



Autorità di Sistema Portuale
del Mare Adriatico Orientale
Porti di Trieste e Monfalcone

PROGETTO AdSP n. 1951

Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste

CUP: C94E21000460001

Progetto di Fattibilità Tecnico Economica Fascicolo B – Elaborati di sviluppo complessivo

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:		
arch. Gerardo Nappa	AdSP MAO	Responsabile dell'integrazione e Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione
arch. Sofia Dal Piva	AdSP MAO	Progettazione generale
arch. Stefano Semenic	AdSP MAO	Progettazione generale
ing. Roberto Leoni	BITECNO S.r.l.	Sistema di trazione elettrica ferroviaria
ing. Saturno Minnucci	MINNUCCI ASSOCIATI S.r.l.	Impianti speciali e segnalamenti ferroviari
ing. Dario Fedrigo	ALPE ENGINEERING S.r.l.	Progettazione strutturale oo.cc. ferrovia e strade
ing. Andrea Guidolin p.i. Furio Benci	SQS S.r.l.	Progettazione della sicurezza
ing. Sara Agnoletto	HMR Ambiente S.r.l.	Progettazione MISP e cassa di colmata
p.i. Trivellato, dott. G. Malvasi, dott. S. Bartolomei	p.i. Antonio Trivellato d.i.	Modellazione rumore, atmosfera, vibrazioni
dott. Gabriele Cailotto ing. Anca Tamasan	NEXTECO S.r.l.	Studio di impatto ambientale e piano di monitoraggio ambientale
ing. Sebastiano Cristoforetti	CRISCON S.r.l.s.	Relazione di sostenibilità
ing. Tommaso Tassi	F&M Ingegneria S.p.A.	Progettazione degli edifici pubblici nel contesto dell'ex area "a caldo"
ing. Michele Titton	ITS s.r.l.	Connessione stradale alla GVT
RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: ing. Paolo Crescenzi		

NOME FILE: 6ML8_P_R_N-STR_3AM_001_02_00.docx	SCALA: ---
TITOLO ELABORATO: Relazione di calcolo delle strutture a mare parte 1 di 2	ELABORATO: 6ML8_P_R_M-STR_3AM_001_02

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
00	01/02/2023	Definitivo	Esterno	S.Dal Piva	G.Nappa

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione di calcolo delle strutture a mare</p>	<p>Pag. 1 di 346</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------

Sommario

1	INTRODUZIONE	10
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	15
3	SOFTWARE DI CALCOLO.....	16
4	PROPRIETÀ DEI MATERIALI.....	17
4.1	CALCESTRUZZO	17
4.1.1	<i>Calcestruzzo per elementi prefabbricati</i>	<i>17</i>
4.1.2	<i>Calcestruzzo gettato in opera – soletta.....</i>	<i>17</i>
4.1.3	<i>Calcestruzzo gettato in opera – pali di fondazione.....</i>	<i>17</i>
4.2	ACCIAIO	17
1.1.1	<i>Acciaio per armatura lenta.....</i>	<i>17</i>
1.1.2	<i>Acciaio per pretensione – Molo VIII.....</i>	<i>17</i>
1.1.3	<i>Acciaio per armatura da precompressione – Corner E.....</i>	<i>18</i>
1.1.4	<i>Acciaio per carpenteria.....</i>	<i>18</i>
5	VITA UTILE, CLASSE D’USO E PERIODO DI RIFERIMENTO	19
5.1	VITA NOMINALE.....	19
5.2	CLASSE D’USO	19
5.3	PERIODO DI RIFERIMENTO.....	20
6	MOLO VIII	21
6.1	FATTORE DI COMPORTAMENTO	21
6.2	CARICHI	21
1.1.5	<i>Pesi propri e sovraccarichi permanenti</i>	<i>21</i>
6.2.1	<i>Carichi accidentali.....</i>	<i>21</i>
6.2.2	<i>Azione sismica</i>	<i>33</i>
6.3	COMBINAZIONI DI CARICO	38
6.3.1	<i>Stato limite ultimo (SLU).....</i>	<i>38</i>
6.4	MODELLO FEM.....	39
6.4.1	<i>Modello Deck</i>	<i>39</i>
6.4.2	<i>Modelli singoli dei pali</i>	<i>74</i>
6.4.3	<i>Barriere Frangivento</i>	<i>82</i>
6.5	RISULTATI E VERIFICHE DECK.....	88

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione di calcolo delle strutture a mare</p>	<p>Pag. 2 di 346</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------

6.5.1	<i>Risultati dei modelli globali</i>	88
6.5.2	<i>Trave REP</i>	126
6.5.3	<i>Solaio PAC</i>	130
6.5.4	<i>Trave porta rotaia – Gru STS</i>	138
6.5.5	<i>Trave porta rotaia – Gru ASC</i>	151
6.5.6	<i>Trave centrale – T rovescia</i>	164
6.5.7	<i>Predalles prefabbricata – L=3m</i>	175
6.5.8	<i>Predalles prefabbricata – 4.7m</i>	177
6.5.9	<i>Predalles prefabbricata – L=6m</i>	180
7	CORNER E	182
7.1	FATTORE DI STRUTTURA DI PROGETTO	182
7.2	AZIONI DI PROGETTO E ANALISI DEI CARICHI.....	182
7.2.1	<i>Valutazione dell'azione sismica di progetto</i>	182
7.2.2	<i>Azione del vento</i>	194
7.2.3	<i>Azione della neve</i>	199
7.2.4	<i>Azione della temperatura</i>	202
7.2.5	<i>Carichi variabili - Sovraccarichi</i>	204
7.2.6	<i>Effetti di viscosità e ritiro</i>	207
7.2.7	<i>Combinazioni di carico</i>	208
7.3	MODELLO DI CALCOLO AD ELEMENTI FINITI – MODELLO FEM	210
7.3.1	<i>Descrizione del modello FEM</i>	211
7.3.2	<i>Carichi</i>	211
7.3.3	<i>Rigidezze da assegnare ai pali di fondazione</i>	218
7.3.4	<i>Rigidezze da assegnare a ciascun dispositivo</i>	221
7.3.5	<i>Risultati analisi delle frequenze</i>	230
7.3.6	<i>Risultati analisi statica - PDS</i>	232
7.3.7	<i>Risultati analisi sismica – PDS – Pali di fondazione</i>	235
7.4	VERIFICHE.....	246
7.4.1	<i>Verifica capacità spostamento dispositivo sismico</i>	246
7.4.2	<i>Verifica trave a T - Impalcato</i>	247
7.4.3	<i>Verifica Lastra PAC - Impalcato</i>	249
8	VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI DI FONDAZIONE	251

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione di calcolo delle strutture a mare</p>	<p>Pag. 3 di 346</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------

8.1	MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO	251
8.2	CRITERI DI VERIFICA DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI NTC 2018	252
8.3	CRITERI DI VERIFICA OPERE DI FONDAZIONE SU PALI NTC 2018	254
8.4	PROGETTAZIONE PER AZIONI SISIMICHE NTC 2018	258
8.5	CAPACITÀ PORTANTE VERTICALE.....	261
8.5.1	<i>Portata laterale unitaria</i>	261
8.5.2	<i>Portata di punta unitaria</i>	263
8.5.3	<i>Verifiche pali Molo VIII</i>	265
8.5.4	<i>Verifiche pali Corner E</i>	267
8.6	CAPACITÀ PORTANTE ORIZZONTALE	268
8.6.1	<i>Verifiche pali Molo VIII</i>	278
8.6.5	<i>Verifiche pali Corner E</i>	283
9	RISULTATI E VERIFICHE BARRIERE FRANGIVENTO	285
9.1	RISULTATI	285
9.1.1	<i>Risultati elementi beam – SLU</i>	285
9.1.2	<i>Risultati elementi truss – SLU</i>	287
9.1.3	<i>Reazioni vincolari</i>	288
9.2	VERIFICHE.....	289
9.2.1	<i>HEA200</i>	289
9.2.2	<i>HEA140</i>	301
9.2.3	<i>IPE180</i>	310
9.2.4	<i>IPE220</i>	320
9.2.5	<i>2L 60x6mm</i>	331
9.2.6	<i>Validazione del modello</i>	341
9.2.7	<i>Analisi di instabilità</i>	342
9.2.8	<i>Valutazioni sismiche</i>	344

Sommario figure

Figura 1-1: Layout terminal ASC	10
Figura 1-2: Sezione Molo VIII	11
Figura 1-2: Sezione Corner E	11

	<p style="text-align: center;">Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p style="text-align: center;">Relazione di calcolo delle strutture a mare</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 4 di 346</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------

Figura 1-2: Pianta strutturale Molo VIII	12
Figura 13-2: Pianta del corner E	13
Figura 1-3: Render - Frangivento	14
Figura 7-1 - Coefficienti di esposizione secondo NTC18	29
Figura 7-2 - (a) parametri per una struttura rettangolare (b) coefficiente di esposizione c_{pe} per facciate sopravento, sottovento and laterale	29
Figura 9-1 - Vista planimetrica Modello Generale	39
Figura 9-2 - Vista assonometrica del modello globale	40
Figura 9-3 - Vista Prospettica con elementi in spessore del molo	40
Figura 9-4 - Vista laterale longitudinale unifilare e con elementi in spessore con linea di riferimento per identificare altezza variabile pile	40
Figura 9-5 - Vista laterale lato corto con elementi in spessore	41
Figura 9-6 - Localizzazione travi a T rovescia	41
Figura 9-7 - localizzazione travi L con altezza pari a 1.55m.....	41
Figura 9-8 - Localizzazione travi L con altezza pari a 2.35m	42
Figura 9-9 - localizzazione della trave di Testa	42
Figura 9-10 - Localizzazione delle travi larghezza 3m al di sotto delle Bitte	43
Figura 9-11 - Localizzazione dei pali da 120cm.....	43
Figura 9-12 - Localizzazione dei pali da 140cm	44
Figura 9-13 - Caratteristiche calcestruzzo - Sx travi prefabbricate - Dx Soletta	44
Figura 9-14 - Caratteristiche calcestruzzo - Pali	45
Figura 9-15 - plate con spessore 70cm della fase 1b	45
Figura 9-16 - plate con spessore 70cm della fase 1c	46
Figura 9-17 - plate con spessore 70cm della fase 2.....	46
Figura 9-18 - plate con spessore 70cm della fase 3.....	47
Figura 9-19 - plate con spessore 45cm della fase 1b	47
Figura 9-20 - plate con spessore 45cm della fase 1c	48
Figura 9-21 - plate con spessore 45cm della fase 2.....	48
Figura 9-22 - plate con spessore 45cm della fase 3.....	49
Figura 9-23 - Vincolo verticale sui pali di fondazione	49
Figura 9-24 - Punti di vincolo della struttura - destra zona E - sinistra zona D	50
Figura 9-25 - Identificazione degli end release sui beam longitudinali.....	51
Figura 9-26 - Identificazione degli end release sui plate	51

	<p style="text-align: center;">Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p style="text-align: center;">Relazione di calcolo delle strutture a mare</p>	<p style="text-align: right;">Pag. 5 di 346</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------

Figura 9-27 - Carico lineare peso distribuzione peso proprio travi	53
Figura 9-28 - Inserimento del carico di 60 kN/m ² nella Stacking area	54
Figura 9-29 - Inserimento del carico di 30 kN/m ² nella Stacking area	54
Figura 9-30 - Applicazione del carico di 60kN/m ² nella Quay area.....	55
Figura 9-31 - Applicazione del carico di 30 kN/m ² nella Quay area.....	55
Figura 9-32 - Applicazione del Ritiro nei modelli globali	56
Figura 9-33 - Esempio di applicazione carico Fender	57
Figura 9-34 - Applicazione del carico bitte per una nave nella parte alta del molo	57
Figura 9-35 Applicazione del carico bitte per una nave nella parte bassa del molo	58
Figura 9-36 - Applicazione delle forze massime locali per le gru STS	58
Figura 9-37 - Applicazione delle forze massime locali per le gru ASC - una delle 3 condizioni inserite	59
Figura 9-38 - Modello FEM dei pali 1200 (evidenziato) e 1400	75
Figura 9-39 - Applicazione delle forze e dei momenti (in kN e kNmm)	75
Figura 9-40 - Vincoli: a sx localizzazione delle molle laterali; a dx i vincoli fissi verticali e rotazione in asse alla base dei pali.....	76
Figura 9-41 - Spostamento per la forza orizzontale.....	81
Figura 9-42 - Rotazioni in testa per momento applicato.....	81
Figura 10-1 - Sforzi massimi e minimi assiali per l'involuppo SLU (kN) – Pali da 1200	88
Figura 10-2 Sforzi massimi e minimi assiali per l'involuppo SLU (kN) – Pali da 1400	89
Figura 10-3: Momento flettente SLU - Semplice appoggio.....	126
Figura 10-4: Taglio SLU - Semplice appoggio	127
Figura 10-5: Momento flettente SLU – Incastro alle estremità	127
Figura 10-6: Taglio SLU – Incastro alle estremità	128
Figura 10-7: Verifica a momento positivo	129
Figura 10-8: Verifica a momento negativo	130
Figura 10-9: Momento flettente - Fase 1 - Pesì propri lastra.....	131
Figura 10-10: Taglio - Fase 1 - Pesì propri lastra	131
Figura 10-11: Momento flettente - Fase 1 - Pesì propri getto soletta	132
Figura 10-12: Taglio - Fase 1 - Pesì propri getto soletta	132
Figura 10-13: Momento flettente - Fase 3 – Applicazione sottofondo.....	133
Figura 10-14: Taglio - Fase 3 – Applicazione sottofondo	133
Figura 10-15: Momento flettente - Fase 4 – Applicazione container – Configurazione 1	133

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione di calcolo delle strutture a mare</p>	<p>Pag. 6 di 346</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------

Figura 10-16: Taglio - Fase 4 – Applicazione container – Configurazione 1.....	134
Figura 10-17: Momento flettente - Fase 4 – Applicazione container – Configurazione 2	134
Figura 10-18: Taglio - Fase 4 – Applicazione container – Configurazione 2.....	134
Figura 10-19: Momento flettente - Fase 1 - Peso proprio travi.....	139
Figura 10-20: Taglio - Fase 1 - Peso proprio travi	139
Figura 10-21: Momento flettente - Fase 1 - Peso proprio soletta gettata.....	140
Figura 10-22: Taglio - Fase 1 - Peso proprio soletta gettata	140
Figura 10-23: Momento flettente - Fase 1 - Peso proprio solaio PAC	141
Figura 10-24: Taglio - Fase 1 - Peso proprio solaio PAC.....	141
Figura 10-25: Momento flettente - Fase 2 – Sovraccarico sottofondo	142
Figura 10-26: Taglio - Fase 2 – Sovraccarico sottofondo.....	142
Figura 10-27: Momento flettente - Fase 3 – Gru STS	143
Figura 10-28: Taglio - Fase 3 – Gru STS.....	143
Figura 10-29: Momento flettente - Fase 3 – Container	144
Figura 10-30: Taglio - Fase 3 – Container.....	144
Figura 10-31: Momento flettente - Fase 1 - Peso proprio travi.....	151
Figura 10-32: Taglio - Fase 1 - Peso proprio travi	151
Figura 10-33: Momento flettente - Fase 1 - Peso proprio soletta gettata.....	152
Figura 10-34: Taglio - Fase 1 - Peso proprio soletta gettata	152
Figura 10-35: Momento flettente - Fase 1 - Peso proprio solaio PAC	153
Figura 10-36: Taglio - Fase 1 - Peso proprio solaio PAC.....	153
Figura 10-37: Momento flettente - Fase 2 – Sovraccarico sottofondo	154
Figura 10-38: Taglio - Fase 2 – Sovraccarico sottofondo.....	154
Figura 10-39: Momento flettente - Fase 3 – Gru ASC	155
Figura 10-40: Taglio - Fase 3 – Gru ASC	155
Figura 10-41: Momento flettente - Fase 3 – Container – Configurazione 1	156
Figura 10-42: Taglio - Fase 3 – Container – Configurazione 1	156
Figura 10-43: Momento flettente - Fase 3 – Container – Configurazione 2	157
Figura 10-44: Taglio - Fase 3 – Container – Configurazione 2	157
Figura 10-45: Momento flettente - Fase 1 - Peso proprio travi.....	164
Figura 10-46: Taglio - Fase 1 - Peso proprio travi	165
Figura 10-47: Momento flettente - Fase 1 - Peso proprio soletta gettata.....	165

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione di calcolo delle strutture a mare</p>	<p>Pag. 7 di 346</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------

Figura 10-48: Taglio - Fase 1 - Peso proprio soletta gettata	166
Figura 10-49: Momento flettente - Fase 1 - Peso proprio solaio PAC	166
Figura 10-50: Taglio - Fase 1 - Peso proprio solaio PAC	167
Figura 10-51: Momento flettente - Fase 2 – Sovraccarico sottofondo	167
Figura 10-52: Taglio - Fase 2 – Sovraccarico sottofondo	168
Figura 10-53: Momento flettente - Fase 3 – Container – Configurazione 1	168
Figura 10-54: Taglio - Fase 3 – Container – Configurazione 1	169
Figura 10-55: Momento flettente - Fase 3 – Container – Configurazione 2	169
Figura 10-56: Taglio - Fase 3 – Container – Configurazione 2	169
Figura 13-3: Mappa Pericolosità sismica del sito	183
Figura 13-4: Zone di azione del vento	195
Figura 13-5: Classi di rugosità del terreno	197
Figura 13-6: Definizione della categoria di esposizione	198
Figura 13-7: (a) parametri per edifici rettangolari; (b) cpe coefficienti per facce sopravento, sottovento e laterali	198
Figura 13-8: Zone di carico neve	200
Figura 13-9: Condizioni di carico per coperture a due falde	201
Figura 13-10: Zone per azione della temperatura	202
Figura 13-11: Vista tridimensionale del modello FEM Globale	211
Figura 13-12: Carico permanente delle lastre PAC	212
Figura 13-13: Configurazione 0	213
Figura 13-14: Configurazione a	213
Figura 13-15: Configurazione b	214
Figura 13-16: Carico permanente dovuto alla pavimentazione	214
Figura 13-17: Carico permanente dovuto al sovraccarico accidentale dei containers	215
Figura 13-18: Carico permanente dei due trasformatori della stazione ad alta tensione	216
Figura 13-19: Carico Bitta	216
Figura 13-20: Carico Fender	217
Figura 13-21: Temperatura in espansione	217
Figura 13-22: Temperatura in contrazione	218
Figura 13-23: Dispositivo a pendolo	229
Figura 13-24: Modi di vibrare della struttura e masse partecipanti	230

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione di calcolo delle strutture a mare</p>	<p>Pag. 8 di 346</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------

Figura 13-25: 1st mode, $T_1 = 4.10$ s	231
Figura 13-26: 2nd mode, $T_2 = 4.01$ s	231
Figura 13-27: 3rd mode, $T_3 = 3.94$ s	232
Figura 13-28: Diagramma momento flettente travi a T	232
Figura 13-29: Diagramma sforzo di taglio travi a T	233
Figura 13-30: Diagramma momento flettente lastre PAC	233
Figura 13-31: Diagramma sforzo di taglio lastre PAC	234
Figura 13-32: Sforzo normale pali di fondazione – SLU Statica	234
Figura 13-33: Sforzo normale pali di fondazione – SLV Sismica	235
Figura 13-34: Sforzo di taglio in direzione 1 pali di fondazione – Involuppo sismico	235
Figura 13-35: Sforzo di taglio in direzione 2 pali di fondazione – Involuppo sismico	236
Figura 13-36: Momento flettente in direzione 1 pali di fondazione – Involuppo sismico	236
Figura 13-37: Momento flettente in direzione 2 pali di fondazione – Involuppo sismico	237
Figura 13-38: Spostamento DXY per sismica SLC in direzione X	246
Figura 13-39: Spostamento DXY per sismica SLC in direzione Y	247
Figura 11-1 - Valori di k e μ per terreni granulari	262
Figura 11-2 - Valori di α per terreni coesivi.	262
Figura 11-3 - Resistenza limite del terreno.	268
Figura 11-4 - Pali liberi di ruotare in testa, terreni coesivi. a) palo corto; b) palo lungo.	269
Figura 11-5 - Valore limite di H per pali corti, liberi o impediti di ruotare in testa, terreni coesivi.	270
Figura 11-6 - Massimo momento flettente per pali corti, liberi o impediti di ruotare in testa, terreni coesivi.	270
Figura 11-7 - Valore limite di H per i pali lunghi, liberi o impediti di ruotare in testa, terreni coesivi.	271
Figura 11-8 - Pali impediti di ruotare in testa, terreni coesivi	272
Figura 11-9 - Valore limite di H per i pali intermedi impediti di ruotare in testa, terreni coesivi.	273
Figura 11-10 - Pali liberi di ruotare in testa, terreni incoerenti. a) palo corto; b) palo lungo. ...	274
Figura 11-11 - Valore limite di H per i pali corti, liberi di ruotare in testa, terreni incoerenti. ...	274
Figura 11-12 - Massimo momento flettente per i pali corti, liberi o impediti di ruotare in testa, terreni incoerenti.	275
Figura 11-13 - Valore limite di H per i pali lunghi, liberi o impediti di ruotare in testa, terreni incoerenti.	275

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione di calcolo delle strutture a mare</p>	<p>Pag. 9 di 346</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------

Figura 11-14 - Pali impediti di ruotare in testa, terreni incoerenti.	276
Figura 11-15 - Valore limite di H per i pali intermedi, impediti di ruotare in testa, terreni incoerenti.	277
Figura 13-33: Sforzo Pianta e sezione mooring dolphin	281
Figura 13-33: Grafico per verifica capacità portante orizzontale.....	283
Figura 12-1: Sforzo normale Fx - SLU	285
Figura 12-2: Momento flettente My - SLU	285
Figura 12-3: Momento flettente Mz - SLU	286
Figura 12-4: Taglio Vy - SLU	286
Figura 12-5: Taglio Vz - SLU	287
Figura 12-6: Sforzo normale Fx - SLU.....	287
Figura 12-7: Reazioni vincolari longitudinali Fx - SLU.....	288
Figura 12-8: Reazioni vincolari trasversali Fy - SLU	288
Figura 12-9: Reazioni vincolari verticali Fz - SLU	289
Figura 12-10: Tensioni Von-Mises - Vento - Straus7	341
Figura 12-11: Tensioni Von-Mises - Vento - Midas.....	341
Figura 12-12: Buckling analysis- Modo 1 - LF=6.10	342
Figura 12-13: Buckling analysis- Modo 2 - LF=6.94	343
Figura 12-14: Buckling analysis- Modo 3 - LF=7.08	343

Sommario tabelle

Tabella 9-1 - Rigidezza palo 1200	77
Tabella 9-2 - Rigidezza palo 1400	79



1 INTRODUZIONE

La seguente relazione tratta il dimensionamento delle strutture a mare per il nuovo Molo VIII sito a Trieste.

Le strutture a mare sono costituite dal prolungamento della banchina della piattaforma logistica (Corner E) e dal terminal container (il vero e proprio molo VIII).

Il Corner E occupa un'area di circa 2.1 ettari, mentre il Molo VIII occupa un'area complessiva di circa 375x860m ed è suddiviso in una Quay area (88 600m²), con l'attracco delle navi e con la presenza delle gru STS per lo scarico dei container, e una Stacking area (164 800m²) dove sono presente le gru ASC per lo stoccaggio dei container.

Sono previste 3 fasi principali di costruzione, di cui la prima suddivisa in 2 sottofasi:

- Fase 1a (anno completamento 2027)
- Fase 1b (anno completamento 2029)
- Fase 2 (anno completamento 2031)
- Fase 3 (anno completamento 2033)

Si riporta di seguito un'immagine del layout del molo.



Figura 1-1: Layout terminal ASC

Si riportano di seguito due sezioni rappresentative del Molo VIII e del Corner E.

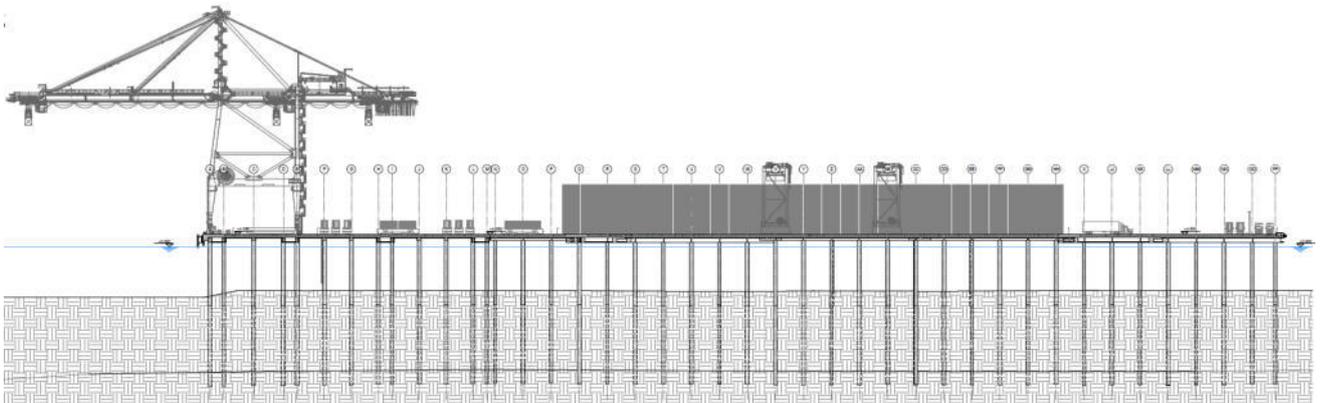


Figura 1-2: Sezione Molo VIII

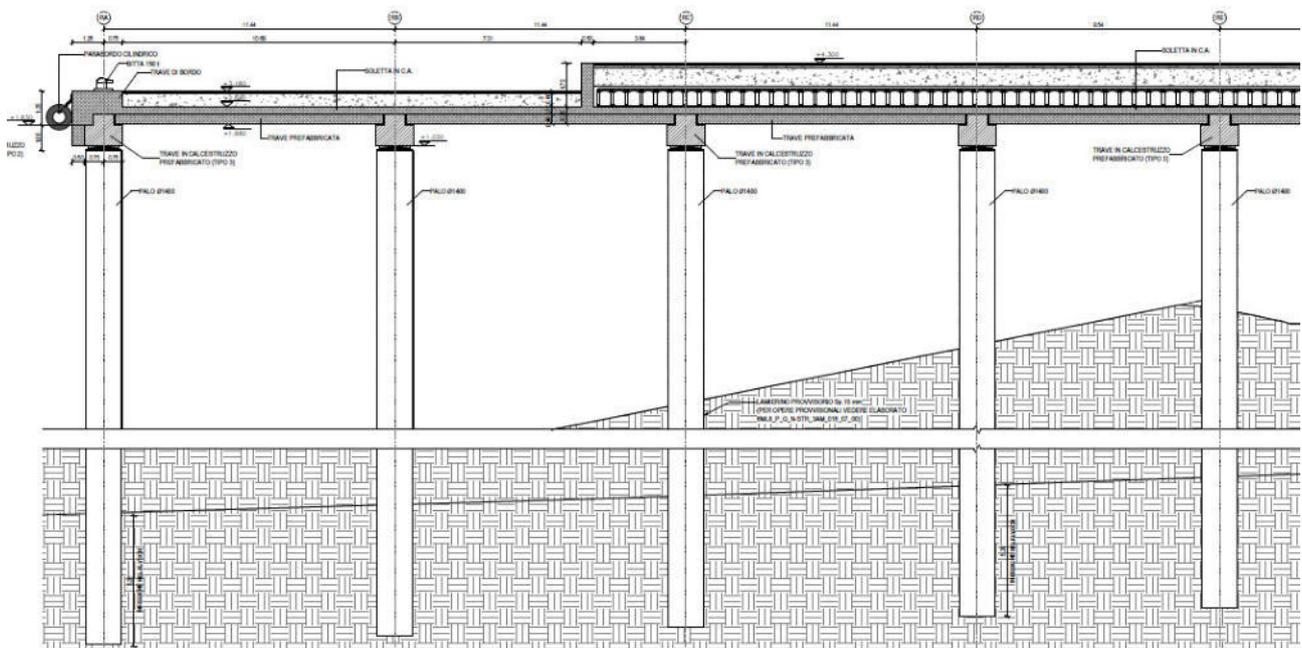


Figura 1-3: Sezione Corner E

Il Molo VIII è realizzato essenzialmente da una soletta piena gettata in opera al di sopra di un solaio prefabbricato, che funge anche da cassero, per uno spessore totale di 70cm. Il solaio poggia su delle file di travi prefabbricate che vengono solidarizzate tra loro attraverso il getto in opera della soletta, in modo da creare un corpo praticamente unico (escluso il giunto creato tra le fasi 1 e 2).

Le travi poggiano su una palificata di pali/colonne di diametro 120cm o 140cm con una maglia massima di circa 10.5x10.5m. Per alcuni tratti la maglia risulta più fitta, poiché si creano i passaggi per gli affiancamenti delle gru ASC oppure le zone per il passaggio degli impianti. I pali risultano



incernierati in testa mediante l'inserimento di un perno in acciaio inox che collega a taglio le travi e il palo stesso. Sostanzialmente i pali da 140cm sono previsti al di sotto delle travi che sorreggono le gru STS e una piccola parte della Quay area all'estremità ovest, mentre tutto il resto del molo poggia su pali da 120cm. I pali trivellati si inseriscono nello strato di Flysch bypassando lo strato superficiale con scarse resistenze.

Sul Molo VIII viene previsto un giunto di dilatazione nella soletta tra la fase 1 e la fase 2, che permette le dilatazioni longitudinali (lungo la direzione lunga della quay area) pari a +/-200mm. In direzione ortogonale vengono invece disposti dei perni in acciaio inox orizzontali a taglio sulla soletta in modo che non possa esserci scorrimento in direzione trasversale (lato corto della quay area). In tale modo si garantisce che in fase di operabilità del molo non vi possano essere scostamenti nelle rotaie delle gru, le quali anch'esse dovranno prevedere un giunto longitudinale.

Sempre in questo punto, vengono previsti dei dispositivi shock transmitter che verranno collegati tra le travi principali della quay area, in modo da rendere solidale la struttura delle fasi 1 alla struttura delle fasi 2 e 3 in condizione di carichi impulsivi. In caso di sollecitazioni sismiche, urti o raffiche di vento l'intero molo si comporterà come un corpo unico.

Si anticipa che a favore di sicurezza, il corpo unico verrà considerato solo in caso di sisma, mentre anche per il tiro delle bitte o per l'urto sui fender, si considereranno separati longitudinalmente i 2 corpi. In questo modo si valuteranno spostamenti e sollecitazioni maggiori rispetto a quelle effettive, andando ad ottenere un coefficiente di sicurezza maggiore.

Si prevedono altresì i giunti in tutta la restante parte della struttura a contatto con le altre strutture già presenti lato terra o la fase 3 CDF.

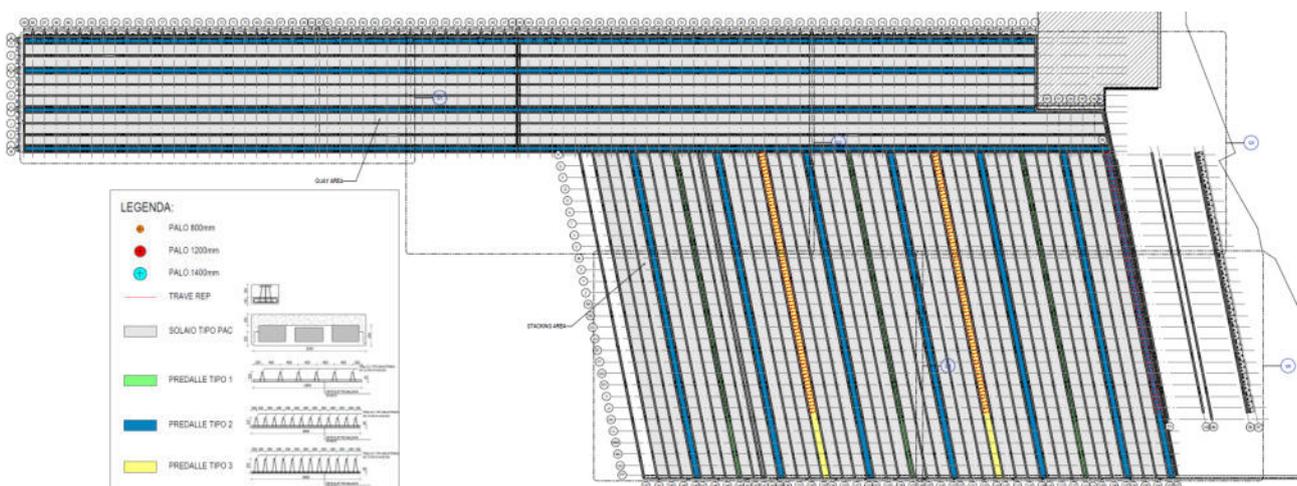


Figura 1-4: Pianta strutturale Molo VIII

La struttura del Corner E è composta da un impalcato su pali composto da travi a T rovesce e lastre tipo PAC in calcestruzzo armato precompresso e soletta gettata in opera in calcestruzzo armato ordinario, l'impalcato è isolato mediante 243 dispositivi sismici di tipo friction pendulum a



singola superficie di scorrimento e con basso attrito. Le fondazioni della struttura sono costituite da pali trivellati di diametro 1.4 m immersi nel Flysch per 5 m.

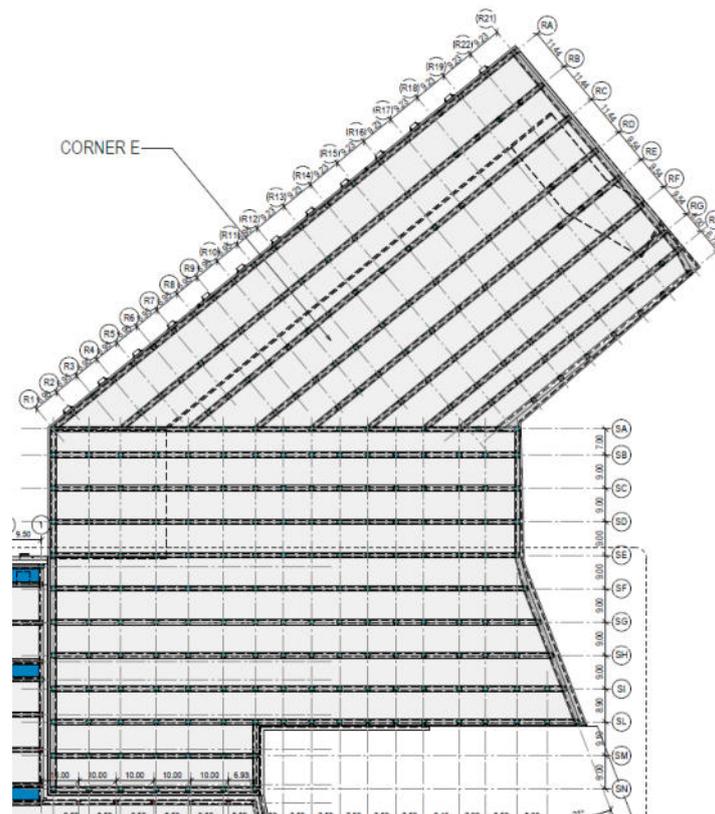


Figura 1-5: Pianta del corner E

La presente relazione riguarda i due impalcati a giorno (fas e1, fase 2 e la parte della fase 3 sulla quay area). La parte della fase 3 sulla cassa di colmata non è oggetto della presente relazione.

Inoltre, la seguente relazione di calcolo esamina le strutture con le quali si intendono realizzare dei muri frangivento in corrispondenza delle zone di stoccaggio dei container.

I muri frangivento sono strutture metalliche costituite dalle seguenti membrature:

- Colonne HEA200 e HEA140
- Elementi diagonali HEA140
- Correnti IPE180 e IPE220
- Controventi 2L60x6mm



La struttura è caratterizzata da due "torri" reticolari che forniscono il sistema resistente alle azioni trasversali longitudinali e trasversali. Queste due "torri" sono collegate tra loro da strutture a telaio a nodi mobili, costituite da colonne HEA200 e HEA140 e travi IPE180 o IPE220.

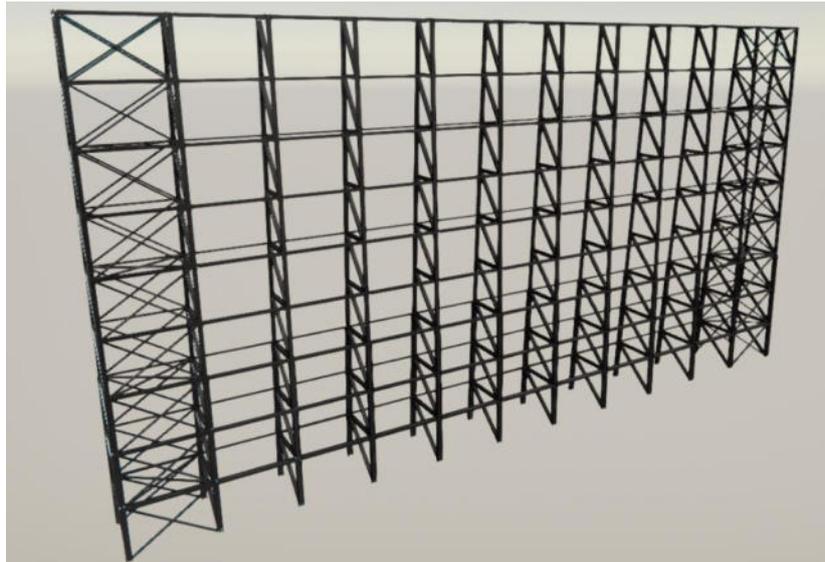


Figura 1-6: Render - Frangivento

I moduli considerati hanno uno sviluppo di 33m e possono essere adiacenti ad altri moduli collegandoli con elementi orizzontali con giunzioni asolate in modo da permettere le dilatazioni termiche della struttura.

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione di calcolo delle strutture a mare</p>	<p>Pag. 15 di 346</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- L. 5.11.1971, n° 1086 - "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";
- D.M. 17.01.2018 - "Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare 21.01.2019, n. 7 C.S.LL.PP. - "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018."

- UNI EN 1990 - Eurocodice 0 - "Basis of structural design";
- UNI EN 1991 - Eurocodice 1 - "Actions on structures";
- UNI EN 1992 - Eurocodice 2 - "Design of concrete structures";
- UNI EN 1993 - Eurocodice 3 - "Design of steel structures";
- UNI EN 1997 - Eurocodice 7 - "Geotechnical design";
- UNI EN 1998 - Eurocodice 8 - "Design of structures for earthquake resistance".

- ICS 53.020.20 - VDI 3576 - "Rail connections, rail beddings, rail fastenings, tolerances for crane tracks"
- UNI ISO 12488-1 - "Apparecchi di sollevamento-Tolleranze per ruote e per binari di traslazione e scorrimento - parte 1: Generalità"

	Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001 Relazione di calcolo delle strutture a mare	Pag. 16 di 346
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------

3 SOFTWARE DI CALCOLO

Si fornisce l'elenco del software utilizzato nel presente progetto.

I programmi vengono usati in forza di regolari licenze d'uso e sono testati periodicamente mediante procedure di controllo codificate, tali da verificare l'attendibilità delle applicazioni e dei risultati ottenuti ed individuare eventuali vizi ed anomalie.

- **Midas Gen 2022 v2.1** sviluppato in Corea del Sud e distribuito in Italia da CSP Fea s.c. via Zuccherificio, 5/D - 35042 Este (PD) Italy - P.I. 04057560288. Questo software è utilizzato per l'analisi delle sollecitazioni degli elementi strutturali. Verifiche di resistenza
- **STRAUS 7 Release 2.4.6** prodotto dalla G+D Computing, ed è commercializzato in Italia da HSH S.r.l. di Padova. Si tratta di un software completo e versatile per condurre analisi numerica agli elementi finiti (dei quali possiede una amplissima libreria) adatto ad una molteplicità di analisi. Tale software è usato prevalentemente per analisi di instabilità e validazione del modello

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione di calcolo delle strutture a mare</p>	<p>Pag. 17 di 346</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------

4 PROPRIETÀ DEI MATERIALI

4.1 Calcestruzzo

4.1.1 Calcestruzzo per elementi prefabbricati

Classificazione secondo UNI-EN 206-1 e UNI 11104:2004:

Classe di resistenza	C 45/55
Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck} \geq 55 \text{ MPa}$
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} \geq 45 \text{ MPa}$

4.1.2 Calcestruzzo gettato in opera – soletta

Classificazione secondo UNI-EN 206-1 e UNI 11104:2004:

Classe di resistenza	C 35/45
Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck} \geq 45 \text{ MPa}$
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} \geq 35 \text{ MPa}$

4.1.3 Calcestruzzo gettato in opera – pali di fondazione

Classificazione secondo UNI-EN 206-1 e UNI 11104:2004:

Classe di resistenza	C 35/45
Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck} \geq 45 \text{ MPa}$
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} \geq 35 \text{ MPa}$

4.2 Acciaio

1.1.1 Acciaio per armatura lenta

Barre ad aderenza migliorata tipo B450C secondo UNI EN ISO 9001:2000

Tensione di resistenza ultima:	$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento:	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$

1.1.2 Acciaio per pretensione – Molo VIII

Cavi a 7 trefoli secondo UNI 10138.

Diametro nominale:	15.2 mm
Tensione limite:	1860 MPa

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione di calcolo delle strutture a mare</p>	<p>Pag. 18 di 346</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------

Sezione: 139 mm²

1.1.3 Acciaio per armatura da precompressione – Corner E

Trefolo 7 fili in accordo al D.M. 14.01.2018

Diametro nominale: 17.8 mm
 Resistenza: 1860 MPa
 Sezione: 190 mm²

1.1.4 Acciaio per carpenteria

Tipo di acciaio S 355

Caratteristiche meccaniche

Modulo elastico: $E = 210.000 \text{ MPa}$
 Coefficiente di dilatazione termica: $\alpha = 1.2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
 Resilienza
 J2 per $t \leq 40 \text{ mm}$ KV: 27K a $T = -20^\circ\text{C}$
 K2 per $t > 40 \text{ mm}$ KV: 40K a $T = -20^\circ\text{C}$

Resistenza allo snervamento (sp. $t \leq 40 \text{ mm}$): $f_{yk} = 355 \text{ MPa}$
 Resistenza allo snervamento (sp. $t > 40 \text{ mm}$): $f_{yk} = 335 \text{ MPa}$
 Resistenza ultima (sp. $t \leq 40 \text{ mm}$): $f_{tk} = 510 \text{ MPa}$
 Resistenza ultima (sp. $t > 40 \text{ mm}$): $f_{tk} = 470 \text{ MPa}$

Coefficienti parziali di sicurezza

Resistenza sezioni (cl. 1÷4): $\gamma_{M0} = 1.05$
 Resistenza instabilità membrature (ponti stradali): $\gamma_{M1} = 1.10$
 Resistenza sezioni indebolite dai fori: $\gamma_{M2} = 1.25$

Resistenze di progetto

Resistenza di progetto (sp. $t \leq 40 \text{ mm}$): $f_{yk} = 338 \text{ MPa}$
 Resistenza di progetto (sp. $t > 40 \text{ mm}$): $f_{yk} = 319 \text{ MPa}$
 Resistenza di progetto all'instabilità (sp. $t \leq 40 \text{ mm}$): $f_{tk} = 323 \text{ MPa}$
 Resistenza di progetto all'instabilità (sp. $t > 40 \text{ mm}$): $f_{tk} = 304 \text{ MPa}$

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione di calcolo delle strutture a mare</p>	<p>Pag. 19 di 346</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------

5 VITA UTILE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

5.1 Vita nominale

La vita nominale V_N dell'opera corrisponde al numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere utilizzata per lo scopo al quale è destinata.

Nelle previsioni progettuali, dunque, se le condizioni ambientali e d'uso sono rimaste nei limiti previsti, non prima della fine di detto periodo saranno necessari interventi di manutenzione straordinaria per ripristinare le capacità di durata della costruzione.

Con riferimento alla tabella 2.4.I delle NTC 2018 si assume, per la costruzione in oggetto, una vita nominale corrispondente a:

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

$$V_N = 100 \text{ anni}$$

5.2 Classe d'uso

In riferimento alle conseguenze di un eventuale collasso o di una perdita di operatività dell'opera (§2.4.2 NTC 2018), le costruzioni sono divise 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 DM 5/11/2001, 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.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione di calcolo delle strutture a mare</p>	<p>Pag. 20 di 346</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------

$$C_U = 2$$

5.3 Periodo di riferimento

Il periodo di riferimento V_R che si ricava per la costruzione in oggetto, si ottiene moltiplicando la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U .

Pertanto, per determinare l'azione sismica si considerano i seguenti dati di input:

Vita utile: $V_N=100$ anni

Classe d'uso: Classe IV: $C_U=2$

Periodo di riferimento: **$V_R = V_N \times C_U = 100 \times 2 = 200$ anni**

Categoria di terreno: D zona mare / E zona terra*

*si rimanda al capitolo relativo al sisma per maggiori dettagli

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione di calcolo delle strutture a mare</p>	<p>Pag. 21 di 346</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------

6 MoLo VIII

6.1 *Fattore di comportamento*

Per determinare l'azione sismica si considerano i seguenti dati di input:

Vita utile:	$V_N=100$ anni
Classe d'uso:	Classe IV: $C_U=2$
Periodo di riferimento:	$V_R=V_N \times C_U= 100 \times 2 = 200$ anni
Categoria di terreno:	D zona mare / E zona terra*

*si rimanda al capitolo relativo al sisma per maggiori dettagli

6.2 *Carichi*

I carichi considerati nelle analisi sono i pesi propri delle strutture, i pesi portati generate dai pannelli di finitura del frangivento e I carichi accidentali (vento e temperatura).

1.1.5 *Pesi propri e sovraccarichi permanenti*

Il peso proprio è computato in maniera automatica dal software di calcolo:

- peso specifico dell'acciaio $\gamma_{\text{acciaio}} = 78.5 \text{ kN/m}^3$
- peso specifico del calcestruzzo $\gamma_{\text{cls}} = 25 \text{ kN/m}^3$

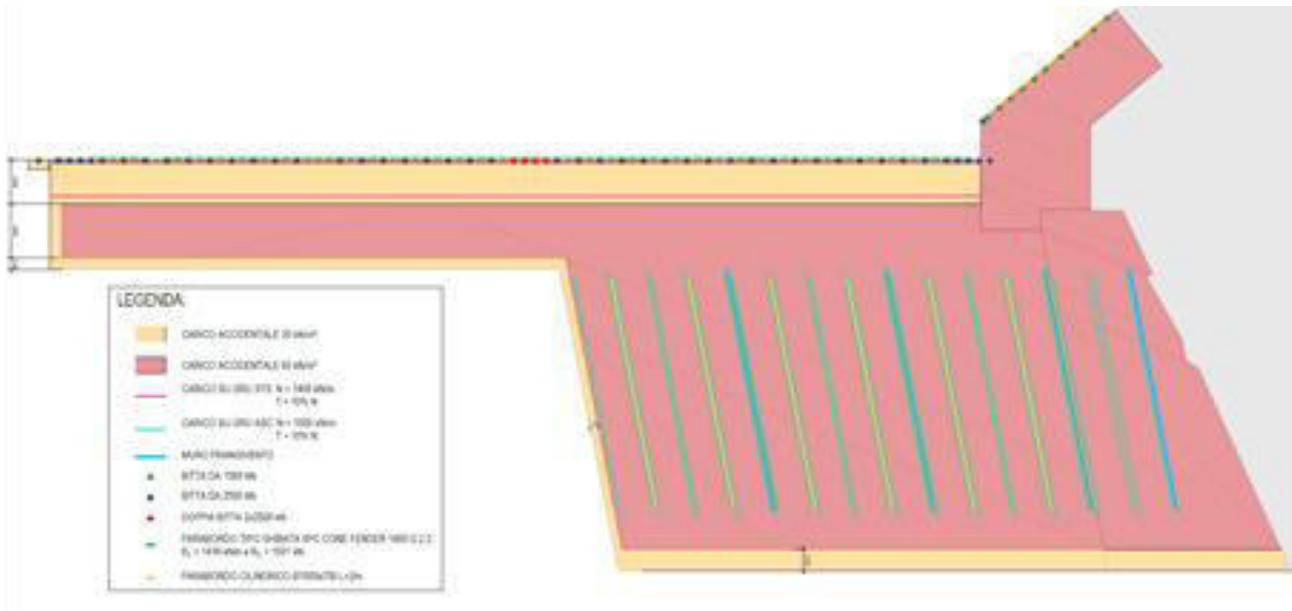
Per quanto concerne l'impalcato si ha:

- peso proprio $g_1 = 13.50 \text{ kN/m}^2$
- carico permanente $g_2 = 12.00 \text{ kN/m}^2$

6.2.1 *Carichi accidentali*

6.2.1.1 *Carichi distribuiti*

L'intero molo è suddiviso in zone secondo il seguente layout di carico.



Come si evince, essenzialmente vi sono 2 tipologie di carico distribuito: un carico da 60 kN/m² dove c'è la possibilità di stoccaggio dei container e una zona da 30kN/m² adibita per lo più al passaggio dei mezzi e trasferimento dei container.

Per questi carichi si considera un coefficiente di combinazione relativo alla cat. E

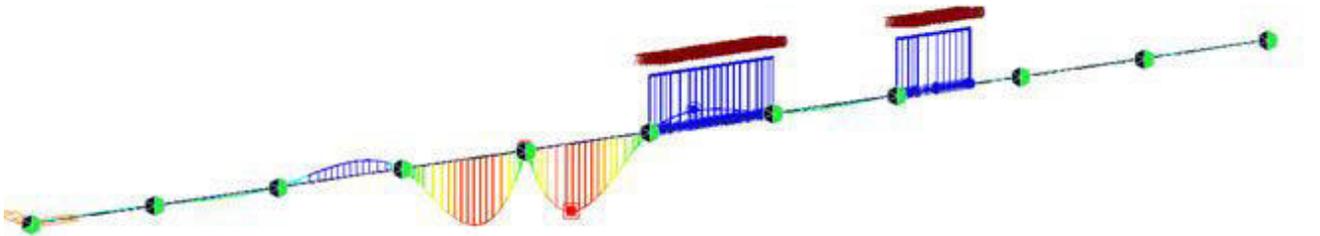
$$\psi_{0j} = 1.0 \quad \psi_{1j} = 0.9 \quad \psi_{2j} = 0.8$$

6.2.1.2 Gru STS

Nella quay area sono previste l'uso di gru della tipologia STS, delle quali si è identificato un carico verticale di 140ton/m. Tale valore viene applicato sia alla rotaia anteriore che a quella posteriore per il modello completo. Per l'effetto orizzontale si tiene in considerazione un 10% del carico verticale. Si considera la presenza di 7 gru STS nel molo (nella configurazione completa), mentre nella prima fase si tiene in considerazione la presenza di 4 gru STS.

I carichi così previsti risultano superiori al report TUV NORD "HHLA CT Trieste-WheelLoads 2021-09-06 Appendix2"

La distribuzione del carico prevede una disposizione di 2 linee di carico uniforme di lunghezza pari a 11m e intervallate fra loro di 4m.



Tie Down

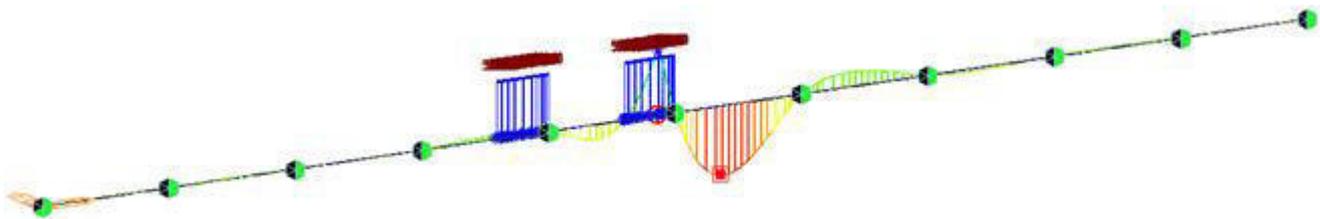
Nella fase di bloccaggio per la condizione di vento massimo, si considerano le seguenti sollecitazioni:

- 450 ton landside each corner
- 440 ton seaside each corner

L'ancoraggio delle gru si predispongono in corrispondenza dei pali. Conseguentemente sulle travi non sono previsti queste forze verticali.

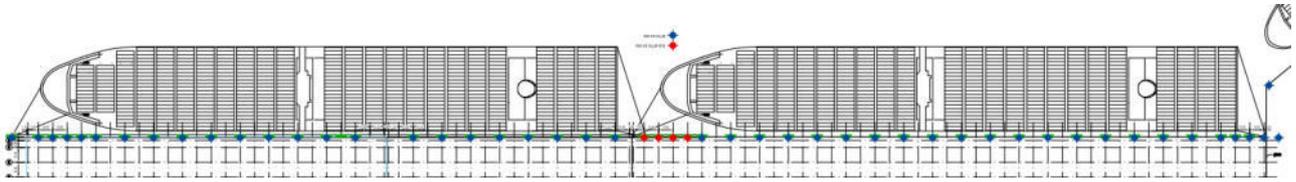
6.2.1.3 Gru ASC

Nella Staking area sono previste gru ASC di cui si è identificato un carico distribuito di 100ton/m, applicato considerando 2 impronte di lunghezza del carico ciascuna pari a 5m e una distanza tra loro pari a 4m. La lunghezza di 5m è stata stabilita considerando una distanza tra le singole 4 ruote pari a 1.2m ed una ripartizione di 0.6m (spessore del rivestimento). La distanza tra le impronte di carico è stata ricavata considerando una lunghezza totale ruota-ruota delle gru pari a circa 14.5m.

