ <sub>LT</sub>	1.00			
M <sub>b,Rd</sub>	50.2 kNm	≥	39.8 kNm	79%

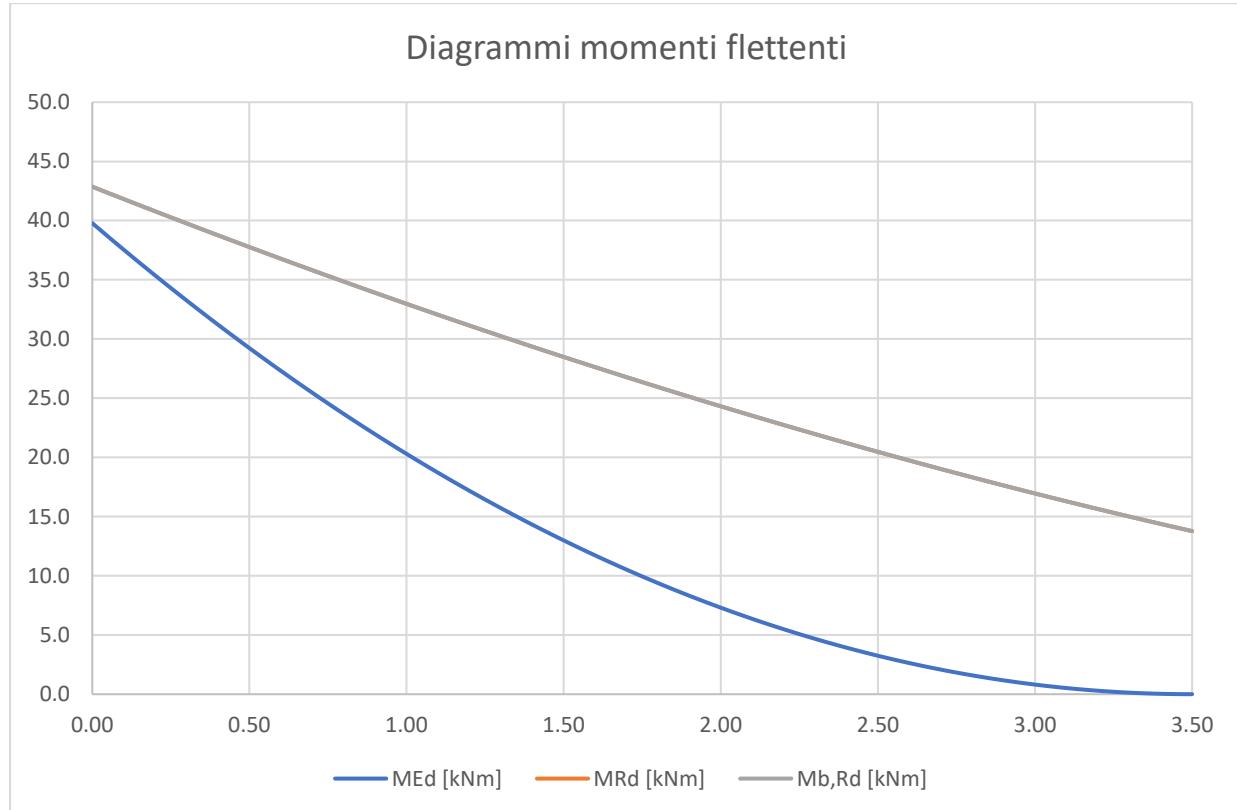
## Verifica deformabilità

δ <sub>max</sub>	2L/400	=	18 mm	
F <sub>Ed,RARA</sub>	4.51 kN/m			
E	206 000 N/mm <sup>2</sup>			
J <sub>xx</sub>	3.2E+07 mm <sup>4</sup>			
δ	12.8 mm	≤	18 mm	73%
δ <sub>2,max</sub>	2L/500	=	14 mm	
Q	3.17 kN/m			
δ <sub>2</sub>	9.0 mm	≤	14 mm	64%

## Verifica vibrazione

F <sub>Ed,FREQ</sub>	3.56 kN/m			
δ	10.1 mm			
f <sub>1</sub>	5.7 Hz	≥	3.0 Hz	53%

Si riportano di seguito su un diagramma l'andamento del momento flettente sollecitante e quello del momento flettente resistente, nel caso di acciaio S275. Si nota come il momento resistente a flessione della sezione e quello resistente dell'asta all'instabilità coincidano, poiché i ritegni laterali tra i due profili HEM200 fanno sì che il coefficiente riduttivo  $\chi$  sia pari ad 1.

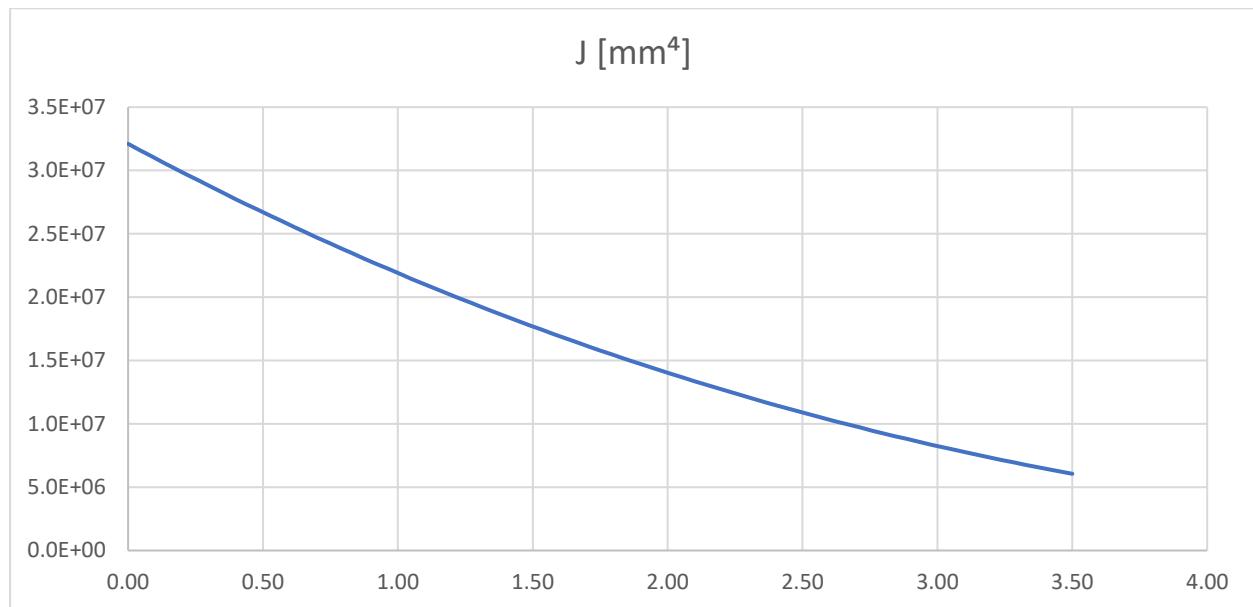


Si sottolinea inoltre che queste verifiche non tengono conto dell'irrigidimento e della resistenza a flessione del profilo RHS 150x5.4 interposto tra di esse.

Si rimanda al §6.7 per un'ulteriore analisi della deformabilità, e quindi delle verifiche agli stati limite di esercizio della struttura.

Come si vede nel diagramma il momento resistente è sempre maggiore del momento sollecitante.

Si riporta di seguito lo sviluppo del momento di inerzia della sezione rastremata lungo la lunghezza della trave:



Si procede al calcolo della deflessione in combinazione rara considerando la rastremazione dell'anima. Il procedimento è basato sulla suddivisione della trave in tronchi di lunghezza  $dx = 0,04 \text{ m}$ ; successivamente, dopo aver determinato il momento sollecitante ed il momento di inerzia di quel tronco si calcola la rotazione della trave in quel punto con la seguente espressione:

$$\alpha_i = \frac{M dx}{E J(x)}$$

Quindi si calcola l'abbassamento del singolo tronco con la seguente espressione:

$$f_i = \alpha_i dx$$

ed infine si fa la somma delle frecce di tutti i singoli tronchi per ricavare quella totale all'estremità della trave:

$$f = \sum f_i$$

Si riporta di seguito il tabulato di calcolo:

x [mm]	J [mm <sup>4</sup> ]	Ed,RARA  [kN r]	$\alpha$ [rad]	f [mm]
0.00	3.2E+07	28	0.0E+00	0.0E+00
0.04	3.2E+07	27	1.8E-04	7.9E-03
0.09	3.1E+07	26	3.6E-04	1.6E-02
0.13	3.1E+07	26	5.3E-04	2.3E-02
0.18	3.0E+07	25	7.0E-04	3.1E-02
0.22	3.0E+07	24	8.7E-04	3.8E-02
0.26	2.9E+07	24	1.0E-03	4.5E-02
0.31	2.9E+07	23	1.2E-03	5.2E-02
0.35	2.8E+07	22	1.3E-03	5.9E-02
0.39	2.8E+07	22	1.5E-03	6.5E-02
0.44	2.7E+07	21	1.6E-03	7.2E-02
0.48	2.7E+07	21	1.8E-03	7.8E-02
0.53	2.6E+07	20	1.9E-03	8.4E-02
0.57	2.6E+07	19	2.1E-03	9.0E-02
0.61	2.6E+07	19	2.2E-03	9.6E-02
0.66	2.5E+07	18	2.3E-03	1.0E-01
0.70	2.5E+07	18	2.4E-03	1.1E-01
0.74	2.4E+07	17	2.5E-03	1.1E-01
0.79	2.4E+07	17	2.7E-03	1.2E-01
0.83	2.3E+07	16	2.8E-03	1.2E-01
0.88	2.3E+07	16	2.9E-03	1.3E-01
0.92	2.3E+07	15	3.0E-03	1.3E-01
0.96	2.2E+07	15	3.0E-03	1.3E-01
1.01	2.2E+07	14	3.1E-03	1.4E-01
1.05	2.1E+07	14	3.2E-03	1.4E-01
1.09	2.1E+07	13	3.3E-03	1.4E-01
1.14	2.1E+07	13	3.4E-03	1.5E-01
1.18	2.0E+07	12	3.4E-03	1.5E-01
1.23	2.0E+07	12	3.5E-03	1.5E-01
1.27	2.0E+07	11	3.5E-03	1.5E-01
1.31	1.9E+07	11	3.6E-03	1.6E-01
1.36	1.9E+07	10	3.6E-03	1.6E-01
1.40	1.8E+07	10	3.7E-03	1.6E-01
1.44	1.8E+07	10	3.7E-03	1.6E-01
1.49	1.8E+07	9	3.7E-03	1.6E-01
1.53	1.7E+07	9	3.7E-03	1.6E-01
1.58	1.7E+07	8	3.7E-03	1.6E-01
1.62	1.7E+07	8	3.7E-03	1.6E-01
1.66	1.6E+07	8	3.7E-03	1.6E-01
1.71	1.6E+07	7	3.7E-03	1.6E-01
1.75	1.6E+07	7	3.7E-03	1.6E-01
1.79	1.5E+07	7	3.7E-03	1.6E-01
1.84	1.5E+07	6	3.7E-03	1.6E-01
1.88	1.5E+07	6	3.6E-03	1.6E-01
1.93	1.5E+07	6	3.6E-03	1.6E-01
1.97	1.4E+07	5	3.5E-03	1.6E-01
2.01	1.4E+07	5	3.5E-03	1.5E-01
2.06	1.4E+07	5	3.4E-03	1.5E-01
2.10	1.3E+07	4	3.4E-03	1.5E-01
2.14	1.3E+07	4	3.3E-03	1.4E-01
2.19	1.3E+07	4	3.2E-03	1.4E-01
2.23	1.3E+07	4	3.1E-03	1.4E-01
2.28	1.2E+07	3	3.1E-03	1.3E-01
2.32	1.2E+07	3	3.0E-03	1.3E-01
2.36	1.2E+07	3	2.9E-03	1.3E-01
2.41	1.1E+07	3	2.8E-03	1.2E-01
2.45	1.1E+07	2	2.6E-03	1.2E-01
2.49	1.1E+07	2	2.5E-03	1.1E-01
2.54	1.1E+07	2	2.4E-03	1.1E-01
2.58	1.0E+07	2	2.3E-03	1.0E-01
2.63	1.0E+07	2	2.2E-03	9.4E-02
2.67	9.9E+06	2	2.0E-03	8.9E-02
2.71	9.7E+06	1	1.9E-03	8.3E-02
2.76	9.5E+06	1	1.8E-03	7.7E-02
2.80	9.2E+06	1	1.6E-03	7.1E-02
2.84	9.0E+06	1	1.5E-03	6.5E-02
2.89	8.8E+06	1	1.3E-03	5.9E-02
2.93	8.6E+06	1	1.2E-03	5.3E-02
2.98	8.4E+06	1	1.1E-03	4.7E-02
3.02	8.2E+06	1	9.4E-04	4.1E-02
3.06	7.9E+06	0	8.1E-04	3.5E-02
3.11	7.7E+06	0	6.8E-04	3.0E-02
3.15	7.5E+06	0	5.6E-04	2.5E-02
3.19	7.3E+06	0	4.5E-04	2.0E-02
3.24	7.1E+06	0	3.4E-04	1.5E-02
3.28	7.0E+06	0	2.5E-04	1.1E-02
3.33	6.8E+06	0	1.6E-04	7.2E-03
3.37	6.6E+06	0	9.6E-05	4.2E-03
3.41	6.4E+06	0	4.5E-05	2.0E-03
3.46	6.2E+06	0	1.2E-05	5.1E-04
3.50	6.1E+06	0	0.0E+00	0.0E+00
TOTALE				7.9 mm

Risulta un abbassamento di 7,9 mm, inferiore a 12,8 mm calcolato in precedenza. Questa differenza è dovuta al fatto che la stima precedente è stata fatta considerando la trave con inerzia costante e pari a quella minima.

Si riporta di seguito la verifica dell'inghisaggio con barre M16 cl. 8.8 e resina Hilti HIT-HY 200-A sul calcestruzzo:



www.hilti.it

Impresa:  
Indirizzo:  
Telefono / Fax:  
Design:  
Contratto N°:

|  
Attacco IPE220 su cts sbalzo 3,50 m

Pagina: 1  
Progettista:  
E-mail:  
Data: 17/05/2022

Commenti del progettista:

## 1 Dimensionamento ancorante

### 1.1 Dati da inserire

Tipo e dimensione dell'ancorante: HIT-RE 500 V4 + HAS-U 5.8 M16



Periodo di ritorno (durata in anni): 50

Codice articolo: 2223869 HAS-U 5.8 M16x260 (inserire) / 2287552  
HIT-RE 500 V4 (composto indurente)

Hilti Seismic set o altro sistema per il riempimento dello spazio aulare tra piastra e ancorante.

Profondità di posa effettiva:  $h_{\text{eff},\text{act}} = 200,0 \text{ mm}$  ( $h_{\text{eff},\text{lim}} = - \text{ mm}$ )

Materiale: 5.8

Certificazione No.: ETA 20/0541

Emesso / Valido: 04/09/2021 | -

Prova: Valutazione ingegneristica SOFA BOND dopo la campagna di test ETAG BOND

Fissaggio distanziato:  $e_b = 0,0 \text{ mm}$  (Senza distanziamento);  $t = 12,0 \text{ mm}$ Piastra d'ancoraggio<sup>CBFEM</sup>:  $l_x \times l_y \times t = 1.600,0 \text{ mm} \times 500,0 \text{ mm} \times 12,0 \text{ mm}$ ;

Profilo: Tubolare, 108 x 4,0; (L x W x T) = 108,0 mm x 108,0 mm x 4,0 mm

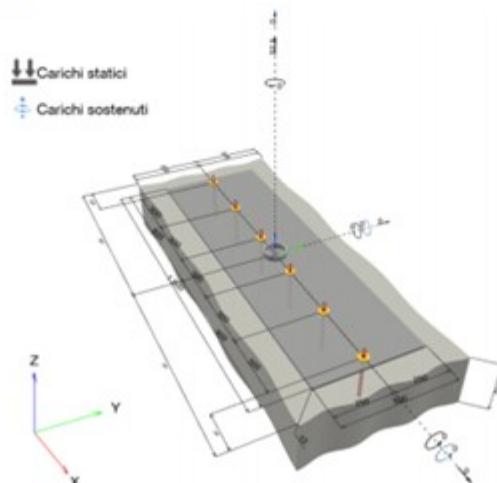
Materiale base: fessurato calcestruzzo, C25/30,  $f_{c,\text{cube}} = 30,00 \text{ N/mm}^2$ ;  $h = 250,0 \text{ mm}$ , Temp. Breve/Lungo: 0/0 °C

Installazione: Foro eseguito con perforatore, Condizioni di installazione: asciutto

Armatura: nessuna armatura o interasse tra le armature  $\geq 150 \text{ mm}$  (qualsiasi  $\varnothing$ ) o  $\geq 100 \text{ mm}$  ( $\varnothing \leq 10 \text{ mm}$ ) senza armatura di bordo longitudinale

CBFEM - Il calcolo dell'ancorante è basato su un Metodo ad Elementi Finiti basato sui componenti (CBFEM)

### Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]



Si dovrà verificare la corrispondenza dei dati inseriti e dei risultati con la situazione reale effettiva e la loro plausibilità.  
PROFIS Engineering (c) 2003-2022 Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti è un marchio registrato di Hilti AG, Schaan



www.hilti.it

Impresa:	Pagina:	2
Indirizzo:	Progettista:	
Telefono / Fax:	E-mail:	
Design:	Data:	17/05/2022
Contratto N°:		

## 1.1.1 Combinazione carichi

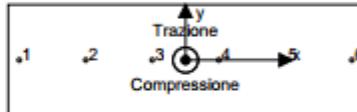
Caso	Descrizione	Forze [kN] / Momenti [kNm]	Sismico	Fuoco	Util. max.	Tassello [%]
1	Combinazione 1	$N = 52,500; V_x = 0,000; V_y = 0,000;$ $M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000;$	no	no	66	

## 1.2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

## Carichi sull'ancorante [kN]

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	0,004	0,020	0,020	0,000
2	0,000	0,020	0,020	0,000
3	34,286	0,168	0,168	-0,000
4	34,517	0,168	-0,168	0,000
5	0,000	0,020	-0,020	0,000
6	0,004	0,019	-0,019	-0,000



risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(0,5/0,0): 68,812 [kN]

risultante delle forze di compressione (x/y)=(-0,5/-0,6): 21,505 [kN]

Le forze di ancoraggio sono calcolate in base ad un Metodo ad Elementi Finiti basato sui componenti (CBFEM)



www.hilti.it

Impresa:		Pagina:	3
Indirizzo:		Progettista:	
Telefono / Fax:		E-mail:	
Design:	Attacco IPE220 su cles sbalzo 3,50 m	Data:	
Contratto N°:			17/05/2022

**1.3 Carico di trazione (EOTA TR 029, Sezione 5.2.2)**

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_N$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio*	34,517	52,333	66	OK
Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento**	68,803	121,576	57	OK
Rottura conica del calcestruzzo**	68,812	259,827	27	OK
Fessurazione**	68,812	205,264	34	OK

\*ancorante più sollecitato \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)

**1.3.1 Rottura dell'acciaio**

$N_{Rk,N}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,N}$ [kN]	$N_{sd}$ [kN]
78,500	1,500	52,333	34,517

**1.3.2 Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento**

$A_{p,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{p,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{Rk,uc,25}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$s_{ec,Np}$ [mm]	$c_{ec,Np}$ [mm]	$c_{min}$ [mm]
376.639	232.107	17,00	481,8	240,9	=
$\Psi_c$	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	k	$\Psi_{ec,Np}^0$	$\Psi_{ec,Np}$	
1,018	11,20	2,300	1,000	1,000	
$e_{cl,N}$ [mm]	$\Psi_{ec1,Np}$	$e_{cl,N}$ [mm]	$\Psi_{ec2,Np}$	$\Psi_{s,Np}$	$\Psi_{ns,Np}$
0,5	0,998	0,0	1,000	1,000	1,000
$N_{Rk,p}^0$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,p}$ [kN]	$N_{sd}$ [kN]	
112,619	182,365	1,500	121,576	68,803	

