

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. COORDINAMENTO DI SISTEMA E PFTE

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

COLLEGAMENTO AEROPORTO OLBIA

OPERE CIVILI

RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA E DI PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DEL FABBRICATO VIAGGIATORI

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

RR00 10 R 14 RH FV0100 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	F. Mingrone G. Meschincheri	Ottobre 2022	A. Zivarella	Ottobre 2022	T. Paoletti	Ottobre 2022	G. Ingrosso Ottobre 2022

ITALFERR S.p.A.
COORDINAMENTO DI SISTEMA
Dott. Ing. GIULIANA INGROSSO
Ordine degli Ingegneri di ROMA N. 20502

File: RR0010R14RHFV0100001A.doc

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA E SCOPO DEL DOCUMENTO.....	4
2	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	5
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	10
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	11
4.1	CALCESTRUZZO	11
4.2	ACCIAIO.....	11
4.2.1	<i>Acciaio per cemento armato</i>	<i>11</i>
4.2.2	<i>Acciaio per carpenteria metallica.....</i>	<i>11</i>
5	MODELLAZIONE STRUTTURALE	12
5.1	CODICE DI CALCOLO	12
5.2	DESCRIZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	12
6	ANALISI DEI CARICHI	18
6.1	PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA (G1).....	18
6.2	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI (G2).....	18
6.3	SOVRACCARICO SULLA SOLETTA DI PIANO.....	19
6.4	CARICO DELLA NEVE SUL PIANO COPERTURA	19
6.5	AZIONE DEL VENTO.....	19
6.6	AZIONE SISMICA (E)	19
6.6.1	<i>Inquadramento Sismico</i>	<i>20</i>
6.6.2	<i>Definizione della domanda sismica</i>	<i>20</i>
6.6.3	<i>Combinazioni di carico.....</i>	<i>23</i>
7	ANALISI E VERIFICHE	25
7.1	INVILUPPI DELLE SOLLECITAZIONI – STRUTTURA IN ACCIAIO	25
7.2	INVILUPPI DELLE SOLLECITAZIONI – SETTI IN CEMENTO ARMATO	37



COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

OPERE CIVILI – RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA E DI
 PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DEL
 FABBRICATO VIAGGIATORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR00	10 R 14	RH	FV 01 0 001	A	3 di 71

7.3	VERIFICHE SLU/SLV	53
7.4	VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ.....	54
7.5	SCARICHI IN FONDAZIONE	57
8	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA.....	58
9	PLATEA DI FONDAZIONE.....	60
9.1	VERIFICHE SLU GEO	61
9.2	CALCOLO DELLE AZIONI.....	63
9.3	RISULTATI VERIFICHE SLU ED SLV.....	65
9.4	VERIFICHE SLE.....	70
9.4.1	<i>Calcolo dei Cedimenti primari.....</i>	<i>70</i>



COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

OPERE CIVILI – RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA E DI
PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DEL
FABBRICATO VIAGGIATORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR00	10 R 14	RH	FV 01 0 001	A	4 di 71

1 PREMESSA E SCOPO DEL DOCUMENTO

Il progetto di fattibilità tecnico economica del Collegamento Ferroviario dell'aeroporto di Olbia vede un tracciato che si sviluppa per circa 3,4 km in semplice binario. Il collegamento con la linea esistente avviene mediante un bivio in direzione Olbia Terranova, localizzato alla fine dell'attuale centro abitato di Olbia, e mediante un bivio in località Micaleddu, così da garantire anche il collegamento della nuova linea con la linea esistente in direzione Sassari-Chilivani. Il tracciato presenta inizialmente uno sviluppo in rilevato, per proseguire in galleria per circa 450m, la galleria termina dopo il passaggio sotto la SS729. Procedendo in direzione aeroporto è presente un viadotto di circa 900m che permette di arrivare sempre in viadotto in prossimità dell'aeroporto.

La stazione prevista in aeroporto presenterà due binari di servizio in viadotto, la soluzione sopraelevata permette di ridurre l'impronta a terra della stazione, riducendo l'impatto sulle aree aeroportuali. I marciapiedi del Primo Piano presentano un'estensione di circa 200m e saranno coperti da pensiline.

La nuova linea non è elettrificata, ma presenterà le caratteristiche tecniche necessarie ad una futura elettrificazione (con altro appalto).

Nella presente relazione viene riportata la descrizione e un calcolo di predimensionamento delle strutture e della fondazione del Fabbricato Viaggiatori all'interno del progetto di fattibilità tecnica ed economica Collegamento Aeroporto di Olbia (Sardegna).

2 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

La struttura del Fabbricato Viaggiatori si sviluppa su due piani, uno a quota parcheggio e l'altra a quota banchine (Piano Primo).

Lo schema strutturale adottato è quello di setti in c.a. e solai in misto acciaio-clc. La struttura è fondata su una platea in c.a. dello spessore di 1.5m.

La struttura è costituita da setti in c.a. dello spessore di 1 m che rappresentano gli elementi verticali ai quali sono collegati due solai in misto acciaio-clc in corrispondenza del Piano Primo e del Piano Copertura collegati tra di loro da elementi in acciaio (colonne e controventi verticali) disposti lungo il perimetro della porzione di struttura a sbalzo.

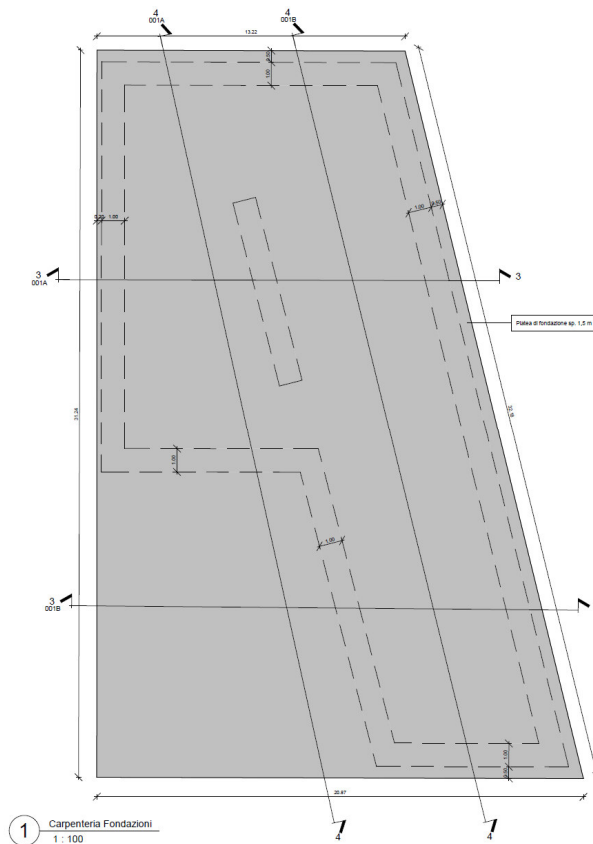


Figura 2-1: Pianta piano fondazione

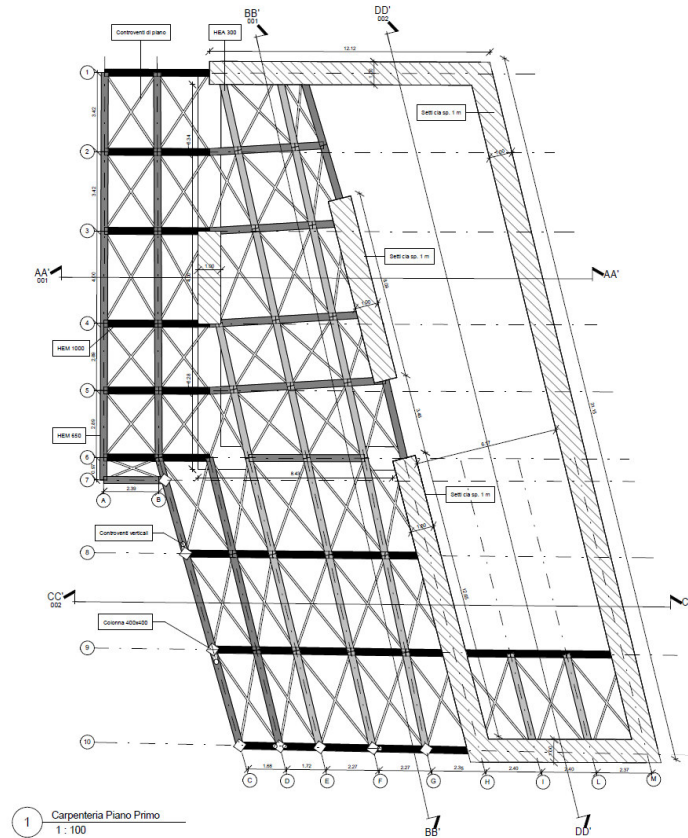


Figura 2-2: Pianta Piano Primo

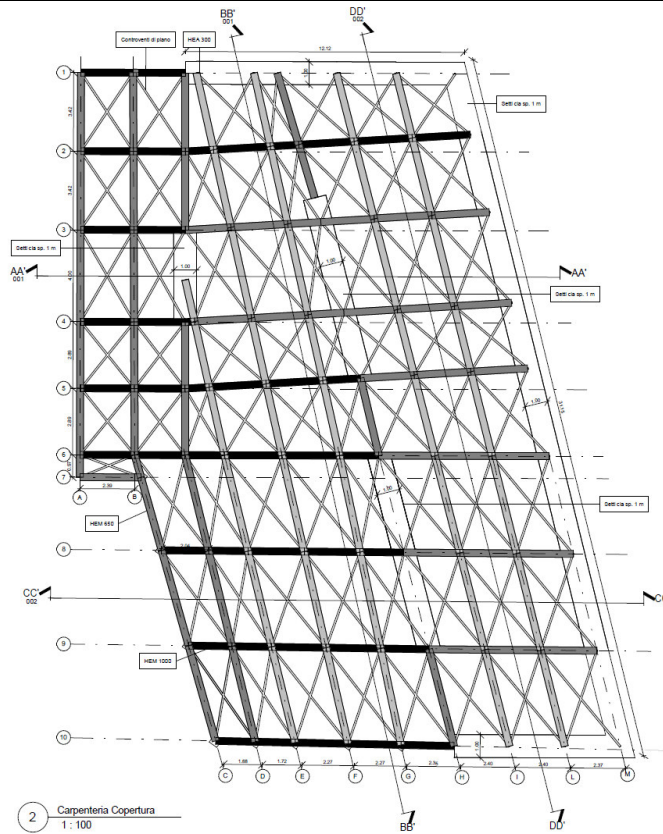
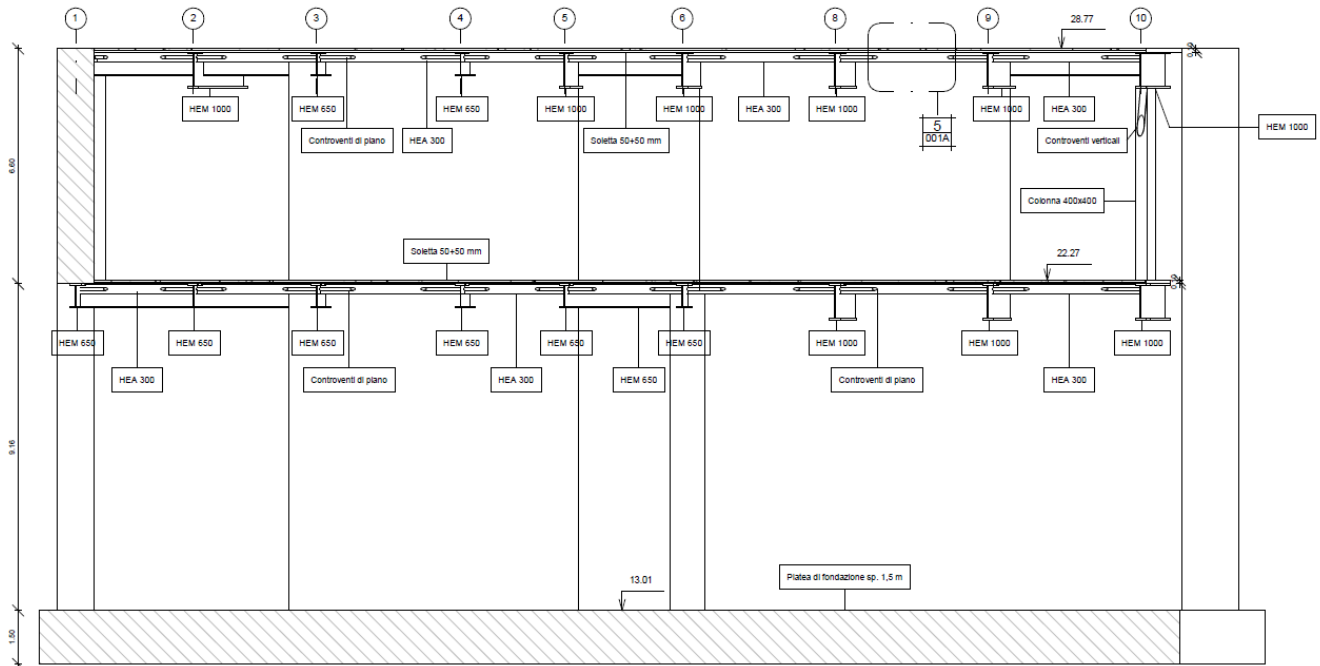


Figura 2-3: Pianta Piano Copertura



4 Sezione B-B'
 1 : 100

Figura 2-4: Sezione longitudinale

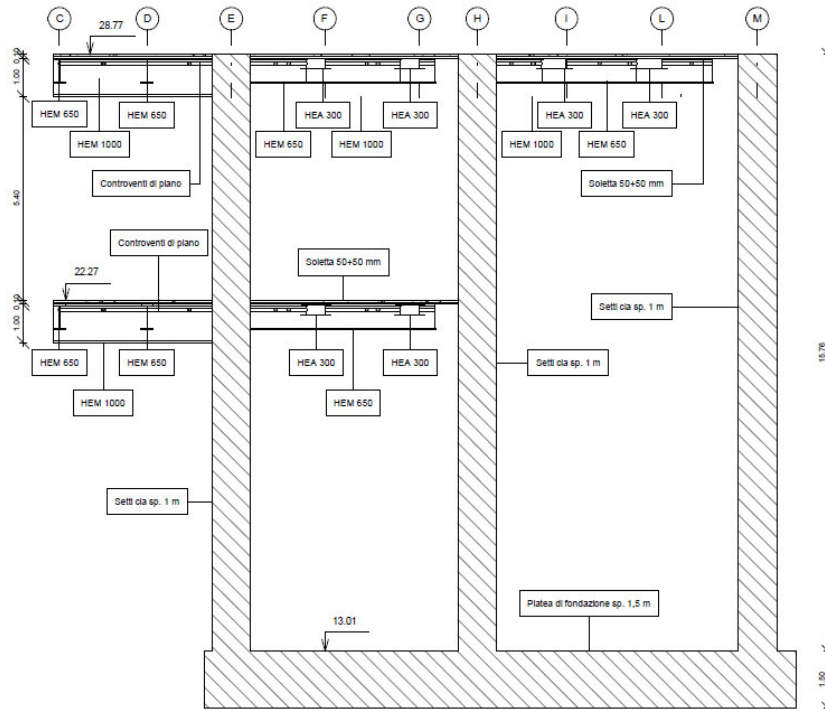


Figura 2-5: Sezione trasversale



COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

OPERE CIVILI – RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA E DI
PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DEL
FABBRICATO VIAGGIATORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR00	10 R 14	RH	FV 01 0 001	A	10 di 71

3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- [1] Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 20.2.2018, Supplemento Ordinario n.30;
- [2] Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante “Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”;
- [3] RFI DTC SI CS MA IFS 001 del 2021 - “MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI”;
- [4] RFI DTC SI SP IFS 001 del 2021 – “CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI”.

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Nel presente capitolo vengono riportate le principali caratteristiche dei materiali utilizzati per la realizzazione delle strutture.

4.1 CALCESTRUZZO

- Classe di resistenza C32/40:
- Copriferro minimo 40 mm
- $R_{ck} = 40$ MPa Resistenza cubica caratteristica a compressione
- $f_{ck} = 32$ MPa Resistenza caratteristica a compressione;
- $f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cd} / \gamma_c = 18.1$ N/mm² Resistenza di calcolo a compressione del cls;
- $E_{cm} = 33346$ N/mm² Modulo elastico del calcestruzzo.

4.2 ACCIAIO

4.2.1 Acciaio per cemento armato

Si utilizzano barre ad aderenza migliorata in acciaio con le seguenti caratteristiche meccaniche:

- acciaio B450C
- tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} = 450$ N/mm²
- tensione caratteristica di rottura $f_{tk} = 540$ N/mm²
- resistenza di calcolo a trazione $f_{yd} = 391.30$ N/mm²
- modulo elastico $E_s = 206000$ N/mm²

4.2.2 Acciaio per carpenteria metallica

Acciaio S355JO, secondo UNI EN 10025 per profilati e lamiere

Acciaio S355J2, secondo UNI EN 10025 per travi ed elementi saldati

5 MODELLAZIONE STRUTTURALE

5.1 CODICE DI CALCOLO

L'analisi delle strutture è stata condotta mediante il programma di calcolo agli elementi finiti Midas Civil v1.2 2022 v 1.2, distribuito dalla CSPFea.

5.2 DESCRIZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

Per il predimensionamento dell'opera è stato sviluppato un modello FEM tridimensionale semplificato dell'opera, la struttura è stata modellata con elementi del tipo "frame" sia per gli elementi verticali che orizzontali ed elementi del tipo "shell" per i setti in c.a..

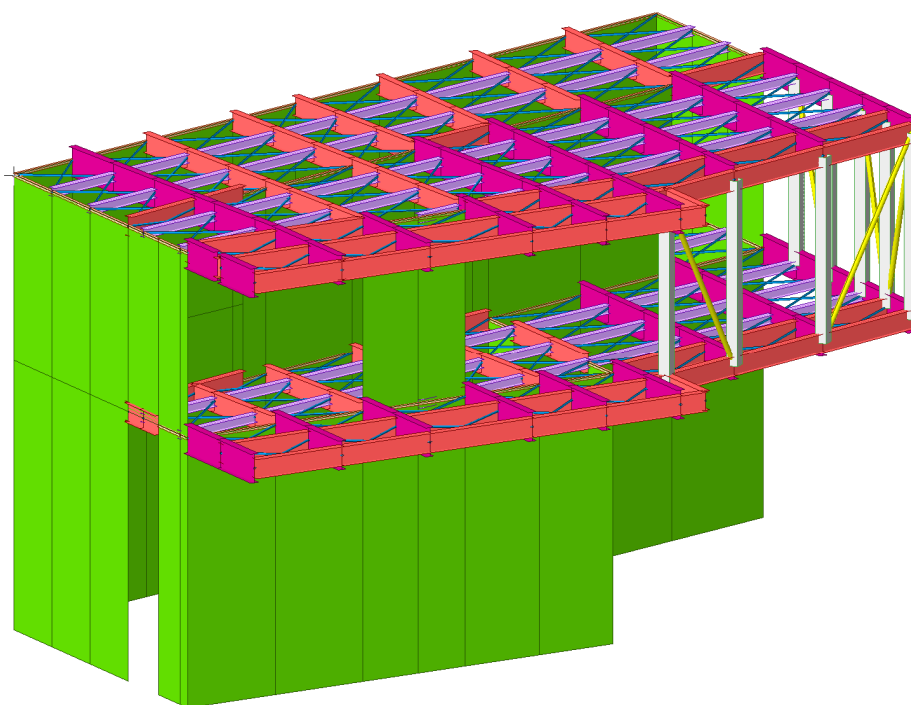


Figura 5-1: Vista 3d del modello FEM

La struttura è costituita da setti in c.a. dello spessore di 1 m sia perimetrali che interni, in corrispondenza del vano scale e della zona ascensori. Di seguito una immagine rappresentativa di tutti i setti.

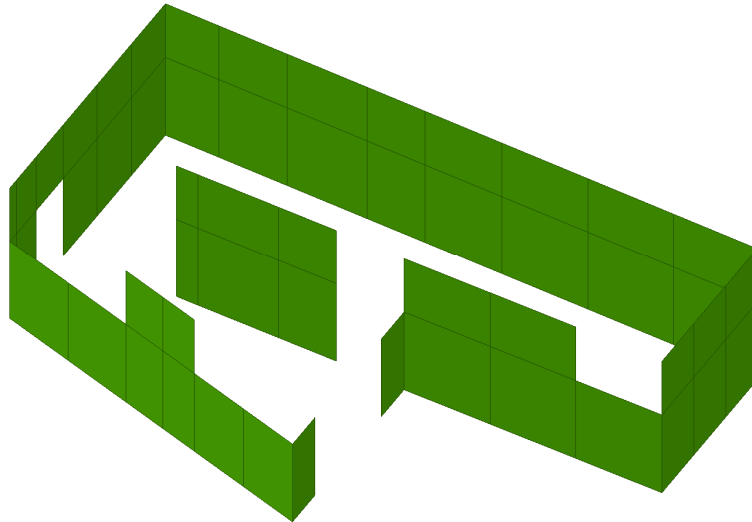
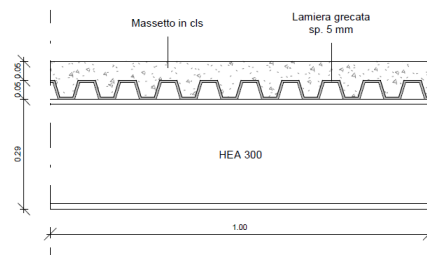


Figura 5-2: Setti in c.a. spessore 1 m

Il solaio a Piano Primo e a Piano Copertura sono del tipo misto acciaio – calcestruzzo con travi in acciaio e soletta in lamiera grecata e calcestruzzo dello spessore complessivo di 10 cm.