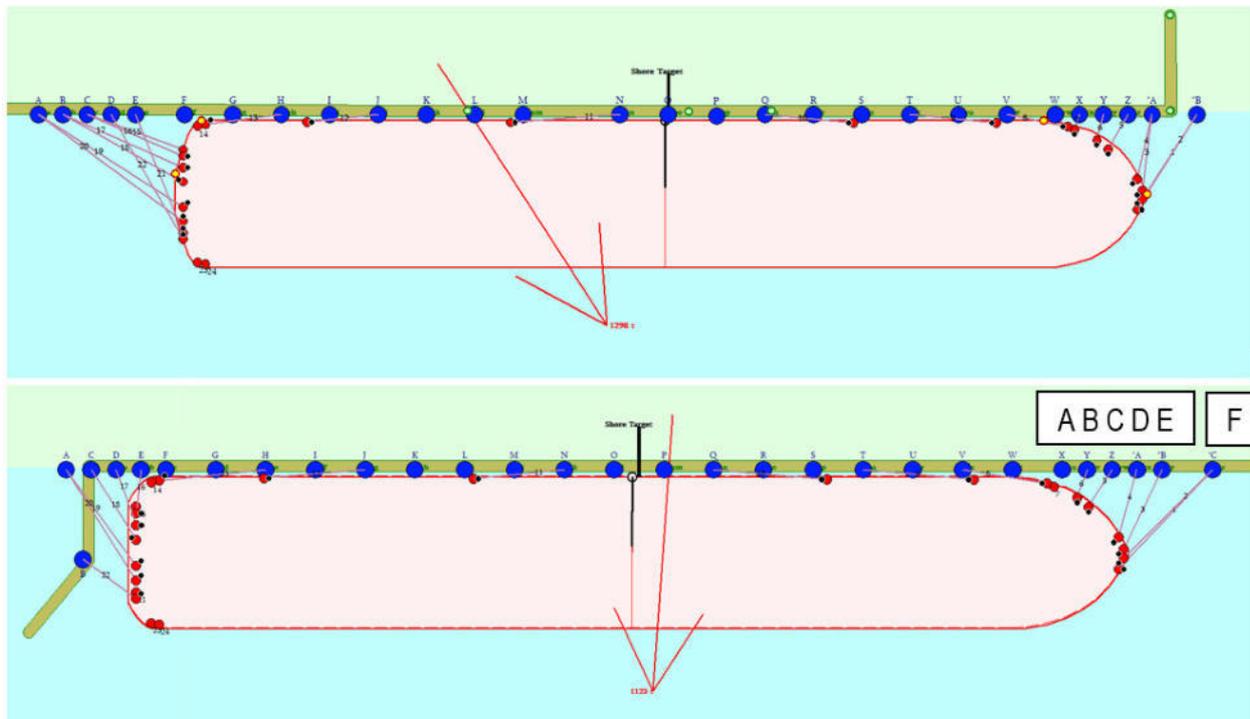


6.2.1.4 Tiro sulle bitte

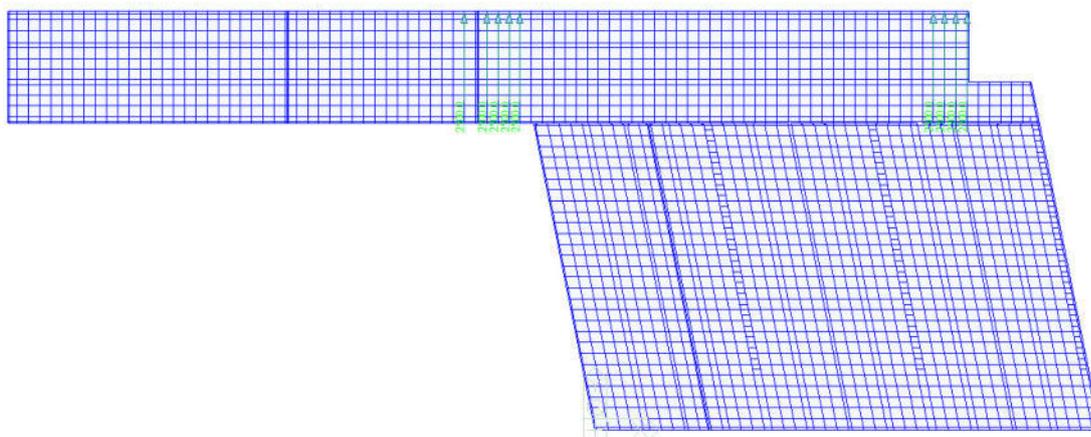
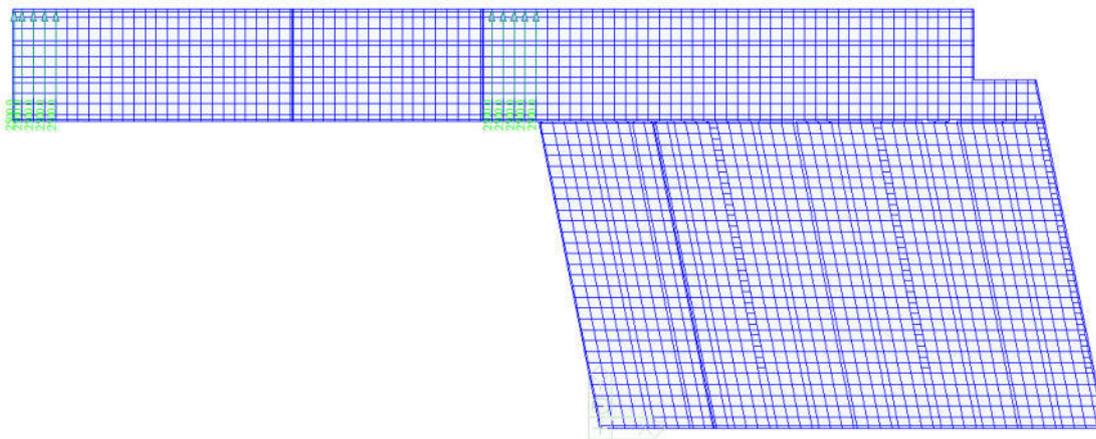
Per il tiro sulle bitte, si è considerato un valore massimo caratteristico pari a 2500 kN (250ton). La posizione delle bitte nei modelli globali è stata ripresa dagli elaborati grafici, mentre le bitte a cui si è applicato il carico viene ripreso dalla seguente immagine.



Dove in rosso viene identificata la presenza di 2 bitte adiacenti (per un totale possibile di 500ton per punto).



Nonostante il tiro non sia sempre ortogonale al molo, a favore di sicurezza il carico è sempre stato applicato ortogonale. Si riportano le 2 condizioni di tiro delle singole navi attraccate. Tali condizioni sono state poi considerate simultanee per una forza totale di tiro ortogonale pari a: $19 \times 2500 = 47500$ kN su tutto il molo. Tale forza in ogni caso risulta inferiore di un'ordine di grandezza alla forzante sismica.



6.2.1.5 Forze sui Fender

Si prevede che lungo il fronte di banchina siano presenti parabordi ad una reciproca distanza di 10m. A seguito del dimensionamento riportato nell'elaborato 6ML8_P_R_M-MAR_3AM_002_02 (Mooring Analysis), si prevede di installare parabordi Shibata di forma conica di tipo SPC 1400 classe 2.2 ($E_R = 1416 \text{ kNm}$, $RR = 1931 \text{ kN}$). I parabordi sono fissati con catene alla banchina ed il loro centro si trova ad una quota di 1.70m s.l.m. per il posizionamento del futuro sistema di cold ironing.

Dato il raggio di curvatura della carena della nave, ci sono due possibili schemi di impatto:

- n.3 fender coinvolti (impatto in corrispondenza dell'asse di un fender)

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione di calcolo delle strutture a mare</p>	<p>Pag. 26 di 346</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------

Il sistema complessivamente è in grado di assorbire un'energia di 3237 kNm, con una reazione $R_R = 4811$ kN

- n.2 fender coinvolti (impatto in corrispondenza della mezzeria tra due fender)

Il sistema complessivamente è in grado di assorbire un'energia di 2432 kNm, con una reazione $R_R = 3332$ kN

Nel modello strutturale è stata considerata cautelativamente una forza impulsiva caratteristica di 3000 kN per fender. Si sono considerati applicati simultaneamente 2 fender direttamente soggetti all'azione dell'urto.

6.2.1.6 Vento

Per l'azione da vento si considerano due trattazioni diverse, riportate di seguito e si prenderà come riferimento la condizione peggiore.

- 1. Si considera una velocità massima del vento a 18m di altezza emersa dagli studi effettuati da TUV NORD e riportati nella relazione "Supplemental study of limitations of stacking of containers due to exceptional wind load cases (Bora) at planned HHLA Container Terminal in Trieste, Italy" (i quali si allegano alla presente relazione)**

Wind speed:
acc. to /D3/

Height [m]	Wind speed [m/s]	
	Main direction	Other directions
10	44.83	30.73
18	49.86	34.14

$$q_r = 1/2 \times 1.25 \times 50^2 = 1.56 \text{ kN/m}^2 \quad \text{pressione critica di riferimento}$$

$$p = 1.563 \times 1.7 = 2.66 \text{ kN/m}^2 \quad \text{pressione del vento di progetto}$$

Il valore 1.7 corrisponde ad un coefficiente di pressione C_p la cui trattazione si rimanda nel dettaglio al capoverso successivo.

- 2. Uno schema di vento secondo quanto previsto dal D.M.17/01/2018 considerando un andamento logaritmico dopo una certa altezza limite. Di seguito si riportano le ipotesi e i valori adoperati per l'analisi.**



Vento				
Tab. 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0, k_s				
Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

regione	Trieste		
zona		8	
velocità caratteristica del sito	$V_{b,0}$	30.00	m/s
quota di riferimento sul medio mare	a_0	1500.00	m
coefficiente correttivo della velocità	K_s	0.500	-
quota del sito sul medio mare	a_s	18.00	m
Coefficiente di altitudine	c_a	1.00	
periodo di ritorno	T_R	100.00	anni
coefficiente di ritorno	c_R	1.0	-
velocità caratteristica a 10 m dal suolo ($Tr=50$)	V_b	30.0	
velocità caratteristica a 10 m dal suolo	$v_r [T_R]$	31.2	m/s
densità dell'aria	ρ	1.25	kg/m ³
pressione cinetica di riferimento	q_b	607.51	N/m ²

Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno	
Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).



descrizione della superficie

Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate e ghiacciate, mari, laghi, ...)

classe di rugosità del terreno

D

Distanza dalla costa (-)

5

Classe di esposizione

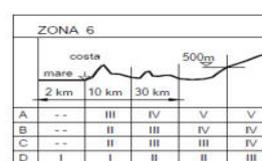
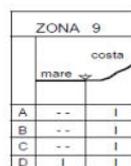
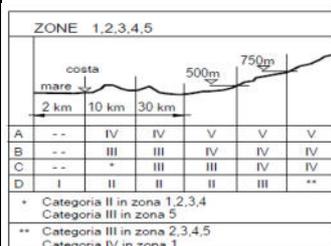
II

Altezza sul suolo del punto considerato

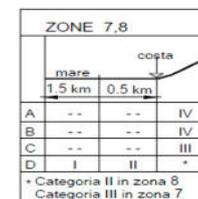
z

18.00

m



3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione



Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	K_z	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Parametri

k_R 0.19 -
 z_0 0.05 m
 z_{min} 4 m

coefficiente di topografia

C_t 1 -

coefficiente di esposizione

$C_e(z_{min})$ 1.80 -

coefficiente di esposizione

$C_e(z)$ 2.74 -

coefficiente dinamico

C_d 1 -

tipo di costruzione

rapporto S_p/S

φ 1 -

coefficiente di pressione

C_p 1.4 -

distanza tra due travi successive

d 33.6 m

altezza delle travi

h 18 m

rapporto d/h

d/h 1.87 -

coefficiente di riduzione

μ 0.20 -

pressione del vento prima trave

$p(z_{min})$ 1.53 kN/m^2

$p(z)$ 2.33 kN/m^2



Si considera un coefficiente di pressione C_p pari a 1.7 e i parametri per la determinazione dell'azione del vento, essendo trieste in zona 8 risultano essere:

$$v_{b,0} = 30 \text{ m/s} \quad a_0 = 1500 \quad k_s = 0.50$$

Si assume un periodo di riferimento di 100 anni e una velocità di riferimento del vento pari a $v_r = 31.18 \text{ m/s}$

la pressione cinematica di riferimento: $q_r = 607.5 \text{ N/m}^2$ (0.607 kN/m²)

classe di rugosità: D (close to the sea)

categoria di esposizione: II ($k_r = 0.19$ $z_0 = 0.05 \text{ m}$ $z_{\min} = 4.00 \text{ m}$)

Il coefficiente di esposizione ha andamento secondo la tabella riportata di seguito.

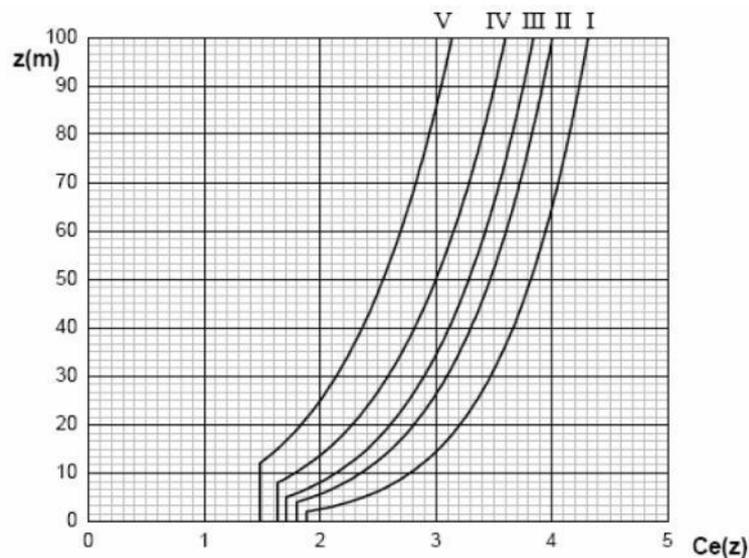


Figura 6-1 - Coefficienti di esposizione secondo NTC18

Considerando invece il coefficiente di pressione di una struttura investita dal vento, le seguenti ipotesi sono prese in considerazione (NTC18, §3.3.8).

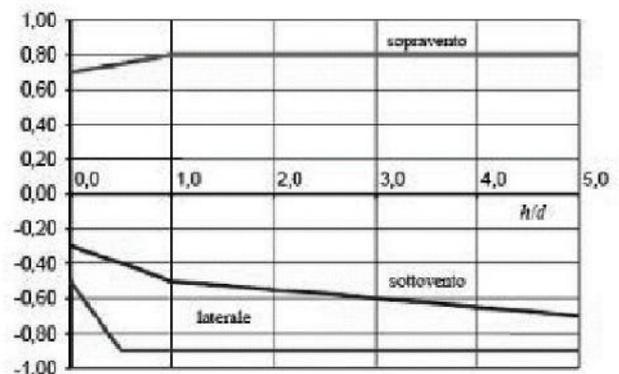
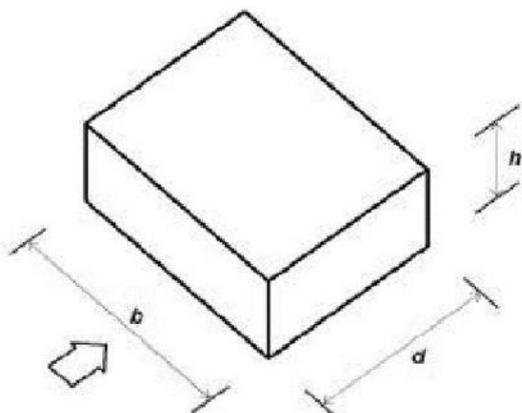
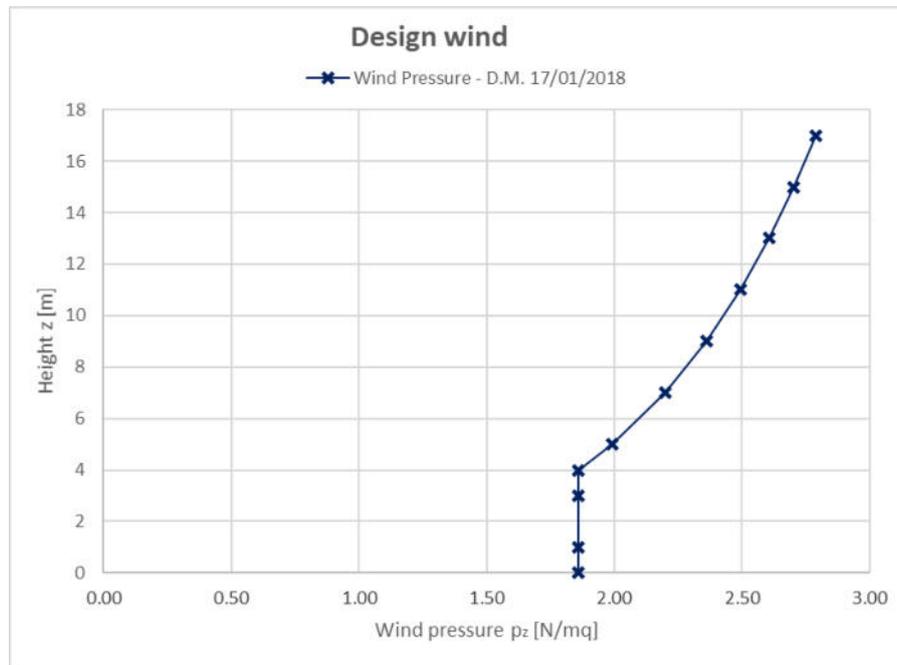


Figura 6-2 - (a) parametri per una struttura rettangolare (b) coefficiente di esposizione c_{pe} per facciate sopravvento, sottovento and laterale



Faccia sopravento	Facce laterali	Faccia sottovento
$h/d \leq 1: c_{pe} = 0,7 + 0,1 \cdot h/d$ $h/d > 1: c_{pe} = 0,8$	$h/d \leq 0,5: c_{pe} = -0,5 - 0,8 \cdot h/d$ $h/d > 0,5: c_{pe} = -0,9$	$h/d \leq 1: c_{pe} = -0,3 - 0,2 \cdot h/d$ $1 < h/d \leq 5: c_{pe} = -0,5 - 0,05 \cdot (h/d - 1)$

Si ottiene che la forza del vento ha il seguente andamento:



z [m]	ce(zmin)	ce[z]	cp	p(z) [kN/mq]
0	1.80	0	1.7	1.86
1	1.80	1.08	1.7	1.86
3	1.80	1.64	1.7	1.86
4	1.80	1.80	1.7	1.86
5	1.80	1.93	1.7	1.99
7	1.80	2.13	1.7	2.20
9	1.80	2.29	1.7	2.36
11	1.80	2.41	1.7	2.49
13	1.80	2.5214	1.7	2.60
15	1.80	2.6158	1.7	2.70
17	1.80	2.6995	1.7	2.79
18	1.80	2.7381	1.7	2.83



Combination factor:

$$\psi_{0j} = 0.6 \quad \psi_{1j} = 0.2 \quad \psi_{2j} = 0.0$$

6.2.1.7 Temperatura

Per la determinazione degli effetti della temperatura, si considera quanto prescritto al cap. 3 del D.M.17/01/2018. Si considera una variazione di temperatura uniforme di un valore pari a $\Delta T = \pm 25^\circ$

Tab. 3.5.II – Valori di ΔT_u per gli edifici

Tipo di struttura	ΔT_u
Strutture in c.a. e c.a.p. esposte	$\pm 15^\circ\text{C}$
Strutture in c.a. e c.a.p. protette	$\pm 10^\circ\text{C}$
Strutture in acciaio esposte	$\pm 25^\circ\text{C}$
Strutture in acciaio protette	$\pm 15^\circ\text{C}$

Se si considera invece la variazione di temperatura dell'impalcato del molo, si ha :

- Temperatura dell'aria massima e minima (T_{\max} , T_{\min}) sono determinate secondo quanto riportato nel D.M.17/01/2018.

$$T_{\max} = 42^\circ\text{C}$$

$$T_{\min} = -15^\circ\text{C}$$



Map of maximum air temperature



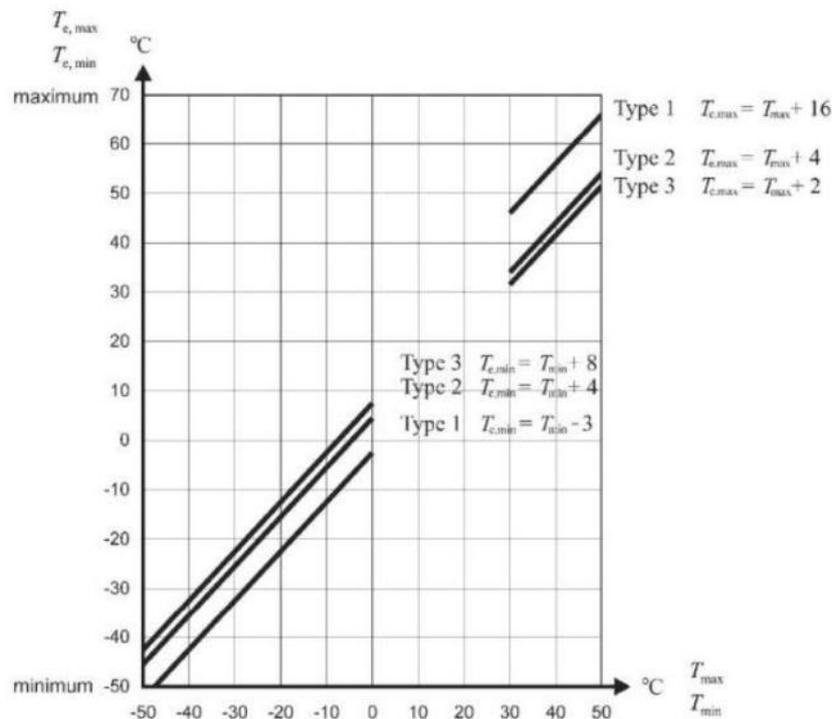
Map of minimum air temperature



Le temperature massime e minime dell'impalcato ($T_{e,max}$, $T_{e,min}$) sono calcolate secondo la tabella seguente (Figure 6.1 of UNI EN 1991-1-5, §6.1.3), considerando una struttura di Tipo 3 (impalcato in calcestruzzo). Si ottiene:

$$T_{e,max} = T_{max} + 2 = 44^{\circ}\text{C}$$

$$T_{e,min} = T_{min} + 8 = -7^{\circ}\text{C}$$



La temperatura di riferimento è considerata secondo quanto riportato nel D.M. 17/01/2018 ed è pari a $T_0 = 15^{\circ}\text{C}$.

La massima variazione di temperatura in termini di contrazione è pari a:

$$\Delta T_{con} = T_0 - T_{e,min} = 15 - (-7) = \mathbf{22^{\circ}\text{C}}$$

La massima variazione di temperatura in termini di dilatazione è pari a:

$$\Delta T_{exp} = T_{e,max} - T_0 = 44 - 15 = \mathbf{29^{\circ}\text{C}}$$

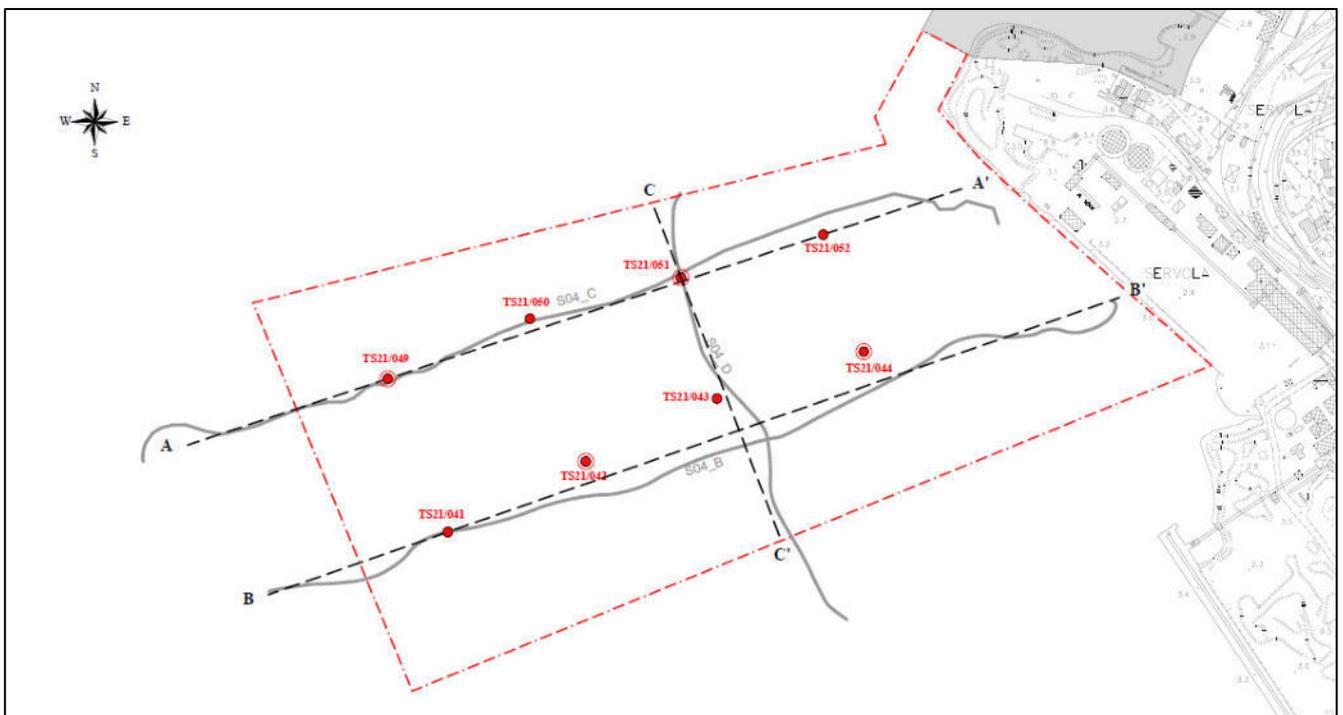
I fattori di combinazione per la temperatura sono:

$$\psi_{0j} = 0.6 \quad \psi_{1j} = 0.5 \quad \psi_{2j} = 0.0$$



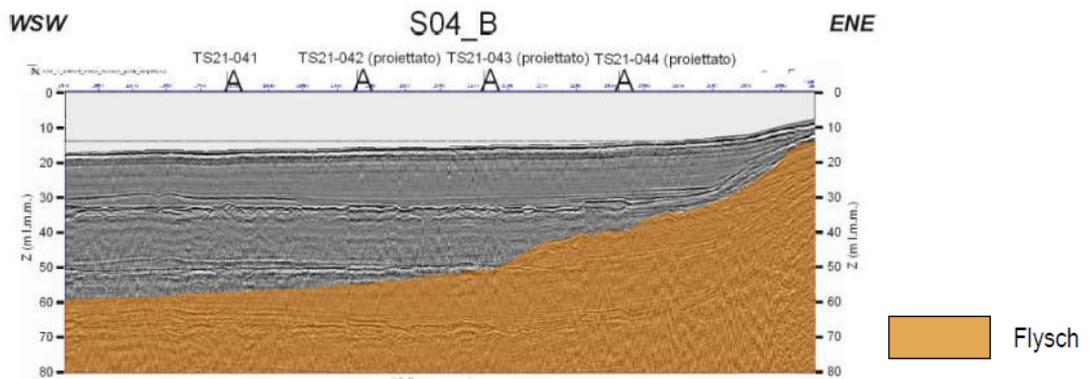
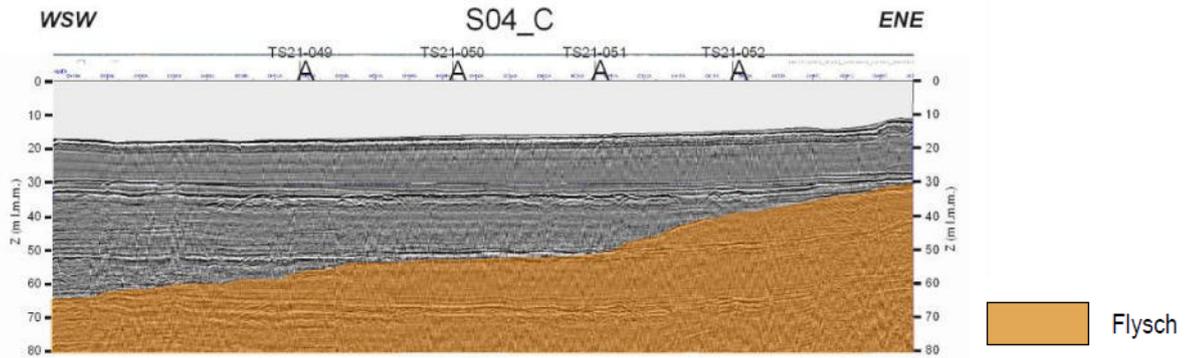
6.2.2 Azione sismica

L'azione sismica viene desunta a seconda della caratterizzazione del suolo. L'area in oggetto risulta essere particolare in quanto lo strato superficiale che determina la tipologia di terreno risulta avere uno strato minore di 30m in prossimità della costa e aumenta di spessore proseguendo verso il largo. Nel caso in esame, come indicato nella relazione sismica, la tipologia di terreno nell'area mare viene presa pari a D, ma tale valore risulta coerente solo quando lo strato sopra il Flysch risulta maggiore di 30m. Si riportano le sezioni sismostratigrafiche per identificare in modo più approfondito la zona.



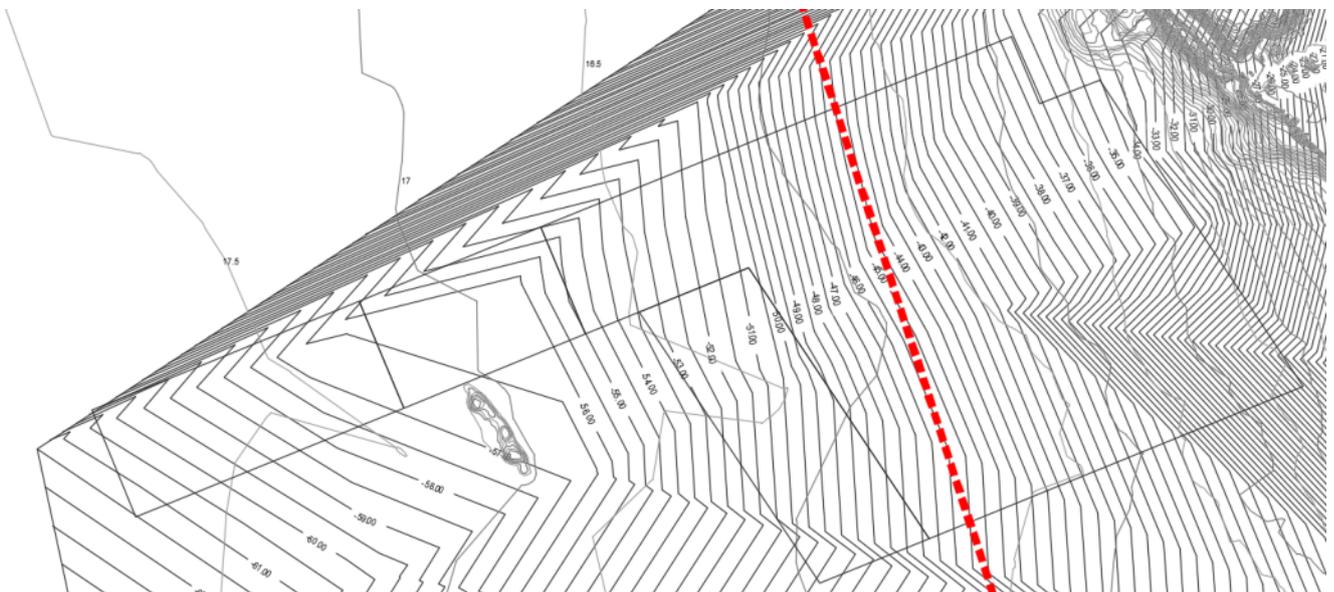
--- Area di indagine

S04_C
— Rotta acquisizione profilo sismico



Nel caso di strato superficiale minore di 30m, da terreno tipo D si ha un terreno tipo E.

Considerando la batimetria della zona e la profondità del Flysch, si identifica una linea di demarcazione tra terreno tipo D e tipo E.

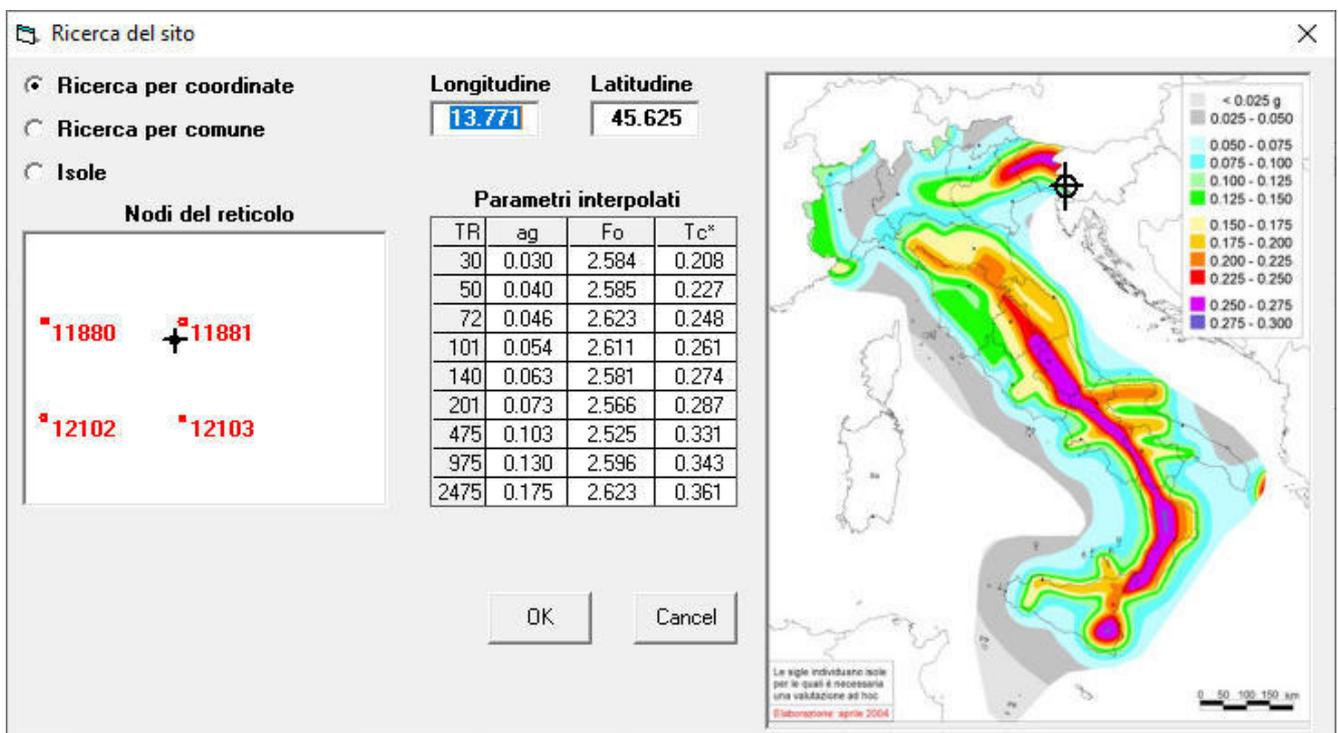




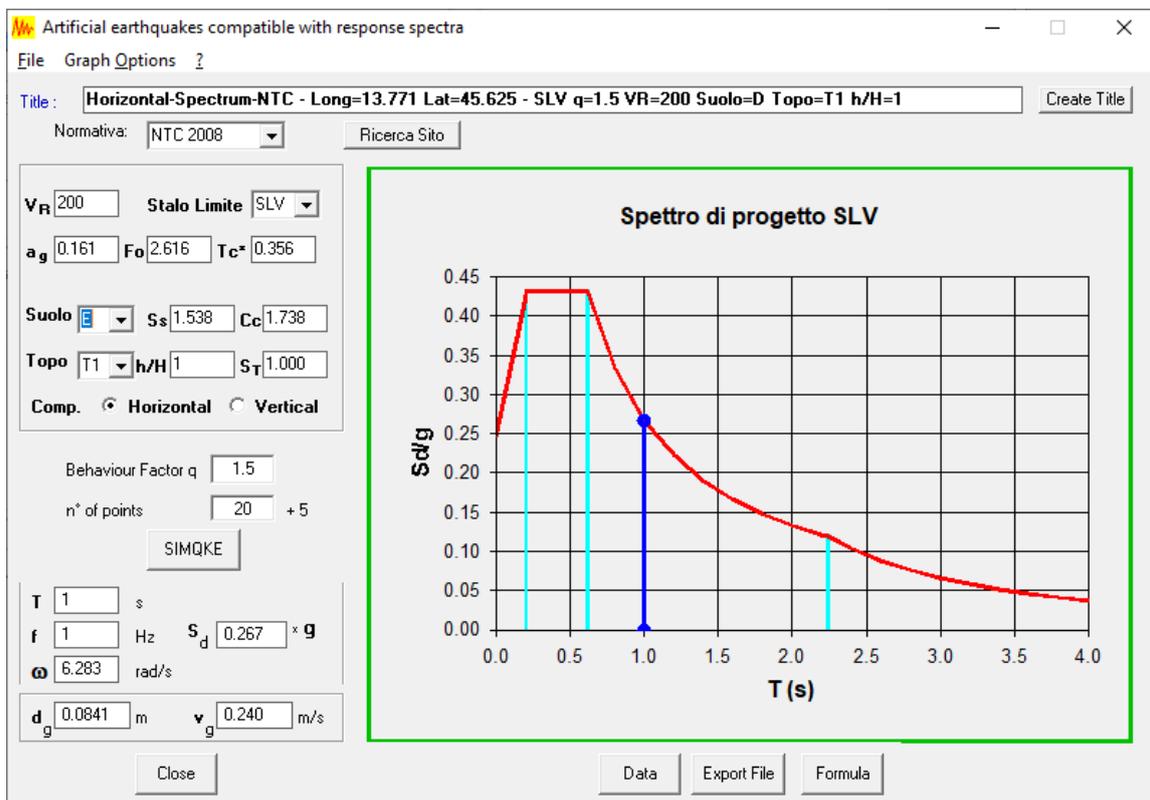
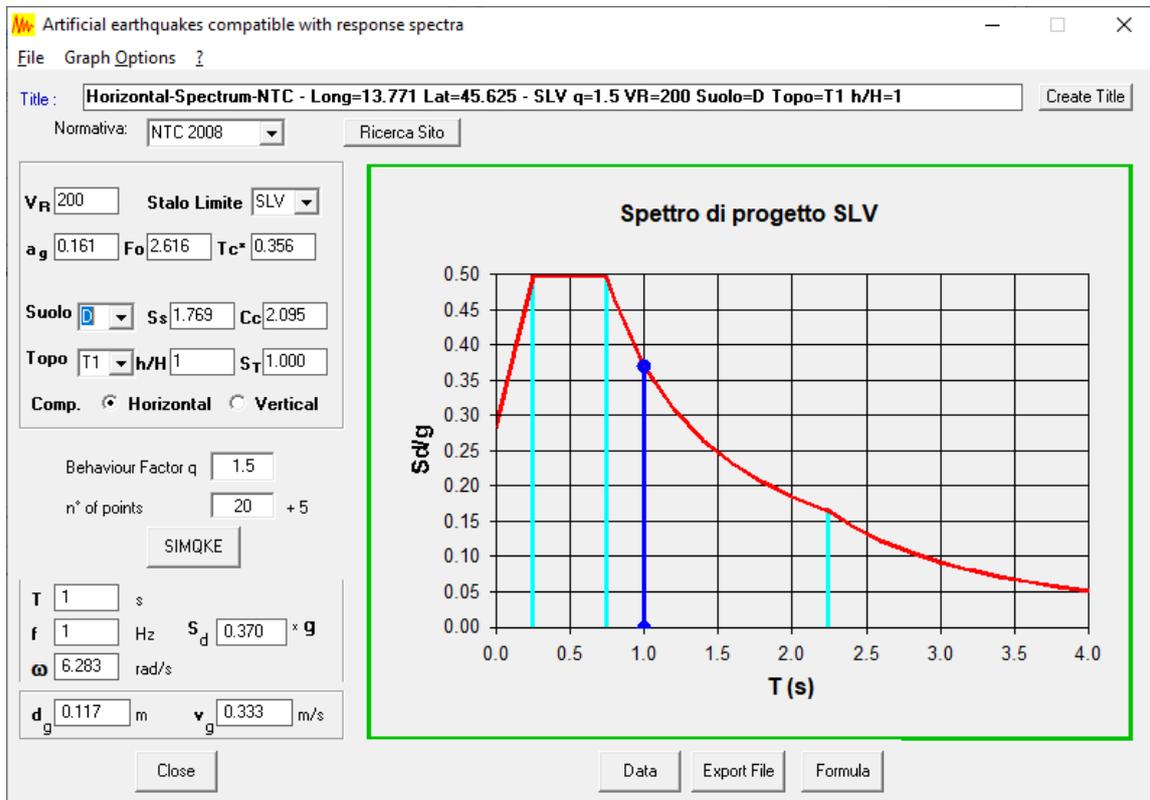
Come si esplicherà successivamente nel capitolo della modellazione, per la conformazione del terreno, la grandezza dell'opera e i periodi di vibrazione principali degli stessi, si necessiterà di analisi dinamiche lineari mediante l'utilizzo di storie temporali del moto del terreno, come indicato in §3.2.3.6 delle NTC2018. Si esegue quindi la determinazione dell'azione sismica sia per il terreno D che per il terreno E.

Per la determinazione della azione sismica si considerano i seguenti parametri

Coordinate: Latitudine: 45.625 N; Longitudine: 13.771 E



V_R 200	Stalo Limite	SLV	V_R 200	Stalo Limite	SLV
a_g 0.161	F_o 2.616	T_{c^*} 0.356	a_g 0.161	F_o 2.616	T_{c^*} 0.356
Suolo D	S_s 1.769	C_c 2.095	Suolo E	S_s 1.538	C_c 1.738
Topo T1	h/H 1	S_T 1.000	Topo T1	h/H 1	S_T 1.000



	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione di calcolo delle strutture a mare</p>	<p>Pag. 37 di 346</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------

La determinazione di accelerogrammi spettrocompatibili viene eseguita tramite il software simqke che permette la creazione di accelerogrammi artificiali a partire dallo spettro di riferimento.

Per l'analisi in oggetto si sono generati 7 accelerogrammi nella tipologia di terreno D e i concomitanti della tipologia E. L'applicazione nel modello (mediante analisi con 2 punti di storie temporali simultanee) è avvenuta secondo quanto indicato in §7.3.5.

Per ogni punto di applicazione (uno corrispondente al terreno D e uno al terreno E) si sono applicate le storie temporali per le componenti secondo §7.3.10.

Gli accelerogrammi utilizzati, con i relativi valori e i grafici dei relativi spettri sono riportati nell'appendice A.

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione di calcolo delle strutture a mare</p>	<p>Pag. 38 di 346</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------

6.3 Combinazioni di carico

Nei capitoli successivi si riportano le combinazioni di carico adottate per la verifica delle membrature di acciaio che compongono le strutture.

6.3.1 Stato limite ultimo (SLU)

Considerando quanto prescritto nel D.M. 17/01/2018, le seguenti combinazioni di carico sono adottate nelle verifiche:

- 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]

		Coefficiente	STR
Carichi permanenti	Favorevole	γ_G	1.00
	Sfavorevole		1.35
Carichi accidentali	Favorevole	γ_Q	0.00
	Sfavorevole		1.50

Per il muro frangivento si utilizzano in maniera semplificata le seguenti combinazioni SLU.

	G1	G2	Wind	Temp
SLU 1	1.35	1.5	0.9	1.5
SLU 2	1.35	1.5	0.9	-1.5
SLU 3	1.35	1.5	-0.9	1.5
SLU 4	1.35	1.5	-0.9	-1.5
SLU 5	1.35	1.5	1.5	0.9
SLU 6	1.35	1.5	1.5	-0.9
SLU 7	1.35	1.5	-1.5	-0.9
SLU 8	1.35	1.5	-1.5	0.9

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione di calcolo delle strutture a mare</p>	<p>Pag. 39 di 346</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------

6.4 Modello fem

6.4.1 Modello Deck

Per poter ricavare le sollecitazioni globali della struttura, sono stati eseguiti diversi modelli completi di tutto il molo, in cui, oltre ai piani orizzontali e alle travi prefabbricate sono state modellate le colonne a sostegno dell'impalcato.

Si anticipa che per valutare tutte le casistiche di progetto sono stati effettuati 4 modelli globali e alcuni locali per le singole opere. In questo capitolo si descriveranno i modelli globali:

- Modello globale per le condizioni statiche (non sismiche) con giunto longitudinale sulla staking area
- Modello globale per le condizioni sismiche con massa partecipante solo DL e PERM
- Modello globale per le condizioni sismiche con massa partecipante con 0.8Acc
- Modello globale per la valutazione della deformata per ritiro con modulo elastico ridotto

6.4.1.1 Descrizione generale dei modelli globali

La soletta dell'impalcato è stata modellata mediante elementi plate, mentre le travi principali sono state modellate con elementi beam. Le colonne sono state modellate anch'esse con elementi beam, con le caratteristiche geometriche ricalcate dagli elaborati grafici.

Si riportano di seguito alcune immagini e dettagli del modello generale.

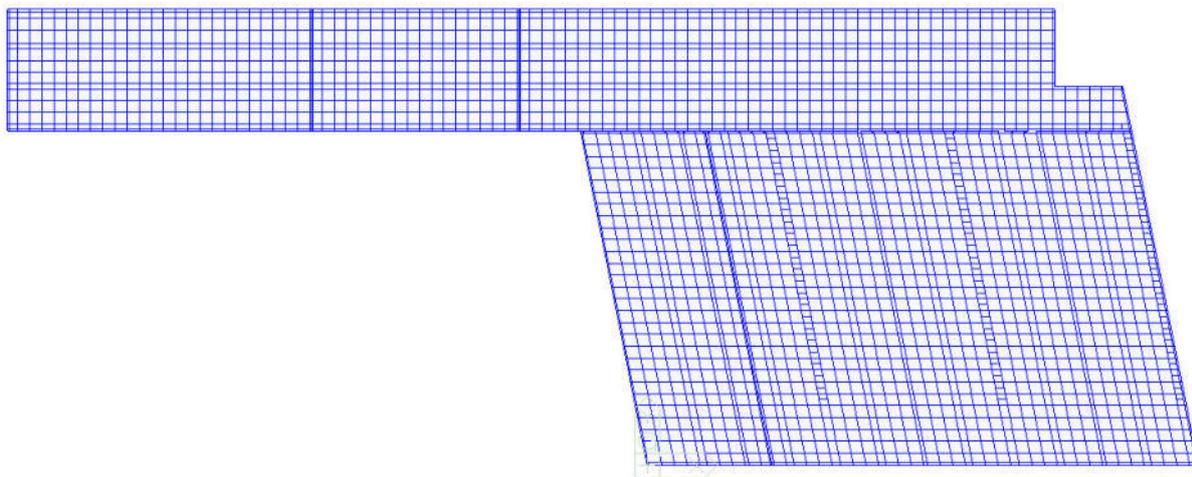


Figura 6-3 - Vista planimetrica Modello Generale

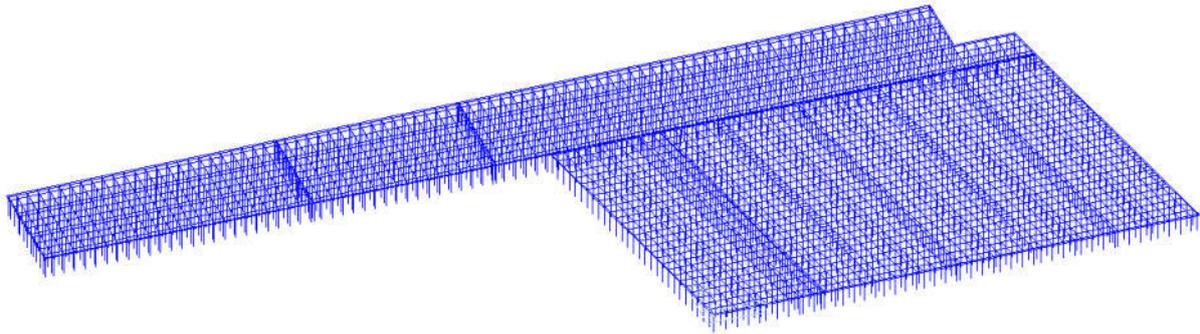


Figura 6-4 - Vista assonometrica del modello globale

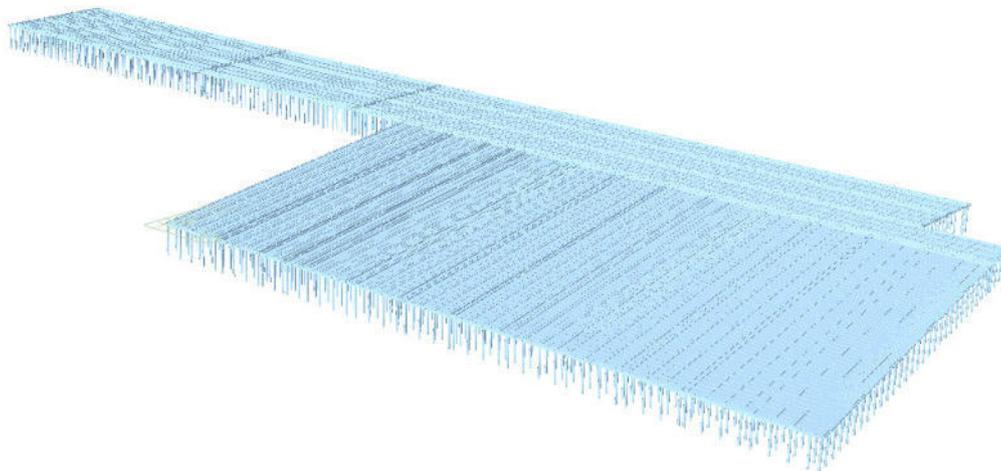


Figura 6-5 - Vista Prospettica con elementi in spessore del molo

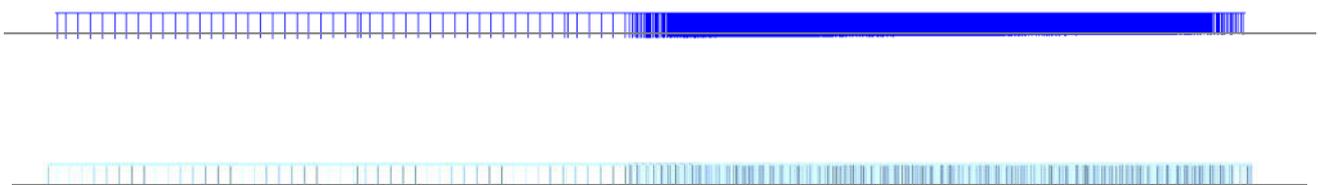


Figura 6-6 - Vista laterale longitudinale unifilare e con elementi in spessore con linea di riferimento per identificare altezza variabile pile