ID gruppo ancoranti

3, 4

**1.3.3 Rottura conica del calcestruzzo**

$A_{s,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{s,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{s,N}$ [mm]	$s_{sc,N}$ [mm]		
1.260.000	360.000	300,0	600,0		
$e_{cl,N}$ [mm]	$\Psi_{ec1,N}$	$e_{cl,N}$ [mm]	$\Psi_{ec2,N}$	$\Psi_{s,N}$	$\Psi_{ns,N}$
0,5	0,998	0,0	1,000	1,000	1,000
$k_1$	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,F}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	$N_{sd}$ [kN]	
7,200	111,542	1,500	259,827	68,812	

ID gruppo ancoranti

1, 3, 4, 6



www.hilti.it

Impresa:		Pagina:	4
Indirizzo:		Progettista:	
Telefono / Fax:		E-mail:	
Design:	Attacco IPE220 su cts sbalzo 3,50 m	Data:	17/05/2022
Contratto N°:			

**1.3.4 Fessurazione**

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{c,N}$ [mm]	$s_{c,N}$ [mm]	$\Psi_{h,N}$			
2.173.216	817.216	452,0	904,0	1,039			
$e_{c1,N}$ [mm]	$\Psi_{e1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\Psi_{e2,N}$	$\Psi_{s,N}$	$\Psi_{re,N}$		$k_1$
0,5	0,999	0,0	1,000	1,000	1,000		7,200
$N_{n,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{p,t,p}$ [kN]	$N_{sd}$ [kN]				
111.542	1,500	205.264	68.812				

**ID gruppo ancoranti**

1, 3, 4, 6



[www.hilti.it](http://www.hilti.it)

Impresa:		Pagina:	5
Indirizzo:		Progettista:	
Telefono / Fax:		E-mail:	
Design:	Attacco IPE220 su cisa sbalzo 3,50 m	Data:	17/05/2022
Contratto N°:			

#### 1.4 Carico di taglio (EOTA TR 029, Sezione 5.2.3)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_v$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*	0,168	37,728	1	OK
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura per prout*	0,168	74,361	1	OK
Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione **	N/A	N/A	N/A	N/A

\*ancorante più sollecitato \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)

#### 1.4.1 Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)

$V_{Rd,N}$ [kN]	$\gamma_{M,N}$	$V_{Rd,N}$ [kN]	$V_{sd}$ [kN]
47,160	1,250	37,728	0,168

#### 1.4.2 Rottura per prout (cono del calcestruzzo)

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{c,N}$ [mm]	$s_{c,N}$ [mm]	k-factor	
180.000	360.000	300,0	600,0	2,000	
$e_{c1,V}$ [mm]	$\psi_{c1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\psi_{c2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{rs,N}$
29,7	0,910	301,9	0,498	1,000	1,000
$N_{Rd,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,EP}$	$V_{Rd,c}$ [kN]	$V_{sd}$ [kN]		
111,542	1,500	74,361	0,168		

ID gruppo ancoranti

4



www.hilti.it

Impresa:		Pagina:	6
Indirizzo:		Progettista:	
Telefono / Fax:		E-mail:	
Design:	Attacco IPE220 su cls sbalzo 3,50 m	Data:	
Contratto N°:			17/05/2022

**1.5 Carichi combinati di trazione e di taglio (EOTA TR 029, Sezione 5.2.4)**

Rottura dell'acciaio

$\beta_N$	$\beta_V$	$\alpha$	Utilizzo $\beta_{N,V}$ [%]	Stato
0,660	0,004	2,000	44	OK

$$\beta_N^a + \beta_V^a \leq 1,0$$

**1.6 Attenzione**

- I metodi di progettazione in PROFIS Engineering richiedono l'impiego di piastre di ancoraggio rigide in base alle attuali disposizioni (ETAG 001/Appendice C, EOTA TR029, ecc.). Questo significa che la ridistribuzione sugli ancoranti dovuta alle deformazioni elastiche della piastra di ancoraggio non è considerata - si presuppone che la piastra di ancoraggio sia sufficientemente rigida da non essere deformata quando sottoposta al carico di progetto. PROFIS Engineering calcola lo spessore minimo richiesto per la piastra di ancoraggio con CBFEM per limitare la sollecitazione della piastra di ancoraggio basata sui precedenti presupposti. La verifica se la piastra base rigida sia valida non viene eseguita da PROFIS Engineering. I dati inseriti e i risultati vanno confrontati con le attuali condizioni per verificarne la plausibilità!
- La verifica del trasferimento dei carichi nel materiale base è necessaria in accordo all'EOTA TR 029 sezione 7!
- Il calcolo è valido solo se le dimensioni dei fori sulla piastra non superano i valori indicati nella Tabella 4.1 da EOTA TR029! Per diametri dei fori superiori vedere il capitolo 1.1 dell'EOTA TR029!
- La lista accessori inclusa in questo report di calcolo è da ritenersi solo come informativa dell'utente. In ogni caso, le istruzioni d'uso fornite con il prodotto dovranno essere rispettate per garantire una corretta installazione.
- L'adesione chimica caratteristica dipende dalle temperature di breve e di lungo periodo.
- Il metodo SOFA (fori riempiti) assume l'assenza di spazi anulari tra gli ancoranti e la piastra di ancoraggio. Questo può essere ottenuto mediante il riempimento con resina di sufficiente resistenza a compressione (p.e. usando il sistema Hilti Seismic/Filling set) o attraverso altri mezzi idonei.
- L'utente è responsabile della conformità alle norme correnti (e.g. EC3, AS 4100, ecc.)
- Una verifica agli Stati Limite d'Esercizio non è eseguita da SOFA e deve essere effettuata dall'utente!
- I metodi di progettazione dell'ancoraggio in PROFIS Engineering richiedono delle piastre base rigide, come previsto dalla normativa vigente (AS 5216:2021, ETAG 001/allegato C, TR029 EOTA, ecc.). Ciò significa che la piastra di base deve essere sufficientemente rigida da evitare la ridistribuzione del carico tra gli ancoranti dovuta a spostamenti elastici / plasticci. L'utente accetta che la piastra base sia considerata quasi rigida secondo i canoni di progettazione.\*
- L'adesione chimica caratteristica dipende dal periodo di ritorno (durata in anni): 50



Hilti PROFIS Engineering 3.0.77

www.hilti.it

Impresa:  
Indirizzo:  
Telefono / Fax:  
Design:  
Contratto N°:

Pagina: 7  
Progettista:  
E-mail:  
Data: 17/05/2022

## 1.7 Dati relativi all'installazione

Piastra d'ancoraggio, acciaio: S 235; E = 210.000,00 N/mm<sup>2</sup>; f<sub>k</sub> = 235,00 N/mm<sup>2</sup>

Tipo e dimensione dell'ancorante: HIT-RE 500 V4 + HAS-U 5.8 M16

Profilo: Tubolare, 108 x 4,0; (L x W x T) = 108,0 mm x 108,0 mm x 4,0 mm

Codice articolo: 2223869 HAS-U 5.8 M16x260 (inserire) / 2287552 HIT-RE 500 V4 (composto indurente)

Diametro del foro nella piastra: d<sub>r</sub> = 18,0 mm

Coppia di serraggio massima: 80 Nm

Spessore della piastra (input): 12,0 mm

Diametro del foro nel materiale base: 18,0 mm

Metodo di perforazione: Foro con perforazione a roto-percussione

Profondità del foro nel materiale base: 200,0 mm

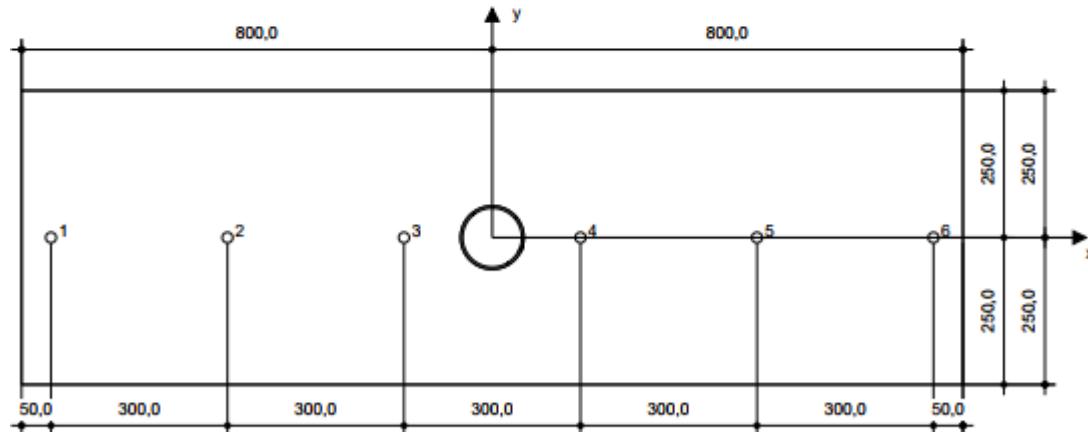
Pulizia: E' necessaria una pulizia accurata del foro (Premium cleaning)

Spessore minimo del materiale base: 236,0 mm

Hilti HAS-U barra filettata with HIT-RE 500 V4 Resina ad iniezione con 200 mm embedment h\_ef, M16, Acciaio zincato, Foro eseguito con roto-percussione installation per ETA 20/0541, con fori riempiti attraverso Set Dinamico o altre soluzioni analoghe.

## 1.7.1 Accessori richiesti

Perforazione	Pulizia	Posa
<ul style="list-style-type: none"> <li>Idoneo per rotopercolazione</li> <li>Dimensione appropriata della punta del trapano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aria compressa con i relativi accessori necessari per soffiare a partire dal fondo del foro.</li> <li>Diametro appropriato dello scovolino</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Il dispenser include il portacartucce e il miscelatore</li> <li>Seismic/Filling set</li> <li>Chiave dinamometrica</li> </ul>



Coordinate dell'ancorante [mm]

Anchorante	x	y	c <sub>rx</sub>	c <sub>ry</sub>	c <sub>rz</sub>	c <sub>ryz</sub>
1	-750,0	0,0	*	*	*	*
2	-450,0	0,0	*	*	*	*
3	-150,0	0,0	*	*	*	*

Anchorante	x	y	c <sub>rx</sub>	c <sub>ry</sub>	c <sub>rz</sub>	c <sub>ryz</sub>
4	150,0	0,0	*	*	*	*
5	450,0	0,0	*	*	*	*
6	750,0	0,0	*	*	*	*

Si dovrà verificare la corrispondenza dei dati inseriti e dei risultati con la situazione reale effettiva e la loro plausibilità.  
PROFIS Engineering (c) 2003-2022 Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti è un marchio registrato di Hilti AG, Schaan.



www.hilti.it

Impresa:  
Indirizzo:  
Telefono / Fax:  
Design:  
Contratto N\*:

Pagina: 8  
Progettista:  
E-mail:  
Data: 17/05/2022

Attacco IPE220 su cls sbalzo 3,50 m

## 2 Controllo di rigidità della piastra

### 2.1 Dati da inserire

Piastra d'ancoraggio:	Forma: Rettangolare $l_x \times l_y \times t = 1.600,0 \text{ mm} \times 500,0 \text{ mm} \times 12,0 \text{ mm}$ Calcolo: Controllo di rigidità piastra Materiale: S 235; $F_y = 235,00 \text{ N/mm}^2$ ; $\epsilon_{lim} = 5,00\%$
Tipo e dimensione dell'ancorante:	HIT-RE 500 V4 + HAS-U 5.8 M16, $h_{ref} = 200,0 \text{ mm}$
Rigidezza di ancoraggio:	L'ancorante è modellato considerando i valori dirigidezza valutati secondo le curve sforzo-deformazione determinate tramite test in laboratori indipendenti. Si prega di notare che non è possibile provvedere ad una semplice sostituzione dell'ancorante, in quanto la rigidezza dell'ancorante ha grande impatto sui risultati della distribuzione del carico.
Metodo di progettazione:	Progettazione basata su EN utilizzando il FEM basato sul componente
Fissaggio distanziato:	$e_b = 0,0 \text{ mm}$ (Fissaggio a filo materiale base); $t = 12,0 \text{ mm}$
Profilo:	108 x 4,0; $(L \times W \times T \times FT) = 108,0 \text{ mm} \times 108,0 \text{ mm} \times 4,0 \text{ mm} \times 4,0 \text{ mm}$ Materiale: S 235; $F_y = 235,00 \text{ N/mm}^2$ ; $\epsilon_{lim} = 5,00\%$ Eccentricità x: 0,0 mm Eccentricità y: 0,0 mm
Materiale base:	Calcestruzzo fessurato; C25/30; $f_{ck,y} = 25,00 \text{ N/mm}^2$ ; $h = 250,0 \text{ mm}$ ; $E = 31.000,00 \text{ N/mm}^2$ ; $G = 12.916,67 \text{ N/mm}^2$ ; $v = 0,20$
Saldature (profilo rispetto alla piastra base):	Tipo di ridistribuzione: Plastica Materiale: S 235
Dimensioni delle maglie:	Numero di elementi sul bordo: 8 Dimensione minima dell'elemento: 10,0 mm Dimensione massima dell'elemento: 50,0 mm

### 2.2 Classificazione piastra di ancoraggio

I risultati in basso sono riportati per le combinazioni decisive del carico: Combinazione 1

Forze di tensione di ancoraggio	Piastra di ancoraggio rigida equivalente (FEM)	Piastra di ancoraggio flessibile (FEM)
Ancoraggio 1	8,617 kN	0,004 kN
Ancoraggio 2	8,764 kN	0,000 kN
Ancoraggio 3	8,869 kN	34,286 kN
Ancoraggio 4	8,869 kN	34,517 kN
Ancoraggio 5	8,764 kN	0,000 kN
Ancoraggio 6	8,617 kN	0,004 kN

L'utente ha accettato di considerare la piastra di ancoraggio selezionata come rigida in base al proprio giudizio di progettazione. Ciò significa che le linee guida di progettazione di ancoraggio si possono applicare.



Hilti PROFIS Engineering 3.0.77

[www.hilti.it](http://www.hilti.it)

Impresa:  
Indirizzo:  
Telefono I Fax:  
Design:  
Contratto N\*:

Attacco IPE220 su cls sbalzo 3,50 m

Pagina: 9  
Progettista:  
E-mail:  
Data: 17/05/2022

### 2.3 Attenzione

- Utilizzando la funzionalità di calcolo flessibile di PROFIS Engineering si può agire di fuori i codici al di fuori dei codici di calcolo applicabili e la piastra di ancoraggio specificata potrebbe non rivelarsi propriamente rigida. Si prega di convalidare i risultati con un progettista professionista e/o ingegnere strutturale per garantire l'idoneità e l'adeguatezza per esigenze specifiche di progetto e normative.
- L'ancorante è modellato considerando i valori dirigidenza valutati secondo le curve sforzo-deformazione determinate tramite test in laboratori indipendenti. Si prega di notare che non è possibile provvedere ad una semplice sostituzione dell'ancorante, in quanto la rigidità dell'ancorante ha grande impatto sui risultati della distribuzione del carico.

Si dovrà verificare la corrispondenza dei dati inseriti e dei risultati con la situazione reale effettiva e la loro plausibilità.  
PROFIS Engineering (c) 2003-2022 Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti è un marchio registrato di Hilti AG, Schaan.



[www.hilti.it](http://www.hilti.it)

Impresa:		Pagina:	10
Indirizzo:		Progettista:	
Telefono / Fax:		E-mail:	
Design:	Attacco IPE220 su cts sbalzo 3,50 m	Data:	
Contratto N°:			17/05/2022

### 3 Sintesi dei risultati

Ancoranti	Combinazione carichi Combinazione 1	Utilizzo max.	Stato
		66%	OK

**L'ancoraggio risulta verificato!**

## 6.4 PARAPETTO

Il parapetto è stato modellato come una mensola. Il carico è stato schematizzato come un carico concentrato applicato nell'estremo libero della mensola.

INPUT	
Montante	
Altezza	1.00 m
Interasse	191 mm
Distanza centri	30 mm
	Circolare
Diametro	14 mm
	Romboidale
Lato	10 mm
Acciaio	
S235	○
S275	●
S355	○
Saldatura	
Spessore cordone	5 mm
Spinta	
F	2.00 kN/m
OUTPUT	
Verifica montante	
Caratteristiche geometriche	
n montanti al metro	5.2
A <sub>rombo</sub>	100 mm <sup>2</sup>
A <sub>circolo</sub>	154 mm <sup>2</sup>
y <sub>G,rombo</sub>	7 mm
y <sub>G,circolo</sub>	37 mm
A <sub>totale</sub>	1331 mm <sup>2</sup>
y <sub>G,totale</sub>	25 mm
J <sub>xx,G,rombo</sub>	8.33E+02 mm <sup>4</sup>
J <sub>xx,G,circolo</sub>	1.89E+03 mm <sup>4</sup>
J <sub>xx,rombo</sub>	3.39E+04 mm <sup>4</sup>
J <sub>xx,circolo</sub>	2.34E+04 mm <sup>4</sup>
J <sub>xx,totale</sub>	3.00E+05 mm <sup>4</sup>
d <sub>inf</sub>	25 mm
d <sub>sup</sub>	19 mm
W <sub>inf</sub>	11886 mm <sup>3</sup>
W <sub>sup</sub>	15957 mm <sup>3</sup>
W	11886 mm <sup>3</sup>
Sollecitazioni	
F <sub>Ed,SLU</sub>	3.00 kN/m
M <sub>Ed,SLU</sub>	3.00 kNm
f <sub>yk</sub>	275 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>yd</sub>	262 N/mm <sup>2</sup>
M <sub>Rd</sub>	3.11 kNm
	≥
	3.00 kNm
	96%

## Verifica saldatura

## Caratteristiche geometriche

$b_{est}$	20 mm
$b_{int}$	10 mm
$A_{corona\ romboidale}$	300 mm <sup>2</sup>
$y_{G,corona\ romboidale}$	14 mm
$J_{xx,G,corone\ romboidale}$	1.25E+04 mm <sup>4</sup>
$\phi_{est}$	19 mm
$\phi_{int}$	14 mm
$A_{corona\ circolare}$	130 mm <sup>2</sup>
$y_{G,corona\ circolare}$	44 mm
$J_{xx,G,corona\ circolare}$	4.51E+03 mm <sup>4</sup>
$A_{totale}$	2252 mm <sup>2</sup>
$y_{G,totale}$	23 mm
$J_{xx,totale}$	5.16E+05 mm <sup>4</sup>
$d_{inf}$	23 mm
$d_{sup}$	30 mm
$W_{inf}$	22252 mm <sup>3</sup>
$W_{sup}$	16948 mm <sup>3</sup>
$W$	16948 mm <sup>3</sup>

## Sollecitazioni

$\tau$	1 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{\perp}$	177 N/mm <sup>2</sup>
$f_{tk}$	430 N/mm <sup>2</sup>
$\beta$	0.85
$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \tau^2} =$	$177 \text{ N/mm}^2$
	$\leq \frac{f_{tk}}{\beta \cdot \gamma_{M2}} = 405 \text{ N/mm}^2 \quad 44\%$

Si riporta di seguito la verifica dell'attacco del parapetto sulla UPN100 sottostante, costituito da 1M8 cl. 8.8 ogni 285 mm.