5 Dettaglio soletta
1 : 10

Figura 5-3: Dettaglio soletta in lamiera grecata e calcestruzzo

Le travi in acciaio e i controventi di piano realizzano uno schema a travi reticolari in cui le travi secondarie HEA 300 e i controventi di piano tubolari 76x5 sono collegati tramite cerniere alle travi principali HEM 650 e HEM 1000.

La struttura è caratterizzata da una zona a sbalzo che viene sorretta mediante un sistema di travi HEM 1000 (primo piano) collegate verticalmente e lungo il perimetro dello sbalzo, alle corrispondenti travi HEM 1000 (Piano Copertura) mediante elementi verticali del tipo scatolare 400x10 e controventi verticali del tipo tubolare 193.7x16. Di seguito una immagine della zona a sbalzo.

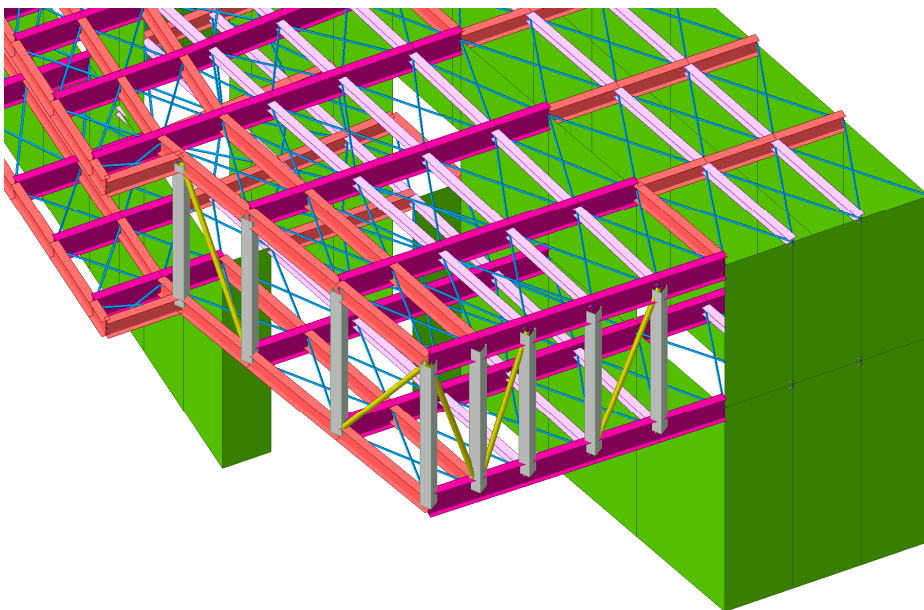


Figura 5-4: Porzione di struttura a sbalzo

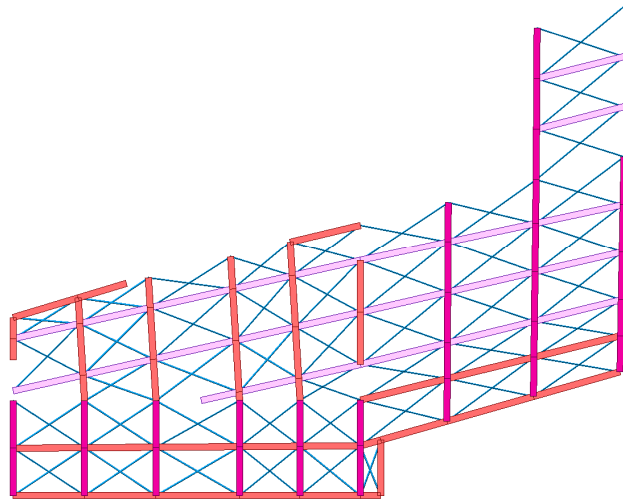


Figura 5-5: Solaio Piano Primo

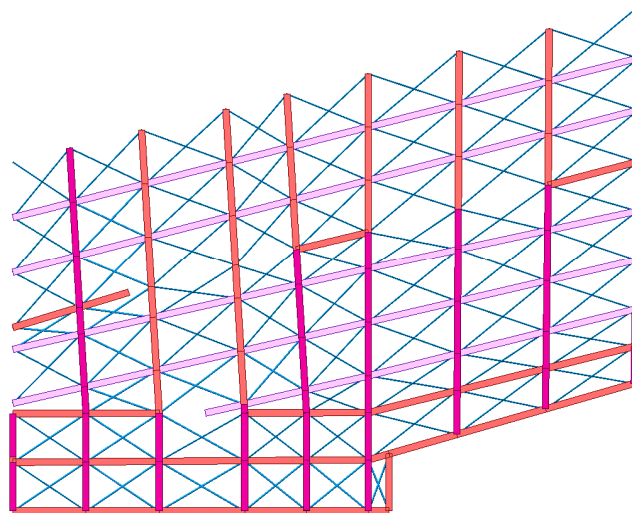


Figura 5-6: Solaio Piano Copertura

Il modello è vincolato alla base con un vincolo di incastro in corrispondenza del nodo baricentrico dell'impronta della fondazione e a sua volta vincolato a tutti i nodi del piano di fondazione mediante un vincolo rigido di diaframma di piano. In questo modo, tutti gli scarichi della struttura sono stati ricondotti ad un unico nodo.

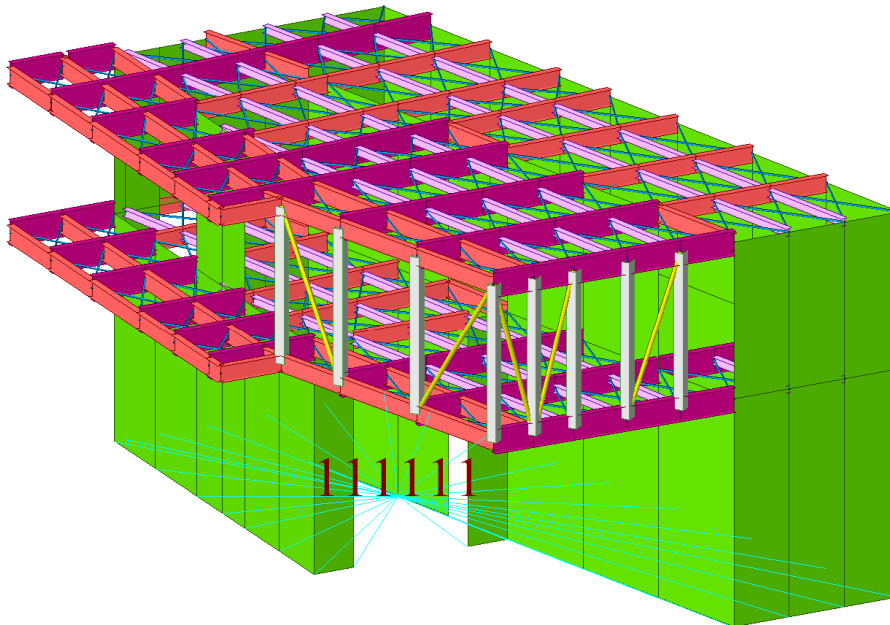


Figura 5-7: Sistema di vincoli

Le travi secondarie di solaio, le colonne e i controventi di piano e verticali sono incernierati agli altri elementi strutturali.

I carichi permanenti e permammenti portati, i carichi variabili e la neve, sono stati inseriti sotto forma di carichi uniformemente distribuiti e applicati agli elementi "frame" tenendo conto, per questi ultimi, delle



COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

OPERE CIVILI – RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA E DI
PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DEL
FABBRICATO VIAGGIATORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR00	10 R 14	RH	FV 01 0 001	A	17 di 71

aree d'influenza: si rimanda al paragrafo dell'Analisi dei Carichi per tutti i dettagli. Per l'analisi simica è stata sviluppata una analisi dinamica con spettro di risposta.



COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

OPERE CIVILI – RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA E DI
PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DEL
FABBRICATO VIAGGIATORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR00	10 R 14	RH	FV 01 0 001	A	18 di 71

6 ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i carichi utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni e degli spostamenti della struttura in esame.

6.1 PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA (G1)

Il peso proprio dei differenti elementi strutturali viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato un peso per unità di volume del cls pari a 25.0 kN/mc e dell'acciaio pari a 76.98 kN/mc.

Il peso del solaio in soletta e lamiera grecata è stato considerato come carico aggiuntivo sulle travi e pari a:

- Solaio in lamiera grecata 6 kN/mq

6.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI (G2)

Di seguito si riportano i carichi permanenti non strutturali considerati nelle analisi.

- Pacchetto pavimentazione 6 kN/mq

- Parapetti e vetrate 6.5 kN/ml



COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

OPERE CIVILI – RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA E DI
PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DEL
FABBRICATO VIAGGIATORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR00	10 R 14	RH	FV 01 0 001	A	19 di 71

6.3 SOVRACCARICO SULLA SOLETTA DI PIANO

Considerata la destinazione d'uso della struttura, tra i carichi variabili vengono considerati il carico da folla compatta, pari a q_k di 5.0 kN/mq.

6.4 CARICO DELLA NEVE SUL PIANO COPERTURA

L'azione da neve è stata inserita come carico uniformemente distribuito sulle travi del Piano Copertura.

Con riferimento alla zonazione stabilita nell'NTC-2018, Olbia ricade nella Zona III e più nello specifico:

Zona III Agrigento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Grosseto, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia-Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2$ $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481^2)] \text{ kN/m}^2$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
--	--	---

6.5 AZIONE DEL VENTO

In questa fase progettuale è stato preliminarmente valutato che l'effetto dell'azione del vento non risulterebbe dimensionamente rispetto agli elementi strutturali, si rimanda alle successive fasi progettuali per tutti gli approfondimenti del caso.

6.6 AZIONE SISMICA (E)

L'azione sismica di progetto è rappresentata da spettri di risposta definiti in base alla pericolosità sismica di base del sito ove sorge l'opera in oggetto, la vita di riferimento e le caratteristiche del sottosuolo.

Di seguito si riportano i parametri di input utilizzati per la definizione degli spettri di progetto orizzontali e verticali e i grafici degli stessi.



COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

OPERE CIVILI – RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA E DI
PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DEL
FABBRICATO VIAGGIATORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR00	10 R 14	RH	FV 01 0 001	A	20 di 71

6.6.1 Inquadramento Sismico

La determinazione della pericolosità sismica di base è definita a partire dall'ubicazione dell'opera e dalle sue caratteristiche progettuali come la vita nominale VN e la classe d'uso Cu. Sulla base del "Manuale di Progettazione delle Opere Civili". I parametri identificativi dell'opera sono:

Vita Nominale	Classe d'Uso	Coeff. D'uso
75	IV	2.0

La determinazione dei singoli parametri indipendenti è stata valutata su tutta la tratta in esame, individuando la condizione di predimensionamento più critica. In particolare, le coordinate geografiche risultano essere quelle del comune di Olbia.

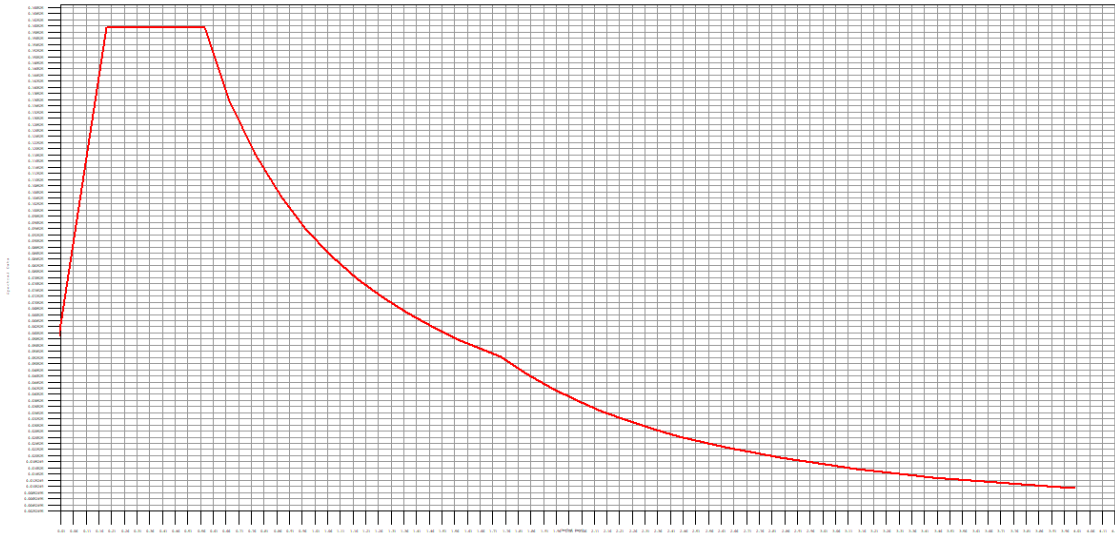
6.6.2 Definizione della domanda sismica

Secondo le NTC2018 l'azione sismica viene considerata mediante spettri di risposta elastici in accelerazione. Sulla base dello studio geologico, i terreni in esame sono in prevalenza di tipo E tali da ricadere nella categoria topografica T1. Risulta quindi possibile tracciare lo spettro di riferimento normativo.

Nei calcoli, per lo spettro orizzontale è stato applicato un fattore di struttura $q=1$.

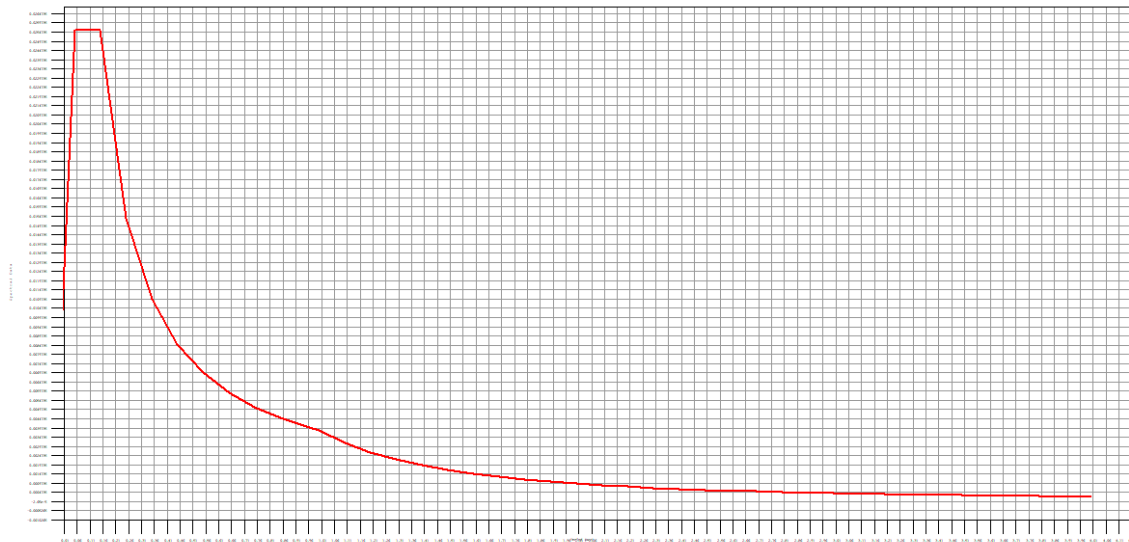
OPERE CIVILI – RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA E DI
PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DEL
FABBRICATO VIAGGIATORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR00	10 R 14	RH	FV 01 0 001	A	21 di 71



T (s)	a (g)
0	0.05744
0.191637	0.159942
0.574912	0.159942
0.674912	0.136244
0.774912	0.118662
0.874912	0.105099
0.974912	0.094319
1.074912	0.085544
1.174912	0.078263
1.274912	0.072125
1.374912	0.066879
1.474912	0.062344
1.574912	0.058386
1.674912	0.0549
1.7436	0.052737
1.8436	0.047171
1.9436	0.042442
2.0436	0.03839
2.1436	0.034892
2.2436	0.031851
2.3436	0.029191
2.4436	0.02685
2.5436	0.024781
2.6436	0.022941
2.7436	0.021299
2.8436	0.019828
2.9436	0.018503
3.0436	0.017308
3.1436	0.016224
3.2436	0.015239
3.3436	0.014341
3.4436	0.01352
3.5436	0.012768
3.6436	0.012077
3.7436	0.011444
3.8436	0.010853
3.9436	0.010309
4	0.010021

Figura 6-1: Spettro SLD - Orizzontale



T (s)	a (g)
0	0.009183
0.05	0.02557
0.15	0.02557
0.25	0.015342
0.35	0.010958
0.45	0.008523
0.55	0.006974
0.65	0.005901
0.75	0.005144
0.85	0.004512
0.95	0.004032
1	0.003835
1.1	0.00317
1.2	0.002663
1.3	0.002269
1.4	0.001957
1.5	0.001705
1.6	0.001498
1.7	0.001327
1.8	0.001184
1.9	0.001062
2	0.000959
2.1	0.00087
2.2	0.000792
2.3	0.000725
2.4	0.000666
2.5	0.000614
2.6	0.000567
2.7	0.000526
2.8	0.000489
2.9	0.000456
3	0.000426
3.1	0.000399
3.2	0.000375
3.3	0.000352
3.4	0.000332
3.5	0.000313
3.6	0.000296
3.7	0.00028
3.8	0.000266
3.9	0.000252
4	0.00024

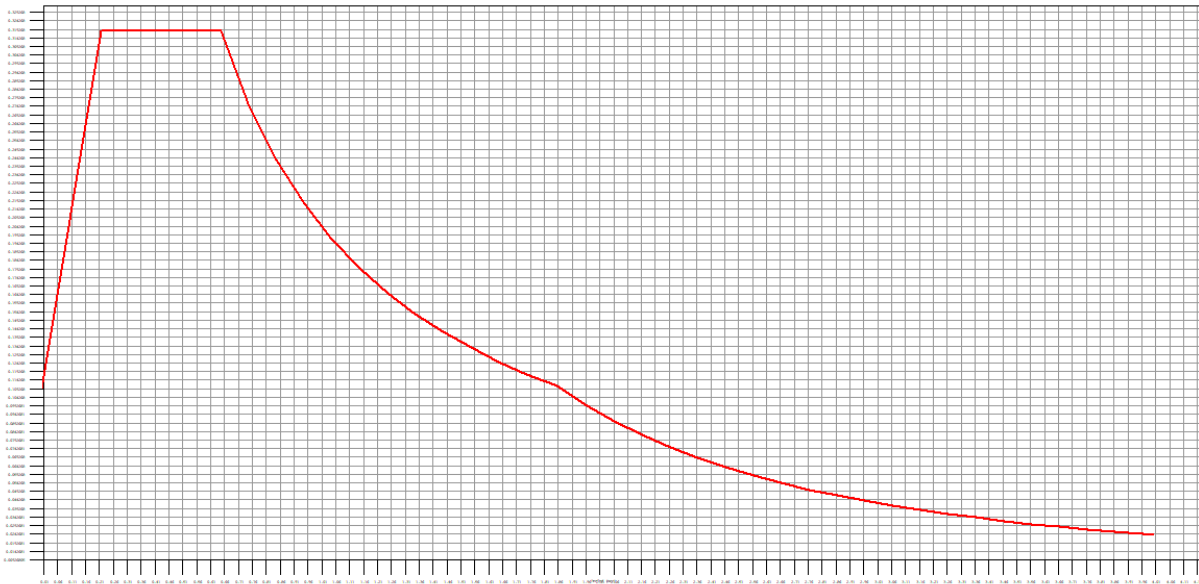
Figura 6-2: Spettro SLD - Verticale



COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

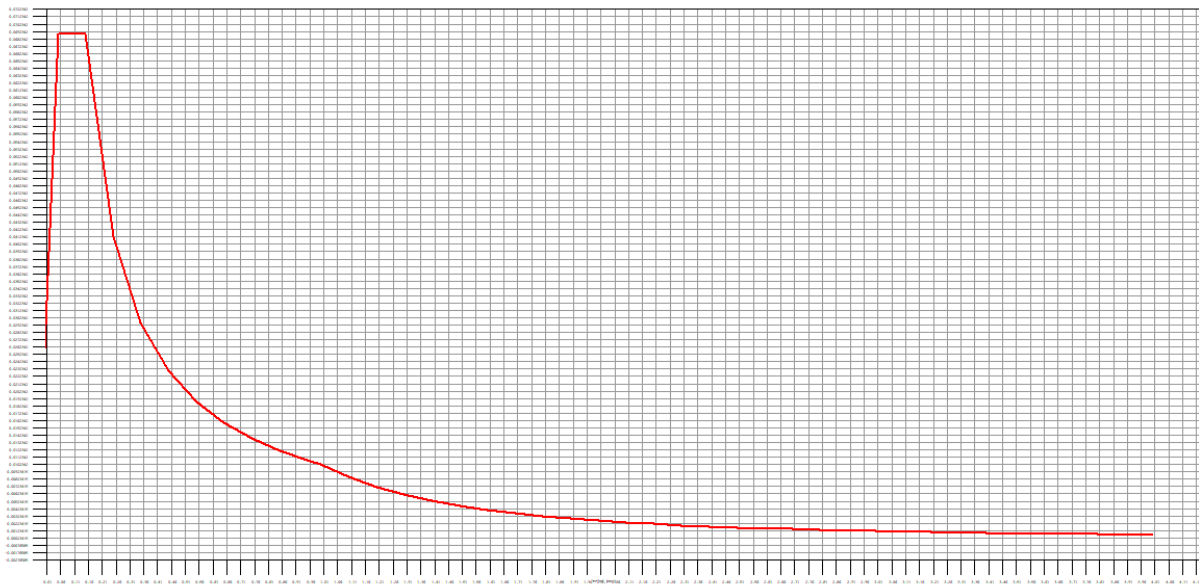
OPERE CIVILI – RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA E DI
 PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DEL
 FABBRICATO VIAGGIATORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR00	10 R 14	RH	FV 01 0 001	A	22 di 71