Figura 6-7 - Vista laterale lato corto con elementi in spessore

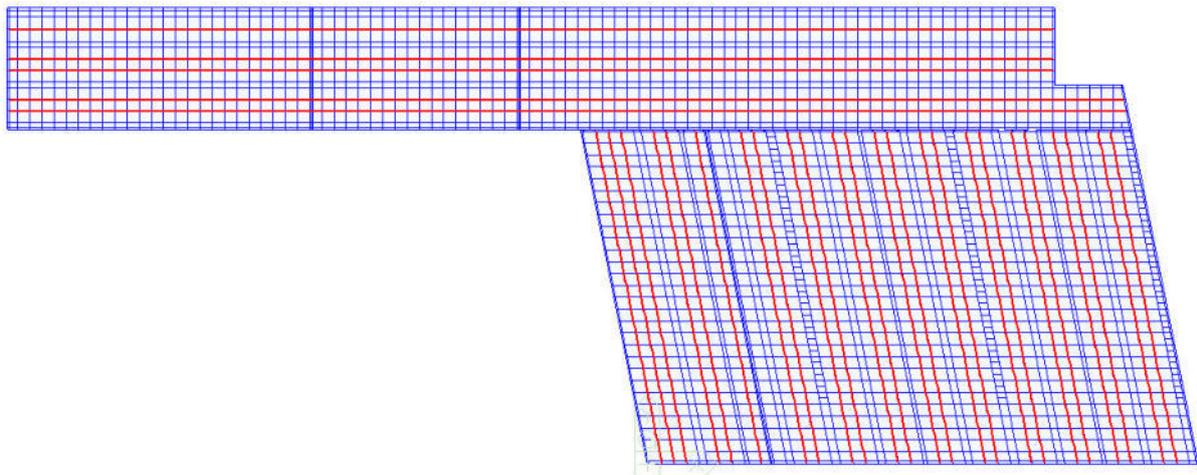


Figura 6-8 - Localizzazione travi a T rovescia

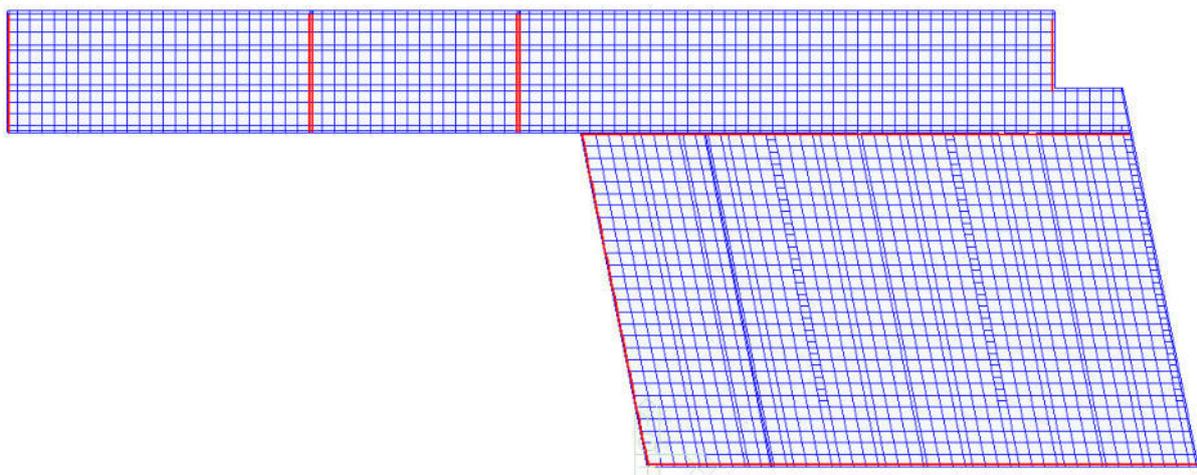


Figura 6-9 - localizzazione travi L con altezza pari a 1.55m

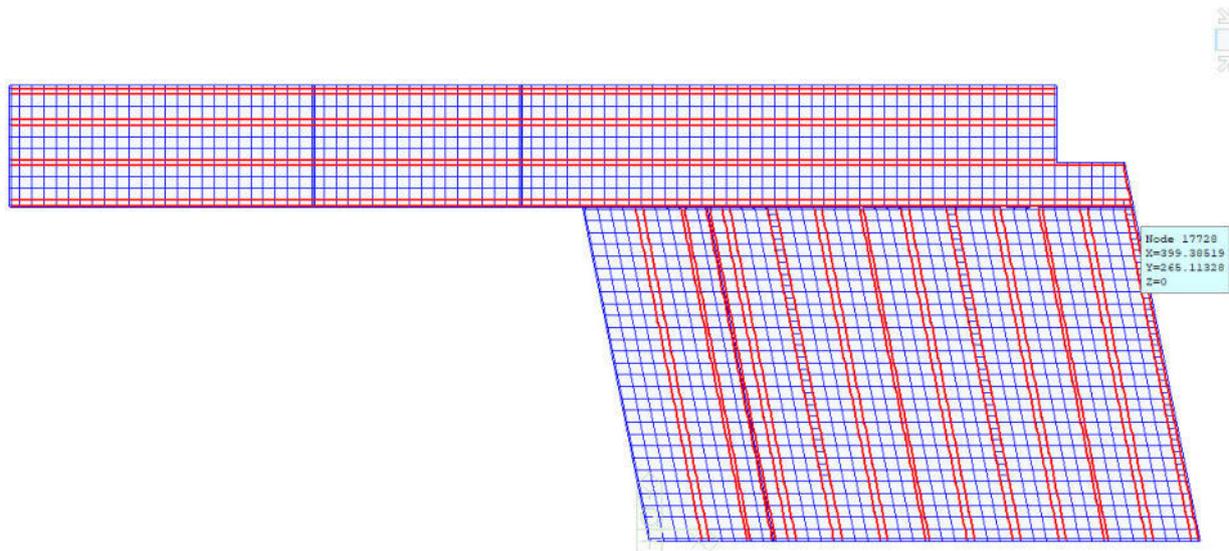


Figura 6-10 - Localizzazione travi L con altezza pari a 2.35m

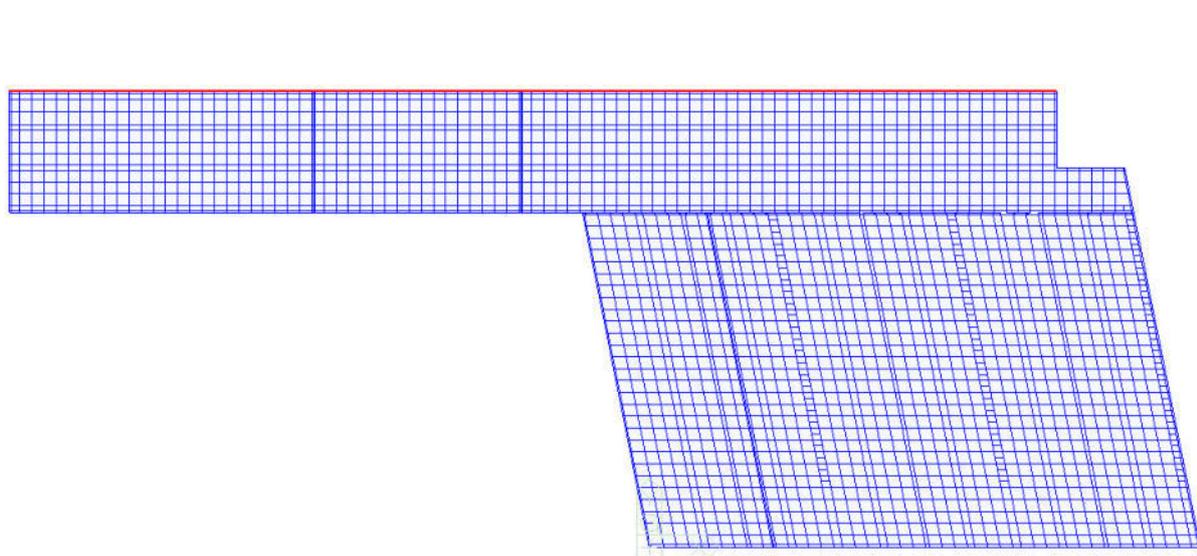


Figura 6-11 - localizzazione della trave di Testa

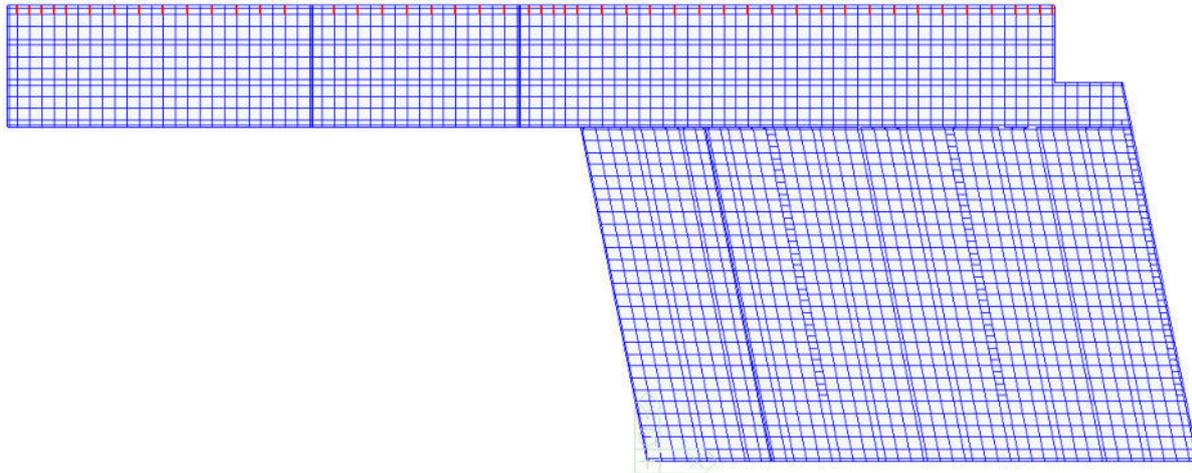


Figura 6-12 - Localizzazione delle travi larghezza 3m al di sotto delle Bitte

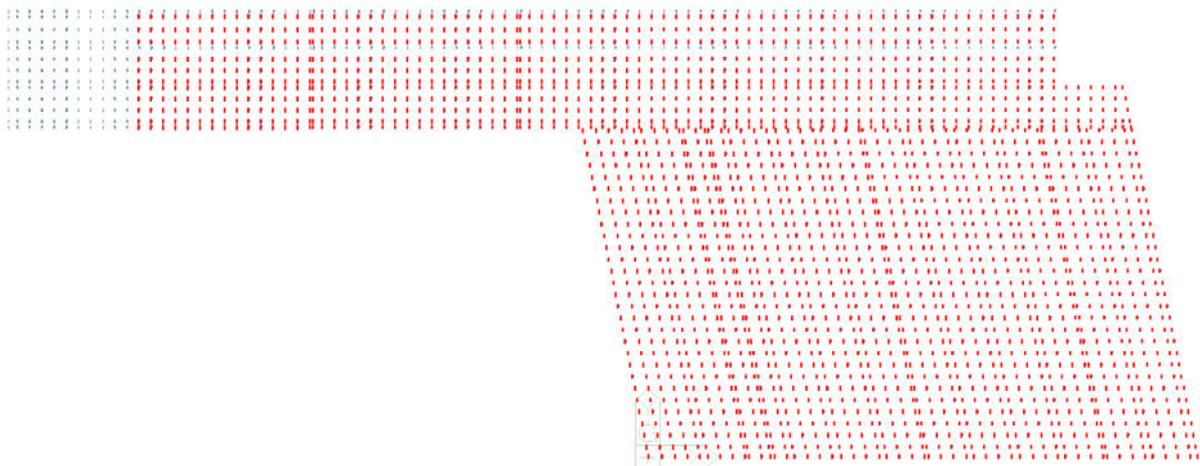


Figura 6-13 - Localizzazione dei pali da 120cm

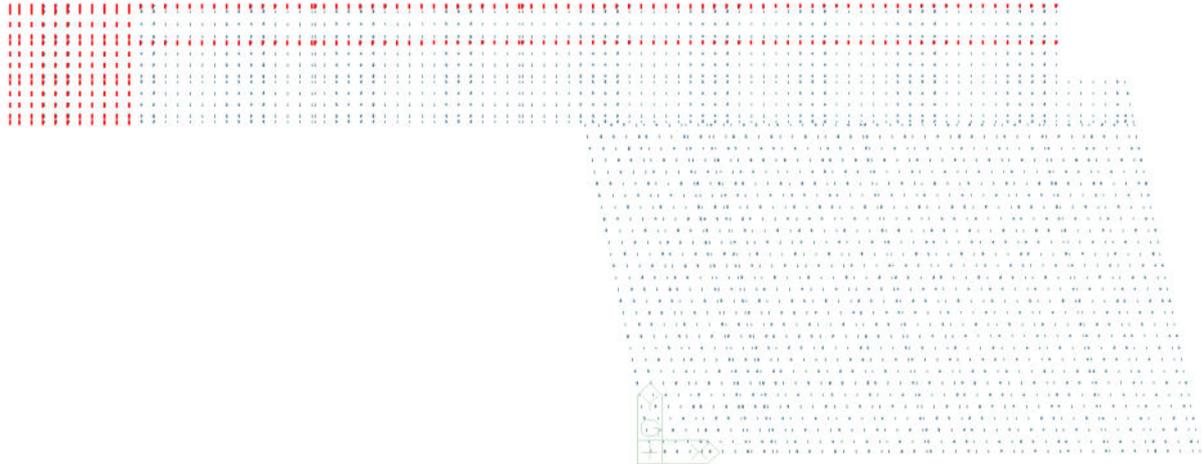


Figura 6-14 - Localizzazione dei pali da 140cm

Si riportano di seguito le caratteristiche dei materiali utilizzati nel modello.

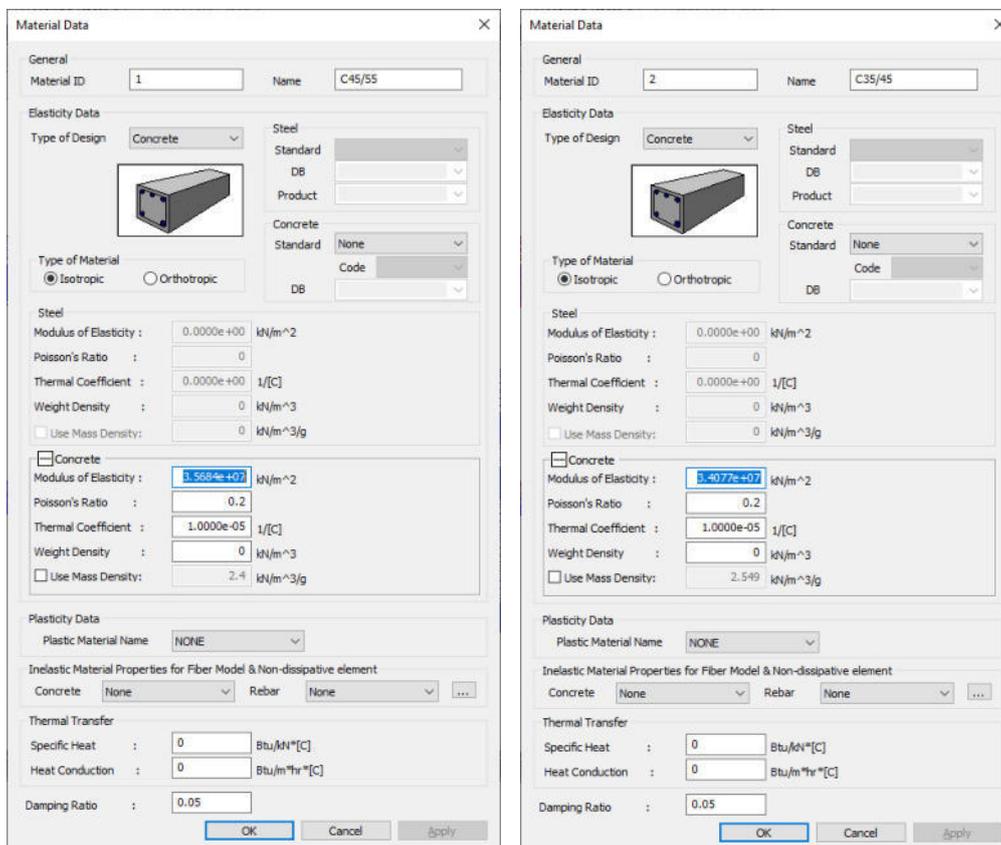


Figura 6-15 - Caratteristiche calcestruzzo - Sx travi prefabbricate - Dx Soletta



Figura 6-16 - Caratteristiche calcestruzzo - Pali

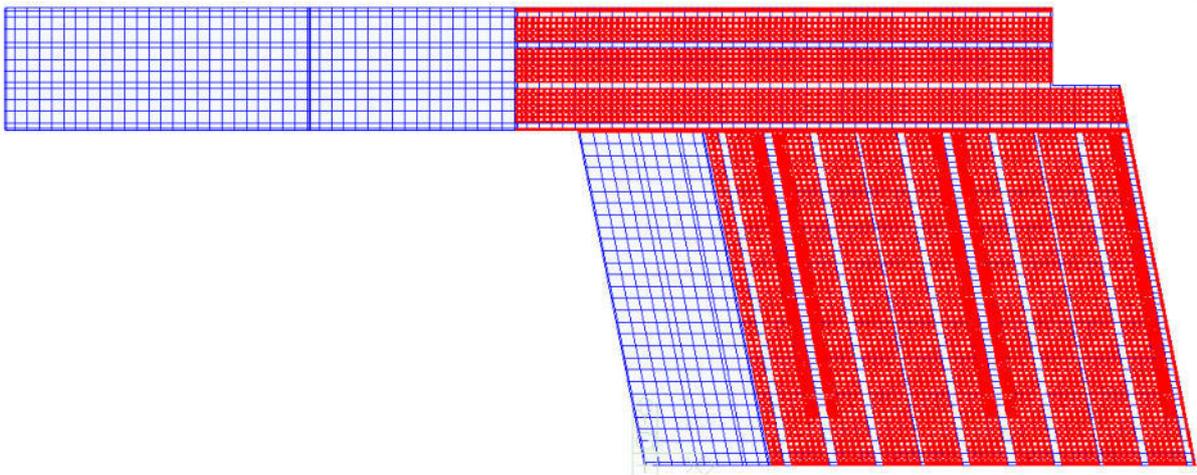


Figura 6-17 - plate con spessore 70cm della fase 1b



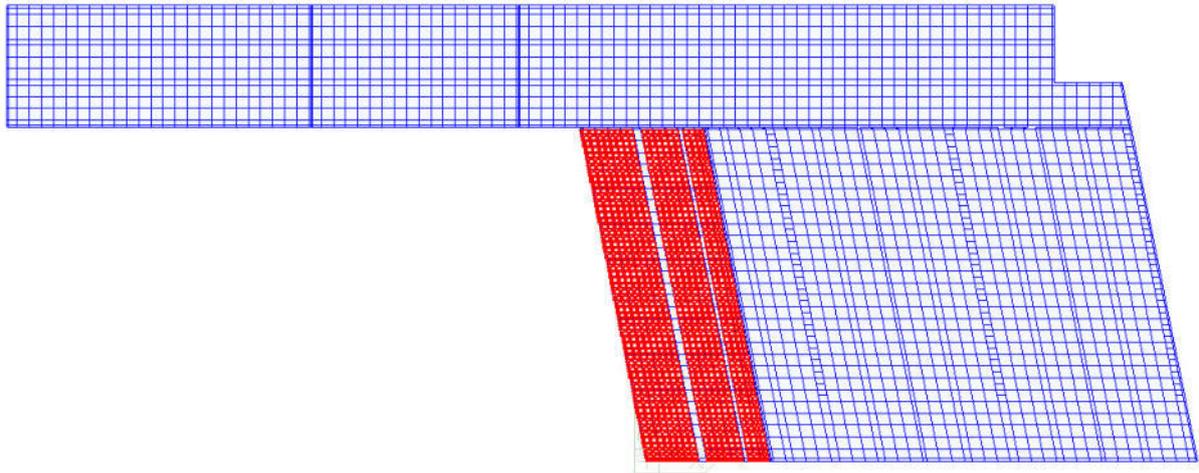


Figura 6-18 - plate con spessore 70cm della fase 1c

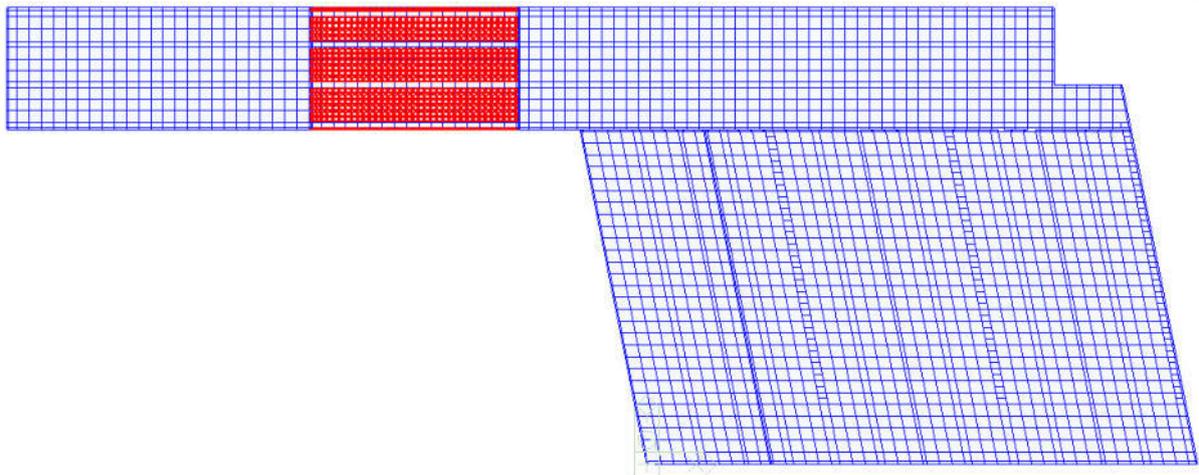


Figura 6-19 - plate con spessore 70cm della fase 2

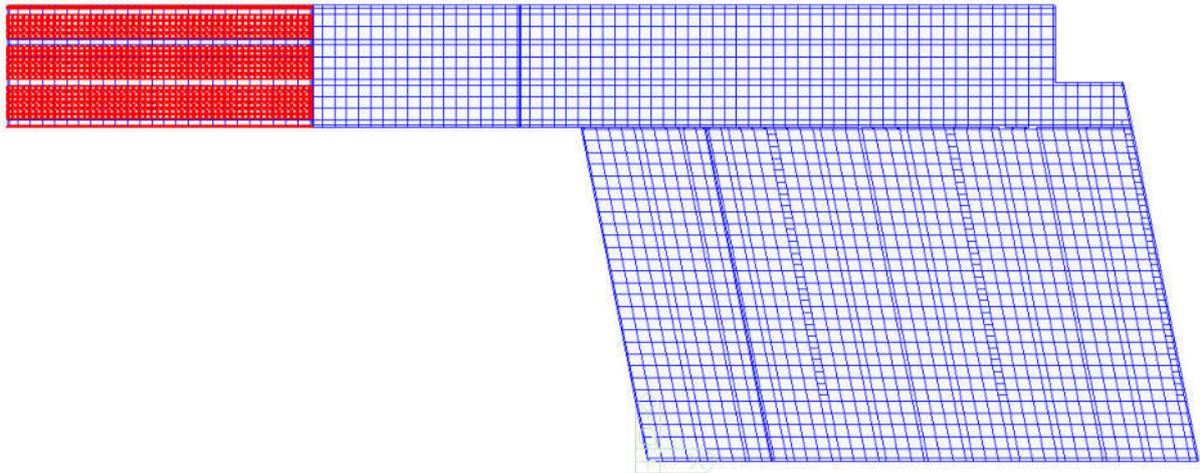


Figura 6-20 - plate con spessore 70cm della fase 3

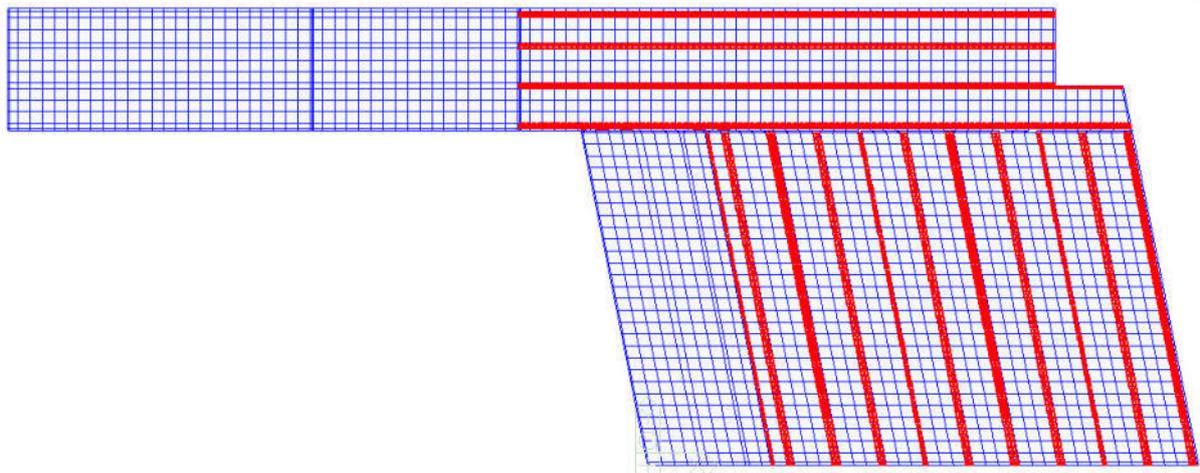


Figura 6-21 - plate con spessore 45cm della fase 1b

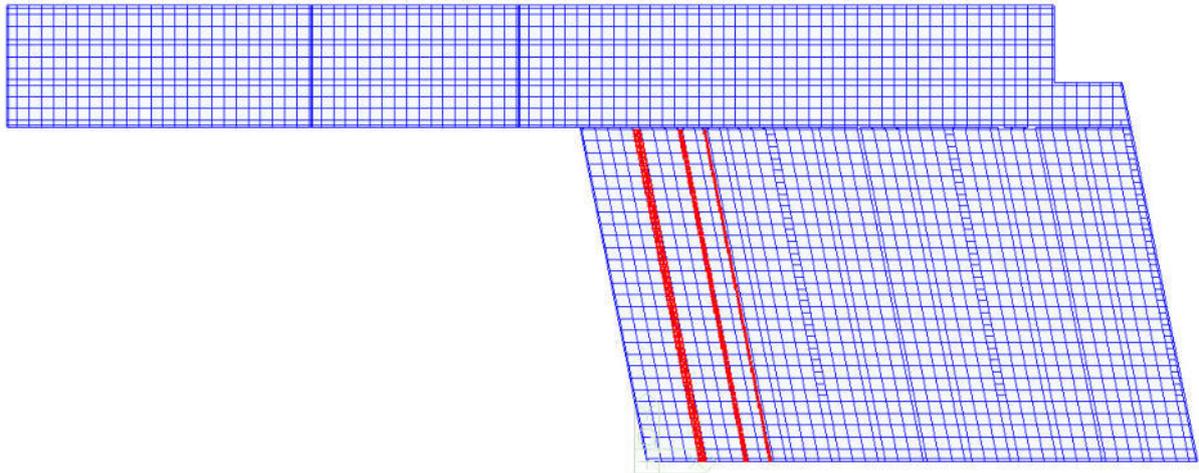


Figura 6-22 - plate con spessore 45cm della fase 1c

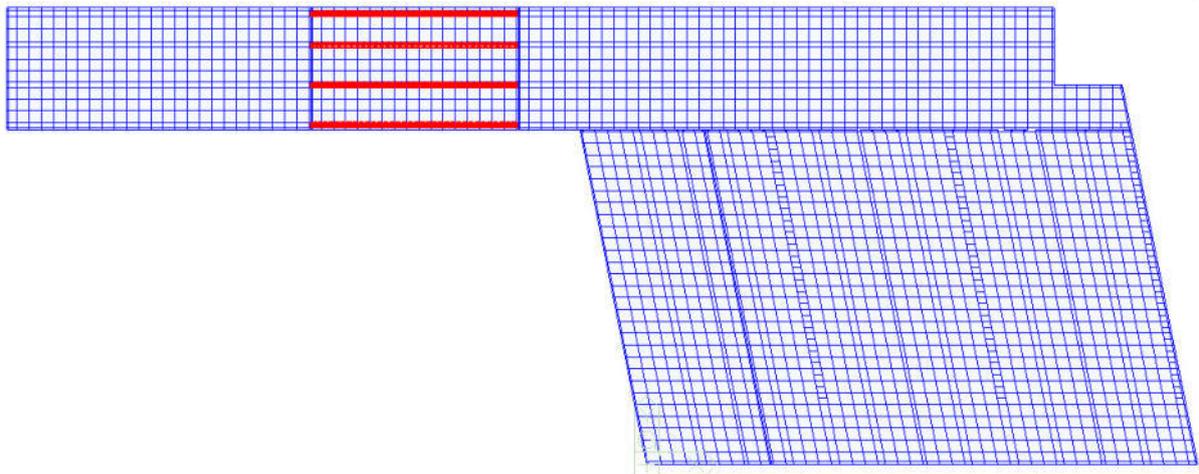


Figura 6-23 - plate con spessore 45cm della fase 2

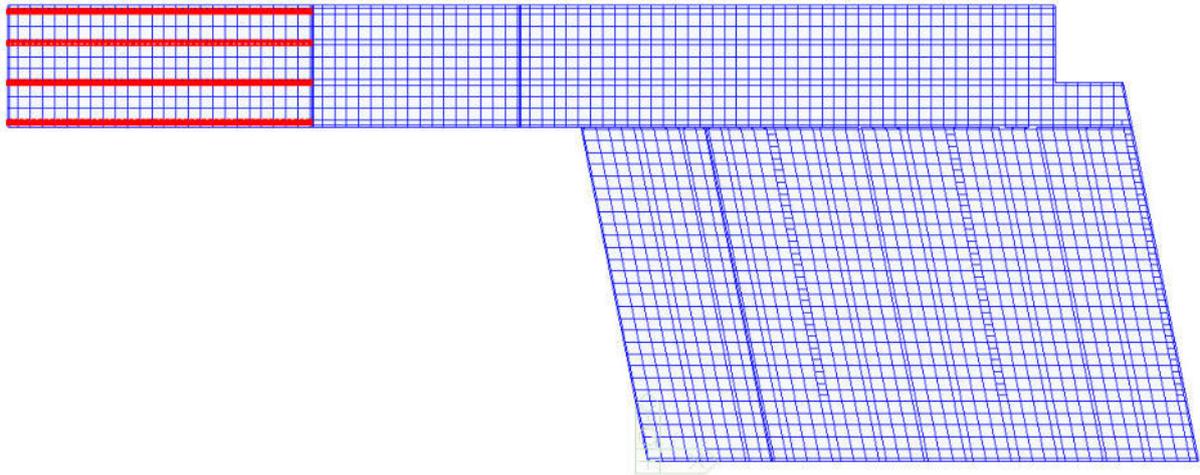


Figura 6-24 - plate con spessore 45cm della fase 3

6.4.1.2 Vincolamento

Come si evince dalle immagini, i pali sono modellati con lunghezze differenti per tenere in considerazione la batimetria della zona. Alla base i pali sono vincolati con molle traslazionali orizzontali e rotazionali, a meno della traslazione verticale in cui è presente un vincolo fisso.

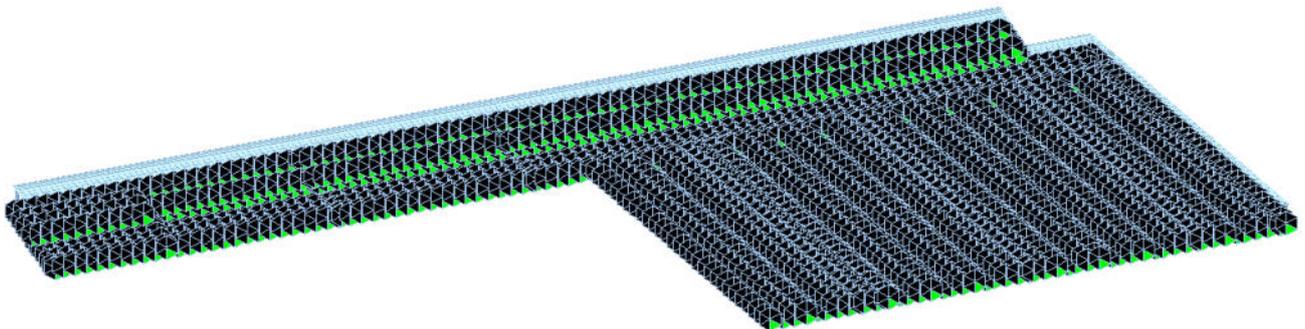


Figura 6-25 - Vincolo verticale sui pali di fondazione

I pali sono modellati fino al raggiungimento del primo strato e i valori delle molle sono stati ricavati mediante un modello specifico dei singoli pali (uno per il palo da 120cm e uno per il palo da 140cm) descritte in un paragrafo apposta.



L'analisi sismica della struttura necessita di valutazioni particolari con storie temporali artificiali e l'applicazione di 2 azioni sismiche differenti nello stesso modello (uno per tipologia di terreno D e uno per tipologia di terreno E). Per garantire l'analisi con la valutazione dell'interazione terreno struttura, alla base i pali è stato inserito un elemento link con adeguata rigidezza traslazionale orizzontale e rotazionale sugli assi orizzontali ed infinita rigidezza verticale e rotazionale sull'asse verticale. Successivamente le basi di questi link sono stati collegati orizzontalmente ad un vincolo fisso baricentrico della zona dei pali con terreno D e con terreno E.

Nell'immagine che segue si riporta la vista dei punti di vincolo orizzontale che collegano tutte le basi dei pali, con indicata anche la linea di demarcazione che identifica il passaggio della tipologia di terreno.

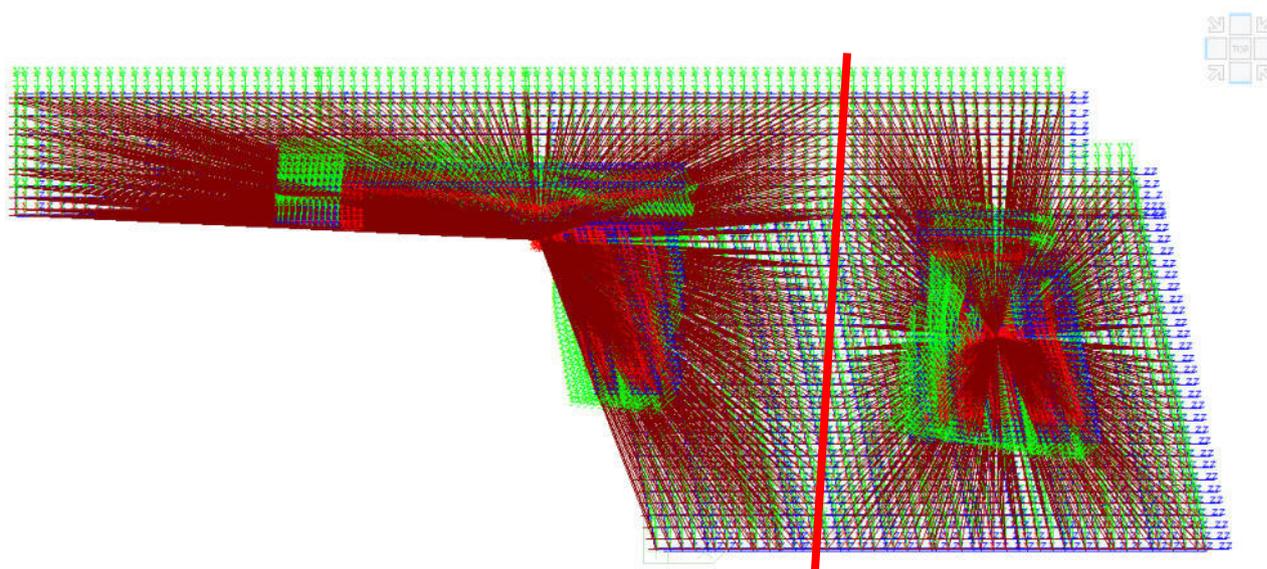


Figura 6-26 - Punti di vincolo della struttura - destra zona E - sinistra zona D

Il sistema di vincolo così modellato e l'utilizzo di link con rigidezza adeguata è stato confrontato con un identico modello dove le molle alla base dei pali sono state inserite come vincoli puntuali con la stessa rigidezza (secondo un meccanismo di modellazione ampiamente utilizzato) e si sono confrontati i modi di vibrare della struttura alla fine di validare il modello.

La scelta di applicare 2 storie temporali per le 2 tipologie di terreno concomitanti è stata presa in considerazione per valutare le massime sollecitazioni sugli elementi derivanti dagli spostamenti non uguali del terreno.

L'uso delle storie temporali si è resa necessaria dapprima per i periodi di vibrazione della struttura che in alcuni casi superano i 4 secondi e quindi la normativa non ammette l'utilizzo dell'analisi modale con spettro in maniera automatica (§3.2.3.2 delle NTC2018).



Nei vari modelli, nella zona con il giunto longitudinale in soletta sono stati inseriti degli end release ai plate. Per il modello che identifica le condizioni "statiche" sono stati inseriti degli end-release anche nelle travi longitudinali beam, non presenti nei modelli utilizzati per le analisi sismiche.

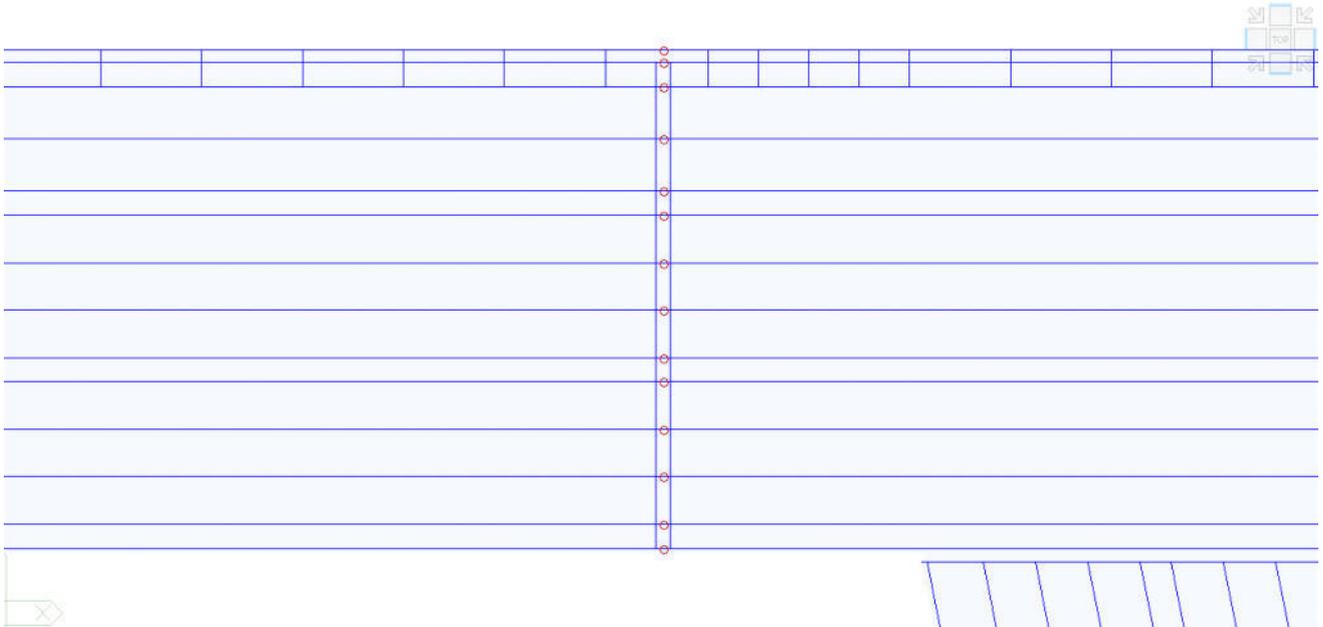


Figura 6-27 - Identificazione degli end release sui beam longitudinali

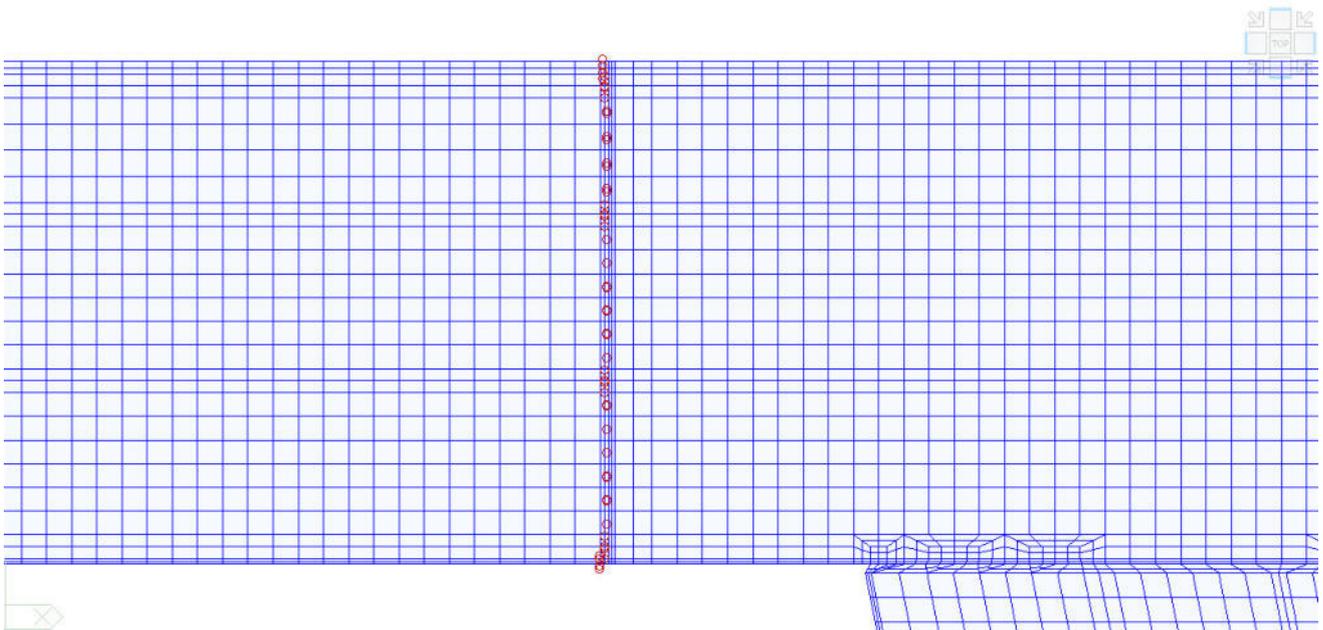
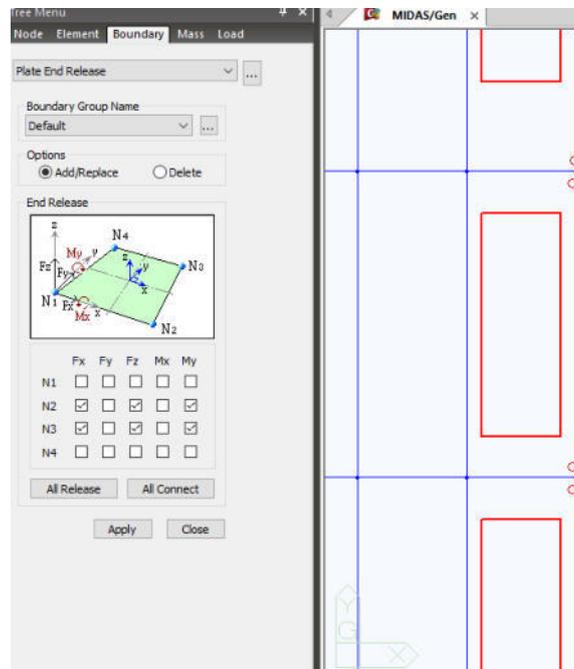


Figura 6-28 - Identificazione degli end release sui plate



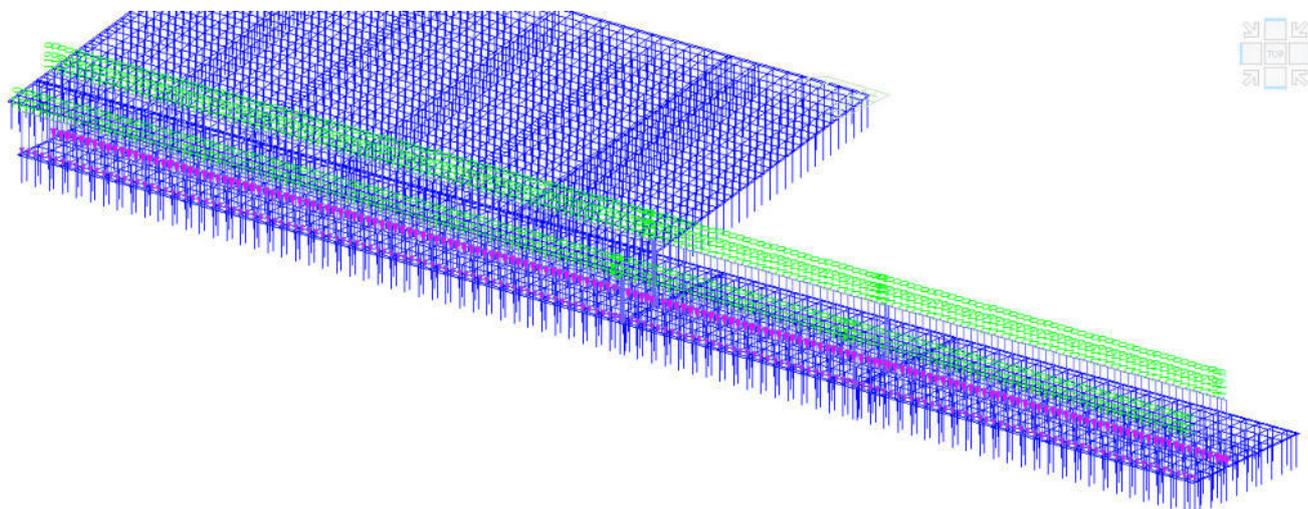
Negli end release dei plate viene mantenuto il vincolo sul lato corto della stacking area.

6.4.1.3 Applicazione delle azioni

6.4.1.3.1 Pesi propri e carichi permanenti

I pesi propri e i carichi permanenti portati sono stati applicati direttamente come pressione agli elementi plate.

Per valutare la massa delle gru STS si sono applicate dei carichi lineari distribuito in cui si è applicato l'intero peso delle 7 gru.



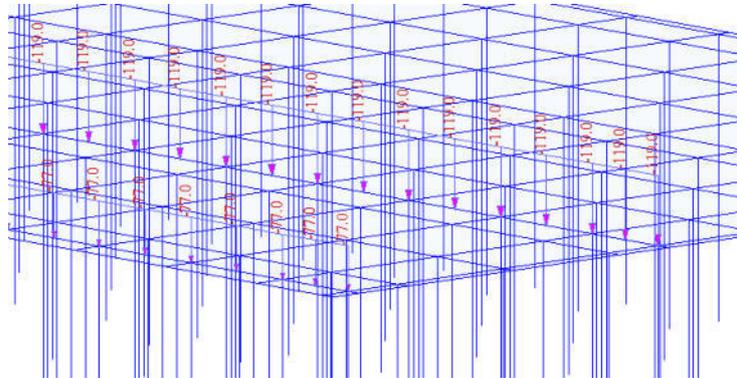


Figura 6-29 - Carico lineare peso distribuzione peso proprio travi



6.4.1.3.2 Carichi accidentali

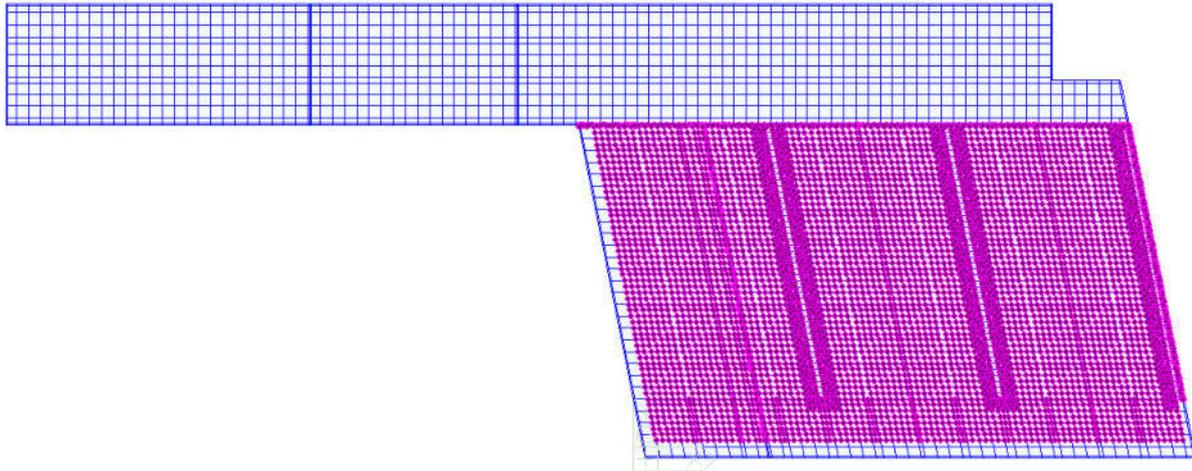


Figura 6-30 - Inserimento del carico di 60 kN/m² nella Stacking area

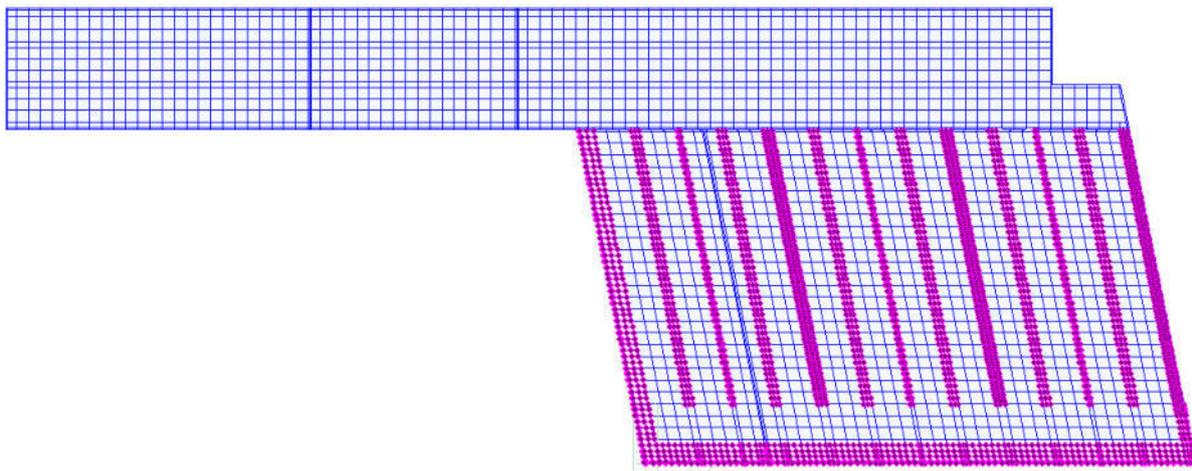


Figura 6-31 - Inserimento del carico di 30 kN/m² nella Stacking area

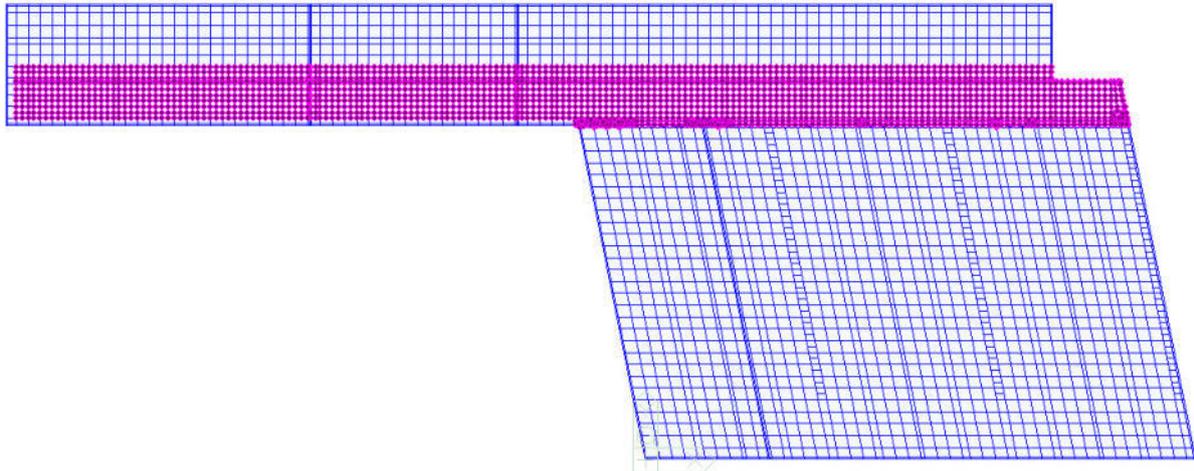


Figura 6-32 - Applicazione del carico di 60 kN/m^2 nella Quay area

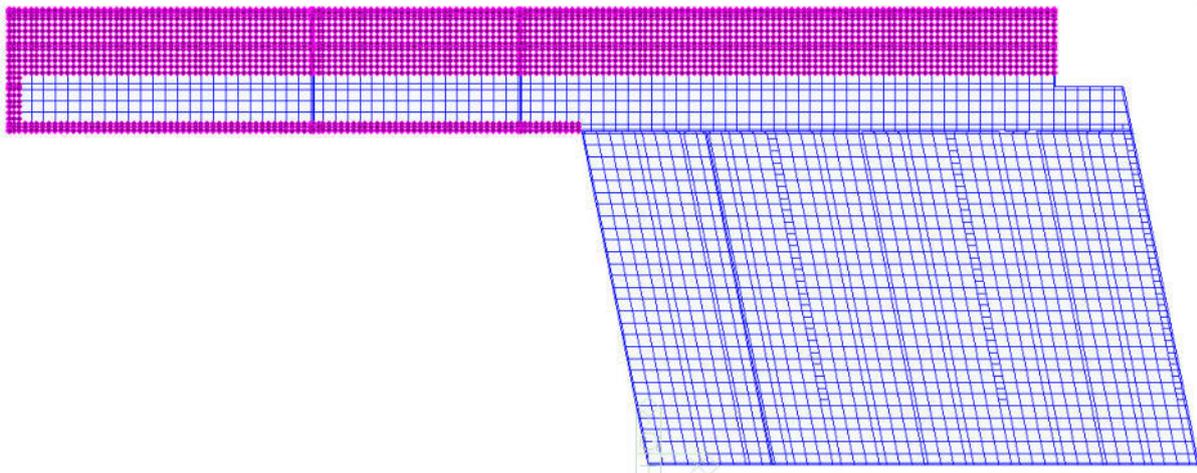
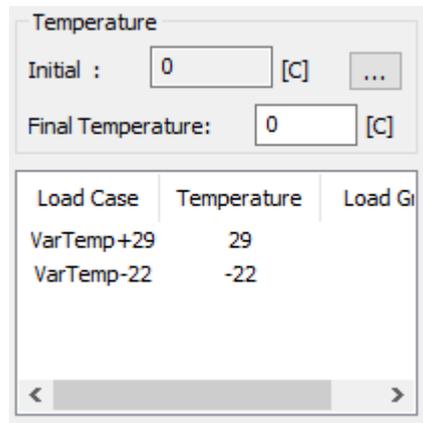
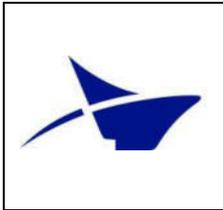


Figura 6-33 - Applicazione del carico di 30 kN/m^2 nella Quay area

6.4.1.3.3 Variazione termica

La variazione termica è stata applicata come variazione globale di temperatura, $+29^\circ\text{C}$ e -22°C .



6.4.1.3.4 Ritiro

Il ritiro è stato applicato come variazione di temperatura agli elementi plate (-20°C).

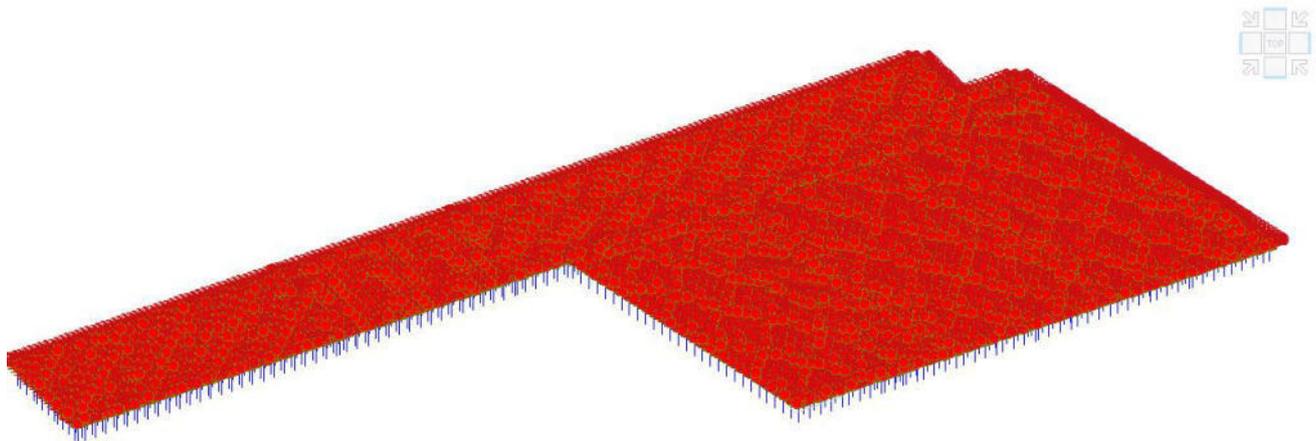


Figura 6-34 - Applicazione del Ritiro nei modelli globali

6.4.1.3.5 Carichi urto e tiro su bitte

L'urto sui fender è stato applicato come carico puntuale. Sono state identificate 7 condizioni elementari di urto di 3000 kN ciascuno. I fender sono stati previsti con un passo di 10m circa. Le condizioni elementari sono poi state combinate 2 alla volta.

