

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



S.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA SUD

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA ARRICCHITO

LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO

SOTTOPROGETTO: LOTTO 1.2 - ELETTRIFICAZIONE ROCCHETTA-POTENZA

ADEGUAMENTO ALLE STI SRT/ENE - POSIZIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE STES PER QUATTRO GALLERIE DI LUNGHEZZA MAGGIORE A 1.000 M

RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO TECNOLOGICO - ELEVAZIONE

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I A B H	0 0	F	7 8	C L	F A 0 0 0 0	0 0 3	A

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	PINI GROUP	Ottobre 2022	G. Romano S. Palmadola	Ottobre 2022	A. Amato S. Palmadola	Ottobre 2022	F. Sacchi 28 ottobre 2022

File: IABH00F78CLFA0000003A.docx

n. Elab.:

ITALFERR S.p.A.
Gruppo Ferrovie dello Stato
Divisione Tecnica
S.O. Progettazione Integrata e Field Engineering
Dott. Ing. Francesco Sacchi
Ordine degli Ingegneri di Roma n. 2317/Str.A

INDICE

1	PREMESSA	5
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA	5
3	DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO	9
4	MATERIALI.....	10
4.1	CALCESTRUZZO MAGRONE C12/15.....	10
4.2	CALCESTRUZZO FONDAZIONE C25/30.....	10
4.3	CALCESTRUZZO STRUTTURA IN ELEVAZIONE E SOLAIO IN LASTRE PREDALLES C30/37.....	11
4.4	ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO B450C.....	11
4.5	COPRIFERRO	12
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	12
6	ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO	13
6.1	CARICHI PERMANENTI.....	13
6.1.1	<i>Travi e pilastri</i>	13
6.1.2	<i>Solaio copertura</i>	13
6.1.3	<i>Facciate e cornicioni</i>	14
6.2	CARICHI VARIABILI	14
6.3	AZIONI DELLA NEVE	14
6.4	AZIONI DEL VENTO	15
6.4.1	<i>Pressione normale</i>	15
6.4.2	<i>Pressione tangenziale</i>	16
6.5	VARIAZIONE TERMICA	17
6.6	AZIONE SISMICA	17

6.6.1	Vita nominale	17
6.6.2	Classe d'uso	18
6.6.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica.....	18
6.6.4	Azioni di progetto	18
6.6.5	Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche	19
6.6.6	Regolarità.....	19
6.6.7	Tipologia strutturale e fattore di struttura.....	19
6.6.8	Spettri di risposta.....	21
7	CODICI DI CALCOLO.....	23
7.1	AFFIDABILITÀ DEL SOFTWARE	24
8	ANALISI DELLA STRUTTURA	24
8.1	MODELLO DI CALCOLO.....	24
8.2	DETERMINAZIONE COSTANTE DI WINKLER.....	27
8.3	ASSEGNAZIONE DEI CARICHI DI PROGETTO	28
8.1	ANALISI MODALE	33
8.2	COMBINAZIONI DI CARICO	36
8.3	INVILUPPO DELLE SOLLECITAZIONI.....	41
8.3.1	SLU.....	41
8.3.2	SLV.....	44
8.3.3	SLE.....	47
9	VERIFICA DELLA STRUTTURA	50
9.1	CRITERI DI VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	50

9.1.1	<i>Criteria di verifica delle sezioni in c.a. – SLE</i>	50
9.1.2	<i>Criteria di verifica delle travi – SLU</i>	52
9.2	VERIFICA DELLE TRAVI D'ELEVAZIONE	54
9.2.1	<i>Trave 30x60 longitudinale (lato lungo)</i>	55
9.2.2	<i>Trave 30x60 trasversale (lato corto)</i>	56
9.2.1	<i>Verifiche SLE</i>	57
9.3	VERIFICA DEI PILASTRI	58
9.4	VERIFICHE DEL SOLAIO.....	63
9.4.1	<i>Analisi dei carichi</i>	63
9.4.2	<i>Calcolo sollecitazioni</i>	63
9.4.3	<i>Verifiche sezionali travetti SLU e SLE</i>	66
9.4.4	<i>Verifiche SLE di deformazione</i>	71
9.1	INCIDENZA DELLE ARMATURE.....	72
9.1	VERIFICA DI RIGIDEZZA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI - SLD.....	74

1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici del Progetto di fattibilità tecnico-economica di ammodernamento della linea ferroviaria Potenza - Foggia. Esso ha come oggetto la realizzazione di piazzali di emergenza e relative viabilità di accesso in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie Cardinale, Quattrocchi, Appennino e Pietracolpa facenti parte del Lotto 1.2- tratta Rocchetta-Potenza.

L'opera oggetto delle analisi riportate nei paragrafi seguenti rientra tra le opere previste per i fabbricati tecnologici in progetto. In particolare, nel presente documento è affrontato il dimensionamento dell'edificio relativo al fabbricato tecnologico dei piazzali PT02, PT04, PT05, PT08, di dimensioni 16 m x 7 m. Per il dettaglio delle WBS e dei piazzali si rimanda agli elaborati grafici di dettaglio. Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza e deformabilità richiesti all'opera.

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'edificio è costituito da un piano fuori terra e da una copertura piana. La struttura in elevazione è costituita da telai con pilastri e travi in cemento armato avente un ingombro in pianta di 15.0 m x 6.0 m. La fondazione ha un ingombro totale di 16.40 m x 7.40 m. Le travi di copertura "emergenti" hanno sezione 30 x 60 cm. Tutti i pilastri hanno sezione di base di 30 x 60 cm. I solai di copertura a campata continua sono tutti costituiti da solaio in lastre di predalles con orditura secondo il lato lungo dell'edificio; lo spessore totale del solaio di copertura è di 24 cm e comprende 4 cm di caldana superiore, 16 cm di alleggerimento e 4 cm di pannello di predalle inferiore. La fondazione prevista è costituita da una platea di fondazione di spessore pari a 50 cm e cordoli di ringrosso perimetrali e in corrispondenza delle pareti interne.

Si riportano di seguito piante e sezioni del fabbricato.

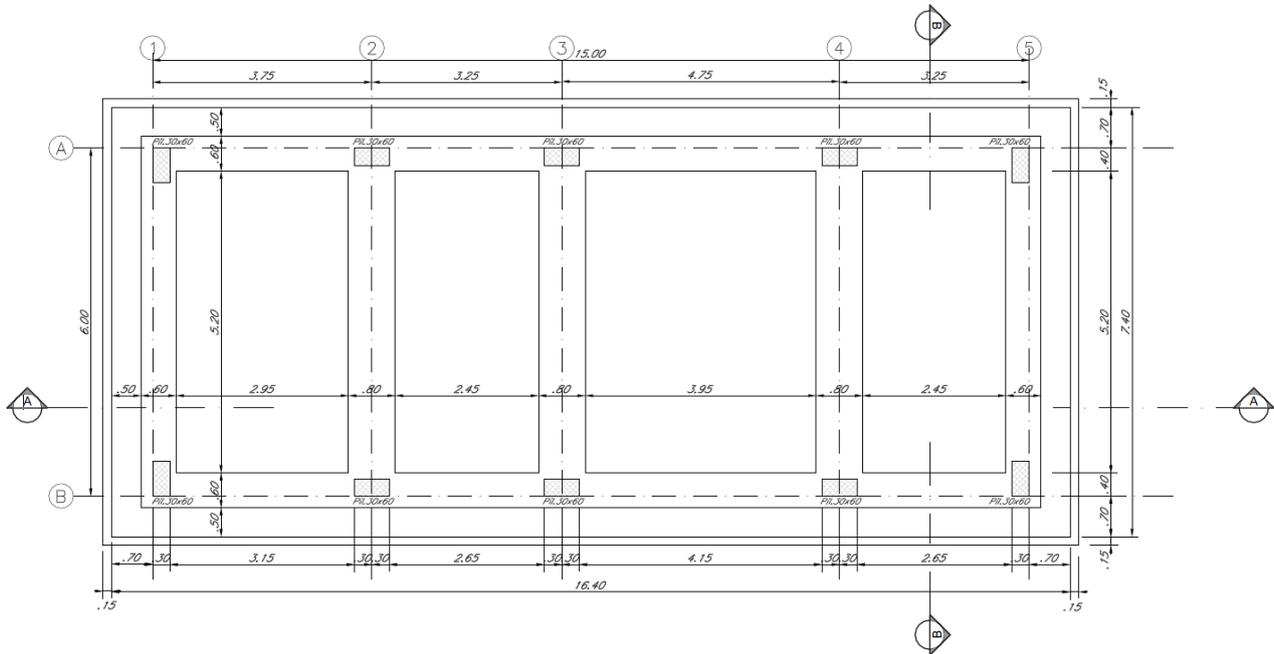


Figura 1 - Carpenteria fondazione

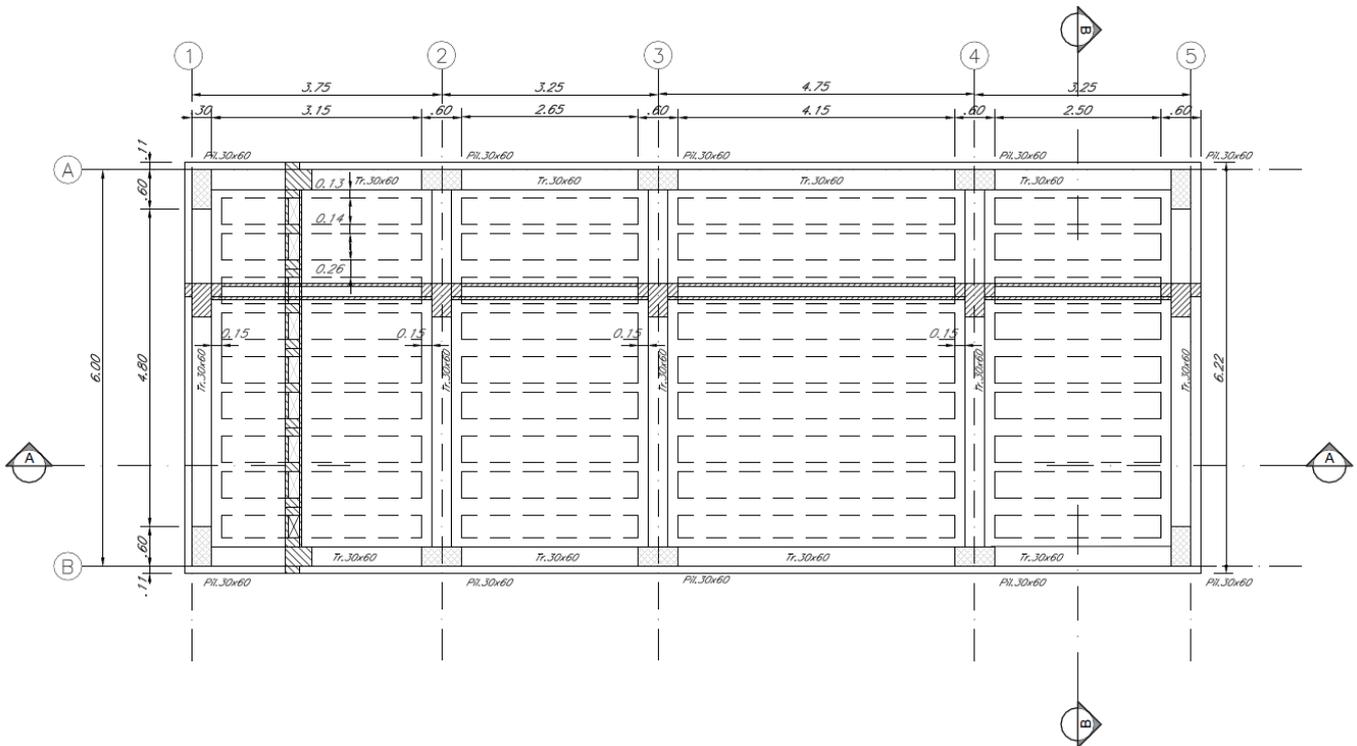


Figura 2 - Carpenteria copertura

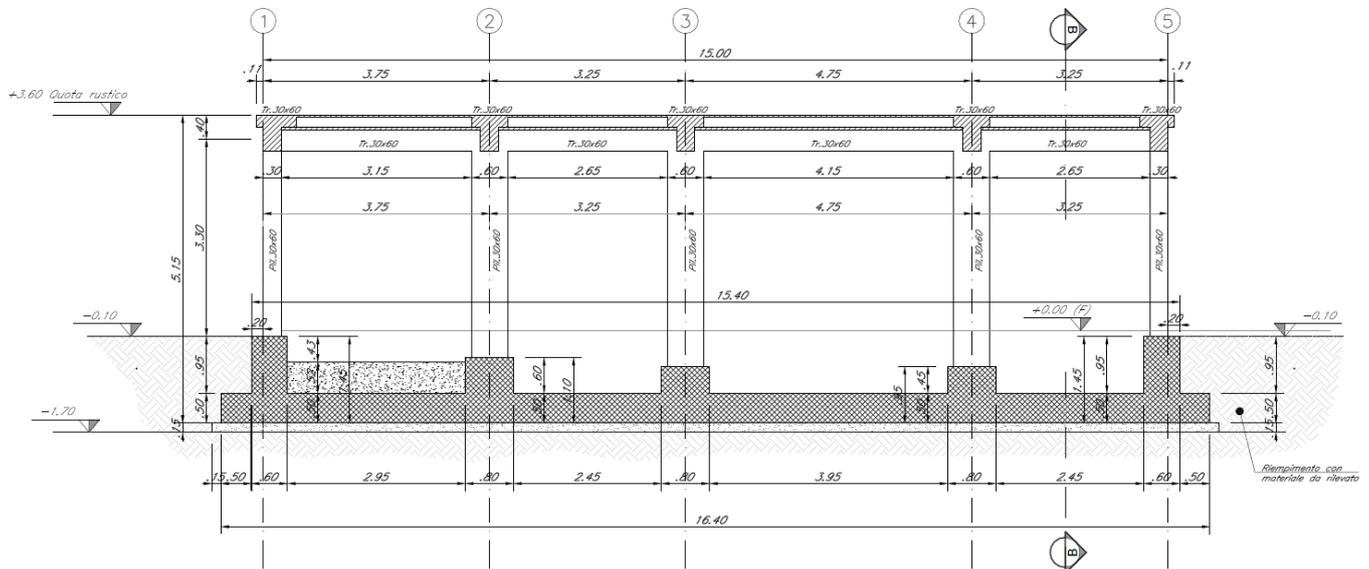


Figura 3 – Sezione A-A

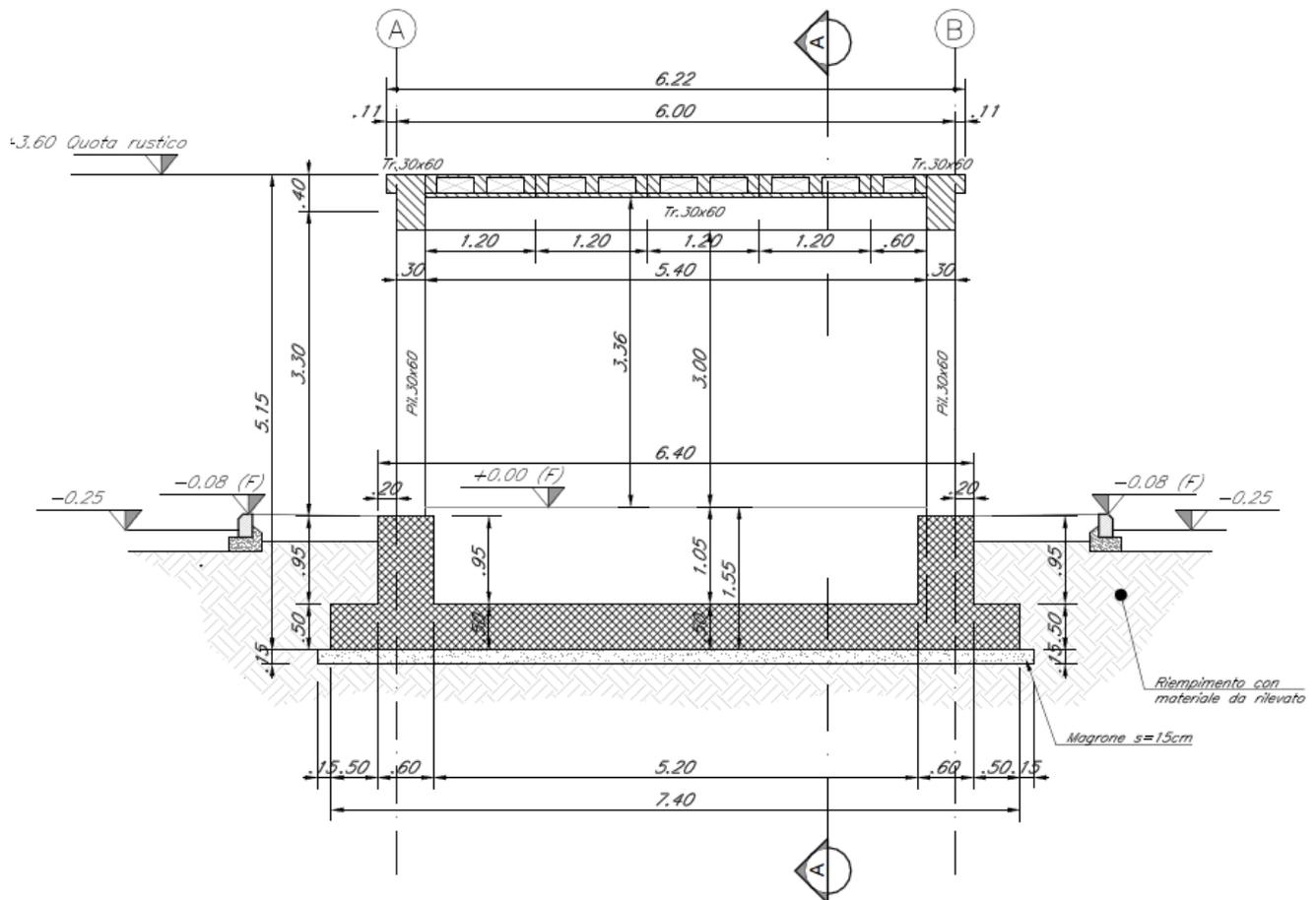


Figura 4 – Sezione B-B

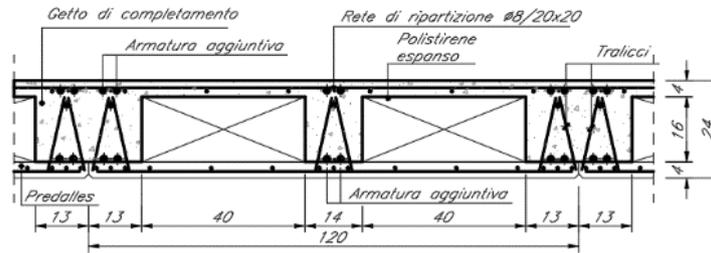


Figura 5 – Sezione solaio

3 DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Di seguito è riportato l'elenco delle Normative e dei Documenti assunti come riferimento per il progetto delle opere trattate nell'ambito del presente documento.

Normative e Documenti tecnici generali

- Rif. [1] DM 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle 'Norme tecniche per le costruzioni' (nel seguito indicate come NTC18)
- Rif. [2] Circolare 21 gennaio 2019 n.7, Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 17 gennaio 2018, supplemento ordinario n° 27 alla G. U. n° 35 dell'11/2/2019 (nel seguito indicate come CNTC18)
- Rif. [3] UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

Documenti tecnici RFI e/o di ambito ferroviario

- Rif. [4] RFI DTC SI PS MA IFS 001 E, Manuale di Progettazione delle Opere Civili Manuale di Progettazione delle Opere Civili
- Rif. [5] Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019
- Rif. [6] Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI SP IFS 001 E)

4 MATERIALI

4.1 Calcestruzzo magrone C12/15

CALCESTRUZZO C12/15	
$R_{ck} = 15.0 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} = 12.0 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica cilindrica
X0	classe di esposizione
S3	classe di consistenza slump

4.2 Calcestruzzo fondazione C25/30

CALCESTRUZZO C25/30	
$E_c = 31447 \text{ MPa}$	modulo di elasticità longitudinale
$\alpha = 10 \times 10^{-6} \text{ C}^{-1}$	coefficiente di dilatazione termica
$\nu = 0.20$	coefficiente di poisson
$\alpha_{cc} = 0.85$	coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata
$R_{ck} = 30.0 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cubica a compressione
$f_{ck} = 24.9 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cilindrica a compressione
$f_{cm} = 32.9 \text{ MPa}$	resistenza media cilindrica a compressione
$f_{ctm} = 2.56 \text{ MPa}$	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk} = 1.79 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica a trazione semplice
$f_{ctm} = 3.07 \text{ MPa}$	resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} = 2.15 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica a trazione per flessione
$f_{bk} = 4.03 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica tangenziale per aderenza

SLU	
$\gamma_c = 1.50$	coefficiente sicurezza
$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / \gamma_c = 14.11 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd} = 0.7 f_{ctk} / \gamma_c = 0.83 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo a trazione semplice (5%)

SLE	
$\sigma_{c,ad} = 0,55 f_{ck} = 13.70 \text{ MPa}$	combinazione rara
$\sigma_{c,ad} = 0.40 f_{ck} = 9.96 \text{ MPa}$	combinazione quasi permanente

4.3 Calcestruzzo struttura in elevazione e solaio in lastre predalles C30/37

CALCESTRUZZO C30/37	
$E_c = 33019 \text{ MPa}$	modulo di elasticità longitudinale
$\alpha = 10 \times 10^{-6} \text{ C}^{-1}$	coefficiente di dilatazione termica
$\nu = 0.20$	coefficiente di poisson
$\alpha_{cc} = 0.85$	coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata
$R_{ck} = 37.0 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cubica a compressione
$f_{ck} = 30.71 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cilindrica a compressione
$f_{cm} = 38.71 \text{ MPa}$	resistenza media cilindrica a compressione
$f_{ctm} = 2.94 \text{ MPa}$	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk} = 2.06 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica a trazione semplice
$f_{ctm} = 3.53 \text{ MPa}$	resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} = 2.38 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica a trazione per flessione
$f_{bk} = 4.63 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica tangenziale per aderenza
SLU	
$\gamma_c = 1.50$	coefficiente sicurezza
$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / \gamma_c = 17.40 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd} = 0.7 f_{ctk} / \gamma_c = 0.96 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo a trazione semplice (5%)
SLE	
$\sigma_{c,ad} = 0,55 f_{ck} = 16.89 \text{ MPa}$	combinazione rara
$\sigma_{c,ad} = 0.40 f_{ck} = 12.28 \text{ MPa}$	combinazione quasi permanente

4.4 Acciaio per calcestruzzo armato B450C

ACCIAIO B450C	
$E_s = 210000 \text{ MPa}$	modulo di elasticità longitudinale
$f_{yk} = 450 \text{ Mpa}$	tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} = 540 \text{ Mpa}$	tensione caratteristica di rottura
$A_{gtk} \geq 7.50\%$	allungamento
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_m = 391.3 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo
SLU	
$\gamma_c = 1.15$	coefficiente sicurezza
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_m = 391.3 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo
SLE	
$\sigma_{y,ad} = 0.75 f_{yk} = 337.5 \text{ MPa}$	combinazione rara

4.5 Copriferro

Con riferimento alla NOTA TECNICA: INDICAZIONI GENERALI RIGUARDANTI LE OPERE CIVILI (VITA NOMINALE, CONSIDERAZIONI SISMICHE, VERIFICHE ...) al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro netto) è stato assunto pari a 40 mm.

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per il terreno di fondazione dell'opera sono state assunte le seguenti caratteristiche geotecniche:

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$E_o = 140 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio

Per quanto concerne il livello della falda non viene considerata ai fini del dimensionamento dell'opera in esame.

6 ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO

I pesi dei materiali utilizzati per le strutture portanti sono conformi alle NTC 18.

Del peso proprio degli elementi strutturali, tiene conto il programma di calcolo che considera il seguente peso specifico del calcestruzzo armato:

- calcestruzzo armato 25 kN/m³

Si riportano di seguito le analisi dei carichi unitari agenti sulla struttura.

I valori delle azioni di seguito indicati sono stati considerati come valori caratteristici nelle verifiche agli stati limite.

6.1 Carichi permanenti

6.1.1 Travi e pilastri

Il peso proprio di travi e pilastri viene tenuto in conto automaticamente dal programma di calcolo.

6.1.2 Solaio copertura

G1 - Peso proprio solaio

Solaio prédalles (h = 0.24 m)

soletta: $25 \text{ kN/m}^3 \times 1.20 \text{ m} \times 0.04 \text{ m} = 1.20 \text{ kN/m}^2$

travetto: $25 \text{ kN/m}^3 \times 0.40 \text{ m} \times 0.16 \text{ m} = 1.60 \text{ kN/m}^2$

prédalles: $25 \text{ kN/m}^3 \times 1.20 \text{ m} \times 0.04 \text{ m} = 1.20 \text{ kN/m}^2$

EPS: $0.3 \text{ kN/m}^3 \times (1.20 - 0.4) \text{ m} \times 0.16 = 0.0384 \text{ kN/m}^2$

La somma di tali valori è 4.04 kN/m² riferita ad una fascia larga 1.20 m (larghezza singola prédalles), pertanto il carico relativo ad una fascia larga 1.00 m risulta pari a **3.37 kN/m²**.

G2 - Sovraccarichi permanenti

Massetto pendenza: $16 \times 0.10 = 1.60 \text{ kN/m}^2$

Impermeabilizzazione/impianti/pavimenti: 2.00 kN/m²

La somma di tali valori è pari a **3.60 kN/m²**.

6.1.3 Facciate e cornicioni

Si considerano tamponature costituite da:

Sl.no	Descrizione		Tipo	Densità kN\m3	Height of wall (m) = Storey Ht-Beam Depth =	Peso kN\m2	Carichi kN\m
	TIPOLOGIA	Spessore in (m)					
1	Mattoni facciavista	0.075	Pieno	17	1	1.28	1.28
2	Blocchi cavi in CLS vibrocompresso	0.145	CLS	12	1	1.74	1.74
3	Intonaco	0.02	Pieno	20	1	0.40	0.40
Tot:						3.42	3.42

Si adotta pertanto un peso proprio superficiale dei pannelli di tamponatura laterale pari a **3.42 kN/m²**.