T (s)	a (g)
0	0.10528
0.215693	0.318261
0.647079	0.318261
0.747079	0.275661
0.847079	0.243118
0.947079	0.217448
1.047079	0.196681
1.147079	0.179534
1.247079	0.165138
1.347079	0.152879
1.447079	0.142314
1.547079	0.133116
1.647079	0.125034
1.747079	0.117877
1.847079	0.111495
1.8632	0.11053
1.9632	0.099557
2.0632	0.09014
2.1632	0.081999
2.2632	0.074913
2.3632	0.068707
2.4632	0.063241
2.5632	0.058403
2.6632	0.054099
2.7632	0.050255
2.8632	0.046806
2.9632	0.0437
3.0632	0.040893
3.1632	0.038348
3.2632	0.036034
3.3632	0.033923
3.4632	0.031992
3.5632	0.030222
3.6632	0.028594
3.7632	0.027095
3.8632	0.02571
3.9632	0.024429
4	0.023982

Figura 6-3: Spettro SLV – Orizzontale



T (s)	a (g)
0	0.023786
0.05	0.068883
0.15	0.068883
0.25	0.04133
0.35	0.029521
0.45	0.022961
0.55	0.018786
0.65	0.015896
0.75	0.013777
0.85	0.012156
0.95	0.010876
1	0.010332
1.1	0.008539
1.2	0.007175
1.3	0.006114
1.4	0.005272
1.5	0.004592
1.6	0.004036
1.7	0.003575
1.8	0.003189
1.9	0.002862
2	0.002583
2.1	0.002343
2.2	0.002135
2.3	0.001953
2.4	0.001794
2.5	0.001653
2.6	0.001528
2.7	0.001417
2.8	0.001318
2.9	0.001229
3	0.001148
3.1	0.001075
3.2	0.001009
3.3	0.000949
3.4	0.000894
3.5	0.000843
3.6	0.000797
3.7	0.000755
3.8	0.000716
3.9	0.000679
4	0.000646

Figura 6-4: Spettro SLV – Verticale

6.6.3 Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico usate per l'analisi della struttura sono state ottenute secondo le indicazioni del § 2.5.3 delle NTC2018:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.1]
- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.2]
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.3]
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.4]
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.5]
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.6]

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj}$$
 [2.5.7]

I coefficienti parziali sulle azioni (γ_F) e i coefficienti di combinazione (ψ_0, ψ_1, ψ_2) sono quelli definiti nel 5.2.3.2 delle NTC2018:

Tab. 5.2.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

Coefficiente			EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁵⁾	1,00 ⁽⁶⁾	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	γ_{Ce}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole	d	1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

⁽²⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.

⁽⁵⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁶⁾ 1,20 per effetti locali

Tab. 5.2.VI - Coefficienti di combinazione Ψ delle azioni

Azioni		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	gr ₁	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
Gruppi di	gr ₂	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
carico	gr ₃	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr ₄	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F _{wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T _k	0,60	0,60	0,50

⁽¹⁾ 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

⁽²⁾ Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti Ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Di seguito si riporta un riepilogo delle condizioni e delle combinazioni utilizzate nell'analisi:

	Dead	G2	Folla	Neve	Parapetti-vetrate	Self-weight	SLD-X	SLD-V	SLV-H	SLV-V	SLD-Y	SLV-Y
SLU-1	1.3	1.3	1.5	0.75	1.3	1.3						
SLU-2	1.3	1.3	1.05	1.5	1.3	1.3						
SLE-1	1	1	1		1	1						
SLE-2	1	1	0.9	1	1	1						
SLD_1	1	1	0.9		1	1	1	0.3			0.3	
SLD_2	1	1	0.9		1	1	0.3	1			0.3	
SLD_3	1	1	0.9		1	1	0.3	0.3			1	
SLV_1	1	1	0.9		1	1			1	0.3		0.3
SLV_2	1	1	0.9		1	1			0.3	1		0.3
SLV_3	1	1	0.9		1	1			0.3	0.3		1

7 ANALISI E VERIFICHE

Nelle immagini a seguire si riportano i diagrammi di involucro delle sollecitazioni per gli stati limite ultimi statici e sismici.

7.1 INVILUPPI DELLE SOLLECITAZIONI – STRUTTURA IN ACCIAIO

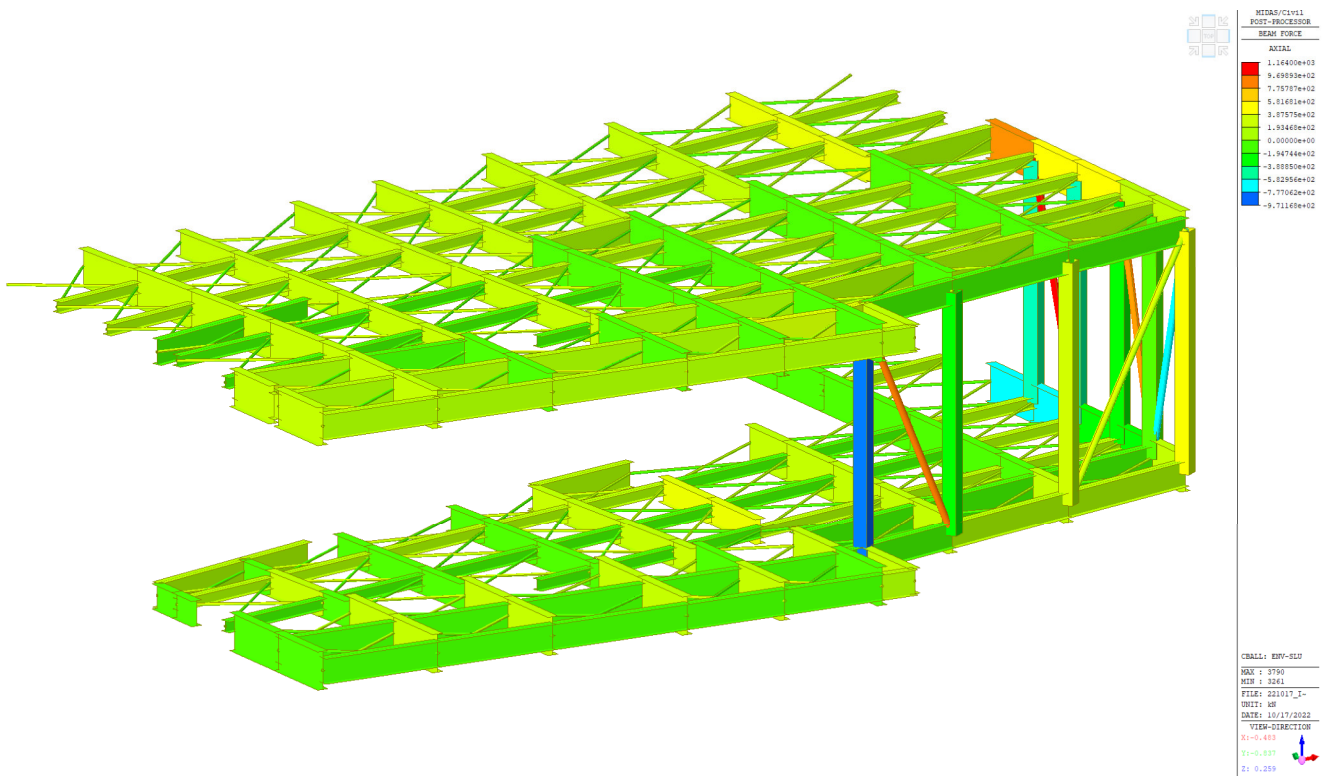


Figura 7-1: Sforzo normale – Involuppo SLU

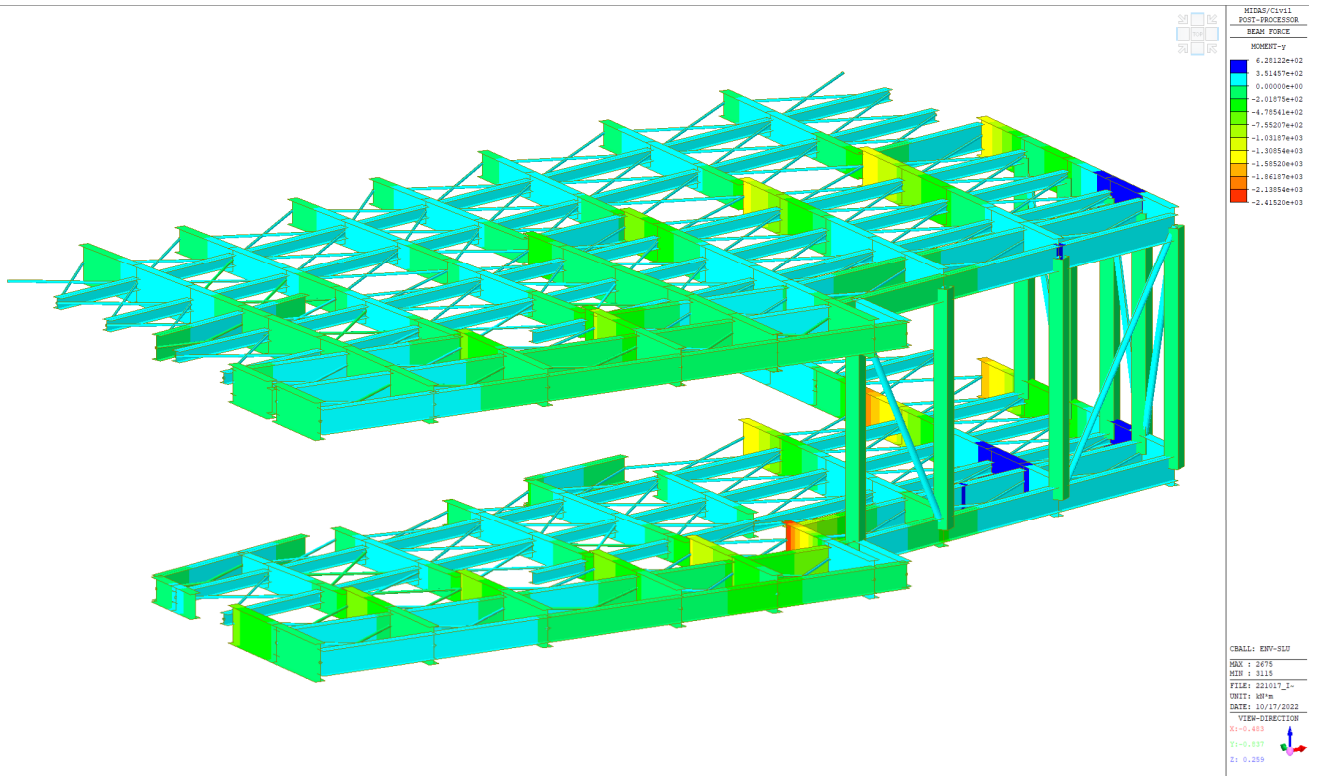


Figura 7-2: Momento flettente – Involuppo SLU



COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

OPERE CIVILI – RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA E DI
PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DEL
FABBRICATO VIAGGIATORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR00	10 R 14	RH	FV 01 0 001	A	27 di 71

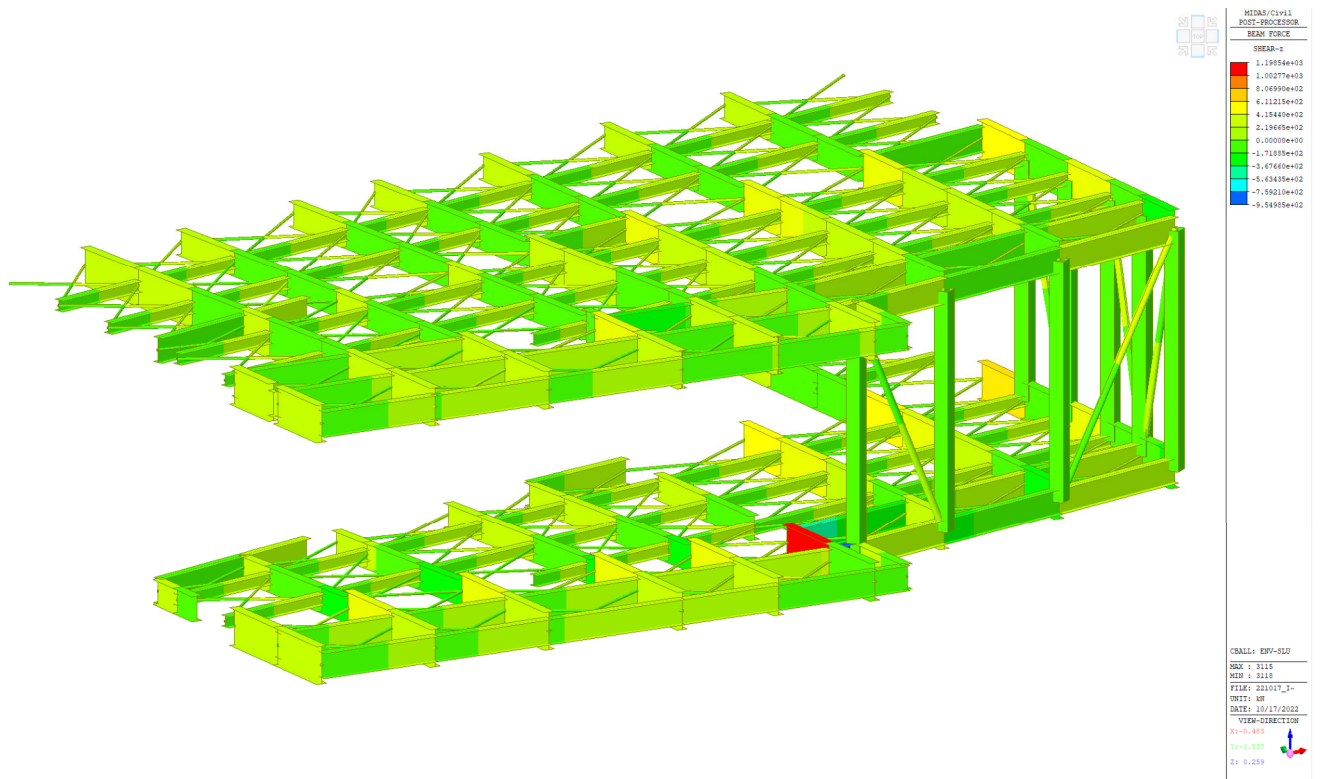


Figura 7-3: Taglio – Involuppo SLU/SLV

OPERE CIVILI – RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA E DI
PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DEL
FABBRICATO VIAGGIATORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR00	10 R 14	RH	FV 01 0 001	A	28 di 71

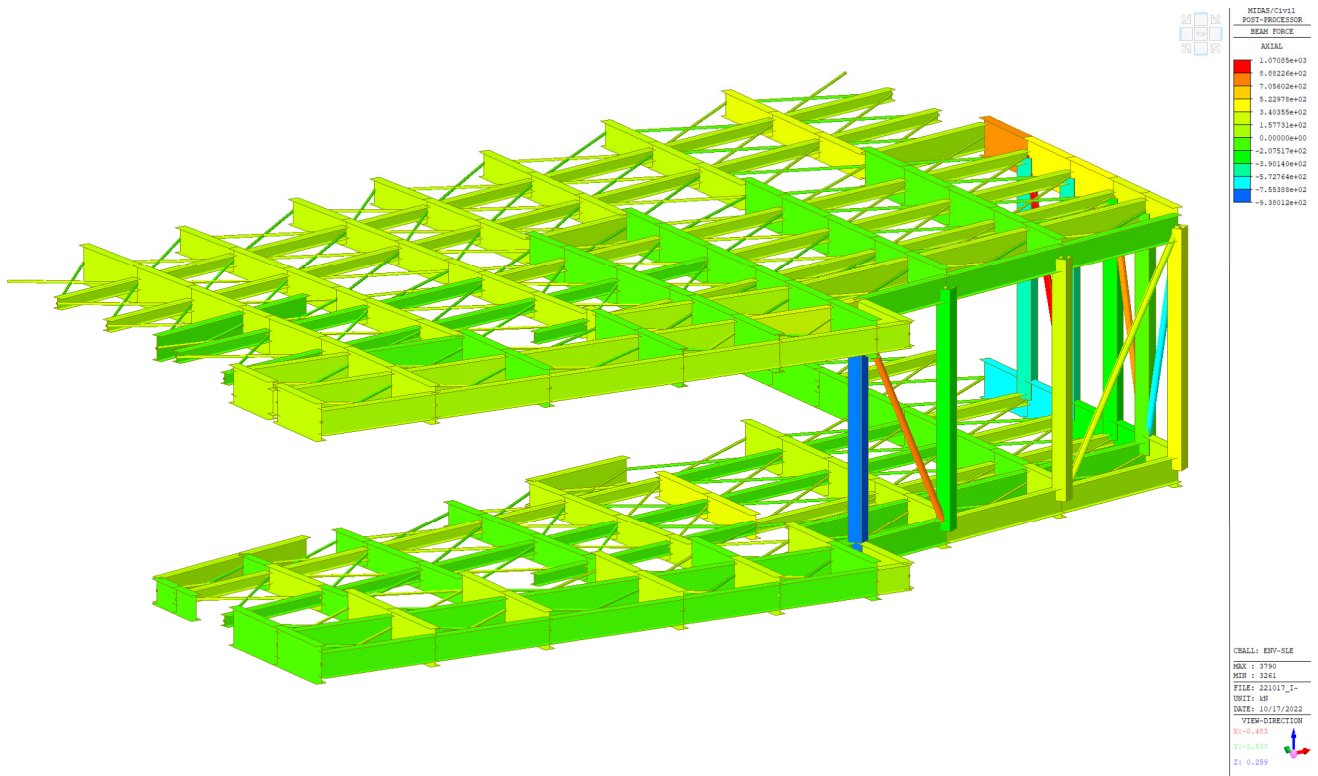


Figura 7-4: Sforzo normale – Involuppo SLE

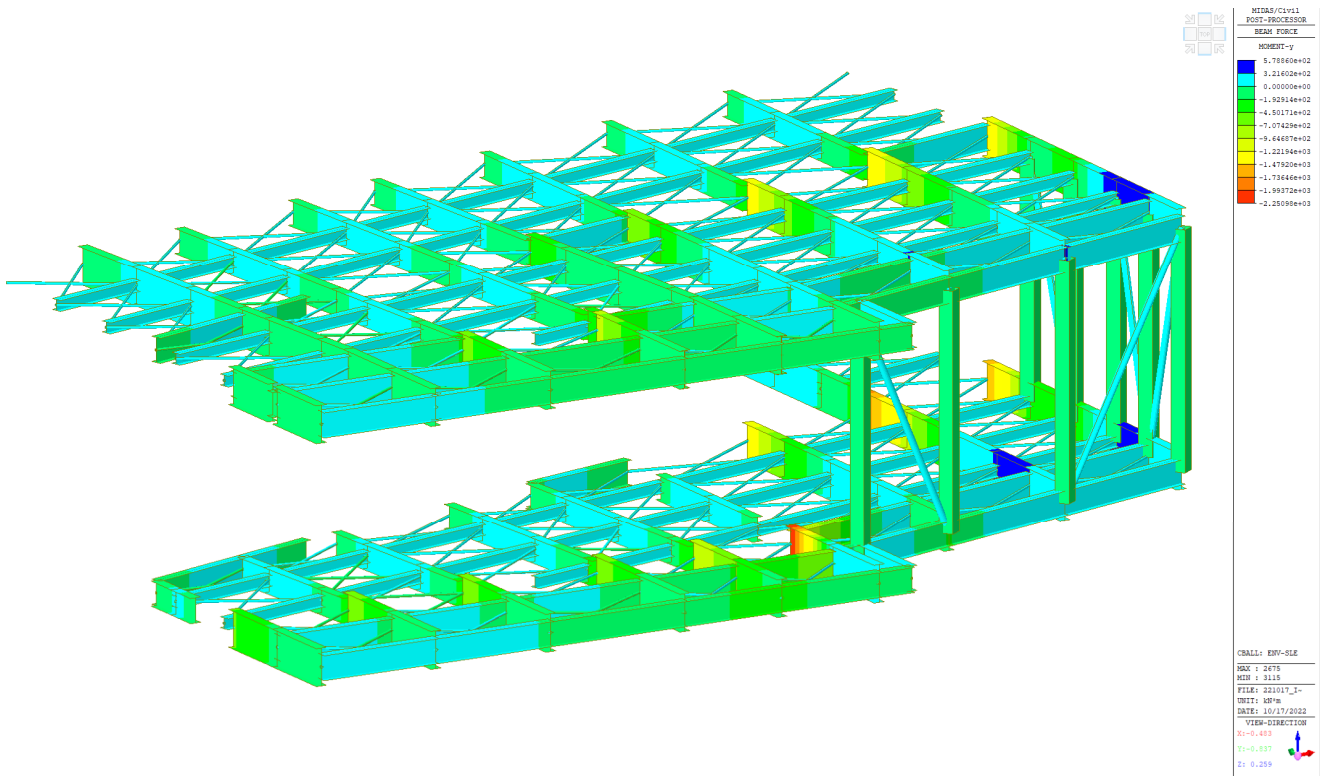


Figura 7-5: Momento flettente – Involuppo SLE

OPERE CIVILI – RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA E DI
 PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DEL
 FABBRICATO VIAGGIATORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR00	10 R 14	RH	FV 01 0 001	A	30 di 71