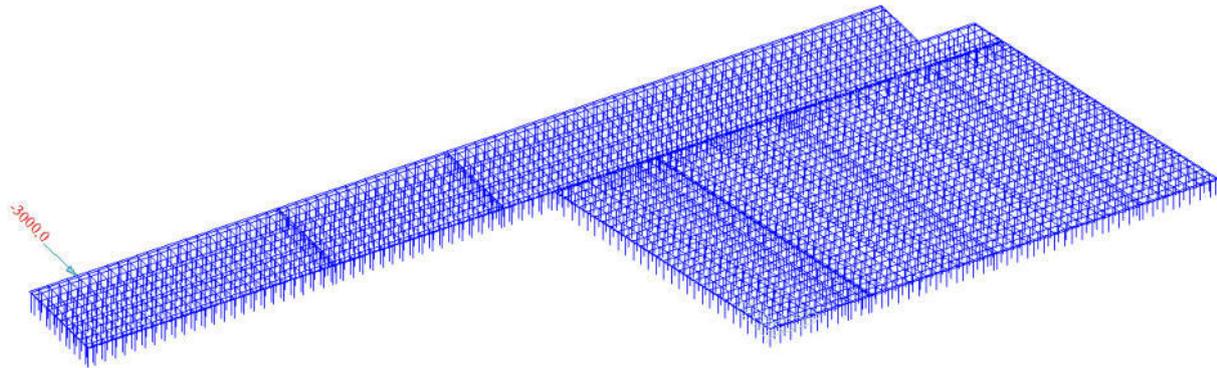


Figura 6-35 - Esempio di applicazione carico Fender

Il tiro delle bitte, come già descritto in precedenza, è stato considerato come 2 condizioni elementati di calcolo, per l'attracco di 2 navi e con un carico ortogonale al molo (condizione a favore di sicurezza).

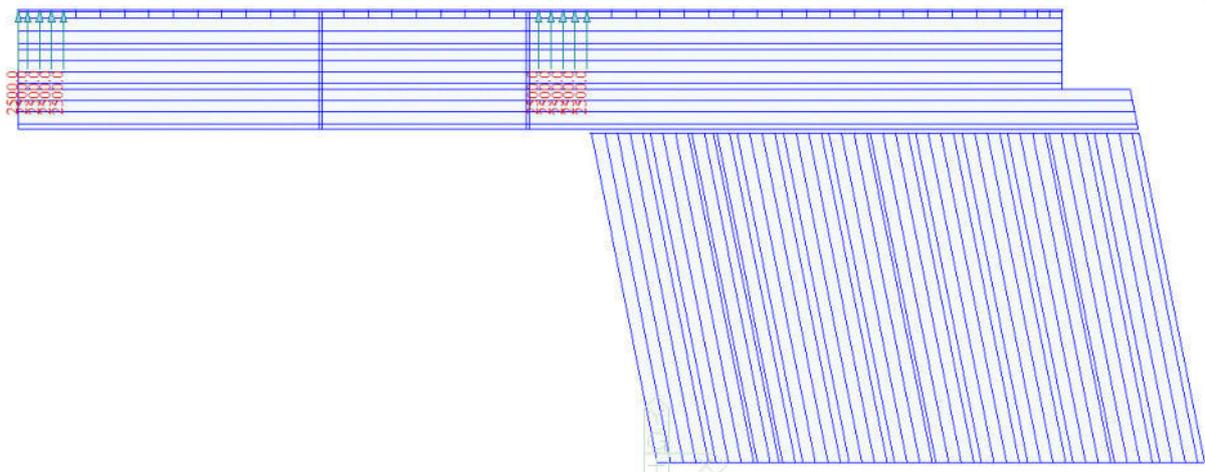


Figura 6-36 - Applicazione del carico bitte per una nave nella parte alta del molo

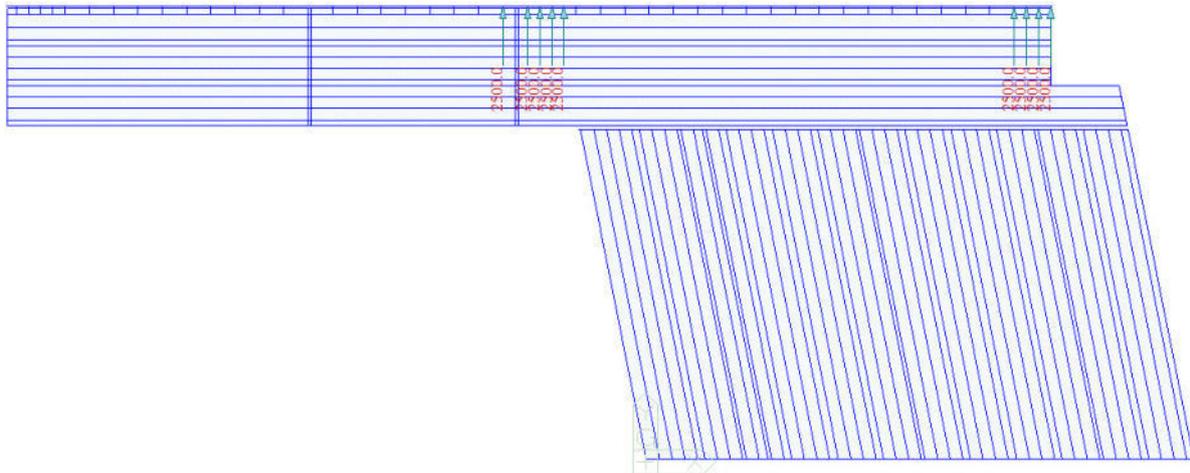


Figura 6-37 Applicazione del carico bitte per una nave nella parte bassa del molo

6.4.1.3.6 Carichi locali Gru

Oltre ai carichi distribuiti per identificare il peso proprio delle gru, si sono inseriti dei carichi locali come massime reazioni delle stesse sulle corrispettive travi.

Tale condizione è stata inserita allo scopo di identificare le massime sollecitazioni verticali sui pali di fondazione.

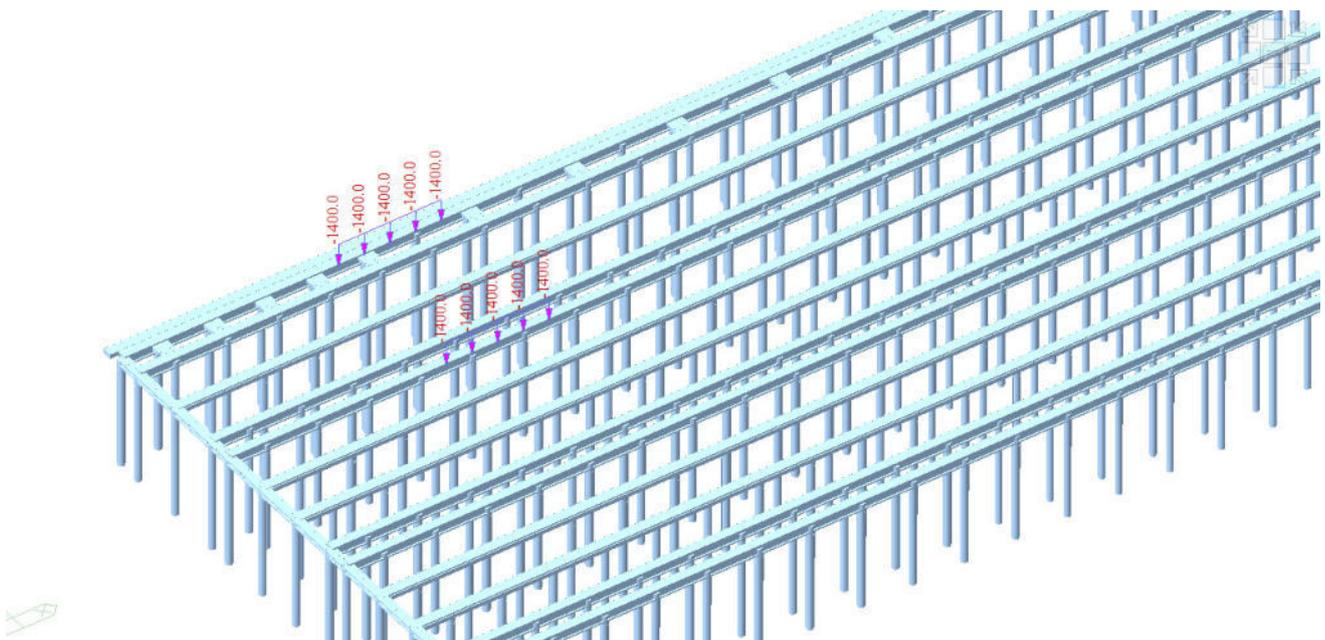


Figura 6-38 - Applicazione delle forze massime locali per le gru STS

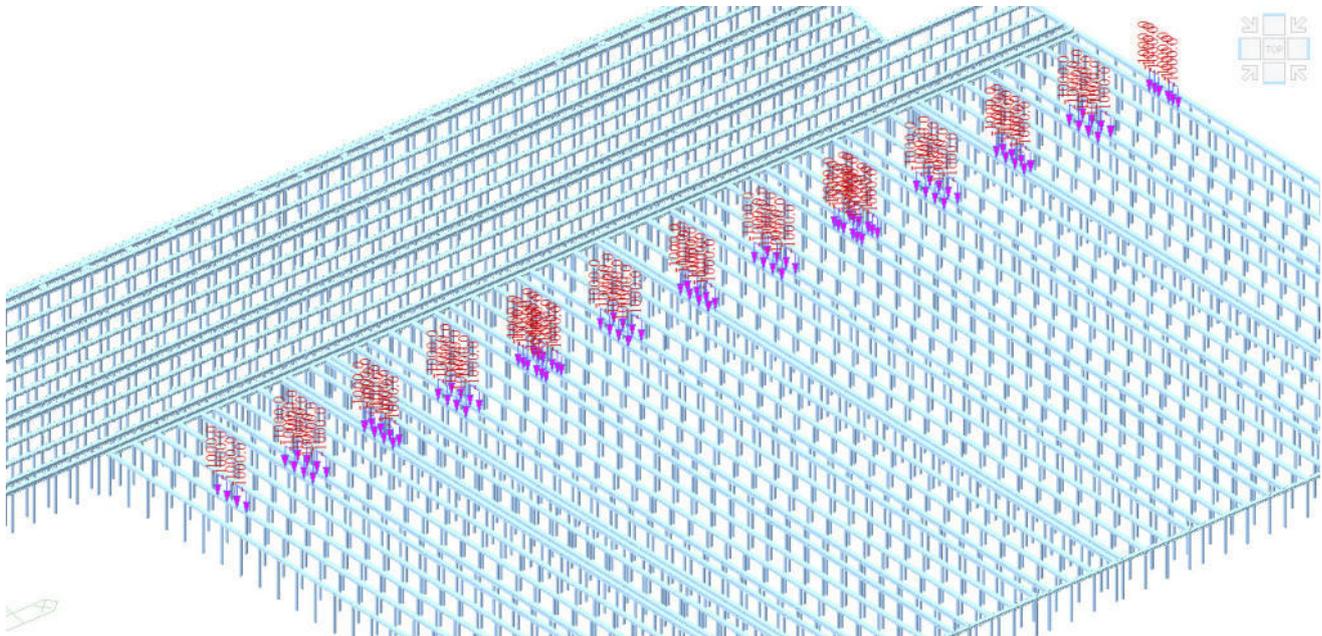
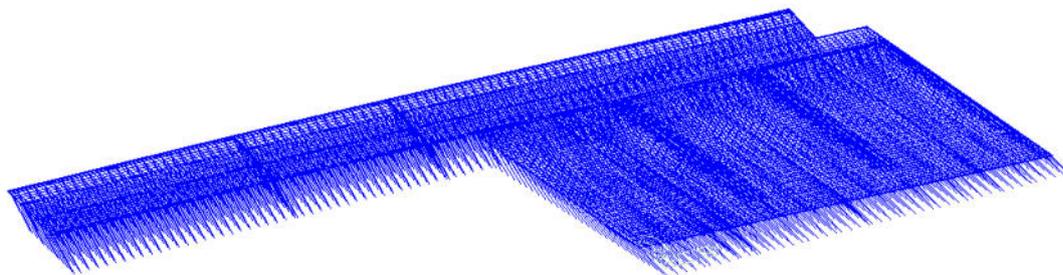


Figura 6-39 - Applicazione delle forze massime locali per le gru ASC - una delle 3 condizioni inserite

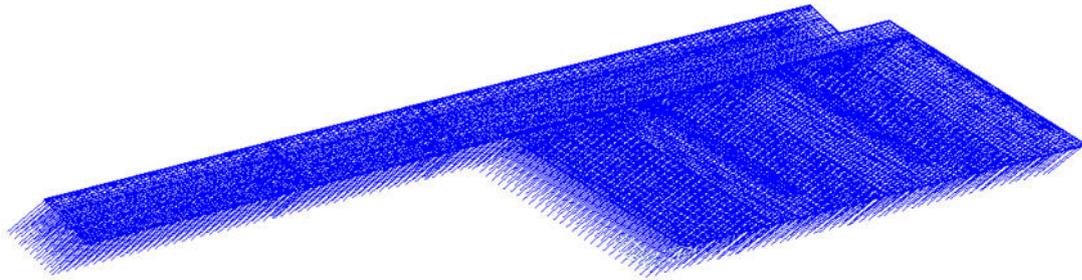
6.4.1.4 Modi principali di vibrazione della struttura

I periodi di vibrare della struttura sono differenti a seconda della massa presente nell'impalcato, quindi si sono valutati 2 modelli separati nei quali la differenza è data dalla presenza dell'80% del carico accidentale dato dallo stoccaggio dei container.

6.4.1.4.1 Modello con DL e PERM



midas Gen POST-PROCESSOR	
VIBRATION MODE	
FREQUENCY (CYCLE/SEC)	0.240072
NATURAL PERIOD (SEC)	4.165421
MPM(%)	
DX=	1.915721
DY=	80.859826
DZ=	0.000000
FX=	0.019849
FY=	0.000105
FZ=	7.653965
MODE 1	
MAX :	235
MIN :	19182
FILE:	MOLOCOMPL-
UNIT:	kN,m
DATE:	06/15/2022
VIEW-DIRECTION	
X:	-0.353
Y:	-0.772
Z:	0.500

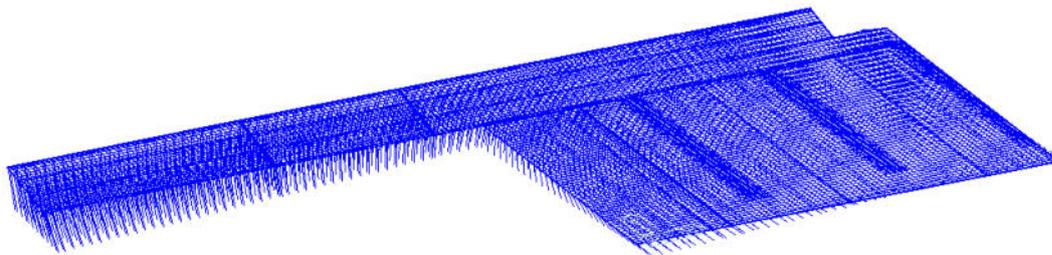


midas Gen
POST-PROCESSOR
VIBRATION MODE

FREQUENCY (CYCLE/SEC)	0.241575
NATURAL PERIOD (SEC)	4.139497
MPM(%)	
DX=	89.114527
DY=	2.157363
DZ=	0.000000
RX=	0.000535
RY=	0.004791
RZ=	0.007761

MODE 2

MAX : 514
MIN : 19182
FILE: MOLOCOMPL-
UNIT: kN,m
DATE: 06/15/2022
VIEW-DIRECTION
X: -0.353
Y: -0.772
Z: 0.500

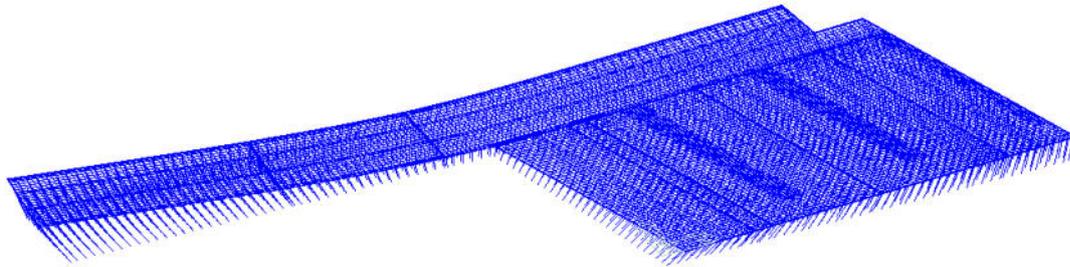


midas Gen
POST-PROCESSOR
VIBRATION MODE

FREQUENCY (CYCLE/SEC)	0.251344
NATURAL PERIOD (SEC)	3.978617
MPM(%)	
DX=	0.241200
DY=	8.036862
DZ=	0.000000
RX=	0.002195
RY=	0.000011
RZ=	82.718121

MODE 3

MAX : 526
MIN : 19182
FILE: MOLOCOMPL-
UNIT: kN,m
DATE: 06/15/2022
VIEW-DIRECTION
X: -0.353
Y: -0.772
Z: 0.500



midas Gen
POST-PROCESSOR
VIBRATION MODE

FREQUENCY
(CYCLE/SEC)
0.385610

NATURAL PERIOD
(SEC)
2.593291

MPM(%)

DX= 0.003355
DY= 0.220224
DZ= 0.000000
RX= 0.000033
RY= 0.000000
RZ= 0.113023

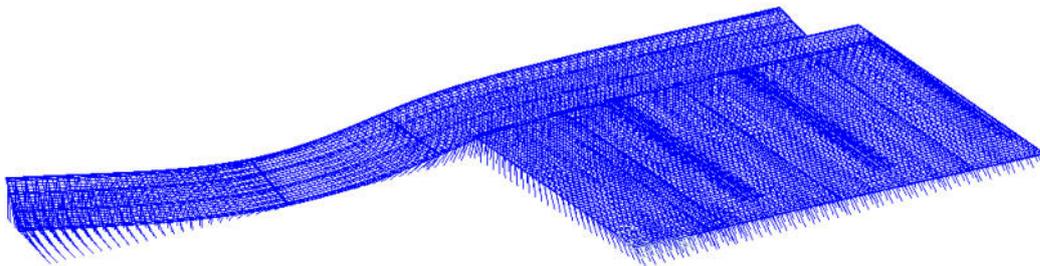
MODE 4

MAX : 527
MIN : 19182

FILE: MOLOCOMPL-
UNIT: kN,m
DATE: 06/15/2022

VIEW-DIRECTION

X: -0.353
Y: -0.772
Z: 0.500



midas Gen
POST-PROCESSOR
VIBRATION MODE

FREQUENCY
(CYCLE/SEC)
1.069523

NATURAL PERIOD
(SEC)
0.934996

MPM(%)

DX= 0.000004
DY= 0.000549
DZ= 0.000000
RX= 0.000000
RY= 0.000000
RZ= 0.004975

MODE 5

MAX : 526
MIN : 19182

FILE: MOLOCOMPL-
UNIT: kN,m
DATE: 06/15/2022

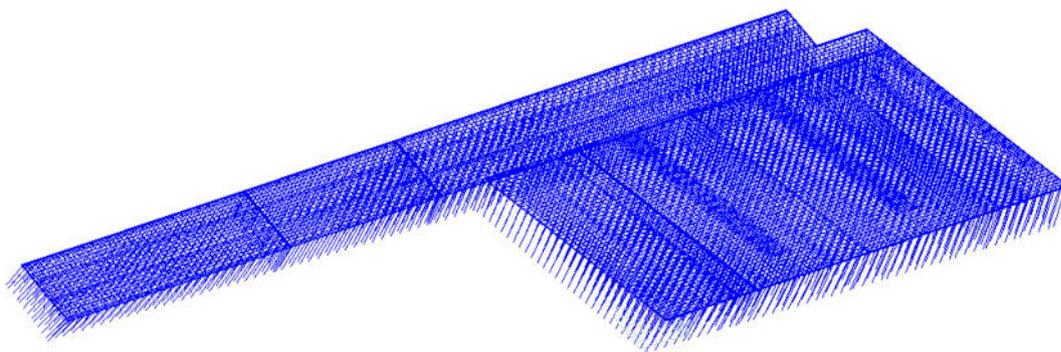
VIEW-DIRECTION

X: -0.353
Y: -0.772
Z: 0.500

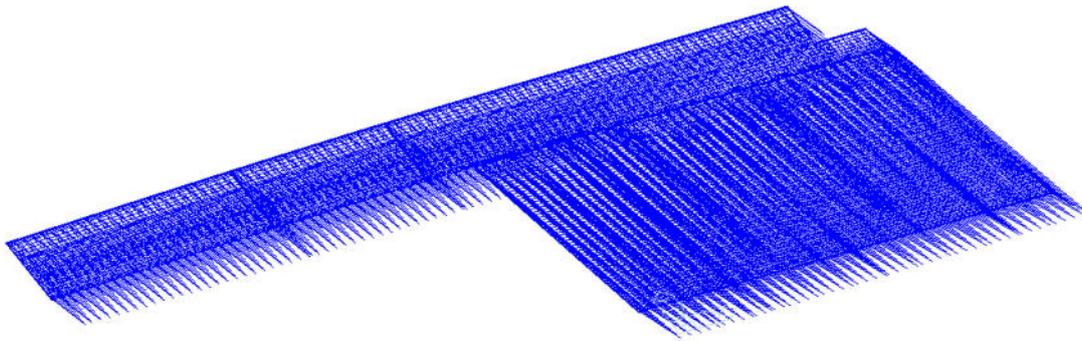


MODAL				
Mode No	TRAN-X		TRAN-Y	
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	1.9157	1.9157	80.8598	80.8598
2	89.1145	91.0302	2.1574	83.0172
3	0.2412	91.2714	8.0369	91.0541
4	0.0034	91.2748	0.2202	91.2743
5	0.0000	91.2748	0.0005	91.2748
Mode No	TRAN-X		TRAN-Y	
	MASS	SUM	MASS	SUM
1	14102.463	14102.463	595244.73	595244.73
2	656011.22	670113.68	15881.299	611126.03
3	1775.5761	671889.26	59162.877	670288.91
4	24.6979	671913.96	1621.1643	671910.07
5	0.0259	671913.98	4.0386	671914.11

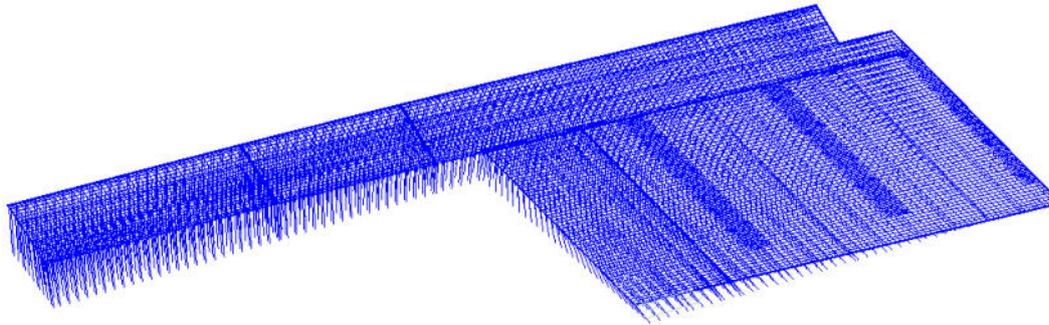
6.4.1.4.2 Modello con 80% carichi accidentali



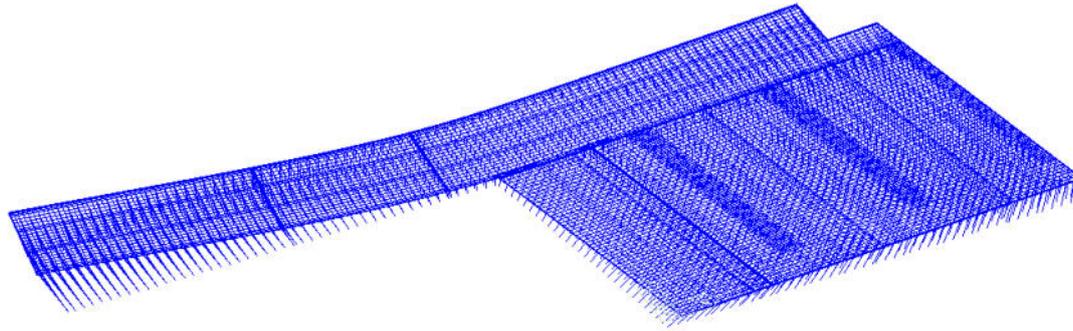
midas Gen POST-PROCESSOR	
VIBRATION MODE	
FREQUENCY (CYCLE/SEC)	0.156433
NATURAL PERIOD (SEC)	6.392521
MPM(%)	
DX=	49.106615
DY=	36.979349
DZ=	0.000000
RX=	0.002140
RY=	0.000613
RZ=	10.207527
MODE 1	
MAX :	523
MIN :	19182
FILE:	MOLOCOMPL-
UNIT:	kN,m
DATE:	06/15/2022
VIEW-DIRECTION	
X:	-0.332
Y:	-0.696
Z:	0.636



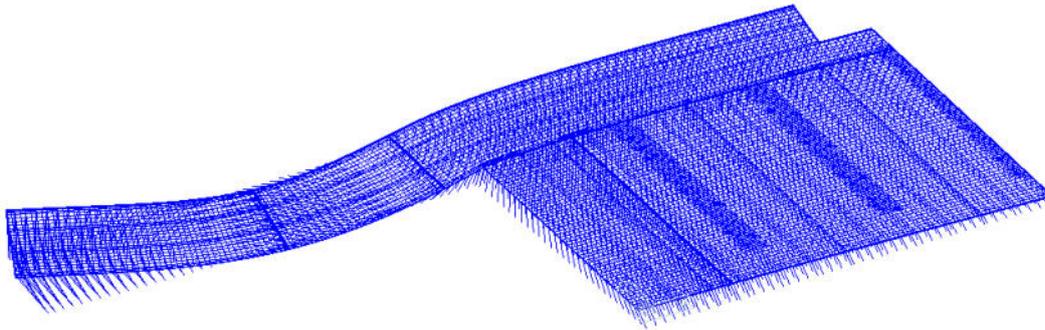
midas Gen POST-PROCESSOR	
VIBRATION MODE	
FREQUENCY (CYCLE/SEC)	0.157505
NATURAL PERIOD (SEC)	6.349024
MPM(%)	
DX=	39.854487
DY=	55.678994
DZ=	0.000000
RX=	0.003138
RY=	0.000494
RZ=	0.102026
MODE 2	
MAX :	529
MIN :	19182
FILE:	MOLOCOMPL-
UNIT:	kN,m
DATE:	06/15/2022
VIEW-DIRECTION	
X:	-0.332
Y:	-0.696
Z:	0.636



midas Gen POST-PROCESSOR	
VIBRATION MODE	
FREQUENCY (CYCLE/SEC)	0.169780
NATURAL PERIOD (SEC)	5.889976
MPM(%)	
DX=	6.992179
DY=	3.013492
DZ=	0.000000
RX=	0.000129
RY=	0.000080
RZ=	84.367183
MODE 3	
MAX :	526
MIN :	19182
FILE:	MOLOCOMPL-
UNIT:	kN,m
DATE:	06/15/2022
VIEW-DIRECTION	
X:	-0.332
Y:	-0.696
Z:	0.636



midas Gen POST-PROCESSOR	
VIBRATION MODE	
FREQUENCY (CYCLE/SEC)	0.262040
NATURAL PERIOD (SEC)	3.816205
MPM(%)	
DX=	0.030391
DY=	0.312328
DZ=	0.000000
RX=	0.000009
RY=	0.000000
RZ=	0.576098
MODE 4	
MAX :	527
MIN :	19182
FILE:	MOLOCOMPL-
UNIT:	kN,m
DATE:	06/15/2022
VIEW-DIRECTION	
X:	-0.332
Y:	-0.696
Z:	0.636



midas Gen POST-PROCESSOR	
VIBRATION MODE	
FREQUENCY (CYCLE/SEC)	0.741475
NATURAL PERIOD (SEC)	1.348664
MPM(%)	
DX=	0.000060
DY=	0.000128
DZ=	0.000000
RX=	0.000000
RY=	0.000000
RZ=	0.004486
MODE 5	
MAX :	526
MIN :	19182
FILE:	MOLOCOMPL-
UNIT:	kN,m
DATE:	06/15/2022
VIEW-DIRECTION	
X:	-0.332
Y:	-0.696
Z:	0.636

MODAL				
Mode No	TRAN-X		TRAN-Y	
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	49.1066	49.1066	36.9793	36.9793
2	39.8545	88.9611	55.6790	92.6583
3	6.9922	95.9533	3.0135	95.6718
4	0.0304	95.9837	0.3123	95.9842
5	0.0001	95.9837	0.0001	95.9843
Mode No	TRAN-X		TRAN-Y	
	MASS	SUM	MASS	SUM
1	787915.95	787915.95	593333.89	593333.89
2	639465.48	1427381.4	893369.80	1486703.6
3	112189.55	1539570.9	48351.502	1535055.2
4	487.6278	1540058.6	5011.3085	1540066.5
5	0.9594	1540059.5	2.0463	1540068.5

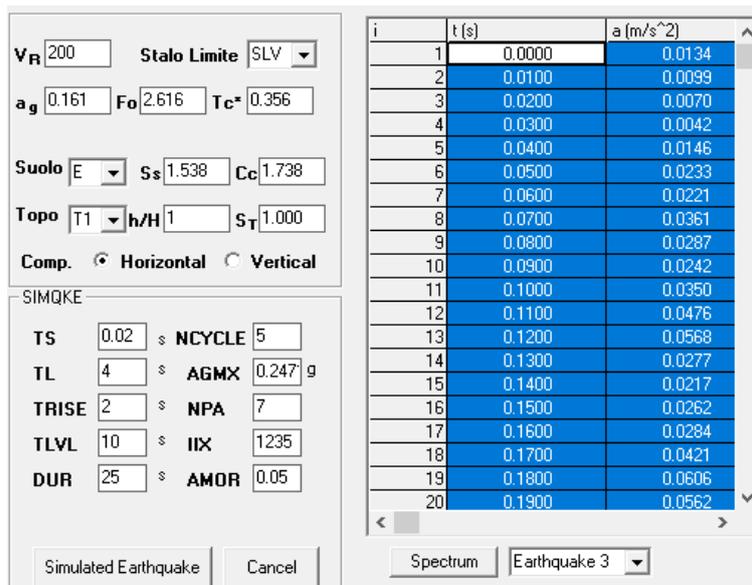
6.4.1.5 Storie temporali del moto

Come identificato nelle NTC 2018 si sono estrapolati per l'analisi sismica 7+7 storie temporali date da altrettanti accelerogrammi spettrocompatibili con terreni di tipo D ed E.

Gli accelerogrammi sono stati creati mediante il software simqke che permette la generazione casuale e con le caratteristiche richieste al §3.2.3.6 delle NTC 2018:

- Parte pseudo stazionaria dell'accelerogramma della durata di 10 sec
- Durata complessiva 25sec
- Differenza con lo spettro con uno scarto minore del 10%

Si riporta un'immagine esemplificativa del form del software in cui si possono identificare alcune caratteristiche da assegnare al software stesso.



The screenshot shows the SIMQKE software interface. On the left, there are input fields for simulation parameters:

- V_R**: 200
- Stalo Limite**: SLV
- a_g**: 0.161
- F₀**: 2.616
- T_c***: 0.356
- Suolo**: E
- S_s**: 1.538
- C_c**: 1.738
- Topo**: T1
- h/H**: 1
- S_T**: 1.000
- Comp.**: Horizontal Vertical

Below these are the SIMQKE parameters:

- TS**: 0.02
- NCYCLE**: 5
- TL**: 4
- AGMX**: 0.247 g
- TRISE**: 2
- NPA**: 7
- TLVL**: 10
- IIX**: 1235
- DUR**: 25
- AMOR**: 0.05

At the bottom, there are buttons for "Simulated Earthquake" and "Cancel".

On the right, there is a table showing the simulation results:

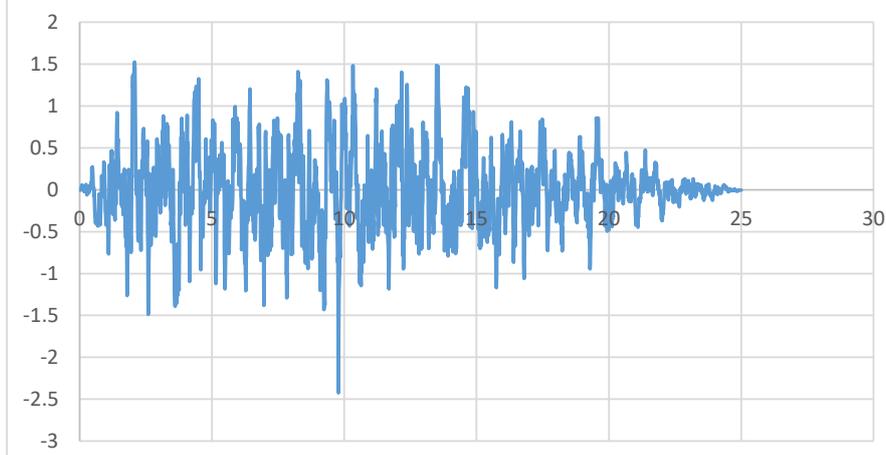
i	t (s)	a (m/s ²)
1	0.0000	0.0134
2	0.0100	0.0099
3	0.0200	0.0070
4	0.0300	0.0042
5	0.0400	0.0146
6	0.0500	0.0233
7	0.0600	0.0221
8	0.0700	0.0361
9	0.0800	0.0287
10	0.0900	0.0242
11	0.1000	0.0350
12	0.1100	0.0476
13	0.1200	0.0568
14	0.1300	0.0277
15	0.1400	0.0217
16	0.1500	0.0262
17	0.1600	0.0284
18	0.1700	0.0421
19	0.1800	0.0606
20	0.1900	0.0562

At the bottom right, there are buttons for "Spectrum" and "Earthquake 3".

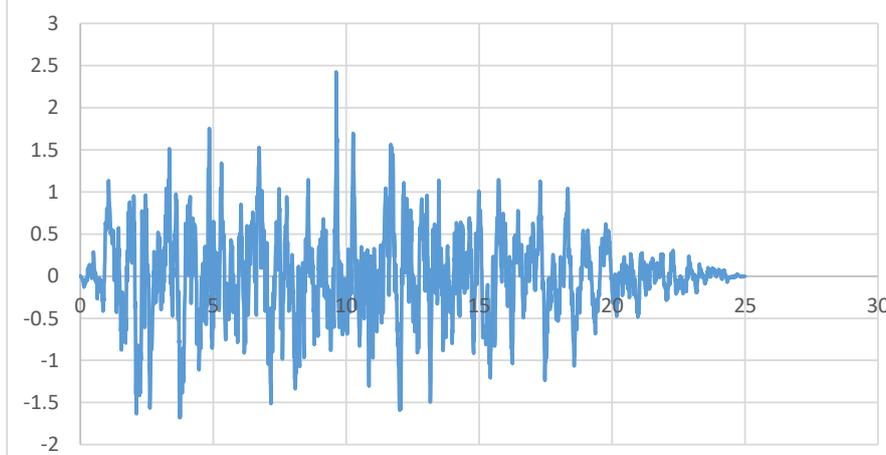
Si riportano di seguito i grafici degli accelerogrammi utilizzati



Eq-E200y-1

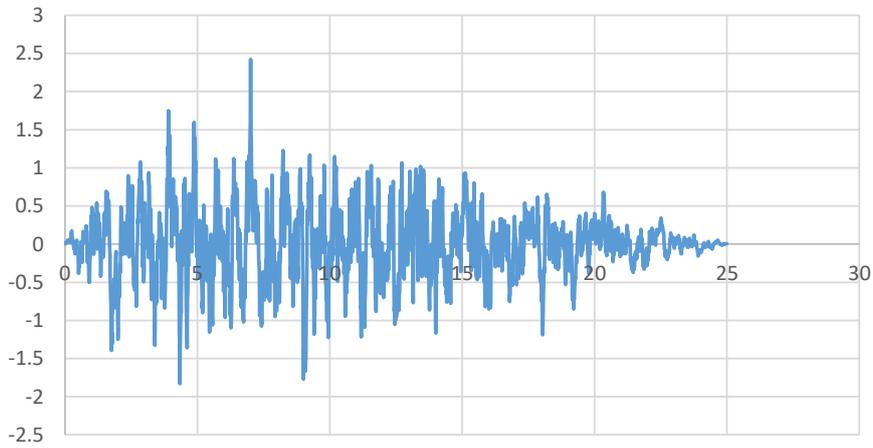


Eq-E200y-2

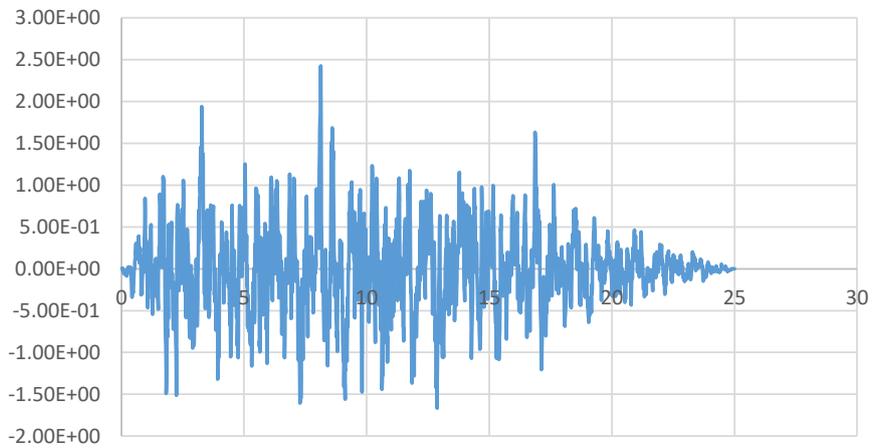




Eq-E200y-3

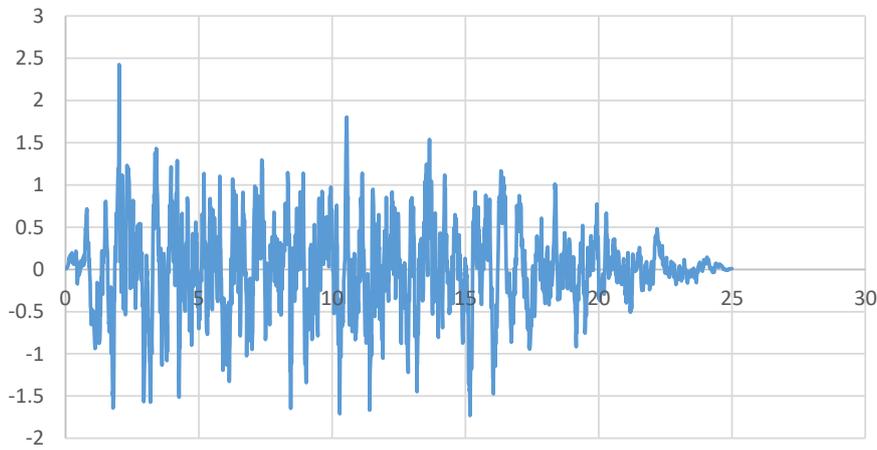


Eq-E200y-4

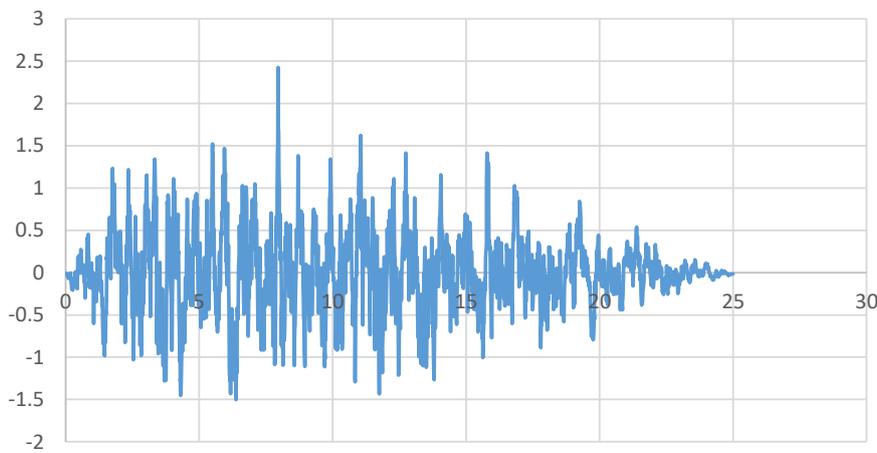




Eq-E200y-5

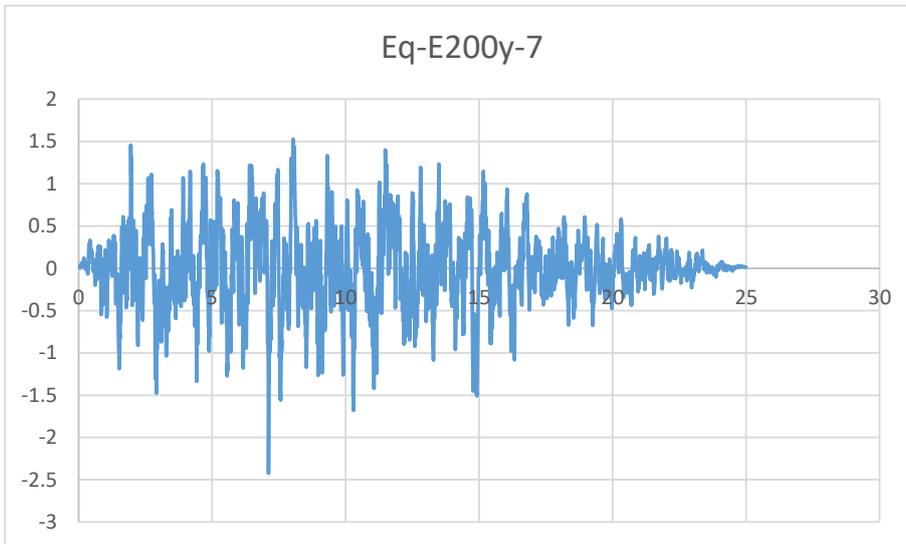


Eq-E200y-6

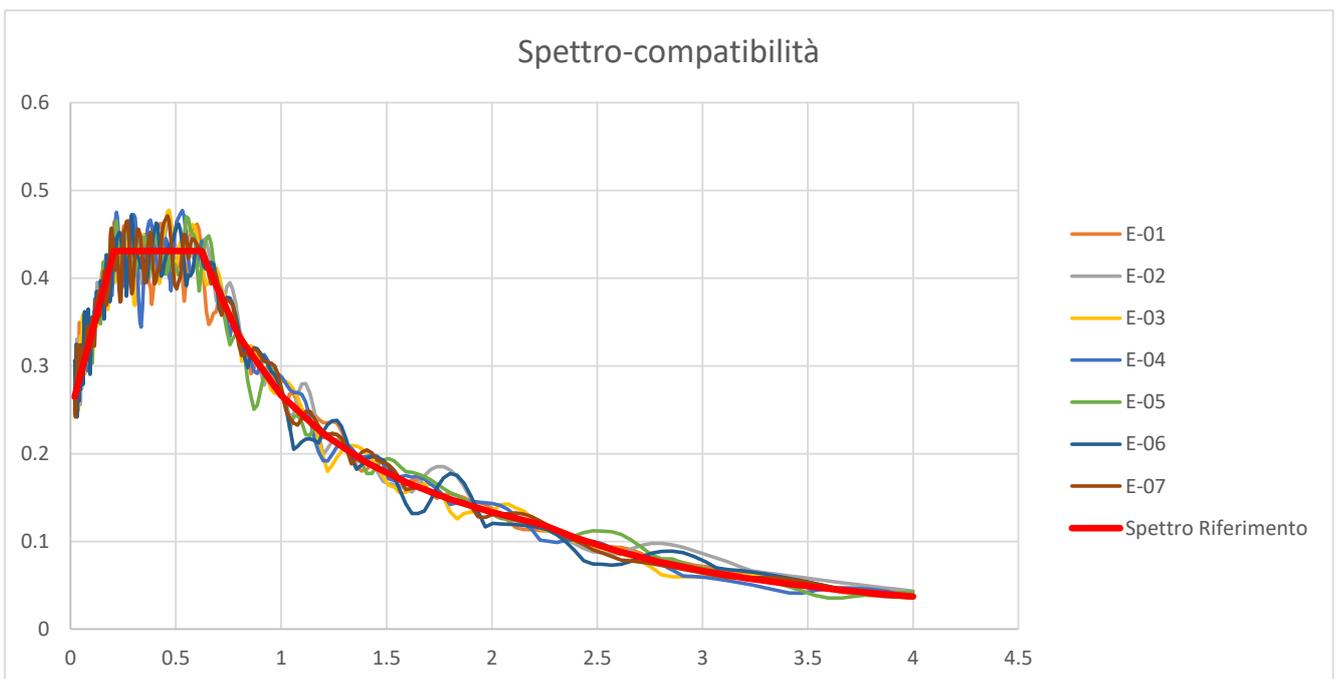




Eq-E200y-7

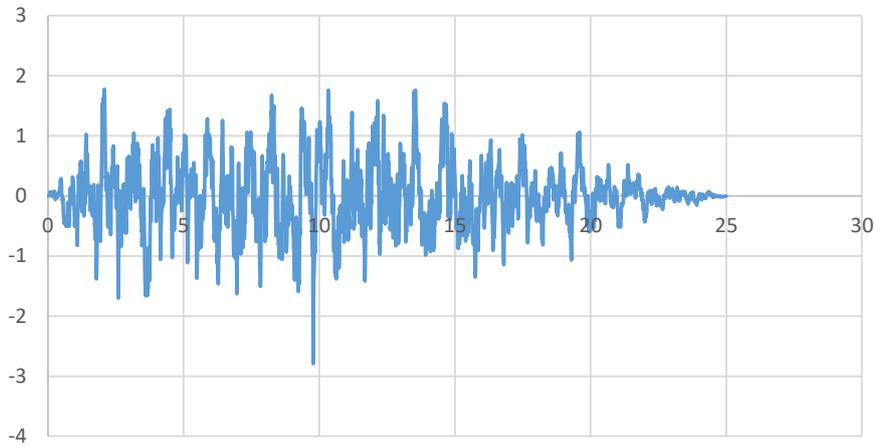


Spettro-compatibilità

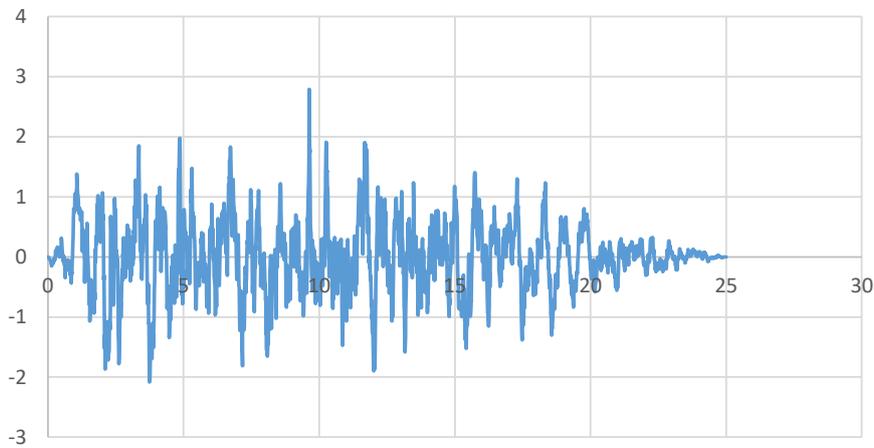




Eq-D200y-1

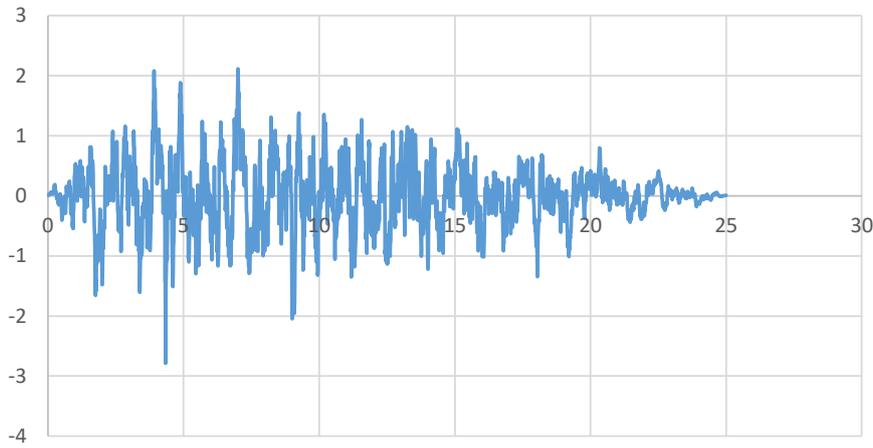


Eq-D200y-2

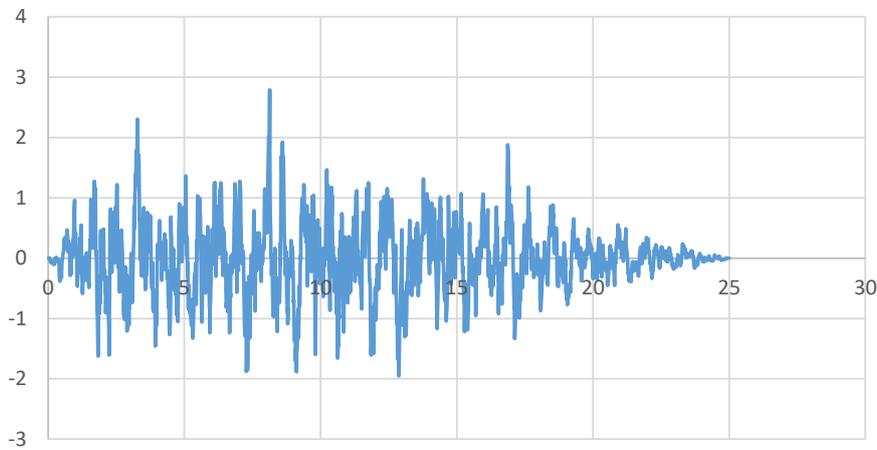




Eq-D200y-3

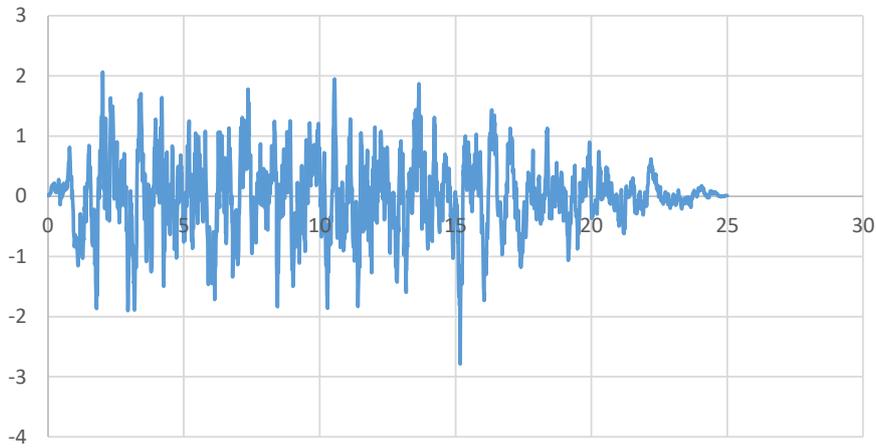


Eq-D200y-4

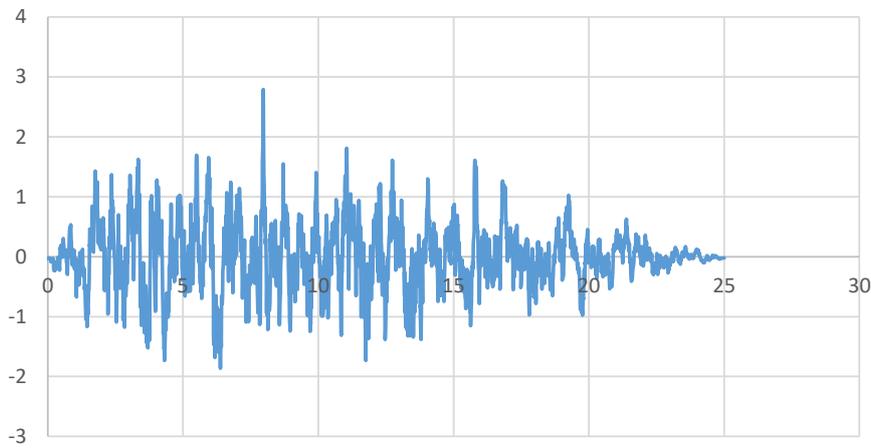


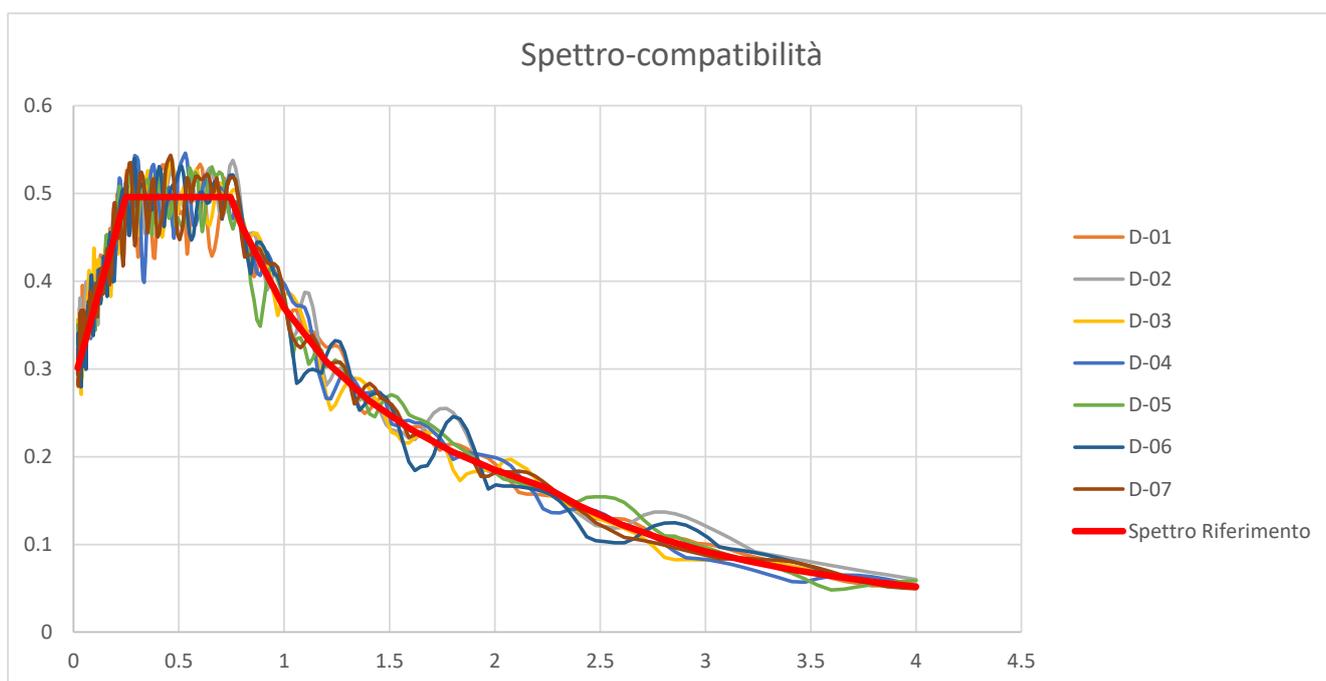
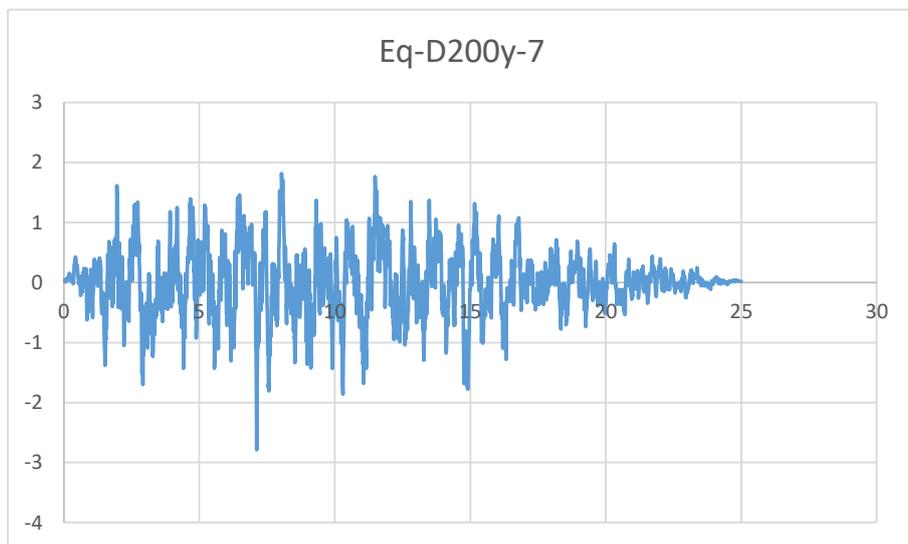


Eq-D200y-5



Eq-D200y-6





Si riportano di seguito l'indicazione delle casistiche delle analisi dinamiche lineari effettuate, in entrambi i modelli sismici. Si rende noto che il nodo 21850 è il nodo di riferimento al terreno E e il nodo 21851 al terreno D.