L'azione viene ripartita in parti uguali tra le travi del solaio di copertura e la fondazione. L'assunzione di ripartizione delle azioni dovute alle tamponature in parti uguali tra le travi del solaio di copertura e le strutture di fondazione risulta senz'altro veritiera in termini di distribuzione delle masse inerziali presenti nel manufatto (e conseguentemente in termini di caratteristiche dinamiche della struttura e delle risultanti attese azioni sismiche).

Per quanto concerne il cornicione, invece, si conside un carico pari a **1.90 kN/m**.

6.2 Carichi variabili

Q – Sovraccarichi accidentali (cat. H1)

Il sovraccarico accidentale per la categoria Cat. H1 vale **0.50 kN/m²**.

6.3 Azioni della neve

Il carico da neve per superficie unitaria di copertura q_s viene valutato attraverso l'espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

dove:

μ_i è il coefficiente di forma della copertura e che nel caso in esame, trattandosi di copertura piana si assume pari a 0.8;

q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico da neve al suolo; in mancanza di adeguate indagini statistiche e specifici studi locali, la norma fornisce un valore minimo di q_{sk} riferito ad un periodo di ritorno pari a 50 anni. Per la zona III (Potenza) e per una quota del suolo sul livello del mare maggiore di 200 m si assume $q_{sk} = 0.51 [1 + (a_s / 481)^2] = 0.51 [1 + (224 / 481)^2] = 0.62 \text{ kN/m}^2$;

C_E è il coefficiente di esposizione che, per classe di topografia "normale", assume valore unitario;

C_t è il coefficiente termico che tiene conto della riduzione del carico da neve a causa dello scioglimento della stessa, dovuto alla perdita di calore della costruzione. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato $C_t = 1$.

Ne consegue che per la struttura in esame si considera un carico da neve uniforme in copertura pari a:

Zona	III
Altitudine a_s	750 m
Area topografica	normale
Inclinazione falde	0°
q_{sk}	0.62 kN/m ²
coeff esposizione c_E	1.00
coeff termico c_t	1.00
coefficiente di forma μ_i	0.80

Dunque, il carico da neve, pari a $q_s = \mu_i q_{sk} c_E c_t$, vale **0.50 kN/m²**.

6.4 Azioni del vento

6.4.1 Pressione normale

L'azione del vento viene convenzionalmente considerata un'azione statica agente in direzione orizzontale.

La pressione del vento (N/m²) è data dall'espressione:

$$p = q_r c_e c_p c_d$$

dove:

q_r è la pressione cinetica di riferimento di cui al §3.3.6;

c_e è il coefficiente di esposizione di cui al §3.3.7;

c_p è il coefficiente di pressione di cui al §3.3.8;

c_d è il coefficiente dinamico di cui al §3.3.9.

Tali coefficienti vengono di seguito determinati.

Pressione cinetica di riferimento q_r

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

dove:

ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1.25 kg/m³;

v_b è la velocità di riferimento del vento (che rappresenta il valore caratteristico a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II, mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni).

Nel caso in esame, per zona 3 (Basilicata) ed $a_s > 500$ m si ha $v_b = v_{b,0} = 27$ m/s. Dunque, la pressione cinetica di riferimento q_b vale 0.641 kN/m².

Coefficiente di esposizione c_e

$$c_e(z) = c_e(z_{\min})$$

per $z < z_{\min}$

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

Nel caso in esame, essendo in zona 3, classe di rugosità del terreno D e quindi categoria di esposizione del sito III, si ha:

$$k_r = 0.20;$$

$$z_0 = 0.1 \text{ m};$$

$$z_{\min} = 5 \text{ m};$$

$$c_t = 1;$$

$$z = 3.95 \text{ m};$$

$$c_e = 1.71.$$

Coefficiente dinamico c_d

In assenza di considerazioni di dettaglio inerenti i fenomeni di natura aeroelastica e di distacco dei vortici si assume cautelativamente un valore $c_d = 1$.

Coefficiente di forma c_p

$$c_p = c_{psopravento} + c_{psottovento}$$

dove:

$c_{psopravento}$ è il coefficiente di forma per elementi sopravento assunto pari a +0.8;

$c_{psottovento}$ è il coefficiente di forma per elementi sottovento assunto pari a -0.4.

Per costruzioni che hanno una parete con aperture di superficie minore di 1/3 di quella totale, la pressione interna si assumerà pari a : $c_{pi} = \pm 0.2$.

In sintesi, l'azione del vento sarà:

- **superfici sopravento $p = 0.88 \text{ kN/m}^2$**
- **superfici sottovento $p = 0.44 \text{ kN/m}^2$**

6.4.2 Pressione tangenziale

Oltre alla pressione normale va tenuta in conto anche un'azione tangenziale per unità di superficie parallela alla direzione del vento.

Tale azione può essere valutata come:

$$P_f = q_b \cdot c_e \cdot c_f$$

dove:

q_b e c_e sono quelli già definiti per il calcolo della pressione normale da vento;

c_f è il coefficiente d'attrito, funzione della scabrezza della superficie sulla quale il vento esercita l'azione tangente e che per una generica superficie scabra può essere assunto pari a 0.02.

In definitiva, $q_b = 1.64 \text{ kN/m}^2$, da cui si ha:

$$p_{f,max} = 0.02 \text{ kN/m}^2$$

6.5 Variazione termica

Negli edifici in cui la temperatura non costituisca azione fondamentale per la sicurezza o per l'efficienza funzionale della struttura è consentito tener conto della sola componente uniforme di variazione termica $\Delta T_u = T - T_0$ pari alla differenza tra la temperatura media attuale T e quella iniziale alla data della costruzione T_0 .

Nella modellazione sono stati considerati i seguenti carichi termici uniformi:

- strutture in c.a. protette $\Delta T_u = \pm 10^\circ \text{ C}$
- strutture in c.a. esposte $\Delta T_u = \pm 15^\circ \text{ C}$

6.6 Azione sismica

Con riferimento alla normativa vigente (NTC-2018), le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento V_R , come definito nel § 2.4

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

6.6.1 Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La vita nominale dei diversi tipi di opere è riportata al seguito nella Tab. 2.4.I delle norme tecniche NTC-2018.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Dunque, nel caso in esame si ha $V_N = 50$ anni.

6.6.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli;
- Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti;
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso;
- Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Il fabbricato rientra per le sue funzioni tra le compresi nella **classe d'uso II**.

6.6.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U .

Tale coefficiente è funzione della classe d'uso e nel caso specifico assume valore pari a $C_U = 1.0$ per la classe d'uso II.

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1.0 = 50 \text{ anni}$$

6.6.4 Azioni di progetto

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC18, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste dalle NTC18 sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g è accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 è il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* è il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le forme spettrali previste dalle NTC18 sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e da vite di riferimento.

A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento V_R della costruzione;
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{VR} associate agli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

A tal fine si utilizza come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni. Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{VR} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante la seguente espressione:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR})$$

I valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento sono forniti nelle tabelle riportate Norme, in funzione di prefissati valori del periodo di ritorno T_R .

L'accelerazione al sito a_g è espressa in g/10, F_0 è adimensionale, T_c^* è espresso in secondi.

I punti del reticolo di riferimento sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine ed ordinati a latitudine e longitudine crescenti, facendo variare prima la Longitudine e poi la Latitudine.

6.6.5 Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si adotta la categoria di **sottosuolo C**.

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti S_s e C_c valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B,C,D ed E i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati in funzione dei valori F_0 e T_c^* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella tab. 3.2.V, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Con riferimento alle caratteristiche della superficie topografica inerente l'opera in oggetto, si adotta la categoria **topografica T₁**.

6.6.6 Regolarità

La struttura è rispondente a tutti i requisiti di regolarità in pianta ed in elevazione elencati nel §7.2.2 delle NTC 18.

6.6.7 Tipologia strutturale e fattore di struttura

La tipologia strutturale della fabbrica in esame è "sismo resistente in calcestruzzo armato" (§7.4.3.1 NTC 18) ed è classificabile come:

- struttura a telaio

Agli stati limite ultimi le capacità dissipative delle strutture possono essere considerate attraverso una riduzione delle forze elastiche, tenendo conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovrarresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni.

In tal caso lo spettro di progetto da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata, con le ordinate ridotte sostituendo nelle formule del §3.2.3 - NTC2018 η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura.

Il valore del fattore di struttura q da utilizzare per ciascuna direzione dell'azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e tiene in conto le non linearità di materiale. Esso può essere calcolato mediante la seguente espressione:

$$q = q_0 \cdot K_R$$

dove:

q_0 è il valore massimo del fattore di struttura;

K_R è un fattore che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione.

Un problema importante è la scelta del valore base del coefficiente di comportamento q_0 , che risulta legato alla tipologia strutturale ed al livello di duttilità attesa.

Per quanto riguarda il livello di duttilità attesa, si stabilisce di **progettare il fabbricato non dissipativo** eseguendo il calcolo del fattore di struttura secondo la formula 7.3.2. che richiede a sua volta l'attribuzione del fattore di struttura in classe di duttilità bassa in funzione della tipologia strutturale.

L'edificio in esame può essere riconducibile ad un sistema a telaio.

In base alla Tab. 7.3.II delle NTC 2018, il coefficiente di comportamento q_0 può essere valutato come:

$$q_0 = 3.0 \cdot \alpha_U / \alpha_1$$

Trattandosi di una struttura a telaio ad un solo piano ed una sola campata in direzione trasversale, in accordo con il §7.4.3.2 – NTC 2018, si assume:

$$\alpha_U / \alpha_1 = 1.1$$

Inoltre, la costruzione risulta REGOLARE IN PIANTE in quanto soddisfa il requisito b) riportato al § 7.2.3 – NTC2018. Essendo, poi, la struttura anche REGOLARE IN ALTEZZA si può assumere $K_R = 1$.

$$1 \leq q_{ND} = 2/3 \cdot q_{CD} \cdot B = 2/3 \cdot (3.0 \cdot 1.1) \leq 1.5$$

Pertanto, il fattore di struttura al quale si farà riferimento per la definizione dello spettro di progetto è pari $q = 1.5$.

6.6.8 Spettri di risposta

Per l'individuazione dei parametri di pericolosità sismica, del caso in esame, è stato utilizzato il foglio Excel. Si riportano di seguito le immagini relative alla definizione dello spettro di risposta elastico.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

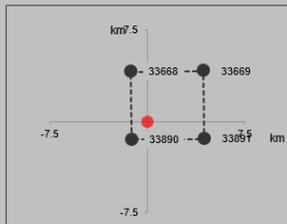
Grafici spettri di risposta ▶▶▶

Variabilità dei parametri ▶▶▶

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri ▶▶▶

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.053	2.339	0.286
SLD	50	0.069	2.363	0.316
SLV	475	0.193	2.437	0.376
SLC	975	0.251	2.433	0.413

Figura 6 - Individuazione della pericolosità del sito

6.6.8.1 Spettro di risposta allo SLD

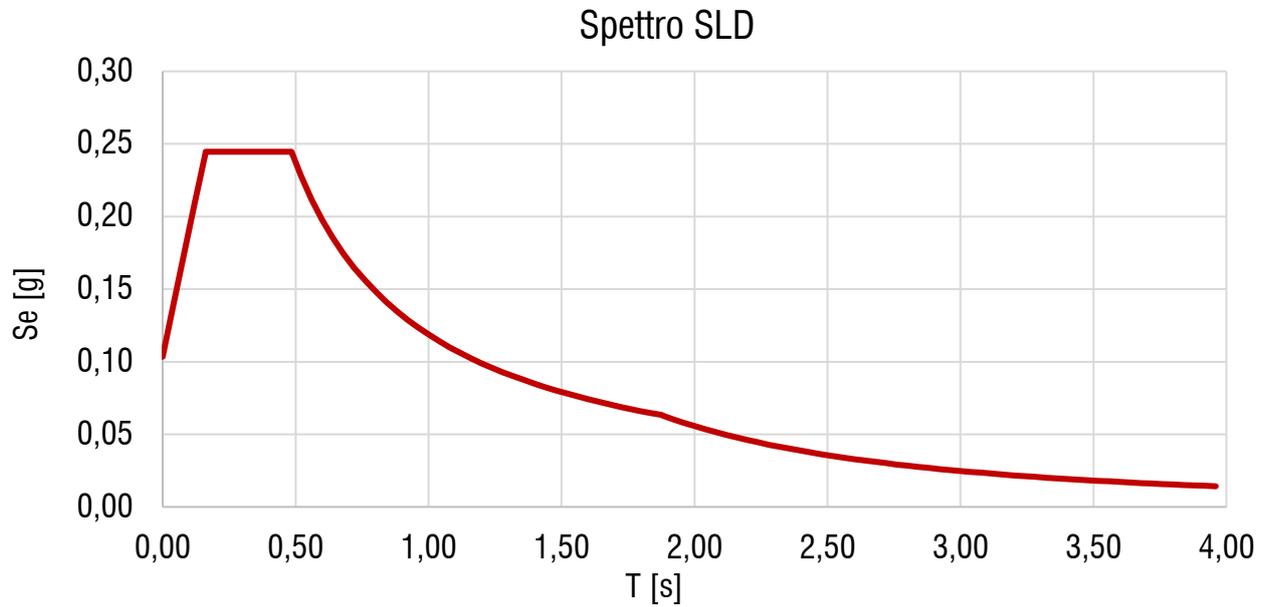


Figura 7 - Spettro di risposta all'SLD

a_g [g]	0.069
F_o [-]	2.363
T^*_c [s]	0.316
S_s [-]	1.500
C_c [-]	1.536
S_T [-]	1.000

S [-]	1.500
η [-]	1.000
T_B [s]	0.162
T_C [s]	0.485
T_D [s]	1.877

Figura 8 - Parametri dello spettro di risposta elastico nella componente orizzontale all'SLD

6.6.8.2 Spettro di risposta allo SLV

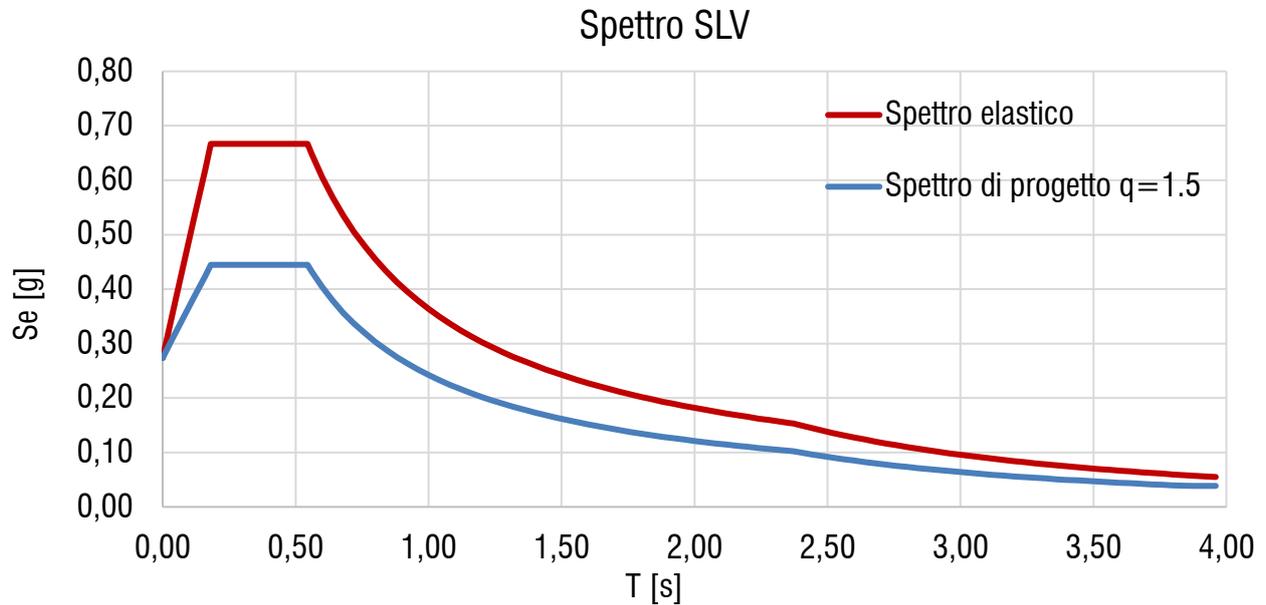


Figura 9 - Spettro di risposta nella componente orizzontale all'SLV

a_g [g]	0.193
F_o [-]	2.437
T^*_c [s]	0.376
S_s [-]	1.418
C_c [-]	1.450
S_T [-]	1.000

S [-]	1.418
η [-]	1.000
T_B [s]	0.182
T_C [s]	0.545
T_D [s]	2.372

Figura 10 - Parametri dello spettro di risposta inella componente orizzontale all'SLV

7 CODICI DI CALCOLO

Per il calcolo delle sollecitazioni gravanti sugli elementi strutturali, per i modi di vibrare della struttura e per verifiche di resistenza si è fatto ricorso seguenti Software di calcolo:

- "Midas GEN";
- "RC-sec";
- "Fogli di Calcolo Excel Autoprodotti".

7.1 Affidabilità del software

La documentazione fornita a corredo dei software ("Midas GEN" e "RC-sec") contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati.

8 ANALISI DELLA STRUTTURA

8.1 Modello di calcolo

L'analisi della struttura in esame è stata effettuata attraverso una modellazione agli elementi finiti. La struttura è stata modellata con un modello numerico nelle tre dimensioni nello spazio, il sistema di riferimento assunto prevede una terna destrorsa il cui asse X è orientato in direzione nord e l'asse Z verticale positivo verso l'alto. Il modello prevede un unico piano fuori terra. Travi e pilastri sono stati simulati con elementi beam, i solai mediante elementi shell. Le fondazioni sono modellate con elementi shell su suolo elastico alla Winkler, attraverso l'introduzione di molle verticali con $K_w=16300$ kN/m³. La traslazione orizzontale è stata bloccata mediante restraint nei nodi alla base dei pilastri.

Seguono alcune immagini rappresentative del modello di calcolo:

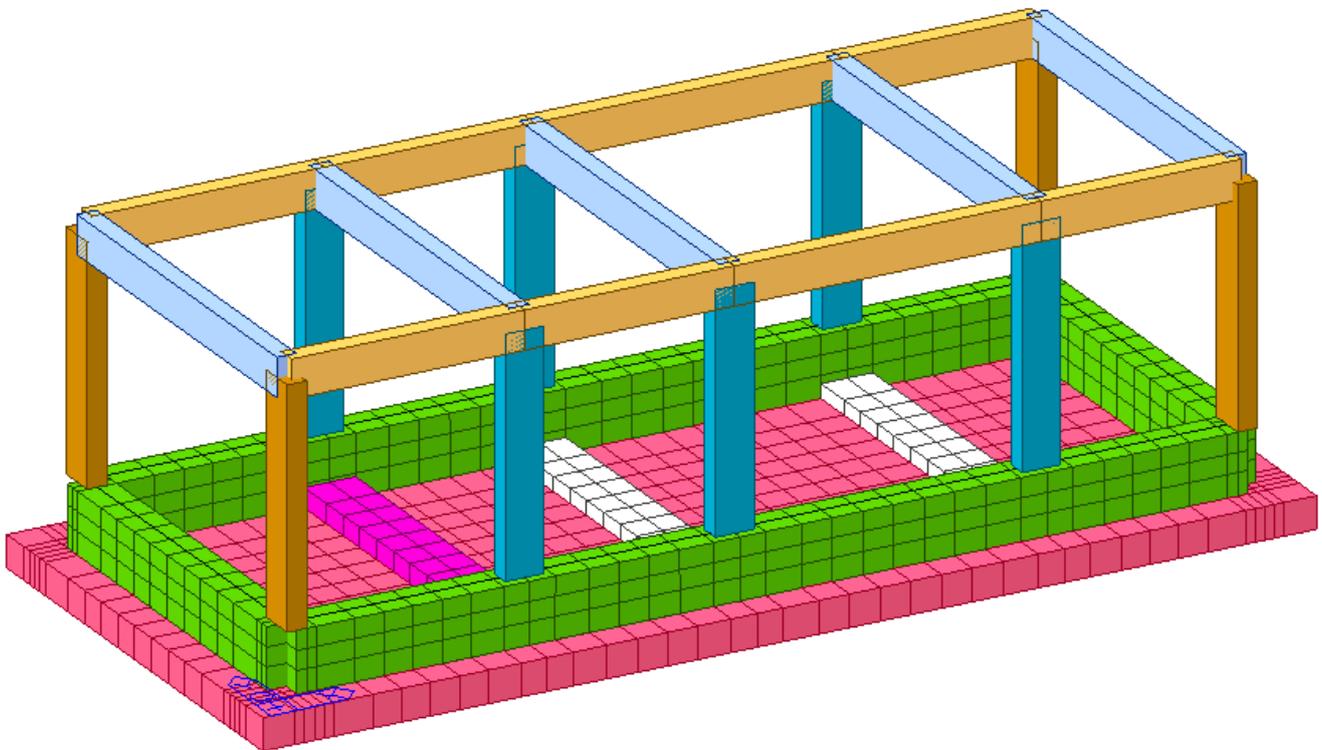


Figura 11 – Vista 3D modello strutturale

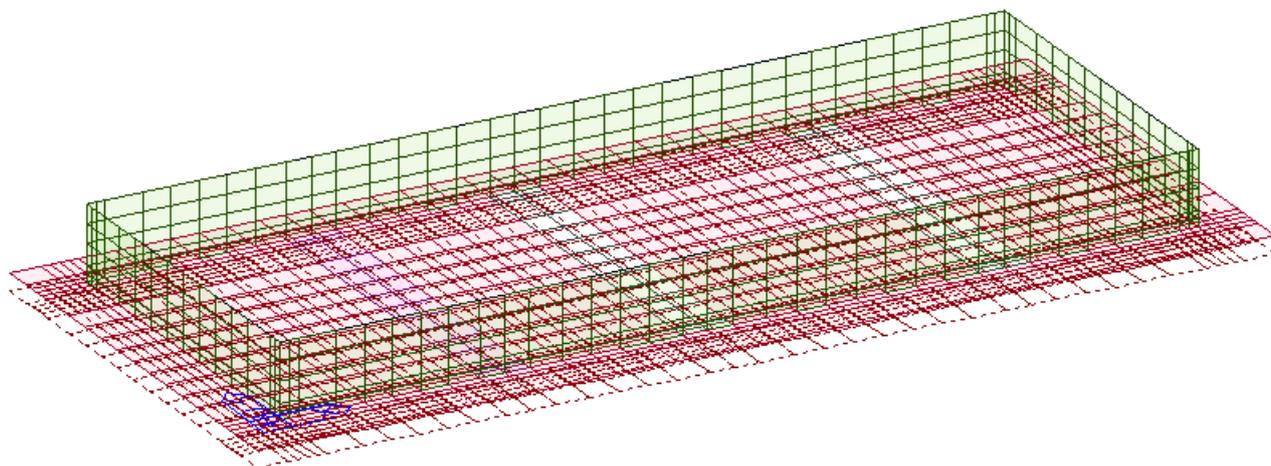


Figura 12 – Modellazione molle winkler in fondazione

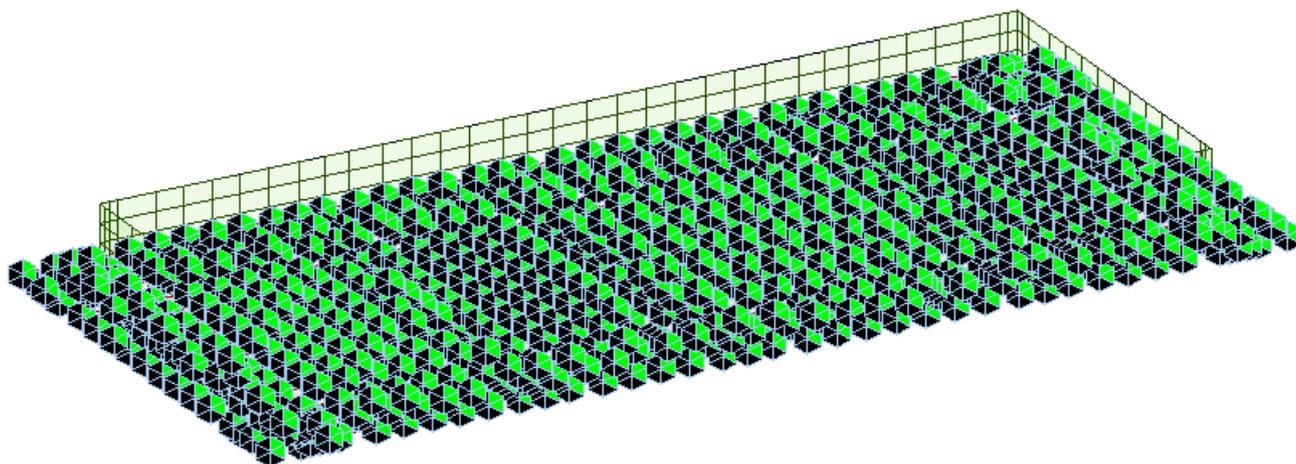


Figura 13 – Condizioni di vincolo in fondazione

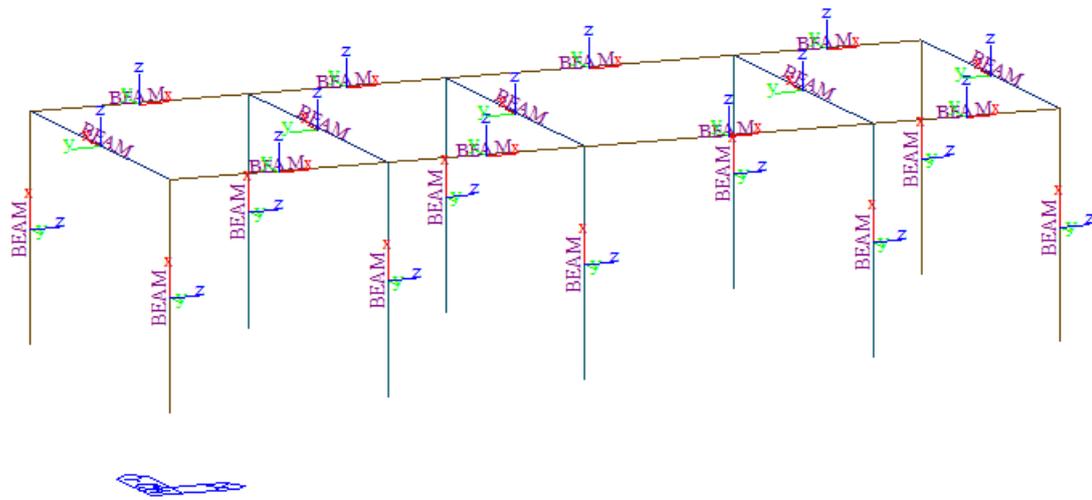


Figura 14 - Assi locali struttura in elevazione

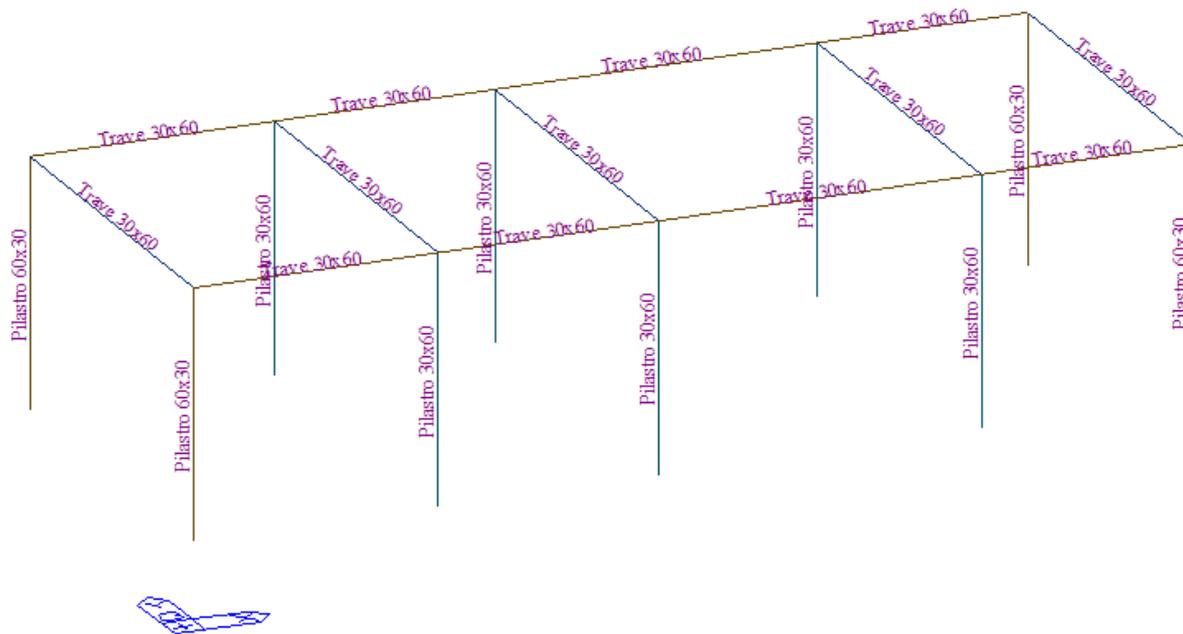


Figura 15 - Tipologia aste struttura in elevazione

8.2 Determinazione costante di Winkler

L'interazione terreno-struttura è stata ipotizzata alla Winkler. La rigidezza verticale K_w delle molle poste sotto la platea di fondazione delle opere è ottenuta tramite la formula:

$$K_w = \frac{E_t}{c_t \cdot B \cdot (1 - n^2)}$$

Con:

- E_t = Modulo elastico del terreno di fondazione
- B = lato minore della fondazione
- L = Lato maggiore della fondazione
- n = rapporto di Poisson
- $c_t = 0.853 + 0.534 \cdot \ln(L/B)$ per fondazione rettangolare con $L/B \leq 10$;
- $c_t = 2 + 0.0089 \cdot (L/B)$

Interazione terreno-struttura alla Winkler proposta da Bowles (1960)

Descrizione	Parametro	Valore	U.M.
Larghezza fondazione	B	7.40	m
Lunghezza max della fondazione	L	16.40	m
Fattore di forma (Bowles,1960)	c_t	1.28	-
Coefficiente di Poisson	n	0.30	-
Modulo elastico terreno di fondazione	E_t	140.00	MPa
Rigidezza molle Winkler verticale (solo a compressione)	K_w	16268.16	kN/m ³
Rigidezza molle Winkler orizzontali (sola compressione)	$K_o=0.5K_w$	8134.08	kN/m ³

Valori di progetto scelti:

Rigidezza verticale delle molle

Si assumono i seguenti valori:

K_w **16300** kN/m³

8.3 Assegnazione dei carichi di progetto

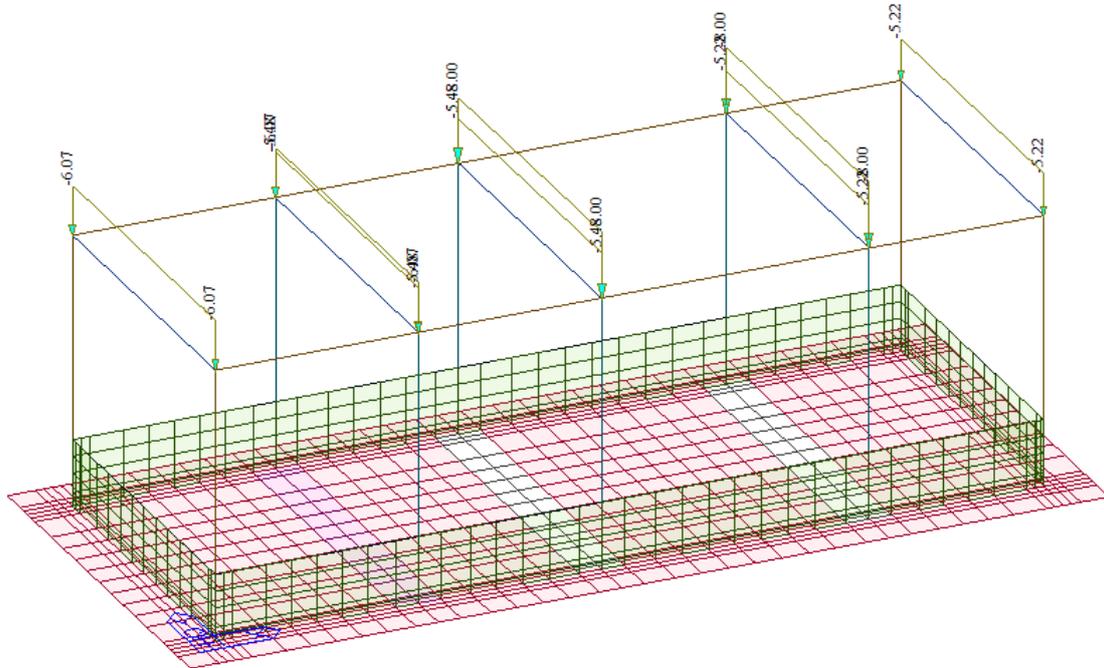


Figura 16 - G1 – Peso proprio solaio

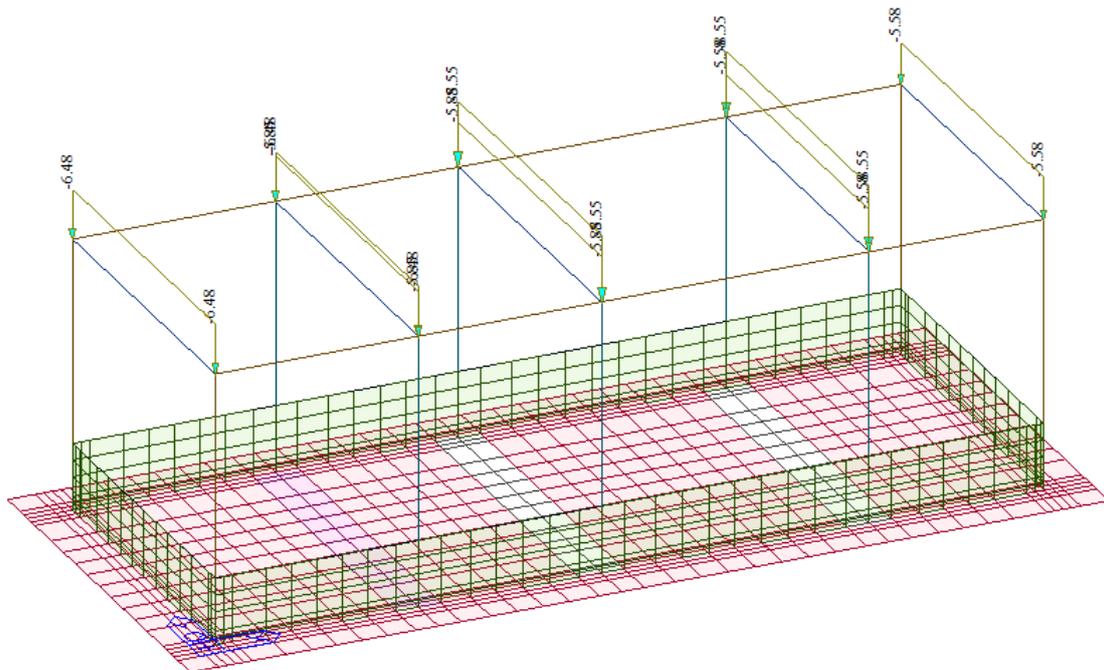


Figura 17 - G2 – Sovraccarichi permanenti solaio

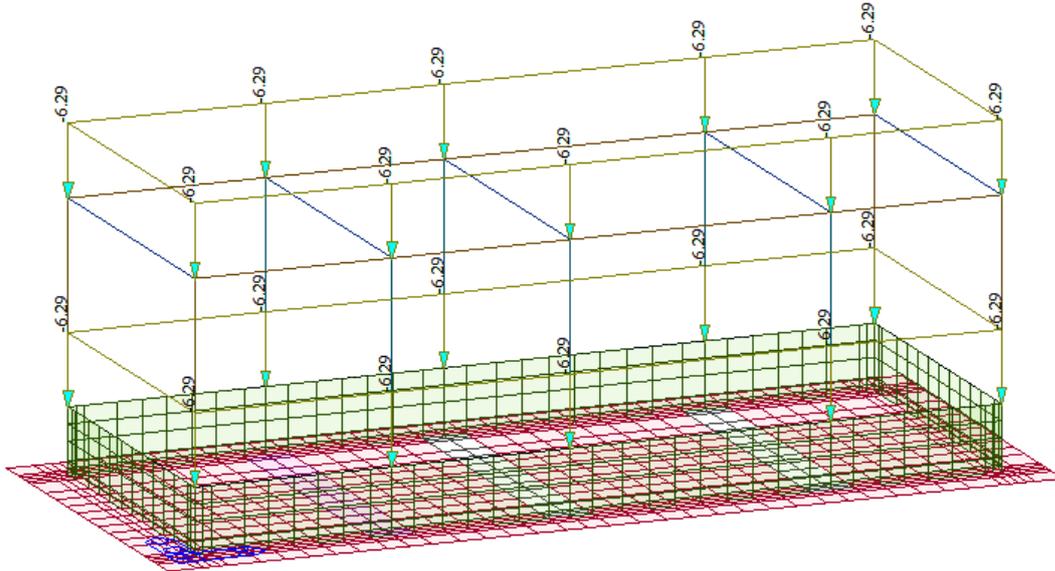


Figura 18- G2 – Facciate

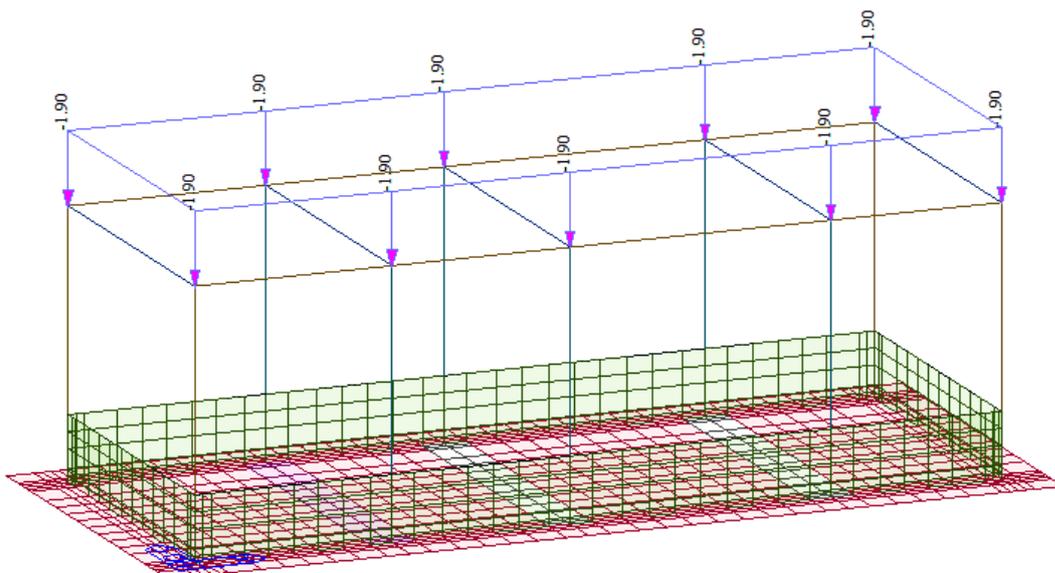


Figura 19 - G2 – Cornicioni

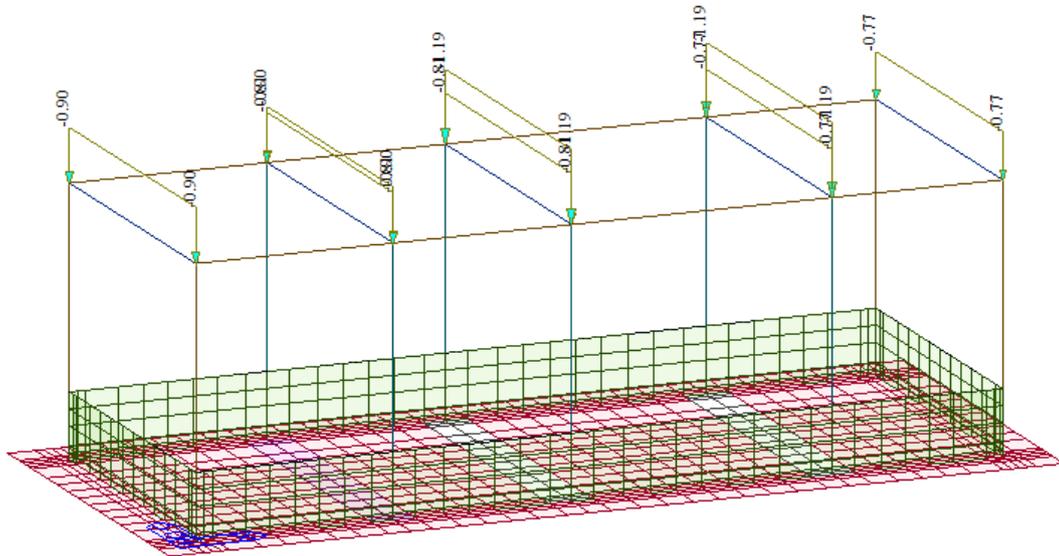


Figura 20 - QH1 – Sovraccarichi accidentali (sola manutenzione)

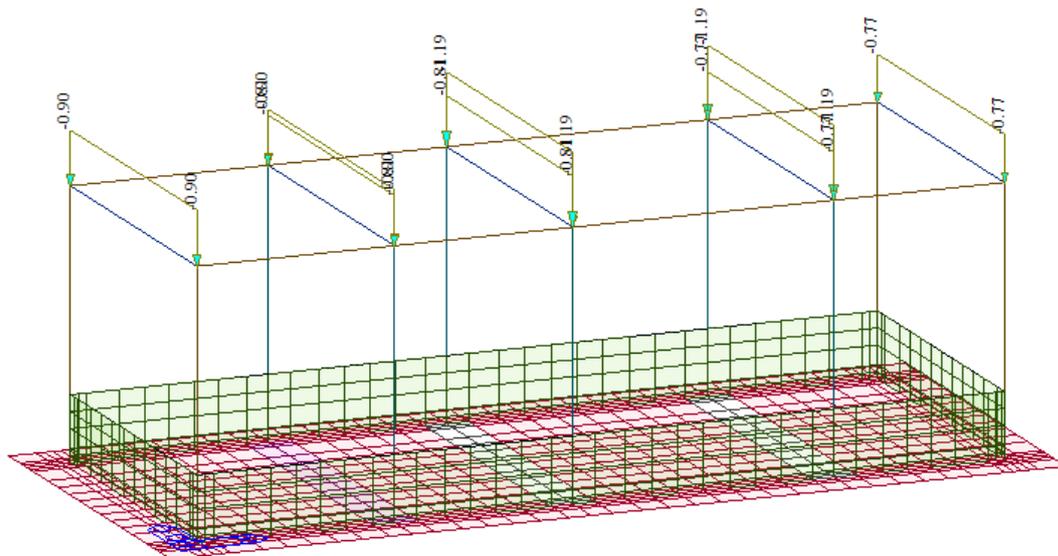


Figura 21 – Qneve – Sovraccarichi accidentali da neve

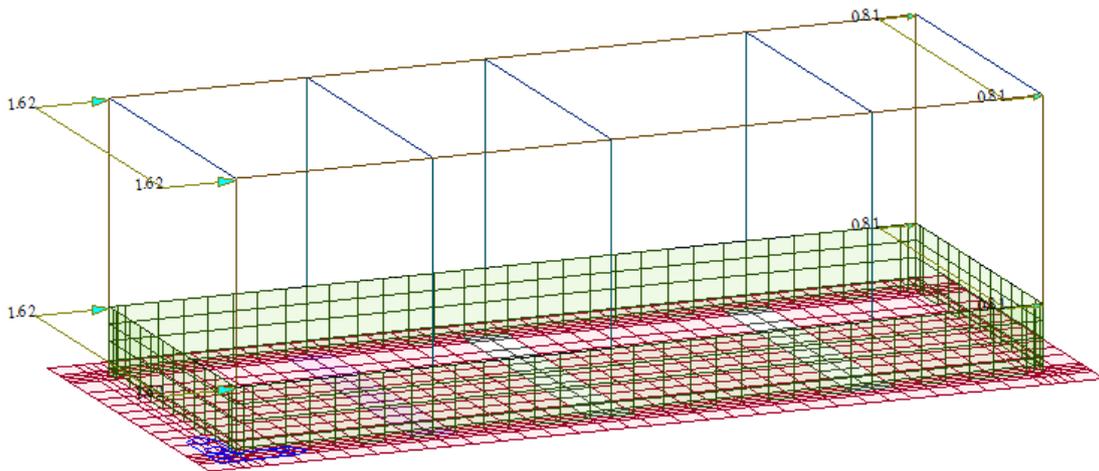


Figura 17 – Qvento_X+ – Sovraccarichi accidentali da vento X+

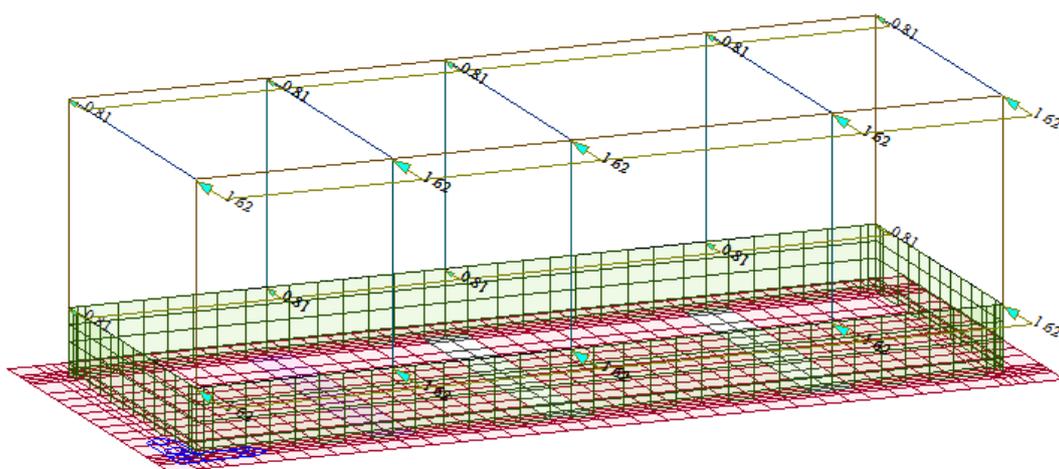


Figura 23– Qvento_Y+ – Sovraccarichi accidentali da vento Y+

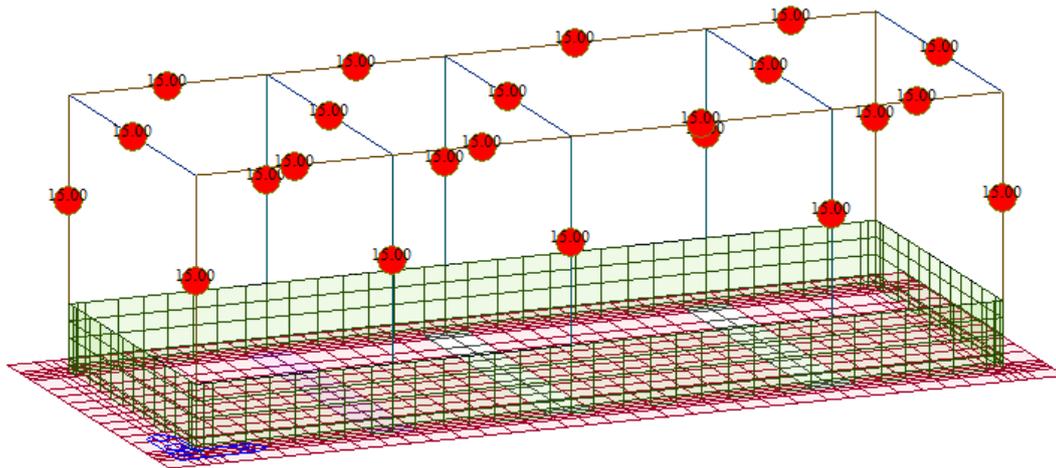


Figura 24 – Qdelta+ – Sovraccarichi accidentali da variazione termica $\Delta T+$

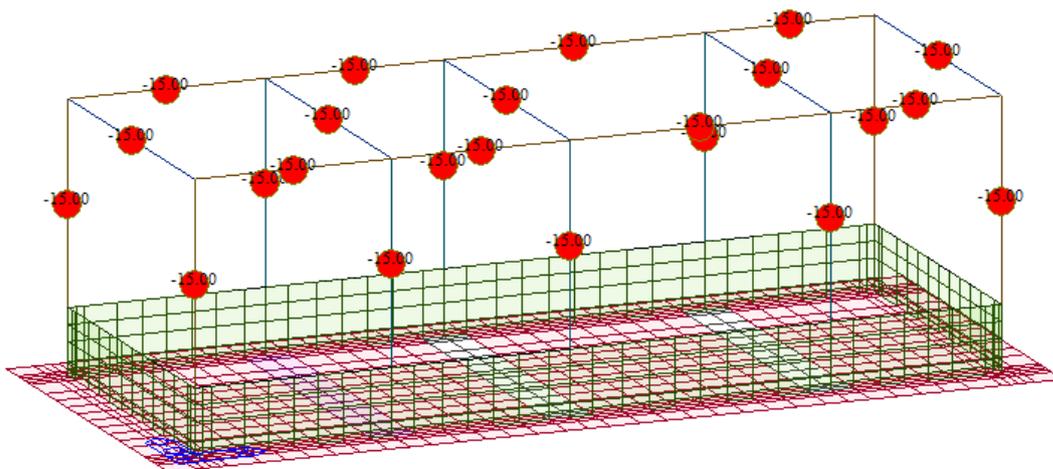


Figura 25 – QdeltaT- – Sovraccarichi accidentali da variazione termica $\Delta T-$

8.4 Analisi modale

Sono di seguito riportati periodi e frequenze e masse partecipanti dei primi tre modi di vibrare.