INPUT								
Bulloni								
Passo	285 mm							
M8	Diametro							
M10	<input type="radio"/>							
M12	<input type="radio"/>							
M14	<input type="radio"/>							
M16	<input type="radio"/>							
M18	<input type="radio"/>							
M20	<input type="radio"/>							
8.8	Classe acciaio							
10.9	<input type="radio"/>							
Trave sottostante								
UPN50	<input type="radio"/>							
UPN100	<input checked="" type="radio"/>							
S235	Classe acciaio							
S275	<input type="radio"/>							
S355	<input type="radio"/>							
Azioni								
$F_{Ed}$	3.00 kN/m							
$M_{Ed}$	3.00 kNm							
OUTPUT								
Connessioni								
numero connessioni	3.5							
$f_{ybk}$	640 N/mm <sup>2</sup>							
$f_{tbk}$	800 N/mm <sup>2</sup>							
$f_{tk}$	430 N/mm <sup>2</sup>							
$F_{t,Rd}$	8.6 kN							
UPN di bordo								
Spessore anima	6.0 mm							
Braccio	100 mm							
Verifica a trazione del bullone								
$A_{res}$	37 mm <sup>2</sup>							
$F_{t,Rd}$	21.1 kN <span style="background-color: #90EE90;"> </span> $\geq$ 8.6 kN <span style="background-color: #90EE90;"> </span> 41%							
Verifica a taglio del bullone								
$F_{v,Ed}$	0.86 kN							
$F_{v,Rd}$	11.71 kN <span style="background-color: #90EE90;"> </span> $\geq$ 0.9 kN <span style="background-color: #90EE90;"> </span> 7%							
Verifica combinata taglio/trazione del bullone								
$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}}$	0.36 <span style="background-color: #90EE90;"> </span> < 1 <span style="background-color: #90EE90;"> </span> 36%							
Verifica a punzonamento dell'anima della UPN								
$d_{dato}$	13 mm							
$d_{testa}$	14 mm							
$d_m$	13 mm							
$B_{p,Rd}$	50.6 kN <span style="background-color: #90EE90;"> </span> $\geq$ 8.6 kN <span style="background-color: #90EE90;"> </span> 17%							

## 6.5 GRADINO IN PIETRA

Il gradino è stato modellato come una trave a mensola. Il carico è stato schematizzato come uniformemente ripartito sulla lunghezza della trave.

INPUT	
Materiale	
$\gamma$	30 kN/m <sup>3</sup>
$f_{flessione}$	7.0 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_M$	3
Geometria	
b	0.30 m
h	0.15 m
$L_{sbalzo}$	0.75 m
Carico	
Q	4.00 kN/m <sup>2</sup>
OUTPUT	
G	1.4 kN/m
Q	1.2 kN/m
$F_{Ed,SLU}$	3.6 kN/m
$M_{Ed}$	1.0 kN m
$W_{el}$	1 125 000 mm <sup>3</sup>
$f_d$	2.3 N/mm <sup>2</sup>
$M_{Rd}$	2.6 kN m
	≥ 1.0 kN m 38%

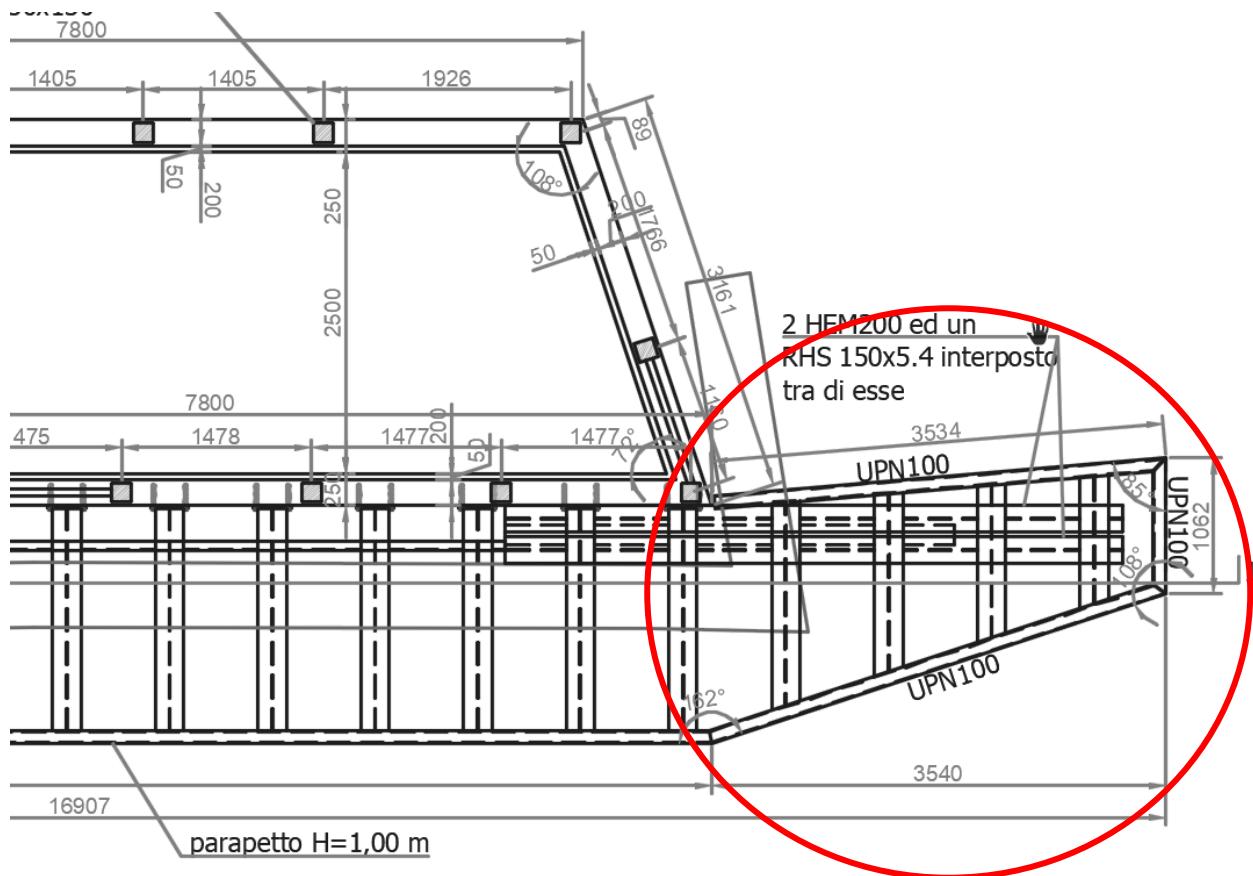
## 6.7 MODELLO AD ELEMENTI FINITI DELLO SBALZO

### INTRODUZIONE

La porzione di edificio interessata dagli interventi è stata modellata con il software agli elementi finiti ModeSt, versione 8.26, distribuito da Ce.A.S.; per gli estremi della licenza si rimanda al §5.6.

### PARTE A SBALZO

È stato fatto il modello della porzione di struttura in acciaio cerchiata in rosso nell'immagine sottostante, per valutarne le deflessioni:



*Figura 1: Pianta della struttura*

Di seguito si riporta una schermata della vista tridimensionale del modello della struttura con la numerazione dei nodi:

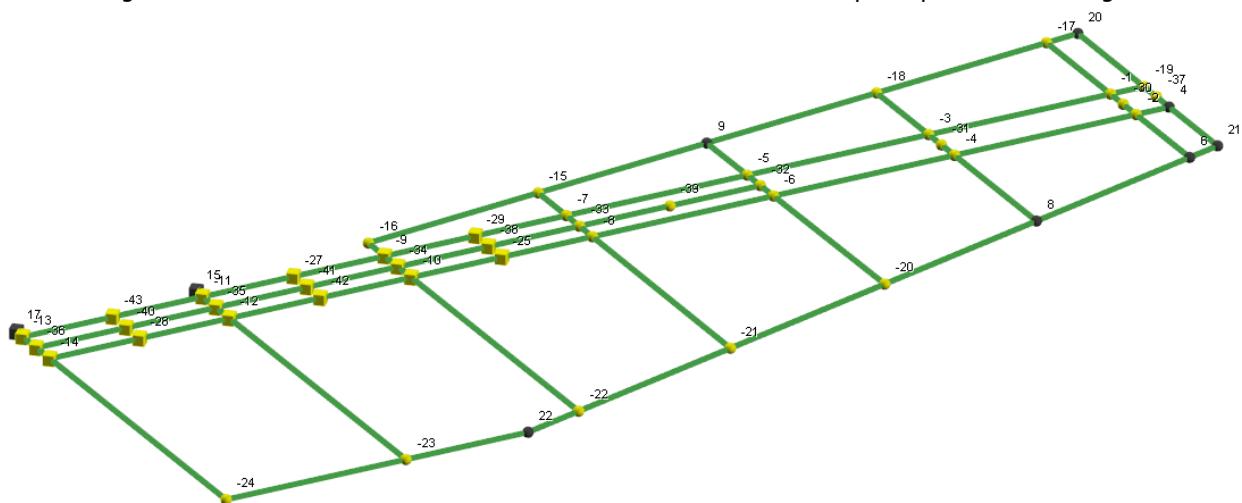
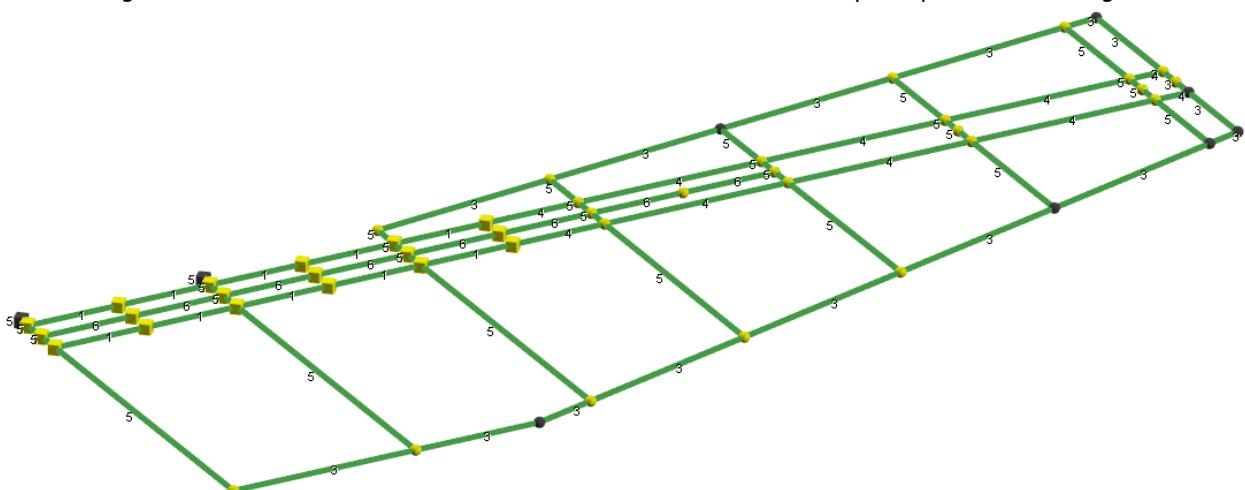


Figura 2: Vista 3D del modello. Numeri nodi

I nodi di forma squadrata corrispondono ai punti di ancoraggio delle HEM200 al c.a. sottostante, e sono stati modellati come incastri.

Le travi sono state modellate come "elemento asta". Sono state attribuite agli elementi le sezioni come indicato nella schermata e nell'immagine successiva:

Informazioni sezioni aste													
Sez.	Commento	Tipo	Mem.	Ver.	B <m> Nv Area <mq>	H <m> R <m> Jx <m4>	b <m> s <m> Jy <m4>	h <m> a <m> Jz <m4>	D <m> A <m>	Mat.	Crit.	Crit. C.I.	Crit. C.F.
1	HEM200		Is	T	A	0.21	0.22	0.03	0.01		18	1	1
2	HEA220		Is	T	A	0.22	0.21	0.01	0.01		18	1	1
3	UPN100		Cs	T	A	0.05	0.1	0.01	0.01		18	1	1
4	HEM200 tagliata		Pc	T	A	0.008075	0.000002	0.000032	0.000018		18	1	1
5	HEA220 tagliata		Pc	T	A	0.003812	0	0.000014	0.000001		18	1	1
6	150x5.4		Rc	T	A	0.15	0.15	0.01			18	1	1



*Figura 3: Vista 3D del modello. Numeri aste*

I carichi sono stati modellati come appartenenti ad una delle tre categorie,  $G_1$  (permanenti strutturali),  $G_2$  (permanenti non strutturali) e  $Q$  (variabili).

Il peso proprio  $G_1$  viene calcolato automaticamente dal software. I carichi  $G_2$  e  $Q$  sono stati inseriti manualmente con le seguenti intensità:

Si riporta di seguito la deformata in combinazione rara:

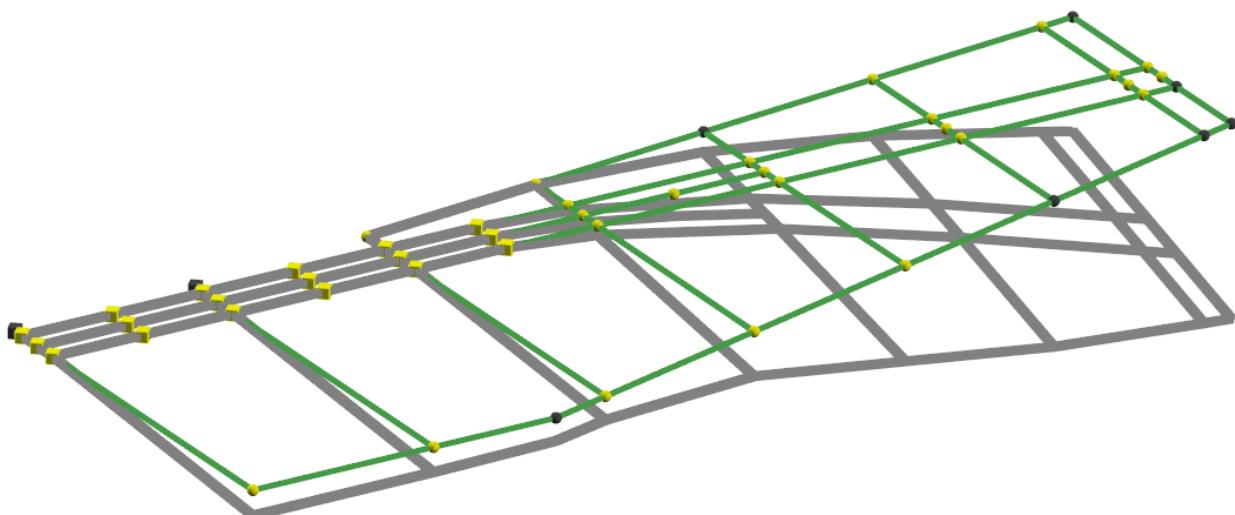


Figura 4: Deformata in combinazione rara.

L'abbassamento maggiore è quello del nodo 21, ed è pari a 13,6 mm.

Informazioni spostamenti nodali									
	Esporta	Stampa							
Nodo	CC	TCC	Sx <mm>	Sy <mm>	Sz <mm>	Rx <rad>	Ry <rad>	Rz <rad>	
21	1	SLU	0.00000	-0.00000	-20.06330	0.00050	0.01021	-0.00000	
	2	SLE R	0.00000	-0.00000	-13.60010	0.00030	0.00690	-0.00000	
	3	SLE F	0.00000	-0.00000	-11.94130	0.00021	0.00602	-0.00000	
	4	SLE Q	0.00000	-0.00000	-11.38830	0.00018	0.00572	-0.00000	

Ripeti il numero dell'elemento su ogni riga

Considerando come limite della freccia  $2L / 500$ , risulta:

$$\delta_{\max} = 2 \times 3500 \text{ mm} / 500 = 14,0 \text{ mm} > 13,6 \text{ mm.}$$

La verifica risulta soddisfatta.

La verifica di vibrazione viene fatta sulla base della deflessione in combinazione frequente, utilizzando l'espressione 5.2.5. delle NTC2018:

$$f_0 = \frac{17,75}{\sqrt{\delta_{\text{FREQ}}}} = \frac{17,75}{\sqrt{11,9}} = 5 \text{ Hz}$$

La verifica soddisfa le limitazioni del §4.2.4.2.3.1. delle NTC2018, le quali indicano come limite minimo 3 Hz per i solai carichi da persone e 5 Hz per quelli soggetti a carichi ciclici. Si sottolinea inoltre che la normativa richiede che nell'espressione di cui sopra la freccia in combinazione frequente sia calcolata rispetto ai soli carichi permanenti, mentre qui si è considerata un'azione maggiorata che tiene in conto anche i sovraccarichi di esercizio.

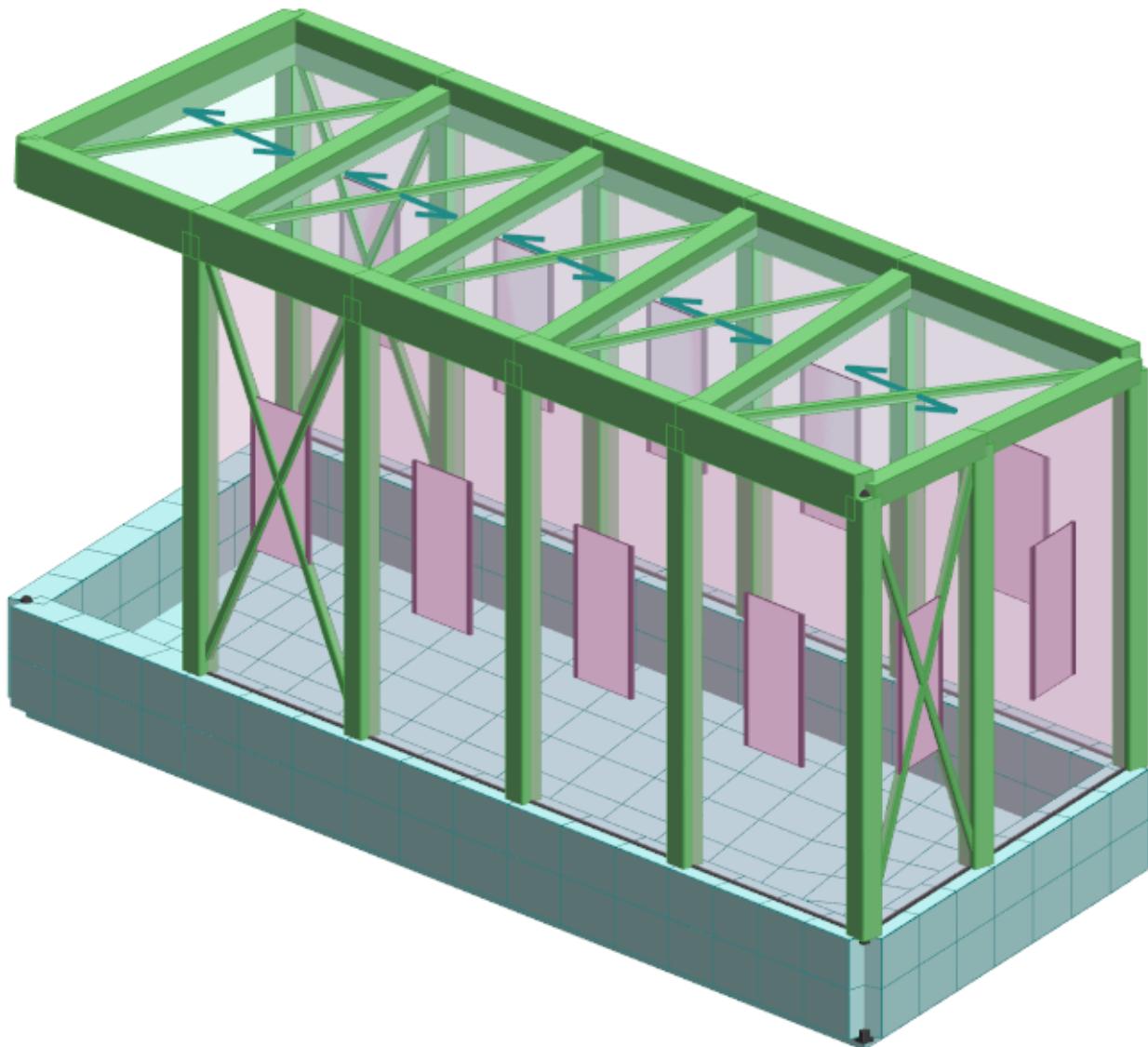
## 6.8 MODELLO AD ELEMENTI FINITI DELLA STRUTTURA IN LEGNO

La struttura di legno è stata modellata agli elementi finiti.

Le colonne e le travi sono stati modellati come elementi asta. Le strutture in c.a. sono state modellate come elementi "bidimensionali", dotati di rigidezza membranale e flessionale.

I pilastri sono stati modellati come incastri; i listelli di controvento sono stati modellati con vincoli tipo "biella". Il terreno è stato modellato come un suolo elastico alla Winkler, con costante di rigidezza pari a 3 daN/cm<sup>3</sup>.