Node	LoadCase	Function_X	Scale Factor_X	Arrival Time_X (sec)	Function_Y	Scale Factor_Y	Arrival Time_Y (sec)
21850	EQ1-0.3X1	Eq-E-200y-1	0.30	0.00	Eq-E-200y-1	1.00	0.00
21850	EQ2-0.3X1	Eq-E-200y-2	0.30	0.00	Eq-E-200y-2	1.00	0.00
21850	EQ3-0.3X1	Eq-E-200y-3	0.30	0.00	Eq-E-200y-3	1.00	0.00
21850	EQ1-1X0.3	Eq-E-200y-1	1.00	0.00	Eq-E-200y-1	0.30	0.00
21850	EQ2-1X0.3	Eq-E-200y-2	1.00	0.00	Eq-E-200y-2	0.30	0.00
21850	EQ3-1X0.3	Eq-E-200y-3	1.00	0.00	Eq-E-200y-3	0.30	0.00
21850	EQ4-0.3X1	Eq-E-200y-4	0.30	0.00	Eq-E-200y-4	1.00	0.00
21850	EQ5-0.3X1	Eq-E-200y-5	0.30	0.00	Eq-E-200y-5	1.00	0.00
21850	EQ6-0.3X1	Eq-E-200y-6	0.30	0.00	Eq-E-200y-6	1.00	0.00
21850	EQ7-0.3X1	Eq-E-200y-7	0.30	0.00	Eq-E-200y-7	1.00	0.00
21850	EQ4-1X0.3	Eq-E-200y-4	1.00	0.00	Eq-E-200y-4	0.30	0.00
21850	EQ5-1X0.3	Eq-E-200y-5	1.00	0.00	Eq-E-200y-5	0.30	0.00
21850	EQ6-1X0.3	Eq-E-200y-6	1.00	0.00	Eq-E-200y-6	0.30	0.00
21851	EQ1-0.3X1	Eq-D-200y-1	0.30	0.00	Eq-D-200y-1	1.00	0.00
21851	EQ2-0.3X1	Eq-D-200y-2	0.30	0.00	Eq-D-200y-2	1.00	0.00
21851	EQ3-0.3X1	Eq-D-200y-3	0.30	0.00	Eq-D-200y-3	1.00	0.00
21851	EQ1-1X0.3	Eq-D-200y-1	1.00	0.00	Eq-D-200y-1	0.30	0.00
21851	EQ2-1X0.3	Eq-D-200y-2	1.00	0.00	Eq-D-200y-2	0.30	0.00
21851	EQ3-1X0.3	Eq-D-200y-3	1.00	0.00	Eq-D-200y-3	0.30	0.00
21851	EQ7-1X0.3	Eq-D-200y-7	1.00	0.00	Eq-D-200y-7	0.30	0.00
21851	EQ4-0.3X1	Eq-D-200y-4	0.30	0.00	Eq-D-200y-4	1.00	0.00
21851	EQ5-0.3X1	Eq-D-200y-5	0.30	0.00	Eq-D-200y-5	1.00	0.00
21851	EQ6-0.3X1	Eq-D-200y-6	0.30	0.00	Eq-D-200y-6	1.00	0.00
21851	EQ7-0.3X1	Eq-D-200y-7	0.30	0.00	Eq-D-200y-7	1.00	0.00
21851	EQ4-1X0.3	Eq-D-200y-4	1.00	0.00	Eq-D-200y-4	0.30	0.00
21851	EQ5-1X0.3	Eq-D-200y-5	1.00	0.00	Eq-D-200y-5	0.30	0.00
21851	EQ6-1X0.3	Eq-D-200y-6	1.00	0.00	Eq-D-200y-6	0.30	0.00

6.4.2 Modelli singoli dei pali

Per inserire correttamente la rigidezza dei pali, sono stati realizzati 2 modelli di pali singoli tramite elementi beam con passo dei nodi molto ristretto (dell'ordine dei 60cm). Ad ogni nodo sono state applicate dei vincoli cedevoli con rigidezza data dall'analisi geotecnica. In testa ai pali sono state applicate delle forzanti unitarie e si sono valutati gli spostamenti e le rotazioni. Col rapporto di queste 2 grandezze si sono quindi ricavate le rigidezze da applicare al modello globale della struttura.

Si riportano di seguito delle immagini esemplificative dei modelli.

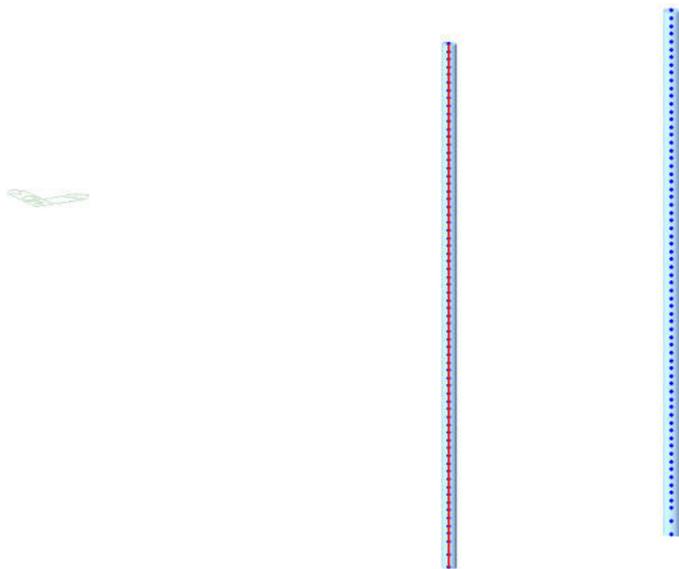


Figura 6-40 - Modello FEM dei pali 1200 (evidenziato) e 1400

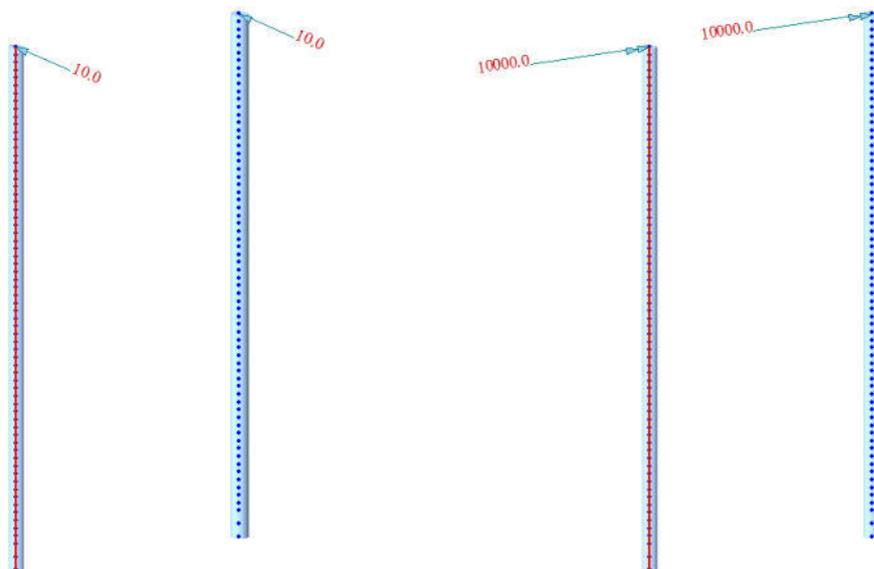


Figura 6-41 - Applicazione delle forze e dei momenti (in kN e kNmm)

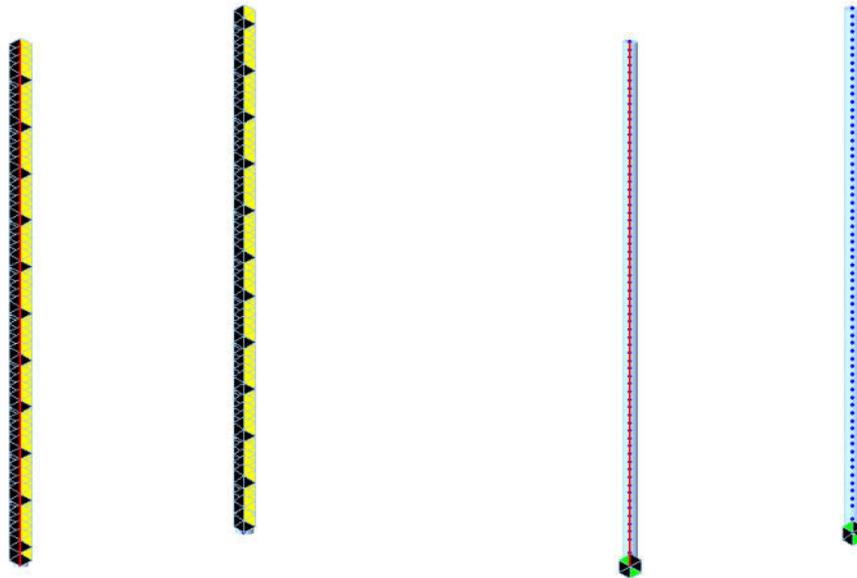
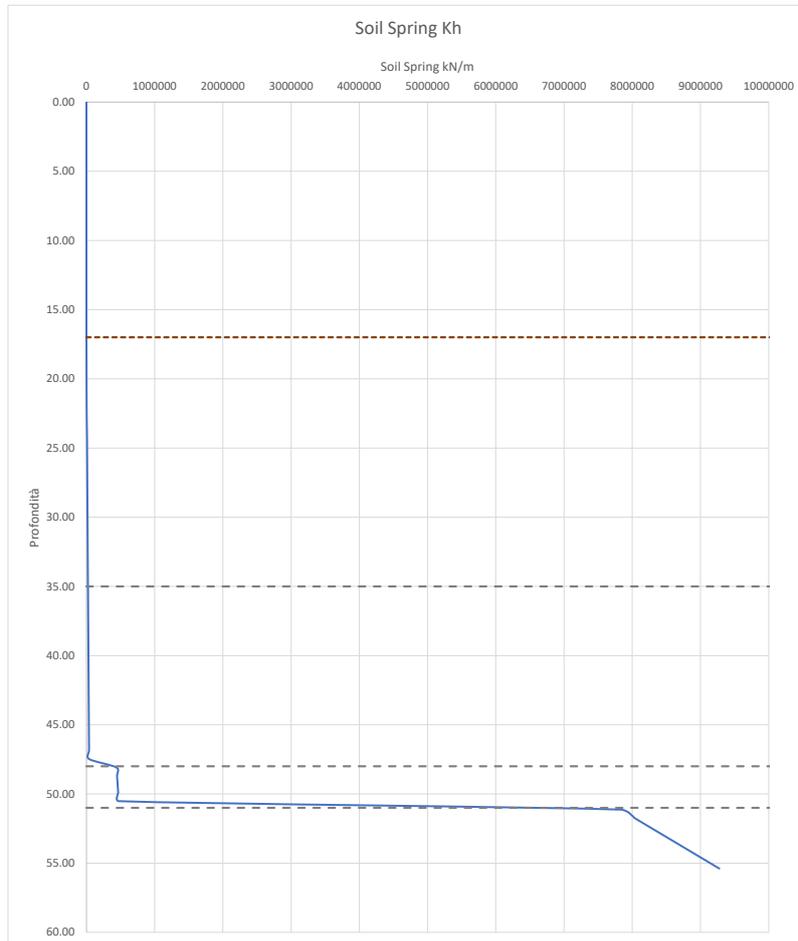


Figura 6-42 - Vincoli: a sx localizzazione delle molle laterali; a dx i vincoli fissi verticali e rotazione in asse alla base dei pali

Si riportano di seguito i valori utilizzati per le rigidità delle molle laterali. Le distanze dei nodi sono le medesime riportate sulla tabella, a partire dallo strato A1.



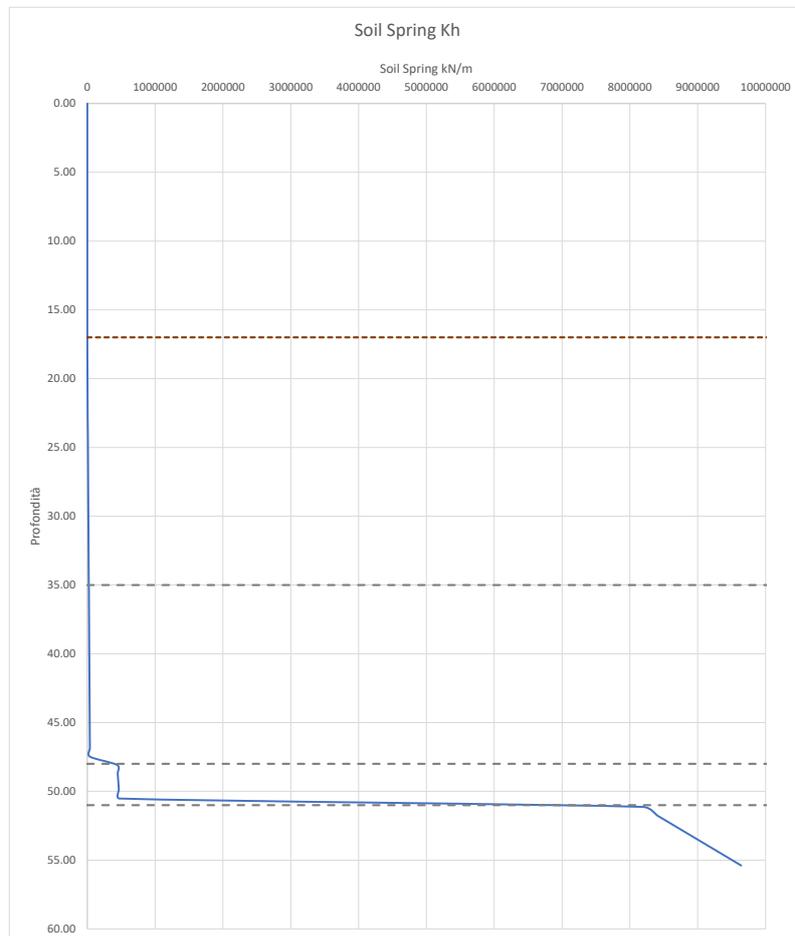


Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto
Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001

Relazione di calcolo delle strutture a mare

Tabella 6-2 - Rigidezza palo 1400

Depth X meters	Deflect. y meters	Bending Moment kN-m	Shear Force kN	Slope S radians	Total Stress kPa*	Bending Stiffness kN-m ²	Soil Res. p kN/m	Soil Spr. Es*h kN/m
0.00	0.2069	-8.91E-10	200	-0.01161	3.31E-09	5949513	0	0
0.61	0.1999	121.7391	200	-0.0116	451.904	5949513	0	0
1.22	0.1928	243.4783	200	-0.01158	903.808	5949513	0	0
1.83	0.1858	365.2174	200	-0.01155	1356	5949513	0	0
2.43	0.1788	486.9565	200	-0.01151	1808	5949513	0	0
3.04	0.1718	608.6957	200	-0.01145	2260	5949513	0	0
3.65	0.1648	730.4348	200	-0.01138	2711	5949513	0	0
4.26	0.1579	852.1739	200	-0.0113	3163	5949513	0	0
4.87	0.1511	973.913	200	-0.01121	3615	5949513	0	0
5.48	0.1443	1096	200	-0.0111	4067	5949513	0	0
6.09	0.1375	1217	200	-0.01098	4519	5949513	0	0
6.70	0.1309	1339	200	-0.01085	4971	5949513	0	0
7.30	0.1243	1461	200	-0.01071	5423	5949513	0	0
7.91	0.1179	1583	200	-0.01055	5875	5949513	0	0
8.52	0.1115	1704	200	-0.01039	6327	5949513	0	0
9.13	0.1052	1826	200	-0.0102	6779	5949513	0	0
9.74	0.09906	1948	200	-0.01001	7230	5949513	0	0
10.35	0.09303	2070	200	-0.00981	7682	5949513	0	0
10.96	0.08713	2191	200	-0.00959	8134	5949513	0	0
11.57	0.08136	2313	200	-0.00936	8586	5949513	0	0
12.17	0.07573	2435	200	-0.00912	9038	5949513	0	0
12.78	0.07026	2557	200	-0.00886	9490	5949513	0	0
13.39	0.06495	2678	200	-0.00859	9942	5949513	0	0
14.00	0.0598	2800	200	-0.00831	10394	5949513	0	0
14.61	0.05483	2922	200	-0.00802	10846	5949513	0	0
15.22	0.05004	3043	200	-0.00771	11298	5949513	0	0
15.83	0.04544	3165	200	-0.0074	11750	5949513	0	0
16.43	0.04104	3287	200	-0.00707	12201	5949513	0	0
17.04	0.03684	3409	199.5021	-0.00672	12653	5949513	-1.6359	27
17.65	0.03285	3530	191.3625	-0.00637	13103	5949513	-25.1086	465
18.26	0.02908	3642	169.3381	-0.006	13518	5949513	-47.2574	989
18.87	0.02554	3736	134.9853	-0.00562	13868	5949513	-65.616	1564
19.48	0.02224	3806	90.7899	-0.00524	14128	5949513	-79.5975	2179
20.09	0.01917	3847	39.5722	-0.00485	14278	5949513	-88.6893	2817
20.70	0.01634	3854	-15.6097	-0.00445	14307	5949513	-92.6228	3451
21.30	0.01374	3828	-71.8149	-0.00406	14208	5949513	-92.0513	4077
21.91	0.01139	3767	-127.128	-0.00367	13982	5949513	-89.6929	4792
22.52	0.00927	3673	-178.8	-0.00329	13633	5949513	-80.0836	5256
23.13	0.00739	3549	-226.945	-0.00292	13174	5949513	-78.1097	6438
23.74	0.00572	3396	-273.48	-0.00257	12608	5949513	-74.7884	7962
24.35	0.00426	3216	-315.343	-0.00223	11939	5949513	-62.7628	8966
24.96	0.003	3013	-349.031	-0.00191	11183	5949513	-47.9262	9709
25.57	0.00194	2791	-373.735	-0.00161	10361	5949513	-33.2452	10451
26.17	0.00104	2558	-389.683	-0.00134	9494	5949513	-19.1531	11194
26.78	3.06E-04	2317	-397.338	-0.00109	8600	5949513	-6.001	11937
27.39	-2.85E-04	2074	-397.357	-8.65E-04	7698	5949513	5.9405	12679
28.00	-7.47E-04	1833	-390.534	-6.65E-04	6805	5949513	16.4769	13422
28.61	-0.0011	1598	-377.763	-4.90E-04	5933	5949513	25.4843	14165
29.22	-0.00134	1373	-359.993	-3.38E-04	5097	5949513	32.9028	14908
29.83	-0.00151	1160	-338.192	-2.08E-04	4307	5949513	38.7285	15650
30.43	-0.0016	961.497	-313.317	-9.96E-05	3569	5949513	43.0057	16393
31.04	-0.00163	778.7496	-286.283	-1.06E-05	2891	5949513	45.8183	17136
31.65	-0.00161	612.9784	-257.949	6.06E-05	2275	5949513	47.2813	17879
32.26	-0.00155	464.7254	-229.092	1.16E-04	1725	5949513	47.5331	18621
32.87	-1.47E-03	334.0838	-200.404	1.57E-04	1240	5949513	46.7276	19364
33.48	-1.36E-03	220.7554	-172.478	1.85E-04	819.4591	5949513	45.0276	20107
34.09	-1.24E-03	124.1101	-145.81	2.03E-04	460.7052	5949513	42.5987	20850
34.70	-1.12E-03	43.2481	-120.791	2.11E-04	160.5399	5949513	39.604	21592
35.30	-9.87E-04	-22.9402	-97.1696	2.12E-04	85.1557	5949513	38.0102	23452
35.91	-8.58E-04	-75.0454	-75.2048	2.07E-04	278.5736	5949513	34.1601	24232
36.52	-7.34E-04	-114.4939	-55.6251	1.98E-04	425.0091	5949513	30.1729	25012
37.13	-6.18E-04	-142.763	-38.4771	1.84E-04	529.9459	5949513	26.1707	25791
37.74	-5.10E-04	-161.3355	-23.7381	1.69E-04	598.8886	5949513	22.2575	26571
38.35	-4.12E-04	-171.6615	-11.3276	1.52E-04	637.2192	5949513	18.5198	27351
38.96	-3.25E-04	-175.1257	-1.1181	1.34E-04	650.0785	5949513	15.0256	28131
39.57	-2.49E-04	-173.0227	7.0542	1.16E-04	642.2721	5949513	11.8265	28911
40.17	-1.84E-04	-166.5379	13.3799	9.88E-05	618.2002	5949513	8.9578	29691
40.78	-1.29E-04	-156.7342	18.0664	8.23E-05	581.808	5949513	6.4409	30471
41.39	-8.34E-05	-144.544	21.3306	6.69E-05	536.5572	5949513	4.2842	31250
42.00	-4.72E-05	-130.7665	23.3909	5.28E-05	485.4141	5949513	2.4853	32030
42.61	-1.92E-05	-116.0681	24.4616	4.02E-05	430.8528	5949513	1.0326	32810
43.22	1.69E-06	-100.9872	24.7475	2.91E-05	374.8714	5949513	-0.09319	33590
43.83	1.62E-05	-85.9408	24.4399	1.95E-05	319.0181	5949513	-0.9173	34370
44.43	2.54E-05	-71.2342	23.7135	1.15E-05	264.4263	5949513	-1.4696	35150
45.04	3.02E-05	-57.0722	22.7234	4.91E-06	211.8558	5949513	-1.7837	35930
45.65	3.14E-05	-43.571	21.6036	-2.34E-07	161.7385	5949513	-1.8956	36710
46.26	2.99E-05	-30.7722	20.4656	-4.04E-06	114.2284	5949513	-1.8435	37489
46.87	2.65E-05	-18.6564	19.3971	-6.57E-06	69.2537	5949513	-1.6671	38269
47.48	2.19E-05	-7.1582	18.4614	-7.89E-06	26.5719	5949513	-1.4074	39049
48.09	1.69E-05	3.8184	14.3137	-8.06E-06	14.1742	5949513	-12.2208	439764
48.70	1.21E-05	10.2671	7.875	-7.34E-06	38.1123	5949513	-8.9349	448375
49.30	7.98E-06	13.4054	3.3315	-6.13E-06	49.7616	5949513	-5.9937	456986
49.91	4.67E-06	14.3229	0.4197	-4.71E-06	53.1675	5949513	-3.5737	465596
50.52	2.25E-06	13.9163	-1.2021	-3.26E-06	51.6581	5949513	-1.7549	474207
51.13	7.00E-07	12.8594	-4.6023	-1.89E-06	47.7351	5949513	-9.4173	8190495
51.74	-5.21E-08	8.3134	-7.2497	-8.10E-07	30.86	5949513	0.7186	8397677
52.35	-2.86E-07	4.0337	-5.7991	-1.78E-07	14.9733	5949513	4.0476	8604859
52.96	-2.69E-07	1.2536	-3.3805	9.20E-08	4.6535	5949513	3.8994	8812042
53.57	-1.74E-07	-0.0817	-1.4076	1.52E-07	0.3033	5949513	2.5828	9019224
54.17	-8.44E-08	-0.46	-0.2324	1.24E-07	1.7077	5949513	1.2787	9226407
54.78	-2.31E-08	-0.3646	0.2656	8.21E-08	1.3534	5949513	0.3574	9433589
55.39	1.55E-08	-0.1367	0.2995	5.64E-08	0.5075	5949513	-0.246	9640772
56.00	4.56E-08	0	0	4.94E-08	0	5949513	-0.738	4923977



Si riportano di seguito i valori di spostamento e rotazione in testa per effetto delle forzanti applicate.

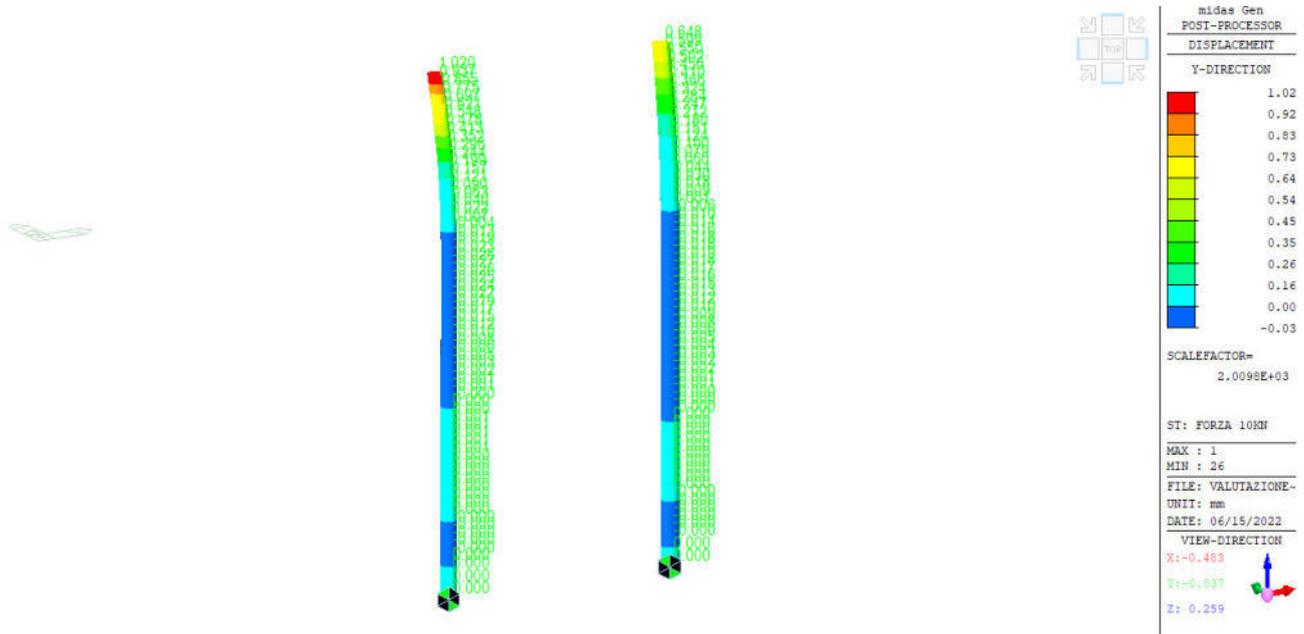


Figura 6-43 - Spostamento per la forza orizzontale

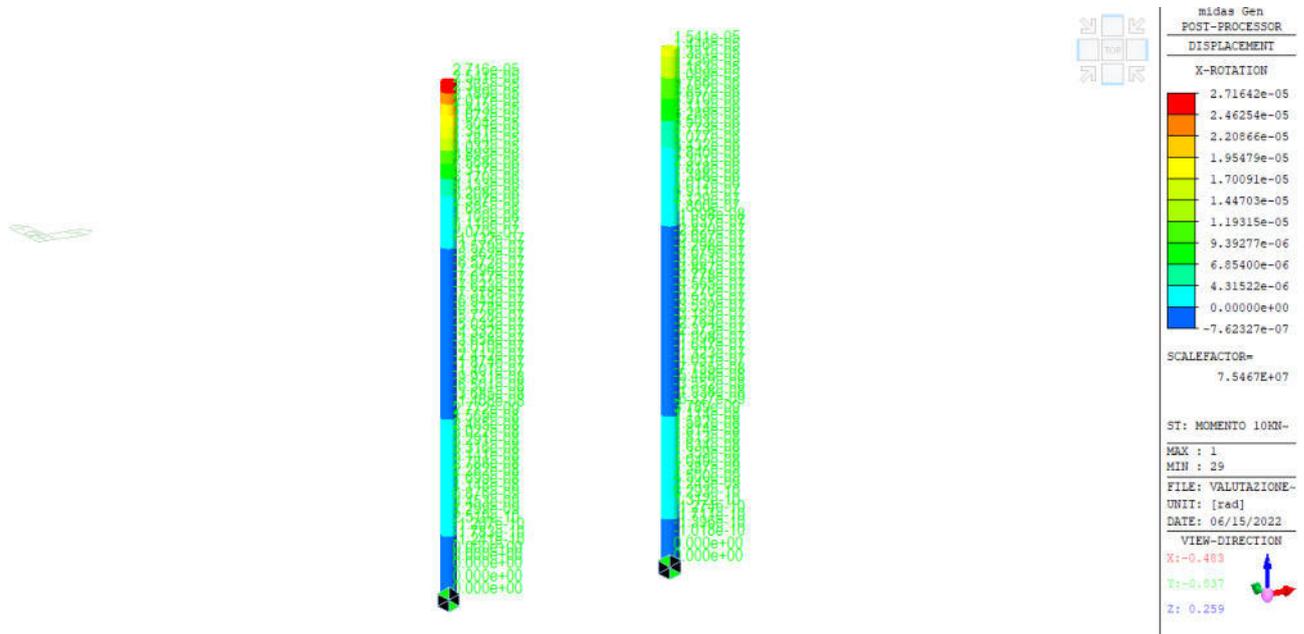


Figura 6-44 - Rotazioni in testa per momento applicato

Il calcolo della rigidità viene riportato di seguito:

6.4.2.1 Rigidità Palo 1200

Per quanto concerne la molla orizzontale si evince che:

	<p>Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001</p> <p>Relazione di calcolo delle strutture a mare</p>	<p>Pag. 82 di 346</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------

$$F = 10 \text{ kN}$$

$$D = 1.02 \text{ mm}$$

$$K = 10 / 0.00102 = 9804 \text{ kN/m}$$

Per la rotazione si evince che

$$M = 10 \text{ kNm}$$

$$R = 2.716 \times 10^{-5} \text{ rad}$$

$$K_r = 10 / 2.72 \times 10^{-5} = 368188 \text{ kN*m/rad}$$

6.4.2.2 Rigidezza Palo 1400

Per quanto concerne la molla orizzontale si evince che:

$$F = 10 \text{ kN}$$

$$D = 0.648 \text{ mm}$$

$$K = 10 / 0.000648 = 15432 \text{ kN/m}$$

Per la rotazione si evince che

$$M = 10 \text{ kNm}$$

$$R = 1.541 \times 10^{-5} \text{ rad}$$

$$K_r = 10 / 1.541 \times 10^{-5} = 648929 \text{ kN*m/rad}$$

6.4.3 Barriere Frangivento

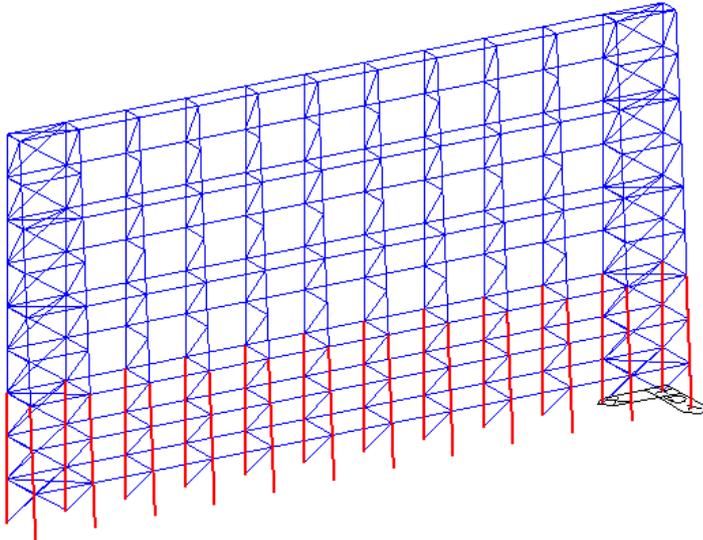
Il modello della struttura è realizzato considerando solo elementi beam per le membrature principali (colonne e correnti longitudinali) e elementi truss per controventature di piano, verticali e diagonali.

Le caratteristiche meccaniche e geometriche vengono riportate nel dettaglio di seguito.

Comportandosi la struttura come un telaio a nodi mobili, al fine di rilasciare i momenti e le rotazioni, si applicano degli end-release tra correnti e colonne.

I carichi sono applicati direttamente agli elementi beam e i vincoli assegnati ai nodi di base sono delle cerniere.

Le immagini rappresentative sono riportate di seguito.



Section ID: 1 I-Section

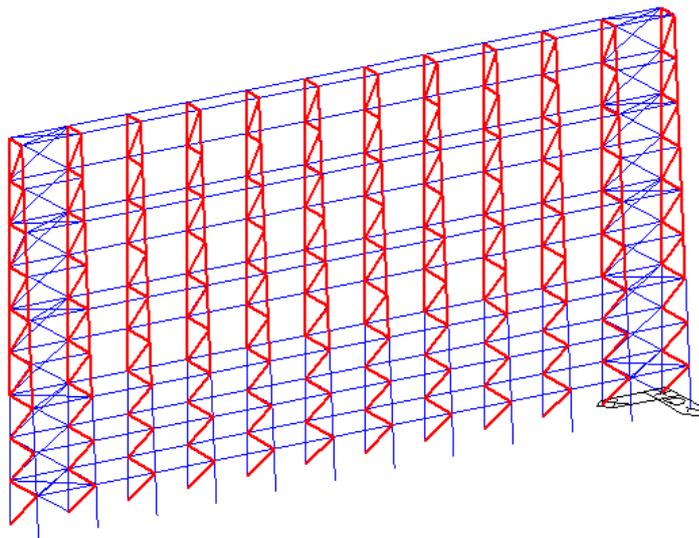
Name: HEA200 User DB UNI

Sect. Name: HEA200 Built-Up Section

Get Data from Single Angle

DB Name: AISC10(US) Sect. Name:

H	0.19	m
B1	0.2	m
tw	0.0065	m
tf1	0.01	m
B2	0	m
tf2	0	m
r1	0.018	m
r2	0	m



Section ID: 2 I-Section

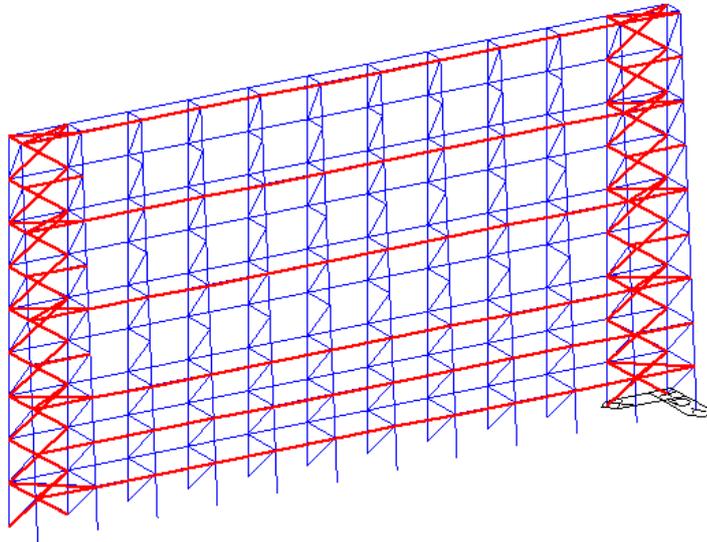
Name: HEA140 User DB UNI

Sect. Name: HEA140 Built-Up Section

Get Data from Single Angle

DB Name: AISC10(US) Sect. Name:

H	0.133	m
B1	0.14	m
tw	0.0055	m
tf1	0.0085	m
B2	0	m
tf2	0	m
r1	0.012	m
r2	0	m



Section ID: 3

Name: 2L 60x6mm

Double Angle

DB: AISC10(US)

Sect. Name: []

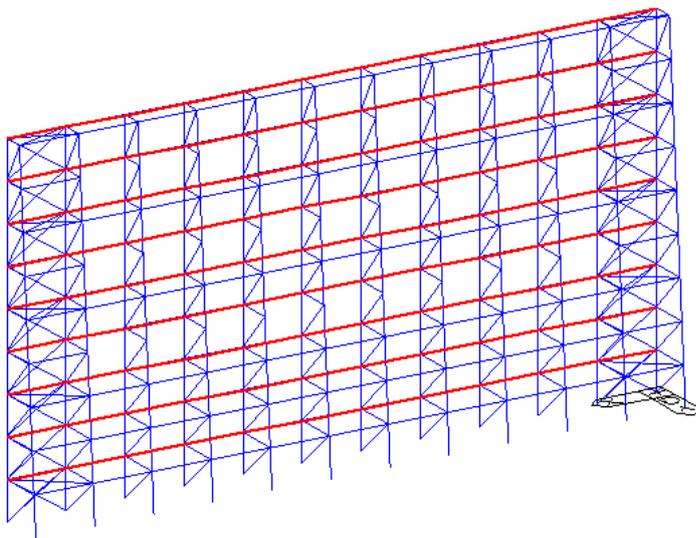
Built-Up Section

Get Data from Single Angle

DB Name: AISC10(US)

Sect. Name: []

H	0.06	m
B	0.06	m
tw	0.006	m
tf	0.006	m
C	0.01	m



Section ID: 4

Name: IPE180

I-Section

DB: UNI

Sect. Name: IPE180

Built-Up Section

Get Data from Single Angle

DB Name: AISC10(US)

Sect. Name: []

H	0.18	m
B1	0.091	m
tw	0.0053	m
tf1	0.008	m
B2	0	m
tf2	0	m
r1	0.009	m
r2	0	m

Le caratteristiche del materiale sono riportate di seguito.

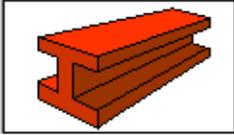


General

Material ID: Name:

Elasticity Data

Type of Design:



Type of Material:
 Isotropic Orthotropic

Steel

Standard:
DB:
Product:

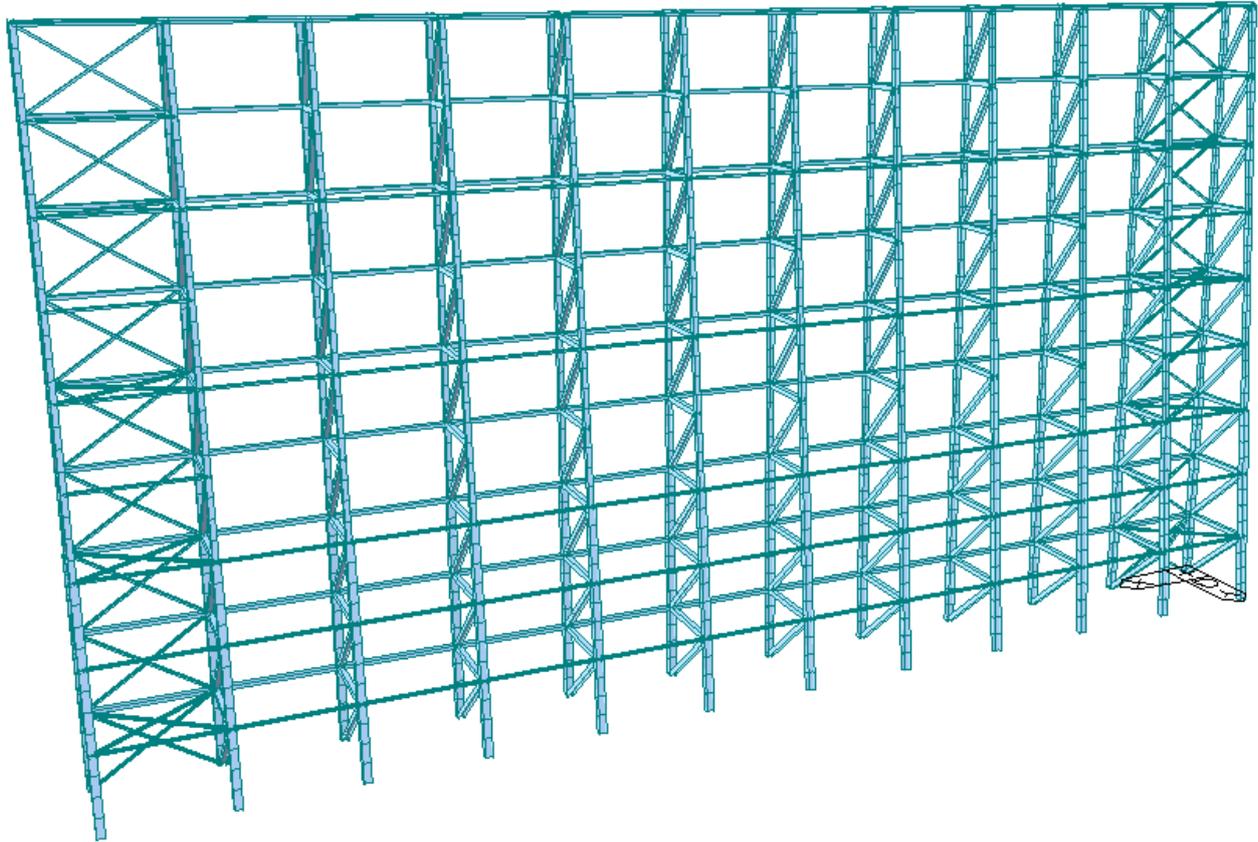
Concrete

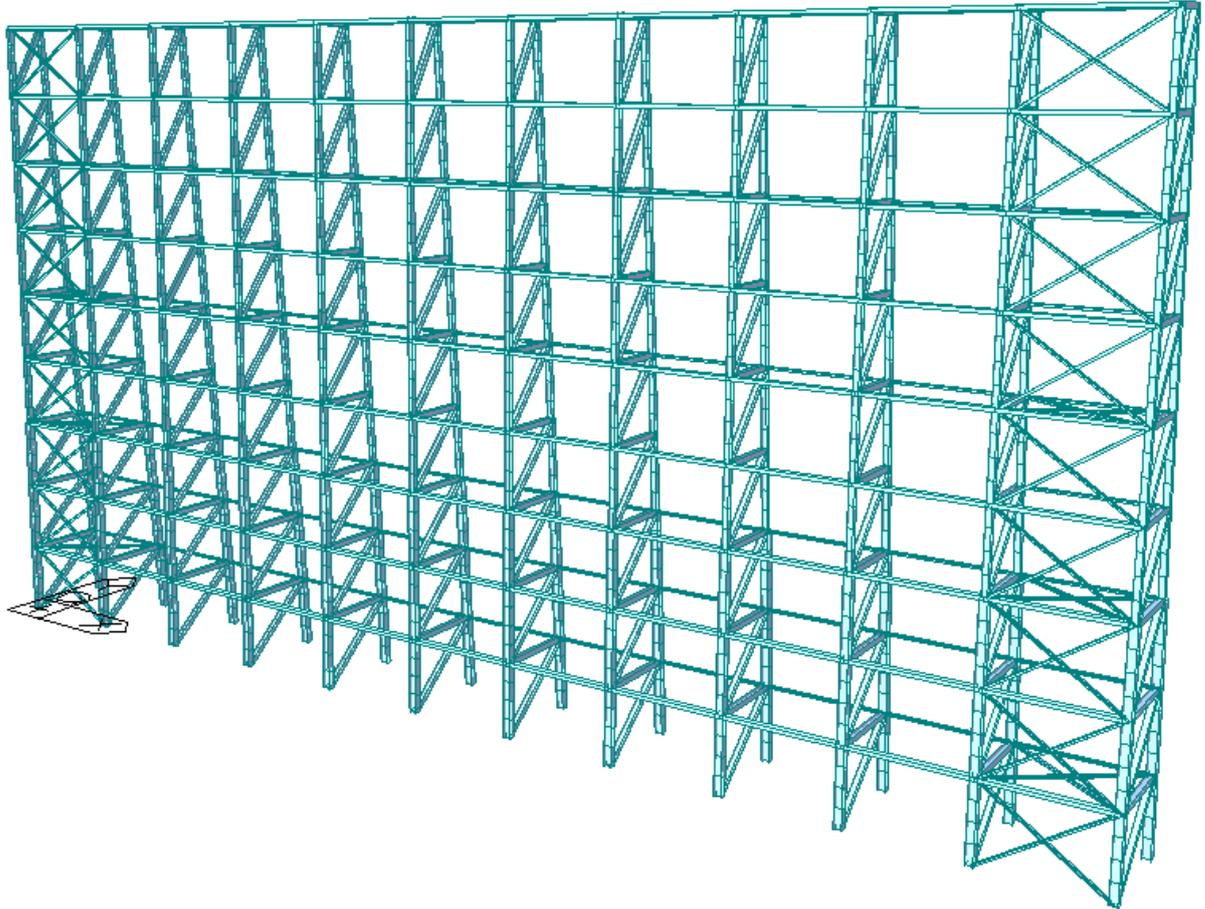
Standard:
Code:
DB:

Steel

Modulus of Elasticity : kN/m²
Poisson's Ratio :
Thermal Coefficient : 1/[C]
Weight Density : kN/m³
 Use Mass Density: kN/m³/g

Il modello che ne risulta viene riportato nelle immagini successive.





Nei capitoli successivi si riportano i risultati delle analisi e le verifiche, considerando però che le membrature compresse che costituiscono i diagonali e i controventi di piano delle due torri instabilizzano. Si considerano quindi i soli elementi tesi.

Il sistema globale comunque prevede un sistema di controventamento a croce di San Andrea in modo da sopperire ai carichi trasversali in tutte le direzioni.



6.5 Risultati e verifiche deck

6.5.1 Risultati dei modelli globali

I modelli globali sono stati utilizzati principalmente per identificare le sollecitazioni sui pali di fondazione, ma anche per valutare gli spostamenti e conseguentemente i giunti necessari per la struttura.

6.5.1.1 Sollecitazioni sui pali

6.5.1.1.1 Condizioni SLU

Si riportano di seguito le sollecitazioni sui pali per effetto delle condizioni SLU.