Tabella 1 – Periodi e frequenze

EIGENVALUE ANALYSIS			
Mode No	Frequency	Frequency	Period
(-)	w (rad/sec)	f (cycle/sec)	T (sec)
1	27.33	4.35	0.23
2	38.83	6.18	0.16
3	40.05	6.37	0.16
4	324.31	51.61	0.02
5	477.50	76.00	0.01
6	506.59	80.63	0.01
7	540.46	86.02	0.01
8	1028.42	163.68	0.01
9	1193.69	189.98	0.01

Tabella 2 – Masse partecipanti (%)

MODAL PARTICIPATION MASSES (%) PRINTOUT						
Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z	
(-)	MASS (%)	SUM (%)	MASS (%)	SUM (%)	MASS (%)	SUM (%)
1	0.0	0.0	59.7	59.7	0.0	0.0
2	56.9	56.9	0.0	59.7	0.0	0.0
3	0.0	56.9	0.0	59.7	0.0	0.0
4	0.0	56.9	30.4	90.2	0.0	0.0
5	0.1	57.0	0.5	90.7	0.0	0.0
6	4.8	61.7	0.1	90.8	0.0	0.0
7	21.9	83.7	0.0	90.8	0.0	0.0
8	8.5	92.2	0.0	90.8	0.0	0.0
9	0.1	92.3	1.9	92.7	0.0	0.0

Mode No	ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
(-)	MASS (%)	SUM (%)	MASS (%)	SUM (%)	MASS (%)	SUM (%)
1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.1	0.0	0.0	54.6	54.6
4	25.2	25.3	0.0	0.0	0.0	54.6
5	0.6	25.9	0.0	0.1	1.4	56.0
6	0.0	25.9	2.1	2.2	0.1	56.1
7	0.0	25.9	17.3	19.5	0.0	56.1
8	0.0	26.0	4.2	23.6	0.0	56.1
9	2.8	28.7	0.0	23.6	0.9	57.0

Tabella 3 – Masse partecipanti

MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT						
Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z	
(-)	MASS (Kg)	SUM (Kg)	MASS (Kg)	SUM (Kg)	MASS Kg)	SUM (Kg)
1	0	0	13996.35	13996.35	0	0
2	13334.29	13334.29	0	13996.35	0	0
3	0	13334.29	0.02	13996.37	0	0
4	0	13334.29	7133.18	21129.55	0	0
5	15.88	13350.17	124.27	21253.81	0	0
6	1113.39	14463.56	13.91	21267.72	0	0
7	5139.33	19602.9	1.67	21269.39	0	0
8	1999.21	21602.1	6.93	21276.31	0	0
9	32.73	21634.83	446.75	21723.06	0	0

Mode No	ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
(-)	MASS (Kgm ²)	SUM (Kgm ²)	MASS (Kgm ²)	SUM (Kgm ²)	MASS (Kgm ²)	SUM (Kgm ²)
1	1.3	1.3	0	0	0.96	0.96
2	0	1.3	0.22	0.22	0	0.96
3	0	1.3	0	0.22	432575.58	432576.54
4	407.7	409	0	0.22	79.41	432655.95
5	8.99	417.99	0.62	0.84	11275.69	443931.63
6	0.68	418.67	34.13	34.97	1059.35	444990.98
7	0.05	418.71	279.54	314.51	98.09	445089.07
8	0.48	419.19	67.38	381.88	43.41	445132.48
9	44.8	463.99	0	381.89	6886.96	452019.44

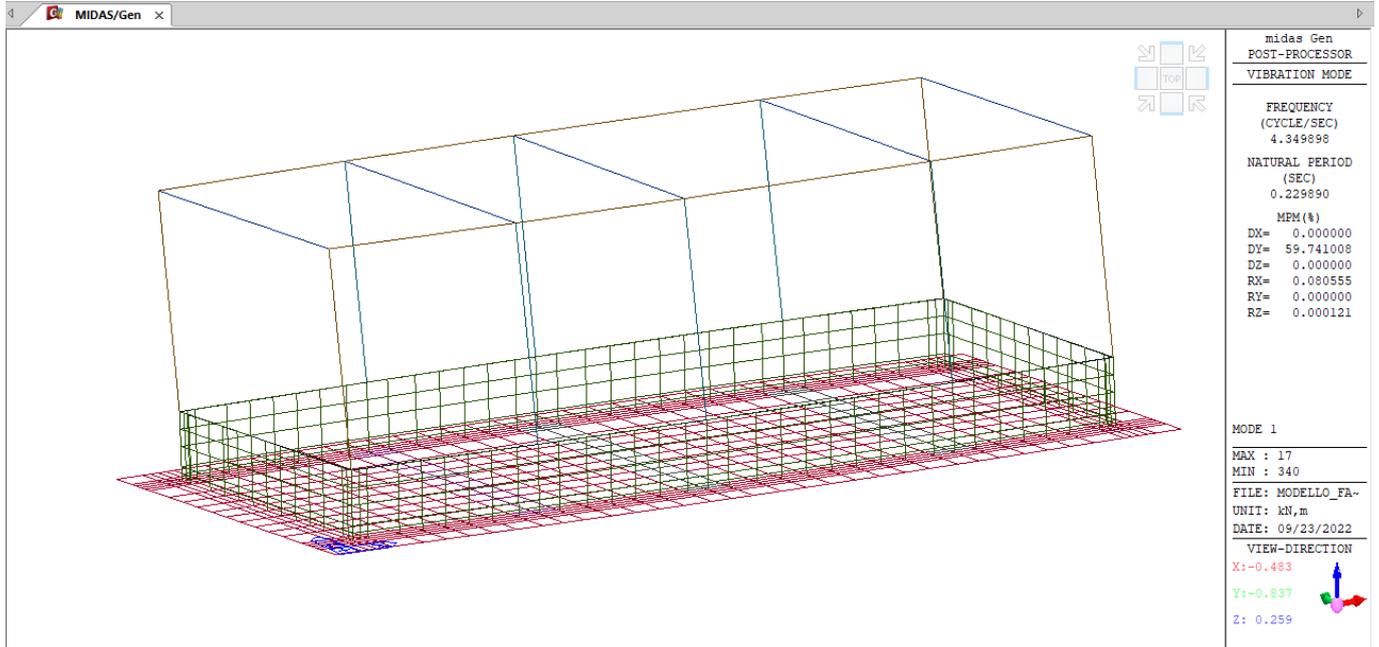


Figura 26 – Modo 1: diagramma degli spostamenti

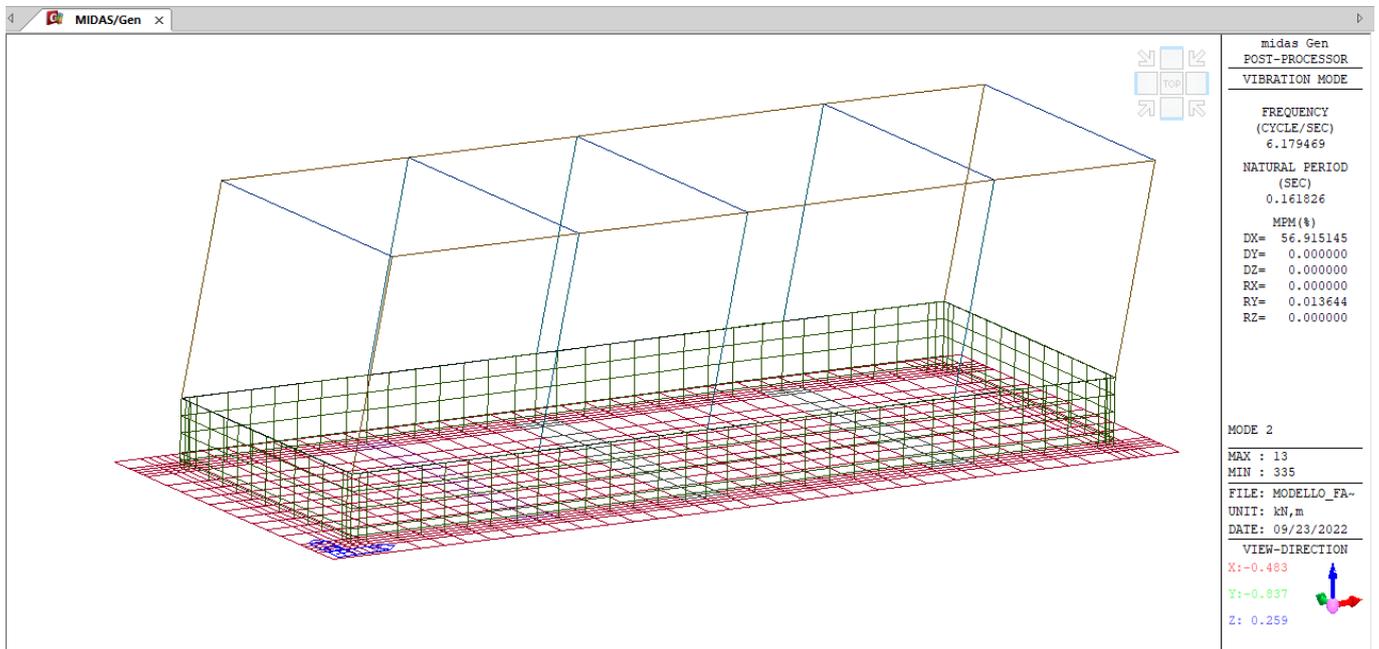


Figura 27- Modo 2: diagramma degli spostamenti

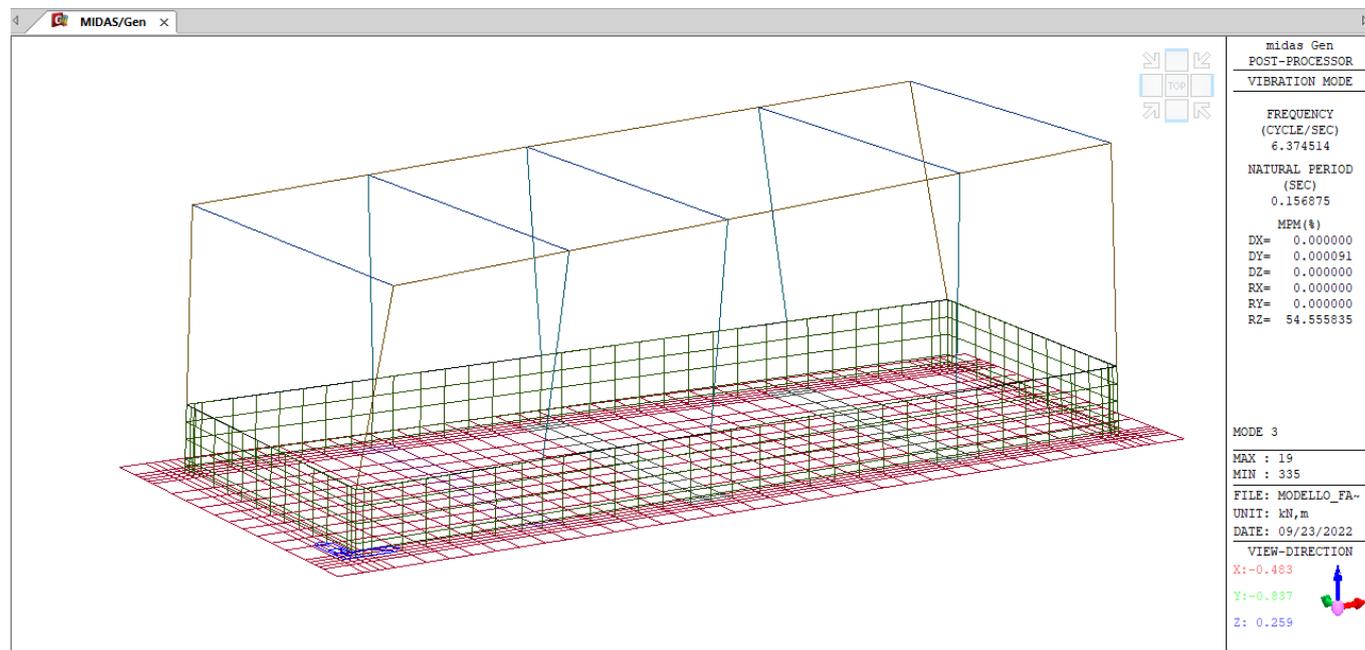


Figura 28 - Modo 3: diagramma degli spostamenti

8.5 Combinazioni di carico

No	Name	Active	Type	Description
1	gLCB1	Active	Add	1.3D + 1.5(1.0QH1) + 1.5(0.6QdeltaT+ + 0.6QdeltaT)
2	gLCB2	Active	Add	1.3D + 1.5(0.0QH1) + 1.5(1.0QdeltaT+ + 1.0QdeltaT)
3	gLCB3	Active	Add	1.3D + 1.5(1.0QH1) + 1.5(0.6QdeltaT+ + 0.6QdeltaT) + 1.5(0.5Qneve)
4	gLCB4	Active	Add	1.3D + 1.5(0.0QH1) + 1.5(1.0QdeltaT+ + 1.0QdeltaT) + 1.5(0.5Qneve)
5	gLCB5	Active	Add	1.3D + 1.5(0.0QH1) + 1.5(0.6QdeltaT+ + 0.6QdeltaT) + 1.5(1.0Qneve)
6	gLCB6	Active	Add	1.3D + 1.5(1.0QH1) + 1.5(0.6QdeltaT+ + 0.6QdeltaT) + 1.5(0.6)Qvento_X+
7	gLCB7	Active	Add	1.3D + 1.5(1.0QH1) + 1.5(0.6QdeltaT+ + 0.6QdeltaT) + 1.5(0.6)Qvento_Y+
8	gLCB8	Active	Add	1.3D + 1.5(0.0QH1) + 1.5(1.0QdeltaT+ + 1.0QdeltaT) + 1.5(0.6)Qvento_X+
9	gLCB9	Active	Add	1.3D + 1.5(0.0QH1) + 1.5(1.0QdeltaT+ + 1.0QdeltaT) + 1.5(0.6)Qvento_Y+
10	gLCB10	Active	Add	1.3D + 1.5(0.0QH1) + 1.5(0.6QdeltaT+ + 0.6QdeltaT) + 1.5Qvento_X+
11	gLCB11	Active	Add	1.3D + 1.5(0.0QH1) + 1.5(0.6QdeltaT+ + 0.6QdeltaT) + 1.5Qvento_Y+
12	gLCB12	Active	Add	1.3D + 1.5(1.0QH1) + 1.5(0.6QdeltaT+ + 0.6QdeltaT) - 1.5(0.6)Qvento_X+
13	gLCB13	Active	Add	1.3D + 1.5(1.0QH1) + 1.5(0.6QdeltaT+ + 0.6QdeltaT) - 1.5(0.6)Qvento_Y+
14	gLCB14	Active	Add	1.3D + 1.5(0.0QH1) + 1.5(1.0QdeltaT+ + 1.0QdeltaT) - 1.5(0.6)Qvento_X+
15	gLCB15	Active	Add	1.3D + 1.5(0.0QH1) + 1.5(1.0QdeltaT+ + 1.0QdeltaT) - 1.5(0.6)Qvento_Y+
16	gLCB16	Active	Add	1.3D + 1.5(0.0QH1) + 1.5(0.6QdeltaT+ + 0.6QdeltaT) - 1.5Qvento_X+
17	gLCB17	Active	Add	1.3D + 1.5(0.0QH1) + 1.5(0.6QdeltaT+ + 0.6QdeltaT) - 1.5Qvento_Y+
18	gLCB18	Active	Add	1.3D + 1.5(1.0QH1) + 1.5(0.6QdeltaT+ + 0.6QdeltaT) + 1.5(0.5Qneve) + 1.5(0.6...
19	gLCB19	Active	Add	1.3D + 1.5(1.0QH1) + 1.5(0.6QdeltaT+ + 0.6QdeltaT) + 1.5(0.5Qneve) + 1.5(0.6...
20	gLCB20	Active	Add	1.3D + 1.5(0.0QH1) + 1.5(1.0QdeltaT+ + 1.0QdeltaT) + 1.5(0.5Qneve) + 1.5(0.6...

RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO TECNOLOGICO
- ELEVAZIONE

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
IABH	00	F	78	CL	FA0000	003	A	37 di 75

21	gLCB21	Active	Add	1.3D + 1.5(0.0QH1) + 1.5(1.0QdeltaT + + 1.0QdeltaT) + 1.5(0.5Qneve) + 1.5(0.6...
22	gLCB22	Active	Add	1.3D + 1.5(0.0QH1) + 1.5(0.6QdeltaT + + 0.6QdeltaT) + 1.5(0.5Qneve) + 1.5Qven...
23	gLCB23	Active	Add	1.3D + 1.5(0.0QH1) + 1.5(0.6QdeltaT + + 0.6QdeltaT) + 1.5(0.5Qneve) + 1.5Qven...
24	gLCB24	Active	Add	1.3D + 1.5(1.0QH1) + 1.5(0.6QdeltaT + + 0.6QdeltaT) + 1.5(0.5Qneve) - 1.5(0.6...
25	gLCB25	Active	Add	1.3D + 1.5(1.0QH1) + 1.5(0.6QdeltaT + + 0.6QdeltaT) + 1.5(0.5Qneve) - 1.5(0.6...
26	gLCB26	Active	Add	1.3D + 1.5(0.0QH1) + 1.5(1.0QdeltaT + + 1.0QdeltaT) + 1.5(0.5Qneve) - 1.5(0.6...
27	gLCB27	Active	Add	1.3D + 1.5(0.0QH1) + 1.5(1.0QdeltaT + + 1.0QdeltaT) + 1.5(0.5Qneve) - 1.5(0.6...
28	gLCB28	Active	Add	1.3D + 1.5(0.0QH1) + 1.5(0.6QdeltaT + + 0.6QdeltaT) + 1.5(0.5Qneve) - 1.5Qven...
29	gLCB29	Active	Add	1.3D + 1.5(0.0QH1) + 1.5(0.6QdeltaT + + 0.6QdeltaT) + 1.5(0.5Qneve) - 1.5Qven...
30	gLCB30	Active	Add	1.3D + 1.5(0.0QH1) + 1.5(0.6QdeltaT + + 0.6QdeltaT) + 1.5(1.0Qneve) + 1.5(0.6...
31	gLCB31	Active	Add	1.3D + 1.5(0.0QH1) + 1.5(0.6QdeltaT + + 0.6QdeltaT) + 1.5(1.0Qneve) + 1.5(0.6...
32	gLCB32	Active	Add	1.3D + 1.5(0.0QH1) + 1.5(0.6QdeltaT + + 0.6QdeltaT) + 1.5(1.0Qneve) - 1.5(0.6...
33	gLCB33	Active	Add	1.3D + 1.5(0.0QH1) + 1.5(0.6QdeltaT + + 0.6QdeltaT) + 1.5(1.0Qneve) - 1.5(0.6...
34	ENV_SLU	Active	Envelope	Concrete Strength Envelope
35	gLCB67	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSY SV in...
36	gLCB68	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSY SV in...
37	gLCB69	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSY SV in...
38	gLCB70	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSY SV in...
39	gLCB71	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSX SV in...
40	gLCB72	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSX SV in...
41	gLCB73	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSX SV in...
42	gLCB74	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSX SV in...
43	gLCB75	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSY SV in...
44	gLCB76	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSY SV in...
45	gLCB77	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSY SV in...
46	gLCB78	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSY SV in...
47	gLCB79	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSX SV in...
48	gLCB80	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSX SV in...
49	gLCB81	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSX SV in...
50	gLCB82	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSX SV in...
51	gLCB83	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSY SV in...
52	gLCB84	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSY SV in...
53	gLCB85	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSY SV in...
54	gLCB86	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSY SV in...
55	gLCB87	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSX SV in...
56	gLCB88	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSX SV in...
57	gLCB89	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSX SV in...
58	gLCB90	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSX SV in...
59	gLCB91	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSY SV in...
60	gLCB92	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSY SV in...
61	gLCB93	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSY SV in...

RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO TECNOLOGICO
- ELEVAZIONE

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
IABH	00	F	78	CL	FA0000	003	A	38 di 75

62	gLCB94	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSY SV in...
63	gLCB95	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSX SV in...
64	gLCB96	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSX SV in...
65	gLCB97	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSX SV in...
66	gLCB98	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSX SV in...
67	ENV_SLV_q	Active	Envelope	Concrete Strength Envelope
68	gLCB132	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSY SV el...
69	gLCB133	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSY SV el...
70	gLCB134	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSY SV el...
71	gLCB135	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSY SV el...
72	gLCB136	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSX SV el...
73	gLCB137	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSX SV el...
74	gLCB138	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSX SV el...
75	gLCB139	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSX SV el...
76	gLCB140	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSY SV el...
77	gLCB141	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSY SV el...
78	gLCB142	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSY SV el...
79	gLCB143	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSY SV el...
80	gLCB144	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSX SV el...
81	gLCB145	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSX SV el...
82	gLCB146	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSX SV el...
83	gLCB147	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(RSX SV el...
84	gLCB148	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSY SV el...
85	gLCB149	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSY SV el...
86	gLCB150	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSY SV el...
87	gLCB151	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSY SV el...
88	gLCB152	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSX SV el...
89	gLCB153	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSX SV el...
90	gLCB154	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSX SV el...
91	gLCB155	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSX SV el...
92	gLCB156	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSY SV el...
93	gLCB157	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSY SV el...
94	gLCB158	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSY SV el...
95	gLCB159	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSY SV el...
96	gLCB160	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSX SV el...
97	gLCB161	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSX SV el...
98	gLCB162	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSX SV el...
99	gLCB163	Active	Add	1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0QdeltaT + + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(RSX SV el...
100	ENV_SLV_elastico	Active	Envelope	Concrete Strength Envelope
101	gLCB229	Active	Add	1.0D + (1.0QH1) + (0.6QdeltaT + + 0.6QdeltaT)
102	gLCB230	Active	Add	1.0D + (0.0QH1) + (1.0QdeltaT + + 1.0QdeltaT)

RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO TECNOLOGICO
- ELEVAZIONE

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
IABH	00	F	78	CL	FA0000	003	A	39 di 75

103	gLCB231	Active	Add	$1.0D + (1.0QH1) + (0.6Q\delta T + + 0.6Q\delta T) + (0.5Q_{neve})$
104	gLCB232	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (1.0Q\delta T + + 1.0Q\delta T) + (0.5Q_{neve})$
105	gLCB233	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (0.6Q\delta T + + 0.6Q\delta T) + (1.0Q_{neve})$
106	gLCB234	Active	Add	$1.0D + (1.0QH1) + (0.6Q\delta T + + 0.6Q\delta T) + (0.6)Q_{vento_X+}$
107	gLCB235	Active	Add	$1.0D + (1.0QH1) + (0.6Q\delta T + + 0.6Q\delta T) + (0.6)Q_{vento_Y+}$
108	gLCB236	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (1.0Q\delta T + + 1.0Q\delta T) + (0.6)Q_{vento_X+}$
109	gLCB237	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (1.0Q\delta T + + 1.0Q\delta T) + (0.6)Q_{vento_Y+}$
110	gLCB238	Active	Add	$1.0D + (1.0QH1) + (0.6Q\delta T + + 0.6Q\delta T) - (0.6)Q_{vento_X+}$
111	gLCB239	Active	Add	$1.0D + (1.0QH1) + (0.6Q\delta T + + 0.6Q\delta T) - (0.6)Q_{vento_Y+}$
112	gLCB240	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (1.0Q\delta T + + 1.0Q\delta T) - (0.6)Q_{vento_X+}$
113	gLCB241	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (1.0Q\delta T + + 1.0Q\delta T) - (0.6)Q_{vento_Y+}$
114	gLCB242	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (0.6Q\delta T + + 0.6Q\delta T) + 1.0Q_{vento_X+}$
115	gLCB243	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (0.6Q\delta T + + 0.6Q\delta T) + 1.0Q_{vento_Y+}$
116	gLCB244	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (0.6Q\delta T + + 0.6Q\delta T) - 1.0Q_{vento_X+}$
117	gLCB245	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (0.6Q\delta T + + 0.6Q\delta T) - 1.0Q_{vento_Y+}$
118	gLCB246	Active	Add	$1.0D + (1.0QH1) + (0.6Q\delta T + + 0.6Q\delta T) + (0.5Q_{neve}) + (0.6)Q_{vento_X+}$
119	gLCB247	Active	Add	$1.0D + (1.0QH1) + (0.6Q\delta T + + 0.6Q\delta T) + (0.5Q_{neve}) + (0.6)Q_{vento_Y+}$
120	gLCB248	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (1.0Q\delta T + + 1.0Q\delta T) + (0.5Q_{neve}) + (0.6)Q_{vento_X+}$
121	gLCB249	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (1.0Q\delta T + + 1.0Q\delta T) + (0.5Q_{neve}) + (0.6)Q_{vento_Y+}$
122	gLCB250	Active	Add	$1.0D + (1.0QH1) + (0.6Q\delta T + + 0.6Q\delta T) + (0.5Q_{neve}) - (0.6)Q_{vento_X+}$
123	gLCB251	Active	Add	$1.0D + (1.0QH1) + (0.6Q\delta T + + 0.6Q\delta T) + (0.5Q_{neve}) - (0.6)Q_{vento_Y+}$
124	gLCB252	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (1.0Q\delta T + + 1.0Q\delta T) + (0.5Q_{neve}) - (0.6)Q_{vento_X+}$
125	gLCB253	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (1.0Q\delta T + + 1.0Q\delta T) + (0.5Q_{neve}) - (0.6)Q_{vento_Y+}$
126	gLCB254	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (0.6Q\delta T + + 0.6Q\delta T) + (0.5Q_{neve}) + 1.0Q_{vento_X+}$
127	gLCB255	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (0.6Q\delta T + + 0.6Q\delta T) + (0.5Q_{neve}) + 1.0Q_{vento_Y+}$
128	gLCB256	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (0.6Q\delta T + + 0.6Q\delta T) + (0.5Q_{neve}) - 1.0Q_{vento_X+}$
129	gLCB257	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (0.6Q\delta T + + 0.6Q\delta T) + (0.5Q_{neve}) - 1.0Q_{vento_Y+}$
130	gLCB258	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (0.6Q\delta T + + 0.6Q\delta T) + (1.0Q_{neve}) + (0.6)Q_{vento_X+}$
131	gLCB259	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (0.6Q\delta T + + 0.6Q\delta T) + (1.0Q_{neve}) + (0.6)Q_{vento_Y+}$
132	gLCB260	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (0.6Q\delta T + + 0.6Q\delta T) + (1.0Q_{neve}) - (0.6)Q_{vento_X+}$
133	gLCB261	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (0.6Q\delta T + + 0.6Q\delta T) + (1.0Q_{neve}) - (0.6)Q_{vento_Y+}$
134	gLCB262	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T)$
135	gLCB263	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (0.5Q\delta T + + 0.5Q\delta T)$
136	gLCB264	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) + (0.2Q_{neve})$
137	gLCB265	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) + (0.2)Q_{vento_X+}$
138	gLCB266	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) + (0.2)Q_{vento_Y+}$
139	gLCB267	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) - (0.2)Q_{vento_X+}$
140	gLCB268	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) - (0.2)Q_{vento_Y+}$
141	gLCB269	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) + (0.2Q_{neve}) + (0.2)Q_{vento_X+}$
142	gLCB270	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) + (0.2Q_{neve}) + (0.2)Q_{vento_Y+}$
143	gLCB271	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) + (0.2Q_{neve}) - (0.2)Q_{vento_X+}$

**RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO TECNOLOGICO
- ELEVAZIONE**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
IABH	00	F	78	CL	FA0000	003	A	40 di 75

144	gLCB272	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) + (0.2Q_{neve}) - (0.2)Q_{vento_Y+}$
145	gLCB273	Active	Add	$1.0D + (0.0QH1) + (0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T)$
146	ENV_SLE	Active	Envelope	Concrete Serviceability Envelope
147	gLCB307	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) + 1.0(1.0(1.00)(RSY SO el...$
148	gLCB308	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) + 1.0(1.0(1.00)(RSY SO el...$
149	gLCB309	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) + 1.0(1.0(1.00)(RSY SO el...$
150	gLCB310	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) + 1.0(1.0(1.00)(RSY SO el...$
151	gLCB311	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) + 1.0(1.0(1.00)(RSX SO el...$
152	gLCB312	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) + 1.0(1.0(1.00)(RSX SO el...$
153	gLCB313	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) + 1.0(1.0(1.00)(RSX SO el...$
154	gLCB314	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) + 1.0(1.0(1.00)(RSX SO el...$
155	gLCB315	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) + 1.0(1.0(1.00)(RSY SO el...$
156	gLCB316	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) + 1.0(1.0(1.00)(RSY SO el...$
157	gLCB317	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) + 1.0(1.0(1.00)(RSY SO el...$
158	gLCB318	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) + 1.0(1.0(1.00)(RSY SO el...$
159	gLCB319	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) + 1.0(1.0(1.00)(RSX SO el...$
160	gLCB320	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) + 1.0(1.0(1.00)(RSX SO el...$
161	gLCB321	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) + 1.0(1.0(1.00)(RSX SO el...$
162	gLCB322	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) + 1.0(1.0(1.00)(RSX SO el...$
163	gLCB323	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) - 1.0(1.0(1.00)(RSY SO el...$
164	gLCB324	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) - 1.0(1.0(1.00)(RSY SO el...$
165	gLCB325	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) - 1.0(1.0(1.00)(RSY SO el...$
166	gLCB326	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) - 1.0(1.0(1.00)(RSY SO el...$
167	gLCB327	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) - 1.0(1.0(1.00)(RSX SO el...$
168	gLCB328	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) - 1.0(1.0(1.00)(RSX SO el...$
169	gLCB329	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) - 1.0(1.0(1.00)(RSX SO el...$
170	gLCB330	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) - 1.0(1.0(1.00)(RSX SO el...$
171	gLCB331	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) - 1.0(1.0(1.00)(RSY SO el...$
172	gLCB332	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) - 1.0(1.0(1.00)(RSY SO el...$
173	gLCB333	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) - 1.0(1.0(1.00)(RSY SO el...$
174	gLCB334	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) - 1.0(1.0(1.00)(RSY SO el...$
175	gLCB335	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) - 1.0(1.0(1.00)(RSX SO el...$
176	gLCB336	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) - 1.0(1.0(1.00)(RSX SO el...$
177	gLCB337	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) - 1.0(1.0(1.00)(RSX SO el...$
178	gLCB338	Active	Add	$1.0D + 1.0(0.0QH1) + 1.0(0.0Q\delta T + + 0.0Q\delta T) - 1.0(1.0(1.00)(RSX SO el...$
179	ENV_SLD_elastico	Active	Envelope	Concrete Strength Envelope
180	QuasiPermanente	Active	Add	

8.6 Involuppo delle sollecitazioni

Di seguito si riportano, per il modello di calcolo, la rappresentazione grafica delle principali caratteristiche di sollecitazione a mezzo di diagrammi di involucro associati alle famiglie di combinazioni dei carichi.