Si riporta di seguito la vista tridimensionale del modello:



*Figura 5: Vista 3D del modello*

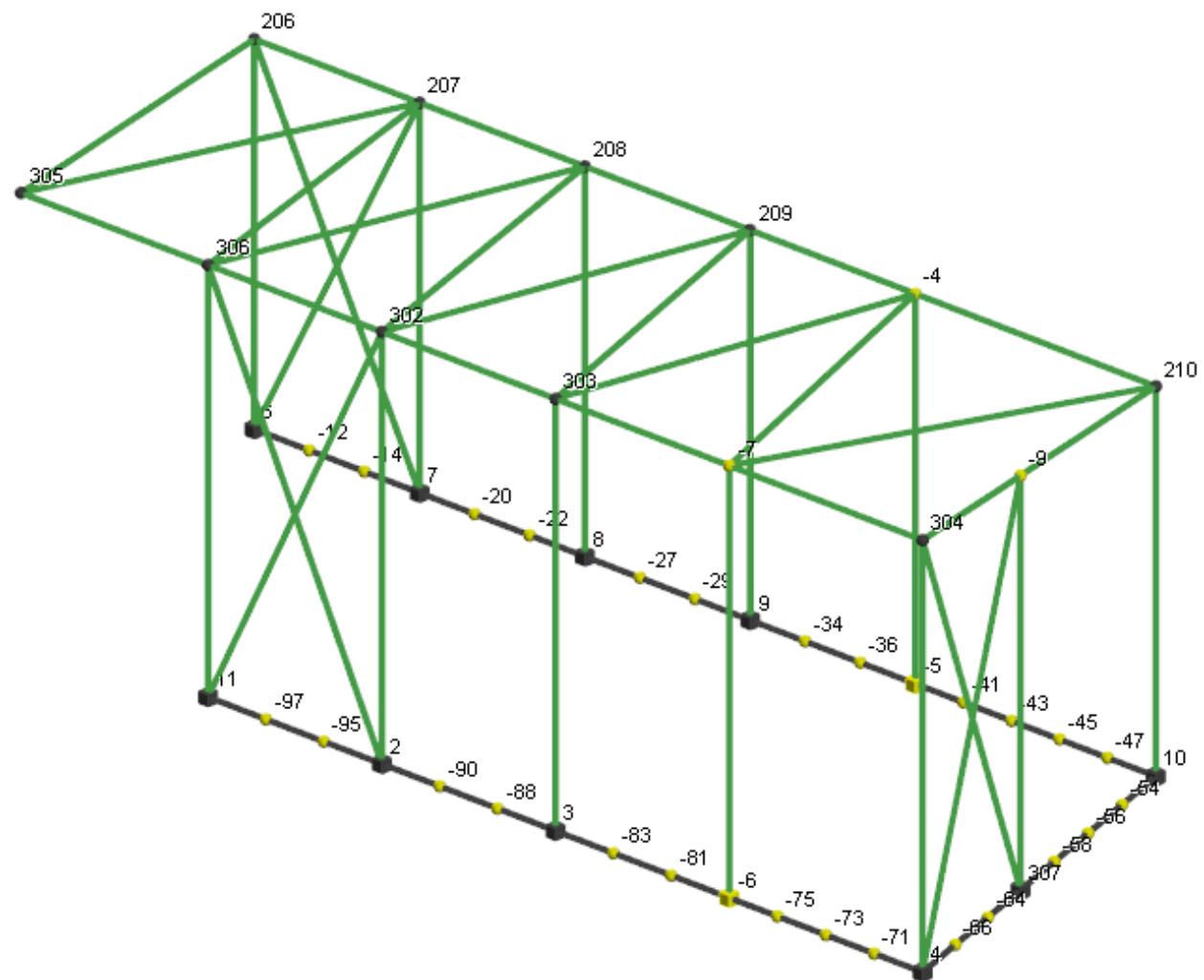
I carichi verticali dovuti ai pesi propri non strutturali e variabili da neve sono stati applicati come "elementi solaio", di tipo monodirezionale; il carico del vento è stato applicato come carico agente sulle tamponature, le quali scaricano le azioni sui montanti verticali.

i carichi trasmessi dalle HEA220 ai muri sono stati applicati come carichi nodali, la cui intensità è stata determinata calcolando gli scarichi totali dovuti alle 10 putrelle diviso il numero di nodi costituenti il filo di estradosso del muro, pari a 18.

Per il calcolo delle azioni del vento, della neve e per la definizione dei sovraccarichi di esercizio si rimanda al §5. Di seguito si riportano i calcoli delle azioni trasmesse dall'impalcato d'acciaio al muro in c.a.:

INPUT		
Geometria		
Numero putrelle	10	
Lunghezza sbalzo	1.80 m	
Interasse putrelle	0.80 m	
Numero nodi FEM	18	
Carichi		
$G_{1,\text{HEA220}}$	0.51 kN/m	
$G_{1,\text{parapetto}}$	0.39 kN/m	
$G_{2,\text{passerella}}$	0.39 kN/m <sup>2</sup>	
Q	4.00 kN/m <sup>2</sup>	
OUPUT		
Carichi per putrella		
	Intensità	Braccio
$G_{1,\text{HEA220}}$	0.92 kN/putrella	0.90 m
$G_{1,\text{parapetto}}$	0.31 kN/putrella	1.80 m
$G_{2,\text{passerella}}$	0.56 kN/putrella	0.90 m
Q	5.76 kN/putrella	0.90 m
Carichi totali		
$G_{1,\text{HEA220}}$	9.18 kN	
$G_{1,\text{parapetto}}$	3.12 kN	
$G_{2,\text{passerella}}$	5.62 kN	
Q	57.60 kN	
Carichi per nodo modello FEM		
Scorporati		
	Taglio	Momento
$G_{1,\text{HEA220}}$	0.51 kN/nodo	0.46 kN m/nodo
$G_{1,\text{parapetto}}$	0.17 kN/nodo	0.31 kN m/nodo
$G_{2,\text{passerella}}$	0.31 kN/nodo	0.28 kN m/nodo
Q	3.20 kN/nodo	2.88 kN m/nodo
Cumulati		
	Taglio	Momento
$G_1$	0.68 kN/nodo	0.77 kN m/nodo
$G_2$	0.31 kN/nodo	0.28 kN m/nodo
Q	3.20 kN/nodo	2.88 kN m/nodo

Di seguito si riporta la vista tridimensionale del telaio in legno con la numerazione dei nodi:



*Figura 6: Numerazione dei nodi del telaio in legno*

L'analisi sismica condotta è del tipo dinamica lineare. Di seguito si riportano i risultati dell'analisi, con indicazione dei periodi propri dei modi di vibrare e rispettive percentuali di massa attivate:

Informazioni risultati

Esporta Stampa

	Risultato	Cons.	T	%Mx	%My	%Mz	%Jpz
Totali:				97.45	99.57	51.08	0.00
1 Modo n. 1	<input checked="" type="checkbox"/>		0.344	0.04	30.18	0.00	0.00
2 Modo n. 2	<input checked="" type="checkbox"/>		0.255	0.93	0.11	0.00	0.00
3 Modo n. 3	<input checked="" type="checkbox"/>		0.139	18.06	4.06	0.04	0.00
4 Modo n. 4	<input checked="" type="checkbox"/>		0.112	15.92	3.17	0.24	0.00
5 Modo n. 5	<input checked="" type="checkbox"/>		0.104	2.88	0.12	2.93	0.00
6 Modo n. 6	<input checked="" type="checkbox"/>		0.058	0.08	0.00	0.01	0.00
7 Modo n. 7	<input checked="" type="checkbox"/>		0.052	0.03	0.23	0.01	0.00
8 Modo n. 8	<input checked="" type="checkbox"/>		0.035	0.00	0.06	0.00	0.00
9 Modo n. 9	<input checked="" type="checkbox"/>		0.028	0.00	0.02	0.00	0.00
10 Modo n. 10	<input checked="" type="checkbox"/>		0.024	0.00	0.00	0.00	0.00
11 Modo n. 11	<input checked="" type="checkbox"/>		0.014	0.00	0.00	9.70	0.00
12 Modo n. 12	<input checked="" type="checkbox"/>		0.013	0.00	0.00	0.42	0.00
13 Modo n. 13	<input checked="" type="checkbox"/>		0.012	0.01	0.00	4.34	0.00
14 Modo n. 14	<input checked="" type="checkbox"/>		0.012	0.00	0.00	0.20	0.00
15 Modo n. 15	<input checked="" type="checkbox"/>		0.012	0.00	0.00	0.27	0.00
16 Modo n. 16	<input checked="" type="checkbox"/>		0.012	0.00	0.00	7.96	0.00
17 Modo n. 17	<input checked="" type="checkbox"/>		0.011	0.00	0.00	0.00	0.00
18 Modo n. 18	<input checked="" type="checkbox"/>		0.011	0.00	0.00	4.66	0.00
19 Modo n. 19	<input checked="" type="checkbox"/>		0.011	0.00	0.00	2.63	0.00
20 Modo n. 20	<input checked="" type="checkbox"/>		0.010	0.00	0.00	0.45	0.00
21 Modo n. 21	<input checked="" type="checkbox"/>		0.010	0.00	0.00	0.17	0.00
22 Modo n. 22	<input checked="" type="checkbox"/>		0.010	0.00	0.00	0.01	0.00
23 Modo n. 23	<input checked="" type="checkbox"/>		0.010	0.00	0.00	0.02	0.00
24 Modo n. 24	<input checked="" type="checkbox"/>		0.009	0.00	0.00	0.23	0.00
25 Modo n. 25	<input checked="" type="checkbox"/>		0.009	1.34	0.62	9.32	0.00
26 Modo n. 26	<input checked="" type="checkbox"/>		0.009	0.00	0.00	1.38	0.00
27 Modo n. 27	<input checked="" type="checkbox"/>		0.008	0.00	0.00	1.19	0.00
28 Modo n. 28	<input checked="" type="checkbox"/>		0.007	0.00	0.00	0.14	0.00
29 Modo n. 29	<input checked="" type="checkbox"/>		0.006	0.01	0.00	0.57	0.00
30 Modo n. 30	<input checked="" type="checkbox"/>		0.006	0.49	0.01	0.54	0.00
31 Modo n. 31	<input checked="" type="checkbox"/>		0.006	5.94	0.50	0.60	0.00
32 Modo n. 32	<input checked="" type="checkbox"/>		0.005	0.17	5.39	1.82	0.00
33 Modo n. 33	<input checked="" type="checkbox"/>		0.004	0.20	0.52	0.05	0.00
34 Modo n. 34	<input checked="" type="checkbox"/>		0.004	0.93	4.44	0.03	0.00
35 Modo n. 35	<input checked="" type="checkbox"/>		0.003	4.79	8.07	0.05	0.00
36 Modo n. 36	<input checked="" type="checkbox"/>		0.003	4.25	4.86	0.71	0.00
37 Modo n. 37	<input checked="" type="checkbox"/>		0.002	0.00	25.29	0.02	0.00
38 Modo n. 38	<input checked="" type="checkbox"/>		0.002	33.76	0.45	0.01	0.00
39 Modo n. 39	<input checked="" type="checkbox"/>		0.002	7.57	7.21	0.21	0.00
40 Modo n. 40	<input checked="" type="checkbox"/>		0.001	0.05	4.26	0.13	0.00

3 Modi calcolati

OK Annulla

Di seguito si riporta la deformata della struttura di legno in combinazione rara:

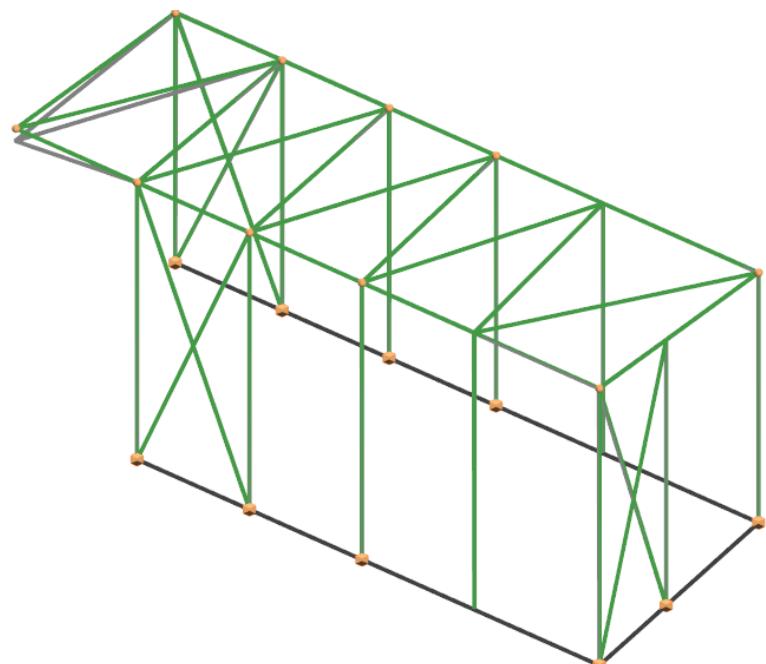
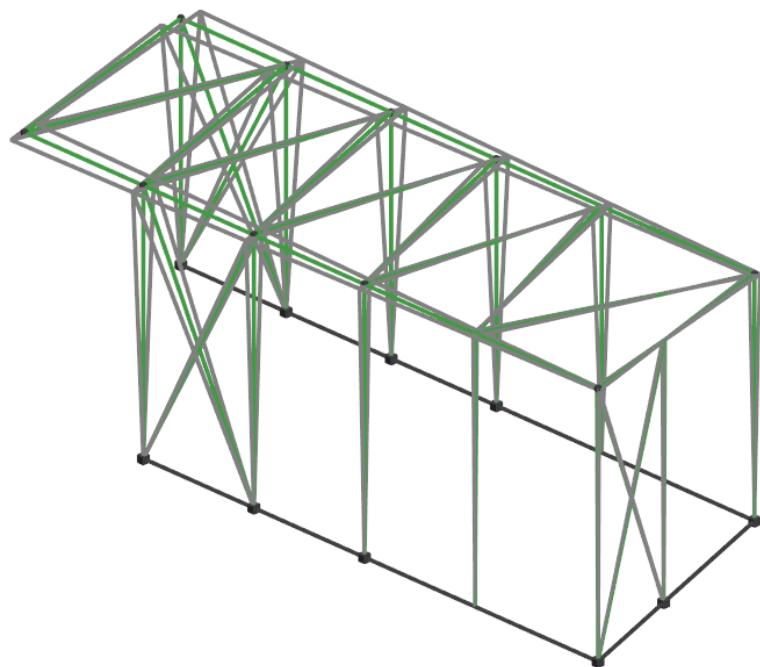


Figura 7: Deformata in combinazione rara



*Figura 8: Deformata della struttura in legno nel primo modo di vibrare*

Il nodo che subisce la deformazione maggiore è il n. 206. Si riporta di seguito la schermata con gli spostamenti in combinazione SLD di tale nodo:

Informazioni spostamenti nodali X[Esporta](#) [Stampa](#)

Nodo	CC	TCC	Sx <mm>	Sy <mm>	Sz <mm>	Rx <rad>	Ry <rad>	Rz <rad>
206	2	SLD	-0.02250	0.17564	-0.03254	-0.00010	-0.00000	-0.00003
	±	SLD	0.63475	1.58555	0.02563	0.00086	0.00007	0.00032
	4	SLD	-0.02250	0.17564	-0.03254	-0.00010	-0.00000	-0.00003
	±	SLD	0.63334	1.58454	0.02553	0.00086	0.00007	0.00032
	6	SLD	-0.02250	0.17564	-0.03254	-0.00010	-0.00000	-0.00003
	±	SLD	0.37946	-0.37942	0.01540	-0.00023	0.00004	0.00013
	8	SLD	-0.02250	0.17564	-0.03254	-0.00010	-0.00000	-0.00003
	±	SLD	0.37805	-0.38043	0.01531	-0.00023	0.00004	0.00013
	10	SLD	-0.02250	0.17564	-0.03254	-0.00010	-0.00000	-0.00003
	±	SLD	0.57812	3.45621	0.02323	0.00192	0.00006	0.00039
	12	SLD	-0.02250	0.17564	-0.03254	-0.00010	-0.00000	-0.00003
	±	SLD	0.57671	3.45521	0.02313	0.00192	0.00006	0.00039
	14	SLD	-0.02250	0.17564	-0.03254	-0.00010	-0.00000	-0.00003
	±	SLD	0.27428	3.09468	0.01095	0.00173	0.00003	0.00025
	16	SLD	-0.02250	0.17564	-0.03254	-0.00010	-0.00000	-0.00003
	±	SLD	0.27287	3.09367	0.01085	0.00173	0.00003	0.00025
	18	SLD	-0.02250	0.17564	-0.03254	-0.00010	-0.00000	-0.00003
	±	SLD	0.28192	1.16493	0.01141	0.00064	0.00003	0.00016
	20	SLD	-0.02250	0.17564	-0.03254	-0.00010	-0.00000	-0.00003
	±	SLD	0.02662	-0.80004	0.00119	-0.00045	0.00000	-0.00003
	22	SLD	-0.02250	0.17564	-0.03254	-0.00010	-0.00000	-0.00003
	±	SLD	-0.02192	0.80339	-0.00087	0.00045	-0.00000	0.00003
	24	SLD	-0.02250	0.17564	-0.03254	-0.00010	-0.00000	-0.00003
	±	SLD	-0.27722	-1.16157	-0.01110	-0.00064	-0.00003	-0.00016

 Ripeti il numero dell'elemento su ogni riga[Opzioni](#)[OK](#)

Assumendo come limite di deformabilità laterale dell'edificio 0,005 h, valido per tamponamenti fragili, risulta:

$$q = 2,5$$

$$d_r = 4 \text{ mm}$$

$$q d_r = 10 \text{ mm}$$

$$0,005 \text{ h} = 0,005 \times 2800 \text{ mm} = 14 \text{ mm} > 10 \text{ mm}.$$

La verifica di rigidezza richiesta dal §7.3.6.1. delle NTC2018 risulta soddisfatta.