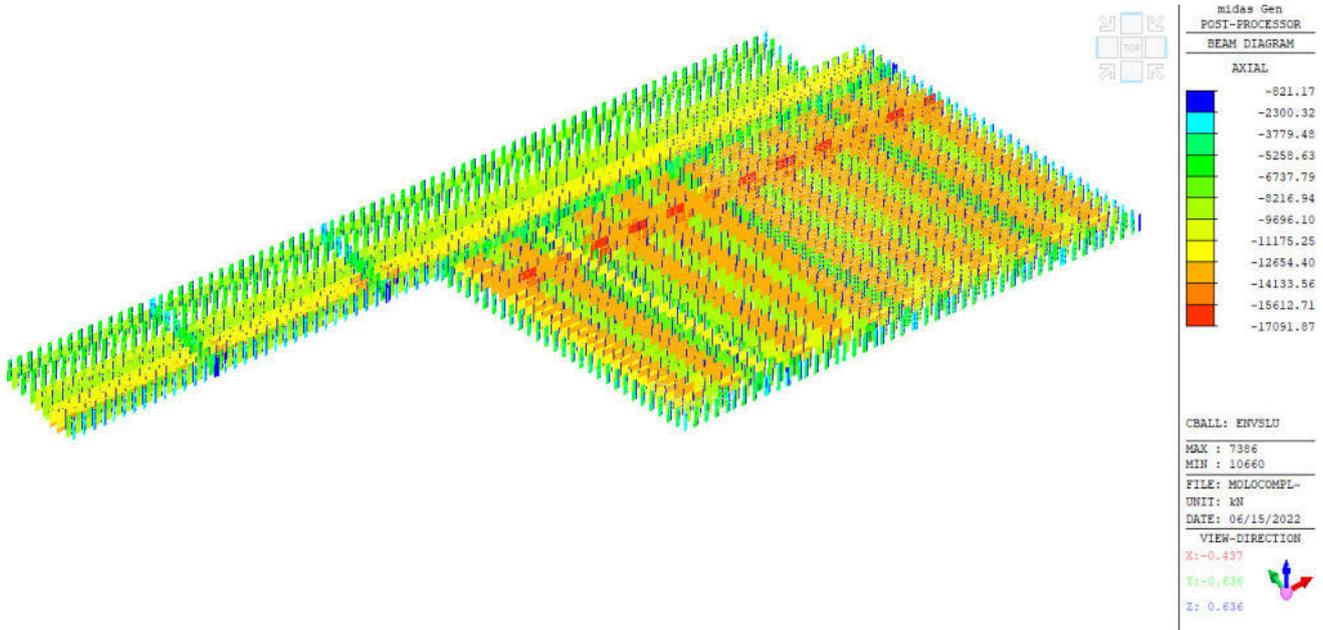


Figura 6-45 - Sforzi massimi e minimi assiali per l'involuppo SLU (kN) - Pali da 1200

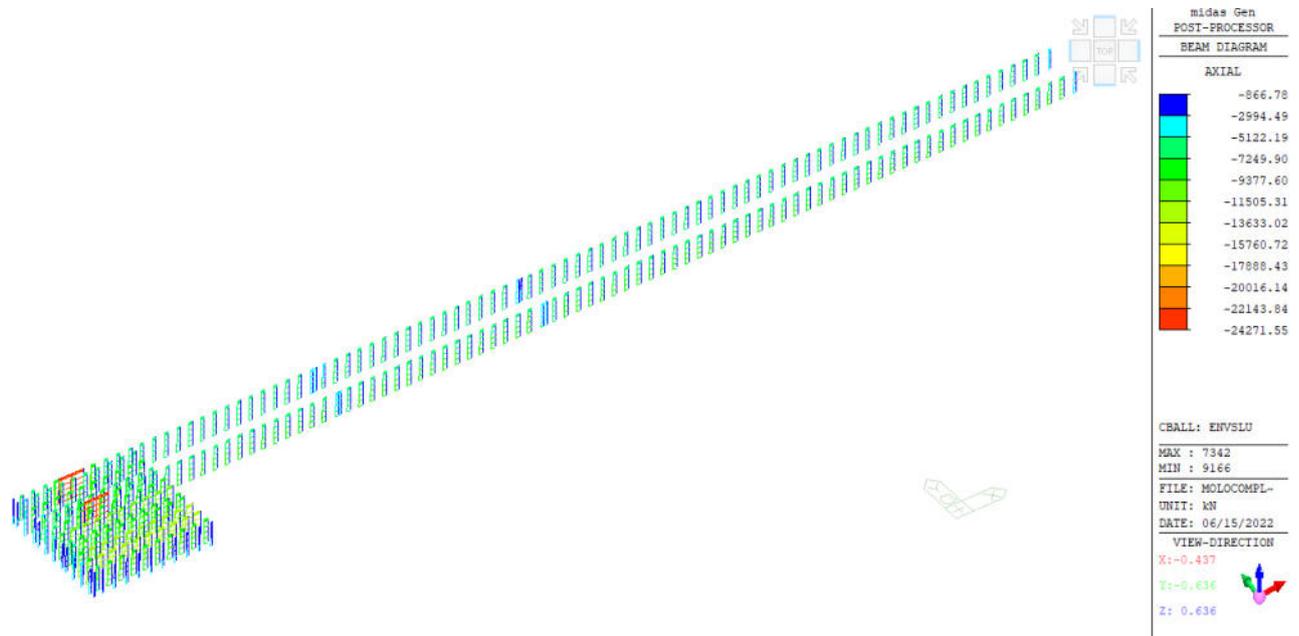
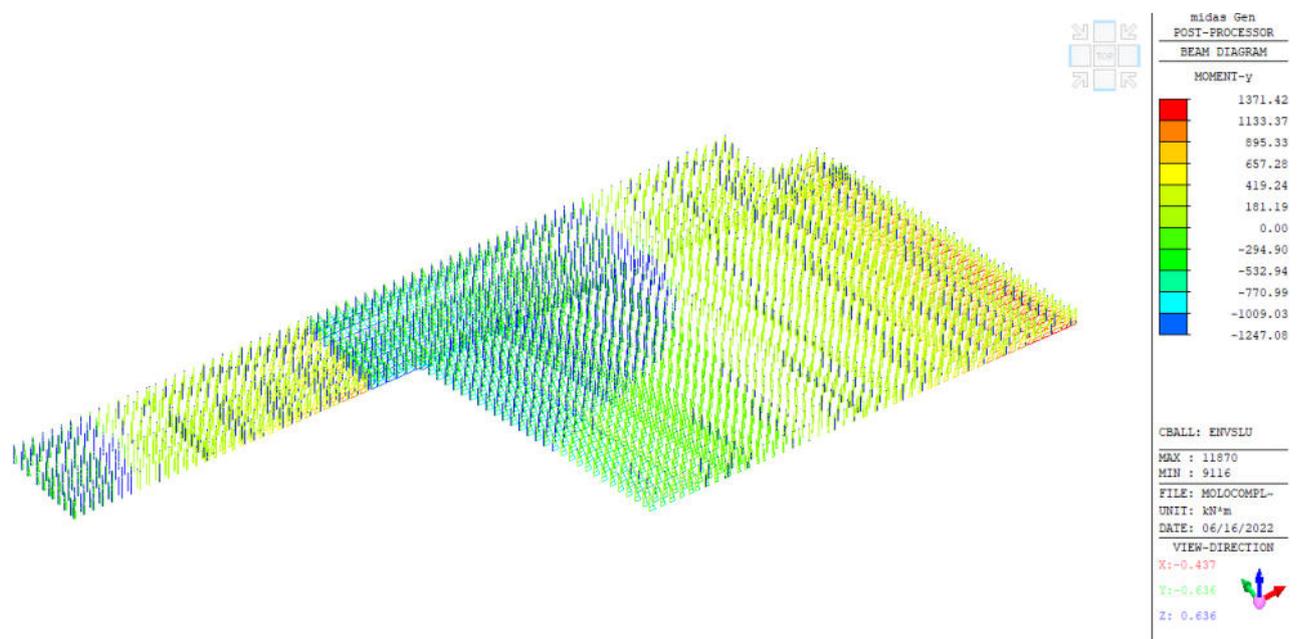
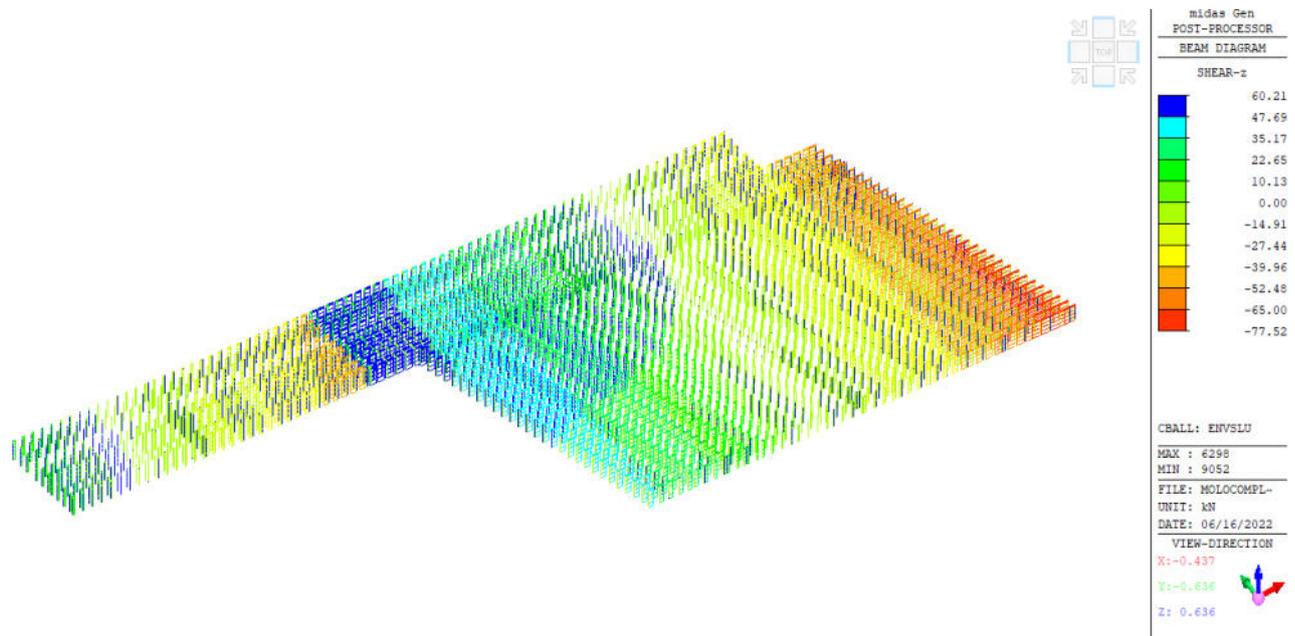
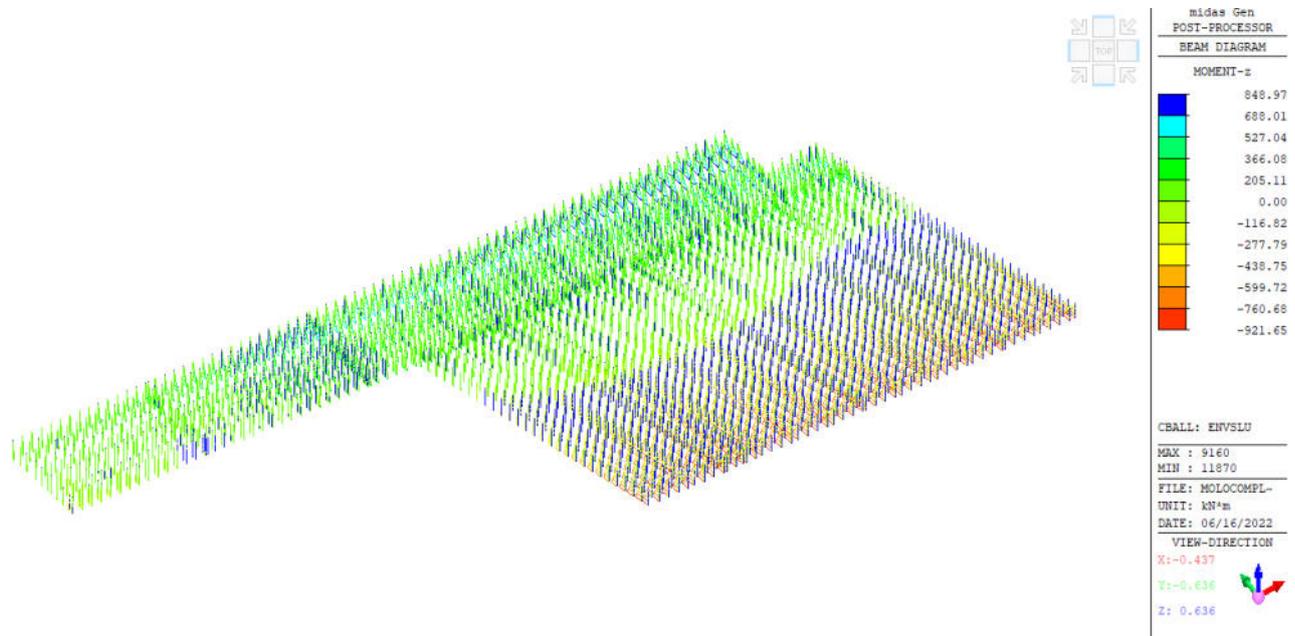
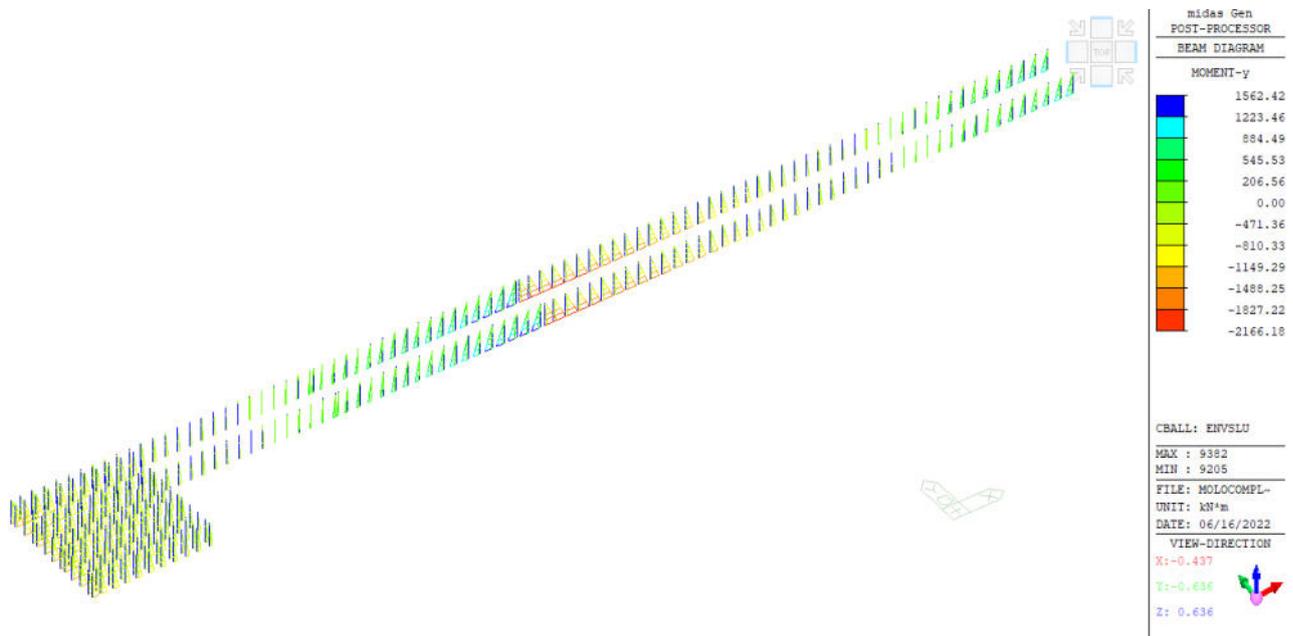
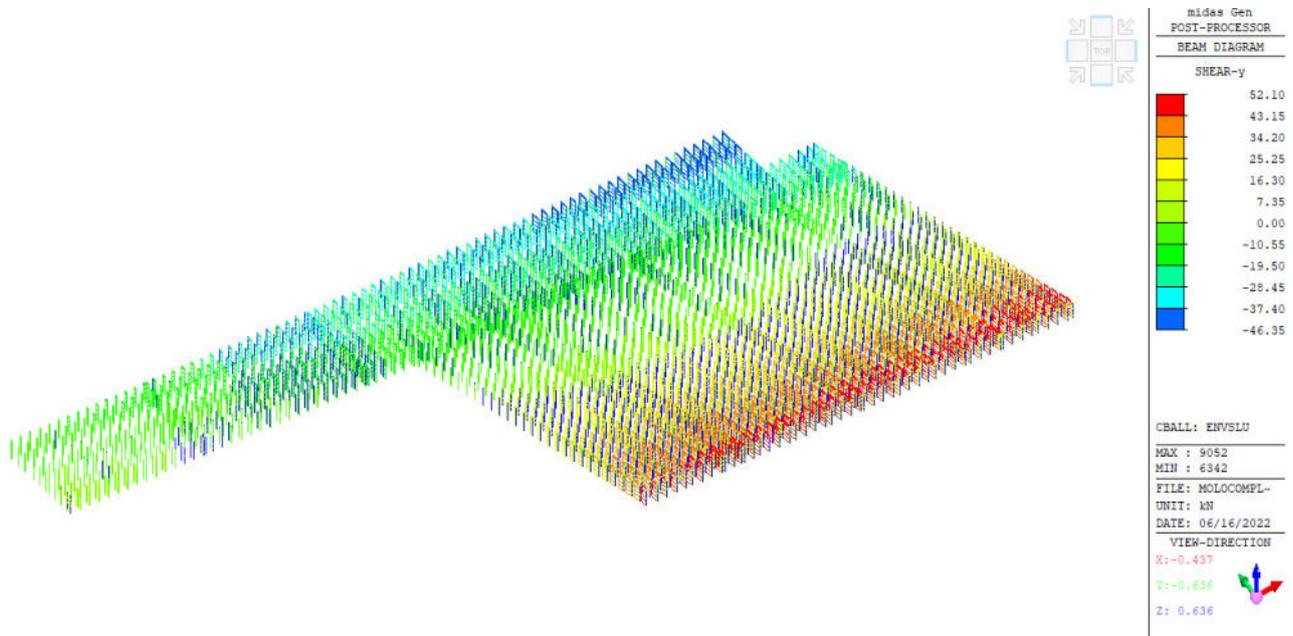
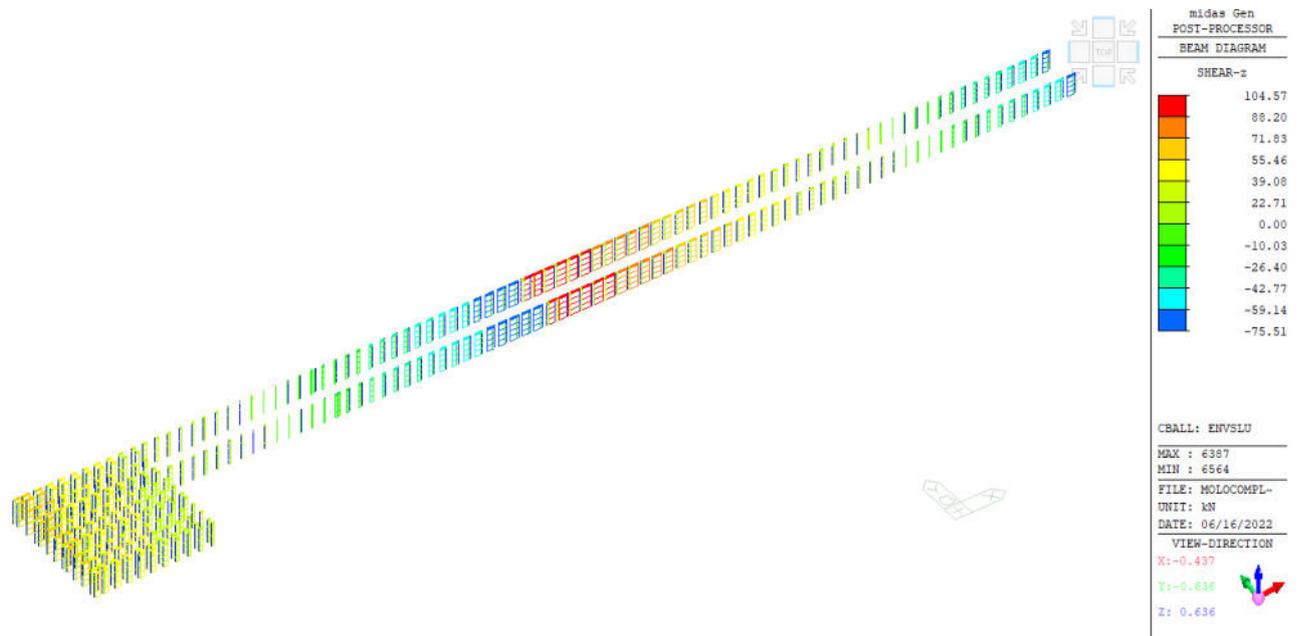
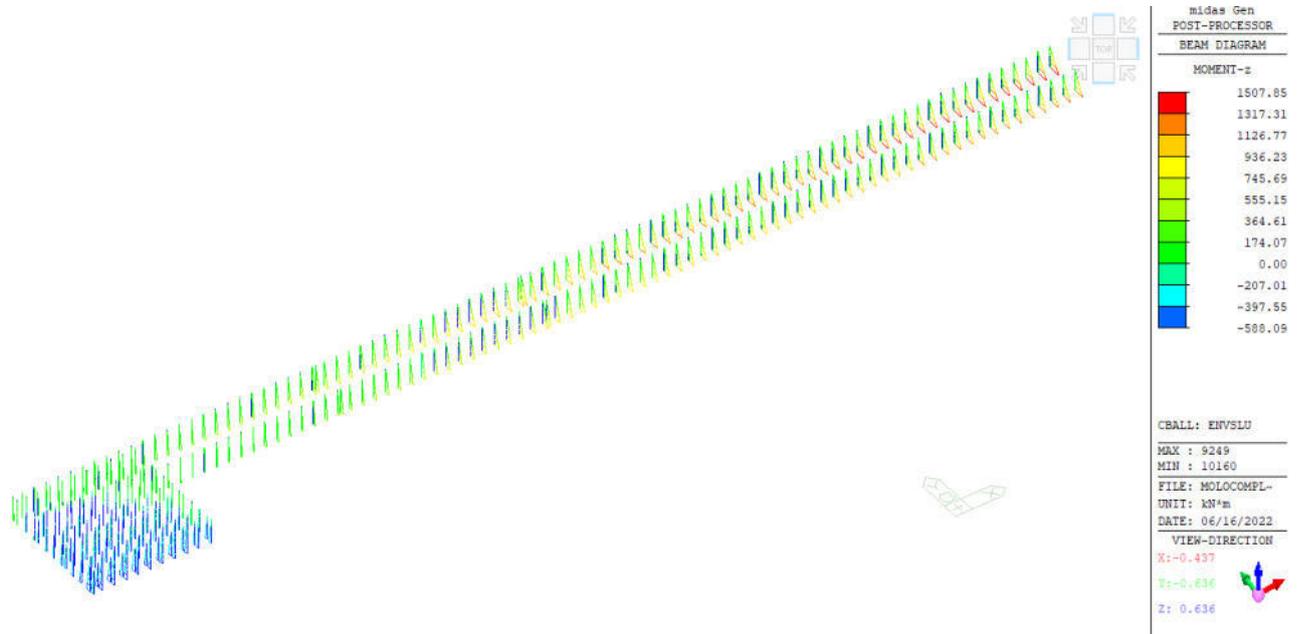


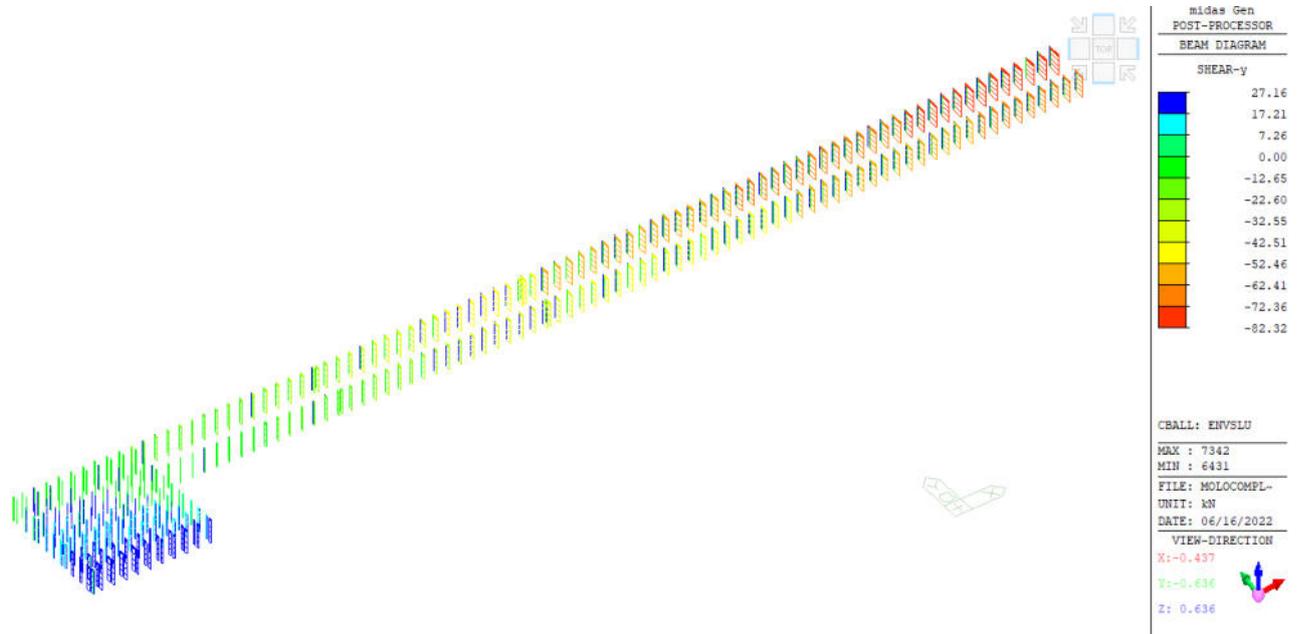
Figura 6-46 Sforzi massimi e minimi assiali per l'involuppo SLU (kN) – Pali da 1400











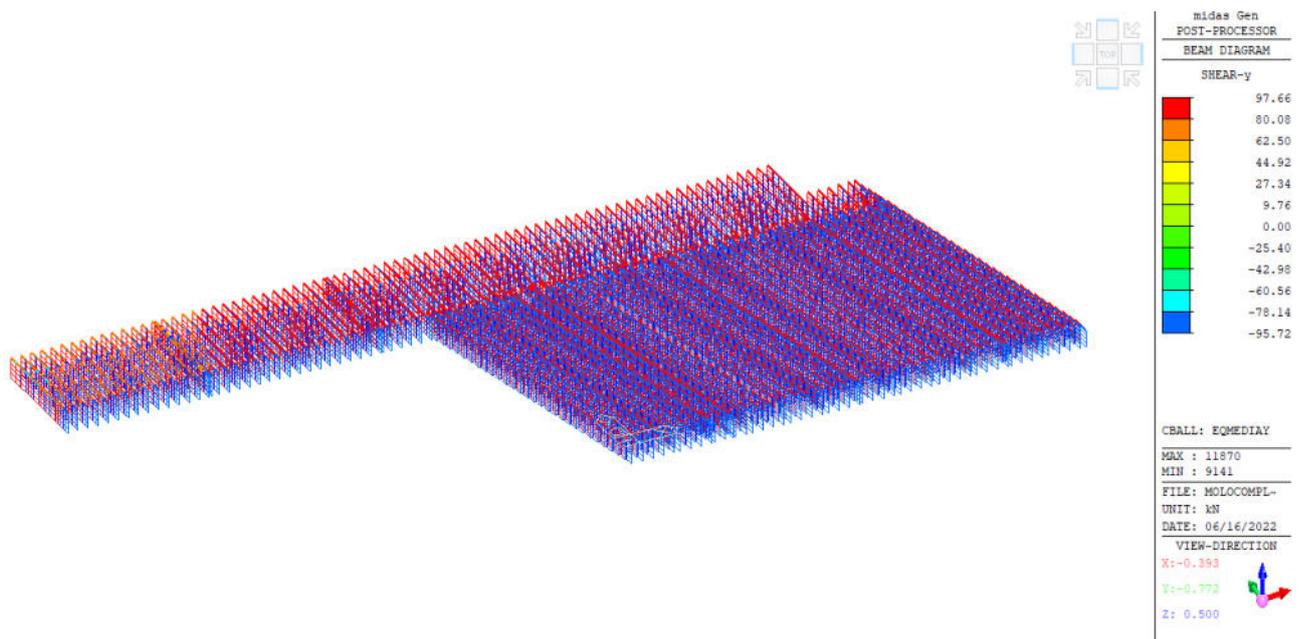
6.5.1.1.2 Condizioni SLV

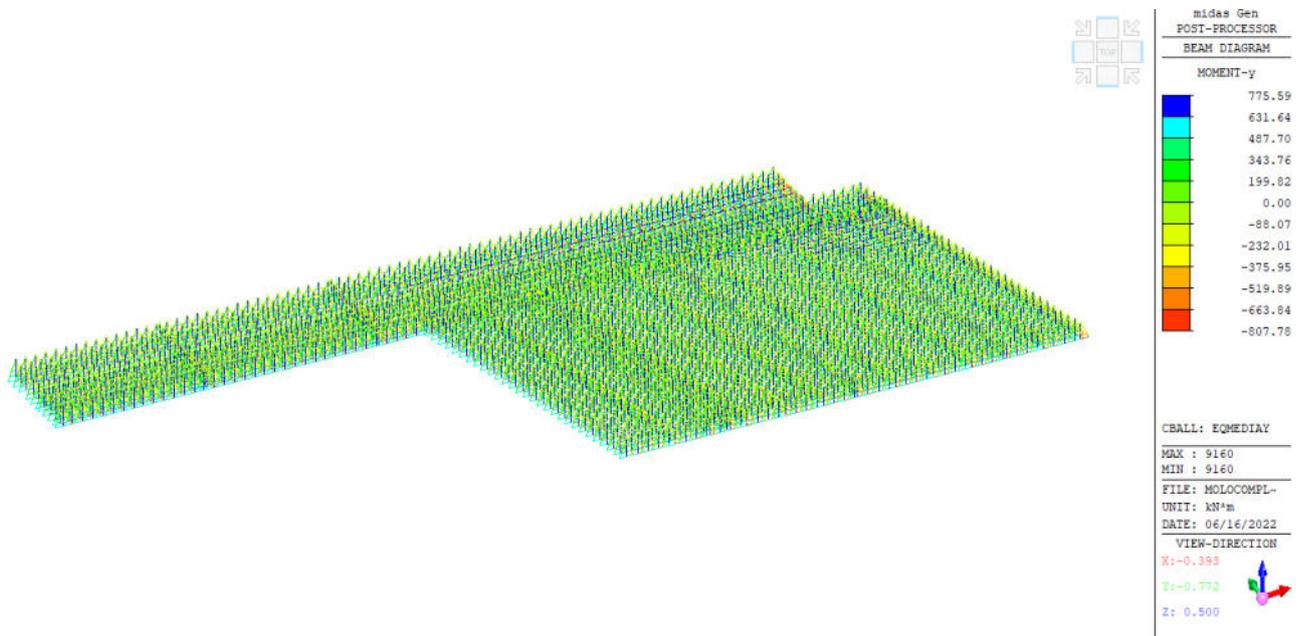
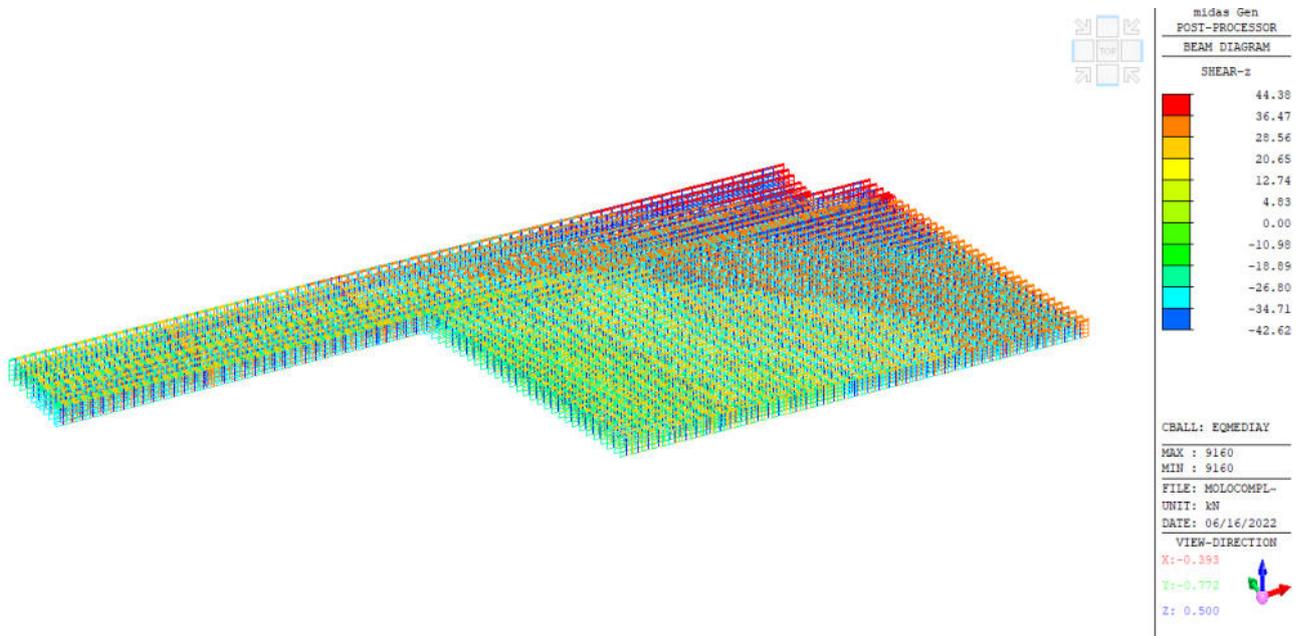
Le sollecitazioni massime in condizione sismica sono ricavate dalla media delle sollecitazioni derivanti dalle 7 condizioni temporali. Dato che queste condizioni sono le maggiormente gravose per la struttura, le componenti M_y ed M_z , nonché le componenti F_z ed F_y del taglio sono state combinate successivamente mediante fogli di calcolo per ricavare le sollecitazioni M_{sd} e F_{sd} dei singoli pali.

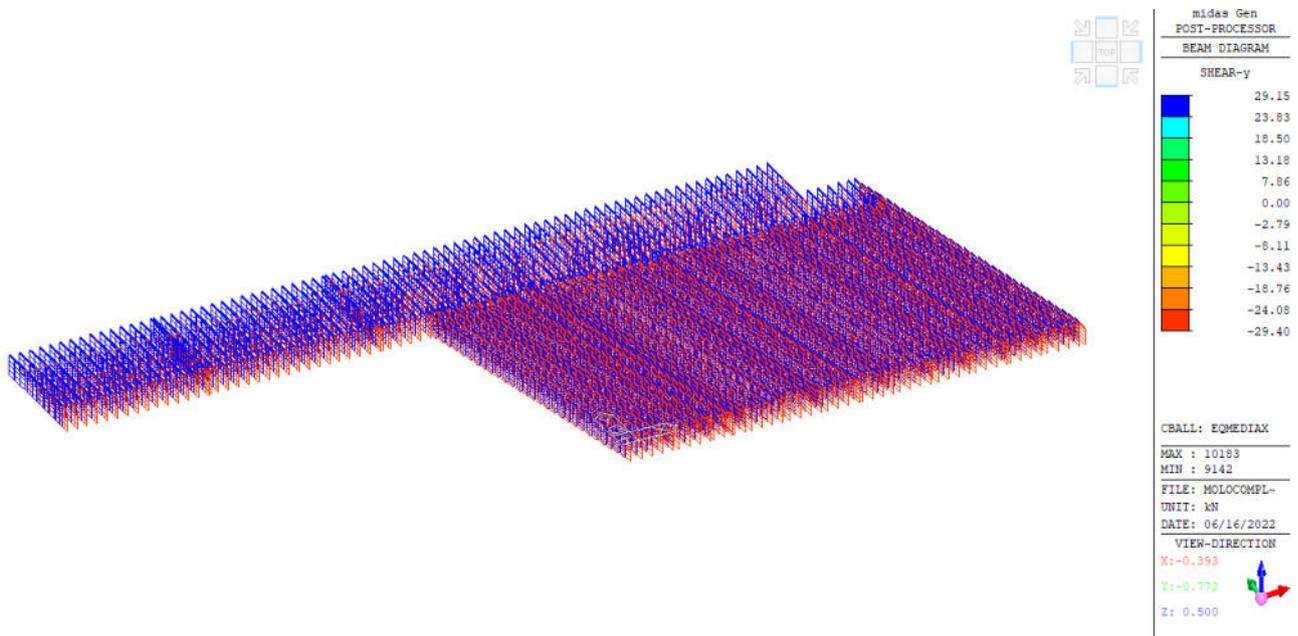
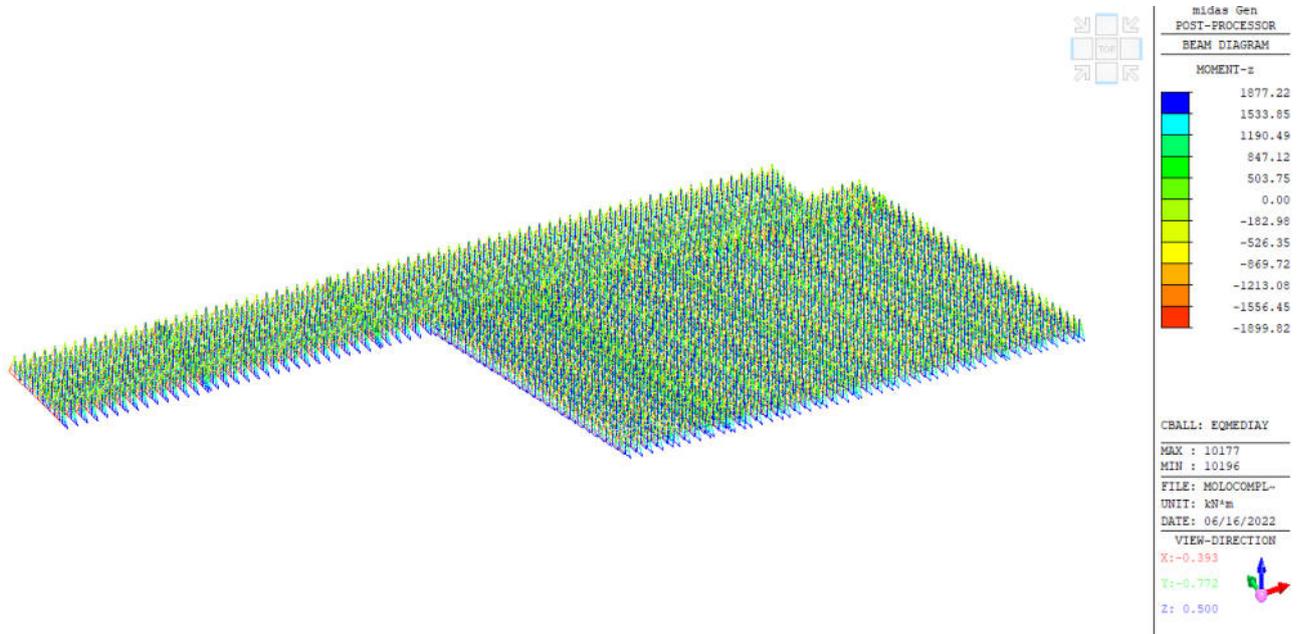
Si riportano di seguito quindi i valori massimi delle sollecitazioni e nell'appendice B saranno riportate tutte le sollecitazioni degli elementi palo (sia 1200 che 1400) per tutte le storie temporali eseguite.

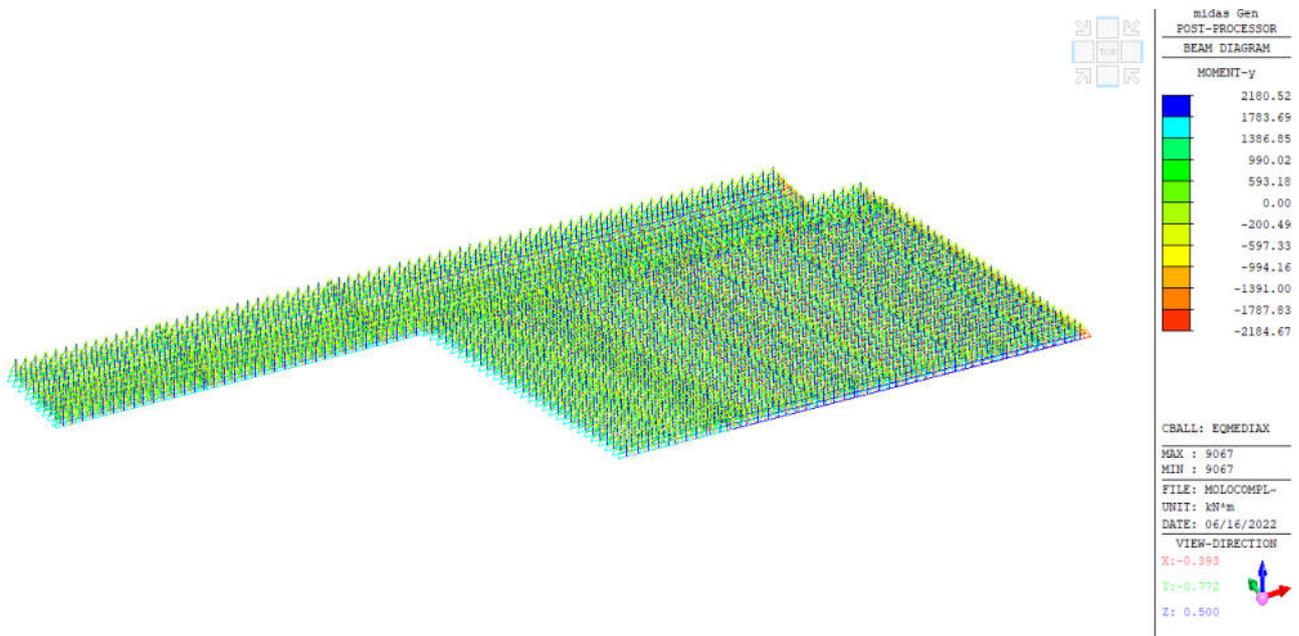
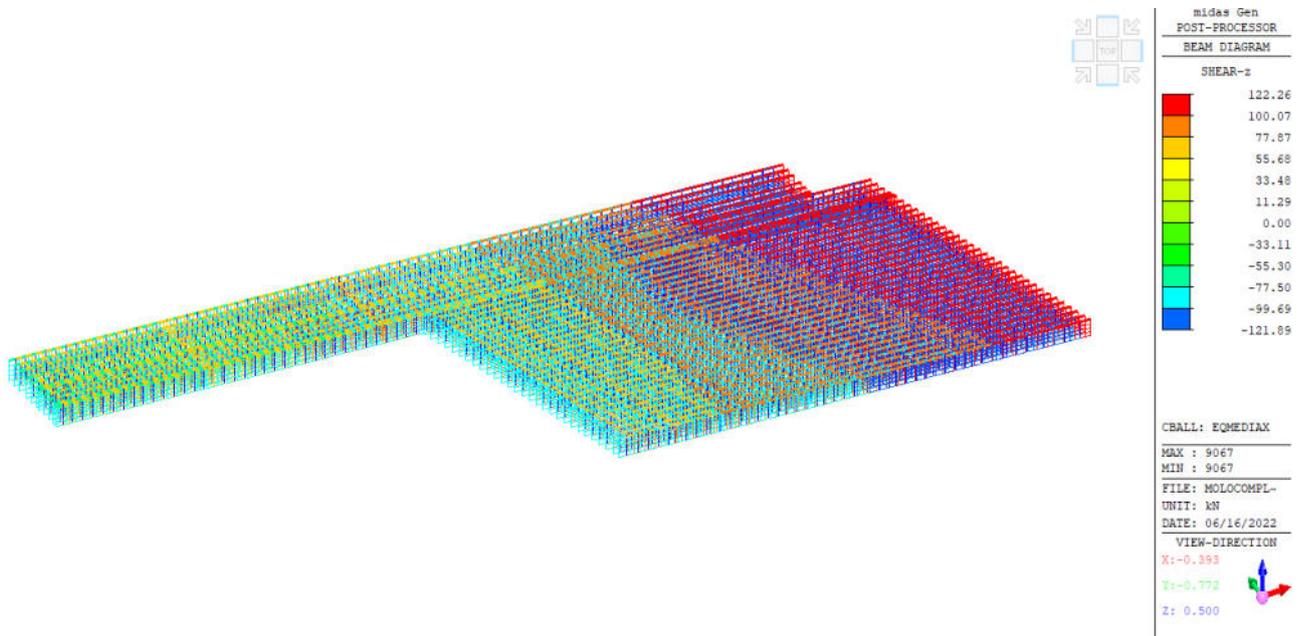
Tale studio è stato effettuato sia per la condizione con massa partecipante pari al solo peso proprio e carichi permanenti che l'analisi in cui si considera partecipante l'80% dei carichi accidentali di stoccaggio.

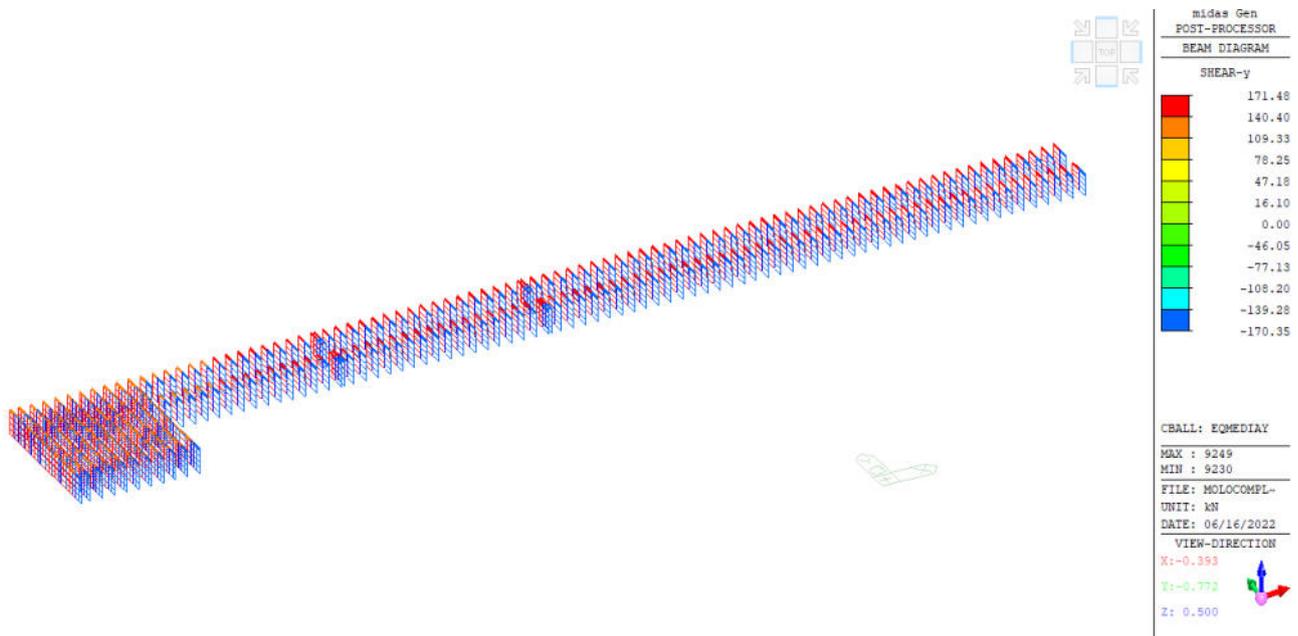
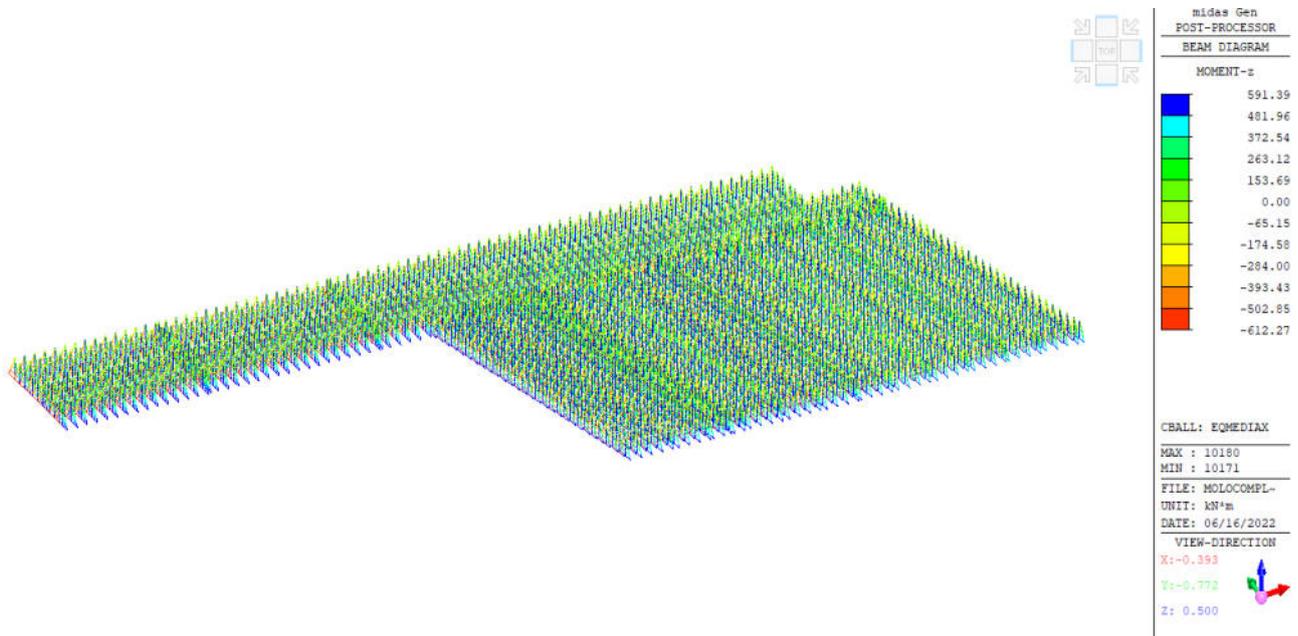
6.5.1.1.2.1 Analisi Dinamica al passo - Modello G1+G2

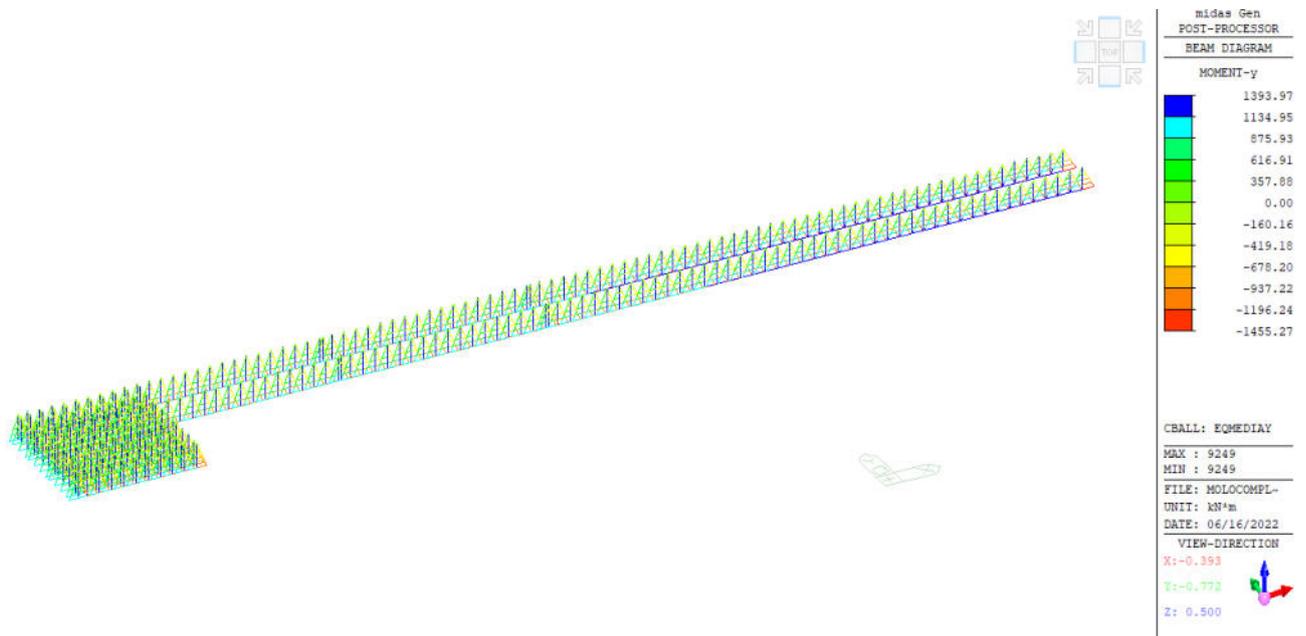
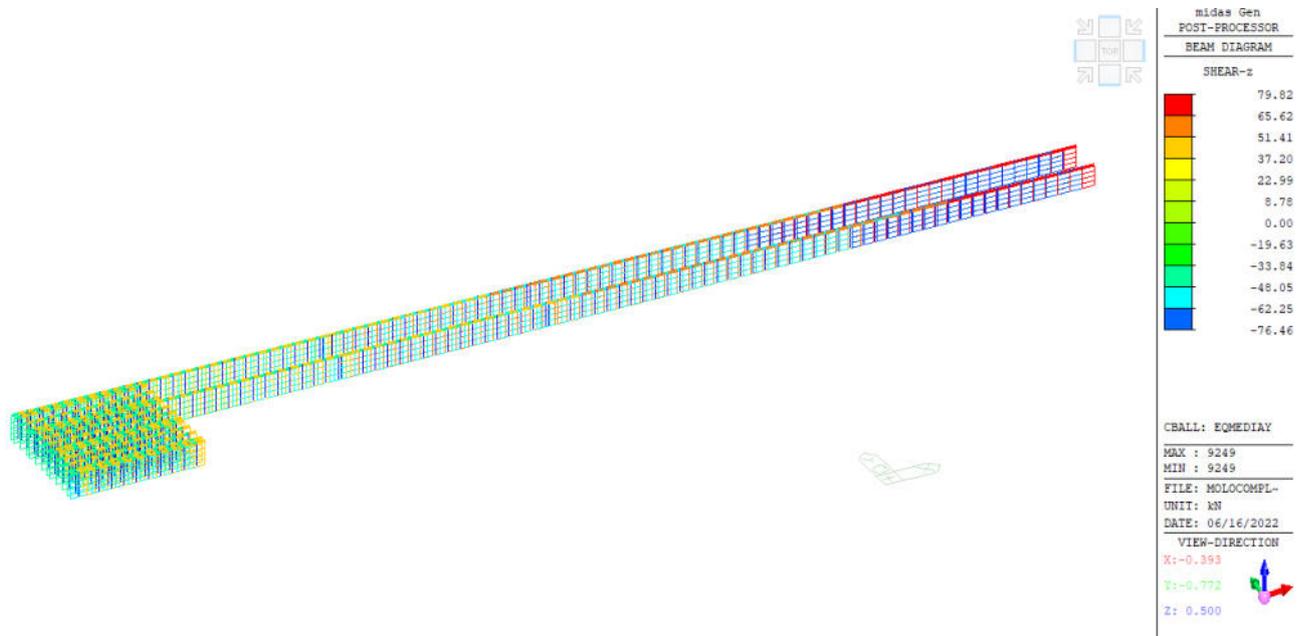


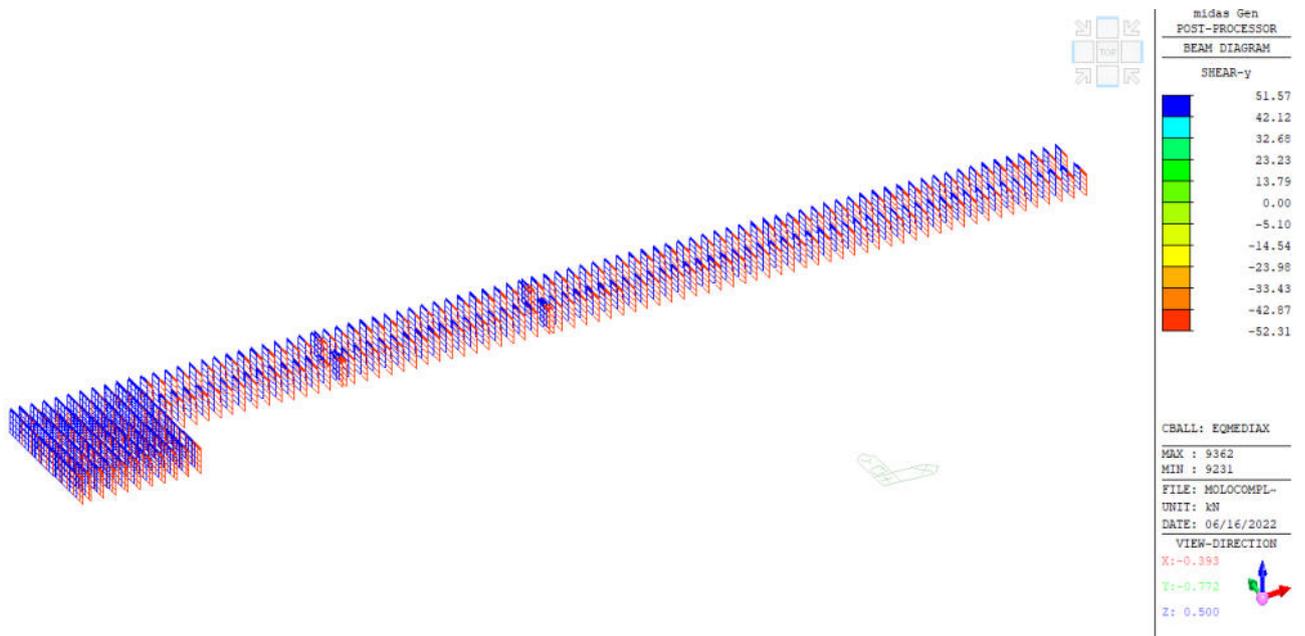
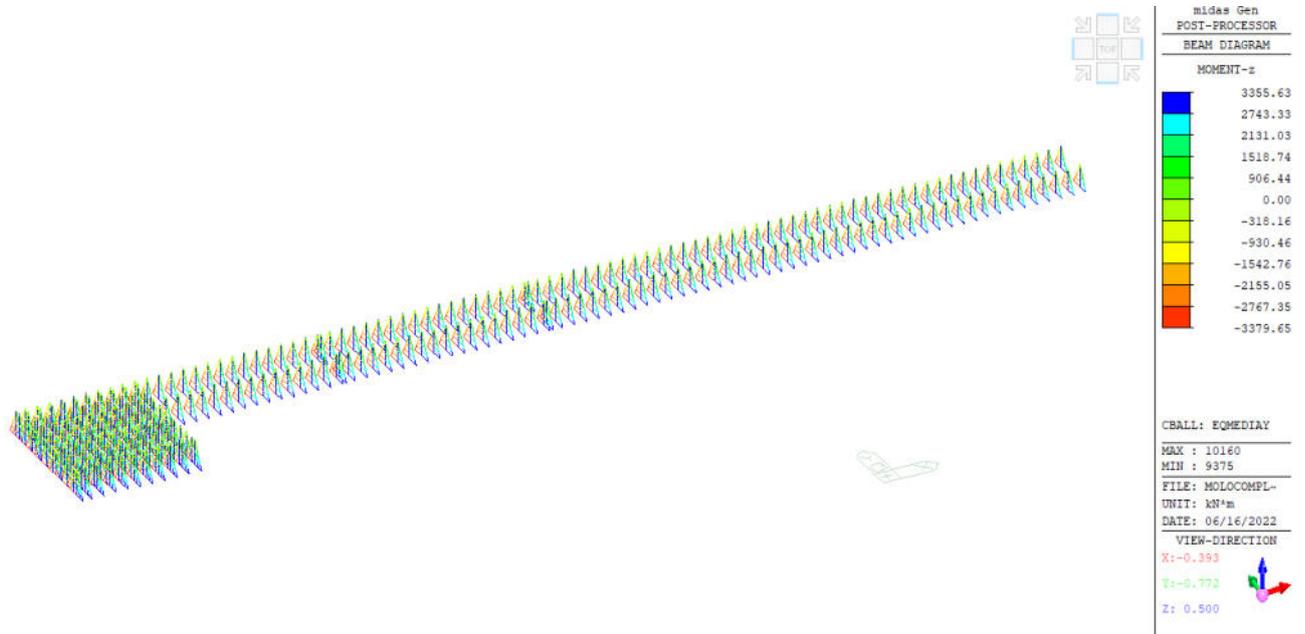