8.6.1 SLU

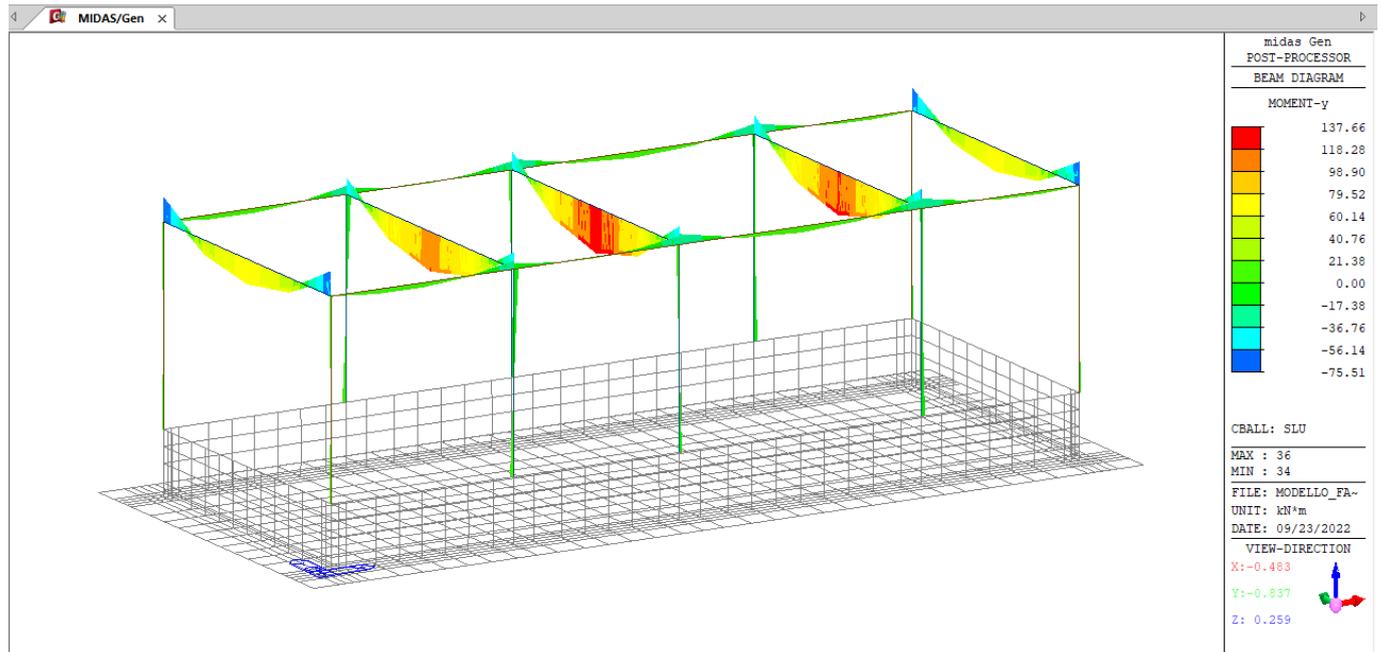


Figura 18 – Momento My - Involuppo SLU

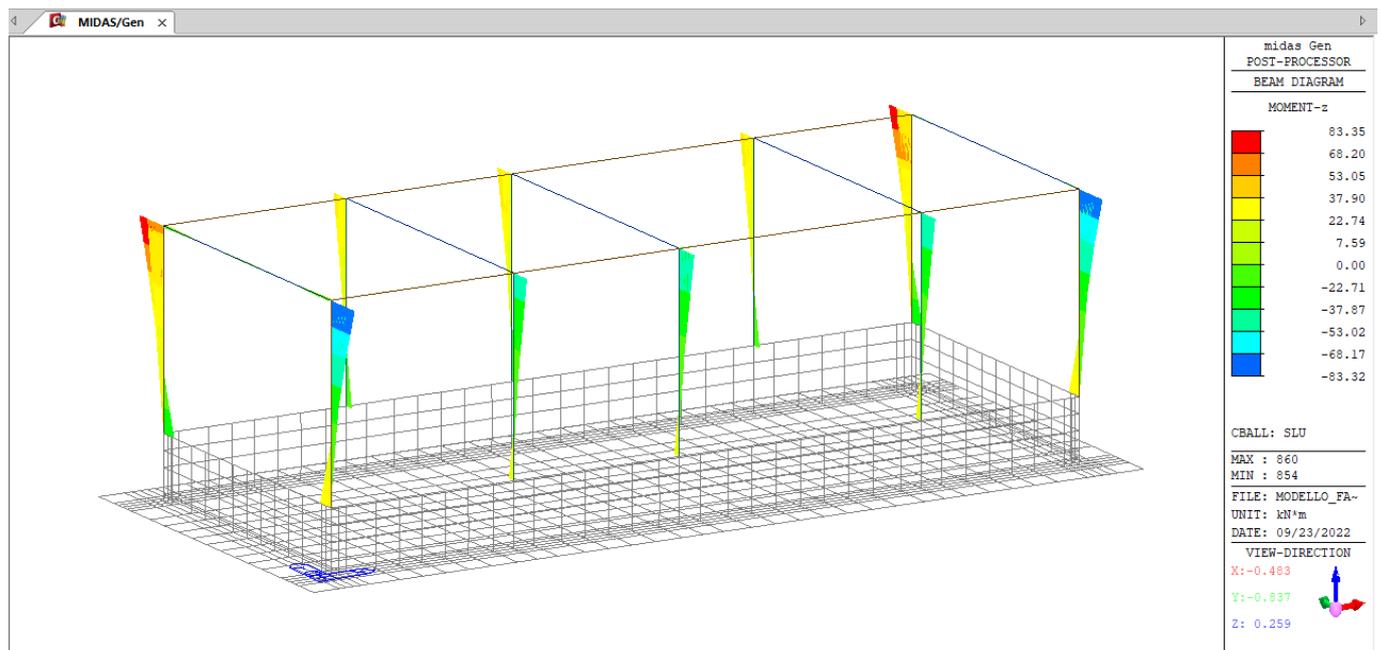


Figura 30– Momento Mz - Involuppo SLU

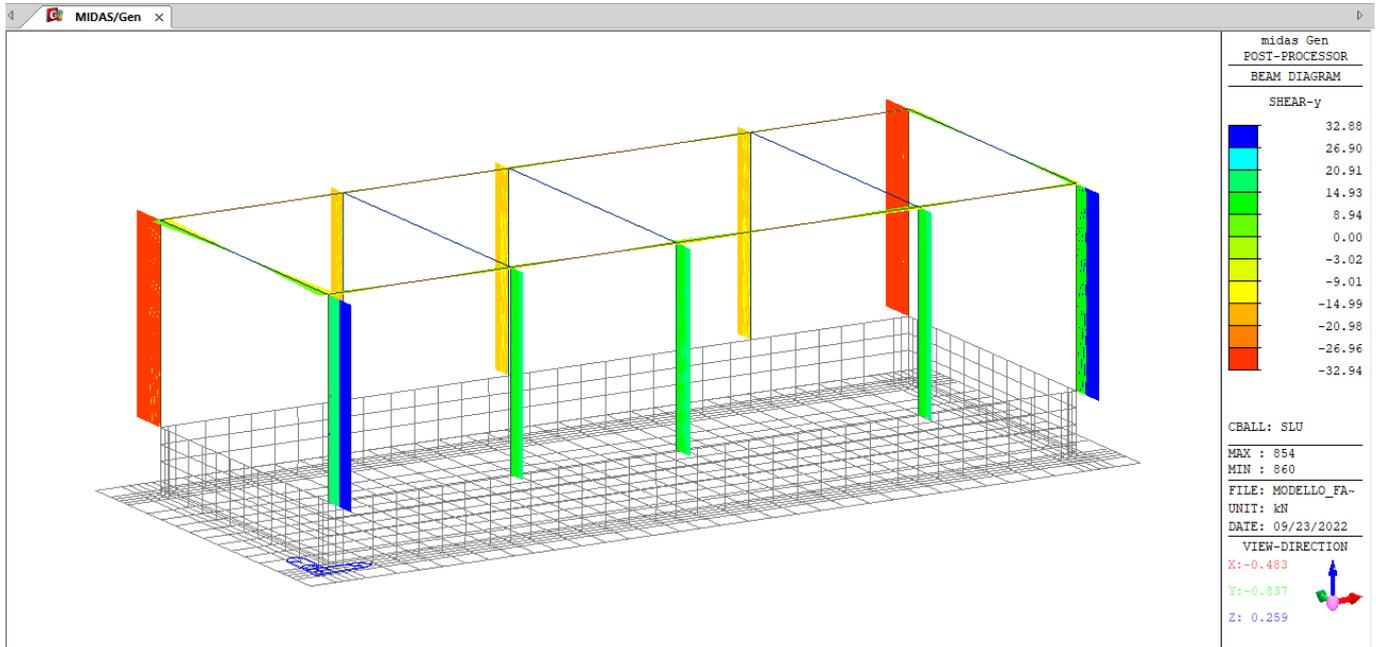


Figura 31 – Taglio Fy - Involuppo SLU

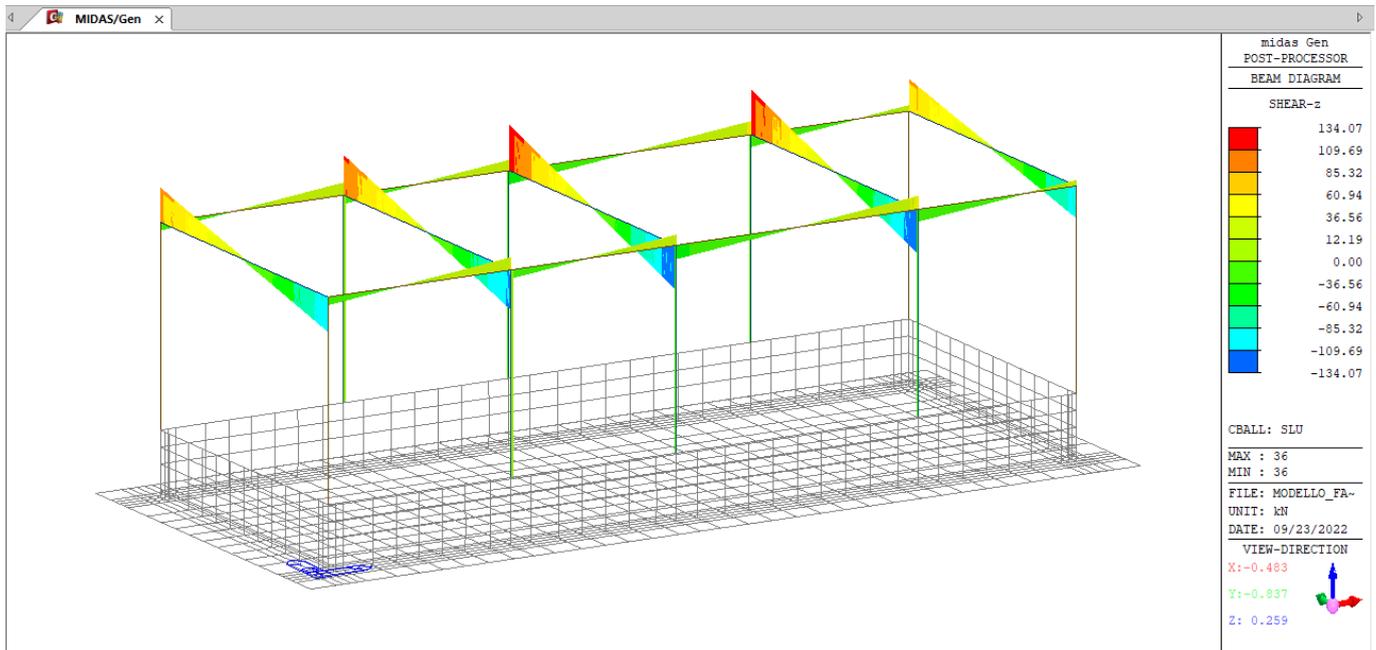


Figura 32– Taglio Fz - Involuppo SLU

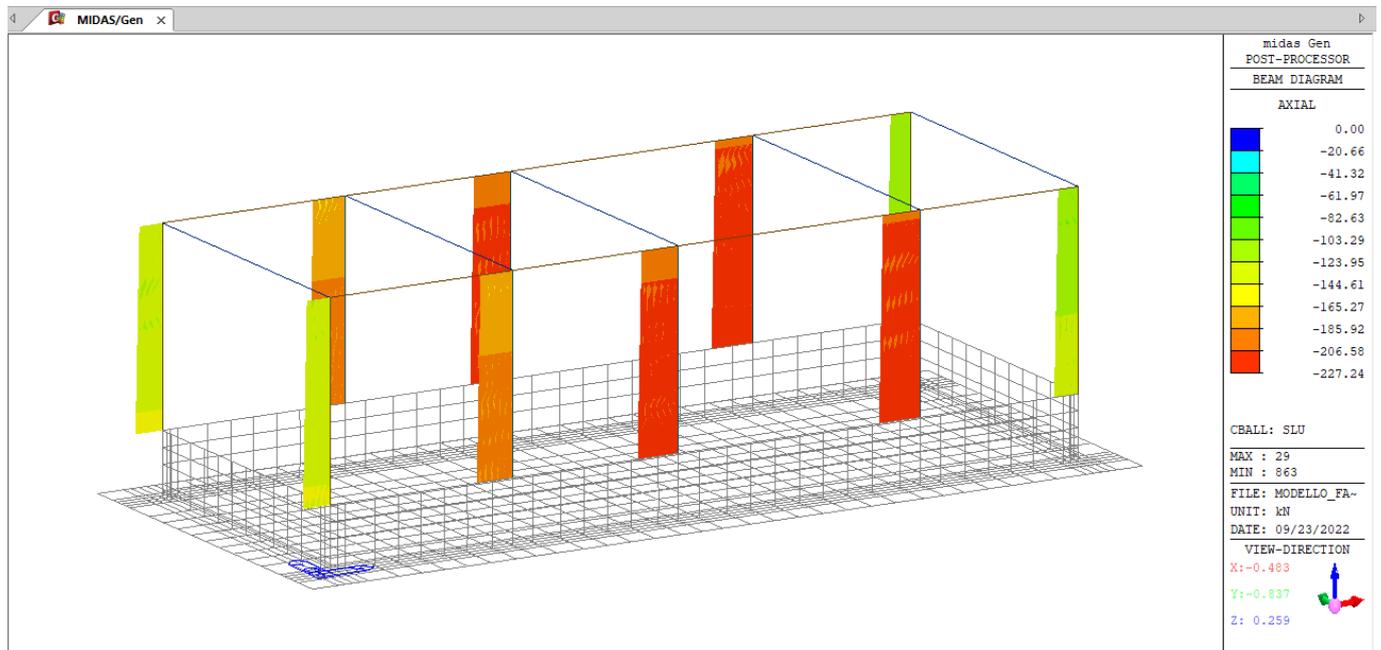


Figura 33 – Sforzo Normale Fx - Involuppo SLU

8.6.2 SLV

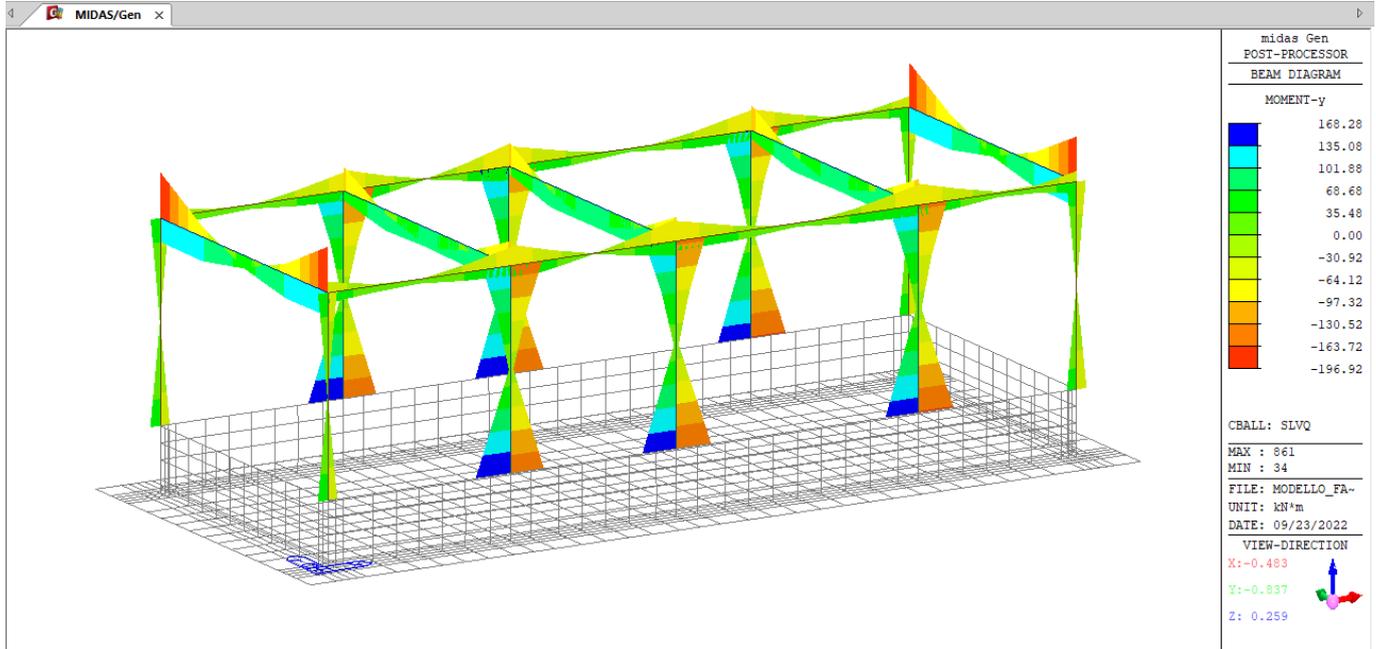


Figura 34 – Momento My - Involuppo SLV

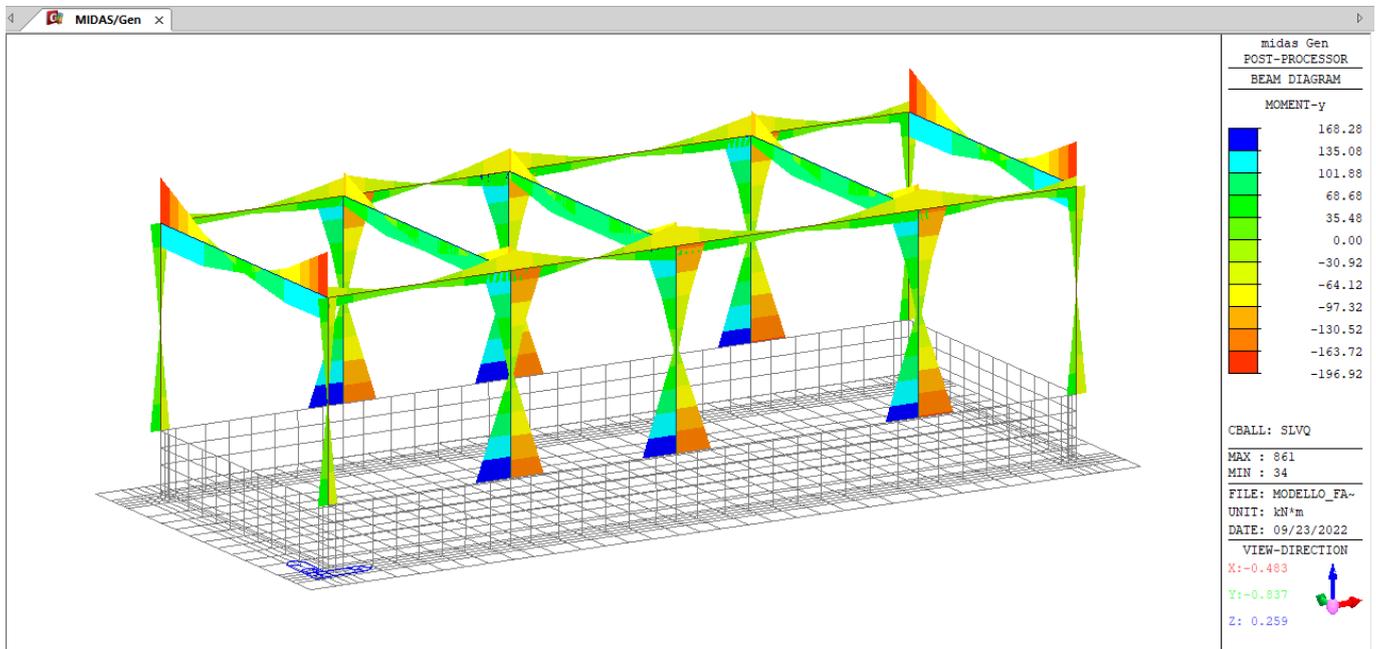


Figura 35– Momento Mz - Involuppo SLV

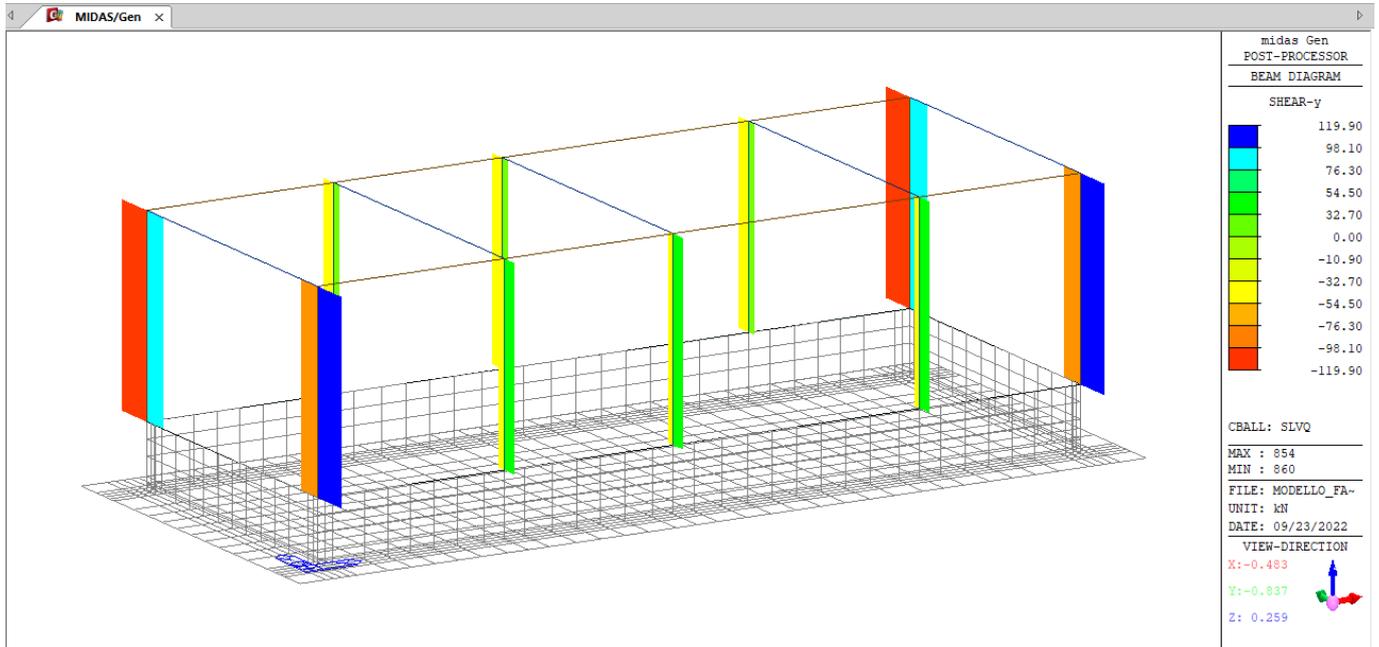


Figura 36 – Taglio Fy - Involuppo SLV

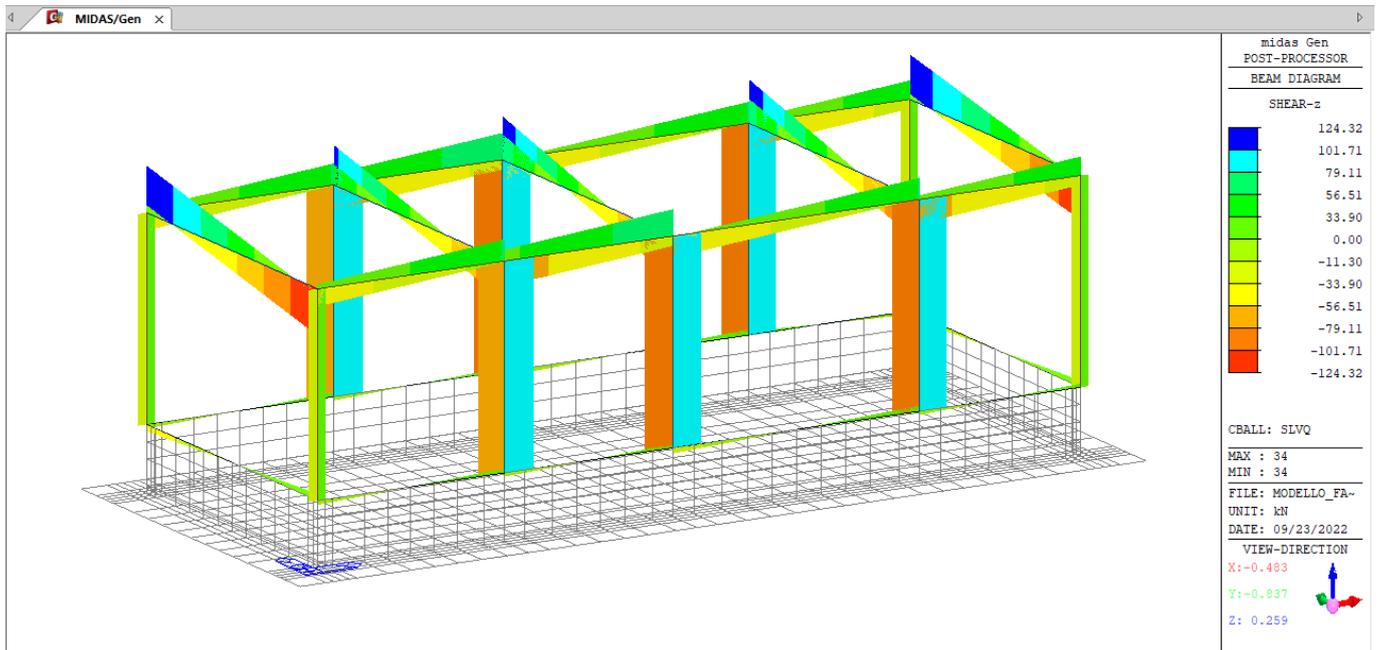


Figura 37– Taglio Fz - Involuppo SLV

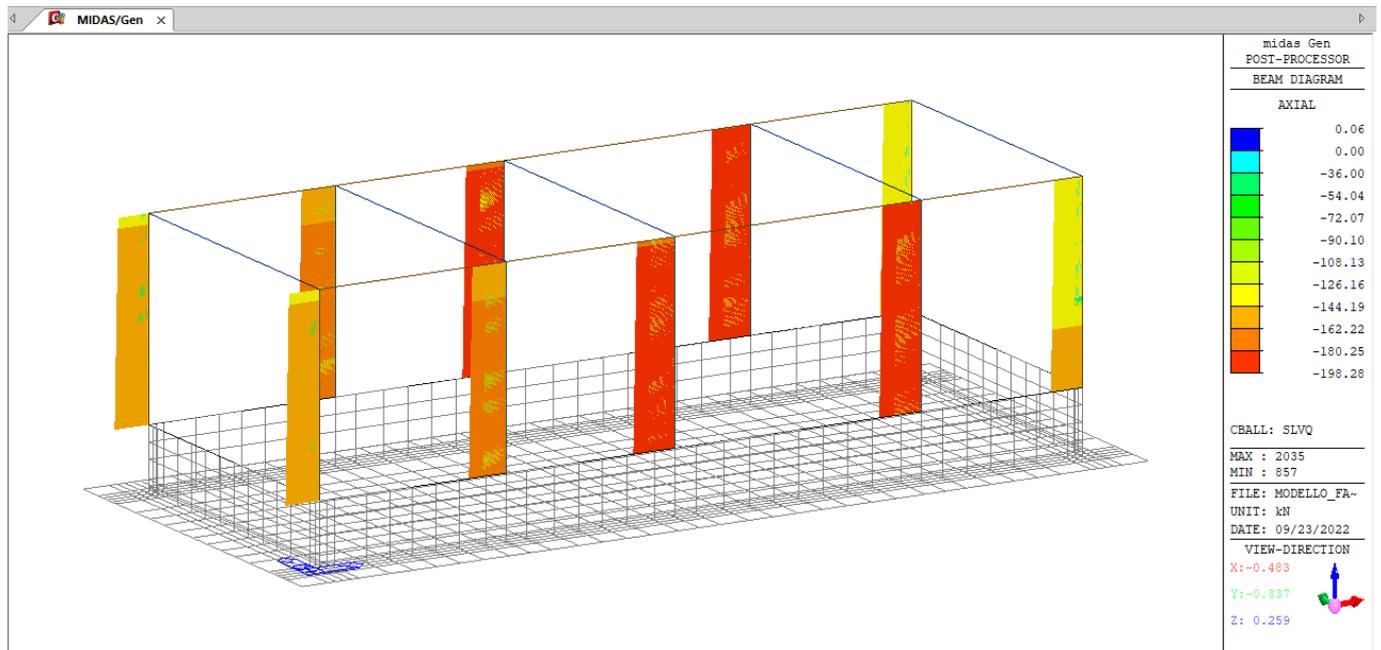


Figura 19 – Sforzo Normale Fx - Involuppo SLV

8.6.3 SLE

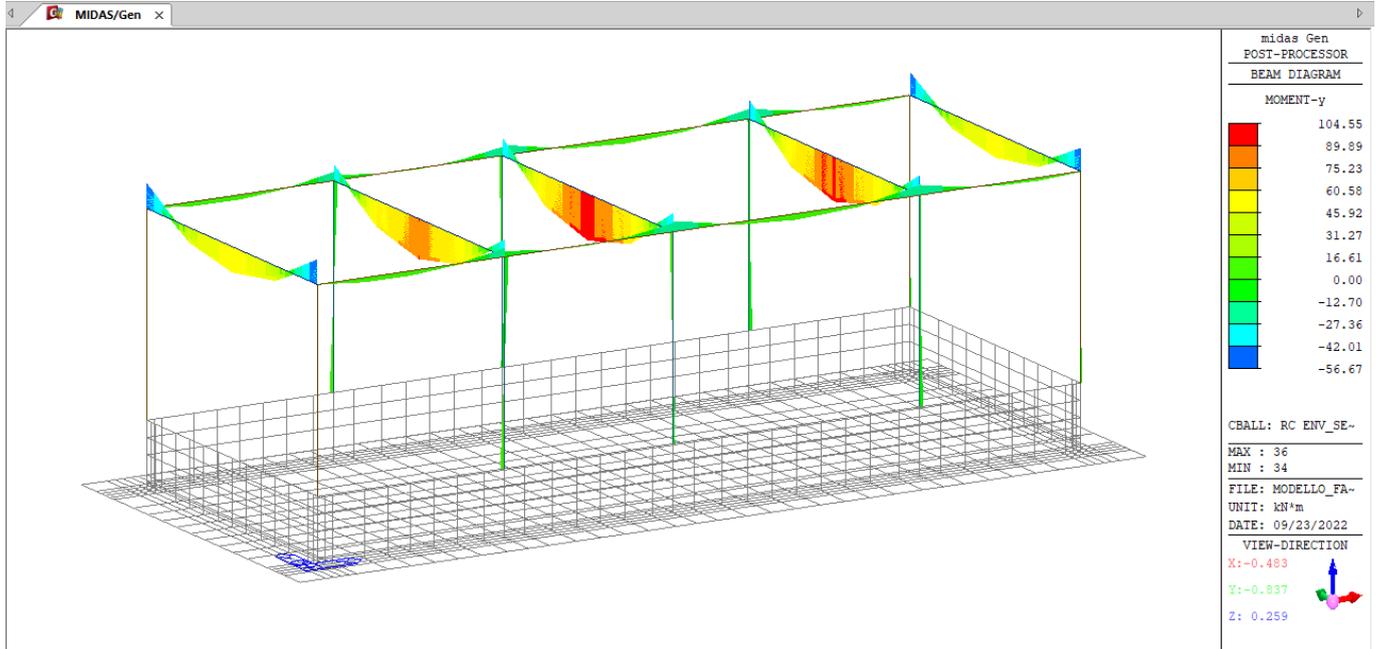


Figura 39 – Momento My - Inviluppo SLE

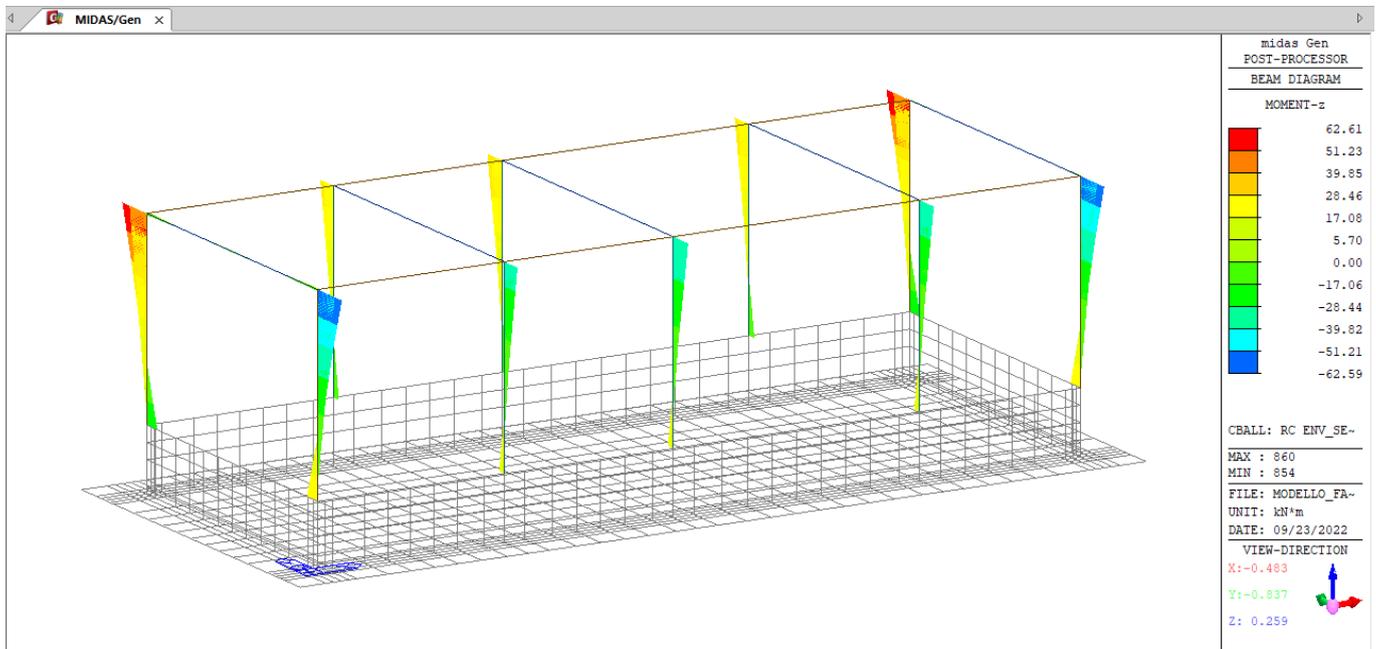


Figura 20 – Momento Mz - Inviluppo SLE

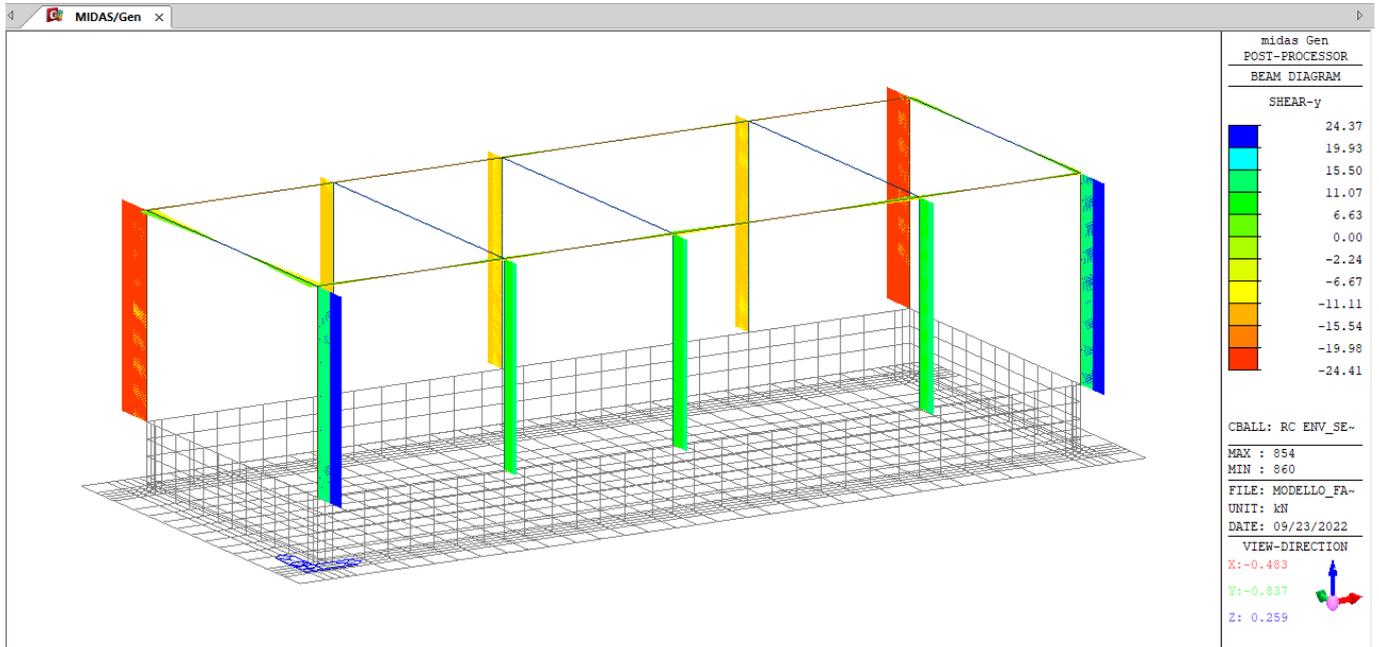


Figura 21 – Taglio Fy - Involuppo SLE

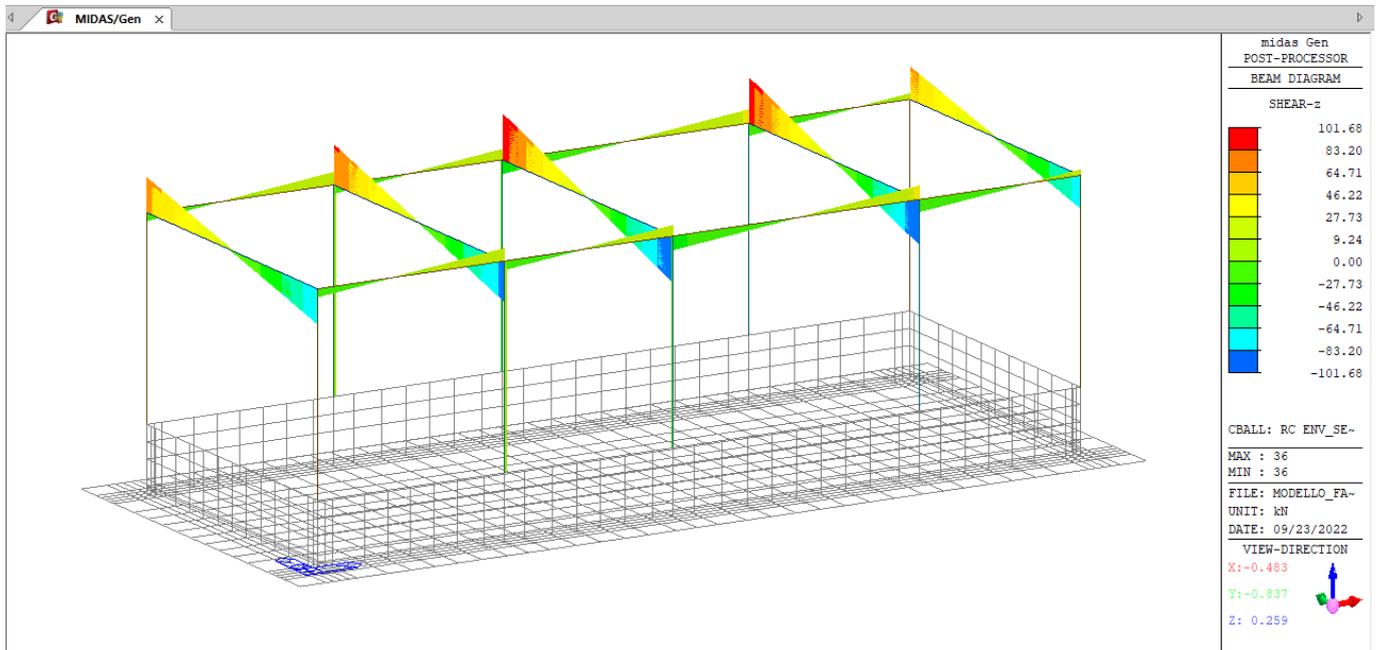


Figura 42– Taglio Fz - Involuppo SLE

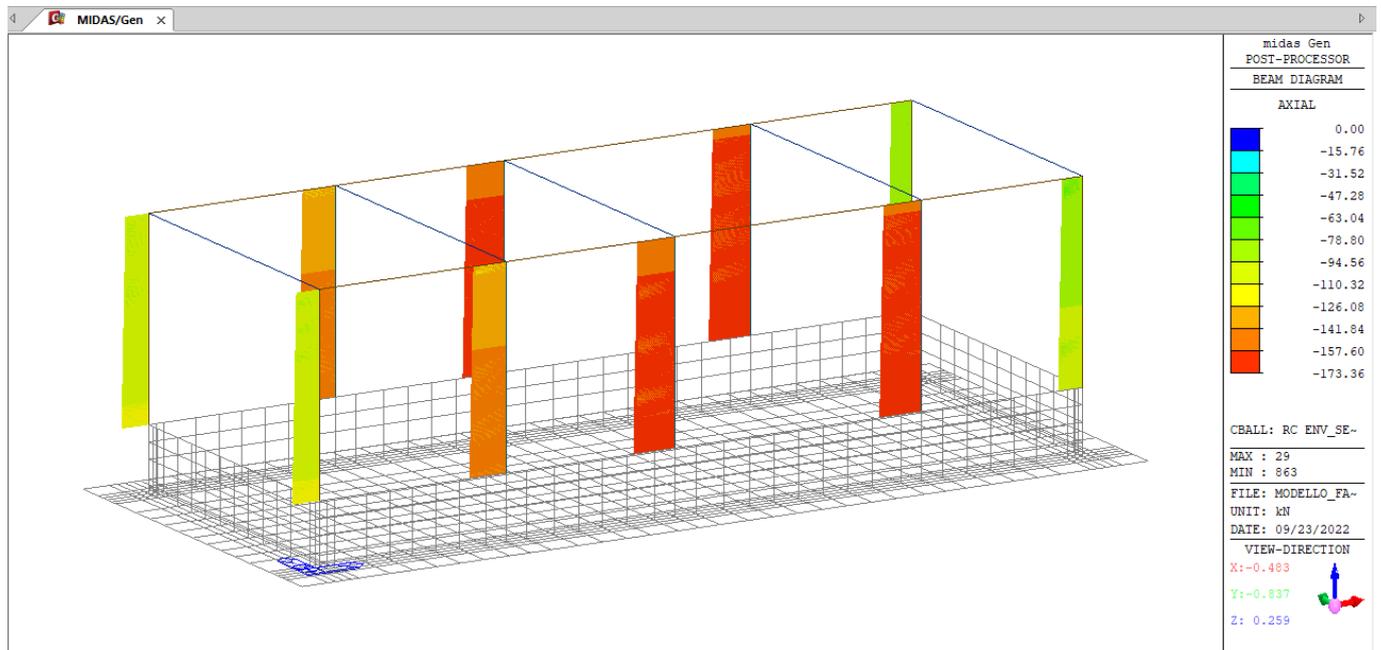


Figura 43 – Sforzo Normale Fx - Involuppo SLE

9 VERIFICA DELLA STRUTTURA

9.1 Criteri di verifica degli elementi strutturali

9.1.1 Criteri di verifica delle sezioni in c.a. – SLE

Si deve verificare il rispetto die seguenti stati limite:

- deformazione;
- fessurazione;
- tensioni di esercizio.

9.1.1.1 Stato limite di deformazione

Al §C4.1.2.2.2 della Circolare n.7 del 2019 si legge quanto segue: *“Per quanto riguarda la salvaguardia dell’aspetto e della funzionalità dell’opera, le frecce a lungo termine di travi e solai, calcolate sotto la condizione quasi permanente dei carichi, non dovrebbero superare il limite di 1/250 della luce. In relazione all’integrità delle pareti portate divisorie e di tamponamento, le frecce di travi e solai, sotto la condizione quasi permanente dei carichi, non dovrebbero superare il limite di 1/500 della luce. In tale verifica la freccia totale calcolata può essere depurata della parte presente prima dell’esecuzione delle pareti. Detto valore si riferisce al caso di pareti divisorie in muratura. Per altri tipi di pareti si dovranno valutare specificatamente i limiti di inflessione ammissibili.”*

9.1.1.2 Stato limite di fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l’ampiezza dell’apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente. Si considerano condizioni ambientali ordinarie; le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV]

In relazione all’aggressività ambientale e alla sensibilità dell’acciaio, l’apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente:

Tabella 4 - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e Condizioni Ambientali

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$

		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
--	--	------------------	----------------	---	-------------	------------

Tabella 5 – Descrizione delle condizioni ambientali
Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Risultando:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}$$

Alle prescrizioni normative presenti in NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite dal “Manuale di Progettazione delle Opere Civili” secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara) per le strutture sottobinario (Travi di fondazione) e dalla combinazione frequente per le strutture soprabinario (Pilastrini, Travi e Solaio).

Per strutture in condizioni ambientali ordinarie, qual è il caso delle strutture in esame, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.2 del DM 17.1.2018, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$ (Travi di Fondazione).