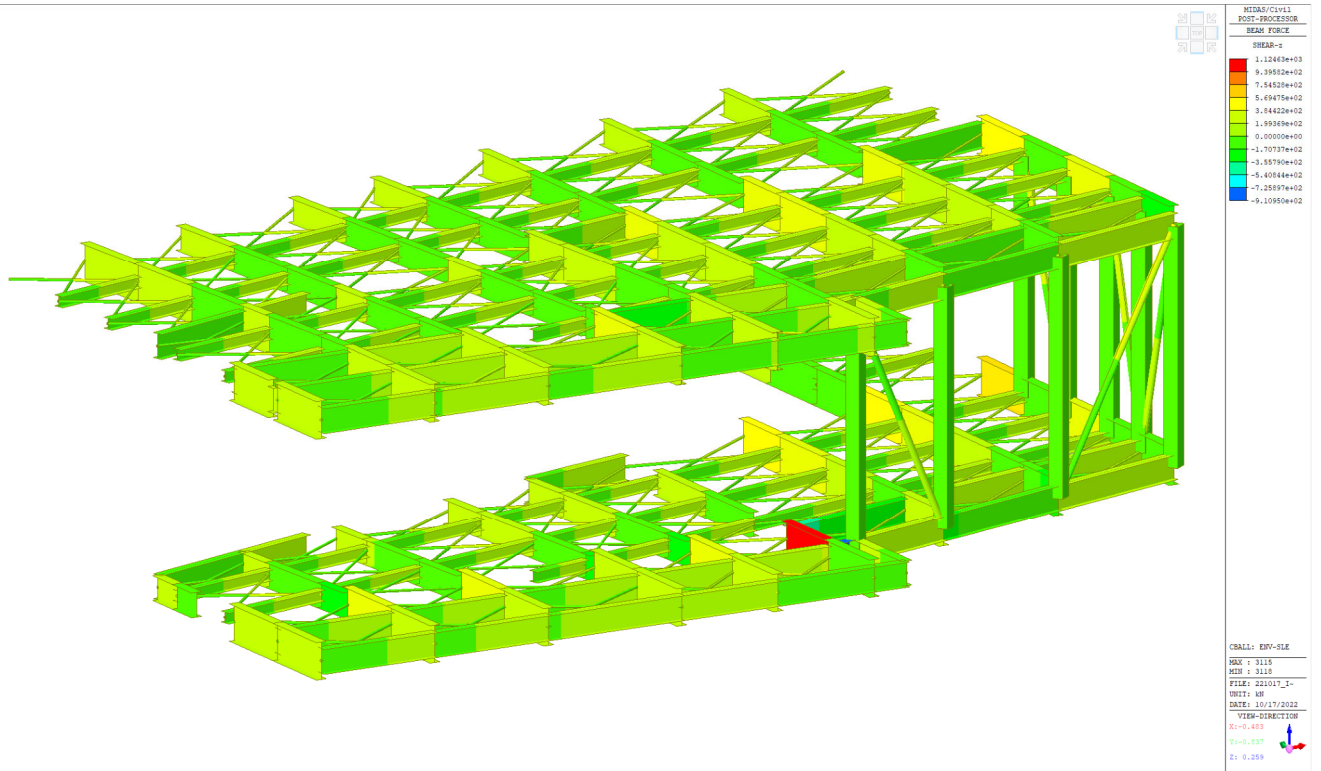


Figura 7-6: Taglio – Involuppo SLE

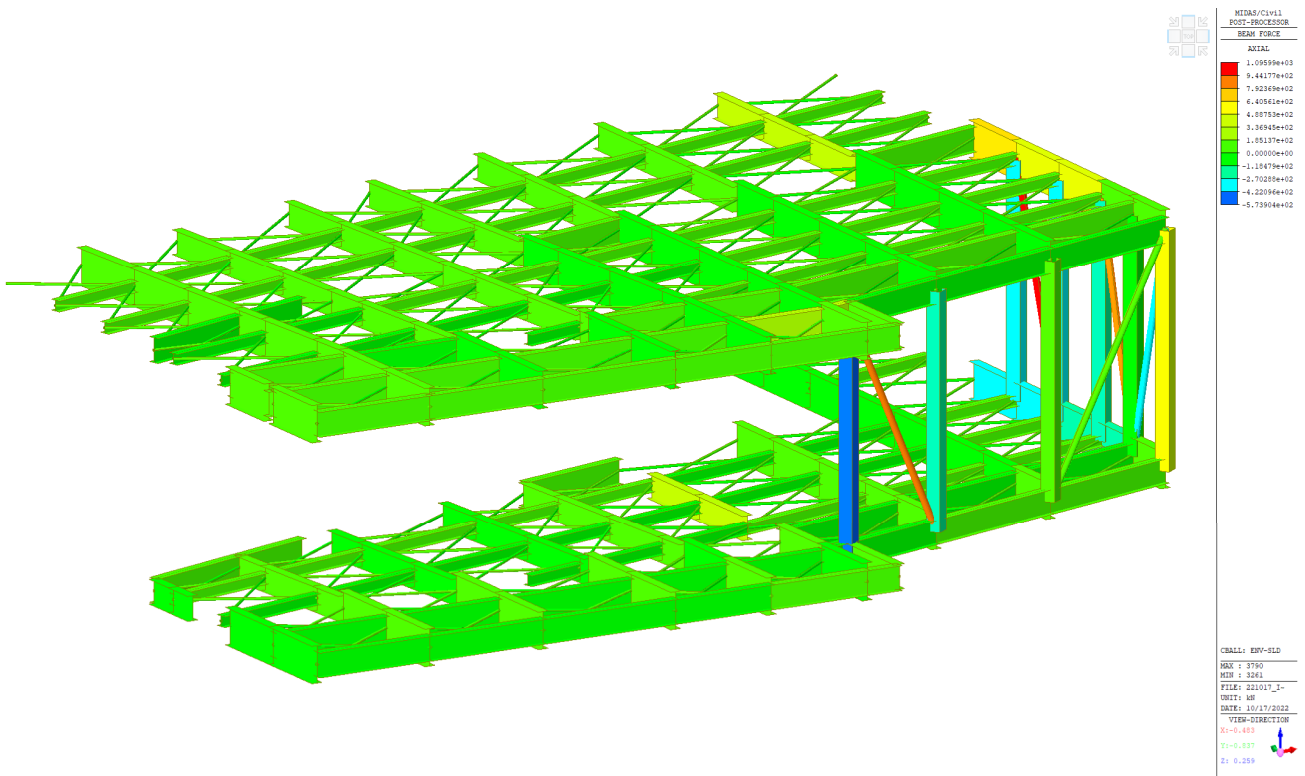


Figura 7-7: Sforzo normale – Involuppo SLD

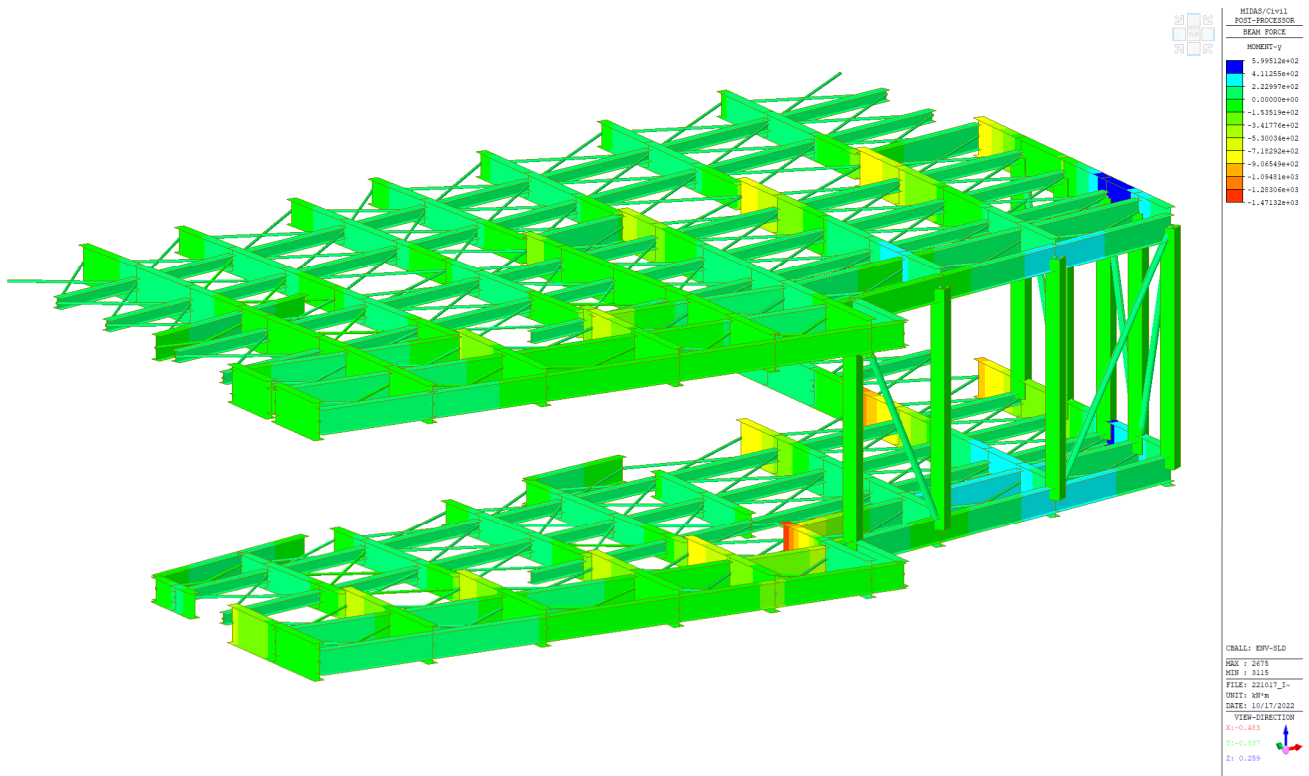


Figura 7-8: Momento flettente – Involuppo SLD

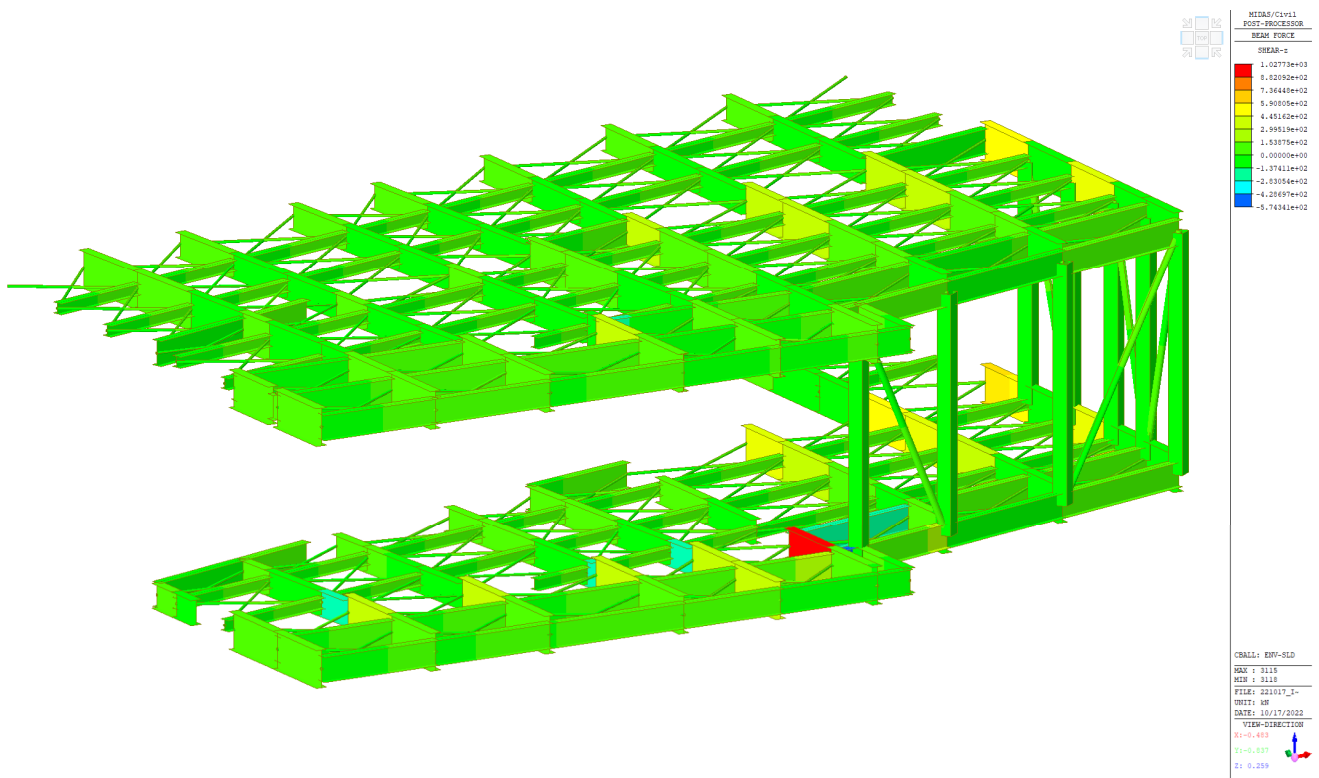


Figura 7-9: Taglio – Involuppo SLD

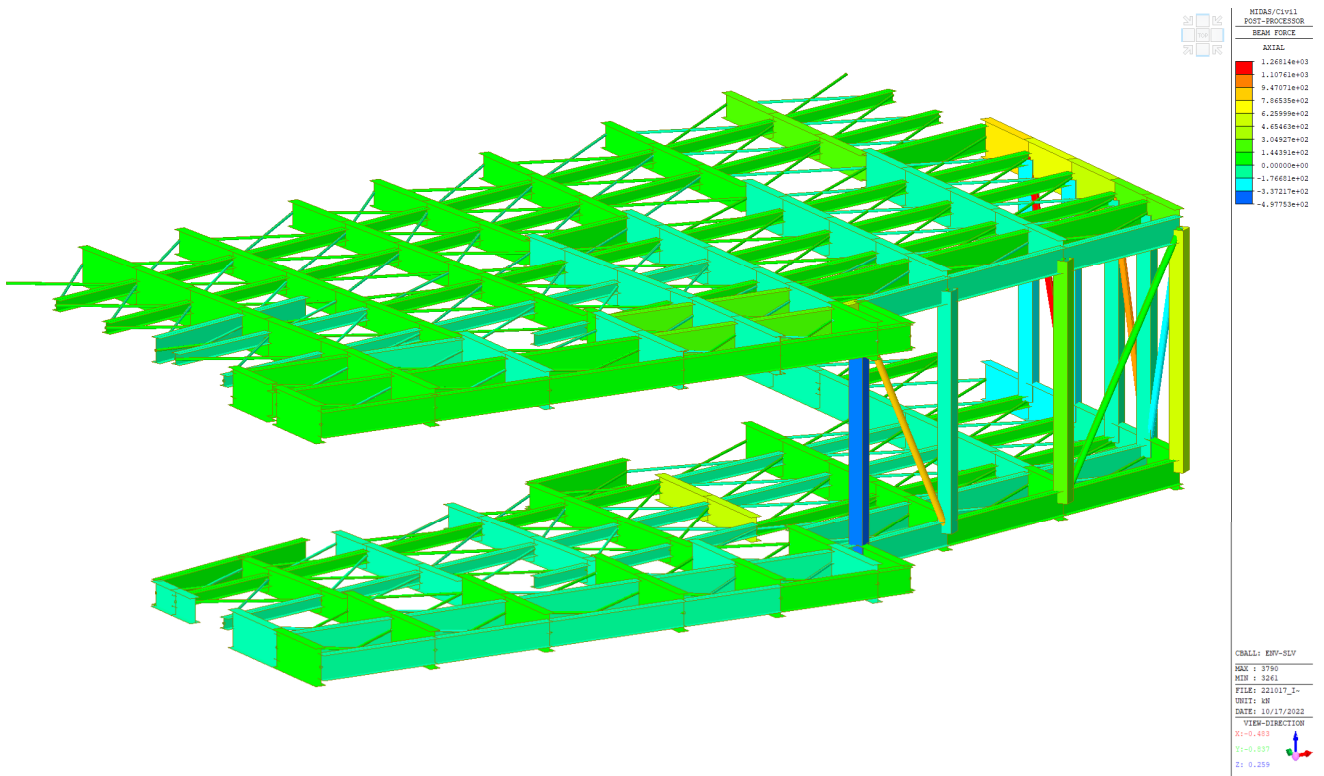


Figura 7-10: Sforzo normale – Involuppo SLV

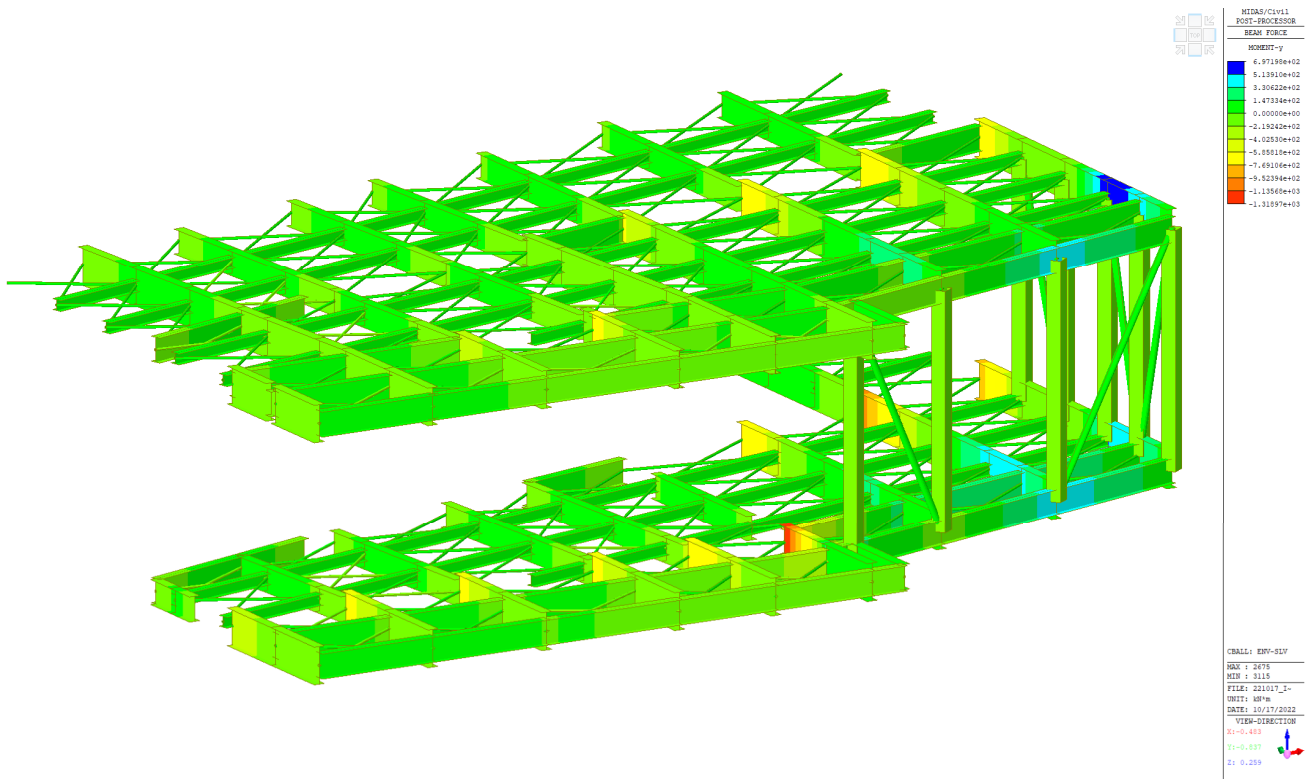


Figura 7-11: Momento flettente – Involuppo SLV

OPERE CIVILI – RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA E DI
 PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DEL
 FABBRICATO VIAGGIATORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR00	10 R 14	RH	FV 01 0 001	A	36 di 71