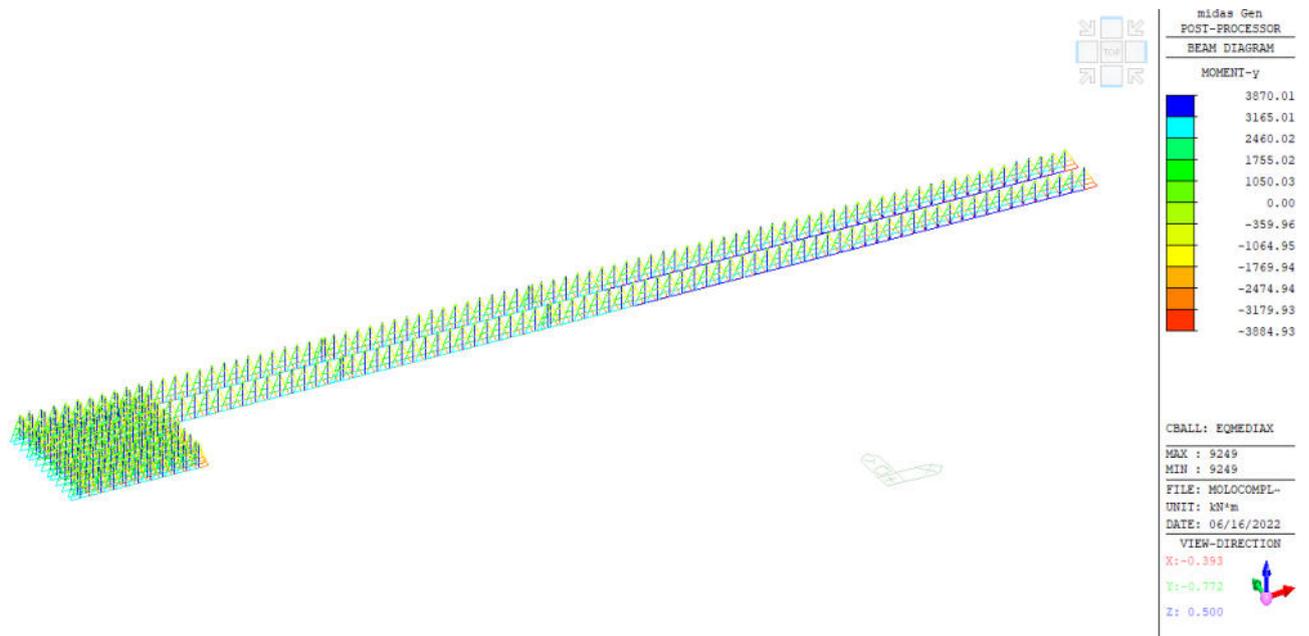
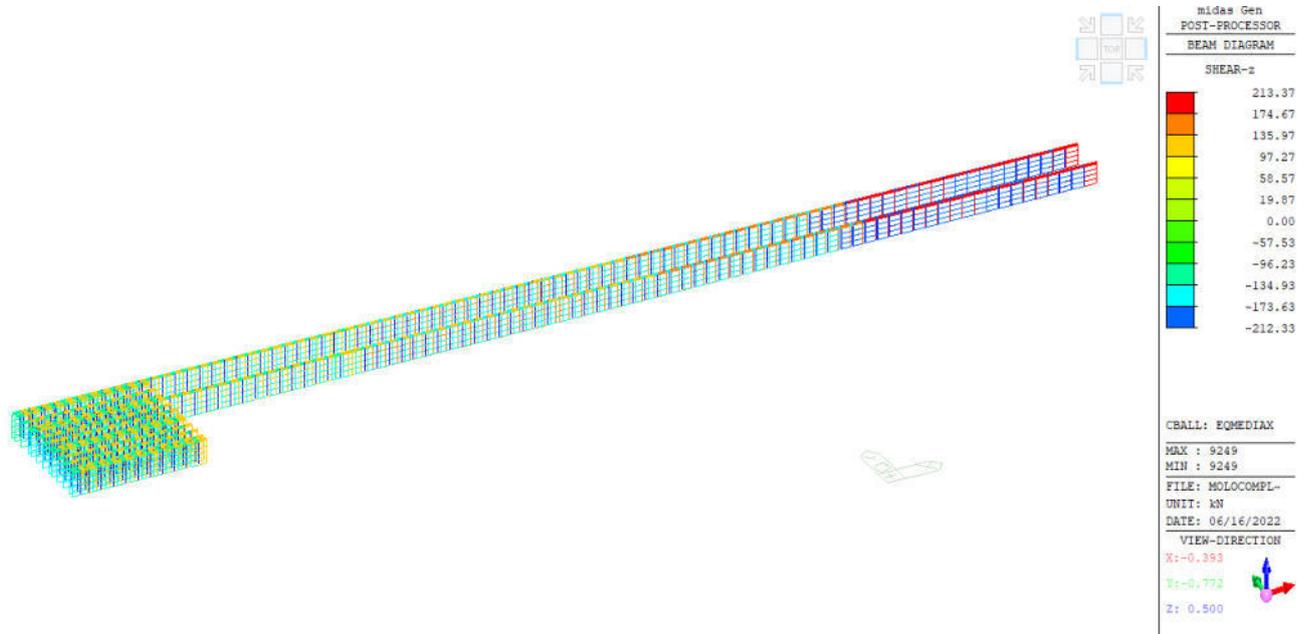


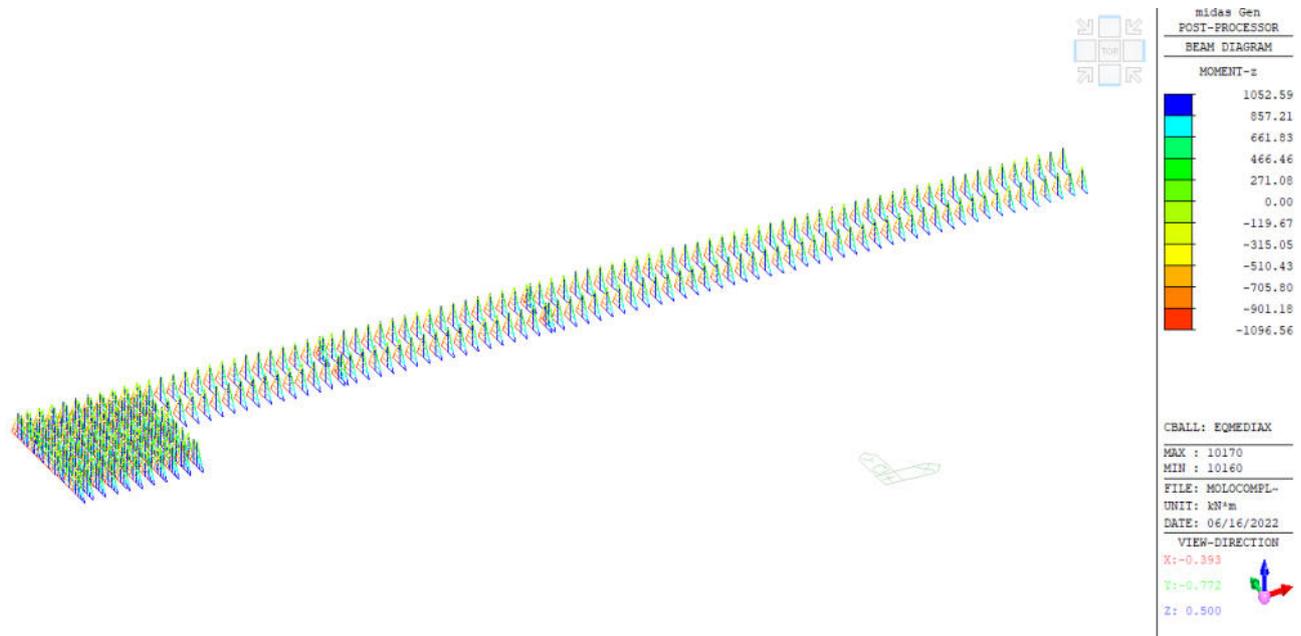












Si riportano di seguito in forma tabellare riassuntiva i valori combinati secondo:

$$V_{sd} = \sqrt{(F_y^2 + F_z^2)}$$

Per la media dei singoli elementi dapprima per la condizione con sisma predominante in X e successivamente per sisma predominante in Y.

Media EQ [kN]	125.25	218.86
----------------------	---------------	---------------

Eq		
Media V	palo	palo
kN	1200	1400

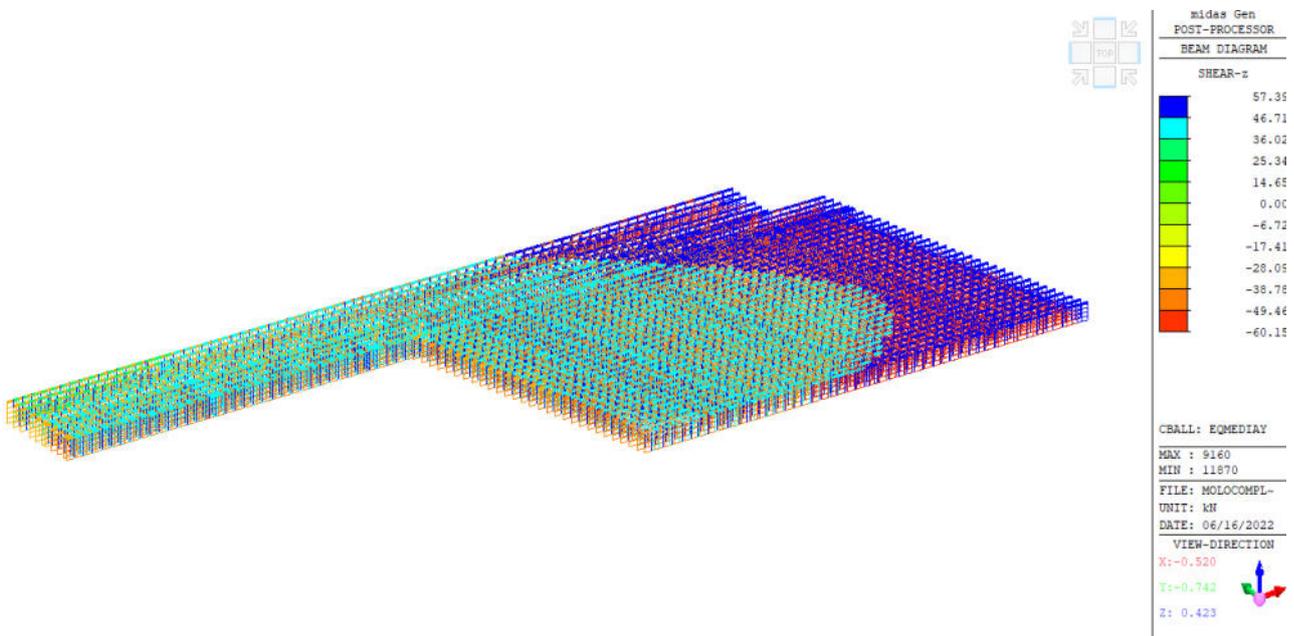
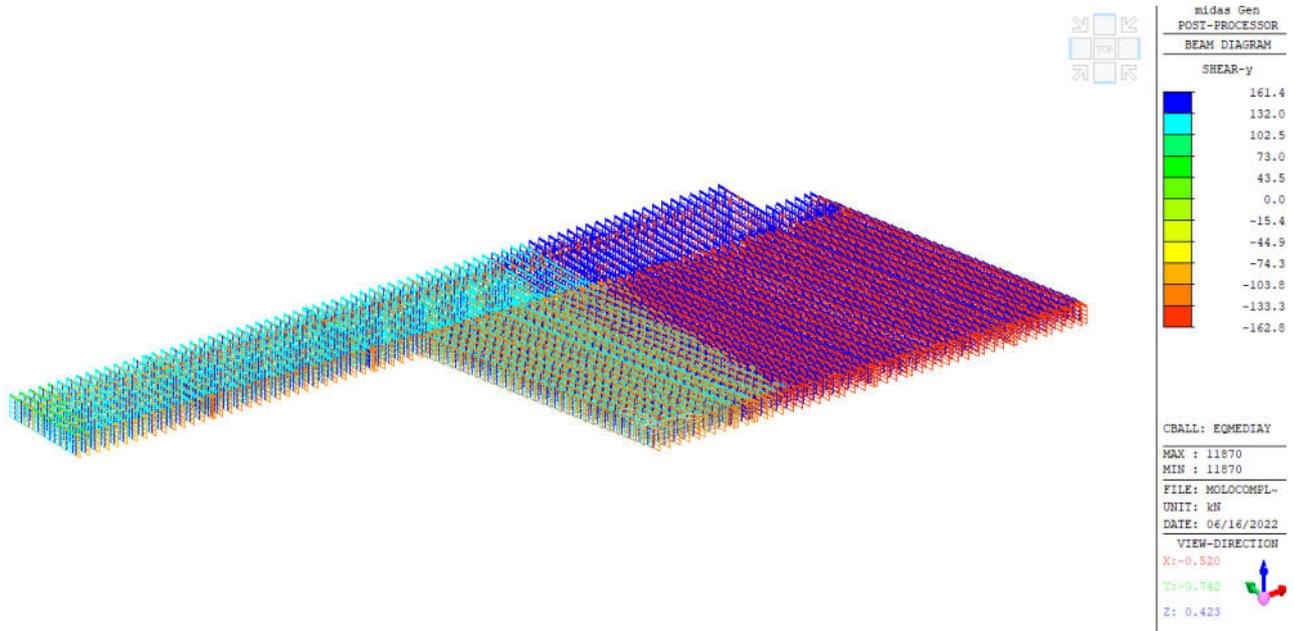
Media EQ [kN]	106.34	189.27
----------------------	---------------	---------------

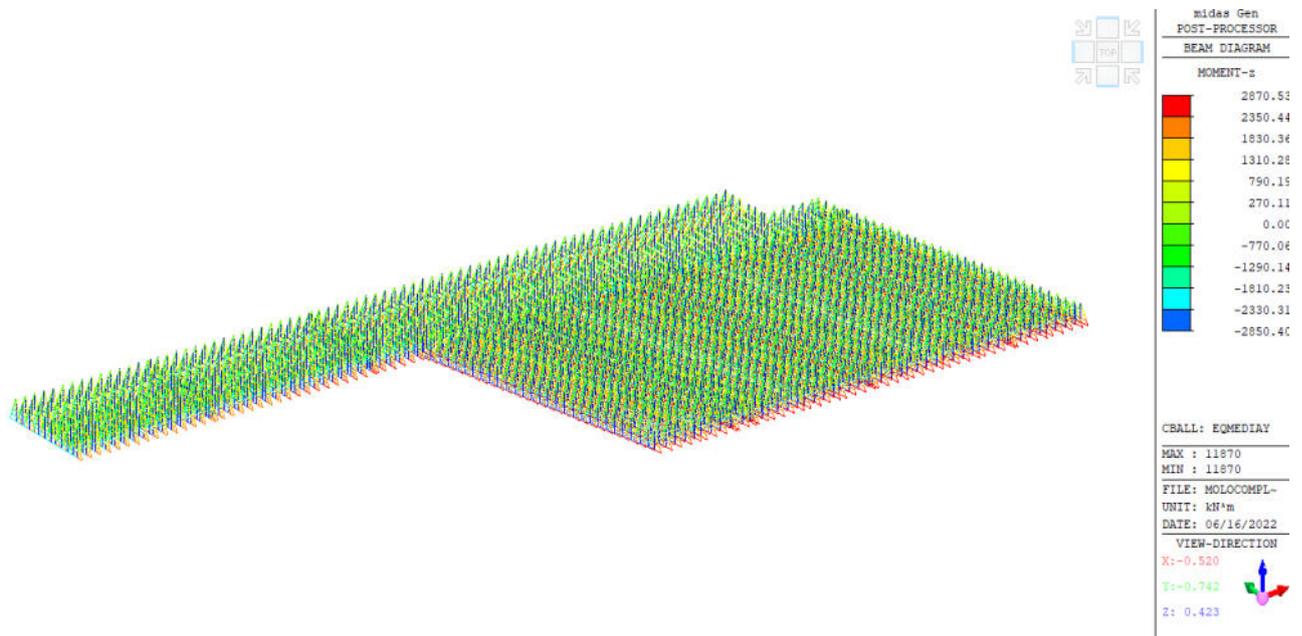
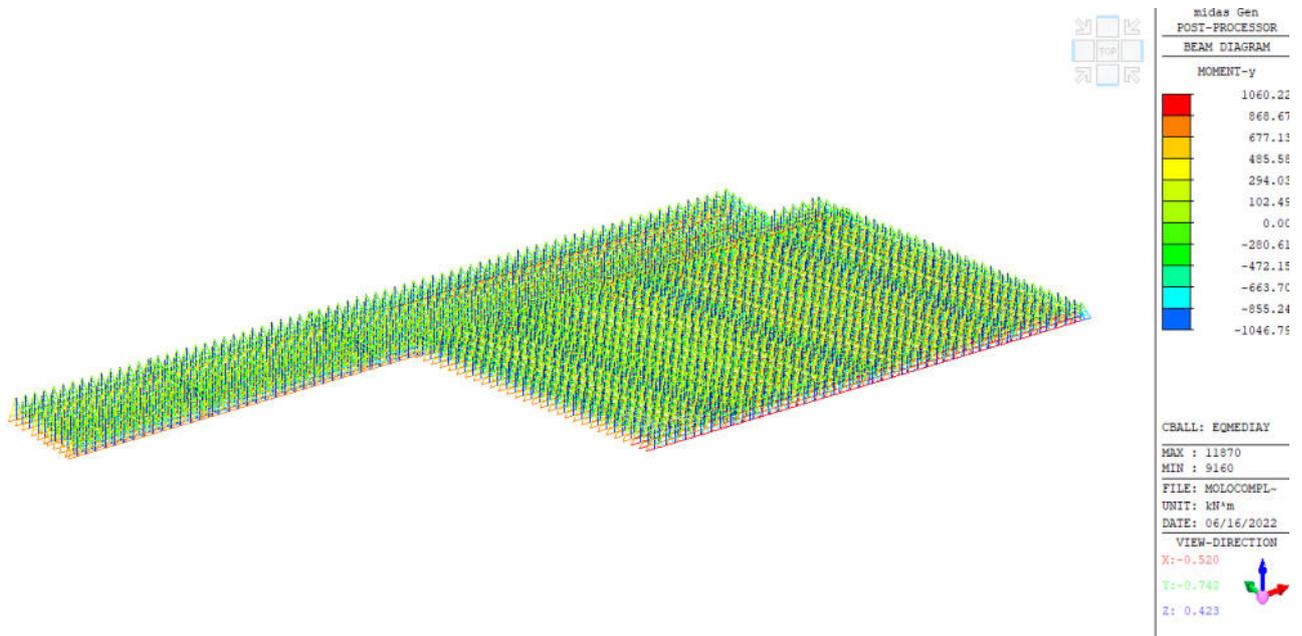
Eq		
Media V	Palo	Palo
kN	1200	1400

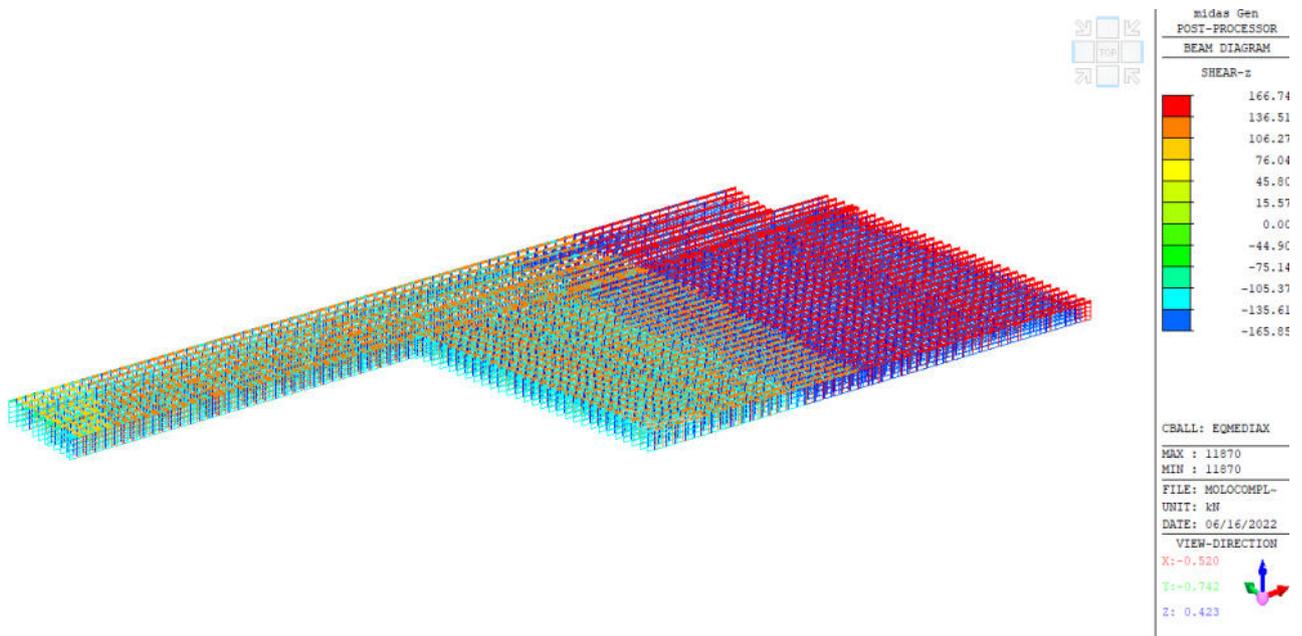
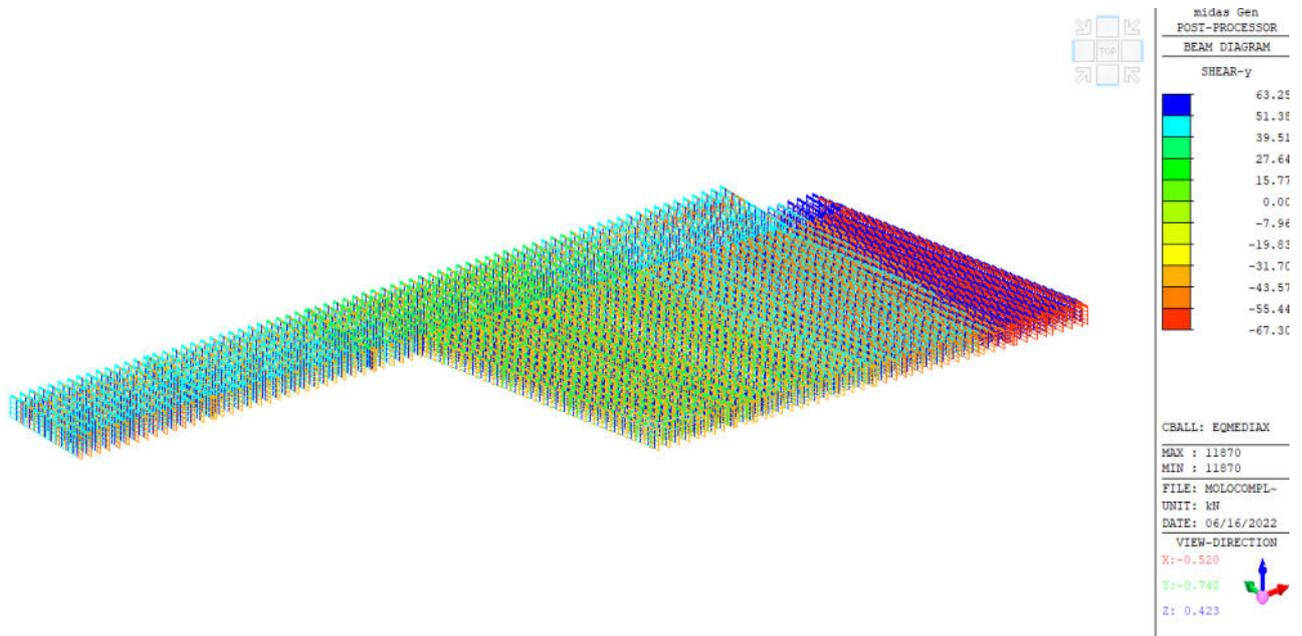
Tutti i pali sono incernierati in testa per cui hanno un'altezza dell'applicazione del carico dall'inizio terreno pari a massimo 21.4m per le colonne più lunghe (parte a sbalzo della quay area).

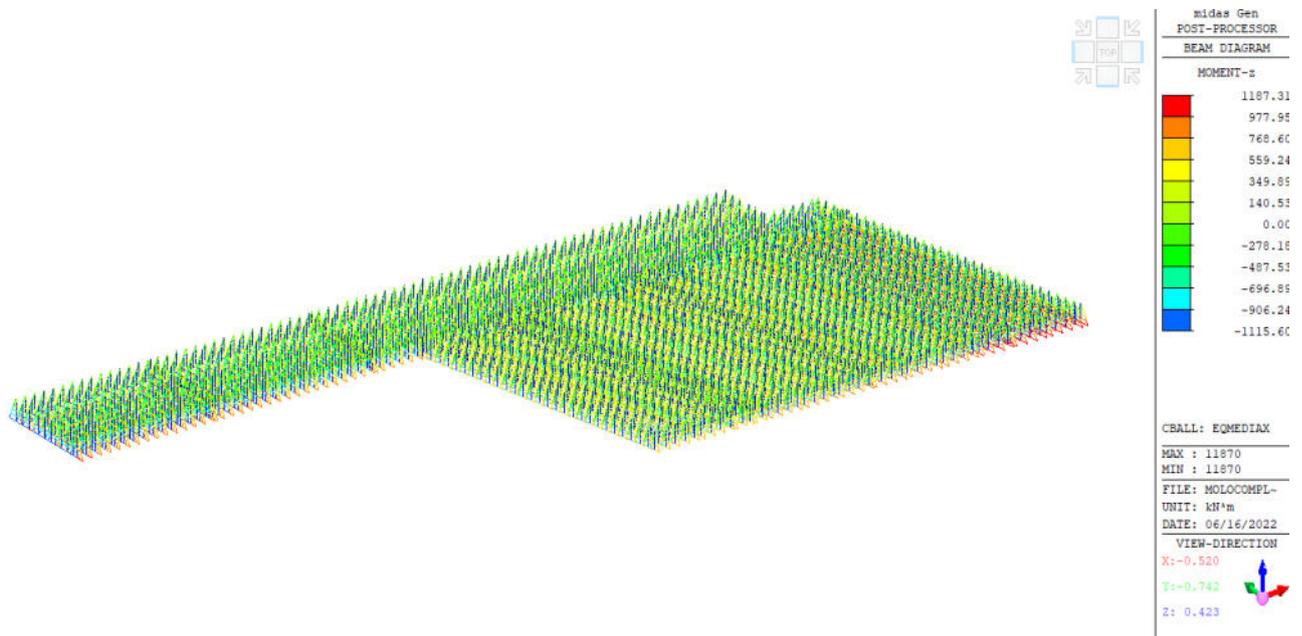
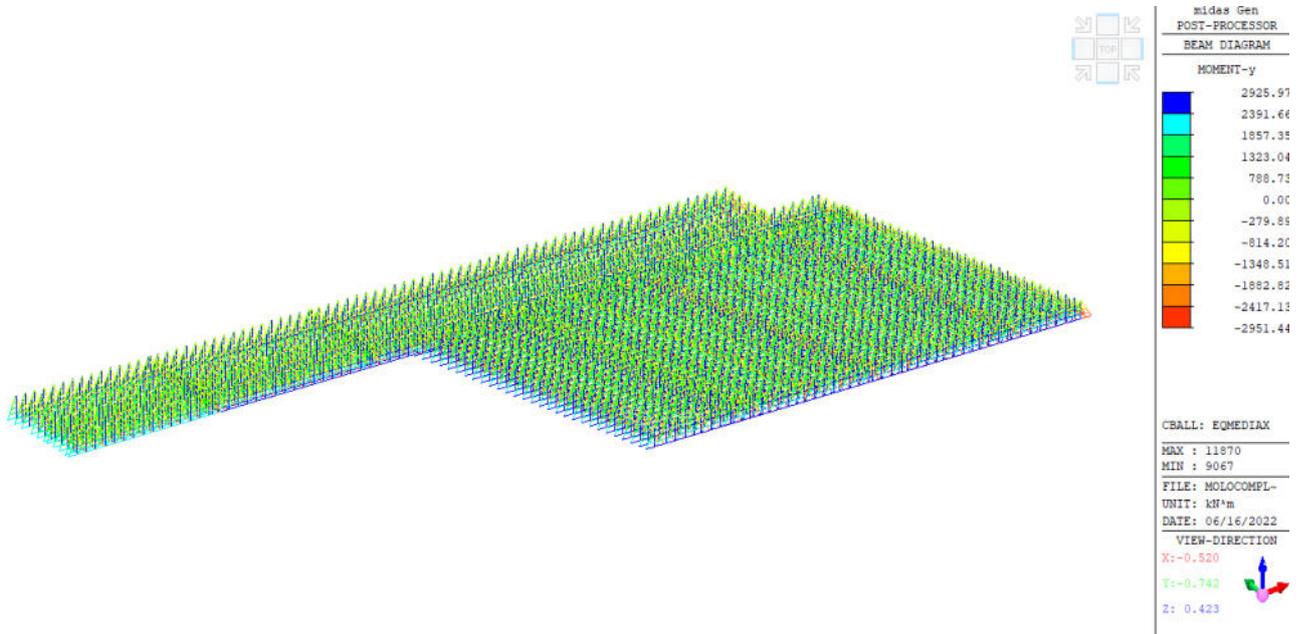


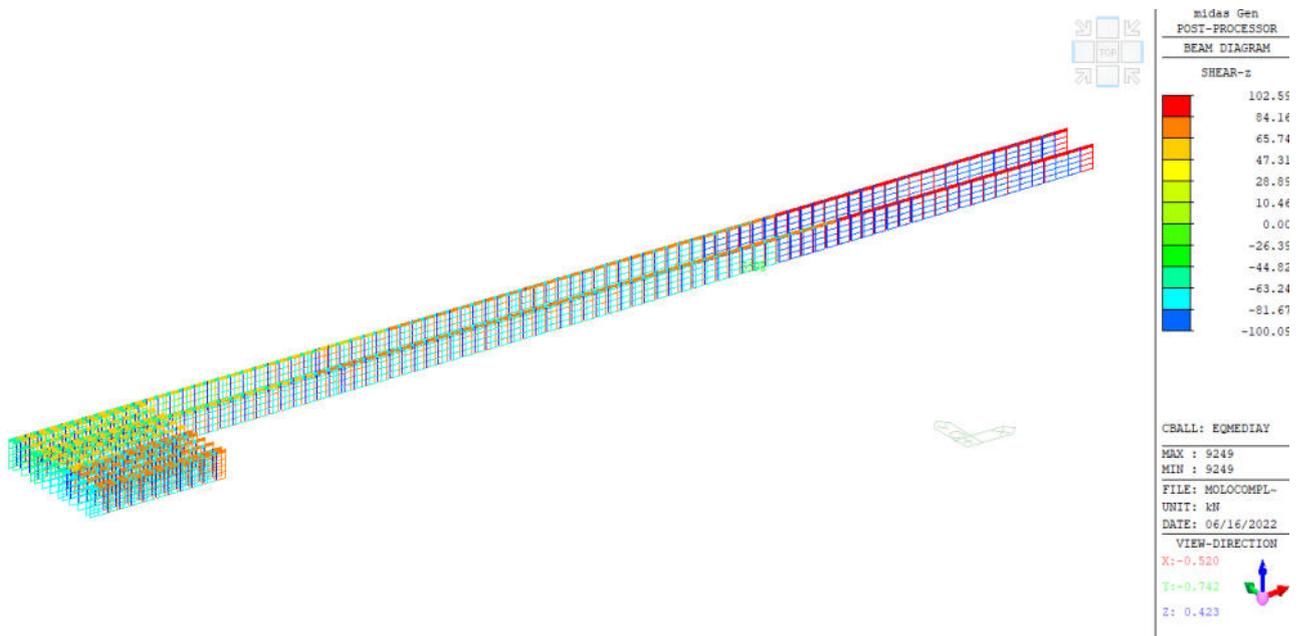
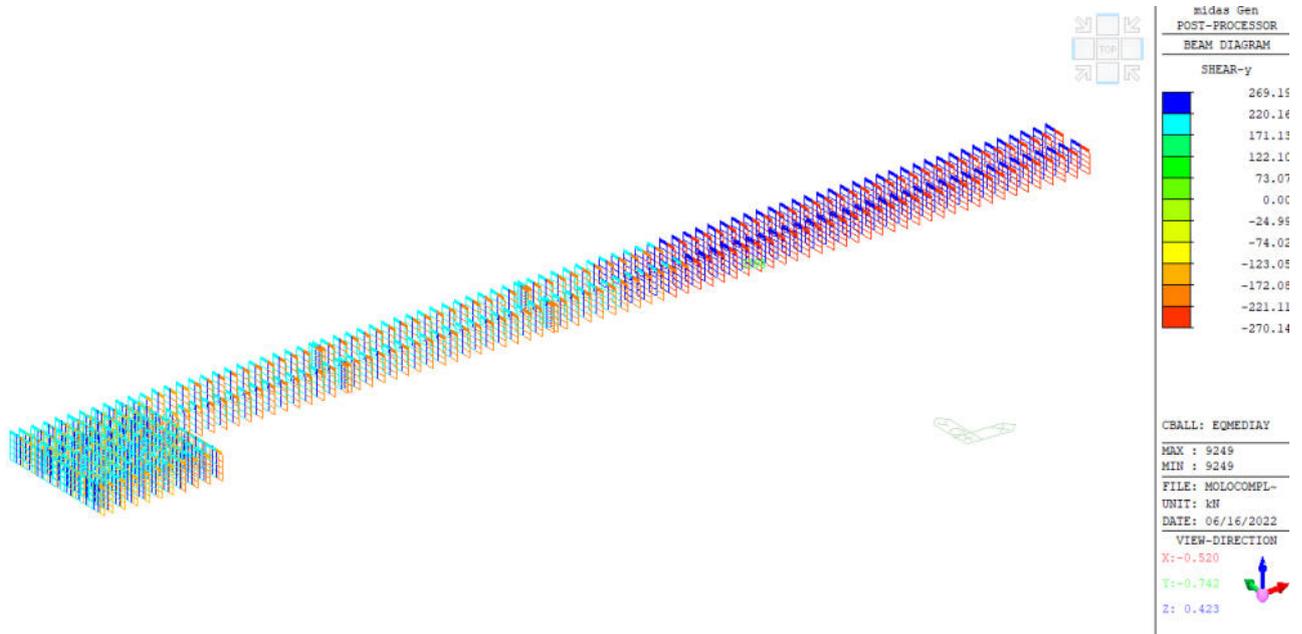
6.5.1.1.2.2 Analisi dinamica al passo - Modello G1+G2+0.8Acc

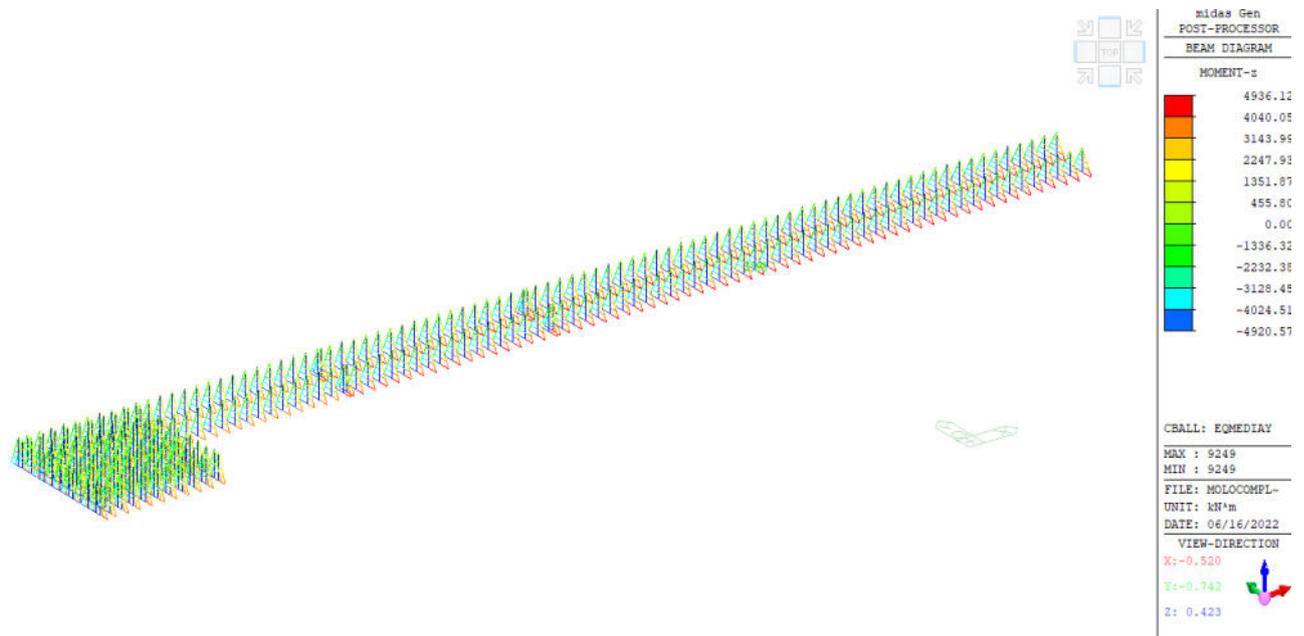
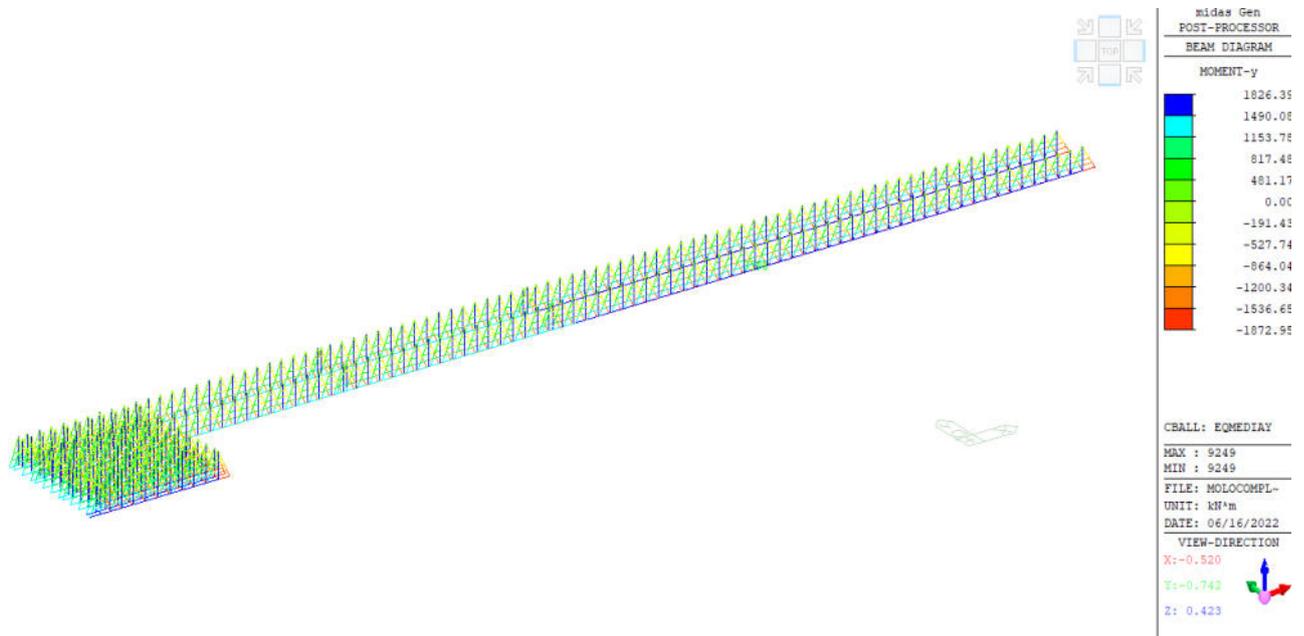


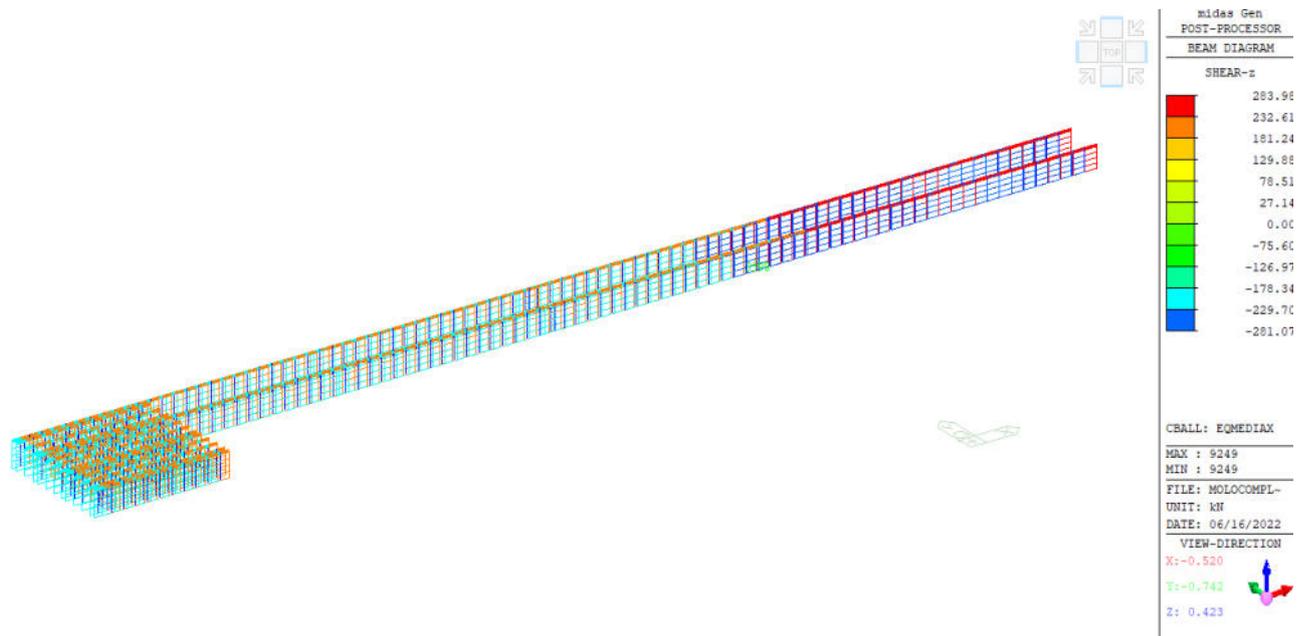
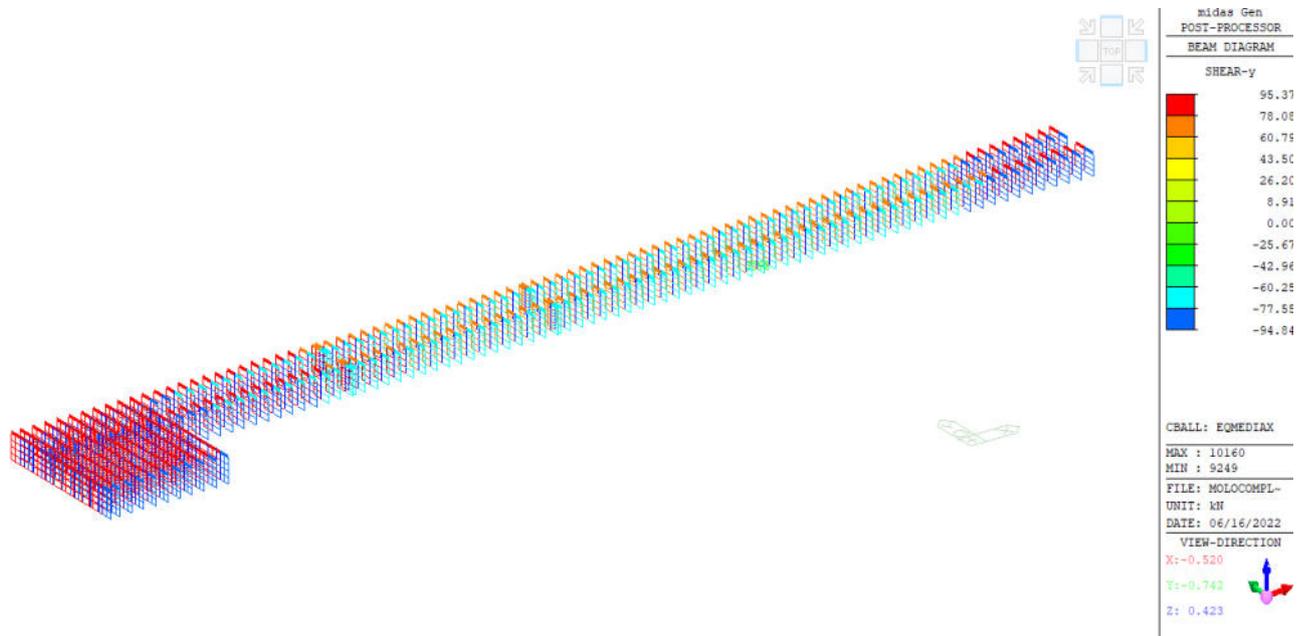


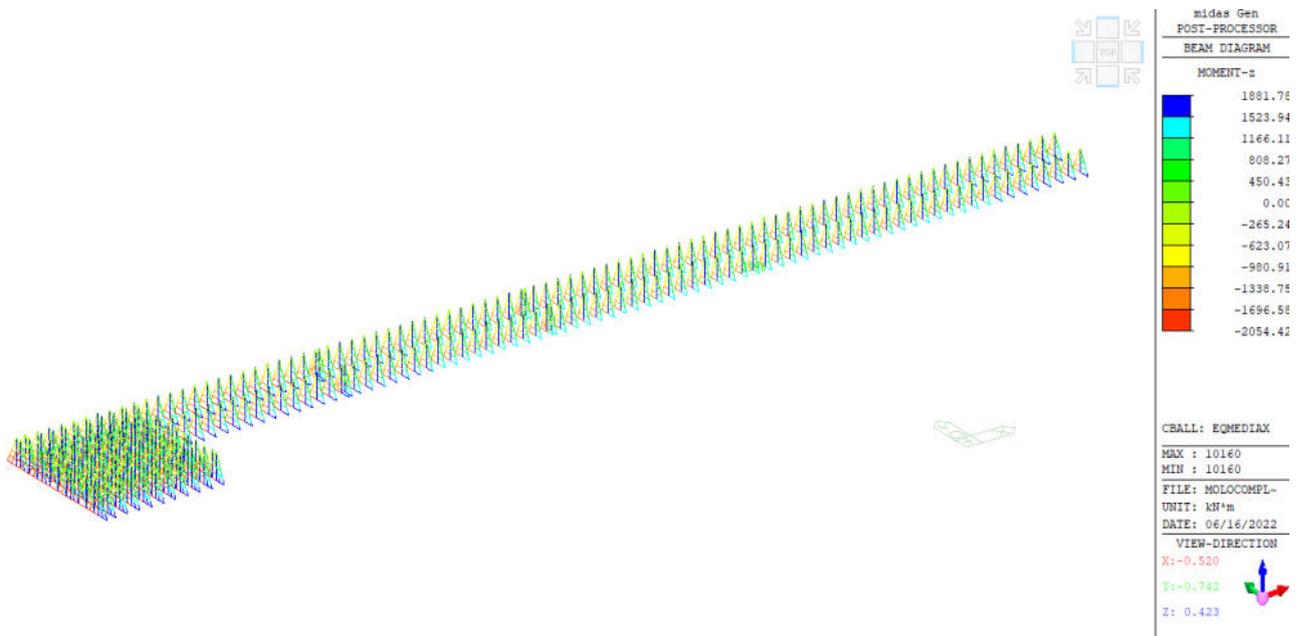
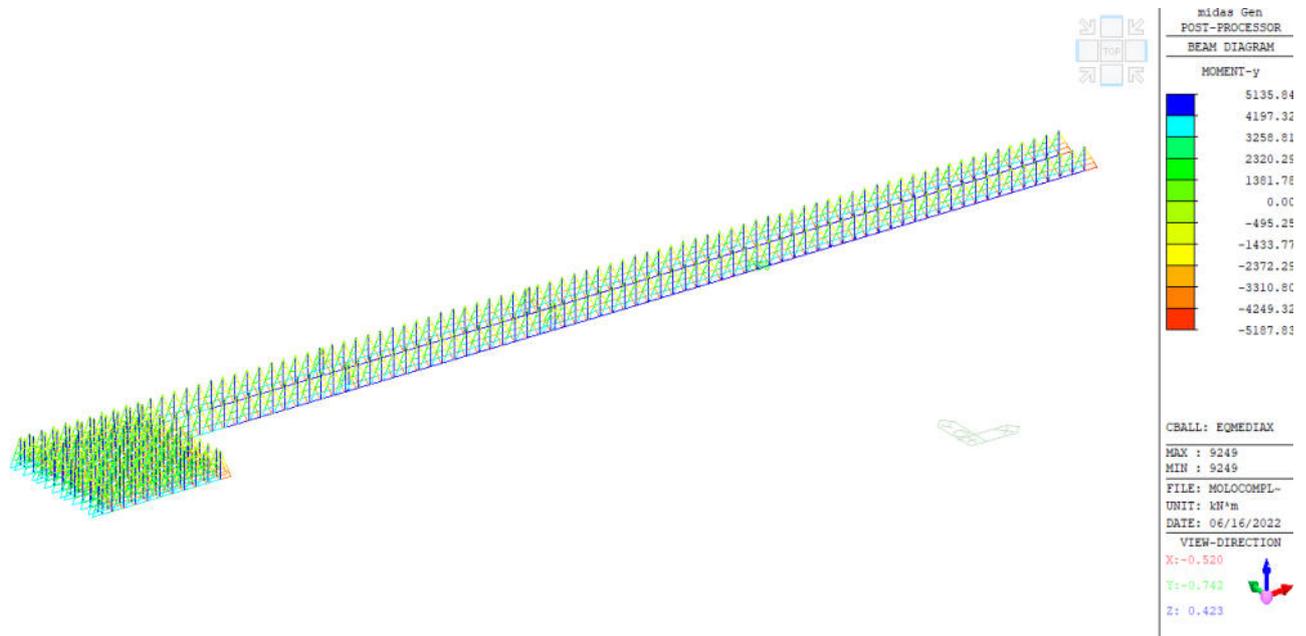








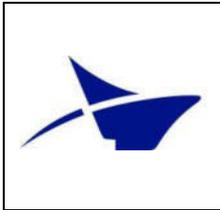




Si riportano di seguito in forma tabellare riassuntiva i valori combinati secondo:

$$V_{sd} = \sqrt{(F_y^2 + F_z^2)}$$

Per la media dei singoli elementi dapprima per la condizione con sisma predominante in X e successivamente per sisma predominante in Y.



Media EQ [kN] **178.55** **298.14**

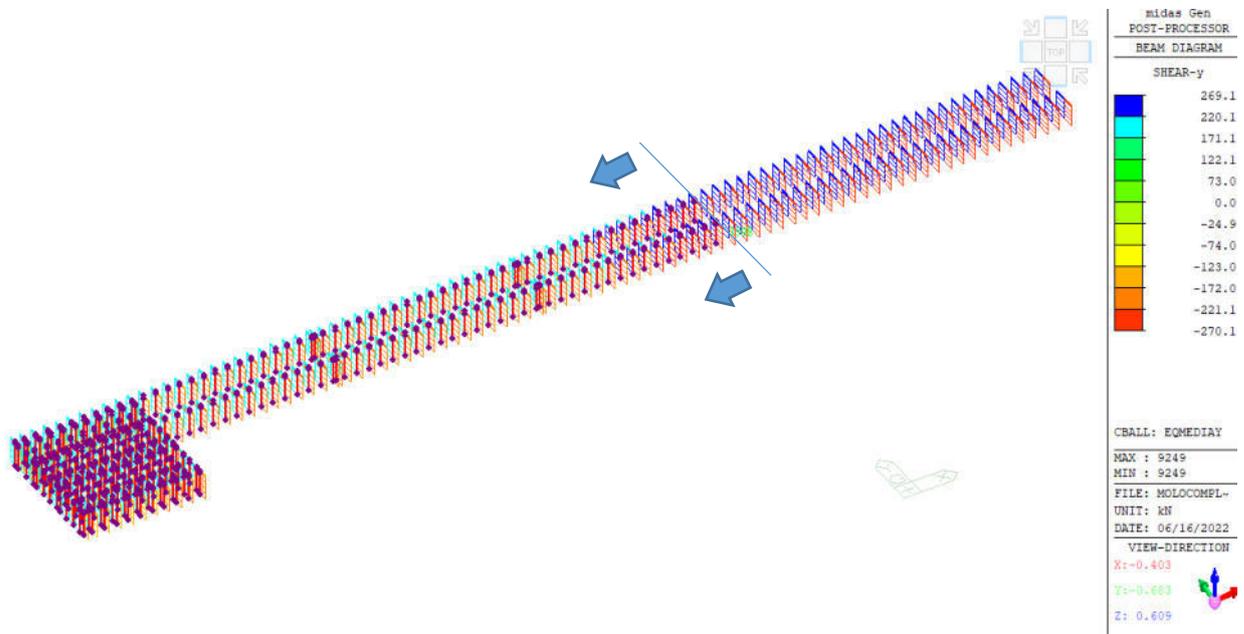
Eq
Media V palo palo
kN 1200 1400

Media EQ [kN] **172.53** **288.61**

Eq
Media V palo palo
kN 1200 1400

Il valore massimo delle sollecitazioni per il pali da 1400 sono localizzati nella parte più prossima al terreno, per via dell'altezza minore degli stessi pali e quindi della loro maggiore rigidezza. Infatti la loro lunghezza (volendo considerare la distanza che va dalla cerniera in testa all'inizio del terreno) varia da 21.4m a 18.3m circa.