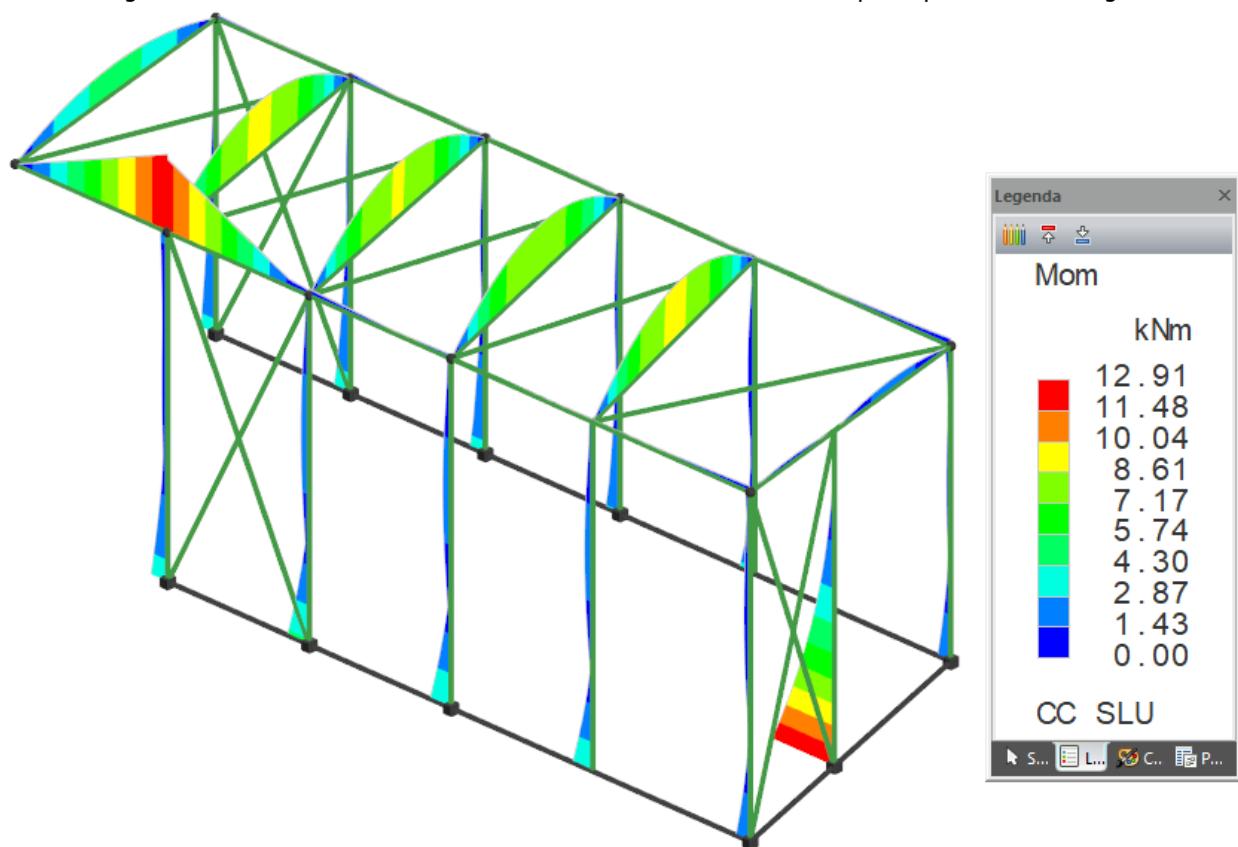


Figura 9: Diagramma dei momenti flettenti allo SLU (inviluppo)

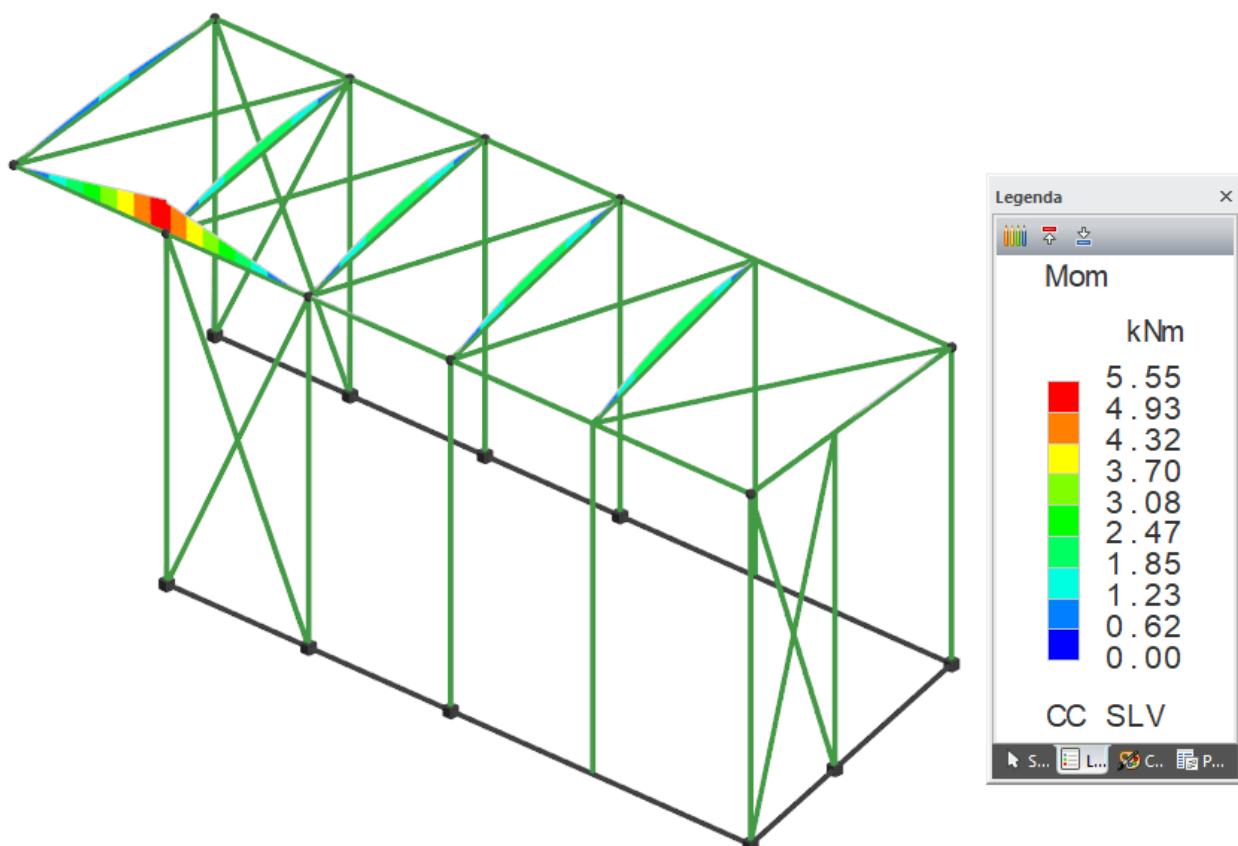


Figura 10: Diagramma del momento flettente allo SLV (inviluppo)

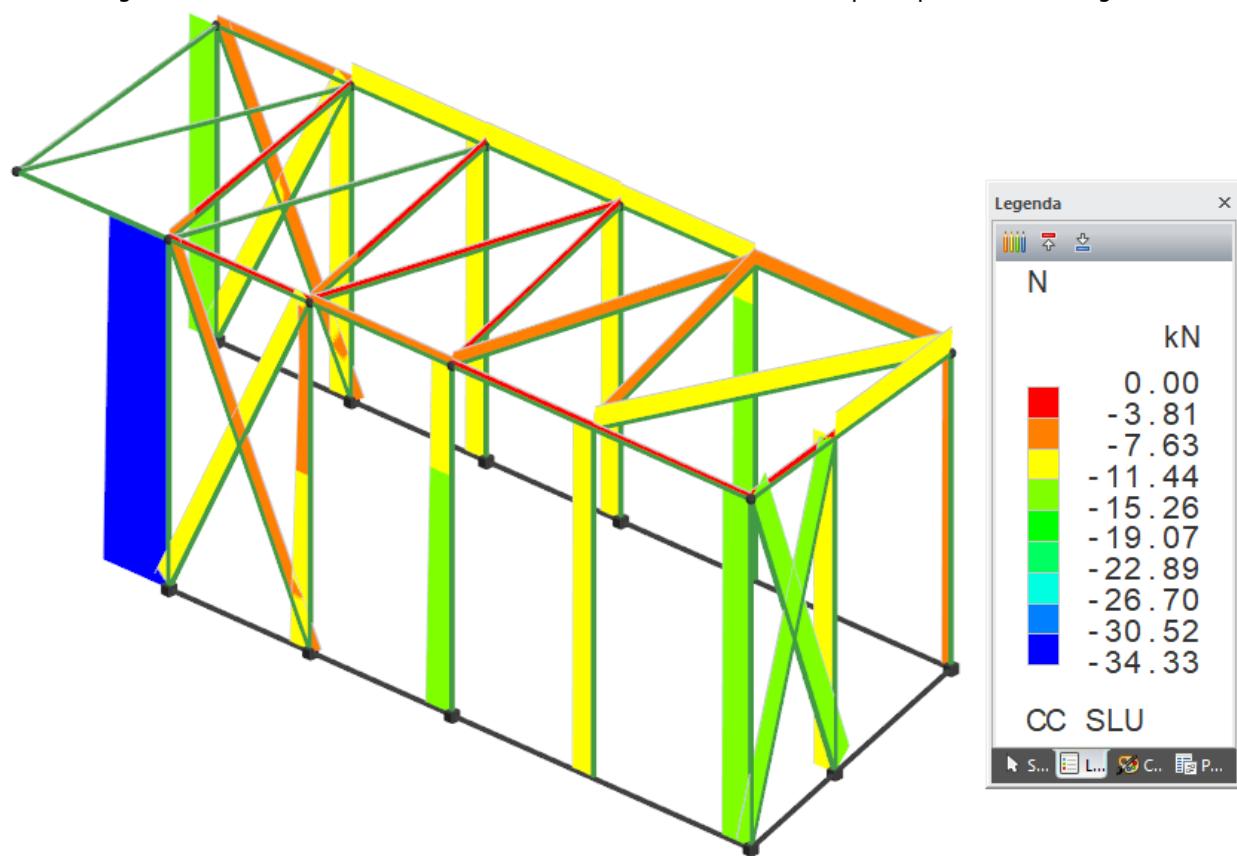


Figura 11: Diagramma dell'azione assiale allo SLU (inviluppo)

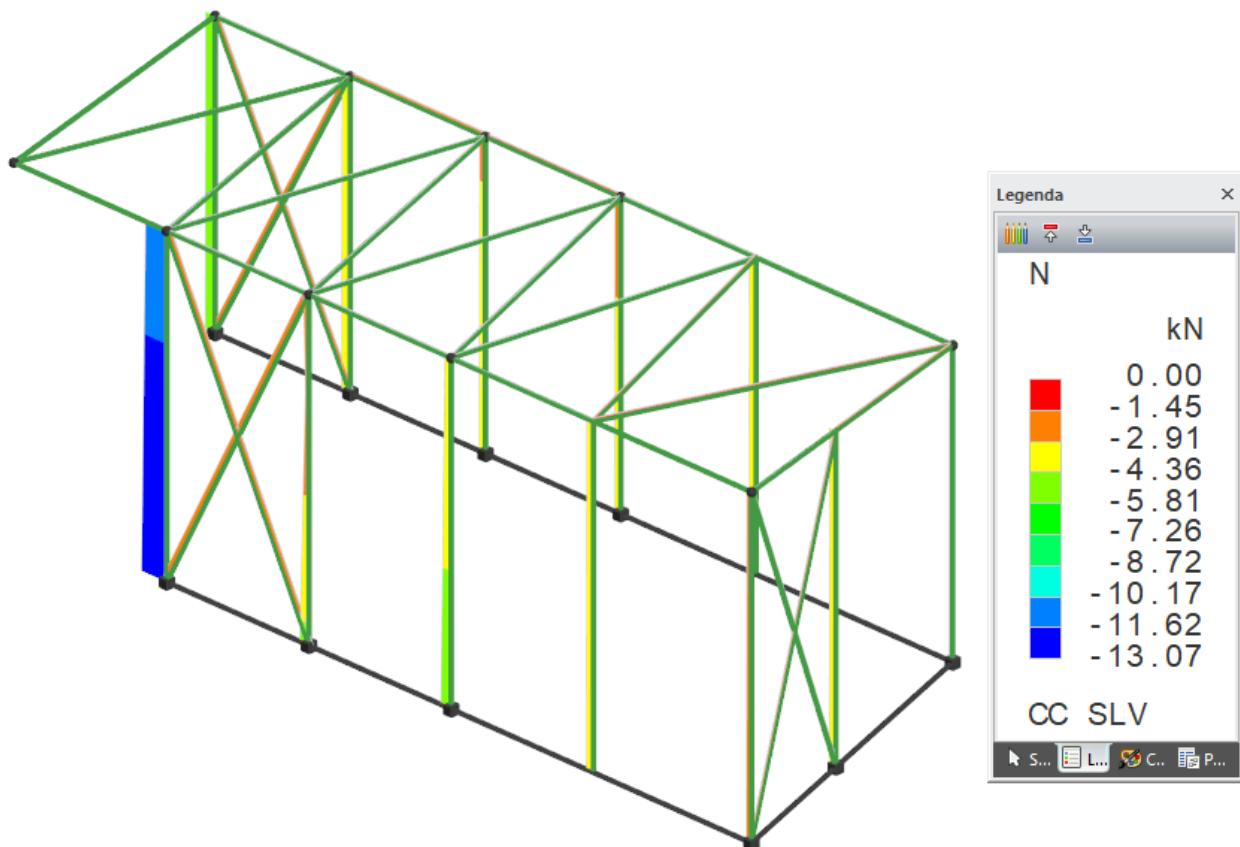


Figura 12: Diagramma dell'azione assiale allo SLV (inviluppo)

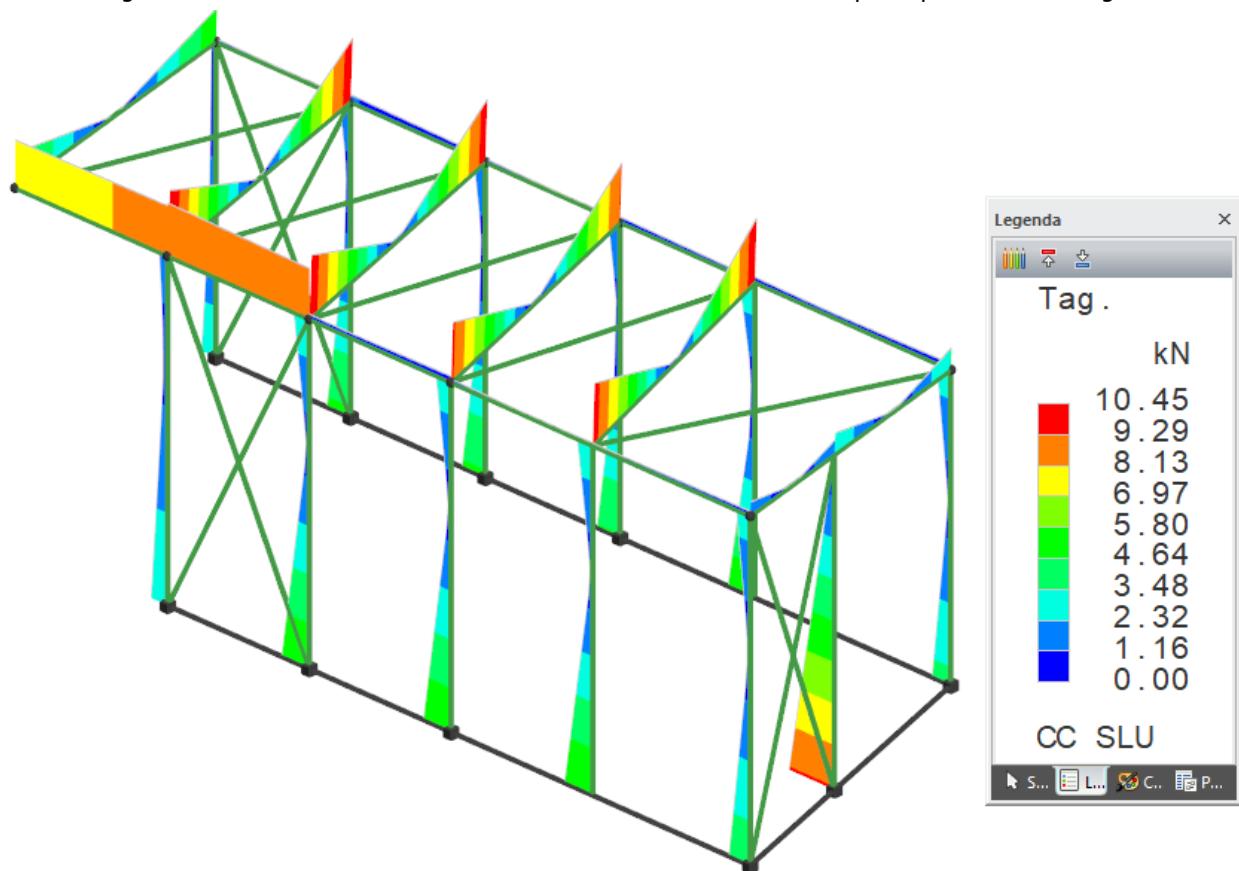


Figura 13: Diagramma del taglio allo SLU (inviluppo)

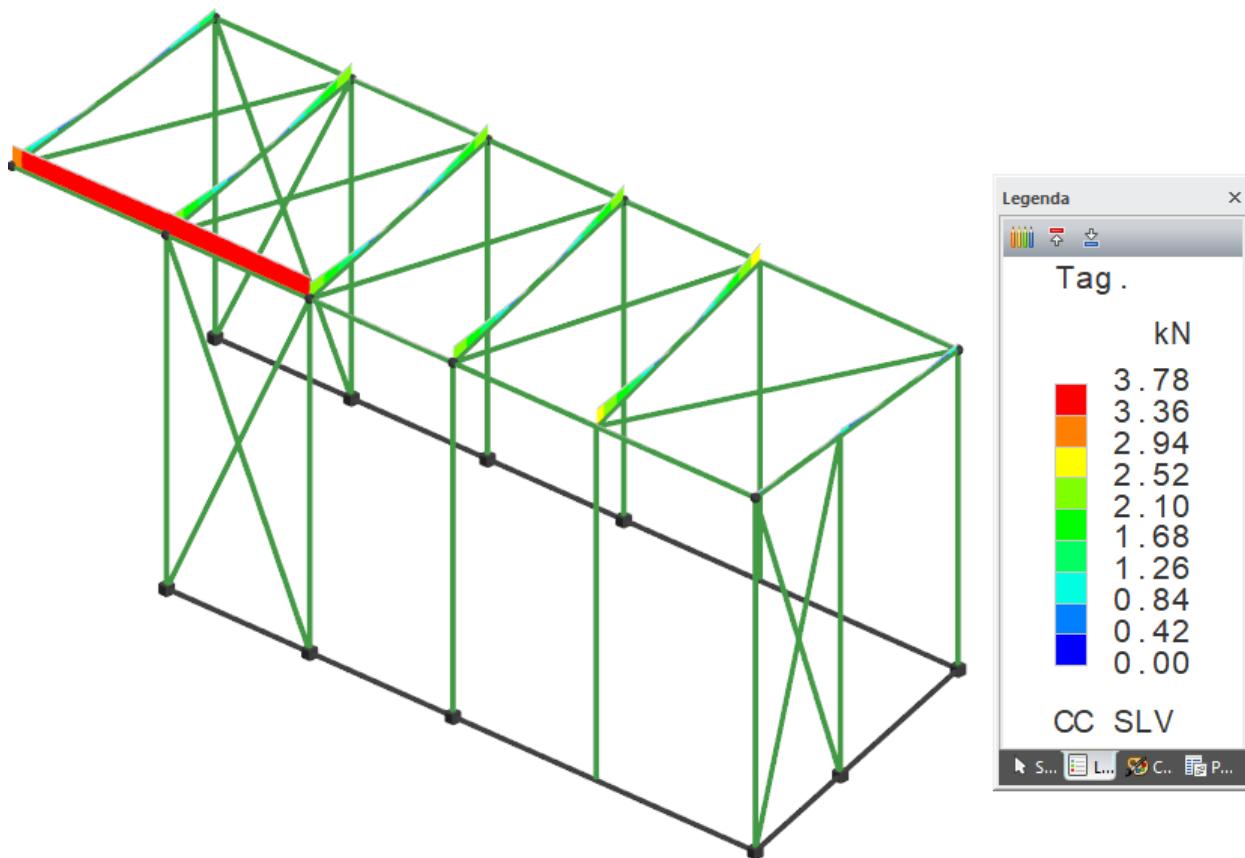


Figura 14: Diagramma del taglio allo SLV (inviluppo)

## 6.9 TRAVE SECONDARIA 150X150

Si riporta di seguito la verifica delle travi secondarie della copertura.