Per gli altri elementi soprabinario si è utilizzato il valore di apertura di fessurazione limite di $w_2 = 0.3 \text{ mm}$.

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura prevista al punto “C4.1.2.2.4.6 Verifica allo stato limite di fessurazione” della Circolare n.7/19.

9.1.1.3 Stato limite di limitazione delle tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche “Rara” e “Quasi Permanente”.

I valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo “non reagente” adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento “Specifiche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario RFI DTC INC PO SP IFS 001 A del 21-12-11”, ovvero:

Strutture in c.a.

Tensioni di compressione del calcestruzzo

Devono essere rispettati i seguenti limiti per le tensioni di compressione nel calcestruzzo:

- per combinazione di carico caratteristica (rara): $0,55 f_{ck}$;
- per combinazioni di carico quasi permanente: $0,40 f_{ck}$;
- per spessori minori di 5 cm, le tensioni normali limite di esercizio sono ridotte del 30%.

Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare $0,75 f_{yk}$.

9.1.2 Criteri di verifica delle travi – SLU

9.1.2.1 Verifica a flessione semplice

Le verifiche di resistenza a flessione allo SLU (NTC2018 – 4.1.2.1.2.4) per le sezioni di appoggio e di campata sono state condotte con il supporto del software “Midas GEN” (che svolge in automatico anche il rispetto dei quantitativi minimi di norma) considerando le sollecitazioni riportate nei prospetti precedenti.

9.1.2.2 Verifica a taglio

Al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al taglio, le sollecitazioni di taglio di calcolo V_{Ed} si ottengono sommando il contributo dovuto ai carichi gravitazionali agenti sulla trave, considerata incernierata agli estremi, alle sollecitazioni di taglio corrispondenti alla formazione di cerniere plastiche nella trave e prodotte dai momenti resistenti (ultimi) delle due sezioni di plasticizzazione (generalmente quelle di estremità).

Deve risultare (NTC2018 – 4.1.2.1.3.2):

$$V_{Rd} > V_d$$

dove:

V_d = Valore di calcolo del taglio agente;

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd}).$$

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a “taglio trazione” si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a “taglio compressione” si calcola con:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

dove:

α angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento;

θ angolo d'inclinazione dei puntoni in calcestruzzo rispetto all'asse dell'elemento.

9.1.2.3 Verifica limitazioni armatura

Devono essere rispettati i limiti previsti per le travi in calcestruzzo in zona non sismica (punto 4.1.6.1.1 delle NTC2018):

- l'area dell'armatura longitudinale in zona tesa non deve essere inferiore a

$$A_{s,\min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t \cdot d$$

e comunque non minore di $0.0013 b_t d$

dove:

b_t rappresenta la larghezza media della zona tesa;

d è l'altezza utile della sezione;

f_{ctm} è il valore medio della resistenza a trazione assiale;

f_{yk} è il valore caratteristico della resistenza a trazione dell'armatura ordinaria.

- negli appoggi di estremità all'intradosso deve essere disposta un'armatura efficacemente ancorata, calcolata per uno sforzo di trazione pari al taglio;
- al di fuori delle zone di sovrapposizione, l'area di armatura tesa o compressa non deve superare individualmente $A_{s,\max} = 0,04 A_c$, essendo A_c l'area della sezione trasversale di calcestruzzo.
- le travi devono prevedere armatura trasversale costituita da staffe con sezione complessiva non inferiore ad $A_{st} = 1,5 b \text{ mm}^2/\text{m}$ essendo b lo spessore minimo dell'anima in millimetri, con un minimo di tre staffe al metro e comunque passo non superiore a 0,8 volte l'altezza utile della sezione;
- in ogni caso almeno il 50% dell'armatura necessaria per il taglio deve essere costituita da staffe.