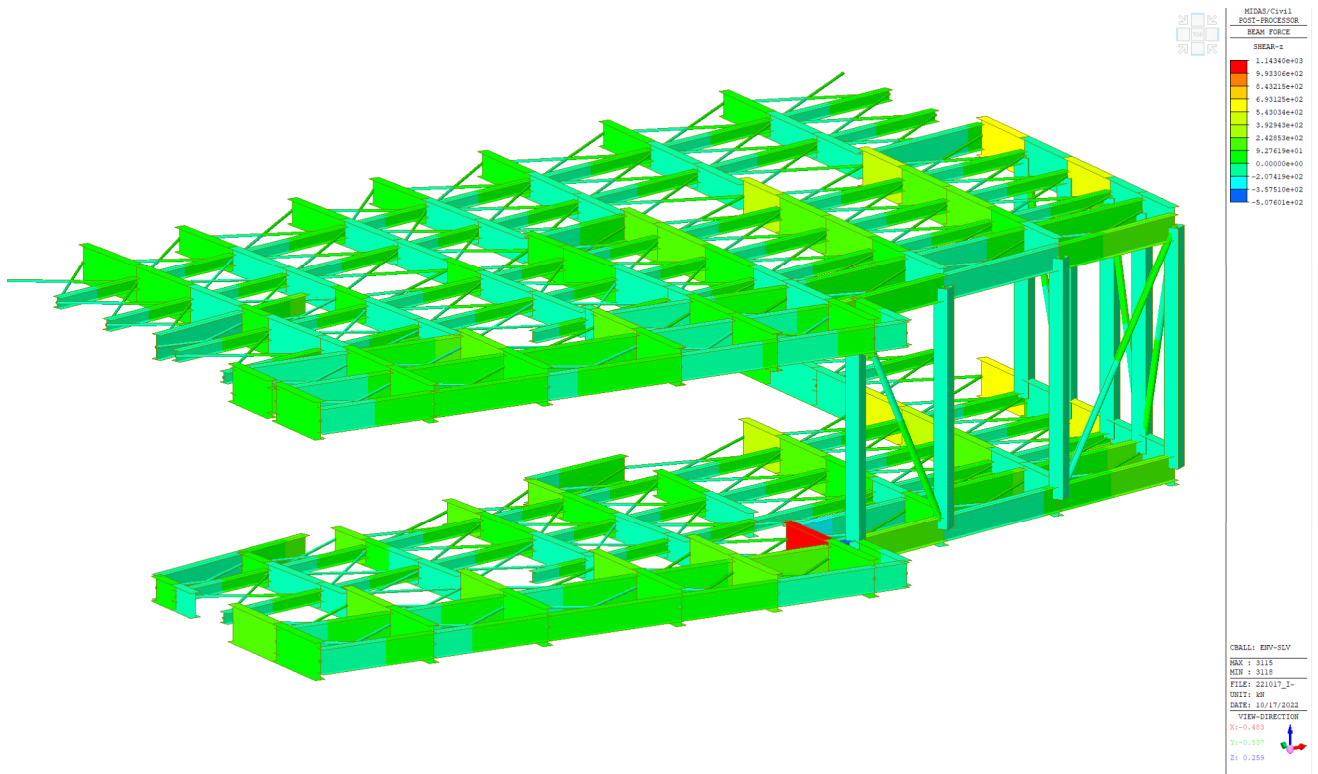


Figura 7-12: Taglio – Involuppo SLV

7.2 INVILUPPI DELLE SOLLECITAZIONI – SETTI IN CEMENTO ARMATO

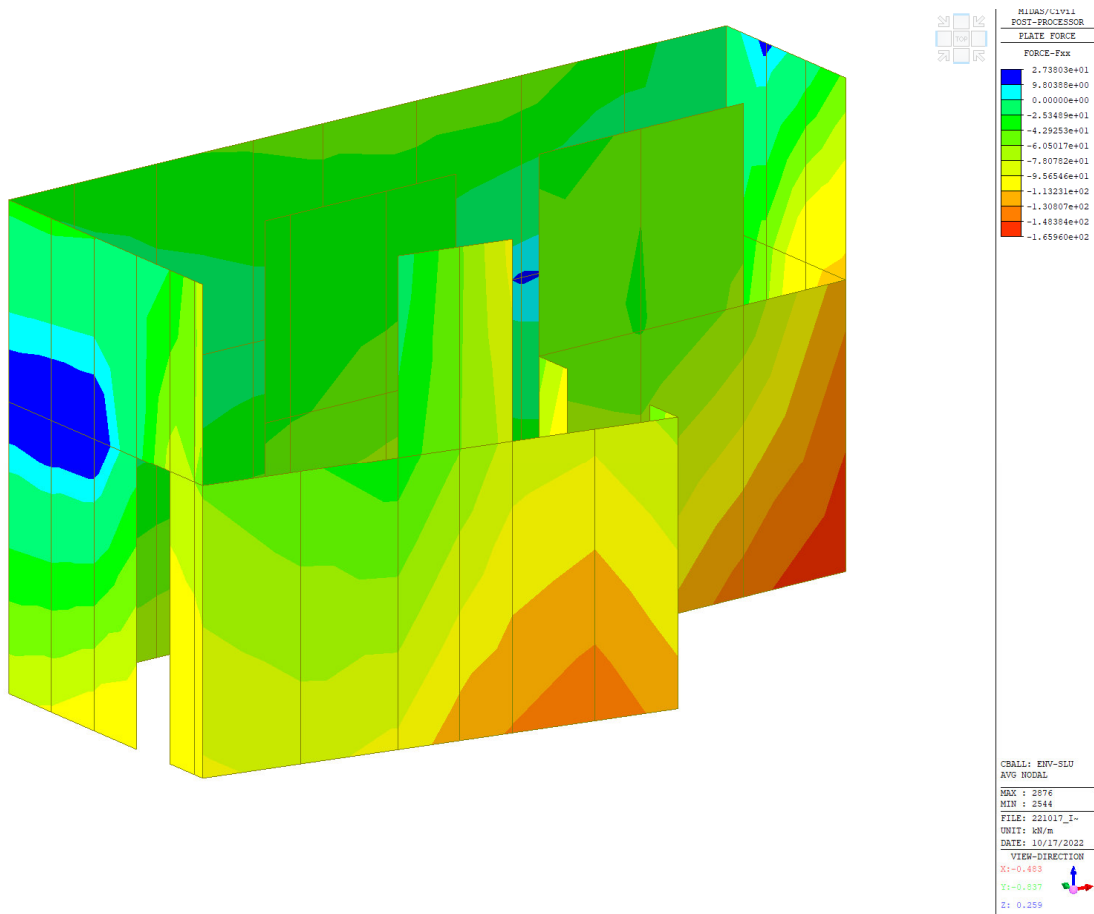


Figura 7-13: Fxx – Involuppo SLU

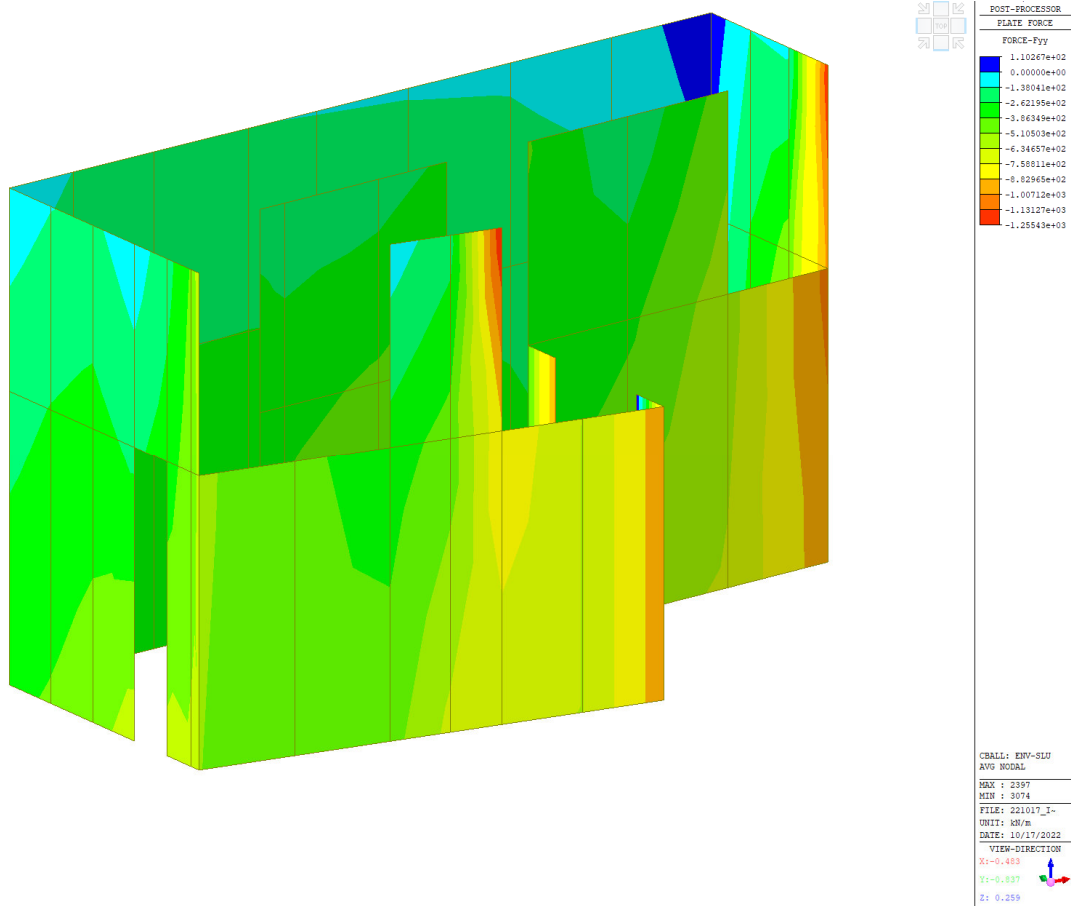


Figura 7-14: Fyy – Involuppo SLU

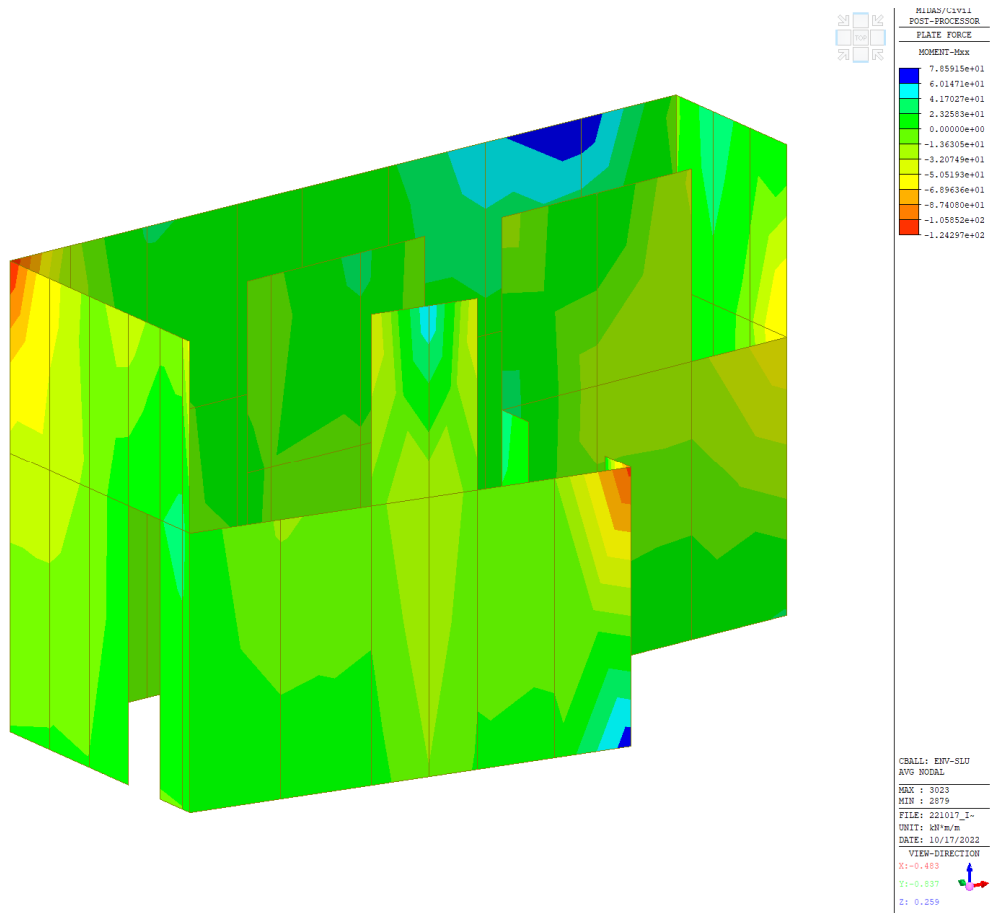


Figura 7-15: Mxx – Involuppo SLU

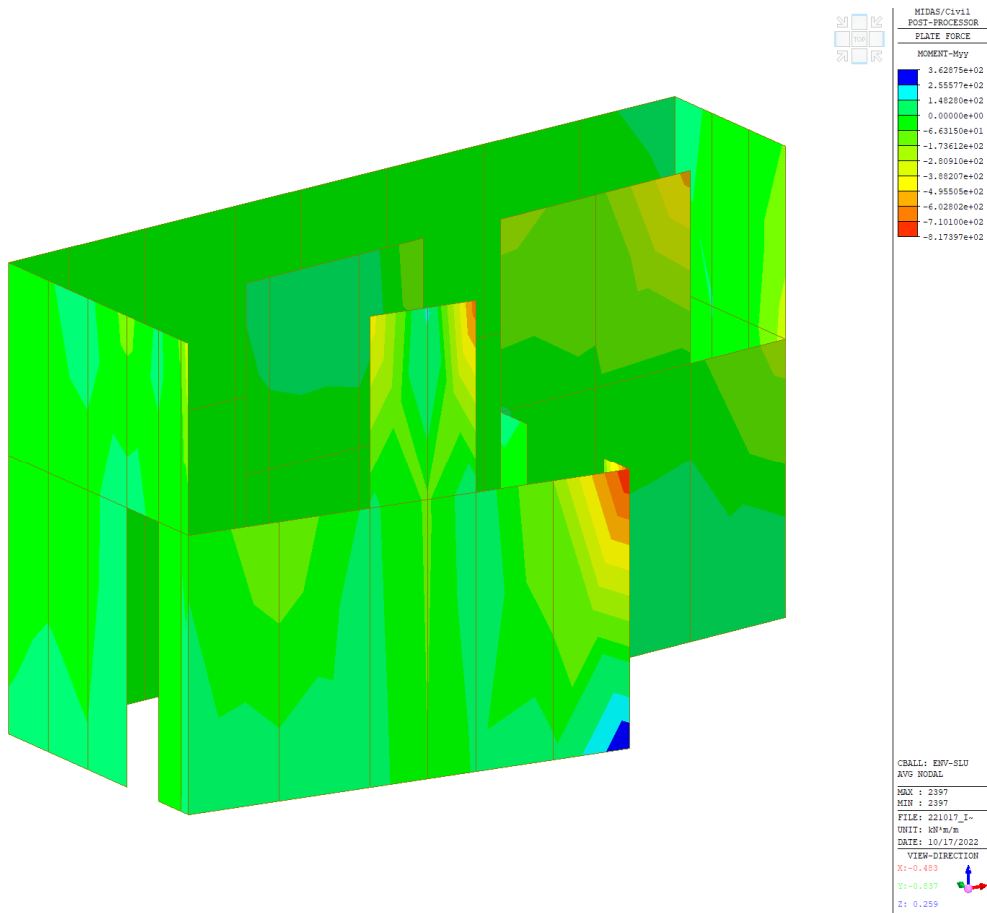


Figura 7-16: Myy – Involuppo SLU

OPERE CIVILI – RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA E DI
 PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DEL
 FABBRICATO VIAGGIATORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR00	10 R 14	RH	FV 01 0 001	A	41 di 71