INPUT					
Geometria					
Forma della sezione					
Rettangolare	<input checked="" type="radio"/>				
Circolare	<input type="radio"/>				
Dati geometrici					
b	150 mm				
h	150 mm				
Geometria trave					
Lunghezza	2.96 m				
$L_{infl}$	1.32 m				
Vincoli esterni					
Incastro	<input type="radio"/>	Estremo A	<input type="radio"/>	Estremo B	
Appoggio	<input checked="" type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/>		
Libero	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		
Instabilità a flessione					
Ritegni laterali					
Sì	<input type="radio"/>				
No	<input checked="" type="radio"/>				
Lunghezza inflessione laterale					
$L_{laterale}$	2.96 m				
Schema statico per instabilità					
Mensola	<input type="radio"/>				
Cerniera-cerniera	<input checked="" type="radio"/>				
Incastro-cerniera	<input type="radio"/>				
Incastro-incastro	<input type="radio"/>				
Posizione di applicazione del carico					
Bordo compresso	<input checked="" type="radio"/>				
Asse	<input type="radio"/>				
Bordo tesi	<input type="radio"/>				
Deformabilità					
Freccia istantanea da carichi variabili					
Limitare	<input checked="" type="radio"/>	$L / 300$			
Non limitare	<input type="radio"/>				
Freccia finale					
Coperture in generale		<input checked="" type="radio"/>			
Coperture praticabili		<input type="radio"/>			
Solai in generale		<input type="radio"/>			
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili		<input type="radio"/>			
Solai che supportano colonne		<input type="radio"/>			
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio		<input type="radio"/>			
Frequenza minima per verifica vibrazione					
$f_0$	3.0 Hz				

Legno	
Tipo legno	
Legno massiccio	<input checked="" type="radio"/>
Legno lamellare	<input type="radio"/>
Sottotipo	
Conifera	<input checked="" type="radio"/>
Latifoglia	<input type="radio"/>
Tipo di classificazione	
Per flessione	<input checked="" type="radio"/>
Per trazione	<input type="radio"/>
Classe di resistenza	
C14	<input type="radio"/>
C16	<input type="radio"/>
C18	<input type="radio"/>
C20	<input type="radio"/>
C22	<input type="radio"/>
C24	<input checked="" type="radio"/>
C27	<input type="radio"/>
C30	<input type="radio"/>
C35	<input type="radio"/>
C40	<input type="radio"/>
C45	<input type="radio"/>
C50	<input type="radio"/>
-	<input type="radio"/>
Fattore di confidenza	
1.00	<input checked="" type="radio"/>
1.20	<input type="radio"/>
1.35	<input type="radio"/>
Ambiente	
Classe di servizio 1	<input type="radio"/>
Classe di servizio 2	<input checked="" type="radio"/>
Classe di servizio 3	<input type="radio"/>
Carichi	
Classe di durata	
Permanente	<input type="radio"/>
Lunga	<input type="radio"/>
Media	<input type="radio"/>
Breve	<input checked="" type="radio"/>
Istantanea	<input type="radio"/>

Tipologia carichi		
Permanenti		
G <sub>1</sub>	0.09 kN/m <sup>2</sup>	
G <sub>2</sub>	0.89 kN/m <sup>2</sup>	
Variabili		
Presenza		Intensità
Sovraccarico	<input checked="" type="checkbox"/>	0.50 kN/m <sup>2</sup>
Vento	<input checked="" type="checkbox"/>	0.86 kN/m <sup>2</sup>
Neve	<input checked="" type="checkbox"/>	1.55 kN/m <sup>2</sup>
Categoria sovraccarico		
A - Ambienti ad uso residenziale	<input type="radio"/>	
B - Uffici	<input type="radio"/>	
C - Ambienti suscettibili di affollamento	<input type="radio"/>	
D - Ambienti ad uso commerciale	<input type="radio"/>	
E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale. Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	<input type="radio"/>	
F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	<input type="radio"/>	
G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	<input type="radio"/>	
H - Coperture accessibili per sola manutenzione	<input checked="" type="radio"/>	
I - Coperture praticabili	<input type="radio"/>	
K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)	<input type="radio"/>	
Categoria neve		
a <sub>s</sub> ≤ 1000 m s.l.m.	<input checked="" type="radio"/>	
a <sub>s</sub> > 1000 m s.l.m.	<input type="radio"/>	

OUTPUT	
$f_{m,k}$	24.0 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t,0,k}$	14.5 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t,90,k}$	0.4 N/mm <sup>2</sup>
$f_{c,0,k}$	21.0 N/mm <sup>2</sup>
$f_{c,90,k}$	2.5 N/mm <sup>2</sup>
$f_{v,k}$	4.0 N/mm <sup>2</sup>
$f_{r,k}$	-
$E_{m,0,mean}$	11 000 N/mm <sup>2</sup>
$E_{m,0,k}$	7 400 N/mm <sup>2</sup>
$E_{m,90,mean}$	370 N/mm <sup>2</sup>
$E_{t,0,mean}$	-
$E_{t,0,k}$	-
$E_{t,90,mean}$	-
$G_{mean}$	690 N/mm <sup>2</sup>
$G_k$	464 N/mm <sup>2</sup>
$\rho_k$	350 kg/m <sup>3</sup>
$\rho_{mean}$	420 kg/m <sup>3</sup>
$k_h$	1.00
$k_{mod}$	0.9
$k_{def}$	0.80
$k_m$	0.7
$k_{cr}$	0.5
$\gamma_M$	1.5
FC	1.00
$f_{m,d}$	14.4 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t,0,d}$	8.7 N/mm <sup>2</sup>
$f_{c,0,d}$	12.6 N/mm <sup>2</sup>
$f_{v,d}$	2.4 N/mm <sup>2</sup>
Caratteristiche geometriche	
A	22 500 mm <sup>2</sup>
$J_{xx}$	4.2E+07 mm <sup>4</sup>
$J_{yy}$	4.2E+07 mm <sup>4</sup>
$W_{xx}$	5.6E+05 mm <sup>3</sup>
$W_{yy}$	5.6E+05 mm <sup>3</sup>
$i_{xx}$	43 mm
$i_{yy}$	43 mm
X	1.2

Carichi				
Intensità				
$G_1$	0.12 kN/m			
$G_2$	1.17 kN/m			
$Q_{sovraffaccarico}$	0.66 kN/m			
$Q_{vento}$	1.14 kN/m			
$Q_{neve}$	2.05 kN/m			
Coefficienti di combinazione				
	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	
$Q_{sovraffaccarico}$	0.0	0.0	0.0	
$Q_{vento}$	0.6	0.2	0.0	
$Q_{neve}$	0.5	0.2	0.0	
Valori di progetto dei carichi				
$F_{Ed,G_1+G_2,RARA}$	1.30 kN/m			
$F_{Ed,Q,RARA}$	2.36 kN/m			
$F_{Ed,RARA}$	3.66 kN/m			
$F_{Ed,SLU}$	5.24 kN/m			
$F_{Ed,FREQ}$	1.71 kN/m			
$F_{Ed,QPERM}$	1.30 kN/m			
Azioni di progetto allo SLU				
$N_{Ed}$	0.0 kN			
$V_{Ed,x}$	0.0 kN			
$V_{Ed,y,A}$	7.7 kN			
$V_{Ed,y,B}$	7.7 kN			
$M_{Ed,x}$	0.0 kNm			
$M_{Ed,y}$	5.7 kNm			
Verifica a flessione				
$M_{Ed,x}$	0.0 kNm			
$M_{Ed,y}$	5.7 kNm			
$W_{xx}$	5.6E+05 mm <sup>3</sup>			
$W_{yy}$	5.6E+05 mm <sup>3</sup>			
$\sigma_{m,xx,d}$	10.2 N/mm <sup>2</sup>			
$\sigma_{m,yy,d}$	0.0 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{m,d}$	14.4 N/mm <sup>2</sup>			
$k_m$	0.7			
$\frac{\sigma_{m,xx,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,yy,d}}{f_{m,d}}$	0.71	$\leq$	1	71%
$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,xx,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,yy,d}}{f_{m,d}}$	0.50	$\leq$	1	50%

Taglio Direzione Y				
$V_{Ed,y}$	7.75 kN			
$k_{cr}$	0.5			
bef	75 mm			
$A_{ef}$	11250 mm <sup>2</sup>			
$f_{v,d}$	2.4 N/mm <sup>2</sup>			
$\tau_d$	1.0 N/mm <sup>2</sup>	≤	2.4 N/mm <sup>2</sup>	43%
Stabilità a flessione				
a	150 mm			
b	150 mm			
a/b	1.0			
$\beta_{tor}$	7.11			
$J_{min}$	42 187 500 mm <sup>4</sup>			
$J_t$	71 202 532 mm <sup>4</sup>			
$W_{xx}$	5.6E+05 mm <sup>3</sup>			
$\beta_c$	0.2			
$L_{crit,xx}$	2.96 m			
$i_{xx}$	43 mm			
$\lambda_{xx}$	68			
$L_{crit,yy}$	2.96 m			
$i_{yy}$	43 mm			
$\lambda_{yy}$	68			
$\lambda$	68			
$f_{m,k}$	24.0 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{m,d}$	14.4 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{m,0,k}$	7 400 N/mm <sup>2</sup>			
$G_k$	464 N/mm <sup>2</sup>			
$\beta$	0.88			
$L_{eff}$	2.90 m			
$M_{y,crit}$	109.9 kNm			
$\sigma_{m,crit}$	195.3 N/mm <sup>2</sup>			
$\lambda_{rel,m}$	0.35			
$k_{crit,m}$	1.00			
$\sigma_{m,d}$	10.2 N/mm <sup>2</sup>			
$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit,m} \cdot f_{m,d}}$	0.71	≤	1	71%
Verifica di deformazione				
$w_{ist,Q,max}$	L / 300	=	9.9 mm	
$w_{fin,max}$	L / 200	=	14.8 mm	
$E_{m,0,mean}$	11 000 N/mm <sup>2</sup>			
$w_{ist,Q}$	5.1 mm	≤	9.9 mm	52%
$w_{ist}$	7.9 mm			
$w'_{in}$	2.8 mm			
$w_{creep}$	2.2 mm			
$w_{fin}$	10.1 mm	≤	14.8 mm	68%

**6.10 TRAVE PRINCIPALE 150X300**

Si riportano di seguito i calcoli di verifica della trave principale 150x300.

INPUT		
Geometria		
Forma della sezione		
Rettangolare	<input checked="" type="radio"/>	
Circolare	<input type="radio"/>	
Dati geometrici		
b	150 mm	
h	300 mm	
Geometria trave		
Lunghezza	1.60 m	
$A_{infl}$	2.40 $m^2$	
Vincoli esterni		
	Estremo A	Estremo B
Incastro	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Appoggio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Libero	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Instabilità a flessione		
Ritegni laterali		
Si	<input type="radio"/>	
No	<input checked="" type="radio"/>	
Lunghezza inflessione laterale		
$L_{laterale}$	1.60 m	
Schema statico per instabilità		
Mensola	<input checked="" type="radio"/>	
Cerniera-cerniera	<input type="radio"/>	
Incastro-cerniera	<input type="radio"/>	
Incastro-incastro	<input type="radio"/>	
Posizione di applicazione del carico		
Bordo compresso	<input type="radio"/>	
Asse	<input type="radio"/>	
Bordo tesi	<input checked="" type="radio"/>	
Deformabilità		
Freccia istantanea da carichi variabili		
Limitare	<input checked="" type="radio"/>	L / 300
Non limitare	<input type="radio"/>	
Freccia finale		
Coperture in generale	<input checked="" type="radio"/>	
Coperture praticabili	<input type="radio"/>	
Solai in generale	<input type="radio"/>	
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	<input type="radio"/>	
Solai che supportano colonne	<input type="radio"/>	
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	<input type="radio"/>	
Frequenza minima per verifica vibrazione		
$f_0$	3.0 Hz	

Legno	
Tipo legno	
Legno massiccio	<input checked="" type="radio"/>
Legno lamellare	<input type="radio"/>
Sottotipo	
Conifera	<input checked="" type="radio"/>
Latifoglia	<input type="radio"/>
Tipo di classificazione	
Per flessione	<input checked="" type="radio"/>
Per trazione	<input type="radio"/>
Classe di resistenza	
C14	<input type="radio"/>
C16	<input type="radio"/>
C18	<input type="radio"/>
C20	<input type="radio"/>
C22	<input type="radio"/>
C24	<input checked="" type="radio"/>
C27	<input type="radio"/>
C30	<input type="radio"/>
C35	<input type="radio"/>
C40	<input type="radio"/>
C45	<input type="radio"/>
C50	<input type="radio"/>
-	<input type="radio"/>
Fattore di confidenza	
1.00	<input checked="" type="radio"/>
1.20	<input type="radio"/>
1.35	<input type="radio"/>
Ambiente	
Classe di servizio 1	<input type="radio"/>
Classe di servizio 2	<input checked="" type="radio"/>
Classe di servizio 3	<input type="radio"/>
Carichi	
Classe di durata	
Permanente	<input type="radio"/>
Lunga	<input type="radio"/>
Media	<input type="radio"/>
Breve	<input checked="" type="radio"/>
Istantanea	<input type="radio"/>

Tipologia carichi		
Permanenti		
G <sub>1</sub>	0.19 kN/m <sup>2</sup>	
G <sub>2</sub>	0.89 kN/m <sup>2</sup>	
Variabili		
Presenza		Intensità
Sovraccarico	<input checked="" type="checkbox"/>	0.50 kN/m <sup>2</sup>
Vento	<input checked="" type="checkbox"/>	0.86 kN/m <sup>2</sup>
Neve	<input checked="" type="checkbox"/>	1.55 kN/m <sup>2</sup>
Categoria sovraccarico		
A - Ambienti ad uso residenziale	<input type="radio"/>	
B - Uffici	<input type="radio"/>	
C - Ambienti suscettibili di affollamento	<input type="radio"/>	
D - Ambienti ad uso commerciale	<input type="radio"/>	
E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale. Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	<input type="radio"/>	
F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	<input type="radio"/>	
G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	<input type="radio"/>	
H - Coperture accessibili per sola manutenzione	<input checked="" type="radio"/>	
I - Coperture praticabili	<input type="radio"/>	
K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)	<input type="radio"/>	
Categoria neve		
a <sub>s</sub> ≤ 1000 m s.l.m.	<input checked="" type="radio"/>	
a <sub>s</sub> > 1000 m s.l.m.	<input type="radio"/>	

OUTPUT	
$f_{m,k}$	24.0 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t,0,k}$	14.5 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t,90,k}$	0.4 N/mm <sup>2</sup>
$f_{c,0,k}$	21.0 N/mm <sup>2</sup>
$f_{c,90,k}$	2.5 N/mm <sup>2</sup>
$f_{v,k}$	4.0 N/mm <sup>2</sup>
$f_{r,k}$	-
$E_{m,0,mean}$	11 000 N/mm <sup>2</sup>
$E_{m,0,k}$	7 400 N/mm <sup>2</sup>
$E_{m,90,mean}$	370 N/mm <sup>2</sup>
$E_{t,0,mean}$	-
$E_{t,0,k}$	-
$E_{t,90,mean}$	-
$G_{mean}$	690 N/mm <sup>2</sup>
$G_k$	464 N/mm <sup>2</sup>
$\rho_k$	350 kg/m <sup>3</sup>
$\rho_{mean}$	420 kg/m <sup>3</sup>
$k_h$	1.00
$k_{mod}$	0.9
$k_{def}$	0.80
$k_m$	0.7
$k_{cr}$	0.5
$\gamma_M$	1.5
FC	1.00
$f_{m,d}$	14.4 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t,0,d}$	8.7 N/mm <sup>2</sup>
$f_{c,0,d}$	12.6 N/mm <sup>2</sup>
$f_{v,d}$	2.4 N/mm <sup>2</sup>
Caratteristiche geometriche	
A	45 000 mm <sup>2</sup>
$J_{xx}$	3.4E+08 mm <sup>4</sup>
$J_{yy}$	8.4E+07 mm <sup>4</sup>
$W_{xx}$	2.3E+06 mm <sup>3</sup>
$W_{yy}$	1.1E+06 mm <sup>3</sup>
$i_{xx}$	87 mm
$i_{yy}$	43 mm
X	1.2

Carichi				
Intensità				
$G_1$	0.45 kN			
$G_2$	2.14 kN			
$Q_{\text{sovraffaccarico}}$	1.20 kN			
$Q_{\text{vento}}$	2.06 kN			
$Q_{\text{neve}}$	3.72 kN			
Coefficients of combination				
	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	
$Q_{\text{sovraffaccarico}}$	0.0	0.0	0.0	
$Q_{\text{vento}}$	0.6	0.2	0.0	
$Q_{\text{neve}}$	0.5	0.2	0.0	
Values of project loads				
$F_{\text{Ed},G_1+G_2,\text{RARA}}$	2.59 kN			
$F_{\text{Ed},Q,\text{RARA}}$	4.30 kN			
$F_{\text{Ed},\text{RARA}}$	6.89 kN			
$F_{\text{Ed},\text{SLU}}$	9.81 kN			
$F_{\text{Ed},\text{FREQ}}$	3.33 kN			
$F_{\text{Ed},Q\text{PERM}}$	2.59 kN			
Actions of the project on the SLU				
$N_{\text{Ed}}$	0.0 kN			
$V_{\text{Ed},x}$	0.0 kN			
$V_{\text{Ed},y,A}$	9.8 kN			
$V_{\text{Ed},y,B}$	0.0 kN			
$M_{\text{Ed},x}$	0.0 kNm			
$M_{\text{Ed},y}$	15.7 kNm			
Flexure check				
$M_{\text{Ed},x}$	0.0 kNm			
$M_{\text{Ed},y}$	15.7 kNm			
$W_{xx}$	2.3E+06 mm <sup>3</sup>			
$W_{yy}$	1.1E+06 mm <sup>3</sup>			
$\sigma_{m,xx,d}$	7.0 N/mm <sup>2</sup>			
$\sigma_{m,yy,d}$	0.0 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{m,d}$	14.4 N/mm <sup>2</sup>			
$k_m$	0.7			
$\frac{\sigma_{m,xx,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,yy,d}}{f_{m,d}}$	0.48	$\leq$	1	48%
$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,xx,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,yy,d}}{f_{m,d}}$	0.34	$\leq$	1	34%

Taglio Direzione Y				
$V_{Ed,Y}$	9.81 kN			
$k_{cr}$	0.5			
bef	75 mm			
$A_{ef}$	22500 mm <sup>2</sup>			
$f_{v,d}$	2.4 N/mm <sup>2</sup>			
$\tau_d$	0.7 N/mm <sup>2</sup>	≤	2.4 N/mm <sup>2</sup>	27%
Stabilità a flessione				
a	300 mm			
b	150 mm			
a/b	2.0			
$\beta_{tor}$	4.37			
$J_{min}$	84 375 000 mm <sup>4</sup>			
$J_t$	231 693 364 mm <sup>4</sup>			
$W_{xx}$	2.3E+06 mm <sup>3</sup>			
$\beta_c$	0.2			
$L_{crit,xx}$	3.20 m			
$i_{xx}$	87 mm			
$\lambda_{xx}$	37			
$L_{crit,yy}$	3.20 m			
$i_{yy}$	43 mm			
$\lambda_{yy}$	74			
$\lambda$	74			
$f_{m,k}$	24.0 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{m,d}$	14.4 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{m,0,k}$	7 400 N/mm <sup>2</sup>			
$G_k$	464 N/mm <sup>2</sup>			
$\beta$	0.49			
$L_{eff}$	1.38 m			
$M_{y,crit}$	588.2 kNm			
$\sigma_{m,crit}$	261.4 N/mm <sup>2</sup>			
$\lambda_{rel,m}$	0.30			
$k_{crit,m}$	1.00			
$\sigma_{m,d}$	7.0 N/mm <sup>2</sup>			
$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit,m} \cdot f_{m,d}}$	0.48	≤	1	48%
Verifica di deformazione				
$w_{ist,Q,max}$	L / 300	=	5.3 mm	
$w_{fin,max}$	L / 200	=	8.0 mm	
$E_{m,0,mean}$	11 000 N/mm <sup>2</sup>			
$w_{ist,Q}$	1.6 mm	≤	5.3 mm	30%
$w_{ist}$	2.5 mm			
$w'_{in}$	1.0 mm			
$w_{creep}$	0.8 mm			
$w_{fin}$	3.3 mm	≤	8.0 mm	41%

**6.11 PILASTRO 150X150**

Si riportano di seguito le verifiche del pilastro 150x150.