Per le travi dell'edificio l'armatura a taglio è costituita solamente da staffe.

Si riscontra, pertanto, che l'armatura della trave rispetta i limiti prescritti dalle NTC2018.

9.1.2.4 Verifica a presso-flessione

Le verifiche di resistenza a flessione e presso-flessione allo SLU (NTC2018 – 4.1.2.1.2.4) per le sezioni di base dei pilastri sono state condotte con il supporto del software "Midas GEN" considerando le sollecitazioni riportate nei prospetti precedenti:

9.1.2.5 Verifica limitazioni armatura

Devono inoltre essere rispettati i limiti riportati al punto 4.1.6.1.2 delle NTC2018:

- Nel caso di elementi sottoposti a prevalente sforzo normale, le barre parallele all'asse devono avere diametro maggiore od uguale a 12 mm. Inoltre la loro area non deve essere inferiore a:

$$A_{s,min} = (0.10 \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{yd}})$$

e comunque non minore di 0.003 A_c;

dove:

N_{Ed} rappresenta lo sforzo di compressione assiale di calcolo;

A_c è l'area di calcestruzzo;

f_{yd} è il valore della resistenza di calcolo dell'armatura.

Si riscontra, pertanto, che l'armatura dei pilastri rispetta i limiti prescritti dalle NTC2018.

9.2 Verifica delle travi d'elevazione

In funzione delle sollecitazioni si è dimensionata opportunamente l'armatura longitudinale delle travi.

Travi 30x60 longitudinali

- Zone d'appoggio:
armatura superiore 2φ16
armatura inferiore 2φ16
- Campata:
armatura superiore 3φ16
armatura inferiore 3φ16

Travi 30x60 trasversali

- Zone d'appoggio:
armatura superiore 4φ20
armatura inferiore 3φ20
- Campata:
armatura superiore 2φ20
armatura inferiore 3φ20

In aggiunta, fuori calcolo, andranno disposti 2φ12 come ferri di parete.

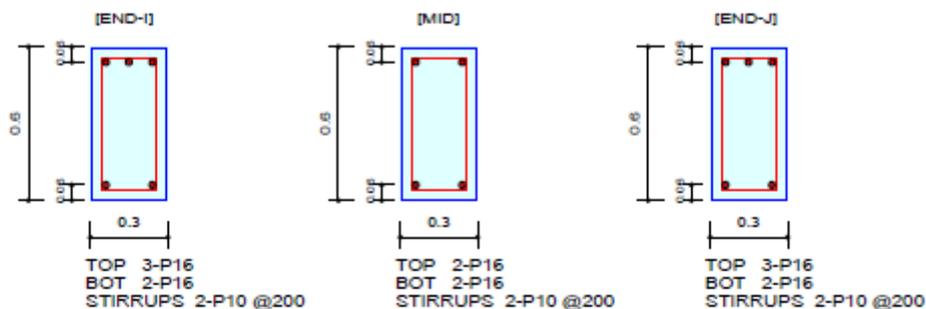
Si adotteranno staffe φ10/20 cm.

9.2.1 Trave 30x60 longitudinale (lato lungo)

La trave considerata nel calcolo è quella centrale, di luce totale pari a 4.75 m e luce netta pari a 4.15 m.

1. Design Information

Design Code	Eurocode2:04 & NTC2018	Unit System	kN, m
Material Data	$f_{ck} = 30000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa		
Section Property	Trave 30x60 (No : 3)	Beam Span	4.75m



2. Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	91	90	91
Moment (M _{Ed})	86.80	43.41	89.72
Factored Strength (M _{Rd})	121.14	83.71	121.14
Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd})	0.7165	0.5186	0.7406
Neutral Axis (x/d)	0.1089	0.0942	0.1089
(+) Load Combination No.	42	42	43
Moment (M _{Ed})	71.43	39.33	68.43
Factored Strength (M _{Rd})	83.73	83.71	83.73
Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd})	0.8531	0.4698	0.8173
Neutral Axis (x/d)	0.0977	0.0942	0.0977
Using Rebar Top (A _{s_top})	0.0006	0.0004	0.0006
Using Rebar Bot (A _{s_bot})	0.0004	0.0004	0.0004

3. Shear Capacity

	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	90	42	42
Factored Shear Force (V _{Ed})	61.08	56.24	62.90
V _{Rdc}	69.90	63.36	69.90
V _{Rds}	150.24	150.24	150.24
V _{Rdmax}	619.65	619.65	619.65
Using Shear Reinf. (A _{sw})	0.0008	0.0008	0.0008
Using Stirrups Spacing	2-P10 @200	2-P10 @200	2-P10 @200
V _{Ed} / V _{Rdc}	0.8738	0.8877	0.8999
V _{Ed} / min(V _{Rds} , V _{Rdmax})	0.4065	0.3744	0.4187
Check Ratio	0.8738	0.8877	0.8999

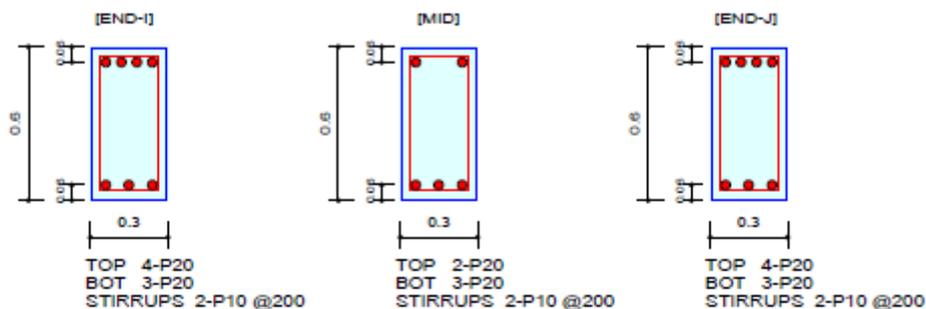
Figura 44 – Verifiche travi 30x60 longitudinale – SLU

9.2.2 Trave 30x60 trasversale (lato corto)

La trave considerata nel calcolo è quella perimetrale, di luce totale pari a 5.70 m e luce netta pari a 4.75 m.

1. Design Information

Design Code	Eurocode2:04 & NTC2018	Unit System	kN, m
Material Data	$f_{ck} = 30000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa		
Section Property	Trave 30x60 (No : 2)	Beam Span	5.7m



2. Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	95	94	94
Moment (M_{Ed})	188.72	52.13	188.72
Factored Strength (M_{Rd})	243.14	126.21	243.14
Check Ratio (M_{Ed}/M_{Rd})	0.7762	0.4130	0.7762
Neutral Axis (x/d)	0.1504	0.1111	0.1504
(+) Load Combination No.	46	25	47
Moment (M_{Ed})	114.05	119.20	114.04
Factored Strength (M_{Rd})	185.18	185.26	185.18
Check Ratio (M_{Ed}/M_{Rd})	0.6159	0.6434	0.6159
Neutral Axis (x/d)	0.1243	0.1333	0.1243
Using Rebar Top (A_{s_top})	0.0013	0.0006	0.0013
Using Rebar Bot (A_{s_bot})	0.0009	0.0009	0.0009

3. Shear Capacity

	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	16	119	16
Factored Shear Force (V_{Ed})	88.45	80.97	88.45
V_{Rdc}	89.26	81.10	89.26
V_{Rds}	150.24	150.24	150.24
V_{Rdmax}	619.65	619.65	619.65
Using Shear Reinf. (A_{sw})	0.0008	0.0008	0.0008
Using Stirrups Spacing	2-P10 @200	2-P10 @200	2-P10 @200
V_{Ed} / V_{Rdc}	0.9909	0.9984	0.9909
$V_{Ed} / \min(V_{Rds}, V_{Rdmax})$	0.5887	0.5389	0.5887
Check Ratio	0.9909	0.9984	0.9909

Figura 45 – Verifiche travi 30x60 trasversale– SLU

9.2.1 Verifiche SLE

MEMB	SECT	SE L	Section		fck	POS	CHK	Stress Control								Crack Control				Deflection Control	
			Bc	Hc	fyk			Concrete				reinforcement									
			bf	hf	fyw			Top-s	Top-sa	Bot-s	Bot-sa	Top-s	Top-sa	Bot-s	Bot-sa	Top-w	Top-w	Bot-w	Bot-wa	Def	Defa
0			Trave 30x60	0.03000	I	OK	0.00175	0.01200	0.00232	0.01200	0.02043	0.33750	0.02626	0.33750	0.0149	0.3000	0.0237	0.3000			
2			300.0	600.0	0.45000	M	OK	0.00000	0.00000	0.00601	0.01200	0.00000	0.00000	0.19674	0.33750	0.0000	0.0000	0.1923	0.3000	1.6517	22.800
5700.0			0.000	0.000	0.45000	J	OK	0.00175	0.01200	0.00232	0.01200	0.02045	0.33750	0.02628	0.33750	0.0149	0.3000	0.0237	0.3000		
0			Trave 30x60	0.03000	I	OK	0.00071	0.01200	0.00031	0.01200	0.00753	0.33750	0.00323	0.33750	0.0079	0.3000	0.0045	0.3000			
3			300.0	600.0	0.45000	M	OK	0.00015	0.01650	0.00046	0.01200	0.00147	0.33750	0.00455	0.33750	0.0016	0.3000	0.0065	0.3000	0.0964	19.000
4750.0			0.000	0.000	0.45000	J	OK	0.00069	0.01200	0.00020	0.01200	0.00736	0.33750	0.00217	0.33750	0.0077	0.3000	0.0029	0.3000		

Figura 46 – Verifiche travi – SLE

9.3 Verifica dei pilastri

In funzione delle sollecitazioni si è dimensionata opportunamente l'armatura longitudinale delle pilastri.

Pilastri centrali 30x60

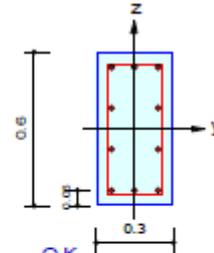
- Reggistaffa: 4 ϕ 20
- Lato corto: 1+1 ϕ 20
- Lato lungo: 2+2 ϕ 20
- Staffe: ϕ 10/20cm

Pilastri di bordo 60x30

- Reggistaffa: 4 ϕ 20
- Lato corto: 1+1 ϕ 20
- Lato lungo: 2+2 ϕ 20
- Staffe: ϕ 10/20cm

1. Design Condition

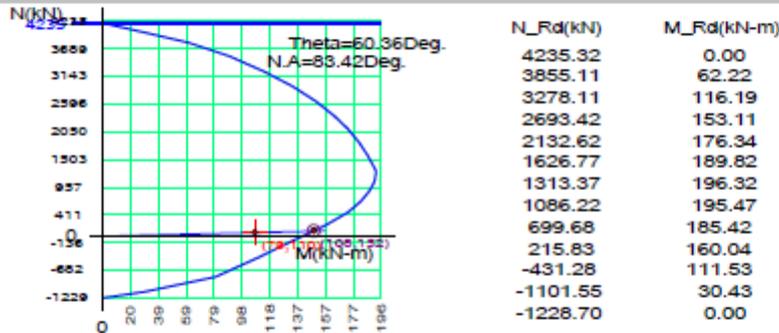
Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018 UNIT SYSTEM kN, m
Member Number: 862 (PM), 856, 861 (Shear-y,z)
Material Data : fck = 30000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa
Column Height : 3.68 m
Section Property: Pilastro 30x60 (No : 1)
Rebar Pattern : 10 - 4 - P20 Ast = 0.00314 m² (RhoSt = 0.017)



2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 70 (Pos : J)
Concentric Max. Axial Load N_Rdmax = 4235.32 kN
Axial Load Ratio N_Ed / N_Rd = 79.2241 / 108.354 = 0.731 < 1.000 O.K
Moment Ratio M_Ed / M_Rd = 109.611 / 151.852 = 0.722 < 1.000 O.K
M_Edy / M_Rdy = 54.9176 / 75.0967 = 0.731 < 1.000 O.K
M_Edz / M_Rdz = 94.8614 / 131.982 = 0.719 < 1.000 O.K

M-N Interaction Diagram



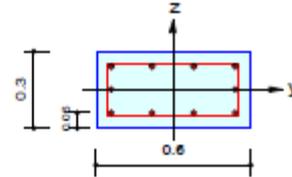
3. Shear Capacity

[END]	y (LCB : 46, POS : J)	z (LCB : 43, POS : J)
Applied Shear Force (V_Ed)	48.1979 kN	83.8096 kN
V_Ed / V_RdC	48.1979 / 115.638 = 0.417	83.8096 / 105.720 = 0.793
V_Ed / V_RdS	48.1979 / 66.7722 = 0.722	83.8096 / 150.237 = 0.558
V_Ed / V_Rdmax	48.1979 / 550.800 = 0.088	83.8096 / 619.650 = 0.135
Shear Ratio	0.417 < 1.000 O.K	0.793 < 1.000 O.K
Asw-H_use	0.00079 m ² /m, 2-P10 @200	0.00079 m ² /m, 2-P10 @200
[MIDDLE]	y (LCB : 46, POS : 1/2)	z (LCB : 43, POS : 1/2)
Applied Shear Force (V_Ed)	48.1979 kN	83.8096 kN
V_Ed / V_RdC	48.1979 / 115.638 = 0.417	83.8096 / 105.720 = 0.793
V_Ed / V_RdS	48.1979 / 66.7722 = 0.722	83.8096 / 150.237 = 0.558
V_Ed / V_Rdmax	48.1979 / 550.800 = 0.088	83.8096 / 619.650 = 0.135
Shear Ratio	0.417 < 1.000 O.K	0.793 < 1.000 O.K
Asw-H_use	0.00079 m ² /m, 2-P10 @200	0.00079 m ² /m, 2-P10 @200

Figura 47 – Verifiche pilastri centrali 30x60

1. Design Condition

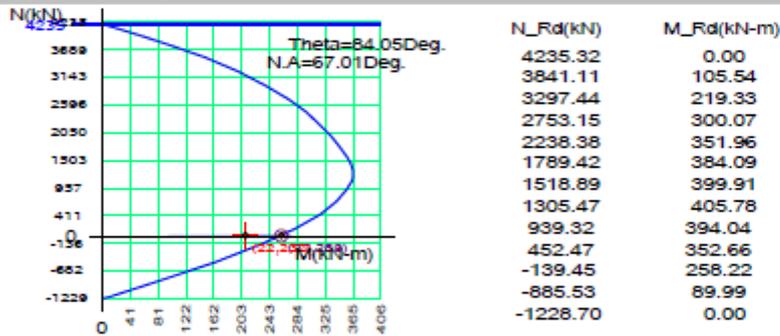
Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018 UNIT SYSTEM KN, m
Member Number: 854 (PM), 858 (Shear)
Material Data : $f_{ck} = 30000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa
Column Height : 3.68 m
Section Property: Pilastro 60x30 (No : 5)
Rebar Pattern : 10 - 3 - P20 $A_{st} = 0.00314$ m² ($R_{hst} = 0.017$)



2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 46 (Pos : I)
Concentric Max. Axial Load $N_{Rdmax} = 4235.32$ kN
Axial Load Ratio $N_{Ed} / N_{Rd} = 22.2904 / 27.3392 = 0.815 < 1.000$ O.K
Moment Ratio $M_{Ed} / M_{Rd} = 231.883 / 289.073 = 0.802 < 1.000$ O.K
 $M_{Edy} / M_{Rdy} = 23.8877 / 29.9470 = 0.798 < 1.000$ O.K
 $M_{Edz} / M_{Rdz} = 230.650 / 287.517 = 0.802 < 1.000$ O.K

M-N Interaction Diagram



3. Shear Capacity

[END]	y (LCB : 46, POS : J)	z (LCB : 42, POS : J)
Applied Shear Force (V_{Ed})	97.3819 kN	25.0861 kN
V_{Ed} / V_{Rdc}	$97.3819 / 97.4924 = 0.999$	$25.0861 / 107.605 = 0.233$
V_{Ed} / V_{Rds}	$97.3819 / 150.237 = 0.648$	$25.0861 / 66.7722 = 0.376$
V_{Ed} / V_{Rdmax}	$97.3819 / 619.650 = 0.157$	$25.0861 / 550.800 = 0.046$
Shear Ratio	$0.999 < 1.000$ O.K	$0.233 < 1.000$ O.K
Asw-H _{use}	0.00079 m ² /m, 2-P10 @200	0.00079 m ² /m, 2-P10 @200
[MIDDLE]	y (LCB : 46, POS : 1/2)	z (LCB : 42, POS : 1/2)
Applied Shear Force (V_{Ed})	97.3819 kN	25.0861 kN
V_{Ed} / V_{Rdc}	$97.3819 / 97.4924 = 0.999$	$25.0861 / 107.605 = 0.233$
V_{Ed} / V_{Rds}	$97.3819 / 150.237 = 0.648$	$25.0861 / 66.7722 = 0.376$
V_{Ed} / V_{Rdmax}	$97.3819 / 619.650 = 0.157$	$25.0861 / 550.800 = 0.046$
Shear Ratio	$0.999 < 1.000$ O.K	$0.233 < 1.000$ O.K
Asw-H _{use}	0.00079 m ² /m, 2-P10 @200	0.00079 m ² /m, 2-P10 @200

Figura 22 – Verifiche pilastri di bordo 60x30

Si riportano le verifiche svolte in RC-sec.

RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO TECNOLOGICO
- ELEVAZIONE

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
IABH	00	F	78	CL	FA0000	003	A	60 di 75

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: Pilastro

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Pilastro rettangolare ad armatura simmetrica
Percorso sollecitazione:	A rapporto M/N costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Comb. non sismiche

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	17.00 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.90 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	16.5 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	16.5 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	210000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1*\beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$:	0.50
	Comb.Rare - Sf Limite:	337.5 MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	30.0	cm
Altezza:	60.0	cm
N�totale barre:	10	
Diametro barre:	20	mm
Copriferro (dal baric.barre):	6.1	cm

Coordinate Barre nei vertici

N�Barra	X [cm]	Y [cm]
1	-8.9	-23.9
2	-8.9	23.9
3	8.9	23.9
4	8.9	-23.9

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N�Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N�Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N�Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione

**RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO TECNOLOGICO
 - ELEVAZIONE**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
IABH	00	F	78	CL	FA0000	003	A	61 di 75

N°Barre
 Ø Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	1	20
2	2	3	1	20
3	1	2	2	20
4	4	3	2	20

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 10 mm
 Passo staffe: 20.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-116.00	4.50	31.00

RISULTATI DEL CALCOLO
Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.1 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.9 cm

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000559148	0.000011800	-0.005241234	----	----

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
 Esito della verifica
 e1 Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata
 e2 Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area A_c eff
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
 k2 = $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ [eq.(7.13)EC2]
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace A_c eff [eq.(7.11)EC2]
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
 Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
 wk Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max^*(e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi

**RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO TECNOLOGICO
 - ELEVAZIONE**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
IABH	00	F	78	CL	FA0000	003	A	62 di 75

Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00171	0.00000	0.833	20.0	51	0.00092 (0.00075)	361	0.331 (990.00)	3.33	26.89

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.99	15.0	30.0	-156.2	-8.9	-23.9	422	12.6

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00102	0.00000	0.833	20.0	51	0.00045 (0.00045)	364	0.162 (0.30)	3.71	25.54

9.4 Verifiche del solaio

Il solaio è del tipo a predalle di spessore 4+16+4. Nella fase di getto si considera puntellato, pertanto nei paragrafi successivi si esegue la verifica del solaio nella fase di esercizio.

9.4.1 Analisi dei carichi

Dai paragrafi precedenti si ricavano le azioni agenti sul solaio di copertura:

- Peso proprio (G_1) = 3.37 kN/m²
- Permanenti (G_2) = 3.60 kN/m²
- Variabile cat. H1 (Q_{H1}) = 0.50 kN/m²
- Variabile neve Q_{neve} = 0.50 kN/m^{23.6}

9.4.2 Calcolo sollecitazioni

Occorre precisare che si considera una sezione di calcolo del tipo a T equivalente alla predalles, di larghezza 1.20 m, ed armata con 2 ϕ 12 inferiori ed 1 ϕ 12 superiore a travetto.

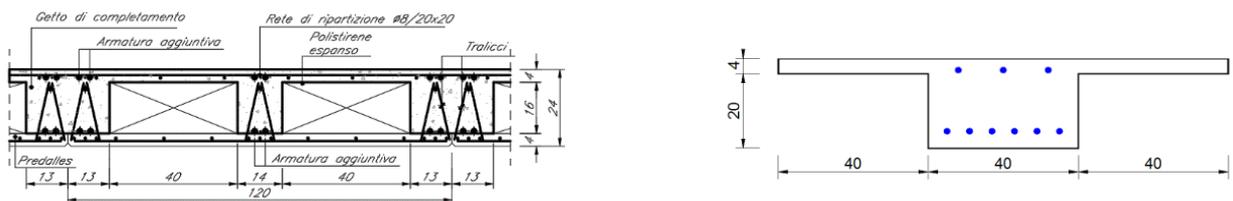


Figura 49 – Sezione di calcolo del solaio

Si considera uno schema statico di trave continua su cinque appoggi aventi le seguenti luci:

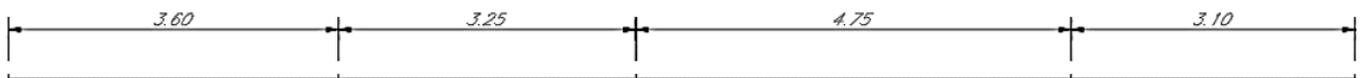


Figura 50– Schema statico del solaio

Nelle immagini che seguono si riportano i diagrammi del momento sollecitante e del taglio sollecitante.

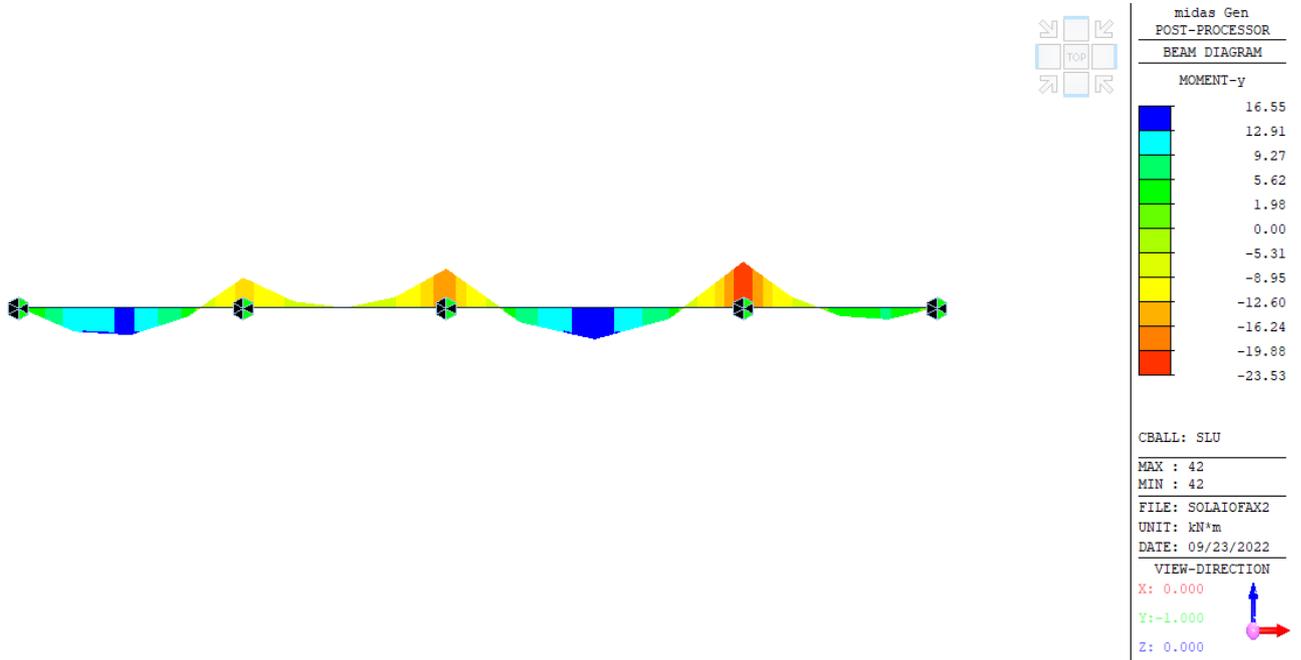


Figura 51– Diagramma del momento sollecitante - SLU

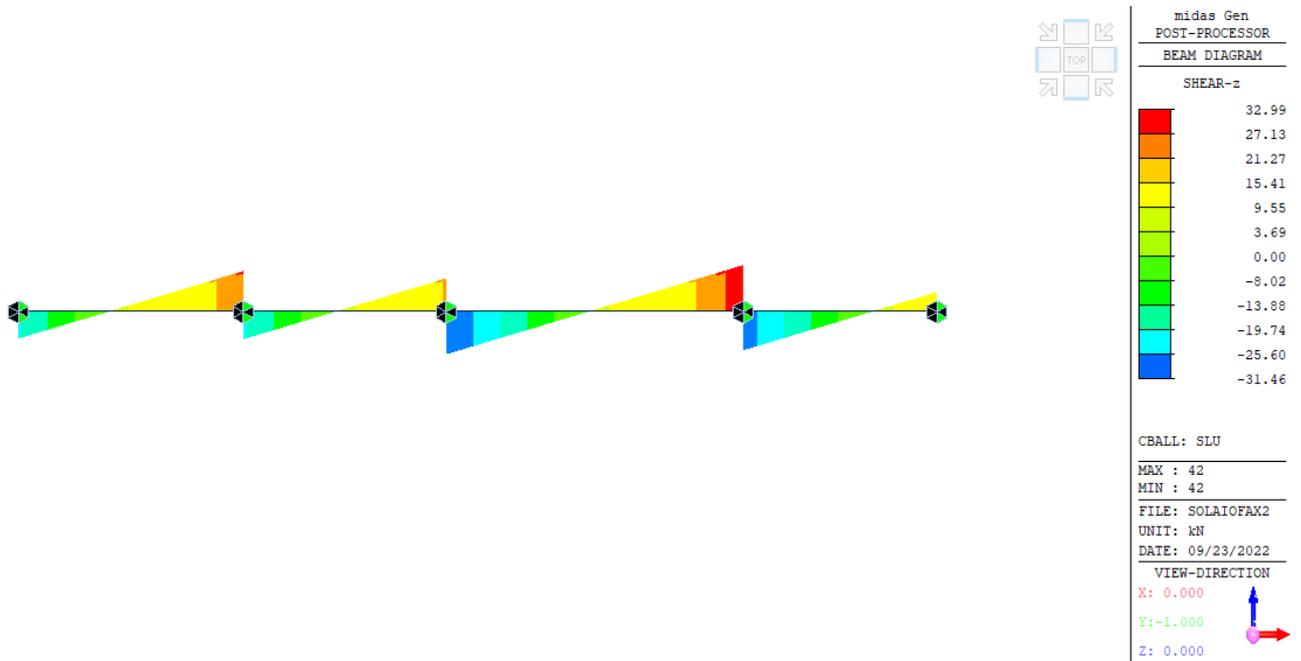


Figura 52 – Diagramma del taglio sollecitante – SLU

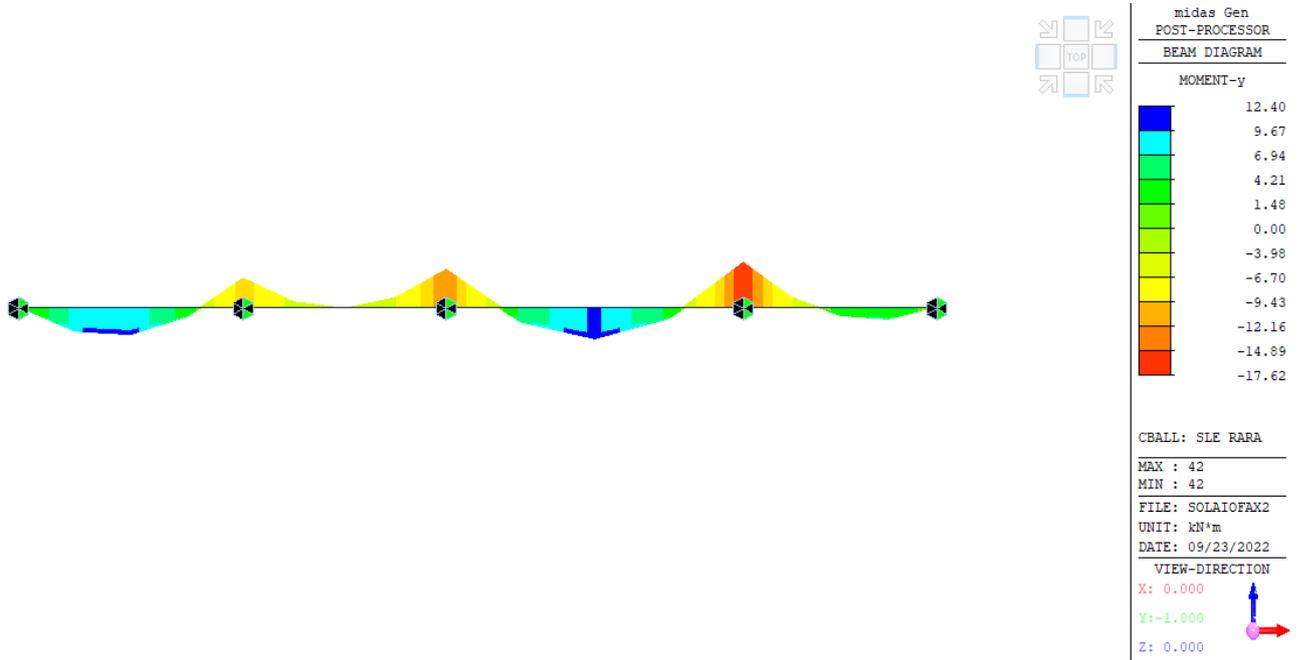


Figura 53 – Diagramma del momento sollecitante – SLE (rara)