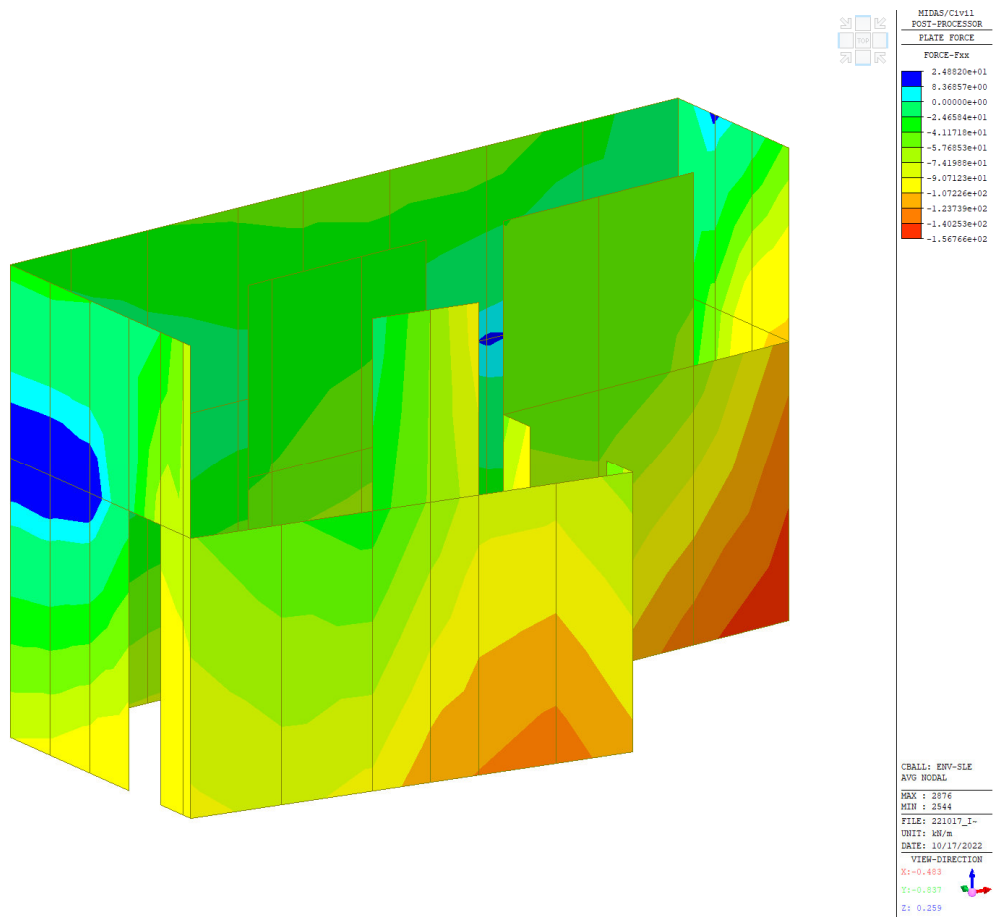


Figura 7-17: Fxx – Involuppo SLE

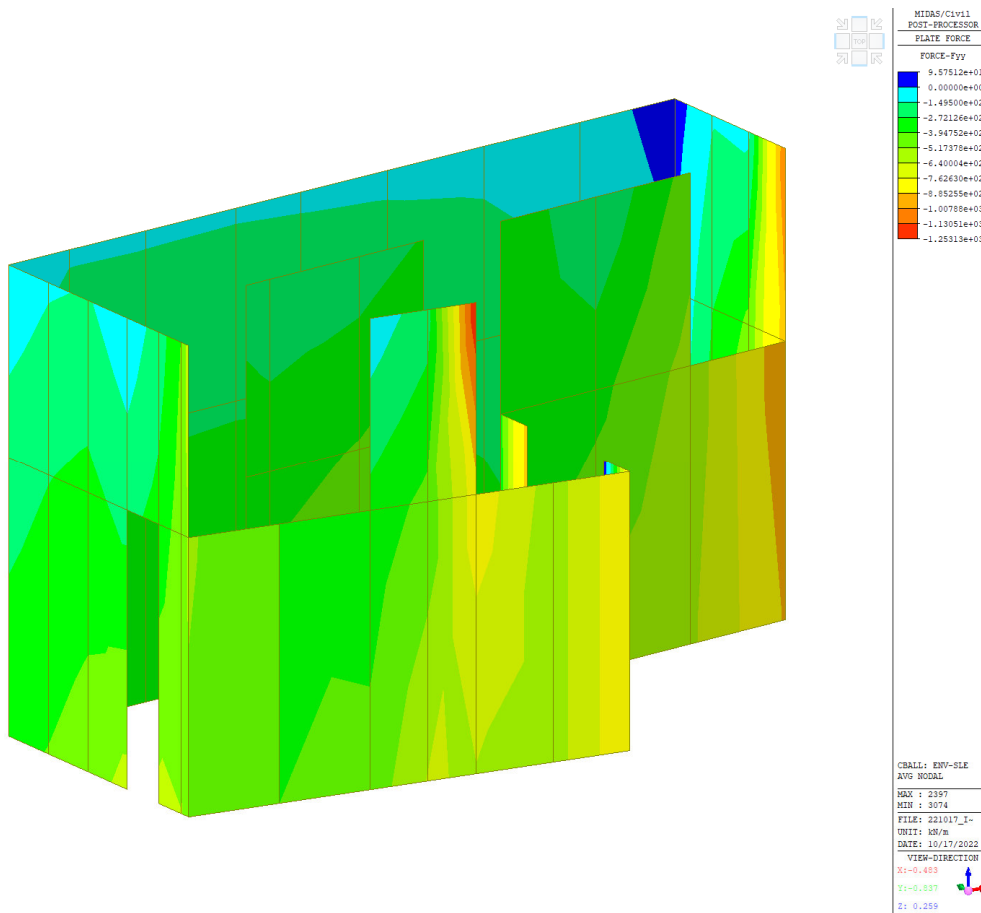


Figura 7-18: Fyy – Involuppo SLE

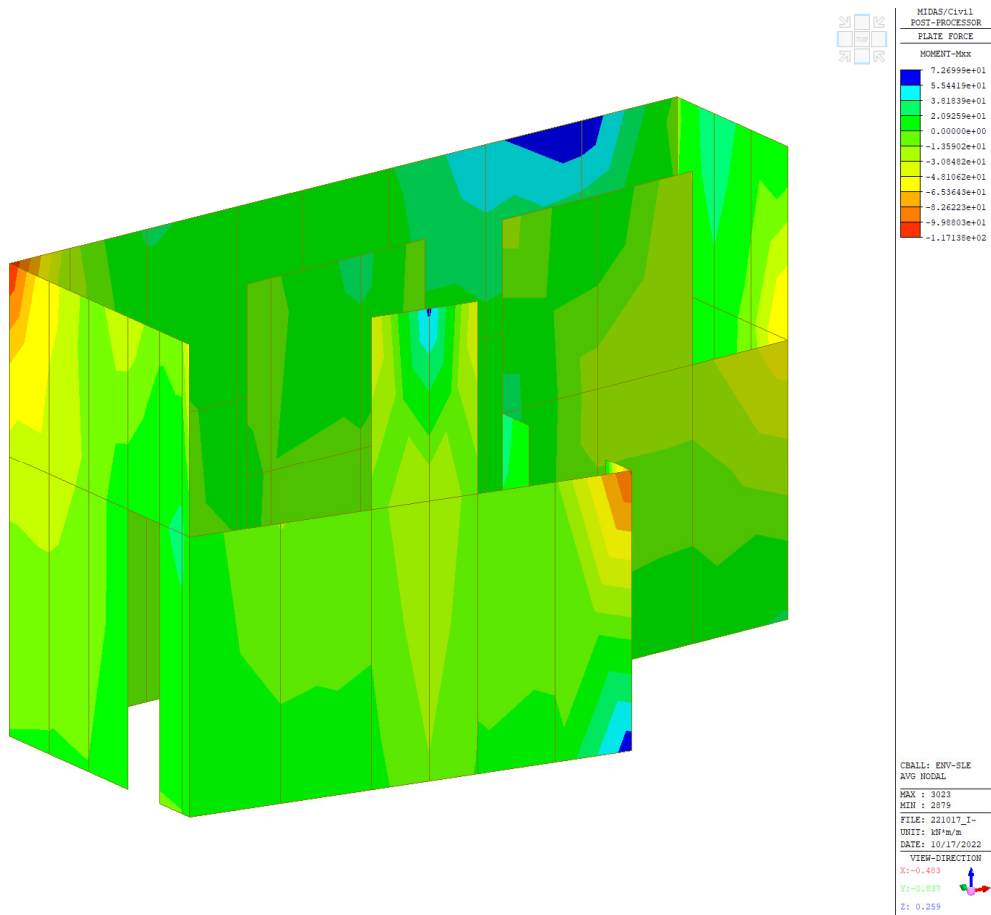


Figura 7-19: Mxx – Involuppo SLE

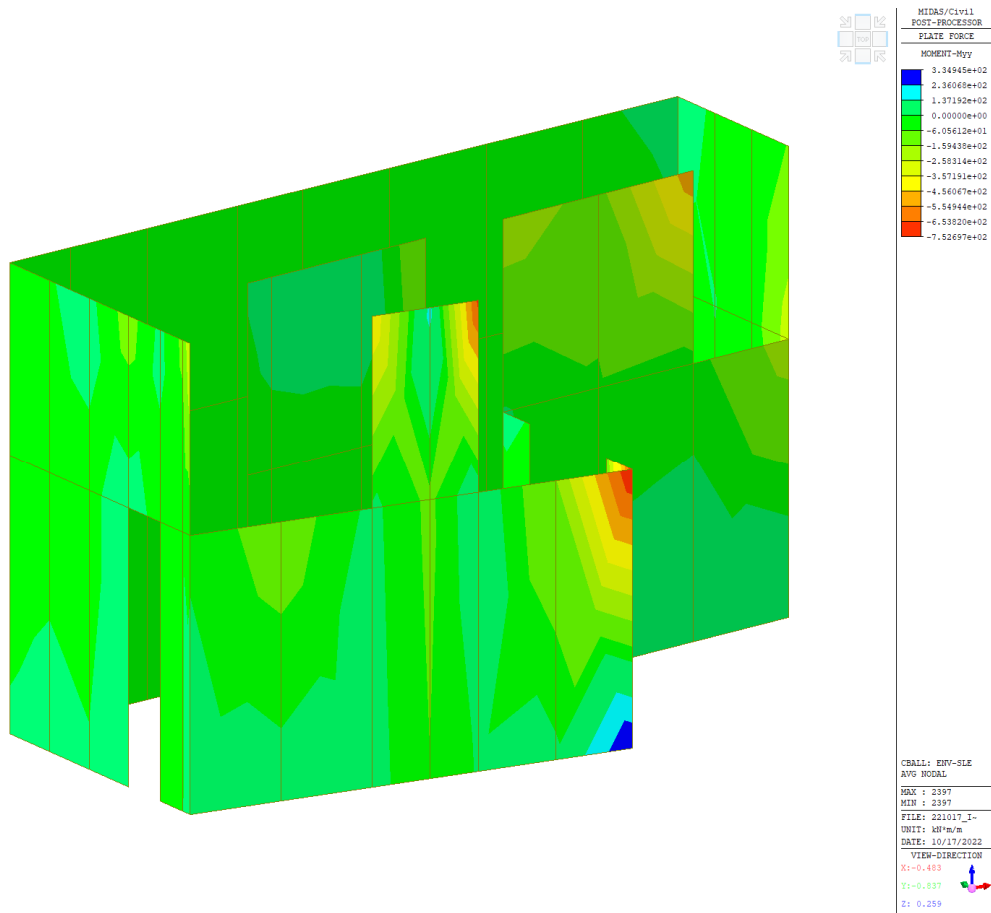


Figura 7-20: Myy – Involuppo SLE

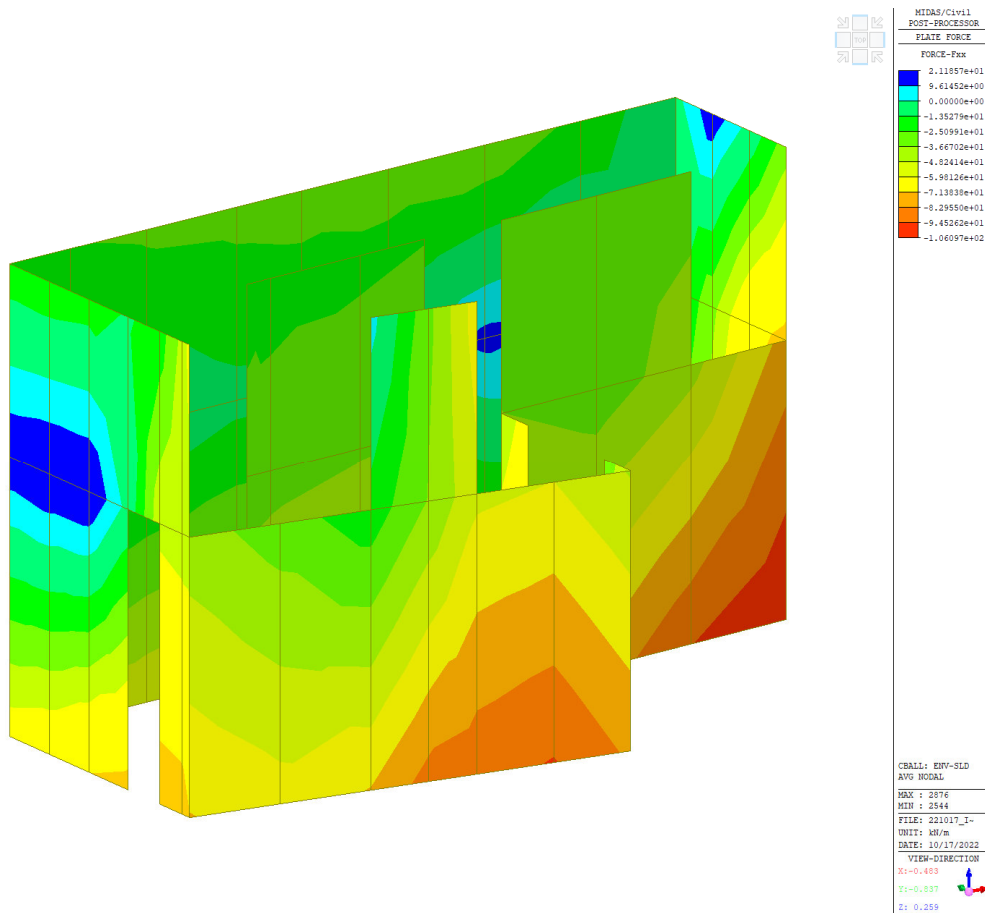


Figura 7-21: Fxx – Involuppo SLD

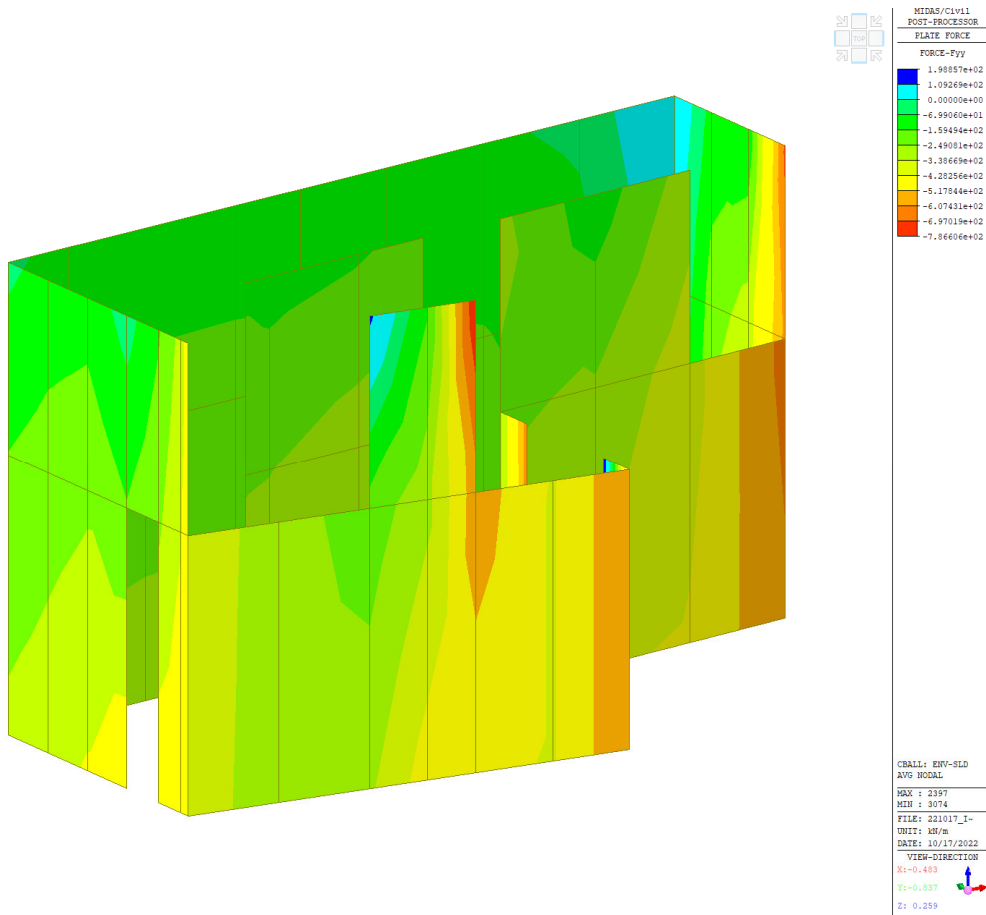


Figura 7-22: Fyy – Involuppo SLD

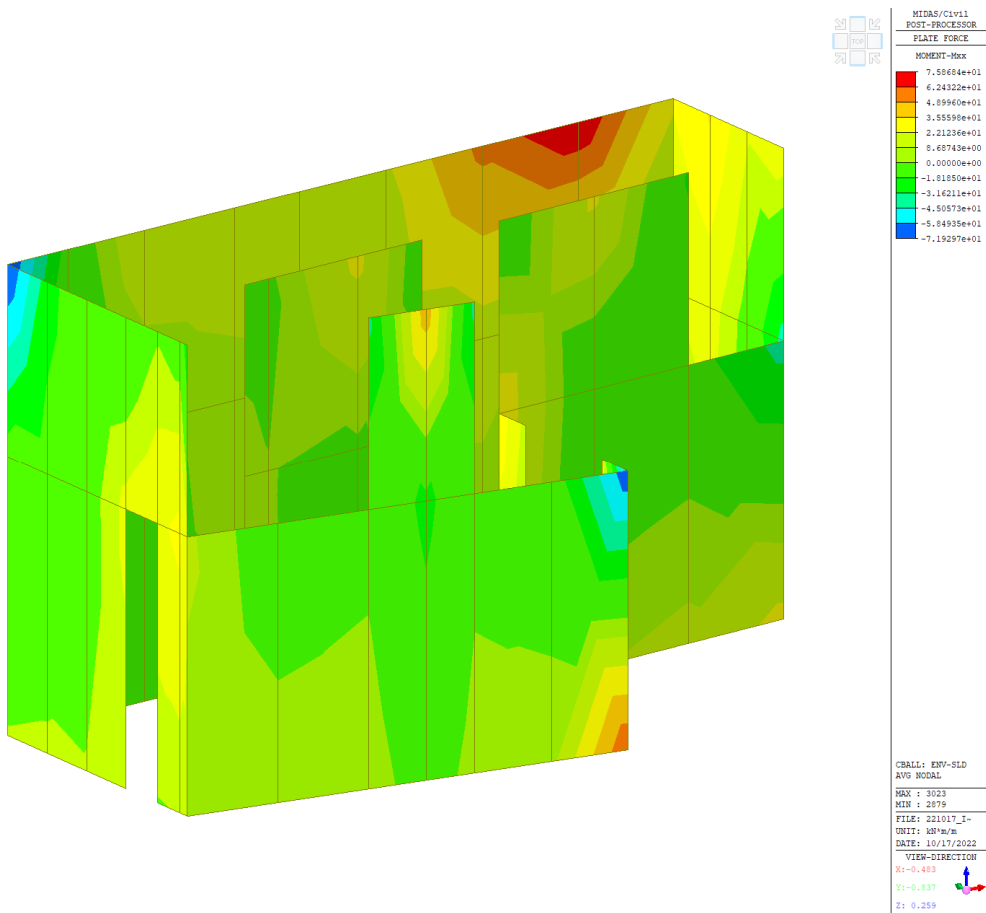


Figura 7-23: Mxx – Involuppo SLD

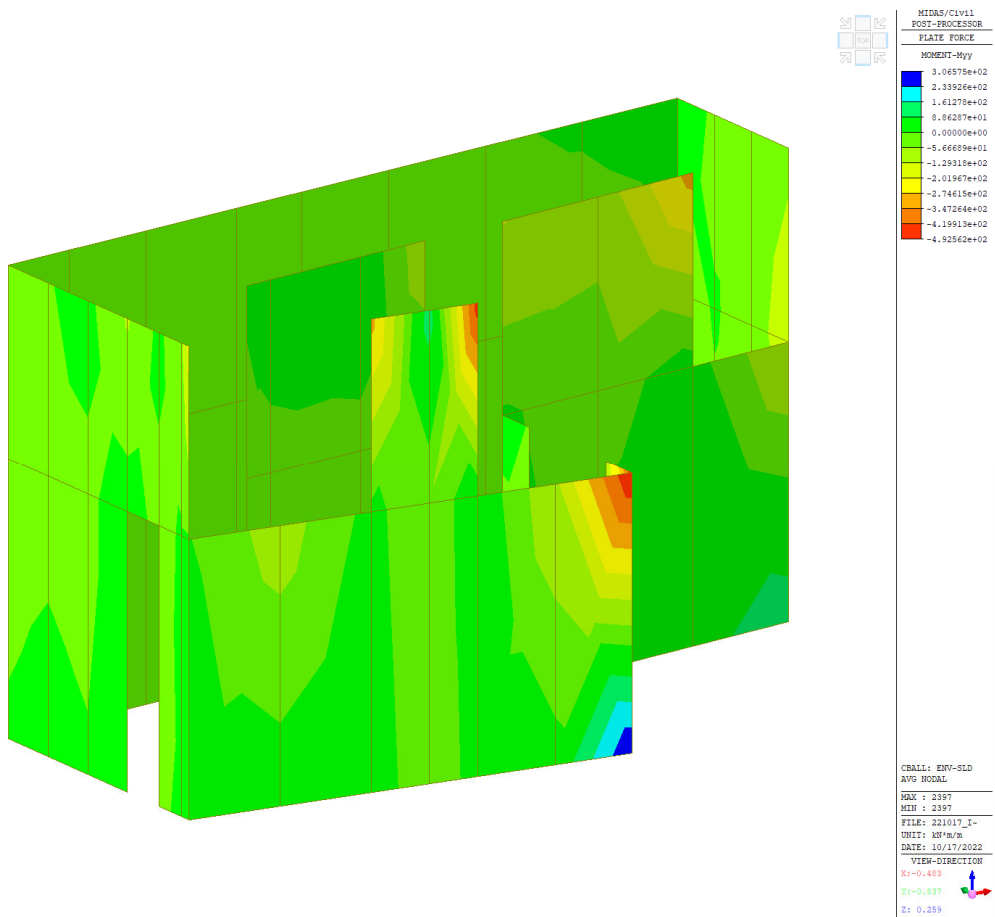


Figura 7-24: Myy – Involuppo SLD

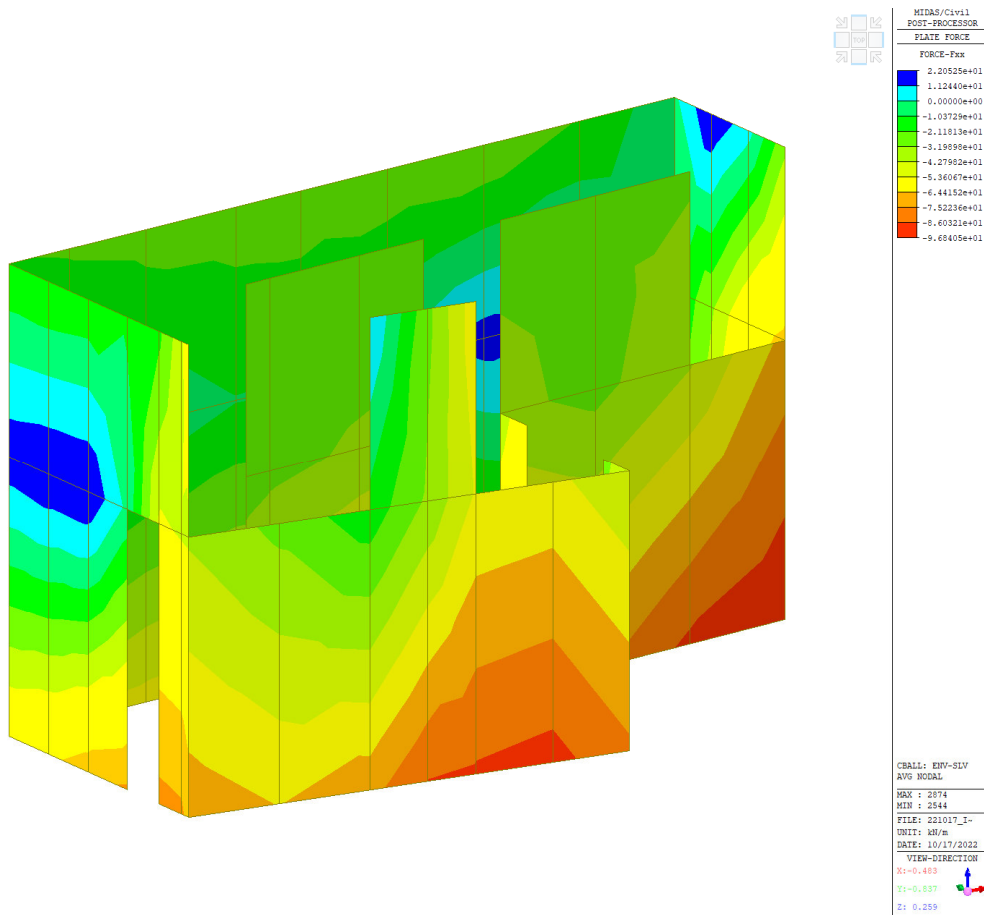


Figura 7-25: Fxx – Involuppo SLV

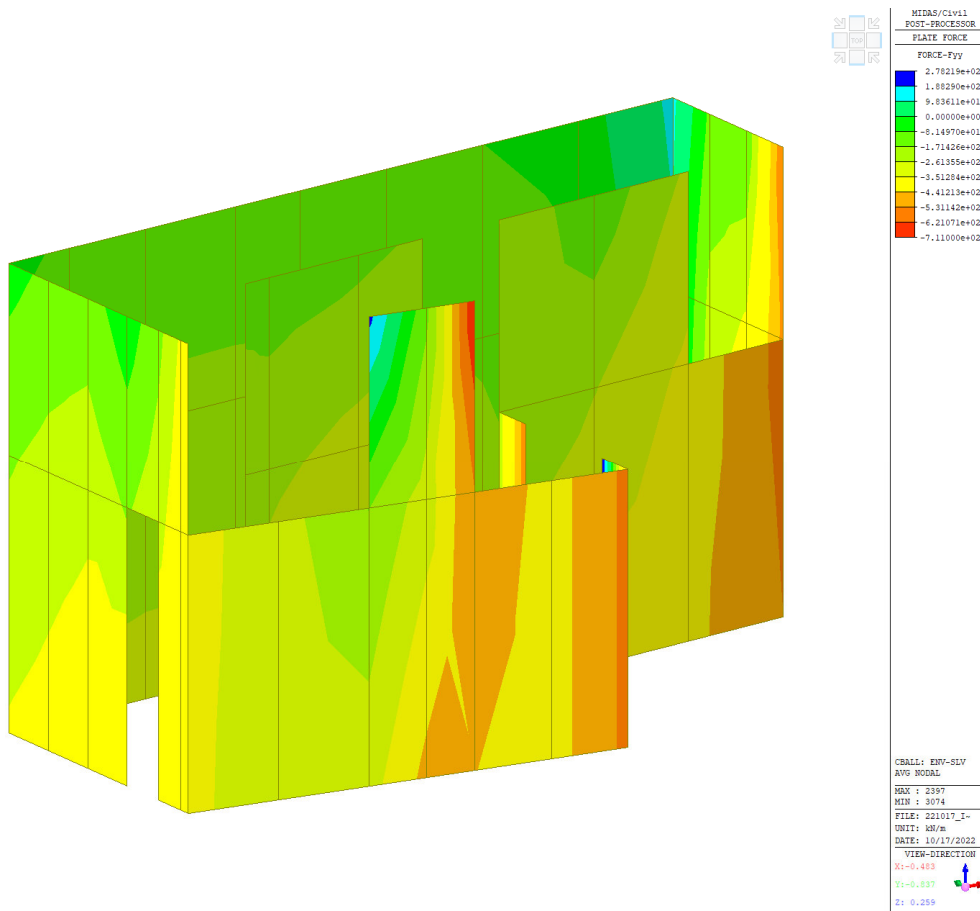


Figura 7-26: Fyy – Involuppo SLV

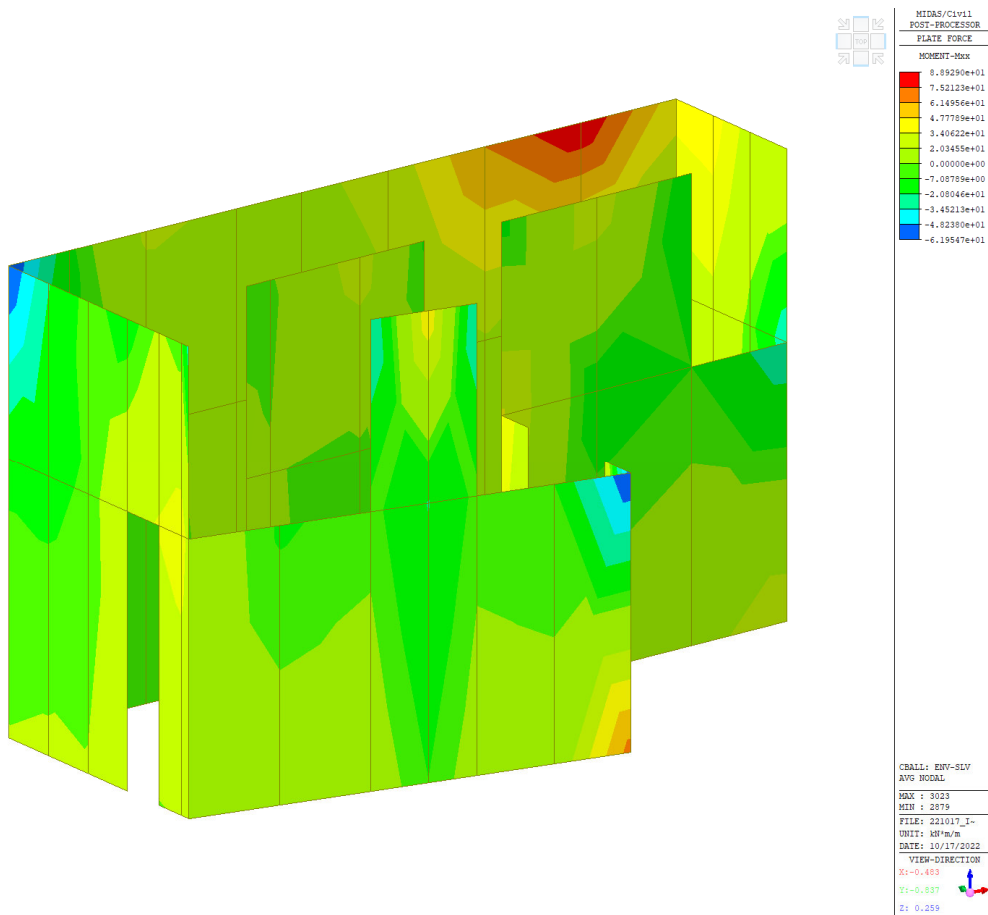


Figura 7-27: Mxx – Involuppo SLV

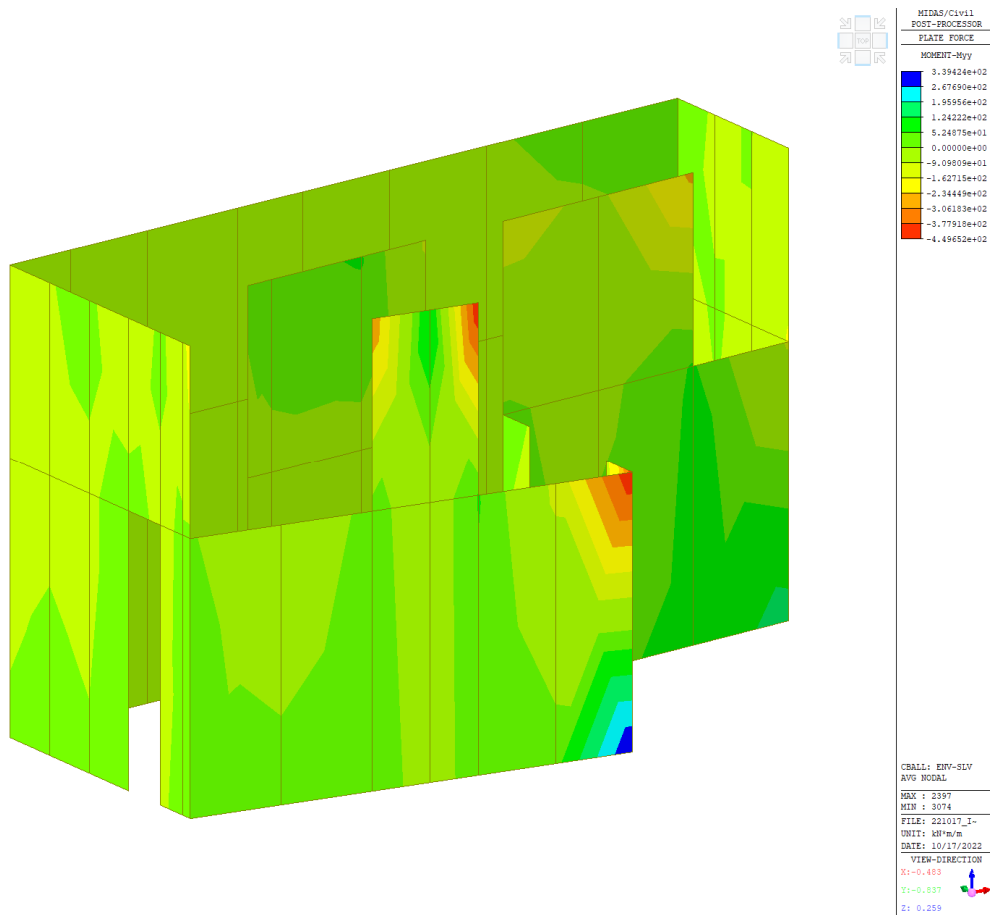


Figura 7-28: Myy – Involuppo SLV

7.3 VERIFICHE SLU/SLV

Nel presente paragrafo viene riportato il tasso di sfruttamento degli elementi in acciaio costituenti la struttura del solaio al Piano Primo e del solaio al Piano Copertura e di tutti gli elementi verticali e di controventamento impiegati.

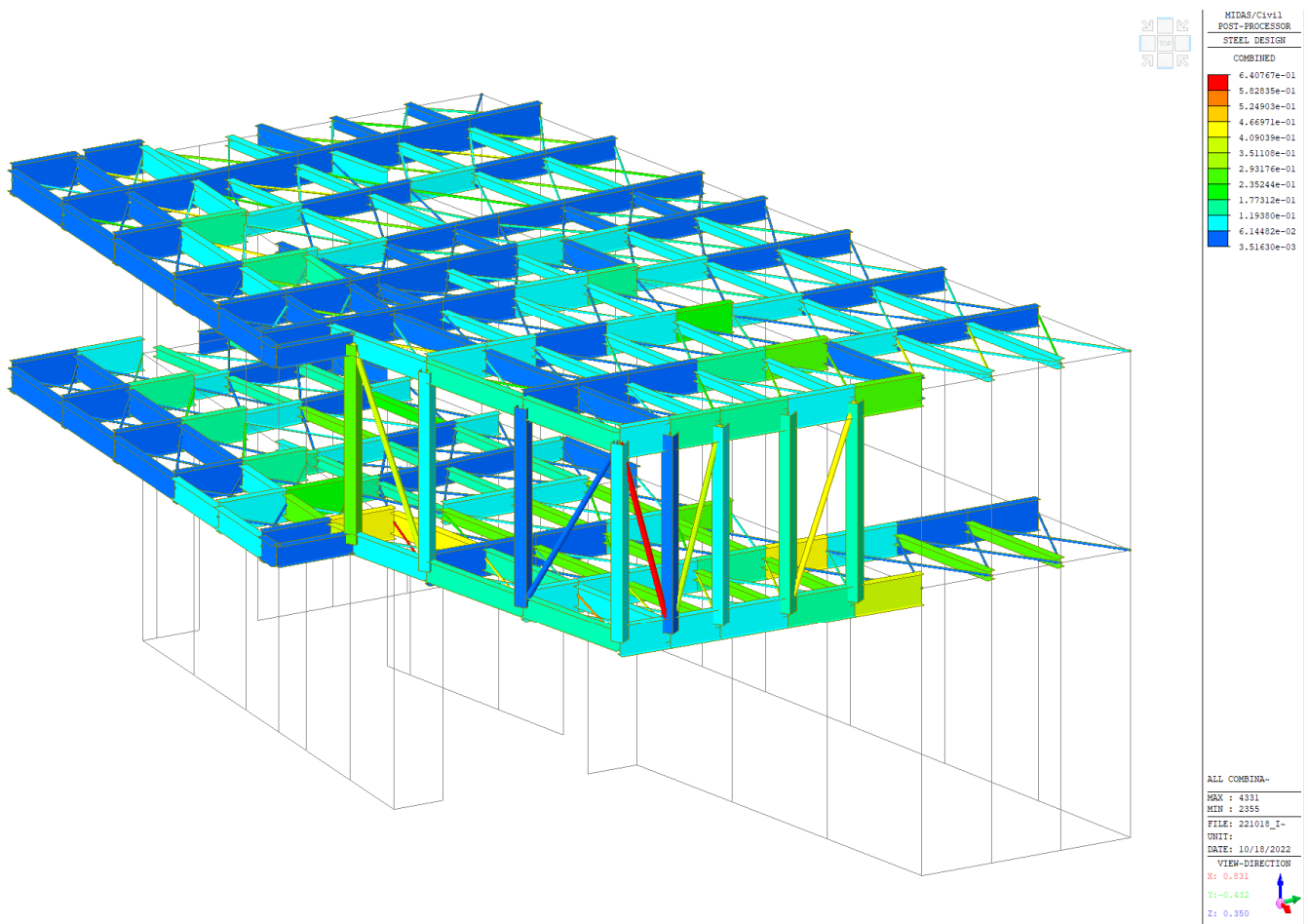


Figura 7-29: Verifiche SLU/SLV – coefficiente di sfruttamento

7.4 VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ

In questa fase progettuale viene condotto solamente il controllo dell'inflessione nel piano verticale del solaio del Piano Primo e del Piano Copertura.