INPUT		
Geometria		
Forma della sezione		
Rettangolare	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Circolare	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Dati geometrici		
b	150 mm	
h	150 mm	
Geometria pilastro		
Altezza	2.88 m	
Vincoli esterni		
Incastro	Estremo A	<input checked="" type="radio"/>
	Estremo B	<input type="radio"/>
	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Appoggio	Estremo A	<input type="radio"/>
	Estremo B	<input type="radio"/>
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Libero	Estremo A	<input type="radio"/>
	Estremo B	<input checked="" type="radio"/>
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Instabilità a flessione		
Ritegni laterali		
Sì	<input type="radio"/>	
No	<input checked="" type="radio"/>	
Lunghezza inflessione laterale		
L <sub>laterale</sub>	2.00 m	
Schema statico per instabilità		
Mensola	<input type="radio"/>	
Cerniera-cerniera	<input checked="" type="radio"/>	
Incastro-cerniera	<input type="radio"/>	
Incastro-incastro	<input type="radio"/>	
Posizione di applicazione del carico		
Bordo compresso	<input type="radio"/>	
Asse	<input type="radio"/>	
Bordo tesi	<input checked="" type="radio"/>	
Legno		
Tipo legno		
Legno massiccio	<input checked="" type="radio"/>	
Legno lamellare	<input type="radio"/>	
Sottotipo		
Conifera	<input checked="" type="radio"/>	
Latifoglia	<input type="radio"/>	
Tipo di classificazione		
Per flessione	<input checked="" type="radio"/>	
Per trazione	<input type="radio"/>	

Classe di resistenza		
C14	<input type="radio"/>	
C16	<input type="radio"/>	
C18	<input type="radio"/>	
C20	<input type="radio"/>	
C22	<input type="radio"/>	
C24	<input checked="" type="radio"/>	
C27	<input type="radio"/>	
C30	<input type="radio"/>	
C35	<input type="radio"/>	
C40	<input type="radio"/>	
C45	<input type="radio"/>	
C50	<input type="radio"/>	
-	<input type="radio"/>	
Fattore di confidenza		
1.00	<input checked="" type="radio"/>	
1.20	<input type="radio"/>	
1.35	<input type="radio"/>	
Ambiente		
Classe di servizio 1	<input type="radio"/>	
Classe di servizio 2	<input checked="" type="radio"/>	
Classe di servizio 3	<input type="radio"/>	
Carichi		
Classe di durata		
Permanente	<input type="radio"/>	
Lunga	<input type="radio"/>	
Media	<input type="radio"/>	
Breve	<input checked="" type="radio"/>	
Istantanea	<input type="radio"/>	
Azioni		
$N_{Ed}$	-34.3 kN	Compressione
$V_{Ed,x}$	10.5 kN	
$V_{Ed,y,A}$	0.0 kN	
$V_{Ed,y,B}$	0.0 kN	
$M_{Ed,x}$	0.0 kN m	
$M_{Ed,y}$	3.0 kN m	

OUTPUT	
$f_{m,k}$	24.0 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t,0,k}$	14.5 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t,90,k}$	0.4 N/mm <sup>2</sup>
$f_{c,0,k}$	21.0 N/mm <sup>2</sup>
$f_{c,90,k}$	2.5 N/mm <sup>2</sup>
$f_{v,k}$	4.0 N/mm <sup>2</sup>
$f_{r,k}$	-
$E_{m,0,mean}$	11 000 N/mm <sup>2</sup>
$E_{m,0,k}$	7 400 N/mm <sup>2</sup>
$E_{m,90,mean}$	370 N/mm <sup>2</sup>
$E_{t,0,mean}$	-
$E_{t,0,k}$	-
$E_{t,90,mean}$	-
$G_{mean}$	690 N/mm <sup>2</sup>
$G_k$	464 N/mm <sup>2</sup>
$\rho_k$	350 kg/m <sup>3</sup>
$\rho_{mean}$	420 kg/m <sup>3</sup>
$k_h$	1.00
$k_{mod}$	0.9
$k_{def}$	0.80
$k_m$	0.7
$k_{cr}$	0.5
$\gamma_M$	1.5
FC	1.00
$f_{m,d}$	14.4 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t,0,d}$	8.7 N/mm <sup>2</sup>
$f_{c,0,d}$	12.6 N/mm <sup>2</sup>
$f_{v,d}$	2.4 N/mm <sup>2</sup>
Caratteristiche geometriche	
A	22 500 mm <sup>2</sup>
$J_{xx}$	4.2E+07 mm <sup>4</sup>
$J_{yy}$	4.2E+07 mm <sup>4</sup>
$W_{xx}$	5.6E+05 mm <sup>3</sup>
$W_{yy}$	5.6E+05 mm <sup>3</sup>
$i_{xx}$	43 mm
$i_{yy}$	43 mm
X	1.2

Verifica a compressione parallela alla fibratura					
$N_{Ed}$	34.3 kN				
A	22 500 mm <sup>2</sup>				
$\sigma_{c,0,d}$	1.5 N/mm <sup>2</sup>	≤	$f_{c,0,d}$	12.6 N/mm <sup>2</sup>	12%
Verifica a flessione					
$M_{Ed,x}$	0.0 kNm				
$M_{Ed,y}$	3.0 kNm				
$W_{xx}$	5.6E+05 mm <sup>3</sup>				
$W_{yy}$	5.6E+05 mm <sup>3</sup>				
$\sigma_{m,xx,d}$	5.3 N/mm <sup>2</sup>				
$\sigma_{m,yy,d}$	0.0 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{m,d}$	14.4 N/mm <sup>2</sup>				
$k_m$	0.7				
$\frac{\sigma_{m,xx,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,yy,d}}{f_{m,d}}$	0.37	≤	1	37%	
$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,xx,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,yy,d}}{f_{m,d}}$	0.26	≤	1	26%	
Verifica a pressoflessione					
$N_{Ed}$	-34.3 kN				
$M_{Ed,x}$	0.0 kNm				
$M_{Ed,y}$	3.0 kNm				
A	22 500 mm <sup>2</sup>				
$W_{xx}$	5.6E+05 mm <sup>3</sup>				
$W_{yy}$	5.6E+05 mm <sup>3</sup>				
$\sigma_{c,0,d}$	1.5 N/mm <sup>2</sup>				
$\sigma_{m,xx,d}$	5.3 N/mm <sup>2</sup>				
$\sigma_{m,yy,d}$	0.0 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{c,0,d}$	12.6 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{m,d}$	14.4 N/mm <sup>2</sup>				
$k_m$	0.7				
$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,xx,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,yy,d}}{f_{m,d}}$	0.39	≤	1	39%	
$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,xx,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,yy,d}}{f_{m,d}}$	0.27	≤	1	27%	

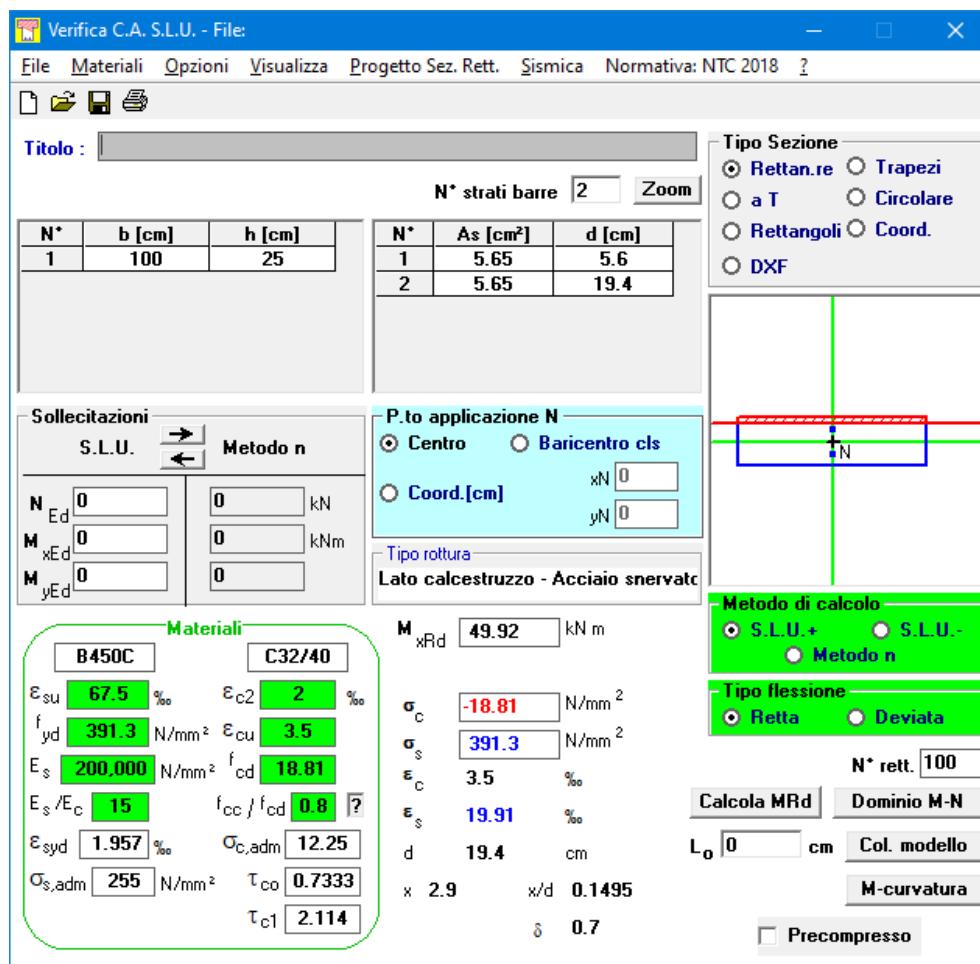
Taglio Direzione X					
$V_{Ed,x}$	10.45 kN				
$k_{cr}$	0.5				
hef	75 mm				
$A_{ef}$	11250 mm <sup>2</sup>				
$f_{v,d}$	2.4 N/mm <sup>2</sup>				
$\tau_d$	1.4 N/mm <sup>2</sup>	≤	2.4 N/mm <sup>2</sup>	58%	
Stabilità a flessione					
a	150 mm				
b	150 mm				
a/b	1.0				
$\beta_{tor}$	7.11				
$J_{min}$	42 187 500 mm <sup>4</sup>				
$J_t$	71 202 532 mm <sup>4</sup>				
$W_{xx}$	562 500 mm <sup>3</sup>				
$\beta_c$	0.2				
$L_{crit,xx}$	2.88 m				
$i_{xx}$	43 mm				
$\lambda_{xx}$	67				
$L_{crit,yy}$	2.88 m				
$i_{yy}$	43 mm				
$\lambda_{yy}$	67				
$\lambda$	67				
$f_{m,k}$	24.0 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{m,d}$	14.4 N/mm <sup>2</sup>				
$E_{m,0,k}$	7 400 N/mm <sup>2</sup>				
$G_k$	464 N/mm <sup>2</sup>				
$\beta$	0.49				
$L_{eff}$	1.71 m				
$M_{y,crit}$	186.5 kNm				
$\sigma_{m,crit}$	331.5 N/mm <sup>2</sup>				
$\lambda_{rel,m}$	0.27				
$k_{crit,m}$	1.00				
$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit,m} \cdot f_{m,d}}$	0.37	≤	1	37%	
Stabilità a compressione					
$f_{c,0,k}$	21.0 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{c,0,d}$	12.6 N/mm <sup>2</sup>				
$E_{m,0,k}$	7 400 N/mm <sup>2</sup>				
$\lambda_{rel,c}$	1.13				
k	1.22				
$k_{crit,c}$	0.59				
$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{crit,c} \cdot f_{c,0,d}}$	0.20	≤	1	20%	
Stabilità a pressoflessione					
$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{calcolo} f_{delle\ strutture\_ref00}}$ + $\frac{\sigma_{m,xx,d}}{k_{calcolo} f_{delle\ strutture\_ref00}}$	0.57	≤	1	57%	

## 6.12 MURO IN C.A.

L'armatura del muro in c.a. è costituita da ferri verticali (1+1)φ12/200.

Ai fini della verifica si assume agente sulla struttura il momento flettente d'incastro delle travi HEA220 a sbalzo, calcolato nel §6.1, pari a 13,6 kN m.

La verifica di resistenza allo SLU viene eseguita con il software VCAslu:



Risulta  $M_{Rd} = 49.92 \text{ kN m} > M_{Ed} = 13,6 \text{ kN m}$ .

La verifica è soddisfatta.

## 6.14 PLATEA IN C.A.

Si riporta di seguito il momento flettente di Wood in direzione X allo SLU ed allo SLV:

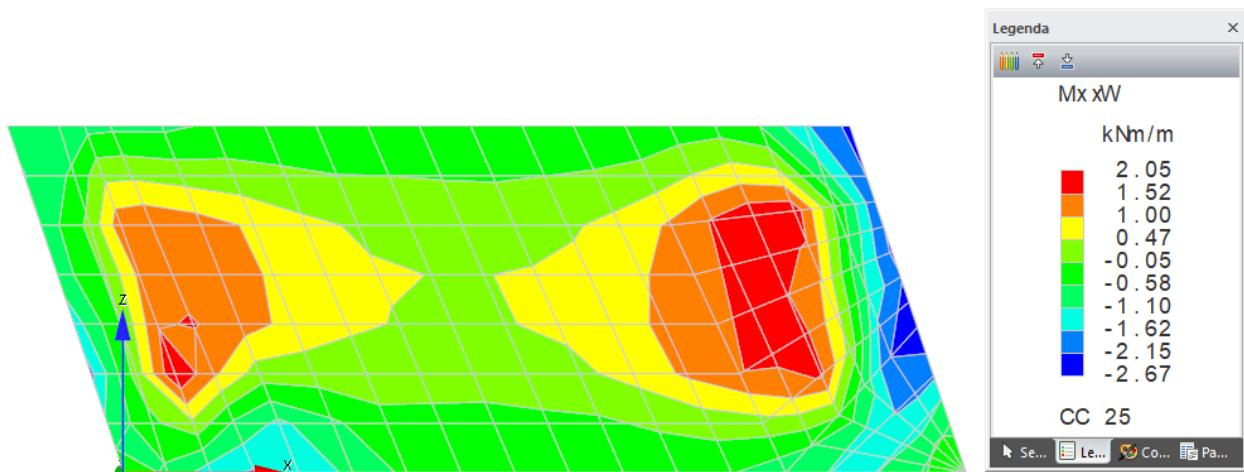


Figura 15: Momento di Wood in direzione X allo SLU

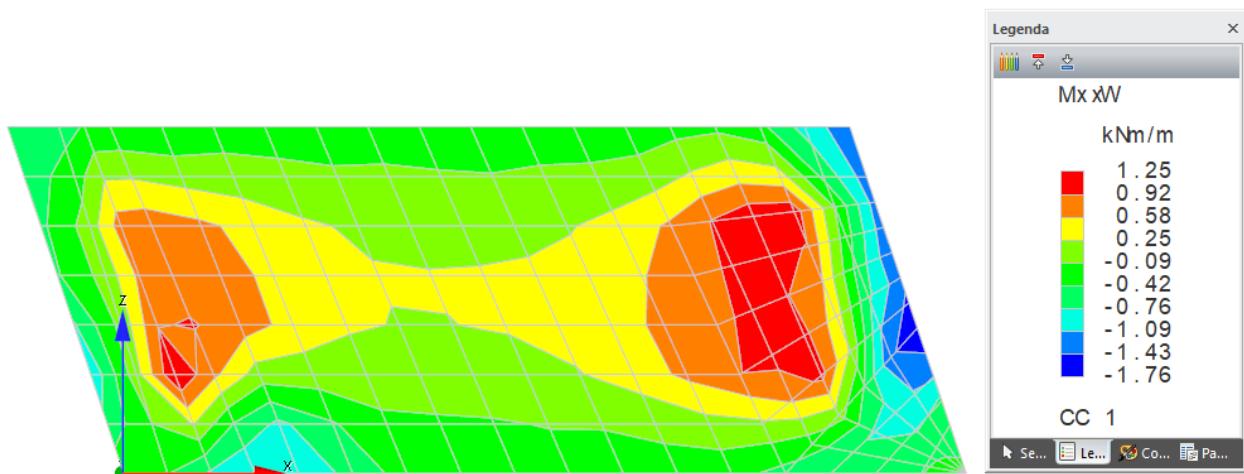


Figura 16: Momento di Wood in direzione X allo SLV

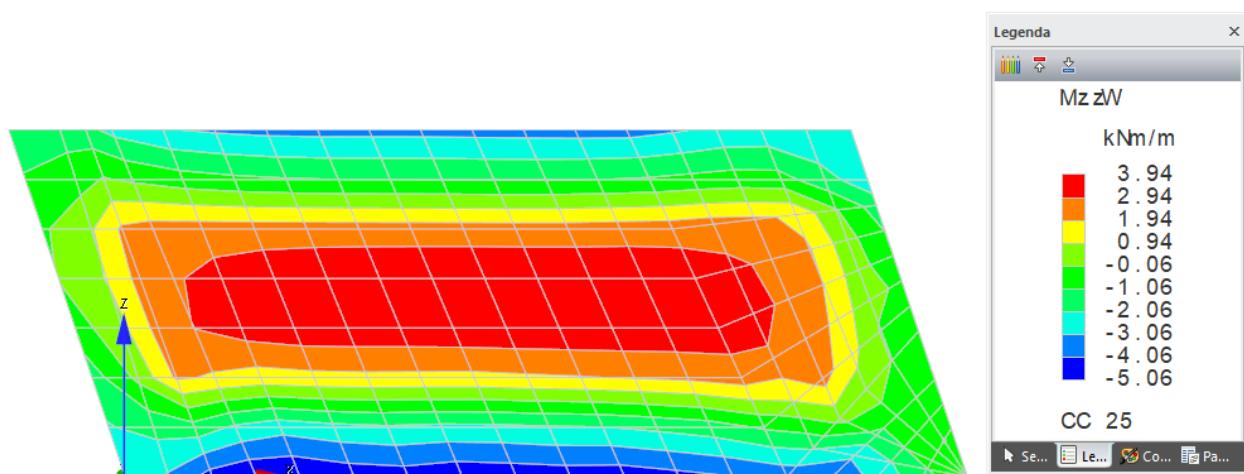


Figura 17: Momento di Wood in direzione Z allo SLU

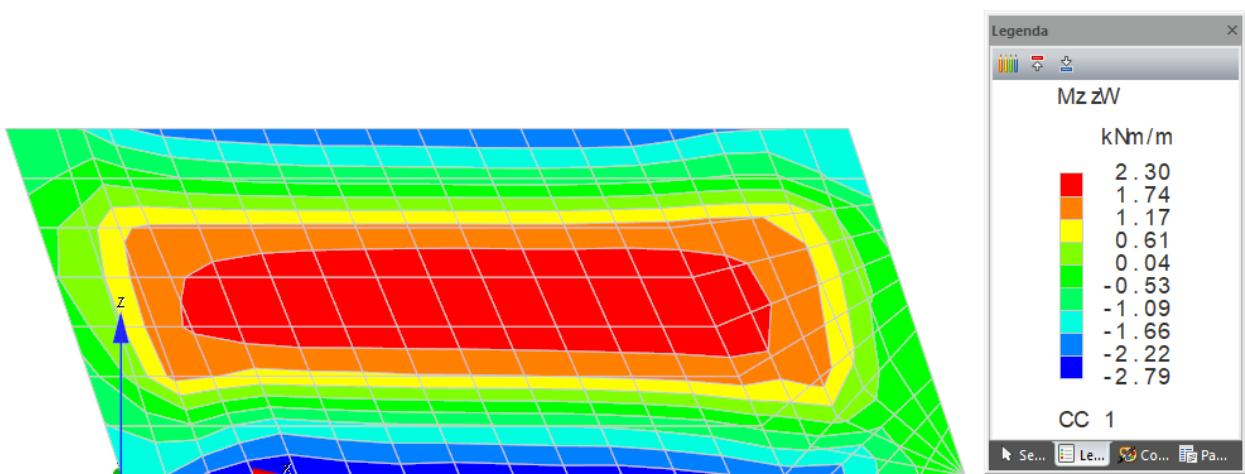
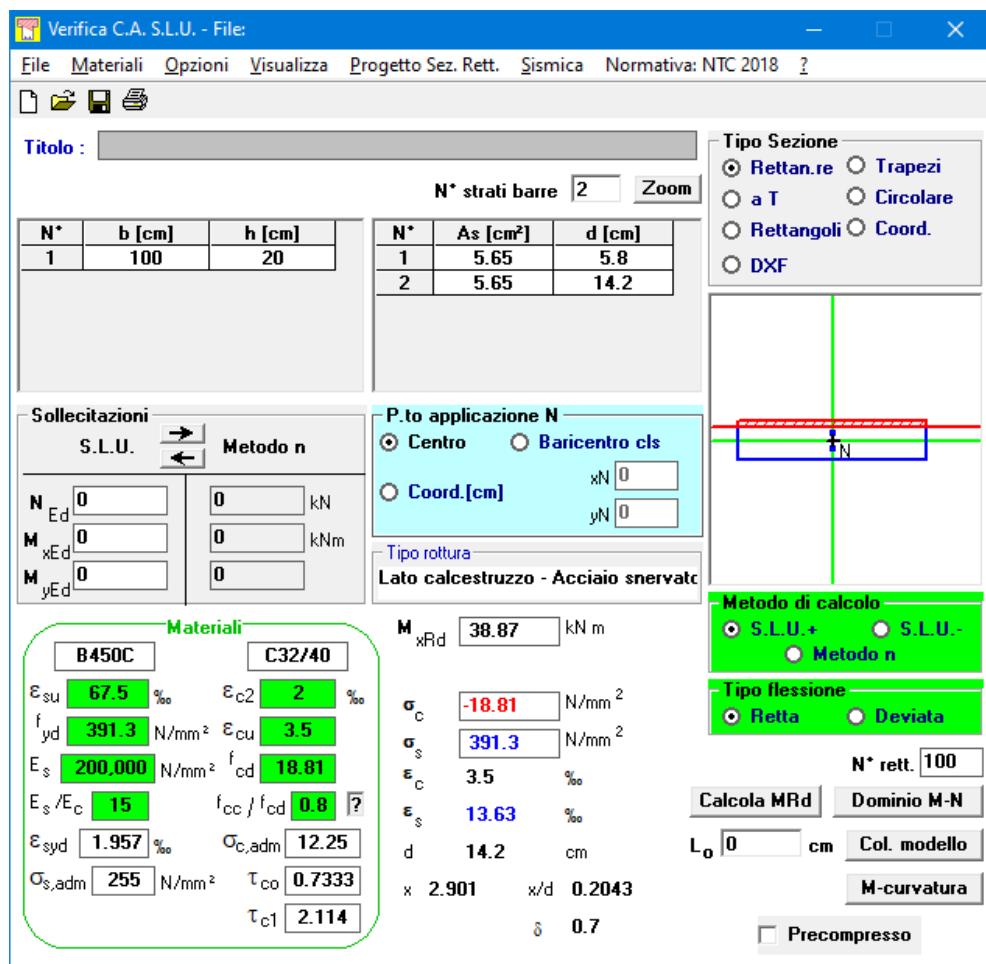


Figura 18: Momento di Wood in direzione Z allo SLV

L'armatura della platea è costituita da (1+1) $\phi 12/200$  incrociati. Si riporta di seguito la verifica di resistenza allo SLU:



Risulta  $M_{Rd} = 38.87 \text{ kNm} > M_{Ed} = 3,94 \text{ kNm}$ .