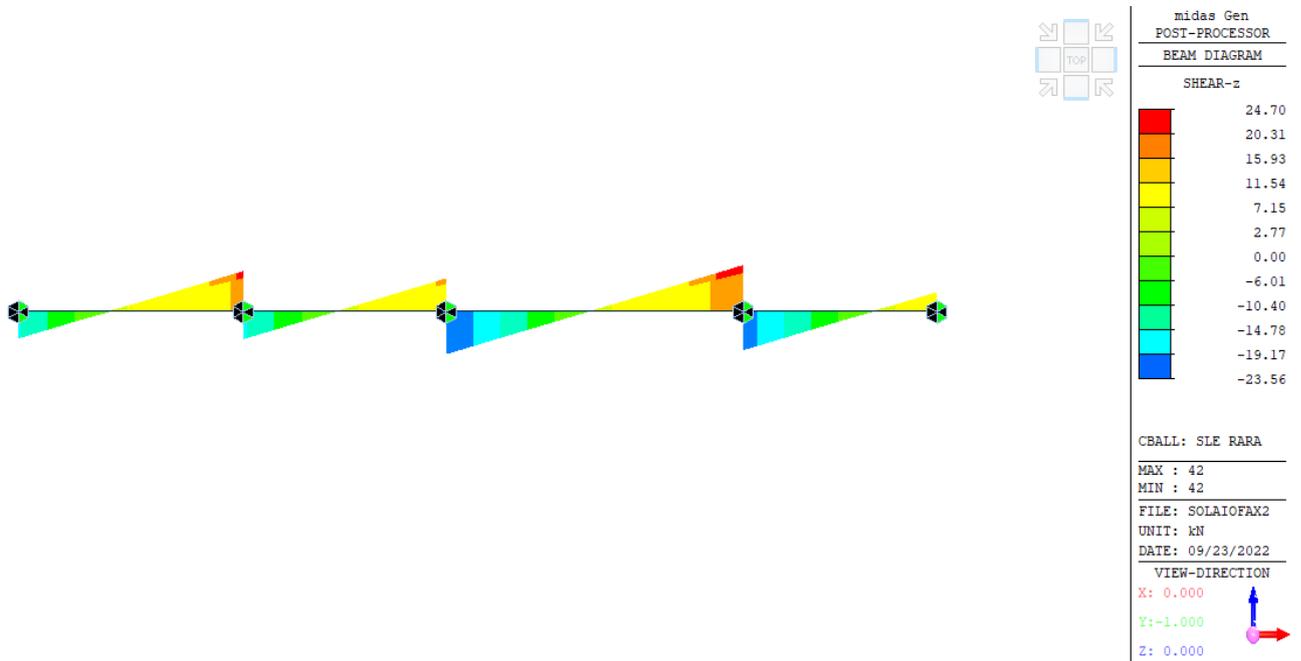


Figura 23 – Diagramma del taglio sollecitante – SLE (rara)

Dunque, si ha:

$V_{Sd,SLU,max}$	$M^+_{Sd,SLU,max}$	$M^-_{Sd,SLU,max}$	$M^+_{Sd,SLE,rara,max}$	$M^-_{Sd,SLE,rara,max}$
[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
33	16.55	-23.53	12.40	-17.62

9.4.3 Verifiche sezionali travetti SLU e SLE

Verifica a flessione e taglio

Di seguito vengono riportati i risultati della verifica a flessione a momento positivo e a momento negativo.

$M^+_{Sd,SLU,max}$	M^+_{Rd}	$M^+_{Sd,SLU,max} / M^+_{Rd}$
[kNm]	[kNm]	[-]
16.55	51.06	0.33

Figura 24 – Verifica a flessione del solaio – momento positivo

$M^-_{Sd,SLU,max}$	M^-_{Rd}	$M^-_{Sd,SLU,max} / M^-_{Rd}$
[kNm]	[kNm]	[-]
-23.53	-28.16	0.84

Figura 25 – Verifica a flessione del solaio – momento negativo

w^+	w_{LIM}	w / w_{LIM}
[mm]	[mm]	[-]
0.08	0.30	0.26

Figura 26 – Verifica apertura fessure del solaio – momento positivo

w^-	w_{LIM}	w / w_{LIM}
[mm]	[mm]	[-]
0.26	0.30	0.86

Figura 27 – Verifica apertura fessure del solaio – momento negativo

$V_{Sd,SLU,max}$	V_{Rd}	$V_{Sd,SLU,max} / V_{Rd}$
[kN]	[kN]	[-]
33	63.35	0.52

Figura 28 – Verifica a taglio del solaio

Si riporta l'export del programma di verifica sezionale RC-SEC per dettagli.

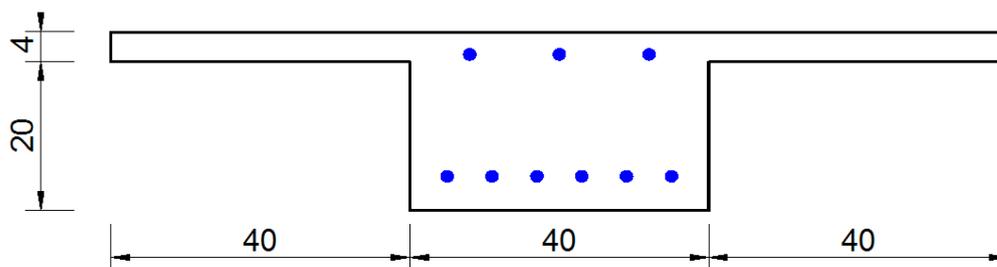


Figura 55 – Sezione solaio

RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO TECNOLOGICO
- ELEVAZIONE

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
IABH	00	F	78	CL	FA0000	003	A	67 di 75

Riepilogo delle armature adottate:

Armatura aggiuntiva superiore 1+1+1 ϕ 12 - Armatura aggiuntiva inferiore 2+2+2 ϕ 12 – Armatura a taglio non necessaria.

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: Travetto solaio L=1.2

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Comb. non sismiche

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	Resis. compr. di progetto fcd:	17.0 MPa	
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa	
	Resis. media a trazione fctm:	2.90 MPa	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	16.5 MPa	
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm	
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	12.0 MPa	
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300 mm	
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
		Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.0 MPa	
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.3 MPa	
Resist. ultima di progetto ftd:		391.3 MPa	
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2100000 daN/cm ²	
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1*\beta_2$:	1.00		
Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$:	0.50		

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Calcestruzzo: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-20.0	0.0
2	-20.0	20.0
3	-60.0	20.0
4	-60.0	24.0
5	60.0	24.0
6	60.0	20.0
7	20.0	20.0
8	20.0	0.0

RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO TECNOLOGICO
- ELEVAZIONE

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
IABH	00	F	78	CL	FA0000	003	A	68 di 75

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-3.0	4.6	12
2	-9.0	4.6	12
3	-15.0	4.6	12
4	3.0	4.6	12
5	9.0	4.6	12
6	15.0	4.6	12
7	0.0	21.0	12
8	-12.0	21.0	12
9	12.0	21.0	12

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

	N	Mx	My	Vy	Vx
N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-23.53	0.00	33.00	0.00
2	0.00	16.55	0.00	33.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

	N	Mx	My
N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	12.40 (17.02)	0.00 (0.00)
2	0.00	-17.62 (-23.94)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

	N	Mx	My
N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	12.40 (17.02)	0.00 (0.00)
2	0.00	-17.62 (-23.94)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.4 cm

**RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO TECNOLOGICO
 - ELEVAZIONE**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
IABH	00	F	78	CL	FA0000	003	A	69 di 75

Interferro netto minimo barre longitudinali: 4.8 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
As Tesa	Area armature trave [cm ²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-23.53	0.00	0.00	-28.16	0.00	1.20	10.2(1.8)
2	S	0.00	16.55	0.00	0.00	51.06	0.00	3.09	10.2(1.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.187	-20.0	0.0	-0.00059	-15.0	4.6	-0.01519	0.0	21.0
2	0.00350	0.113	-60.0	24.0	-0.00130	0.0	21.0	-0.02756	-3.0	4.6

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000889848	0.003500000	0.187	0.700
2	0.000000000	0.001600833	-0.034919982	0.113	0.700

METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver	S = comb.verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct	Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
d	Altezza utile sezione [cm]
bw	Larghezza minima sezione [cm]
Ro	Rapporto geometrico di armatura longitudinale [< 0.02]
Scp	Tensione media di compressione nella sezione [MPa]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	33.00	63.35	19.4	40.0	0.0131	0.00
2	S	33.00	63.35	19.4	40.0	0.0131	0.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO TECNOLOGICO
- ELEVAZIONE

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV.	FOGLIO
IABH	00	F	78	CL	FA0000	003	A	70 di 75

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.29	-60.0	24.0	-103.0	15.0	4.6	260	6.8
2	S	6.98	-20.0	0.0	-278.0	12.0	21.0	243	3.4

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm} Esito della verifica
e1	Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area Ac eff
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00065	0.00000	0.837	12.0	40	0.00029 (0.00029)	267	0.078 (0.30)	17.02	0.00
2	S	-0.00158	0.00000	0.843	12.0	24	0.00079 (0.00079)	327	0.260 (0.30)	-23.94	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.29	-60.0	24.0	-103.0	15.0	4.6	260	6.8
2	S	6.98	-20.0	0.0	-278.0	12.0	21.0	243	3.4

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00065	0.00000	0.837	12.0	40	0.00029 (0.00029)	267	0.078 (0.30)	17.02	0.00
2	S	-0.00158	0.00000	0.843	12.0	24	0.00089 (0.00079)	327	0.292 (0.30)	-23.94	0.00

Il taglio resistente della sezione a T equivalente alla predalles, quale elemento senza armatura trasversale resistente a taglio.

9.4.4 Verifiche SLE di deformazione

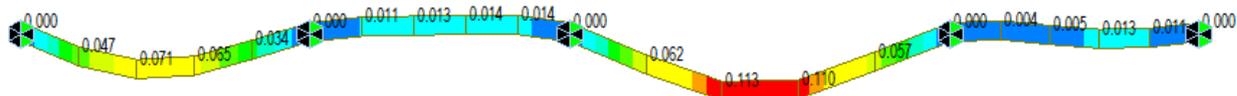


Figura 56 – Deformata in combinazione Quasi Permanente

Tabella 6 – Stato limite di deformazione: combinazione Quasi Permanente

Verifica di deformazione	f_{lim}	l	$1/250 l$	$f_{lim} \leq 1/250 l$	$1/500 l$	$f_{lim} \leq 1/500 l$
	[cm]	[cm]	[cm]	[-]	[cm]	[-]
SLE - Quasi Permanente	0.11	475	1.90	0.057	0.95	0.12

9.5 Incidenza delle armature

Di seguito si riporta il calcolo eseguito dell'incidenza delle armature negli elementi strutturali: travi d'elevazione e pilastri.

Elemento Strutturale	B [cm]	H [cm]	c [cm]	L _{netta} [m]
Trave in dir. X (lato lungo)	30	60	4	4.15
Trave in dir. Y (lato corto)	30	60	4	4.75

Tabella 7 – Incidenza armature – Travi 30x60

Descrizione	Posiz.	Ø	Lungh.	Num.	Diametro								
					10	12	14	16	18	20	22	24	26
Trave in dir. X (lato lungo) 30x60	long sup corr	16	5.75	2				11.5					
	long inf corr	16	5.75	2				11.5					
	long sup app	16	3.68	1				3.675					
	parete	12	5.75	2		11.5							
	staffe	10	1.8	21	37.8								
Lunghezze totali [ml]					37.80	11.50		26.68					
Pesi unitari [Kg/ml]					0.62	0.89	1.21	1.58	2.00	2.47	2.98	3.55	4.17
Pesi parziali [Kg]					23.44	10.24	0.00	42.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso totale [kg]					75.8								
Calcestruzzo [mc]					0.75								
Incidenza [Kg/mc]					101								

La lunghezza dei ferri correnti è stata calcolata considerando la lunghezza netta dell'elemento, i ferri aggiuntivi all'appoggio sono stati considerati con un'estensione pari a circa 1/4 della luce dell'elemento, andando ad aggiungere due volte la lunghezza di ancoraggio. Per quanto riguarda il calcolo della quantità di calcestruzzo al mc si è considerata la reale dimensione della sezione per la lunghezza netta della trave longitudinale.

Tabella 8 – Incidenza armature – Travi 30x60

Descrizione	Posiz.	Ø	Lungh.	Num.	Diametro								
					10	12	14	16	18	20	22	24	26
Trave in dir. Y (lato corto) 30x60	long sup corr	20	6.35	2						12.7			
	long inf corr	20	6.35	3						19.05			
	long sup app	20	5.58	2						11.15			
	parete	12	6.35	2		12.7							
	staffe	10	1.8	24	43.2								
Lunghezze totali [ml]					43.20	12.70				42.90			
Pesi unitari [Kg/ml]					0.62	0.89	1.21	1.58	2.00	2.47	2.98	3.55	4.17
Pesi parziali [Kg]					26.78	11.30				105.96			
Peso totale [kg]					144.05								
Calcestruzzo [mc]					0.86								
Incidenza [Kg/mc]					168								

La lunghezza dei ferri correnti è stata calcolata considerando la lunghezza netta dell'elemento, i ferri aggiuntivi all'appoggio sono stati considerati con un'estensione pari a circa 1/4 della luce dell'elemento, andando ad aggiungere due volte la lunghezza di ancoraggio. Per quanto riguarda il calcolo della quantità di calcestruzzo al mc si è considerata la reale dimensione della sezione per la lunghezza netta della trave longitudinale.

Elemento Strutturale	B [cm]	H [cm]	L _{netta} [m]
Pilastrì	30	60	3.75
Pilastrì	60	30	3.75

Tabella 9 – Incidenza armature – Pilastrì 30x60 (60x30)

Descrizione	Posiz.	Diam.	Lungh.	Num.	Diametro								
					10	12	14	16	18	20	22	24	26
Pilastrì 30x60	long	20	6.15	10						61.5			
	staffe	10	1.8	19	34.2								
Lunghezze totali [ml]					34.20	0.00	0.00	0.00	0.00	61.50	0.00	0.00	0.00
Pesi unitari [Kg/ml]					0.62	0.89	1.21	1.58	2.00	2.47	2.98	3.55	4.17
Pesi parziali [Kg]					21.20	0.00	0.00	0.00	0.00	151.91	0.00	0.00	0.00
Peso totale [kg]					173.11								
Calcestruzzo [mc]					0.68								
Incidenza [Kg/mc]					256								

La lunghezza dei ferri correnti è stata calcolata considerando dall'intradosso della trave di fondazione all'estradosso della trave di copertura andando ad aggiungere due volte la lunghezza di ancoraggio e la sovrapposizione all'intradosso della trave di fondazione. Per quanto riguarda il calcolo della quantità di calcestruzzo al mc si è considerata la reale dimensione della sezione per la lunghezza del pilastro decurtato della trave di fondazione e di copertura.

Si riporta di seguito la tabella riepilogativa delle incidenze, incrementando le stesse del 15% circa al fine di considerare sovrapposizioni, sfridi e particolari costruttivi non apprezzabili da calcolo.

FABBRICATO 15x6	
Elemento Strutturale	Incidenza di progetto
-	[kg/mc]
Elevazione - Pilastrì	295
Elevazione - Travi in dir. X	120
Elevazione - Travi in dir. Y	195

9.6 Verifica di rigidezza degli elementi strutturali - SLD

Al §7.3.6.1 delle NTC 18 si legge quanto segue: “La condizione in termini di rigidezza sulla struttura si ritiene soddisfatta qualora la conseguente deformazione degli elementi strutturali non produca sugli elementi non strutturali danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile. Nel caso delle costruzioni civili e industriali, qualora la temporanea inagibilità sia dovuta a spostamenti di interpiano eccessivi, questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti di interpiano ottenuti dall’analisi in presenza dell’azione sismica di progetto corrispondente allo SL e alla C_U considerati siano inferiori ai limiti indicati nel seguito.

Per le C_U I e II ci si riferisce allo SLD (v. Tab. 7.3.III) e deve essere:

- per tamponamenti progettati in modo da non subire danni a seguito di spostamenti d’interpiano, per effetto della loro deformabilità intrinseca ovvero dei collegamenti alla struttura: $d_r \leq 0.01 h$ ”.

Dunque, nel caso in esame di ha:

$$d_r \leq 0.01 h = 4.45 \text{ cm}$$

Si riportano gli spostamenti nelle due direzioni della combinazione “ENV_SLD_elastico”.

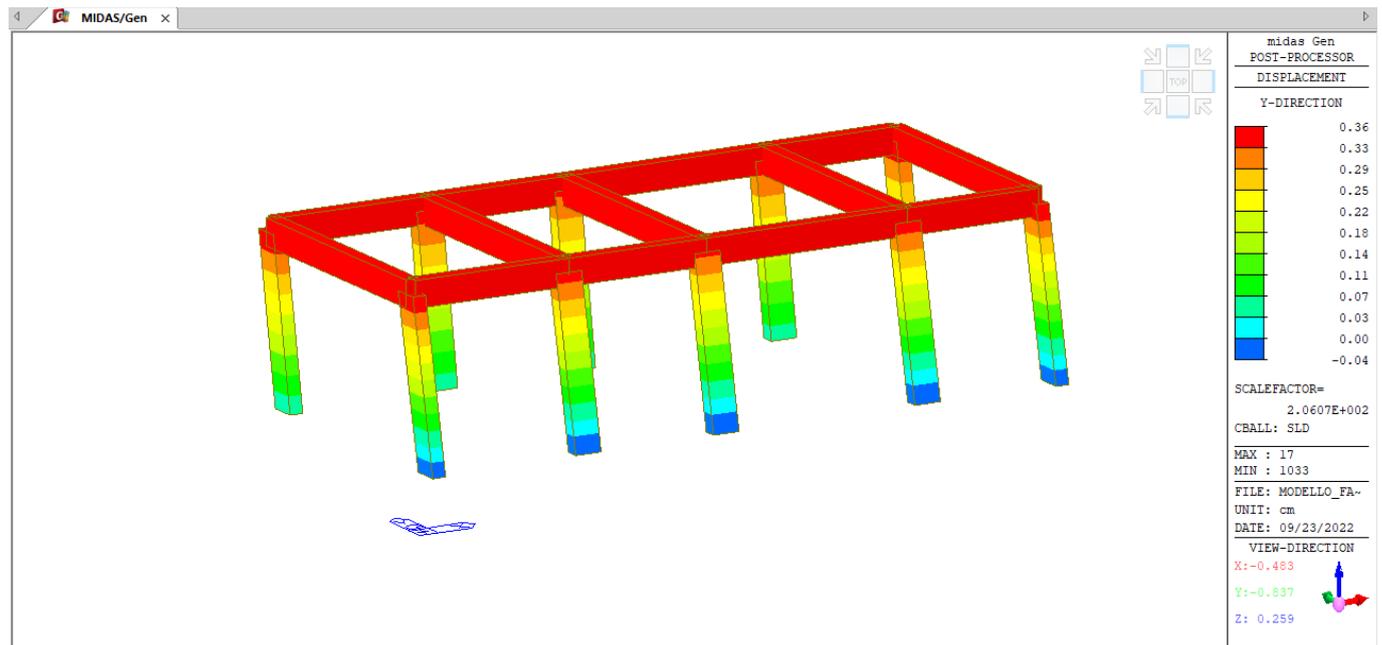


Figura 57 – Spostamenti d_y

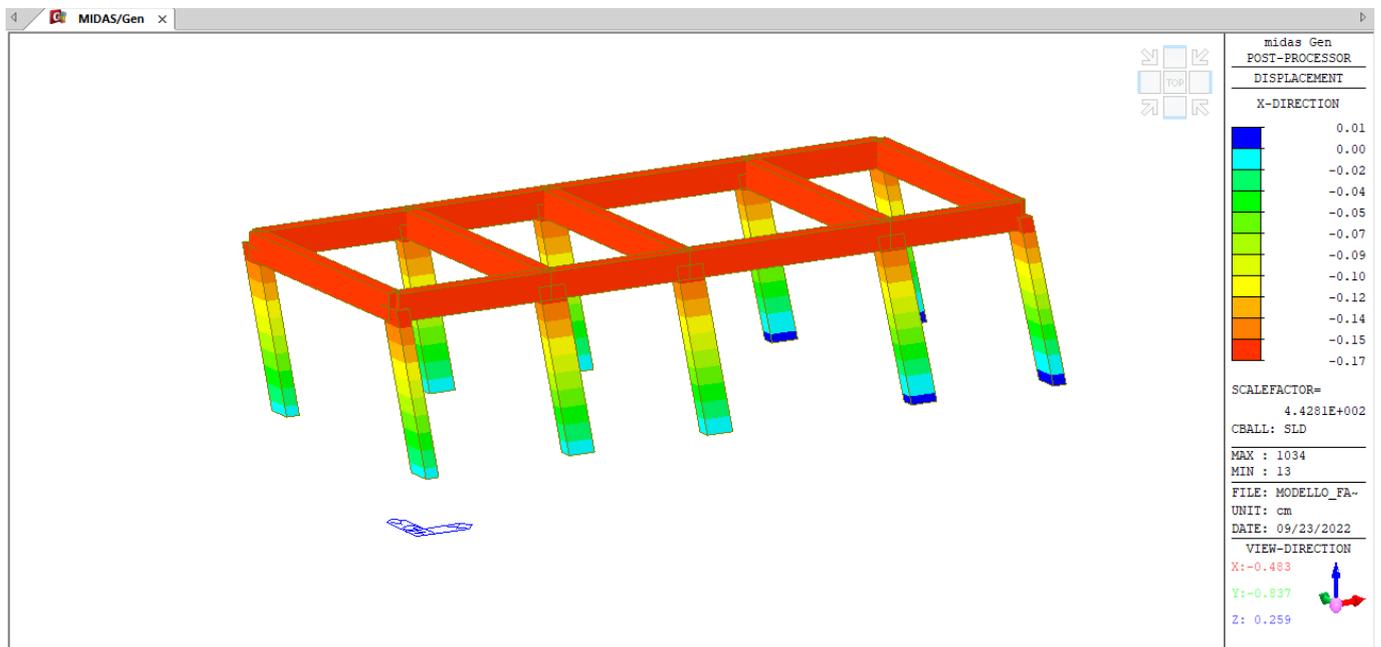


Figura 58– Spostamenti d_x

Come si può vedere dalle immagini precedenti e riportato di seguito, la verifica risulta soddisfatta in entrambe le direzioni:

$$d_{r,y} = 0.36 \text{ cm} < 4.45 \text{ cm}$$

$$d_{r,x} = 0.17 \text{ cm} < 4.45 \text{ cm}$$