Il limite di deformabilità è stato stabilito, considerando la porzione di solaio a sbalzo dai setti perimetrali, come indicato nell'immagine di seguito:

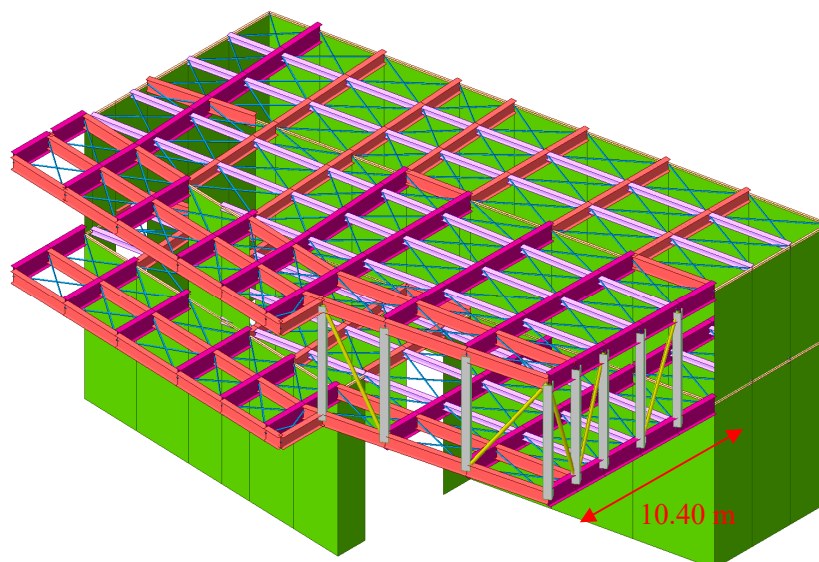


Figura 7-30: Porzione di solaio a sbalzo – Primo Piano

Il limite di deformabilità viene sancito così come indicato al § 4.2.4.2.1 delle NTC-2018 *“In carenza di più precise indicazioni si possono adottare i limiti indicati nella Tab. 4.2.XII, dove L è la luce dell’elemento o, nel caso di mensole, il doppio dello sbalzo.”*

Tab. 4.2.XII - Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

$$\delta_{v_MAX} = 2L/250 = 2 \times 10.40/250 = 0.08 \text{ m}$$

Di seguito la deformata globale del solaio in combinazione SLE in [m]:

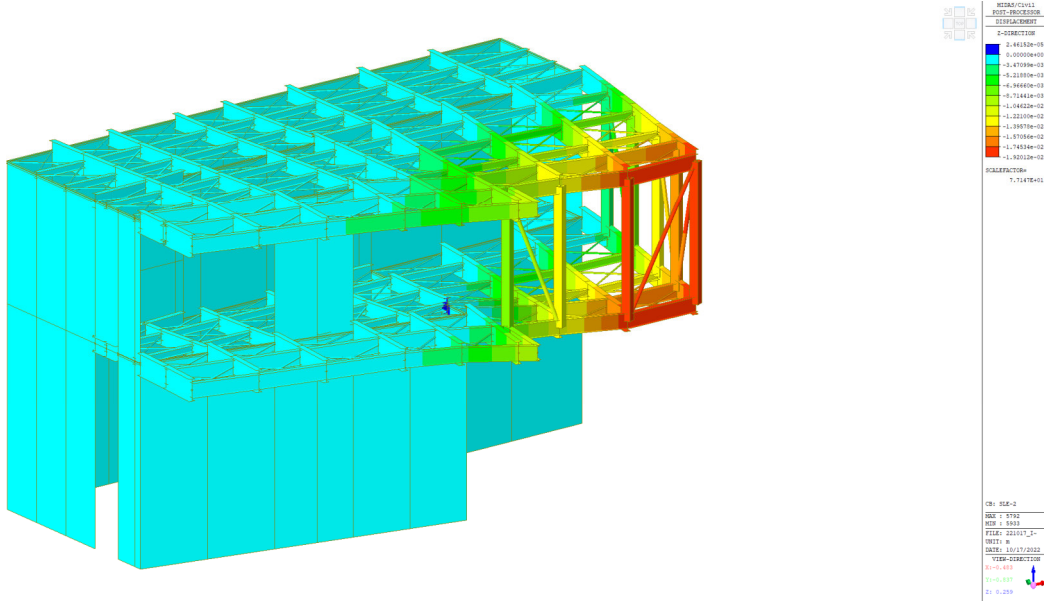


Figura 7-31: Deformata globale – Combinazione SLE-2

$$\delta_{v_MAX} = 0.08 \text{ m}$$

$$\delta_v = 0.02 \text{ m}$$

$$\delta_v < \delta_{v_MAX}$$



COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

OPERE CIVILI – RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA E DI
PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DEL
FABBRICATO VIAGGIATORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR00	10 R 14	RH	FV 01 0 001	A	56 di 71

La verifica è soddisfatta.

Si rimanda alle successive fasi progettuali per i necessari ulteriori approfondimenti.

7.5 SCARICHI IN FONDAZIONE

Nelle seguenti tabelle sono riepilogati gli scarichi nel nodo baricentrico della platea di fondazione. Per il dimensionamento delle fondazioni si rimanda ai paragrafi successivi.

Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
Dead	0	0	2510.557	-4962.98	-11402.3	-1E-06
G2	0	0	2510.557	-4962.98	-11402.3	-1E-06
Folla	0	0	3408.201	-11510.6	-17363.1	-1E-06
Neve	0	0	595.2387	-603.915	-2477.32	0
Parapetti-vetrate	0	0	278.5655	-751.462	-2363.59	0
Self-weight	0	0	33724.81	95364.52	-114140	-3E-06
SLU-1	0	0	56290.57	92374.31	-209003	-9E-06
SLU-2	0	0	55203.3	97101.17	-203047	-9E-06
SLE-1	0	0	42432.69	73176.44	-156671	-7E-06
SLE-2	0	0	42687.11	73723.59	-157412	-7E-06
SLD_1	20.89348	80.82063	42502.31	77203.16	-148809	552.4851
SLD_2	25.10242	97.10174	42584.99	77782.45	-147575	663.7818
SLD_3	36.47075	141.077	42808.32	79347.12	-144242	964.394
SLV_1	35.9013	138.8742	42797.13	79268.74	-144409	949.336
SLV_2	55.26271	213.7685	43177.48	81933.53	-138733	1461.309
SLV_3	58.42597	226.0047	43239.62	82368.9	-137805	1544.955

8 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Le unità geotecniche intercettate a partire da p.c. in corrispondenza del Fabbricato viaggiatori FV01 sono riportate nella seguente tabella:

da z(m)	a z(m)	sp (m)	Unità	Descrizione
0.00	4.70	4.70	R	<i>Sabbie e subordinate sabbie limoso-argillose grigie</i>
4.70	20.20	15.50	Ug-1	<i>Sabbia da grossolana a media – roccia in posto, alterata, arenizzata e disgregata in maniera variabile, ma presumibilmente in modo progressivamente più intenso man mano che ci si avvicina alla superficie topografica, fino alla quasi totale disgregazione della stessa ed alla perdita delle caratteristiche proprie del litotipo</i>
20.20	50.20	30.00	Ug-2	<i>Monzograniti inequigranulari ed equigranulari da grigio chiari a bruno rossastri da integri a molto fratturati</i>

Tabella 1: Stratigrafia a partire da piano campagna

Unità Geotecniche		Terreni Granulari					
Unità	Descrizione	γ kN/m ³	c' kPa	φ' °	E' MPa	I_p %	k m/s
R	<i>Sabbie e subordinate sabbie limoso – argillose grigie</i>	18 ÷ 19	0	30 ÷ 35	15 ÷ 30	NP	10 ⁻⁷
UG1	<i>Sabbia da grossolana a media - roccia in posto, alterata, arenizzata e disgregata in maniera variabile, ma presumibilmente in modo progressivamente più intenso man mano che ci si avvicina alla superficie topografica, fino alla quasi totale disgregazione della stessa ed alla perdita delle caratteristiche proprie del litotipo</i>	20 ÷ 22	0	40 ÷ 45	z = 0-8m 40 ÷ 60 z = 8-14m 60 ÷ 80 z > 14m 80 ÷ 120	NP	10 ⁻³ ÷ 10 ⁻⁷

Unità Geotecniche		Roccia intatta			Ammasso							
Unità	Descrizione	σ_i MPa	E_i GPa	Poisson	γ kN/m ³	m_i	GSI	$\sigma_m (D=0.5)$ MPa	$E_m (D=0.5)$ MPa	$\sigma_m (D=1)$ MPa	$E_m (D=1)$ MPa	k m/s
UG2	<i>Monzograniti inequigranulari ed equigranulari da grigio chiari a bruno rossastri da integri a molto fratturati</i>	80 ÷ 120	15 ÷ 40	0.17 ÷ 0.25	25.5 ÷ 26	32±3	65 ÷ 75	25 ÷ 33	5200 ÷ 7700	16 ÷ 24.5	2400 ÷ 4000	10 ⁻⁷ ÷ 10 ⁻⁸

Tabella 2: Parametri meccanici di riferimento

La falda di progetto è a 8.60 m da p.c.



COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

OPERE CIVILI – RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA E DI
PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DEL
FABBRICATO VIAGGIATORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR00	10 R 14	RH	FV 01 0 001	A	59 di 71

Per ulteriori dettagli riguardo la caratterizzazione geotecnica si rimanda alla Relazione Geotecnica delle opere allo scoperto (RR0000R11GEGE0006001A).

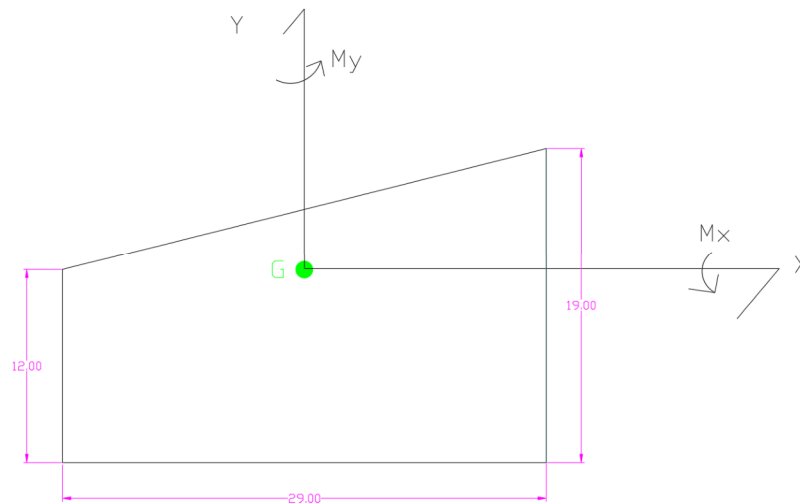
Il piano di fondazione è posto a 2.00 m da p.c., considerando il prescavo e lo spessore della platea di fondazione; pertanto la stratigrafia di progetto diventa la seguente:

da z(m)	a z(m)	sp (m)	Unità
0.00	2.70	2.70	R
2.70	18.20	15.50	Ug - 1
18.20	48.20	30.00	Ug - 2

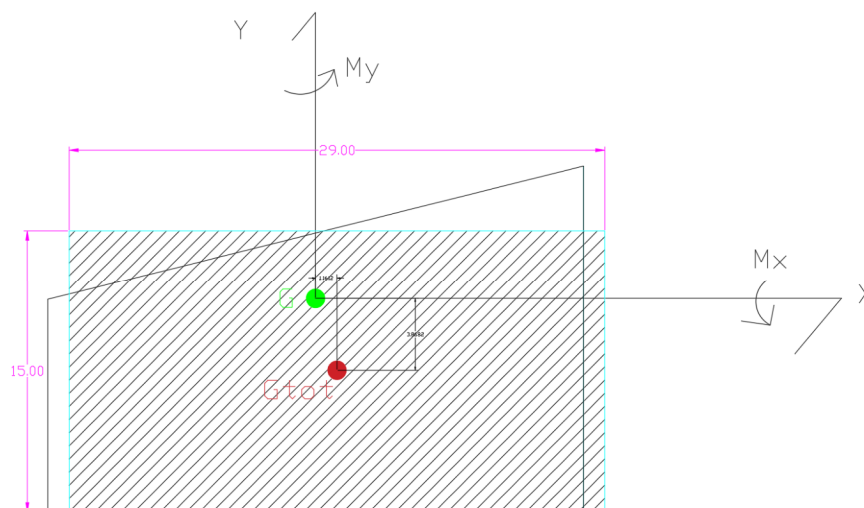
Tabella 3: Stratigrafia di progetto a partire da intradosso Platea

9 Platea di fondazione

Per il fabbricato viaggiatori oggetto di studio, si progetta la seguente platea di fondazione di forma trapezoidale.



Ai fini del dimensionamento, si considera una platea rettangolare equivalente di dimensioni $L=29.00\text{m}$ e $B=15.00\text{m}$.



Si considera uno spessore della platea pari ad $H=1.50$ m.

9.1 VERIFICHE SLU GEO

La progettazione di opere di fondazione dirette superficiali è eseguita in accordo con le prescrizioni riportate al § 6.4.2 delle NTC 2018. In base a quanto riportato al § 6.4.2.1 della norma devono essere effettuate le seguenti verifiche di sicurezza agli stati limite:

SLU di tipo geotecnico (GEO), nei quali si considera lo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dal raggiungimento della resistenza del terreno interagente con le fondazioni:

- stabilità globale;
- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- collasso per scorrimento sul piano di posa.

SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali che costituiscono la fondazione.

La verifica di stabilità globale si esegue impiegando l'Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2) mentre le rimanenti verifiche si eseguono impiegando l'Approccio 2 (A1+M1+R3).

Si riportano di seguito i coefficienti parziali relativi alle Azioni (γ_A), Parametri geotecnici (γ_M) e Resistenze (γ_R):

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_r	γ_r	1,0	1,0

 Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

In presenza di azioni sismiche la fondazione superficiale deve essere verificata con riferimento allo stato limite ultimo SLV adottando i coefficienti parziali sulle resistenze:

 Tab. 7.11.II - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche degli stati limite (SLV) delle fondazioni superficiali con azioni sismiche

Verifica	Coefficiente parziale γ_R
Carico limite	2,3
Scorrimento	1,1
Resistenza sulle superfici laterali	1,3

Qualora nel calcolo del carico limite si consideri esplicitamente l'effetto delle azioni inerziali sul volume significativo di terreno allora il coefficiente di resistenza γ_R può essere assunto pari ad 1.8.

Nella verifica a scorrimento è possibile tener conto, nel caso di scavi a sezione obbligata, della resistenza lungo le superfici laterali, nonché della resistenza passiva con un contributo massimo del 50%.

Ai fini delle verifiche di seguito riportate, i contributi sopracitati non sono stati presi in considerazione a favore di sicurezza.

9.2 CALCOLO DELLE AZIONI

Dall'analisi strutturale eseguita con fattore di struttura unitario, $q=1.00$, in accordo a quanto riportato al §7.2.5 delle NTC2018, emerge che le sollecitazioni agenti ad estradosso fondazione sono le seguenti:

	SCARICHI AD ESTRADOSSO FONDAZIONE TRAPEZOIDALE					
<i>Load</i>	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
SLU-1	0.0	0.0	56290.6	92374.3	-209002.7	0.0
SLE-1	0.0	0.0	42432.7	73176.4	-156670.8	0.0
SLD_1	20.9	80.8	42502.3	77203.2	-148809.1	552.5
SLD_2	25.1	97.1	42585.0	77782.5	-147575.1	663.8
SLV_1	35.9	138.9	42797.1	79268.7	-144409.1	949.3
SLV_2	55.3	213.8	43177.5	81933.5	-138732.9	1461.3
SLD_3	36.5	141.1	42808.3	79347.1	-144242.2	964.4
SLV_3	58.4	226.0	43239.6	82368.9	-137805.5	1545.0
SLU-2	0.0	0.0	55203.3	97101.2	-203047.3	0.0
SLE-2	0.0	0.0	42687.1	73723.6	-157411.8	0.0

Tabella 4: Sollecitazioni risultanti ad estradosso platea di fondazione trapezoidale

Si considerano, dunque, le seguenti sollecitazioni agenti nel baricentro della fondazione rettangolare equivalente:

	SCARICHI BARICENTRO PLATEA RETTANGOLARE EQUIVALENTE					
<i>Load</i>	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
SLU-1	0.0	0.0	-77764.9	125368.9	274367.3	-
SLE-1	0.0	0.0	-58951.4	90961.7	205943.7	-
SLD_1	-1656.2	-571.4	-59266.4	87204.3	198162.7	-
SLD_2	-515.7	-587.7	-59921.4	86944.8	197024.8	-
SLV_1	-1671.3	-629.5	-59561.2	86279.1	194105.2	-
SLV_2	-545.9	-704.4	-60513.9	85085.6	188870.5	-
SLD_3	-527.1	-1776.4	-59572.4	86244.0	193951.2	-
SLV_3	-549.0	-1861.4	-60003.7	84890.6	188015.3	-
SLU-2	0.0	0.0	-76677.7	116436.3	267149.3	-
SLE-2	0.0	0.0	-59205.9	91398.7	206980.1	-

Tabella 5: Sollecitazioni risultanti nella platea rettangolare equivalente

Alle azioni ad estradosso, nel caso dei carichi SLV, è stato sommato il contributo dell'inerzia della platea, considerando i seguenti parametri:



COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

OPERE CIVILI – RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA E DI
PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DEL
FABBRICATO VIAGGIATORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR00	10 R 14	RH	FV 01 0 001	A	64 di 71

A	440.5	mq
sp.	1.5	m
γ	25	kN/mc
V	660.75	mc
Peso	16518.8	kN/mc
a_{max}	0.099	g
kh	0.099	-
kv (+)	0.0495	-
Fh	1635.4	kN
Fv	817.7	kN

Le verifiche di capacità portante sono state effettuate considerando le combinazioni di carico SLU ed SLV.

Nel caso di verifiche in campo sismico, si sottolinea che nella formula trinomia sono stati portati in conto anche i coefficienti correttivi per Azione Sismica, determinati secondo la formulazione proposta da Paolucci&Pecker (1997):

$\tan\varphi$	0.577
kh	0.099
zq	0.936
zg	0.936
zc	0.968

Nel seguente paragrafo si riportano i risultati delle verifiche SLU ed SLV per la platea rettangolare equivalente.

9.3 RISULTATI VERIFICHE SLU ED SLV

Si riportano, a titolo di esempio, i risultati delle verifiche di capacità portante e allo scorrimento, ottenuti considerando la combinazione SLV_1.

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = M_b/N$)

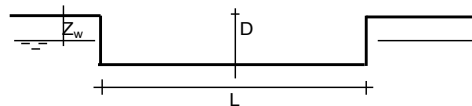
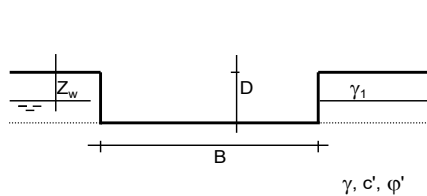
e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = M_l/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2 \cdot e_L$)

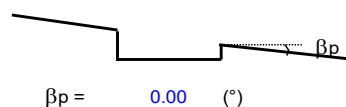
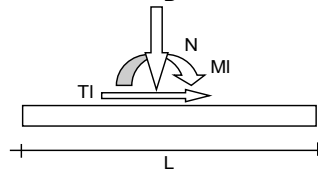
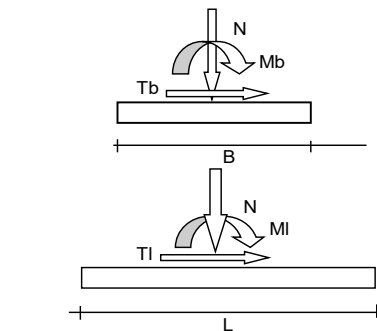
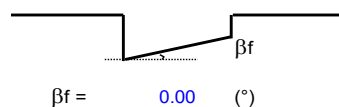
(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

Metodo di calcolo		coefficienti parziali					
		azioni		proprietà del terreno		resistenze	
		permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'	q_{lim}	scorr
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00
	SISMA	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10
	SISMA	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili		1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00
Definiti dal Progettista		1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 29.00 (m)
L = 15.00 (m)
D = 2.00 (m)



AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo	
	permanenti	temporanee		
N [kN]	59561		59561	N=N
Mb [kNm]	194105		194105	Mb=Mxx
MI [kNm]	86279		86279	MI=Myy
Tb [kN]	630		630	Tb=Vy
TI [kN]	1671		1671	TI=Vx
H [kN]	1786	0.00	1786	H

Peso unità di volume del terreno

$\gamma_1 = 18.50$ (kN/mc)
 $\gamma = 18.50$ (kN/mc)

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$c' = 0.00$ (kN/mq)
 $\varphi' = 30.00$ (°)

Valori di progetto

$c' = 0.00$ (kN/mq)
 $\varphi' = 30.00$ (°)

Profondità della falda

$Z_w = 6.60$ (m)

$e_B = 3.26$ (m)
 $e_L = 1.45$ (m)

$B^* = 22.48$ (m)
 $L^* = 12.10$ (m)

q : sovraccarico alla profondità D

$q = 37.00$ (kN/mq)

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$\gamma = 10.09$ (kN/mc)

N_c, N_q, N_γ : coefficienti di capacità portante

$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$

$N_q = 18.40$

$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$

$N_c = 30.14$

$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$

$N_\gamma = 22.40$

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L \cdot N_c)$$

$$s_c = 1.33$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L$$

$$s_q = 1.31$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \cdot B / L$$

$$s_\gamma = 0.78$$

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B / L) / (1 + B / L) = 1.65 \quad \theta = \arctg(T_b/T_I) = 20.64 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L / B) / (1 + L / B) = 1.35 \quad m = 1.39 \quad (-)$$

$$i_q = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cotg \varphi'))^m$$

($m=2$ nel caso di fondazione nastriforme e $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri casi)

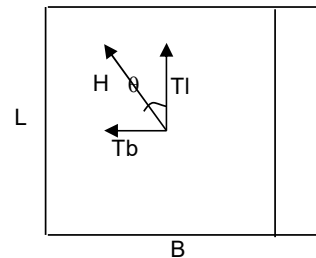
$$i_q = 0.96$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$$

$$i_c = 0.96$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cotg \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.93$$



d_c, d_q, d_γ : fattori di profondità del piano di appoggio

per $D/B \leq 1$; $d_q = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 / B$

per $D/B > 1$; $d_q = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2) \cdot \arctan (D / B)$

$$d_q = 1.05$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$d_c = 1.05$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$



COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

OPERE CIVILI – RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA E DI
PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DEL
FABBRICATO VIAGGIATORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR00	10 R 14	RH	FV 01 0 001	A	68 di 71

b_c, b_q, b_γ : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_f \tan \varphi')^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

g_c, g_q, g_γ : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan \beta_p)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 1773.39 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 218.90 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 771.04 \geq q = 218.90 \quad (\text{kN/m}^2)$$

3.52 FS

VERIFICA A SCORRIMENTO

Carico agente

$$H_d = 1785.92 \quad (\text{kN})$$

Azione Resistente

$$S_d = N \tan(\varphi') + c' B^* L^*$$

$$S_d = 34387.67 \quad (\text{kN})$$

Verifica di sicurezza allo scorrimento

$$S_d / \gamma_R = 31261.52 \geq H_d = 1785.92 \quad (\text{kN})$$

17.50 FS



COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

OPERE CIVILI – RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA E DI
PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DEL
FABBRICATO VIAGGIATORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR00	10 R 14	RH	FV 01 0 001	A	69 di 71

Si riportano, in forma sintetica, i risultati delle verifiche di capacità portante e delle verifiche a scorrimento, ottenuti considerando tutte le combinazioni di carico allo SLU e allo SLV:

	FS_{carico limite}	FS_{scorrimento}
SLU-1	2.86	-
SLV_1	3.52	17.5
SLV_2	3.65	35.6
SLV_3	3.52	16.23
SLU-2	2.98	-

Le verifiche sono, dunque, soddisfatte.



COLLEGAMENTO AEROPORTO DI OLBIA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

OPERE CIVILI – RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA E DI
PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DEL
FABBRICATO VIAGGIATORI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR00	10 R 14	RH	FV 01 0 001	A	70 di 71

9.4 VERIFICHE SLE

9.4.1 *Calcolo dei Cedimenti primari*

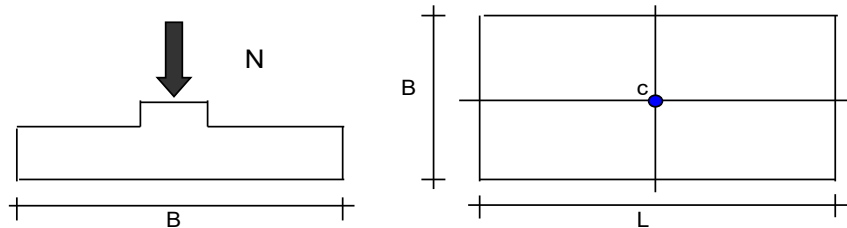
In accordo a quanto previsto dalle NTC2018 §6.4.2.2 è necessario verificare che gli spostamenti determinati nella condizione di carico SLE siano compatibili con i requisiti prestazionali della sovrastruttura.

Con riferimento alla stratigrafia riportata cap. 8 si determinano, nel caso di fondazione rettangolare, i cedimenti indotti a partire da quota intradosso fondazione, trascurando a favore di sicurezza il contributo favorevole del terreno rimosso.

La formulazione utilizzata è quella proposta da Poulos&Davis (1974).

CEDIMENTI DI UNA FONDAZIONE RETTANGOLARE

LAVORO:



Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis; 1974)

$$\Delta\sigma_{zi} = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) + ((L/2)(B/2)z/R_3)(1/R_1^2 + 1/R_2^2))$$

$$\Delta\sigma_{xi} = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z/R_3 R_1^2))$$

$$\Delta\sigma_{yi} = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z/R_3 R_2^2))$$

$$R_1 = ((L/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_2 = ((B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_3 = ((L/2)^2 + (B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$\delta_{tot} = \sum \delta_i = \sum (((\Delta\sigma_{zi} - \nu_i(\Delta\sigma_{xi} + \Delta\sigma_{yi}))\Delta z_i / E_i)$$

DATI DI INPUT:

- B = 15.00 (m) (Larghezza della Fondazione)
L = 29.00 (m) (Lunghezza della Fondazione)
N = 59206 (kN) (Carico Verticale Agente)
q = 136.11 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/(B*L)))
ns = 3 (-) (numero strati) (massimo 6)

Strato	Litologia	Spessore	da z _i	a z _{i+1}	Δz _i	E	ν	δ _{ci}
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m ²)	(-)	(cm)
1	R	2.70	0.0	2.7	1.0	15000	0.30	1.08
2	Ug-1	15.50	2.7	18.2	1.0	50000	0.30	2.29
3	Ug-2	30.00	18.2	48.2	1.0	1000000	0.30	0.06

$$\delta_{ctot} = \delta_{c,i} = 3.43 \text{ (cm)}$$

Il cedimento totale calcolato, in relazione alla natura prevalentemente sabbiosa dei terreni oggetto di studio, si configura come cedimento immediato, ossia riscontrabile già a termine costruzione. Il risultato ottenuto è ammissibile in valore assoluto per la struttura in oggetto e compatibile con l'eventuale cedimento relativo tra il Fabbricato di stazione e l'impalcato del viadotto ferroviario adiacente (VI04).