**6.16 PRESSIONI SUL TERRENO**

Si riportano di seguito le pressioni agenti sul terreno allo SLU e allo SLV:

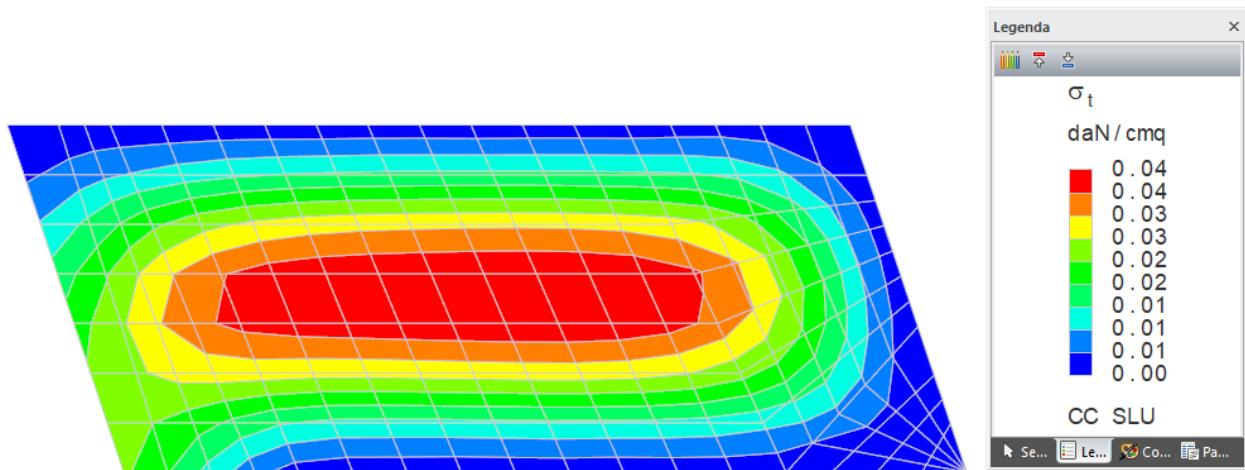


Figura 19: Pressioni sul terreno allo SLU (inviluppo)

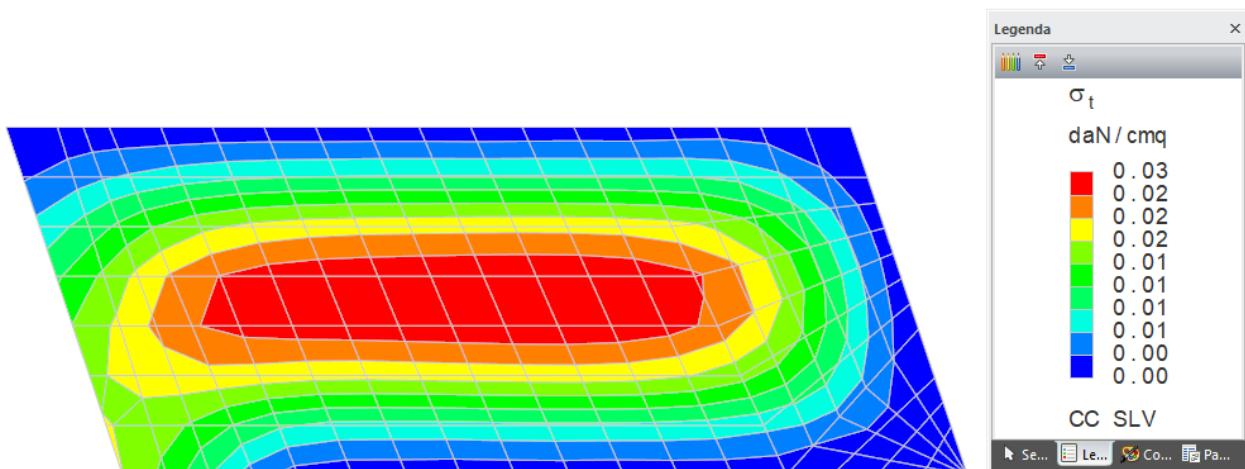


Figura 20: Pressioni sul terreno allo SLV (inviluppo)

Con una pressione di 0,04 daN/cm<sup>2</sup> la fondazione è verificata.

## 6.17 MURO ESISTENTE IN PIETRA

Le nuove fondazioni sono collegate al muro in pietra tramite inghisaggi da realizzare in corrispondenza dei 4 ringrossi puntuali in c.a.. L'inghisaggio prevede 4 barre M16 di classe 8.8 e resina tipo Hilti HIT-HY 200-A. Si riporta di seguito l'analisi dei carichi ai fini della stima dell'azione tagliante agente sull'inghisaggio:

INPUT	
Geometria	
Lunghezza sbalzo	1.80 m
Interasse ringrossi	3.90 m
Area sezione cls	0.67 m <sup>2</sup>
H <sub>tapponatura</sub>	2.80 m
L <sub>infl,copertura</sub>	1.60 m
% scarico muro	50%
Carichi	
$\gamma_{cls}$	25 kN/m <sup>3</sup>
G <sub>2,tapponatura</sub>	0.88 kN/m <sup>2</sup>
G <sub>2,copertura</sub>	0.88 kN/m <sup>2</sup>
Q <sub>passerella</sub>	4.00 kN/m <sup>2</sup>
G <sub>1,UPN220</sub>	0.29 kN/m
G <sub>1,HEA220</sub>	0.51 kN/m
OUTPUT	
Scarichi totali	
G <sub>1,c.a.</sub>	65.76 kN
G <sub>1,UPN220</sub>	1.13 kN
G <sub>1,HEA220</sub>	1.99 kN
G <sub>2,tapponatura</sub>	9.61 kN
G <sub>2,copertura</sub>	5.49 kN
Q <sub>passerella</sub>	28.08 kN
Scarichi su muro	
G <sub>1,c.a.</sub>	32.88 kN
G <sub>1,UPN220</sub>	0.57 kN
G <sub>1,HEA220</sub>	0.99 kN
G <sub>2,tapponatura</sub>	4.80 kN
G <sub>2,copertura</sub>	2.75 kN
Q <sub>passerella</sub>	14.04 kN
Scarico totale da parte di un ringrosso sul muro	
V <sub>Ed,RARA</sub>	56 kN
V <sub>Ed,SLU</sub>	76 kN

Si riporta di seguito la verifica dell'ancoraggio eseguita con il software Hilti PROFIS Engineering 3.0.78:



Hilti PROFIS Engineering 3.0.78

[www.hilti.it](http://www.hilti.it)

Impresa:	Pagina:	1
Indirizzo:	Progettista:	
Telefono / Fax:	E-mail:	
Design:	Data:	
Contratto N°:		27/05/2022

Commenti del progettista:

## 1 Dati da inserire

Tipo e dimensione dell'ancorante: HIT-HY 200-A + HIT-Z 100 Years M16



Periodo di ritorno (durata in anni): 100



Codice articolo: 2018416 HIT-Z M16x155 (inserire) / 434674 HIT-HY 200-A (composto indurente)

Hilti Seismic set o altro sistema per il riempimento dello spazio aulare tra piastra e ancorante.

Profondità di posa effettiva:  $h_{\text{eff},\text{app}} = 96,0 \text{ mm}$  ( $h_{\text{eff},\text{true}} = 192,0 \text{ mm}$ )

Materiale: DIN EN ISO 4042

Certificazione No.: ETA 12/0006

Emesso l'Valido: 28/10/2020 | -

Prova: Metodo di calcolo SOFA + fib (07/2011) – dopo prove ETAG

Fissaggio distanziato:  $e_b = 0,0 \text{ mm}$  (Senza distanziamento);  $t = 12,0 \text{ mm}$ Piastra d'ancoraggio<sup>R</sup>:  $l_x \times l_y \times t = 500,0 \text{ mm} \times 1.000,0 \text{ mm} \times 12,0 \text{ mm}$ ; (Spessore della piastra raccomandato: non calcolato)

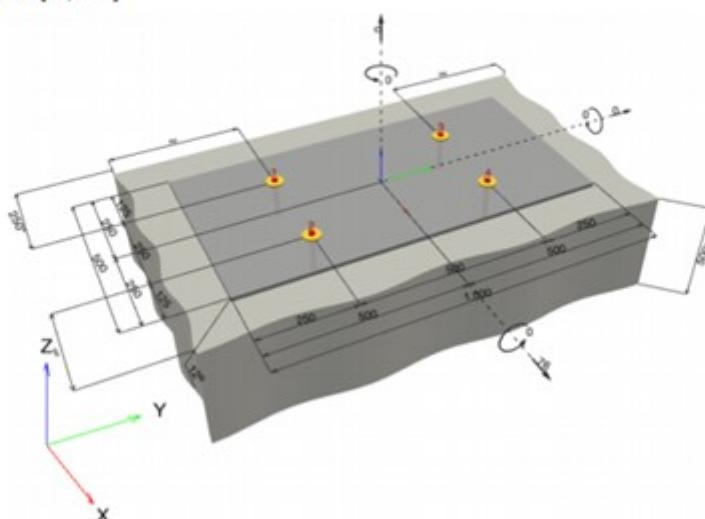
Profilo: nessun profilo

Materiale base: fessurato calcestruzzo, C20/25,  $f_{c,\text{eff}} = 20,00 \text{ N/mm}^2$ ;  $h = 500,0 \text{ mm}$ , Temp. Breve/Lungo: 0/0 °C

Installazione: Foro eseguito con perforatore, Condizioni di installazione: asciutto

Armatura: nessuna armatura o interasse tra le armature  $\geq 150 \text{ mm}$  (qualsiasi  $\varnothing$ ) o  $\geq 100 \text{ mm}$  ( $\varnothing \leq 10 \text{ mm}$ ) senza armatura di bordo longitudinale<sup>R</sup> - Il calcolo dell'ancoraggio presuppone la presenza di una piastra di ancoraggio rigida.

### Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]





Hilti PROFIS Engineering 3.0.78

[www.hilti.it](http://www.hilti.it)

Impresa:	Pagina:	2
Indirizzo:	Progettista:	
Telefono / Fax:	E-mail:	
Design:	Data:	27/05/2022
Contratto N°:		

## 1.1 Combinazione carichi

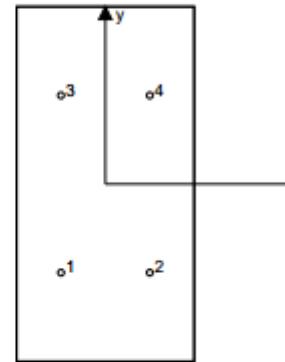
Caso	Descrizione	Forze [kN] / Momenti [kNm]	Sismico	Fuoco	Util. max.	Tassello [°]
1	Combinazione 1	N = 0,000; V <sub>x</sub> = 76,000; V <sub>y</sub> = 0,000; M <sub>x</sub> = 0,000; M <sub>y</sub> = 0,000; M <sub>z</sub> = 0,000;	no	no	50	

## 2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

Carichi sull'ancorante [kN]  
Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	0,000	19,000	19,000	0,000
2	0,000	19,000	19,000	0,000
3	0,000	19,000	19,000	0,000
4	0,000	19,000	19,000	0,000

Compressione max. nel calcestruzzo: • [%]  
 Max. sforzo di compressione nel calcestruzzo: • [N/mm<sup>2</sup>]  
 risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(0,0/0,0): 0,000 [kN]  
 risultante delle forze di compressione (x/y)=(0,0/0,0): 0,000 [kN]



Le forze di ancoraggio vengono calcolate presupponendo una piastra di ancoraggio rigida.



[www.hilti.it](http://www.hilti.it)

Impresa:	Pagina:	3
Indirizzo:	Progettista:	
Telefono / Fax:	E-mail:	
Design:	Data:	
Contratto N°:		27/05/2022

| Bozze\_Ancoraggio con passo 3,90 m\_2022 05 27

### 3 Carico di trazione SOFA (fib (07/2011), paragrafo 10.1)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_N$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura conica del calcestruzzo**	N/A	N/A	N/A	N/A
Fessurazione**	N/A	N/A	N/A	N/A

\*ancorante più sollecitato \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)

---

Si dovrà verificare la corrispondenza dei dati inseriti e dei risultati con la situazione reale effettiva e la loro plausibilità!  
PROFIS Engineering ( c ) 2003-2022 Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti è un marchio registrato di Hilti AG, Schaan

[www.hilti.it](http://www.hilti.it)

Impresa:	Pagina:	4
Indirizzo:	Progettista:	
Telefono I Fax:	E-mail:	
Design:	Data:	
Contratto N°:		27/05/2022

#### 4 Carico di taglio SOFA (fib (07/2011), paragrafo 10.2)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_V$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*	19,000	38,400	50	OK
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura per pryout**	38,000	103,265	37	OK
Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione **	N/A	N/A	N/A	N/A

\*ancorante più sollecitato \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)

##### 4.1 Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)

$V_{Rd,N}$ [kN]	$\gamma_{M,N}$	$V_{Rd,E}$ [kN]	$V_{sd}$ [kN]
48,000	1,250	38,400	19,000

##### 4.2 Rottura per pryout

$A_{e,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{e,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$\Psi_{A,N}$	$c_{e,N}$ [mm]	$s_{e,N}$ [mm]	$k_s$
154.944	82.944	1,868	144,0	288,0	2,560
$e_{el,V}$ [mm]	$\Psi_{el1,N}$	$e_{ez,V}$ [mm]	$\Psi_{ez,N}$	$\Psi_{s,N}$	$\Psi_{ns,N}$
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000
$N_{m,F}^0$ [kN]	$\gamma_{M,F}$	$V_{Rd,E}$ [kN]	$V_{sd}$ [kN]		
32,390	1,500	103,265	38,000		

ID gruppo ancoranti

3, 4

#### 5 Spostamenti (ancorante più sollecitato)

Carichi a breve termine:

$N_{sk}$ = 0,000 [kN]	$\delta_N$ = - [mm]
$V_{sk}$ = 14,074 [kN]	$\delta_V$ = 0,5630 [mm]
	$\delta_{NV}$ = - [mm]

Carichi a lungo termine:

$N_{sk}$ = 0,000 [kN]	$\delta_N$ = - [mm]
$V_{sk}$ = 14,074 [kN]	$\delta_V$ = 0,8444 [mm]
	$\delta_{NV}$ = - [mm]

Commenti: Gli spostamenti a trazione risultano validi con metà del valore della coppia di serraggio richiesta per non fessurato calcestruzzo! Gli spostamenti a taglio sono validi trascurando l'attrito tra il calcestruzzo e la piastra d'ancoraggio! Lo spazio derivante dal foro eseguito con perforatore e dalle tolleranze dei fori non viene considerato in questo calcolo!

Gli spostamenti ammissibili dell'ancorante dipendono dalla struttura fissata e devono essere definiti dal progettista!



Hilti PROFIS Engineering 3.0.78

[www.hilti.it](http://www.hilti.it)

Impresa:	Pagina:	5
Indirizzo:	Progettista:	
Telefono I Fax:	E-mail:	
Design:	Data:	
Contratto N°:		27/05/2022

## 6 Attenzione

- Fenomeni di ridistribuzione dei carichi sugli ancoranti derivanti da eventuali deformazioni elastiche della piastra non sono presi in considerazione. Si assume una piastra di ancoraggio sufficientemente rigida in modo che non risulti deformabile sotto l'azione di carichi!
- La lista accessori inclusa in questo report di calcolo è da ritenersi solo come informativa dell'utente. In ogni caso, le istruzioni d'uso fornite con il prodotto dovranno essere rispettate per garantire una corretta installazione.
- Il metodo Fib (07/2011) assume l'assenza di spazi anulari tra gli ancoranti e la piastra di ancoraggio. Questo può essere ottenuto mediante il riempimento con resina di sufficiente resistenza a compressione (p.e. usando il sistema Hilti Seismic/Filling set) o attraverso altri mezzi idonei.
- L'utente è responsabile della conformità alle norme correnti (e.g. EC3, AS 4100, ecc.)
- La verifica del trasferimento dei carichi nel materiale base è necessaria in accordo a fib (07/2011).
- L'adesione chimica caratteristica dipende dal periodo di ritorno (durata in anni): 100

**L'ancoraggio risulta verificato!**

---

Si dovrà verificare la corrispondenza dei dati inseriti e dei risultati con la situazione reale effettiva e la loro plausibilità!  
PROFIS Engineering ( c ) 2003-2022 Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti è un marchio registrato di Hilti AG, Schaan

---

Si procede ora alla verifica dell'incremento delle tensioni alla base del muro.

Il muro presenta un'altezza di 5,50 m ed una sezione con spessore variabile da 500 mm in sommità a 1000 mm alla base. Si riportano di seguito i calcoli:

INPUT	
Geometria	
Altezza	5.50 m
Sp. in sommità	0.50 m
Sp. alla base	1.00 m
Interasse ringrossi	3.90 m
Lungh. muro	18.26 m
Carichi	
$\gamma_{\text{muro}}$	21 kN/m <sup>3</sup>
Q	4.00 kN/m <sup>2</sup>
$L_{\text{infl,SDF}}$	0.80 m
$V_{\text{Ed,ringrossi 1}}$	56 kN
$V_{\text{Ed,ringrossi 2}}$	56 kN
$V_{\text{Ed,ringrossi 3}}$	76 kN
$V_{\text{Ed,ringrossi 4}}$	56 kN
OUTPUT	
$A_{\text{base muro}}$	18.26 m <sup>2</sup>
$G_{\text{muro}}$	1582 kN
$Q_{\text{SDF}}$	95 kN
$V_{\text{Ed,ringrossi totale}}$	244 kN
$\sigma_{\text{iniziale}}$	0.09 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{\text{finale}}$	0.10 N/mm <sup>2</sup>
$\Delta\sigma$	0.01 N/mm <sup>2</sup> = 9%

L'incremento di tensioni è pari al 9%; l'intervento non richiede pertanto l'adeguamento del muro esistente.