Volendo differenziare i pali da 1400mm con lunghezza maggiore di 20m, si devono prendere a riferimento i seguenti pali:



I quali hanno le seguenti sollecitazioni massime:

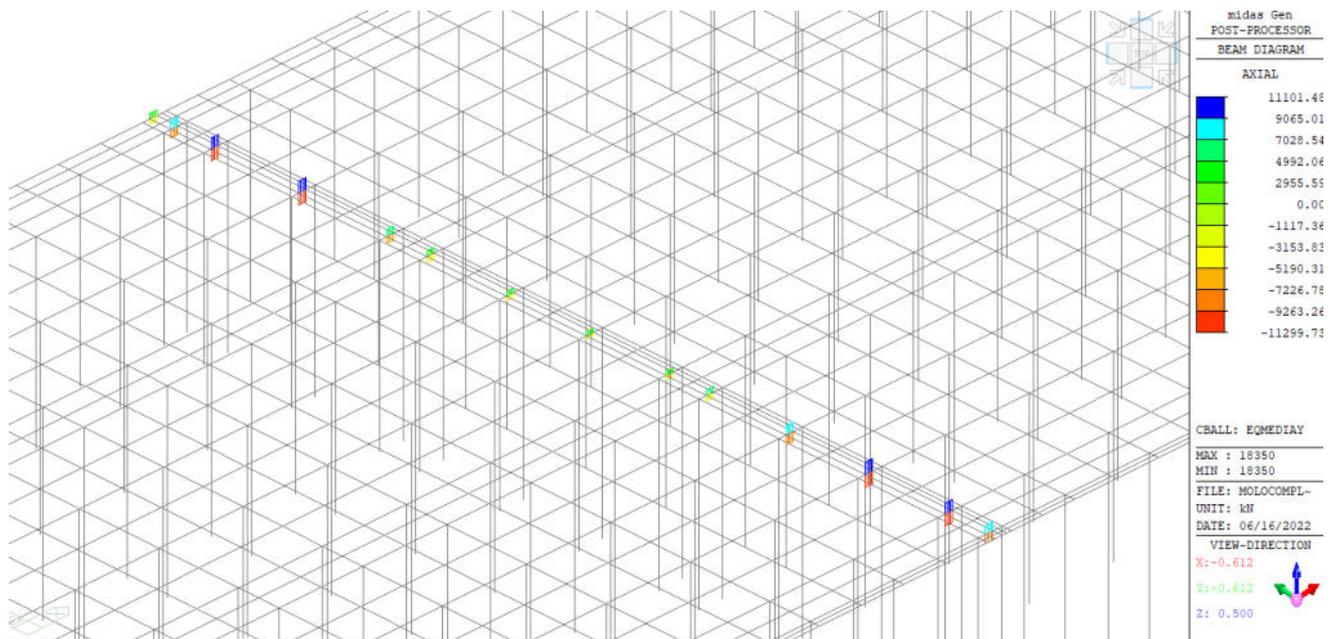


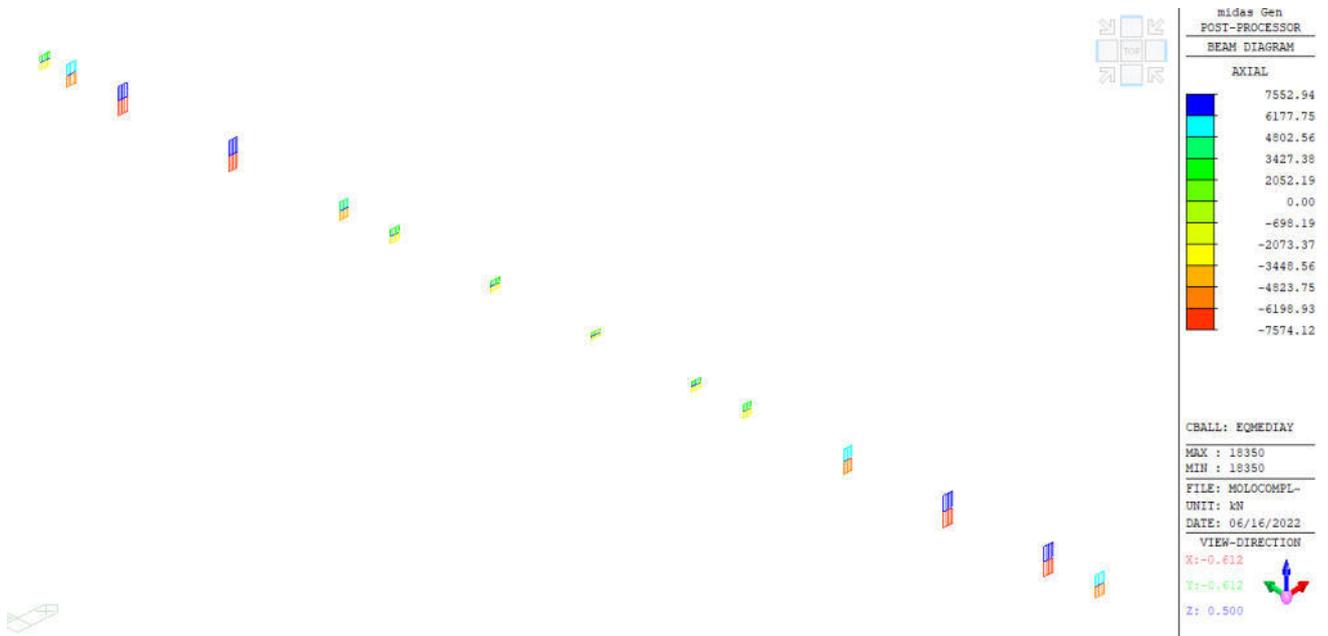
Media EQ [kN]	178.55	241.08	298.14
----------------------	---------------	---------------	---------------

Eq		e > 20m	e < 20m
Media V	palo	palo	palo
kN	1200	1400	1400

6.5.1.2 Sollecitazioni sull'elemento shock transmitter

Le sollecitazioni massime su tali elementi vengono ricavate direttamente dai modelli di calcolo sismici, dove non si sono inseriti gli end-release sulle travi longitudinali della quay area in corrispondenza del giunto tra la fase 1b e la fase 2.





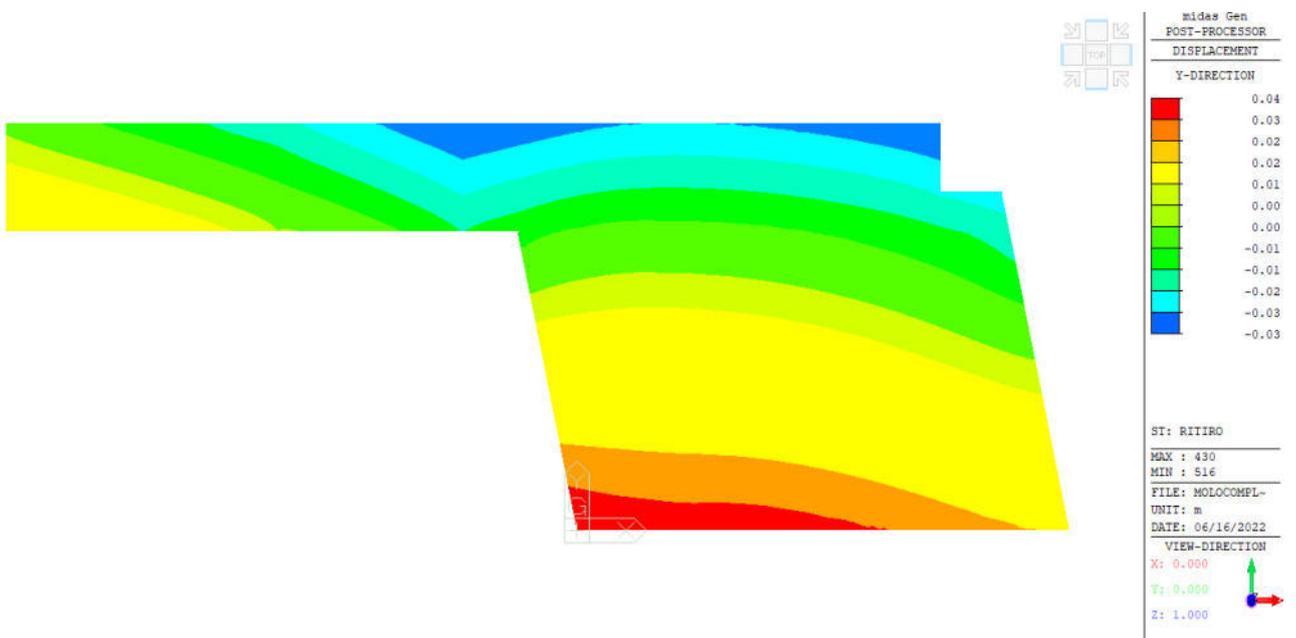
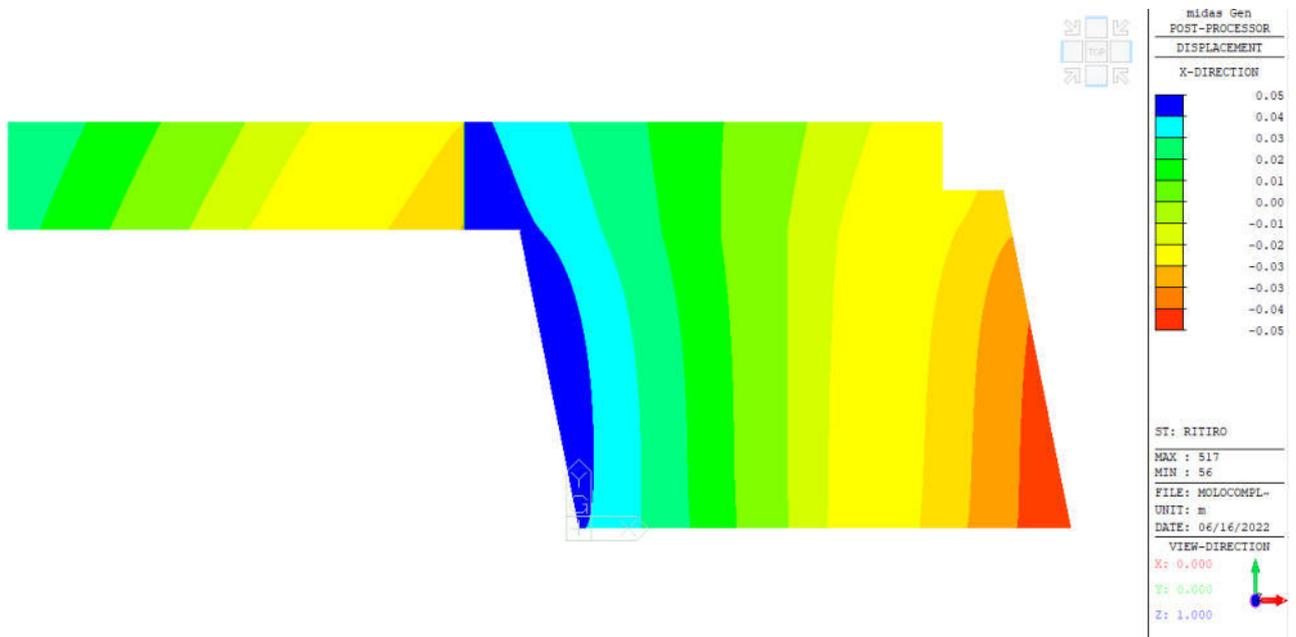
Le forze massime sugli elementi risultano pari a circa 12000 kN per le travi maggiormente sollecitate. Per queste 4 travi si prevede l'utilizzo di 4 dispositivi da 4000 kN ciascuno, mentre per le restanti travi si prevede l'utilizzo di 2 dispositivi ciascuno, per un totale di 36 dispositivi da 4000 kN di forza massima e uno spostamento massimo in condizioni non impulsive di +/-200mm.

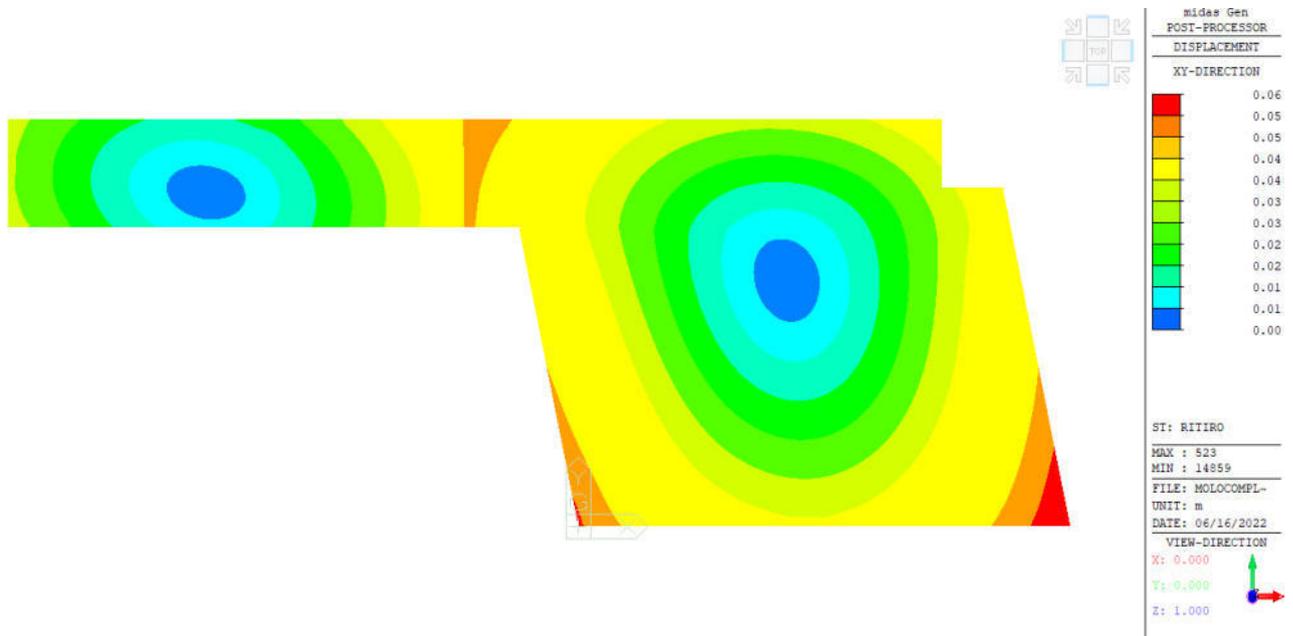
6.5.1.3 Spostamenti

Si riportano di seguito gli spostamenti attesi per le varie condizioni di carico

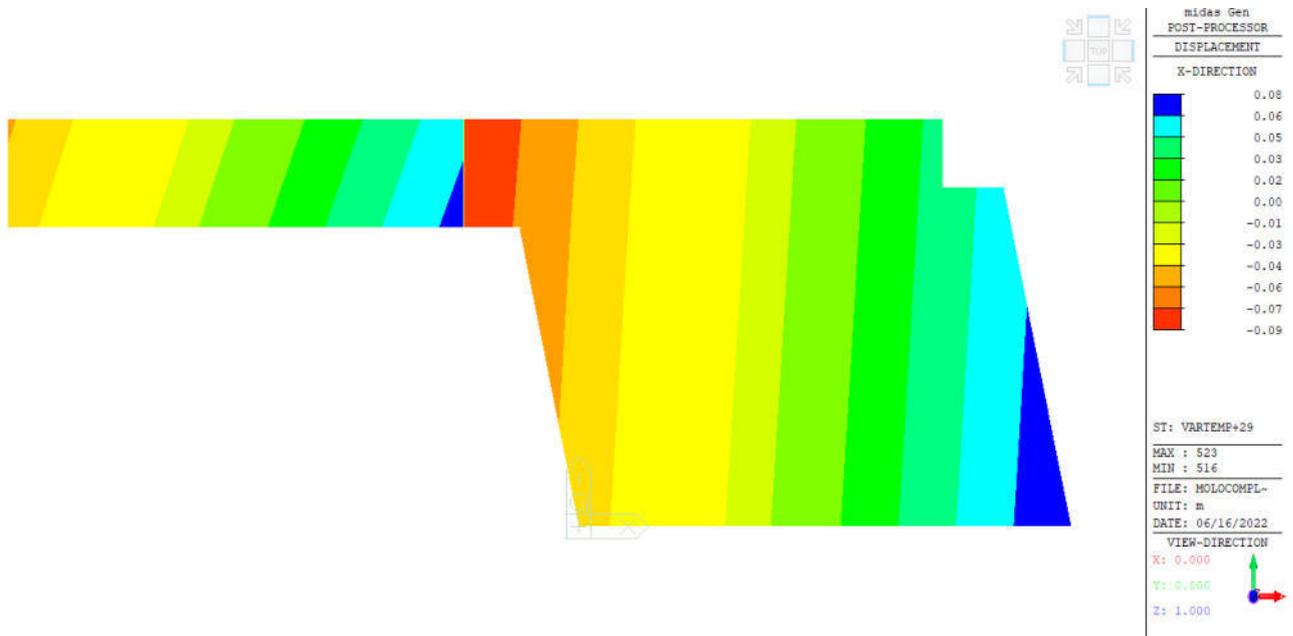


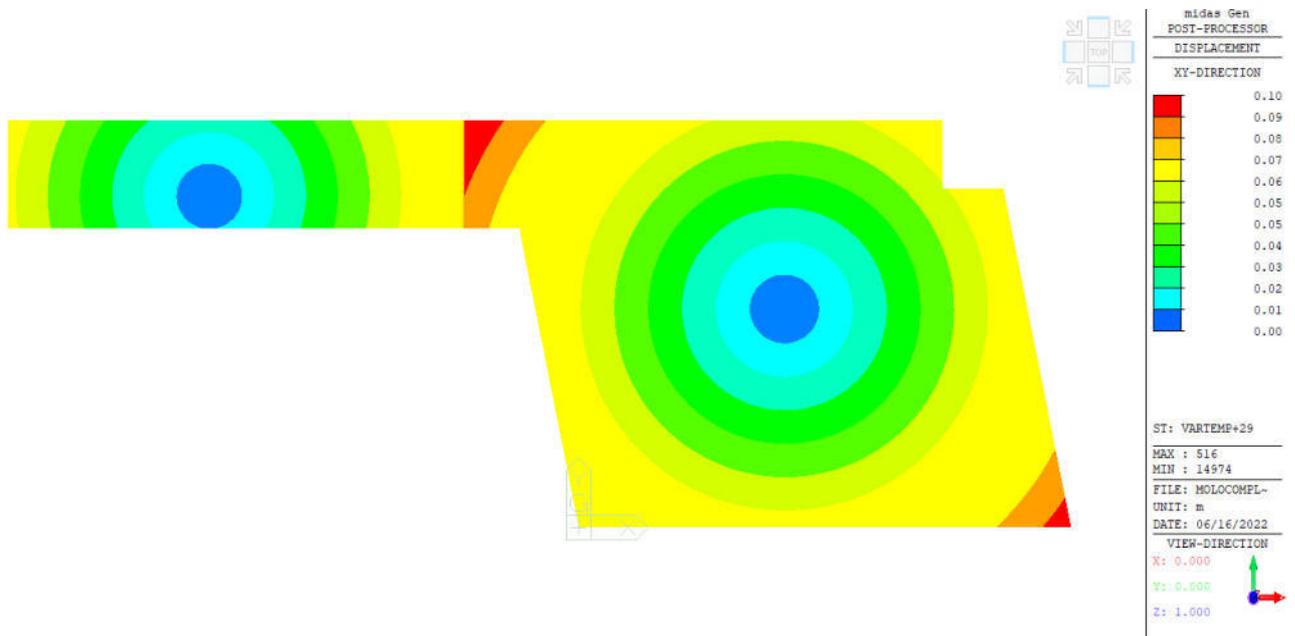
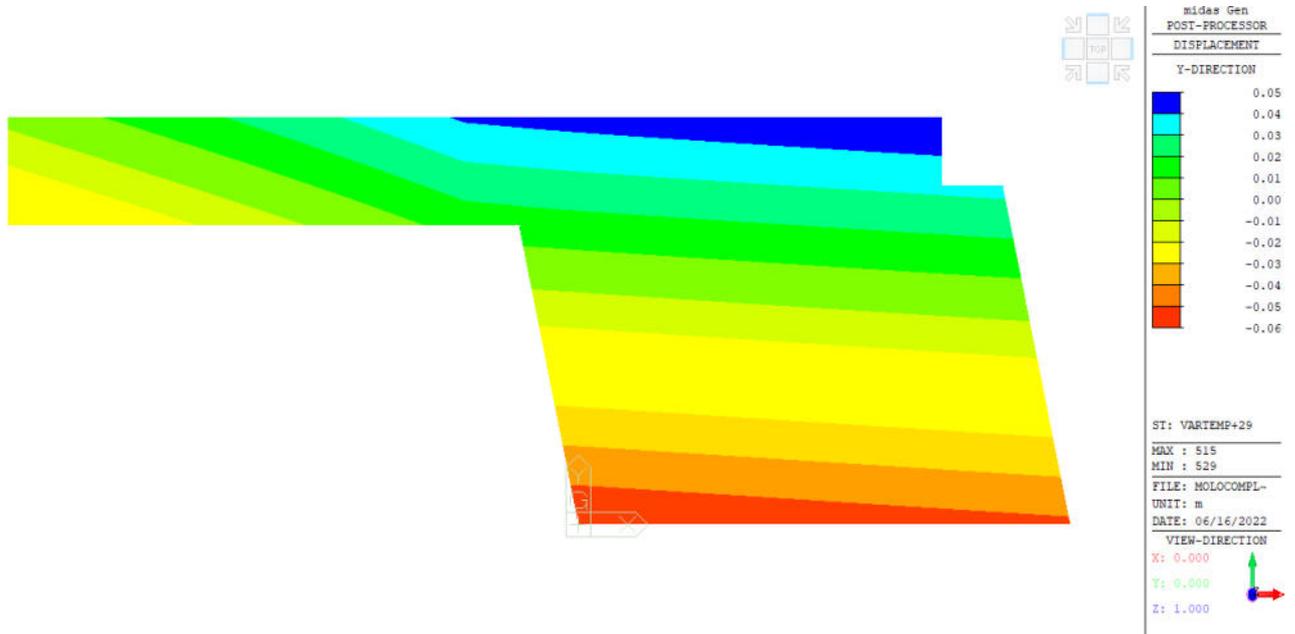
6.5.1.3.1 Ritiro





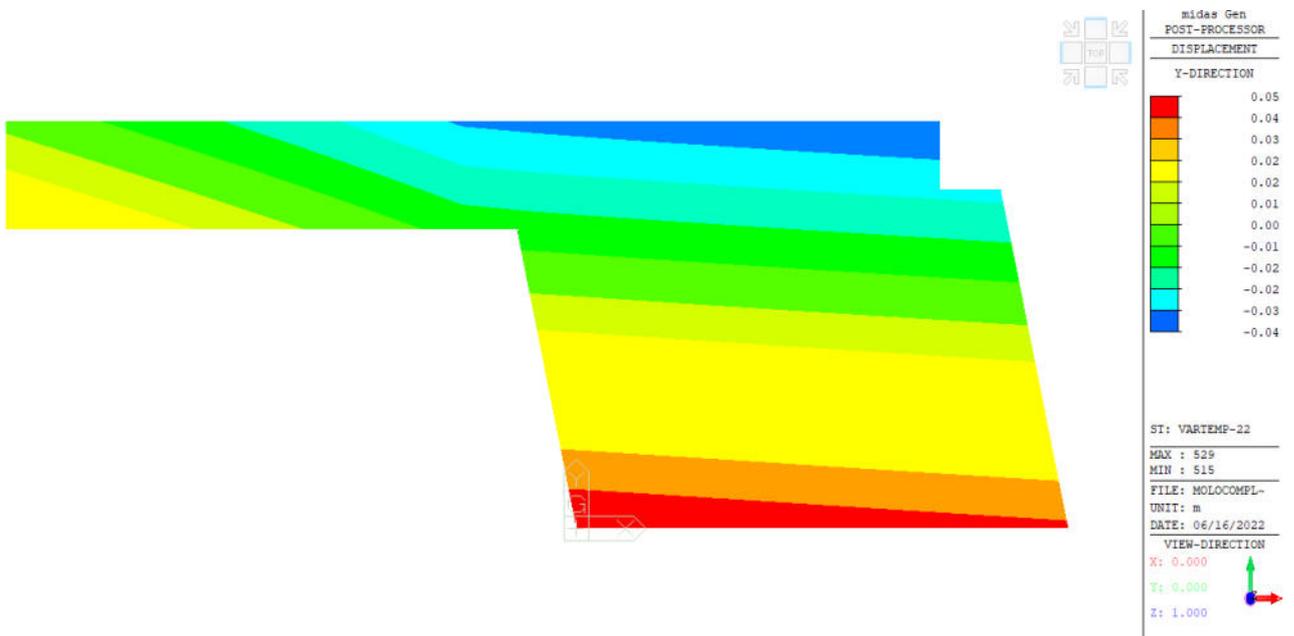
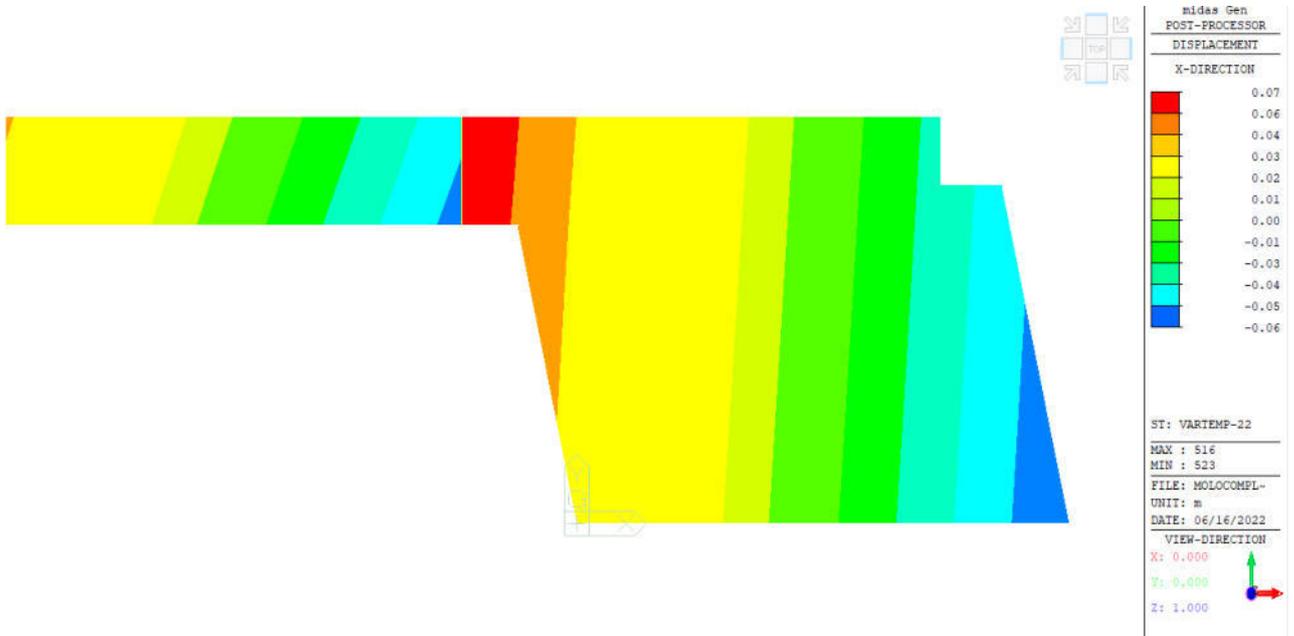
6.5.1.3.2 Deformazione termica positiva

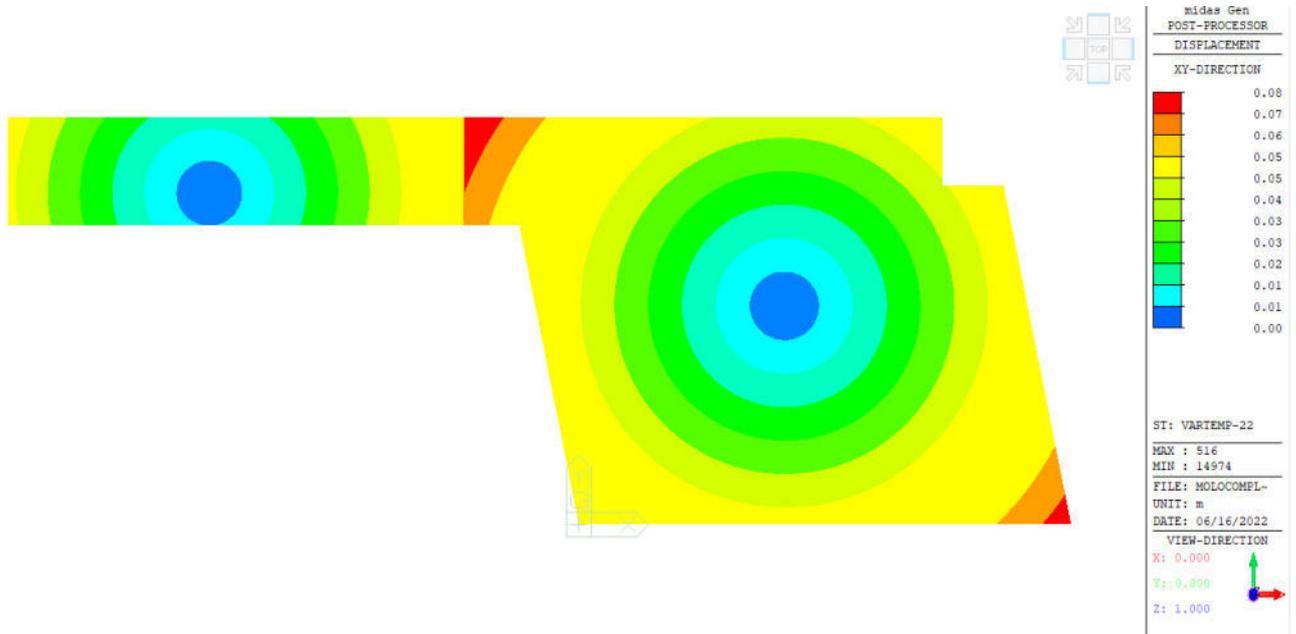




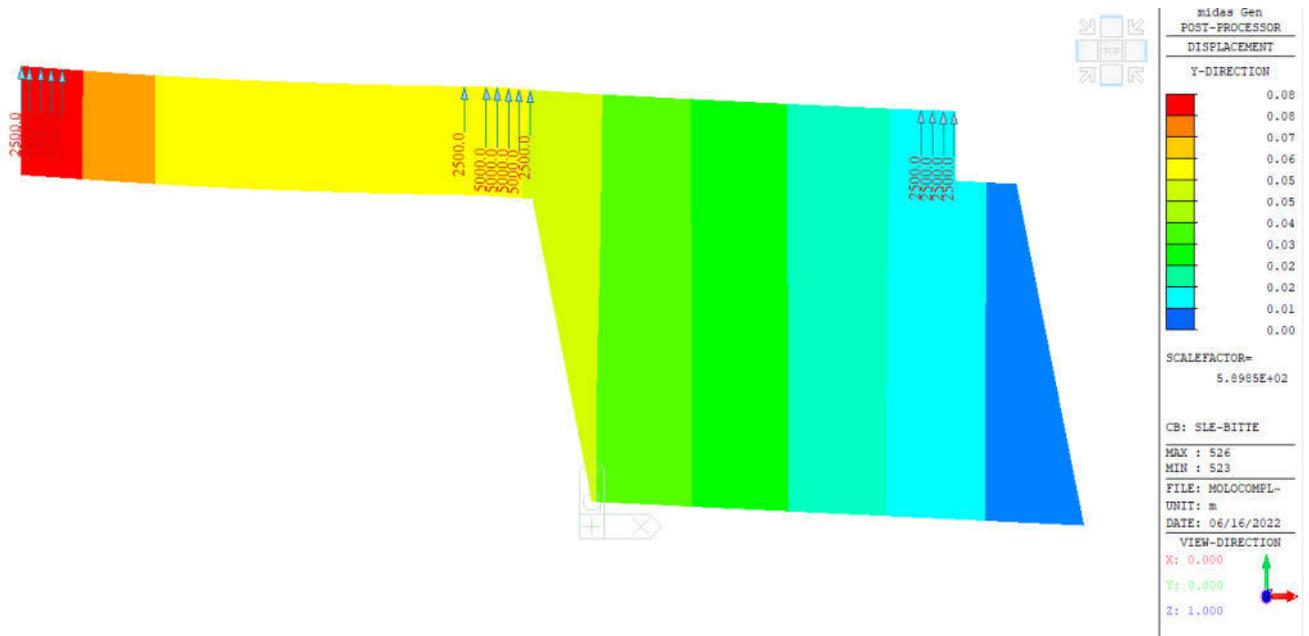


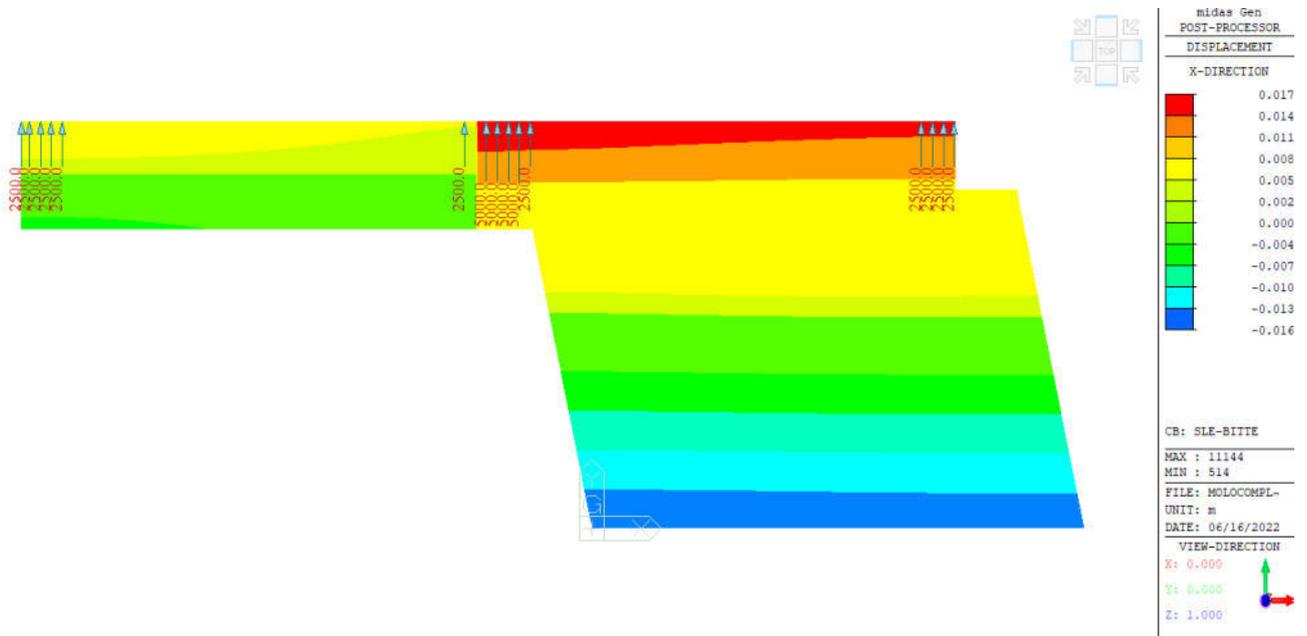
6.5.1.3.3 Deformazione termica negativa

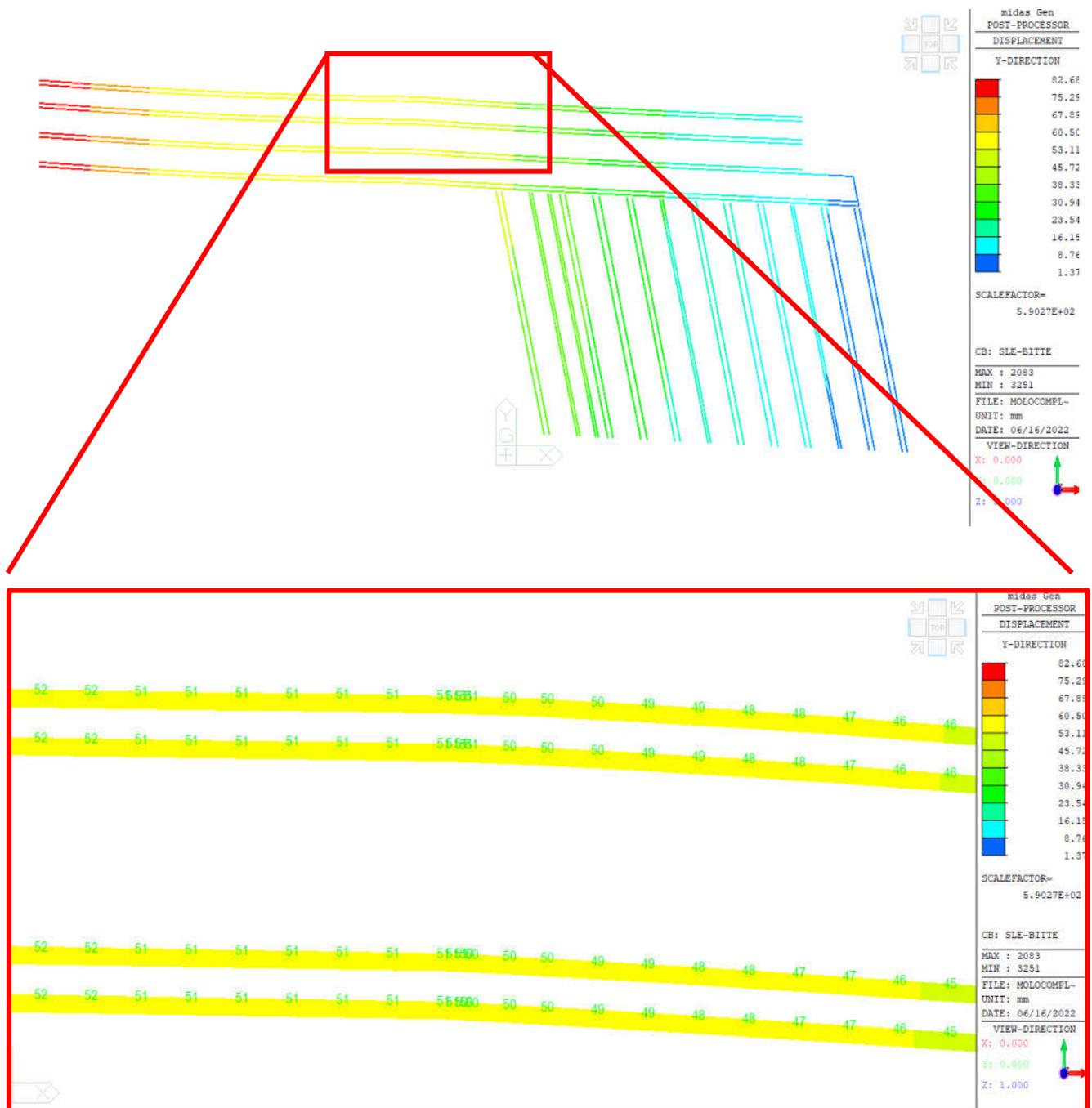




6.5.1.3.4 Tiro sulle bitte







Come si evince dall'immagine sopra riportata, nel calcolo non realistico di massima spinta ortogonale delle bitte prese a riferimento, lo spostamento totale risulta pari a 8cm su 800m.

Nel punto in corrispondenza del giunto, dove si possono prevedere discontinuità nella rotaia delle gru STS, essendoci un giunto longitudinale, si denota come i valori di spostamento si discostino di meno di 1mm su una maglia dei nodi di 5m. Tale valore risulta minore del massimo ammissibile per operabilità delle gru secondo la norma UNI ISO 12488-1, la quale identifica uno spostamento di 10mm su 2metri.

6.5.1.3.5 SLV

Per le condizioni sismiche, gli spostamenti devono essere valutati relativi al punto di applicazione dell'accelerogramma. Per questo i valori sono stati raccolti in forma tabellare e calcolati direttamente da un foglio di calcolo.

Deformazioni sismiche accelerogrammi

Node	Load	DX (m)	DY (m)	DZ (m)	RX ([rad])	RY ([rad])	RZ ([rad])	Relativo		Massimi Relativi	
								Dx	Dy	Dx	Dy
										0.208	0.197
1	Eq01Y(max)	0.101323	0.331446	-0.00046	0.000067	0.000203	0.000199	0.051	0.162	0.080	0.197
515	Eq01Y(max)	0.116766	0.270095	-0.00226	-0.00075	-0.00019	0.000136	0.080	0.147		
519	Eq01Y(max)	0.106649	0.261273	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	0.000102	0.070	0.138		
520	Eq01Y(max)	0.106637	0.270129	-0.00082	0.000105	0.000007	0.000045	0.070	0.147		
523	Eq01Y(max)	0.057632	0.251417	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	0.000062	0.021	0.128		
526	Eq01Y(max)	0.110264	0.365791	-0.00166	-0.00059	0.00021	0.000128	0.060	0.197		
527	Eq01Y(max)	0.107245	0.365765	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	0.000068	0.056	0.197		
529	Eq01Y(max)	0.057882	0.323229	-0.00025	-0.0001	0.00028	0.000071	0.007	0.154		
21850	Eq01Y(max)	0.036956	0.123185	0	0	0	0.000136				
21851	Eq01Y(max)	0.050748	0.169159	0	0	0	0.000058				
1	Eq02Y(max)	0.062931	0.093359	-0.00046	0.000067	0.000203	0.0004	0.004	-0.012	0.103	0.103
515	Eq02Y(max)	0.037935	0.160897	-0.00226	-0.00075	-0.00019	0.000382	-0.005	0.016		
519	Eq02Y(max)	0.051724	0.176549	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	0.000281	0.008	0.032		
520	Eq02Y(max)	0.051648	0.160915	-0.00082	0.000105	0.000007	0.000127	0.008	0.016		
523	Eq02Y(max)	0.146588	0.193944	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	0.00017	0.103	0.049		
526	Eq02Y(max)	0.037336	0.208771	-0.00166	-0.00059	0.00021	0.000366	-0.021	0.103		
527	Eq02Y(max)	0.065362	0.208753	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	0.000196	0.007	0.103		
529	Eq02Y(max)	0.147217	0.077696	-0.00025	-0.0001	0.00028	0.000203	0.088	-0.028		
21850	Eq02Y(max)	0.043345	0.144483	0	0	0	0.00038				
21851	Eq02Y(max)	0.058817	0.105435	0	0	0	0.000348				
1	Eq03Y(max)	0.054118	0.175911	-0.00046	0.000067	0.000203	0.000132	0.022	0.070	0.036	0.073
515	Eq03Y(max)	0.059692	0.153362	-0.00226	-0.00075	-0.00019	0.000095	0.036	0.073		
519	Eq03Y(max)	0.055948	0.150082	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	0.000071	0.032	0.070		
520	Eq03Y(max)	0.055928	0.153376	-0.00082	0.000105	0.000007	0.000031	0.032	0.073		
523	Eq03Y(max)	0.037975	0.146364	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	0.000043	0.014	0.066		
526	Eq03Y(max)	0.054202	0.172145	-0.00166	-0.00059	0.00021	0.000096	0.023	0.067		
527	Eq03Y(max)	0.057928	0.172135	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	0.000051	0.026	0.067		
529	Eq03Y(max)	0.038223	0.173147	-0.00025	-0.0001	0.00028	0.00005	0.007	0.068		
21850	Eq03Y(max)	0.024045	0.080151	0	0	0	0.000094				
21851	Eq03Y(max)	0.03163	0.105435	0	0	0	0.000071				
1	Eq04Y(max)	0.037917	0.122762	-0.00046	0.000067	0.000203	0.000226	0.006	0.015	0.019	0.033
515	Eq04Y(max)	0.041852	0.108027	-0.00226	-0.00075	-0.00019	0.000141	0.019	0.033		
519	Eq04Y(max)	0.039288	0.105934	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	0.000106	0.017	0.030		
520	Eq04Y(max)	0.039272	0.108045	-0.00082	0.000105	0.000007	0.000046	0.017	0.033		
523	Eq04Y(max)	0.027634	0.103568	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	0.000064	0.005	0.028		
526	Eq04Y(max)	0.040392	0.133509	-0.00166	-0.00059	0.00021	0.000147	0.008	0.026		
527	Eq04Y(max)	0.039259	0.133496	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	0.000078	0.007	0.026		
529	Eq04Y(max)	0.027749	0.1209	-0.00025	-0.0001	0.00028	0.000074	-0.005	0.013		
21850	Eq04Y(max)	0.022643	0.075477	0	0	0	0.000141				
21851	Eq04Y(max)	0.032273	0.107577	0	0	0	0.000063				
1	Eq05Y(max)	0.096252	0.317224	-0.00046	0.000067	0.000203	0.000285	0.047	0.155	0.076	0.161
515	Eq05Y(max)	0.114428	0.24188	-0.00226	-0.00075	-0.00019	0.000194	0.076	0.114		
519	Eq05Y(max)	0.101971	0.230792	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	0.000145	0.064	0.103		
520	Eq05Y(max)	0.101938	0.24189	-0.00082	0.000105	0.000007	0.000064	0.064	0.114		
523	Eq05Y(max)	0.040623	0.218398	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	0.000088	0.002	0.090		
526	Eq05Y(max)	0.099934	0.323731	-0.00166	-0.00059	0.00021	0.000168	0.051	0.161		
527	Eq05Y(max)	0.108227	0.323717	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	0.00009	0.059	0.161		
529	Eq05Y(max)	0.041086	0.307733	-0.00025	-0.0001	0.00028	0.000101	-0.008	0.145		
21850	Eq05Y(max)	0.03842	0.128065	0	0	0	0.000193				
21851	Eq05Y(max)	0.048754	0.162513	0	0	0	0.000095				



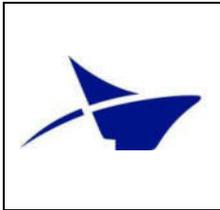
Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto
Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001

Pag. 122 di 346

Relazione di calcolo delle strutture a mare

Deformazioni sismiche accelerogrammi

Node	Load	DX (m)	DY (m)	DZ (m)	RX ((rad))	RY ((rad))	RZ ((rad))	Relativo		0.208 Massimi Relativi		0.197	
								Dx	Dy	Dx	Dy	Dx	Dy
1	Eq06Y(max)	0.088223	0.291417	-0.00046	0.000067	0.000203	0.000267	0.038	0.124	0.070	0.127		
515	Eq06Y(max)	0.105939	0.227335	-0.00226	-0.00075	-0.00019	0.000214	0.070	0.108				
519	Eq06Y(max)	0.094023	0.219859	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	0.000159	0.058	0.101				
520	Eq06Y(max)	0.093995	0.227373	-0.00082	0.000105	0.000007	0.000073	0.058	0.108				
523	Eq06Y(max)	0.049232	0.211585	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	0.000096	0.014	0.092				
526	Eq06Y(max)	0.093249	0.294008	-0.00166	-0.00059	0.00021	0.000102	0.043	0.127				
527	Eq06Y(max)	0.098622	0.293983	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	0.000055	0.048	0.127				
529	Eq06Y(max)	0.049399	0.282041	-0.00025	-0.0001	0.00028	0.000113	-0.001	0.115				
21850	Eq06Y(max)	0.035728	0.119094	0	0	0	0.000213						
21851	Eq06Y(max)	0.050123	0.167078	0	0	0	0.000146						
1	Eq07Y(max)	0.070363	0.235339	-0.00046	0.000067	0.000203	0.000307	0.020	0.069	0.042	0.122		
515	Eq07Y(max)	0.081079	0.194827	-0.00226	-0.00075	-0.00019	0.000207	0.042	0.065				
519	Eq07Y(max)	0.074503	0.189125	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	0.000154	0.036	0.059				
520	Eq07Y(max)	0.074508	0.19485	-0.00082	0.000105	0.000007	0.00007	0.036	0.065				
523	Eq07Y(max)	0.042689	0.182757	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	0.000093	0.004	0.053				
526	Eq07Y(max)	0.080975	0.288404	-0.00166	-0.00059	0.00021	0.00012	0.031	0.122				
527	Eq07Y(max)	0.070629	0.288389	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	0.000064	0.021	0.122				
529	Eq07Y(max)	0.042642	0.229732	-0.00025	-0.0001	0.00028	0.000109	-0.007	0.063				
21850	Eq07Y(max)	0.038898	0.129661	0	0	0	0.000206						
21851	Eq07Y(max)	0.049945	0.166482	0	0	0	0.000093						
1	Eq01X(max)	0.31103	0.102336	-0.00046	0.000067	0.000203	0.000041	0.142	0.052	0.193	0.061		
515	Eq01X(max)	0.316447	0.07851	-0.00226	-0.00075	-0.00019	0.000028	0.193	0.042				
519	Eq01X(max)	0.312465	0.075014	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	0.000021	0.189	0.038				
520	Eq01X(max)	0.312504	0.078496	-0.00082	0.000105	0.000007	0.00001	0.189	0.042				
523	Eq01X(max)	0.293014	0.071038	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	0.000013	0.170	0.034				
526	Eq01X(max)	0.314254	0.111547	-0.00166	-0.00059	0.00021	0.000012	0.145	0.061				
527	Eq01X(max)	0.31336	0.111562	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	0.000007	0.144	0.061				
529	Eq01X(max)	0.293651	0.099177	-0.00025	-0.0001	0.00028	0.000015	0.124	0.048				
21850	Eq01X(max)	0.123185	0.036956	0	0	0	0.000028						
21851	Eq01X(max)	0.169159	0.050748	0	0	0	0.000018						
1	Eq02X(max)	0.260047	0.083799	-0.00046	0.000067	0.000203	0.000087	0.064	0.025	0.119	0.032		
515	Eq02X(max)	0.263748	0.067914	-0.00226	-0.00075	-0.00019	0.000064	0.119	0.025				
519	Eq02X(max)	0.261111	0.065567	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	0.000047	0.117	0.022				
520	Eq02X(max)	0.261139	0.067902	-0.00082	0.000105	0.000007	0.000023	0.117	0.025				
523	Eq02X(max)	0.248086	0.062828	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	0.000029	0.104	0.019				
526	Eq02X(max)	0.26198	0.090854	-0.00166	-0.00059	0.00021	0.000015	0.066	0.032				
527	Eq02X(max)	0.261267	0.090872	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	0.000008	0.065	0.032				
529	Eq02X(max)	0.248596	0.081747	-0.00025	-0.0001	0.00028	0.000034	0.053	0.023				
21850	Eq02X(max)	0.144483	0.043345	0	0	0	0.000063						
21851	Eq02X(max)	0.196057	0.058817	0	0	0	0.00004						
1	Eq03X(max)	0.168507	0.053859	-0.00046	0.000067	0.000203	0.000046	0.063	0.022	0.090	0.024		
515	Eq03X(max)	0.17052	0.044614	-0.00226	-0.00075	-0.00019	0.000033	0.090	0.021				
519	Eq03X(max)	0.168969	0.043253	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	0.000025	0.089	0.019				
520	Eq03X(max)	0.168987	0.044607	-0.00082	0.000105	0.000007	0.000012	0.089	0.021				
523	Eq03X(max)	0.161389	0.041697	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	0.000015	0.081	0.018				
526	Eq03X(max)	0.169443	0.055128	-0.00166	-0.00059	0.00021	0.000008	0.064	0.023				
527	Eq03X(max)	0.169724	0.055137	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	0.000004	0.064	0.024				
529	Eq03X(max)	0.161679	0.052637	-0.00025	-0.0001	0.00028	0.000018	0.056	0.021				
21850	Eq03X(max)	0.080151	0.024045	0	0	0	0.000033						
21851	Eq03X(max)	0.105435	0.03163	0	0	0	0.00002						
1	Eq04X(max)	0.119717	0.038643	-0.00046	0.000067	0.000203	0.000059	0.012	0.006	0.046	0.010		
515	Eq04X(max)	0.121666	0.030372	-0.00226	-0.00075	-0.00019	0.000042	0.046	0.008				
519	Eq04X(max)	0.120274	0.029235	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	0.000031	0.045	0.007				
520	Eq04X(max)	0.12029	0.030366	-0.00082	0.000105	0.000007	0.000015	0.045	0.008				
523	Eq04X(max)	0.113486	0.027902	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	0.000019	0.038	0.005				
526	Eq04X(max)	0.120757	0.042518	-0.00166	-0.00059	0.00021	0.000013	0.013	0.010				
527	Eq04X(max)	0.120408	0.042527	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	0.000007	0.013	0.010				
529	Eq04X(max)	0.113749	0.037523	-0.00025	-0.0001	0.00028	0.000022	0.006	0.005				
21850	Eq04X(max)	0.075477	0.022643	0	0	0	0.000042						
21851	Eq04X(max)	0.107577	0.032273	0	0	0	0.000023						
1	Eq05X(max)	0.283571	0.094035	-0.00046	0.000067	0.000203	0.000071	0.121	0.045	0.160	0.049		
515	Eq05X(max)	0.28821	0.073107	-0.00226	-0.00075	-0.00019	0.000055	0.160	0.035				
519	Eq05X(max)	0.284705	0.070036	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	0.000041	0.157	0.032				
520	Eq05X(max)	0.284738	0.073095	-0.00082	0.000105	0.000007	0.000019	0.157	0.035				
523	Eq05X(max)	0.267624	0.06657	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	0.000025	0.140	0.028				
526	Eq05X(max)	0.285916	0.098035	-0.00166	-0.00059	0.00021	0.000012	0.123	0.049				
527	Eq05X(max)	0.286304	0.098047	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	0.000006	0.124	0.049				
529	Eq05X(max)	0.268131	0.091243	-0.00025	-0.0001	0.00028	0.000029	0.106	0.042				
21850	Eq05X(max)	0.128065	0.03842	0	0	0	0.000055						
21851	Eq05X(max)	0.162513	0.048754	0	0	0	0.000035						



Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto
Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001

Relazione di calcolo delle strutture a mare

Deformazioni sismiche accelerogrammi

Node	Load	DX (m)	DY (m)	DZ (m)	RX ((rad))	RY ((rad))	RZ ((rad))	Relativo Dx	Dy	0.208 0.197 Massimi Relativi	
										Dx	Dy
1	Eq06X(max)	0.259677	0.085677	-0.00046	0.000067	0.000203	0.000085	0.093	0.036	0.145	0.040
515	Eq06X(max)	0.263877	0.067535	-0.00226	-0.00075	-0.00019	0.000065	0.145	0.032		
519	Eq06X(max)	0.260851	0.064878	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	0.000049	0.142	0.029		
520	Eq06X(max)	0.260879	0.067522	-0.00082	0.000105	0.000007	0.000023	0.142	0.032		
523	Eq06X(max)	0.24593	0.061798	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	0.000029	0.127	0.026		
526	Eq06X(max)	0.261519	0.09039	-0.00166	-0.00059	0.00021	0.000012	0.094	0.040		
527	Eq06X(max)	0.261505	0.090409	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	0.000007	0.094	0.040		
529	Eq06X(max)	0.246465	0.083318	-0.00025	-0.0001	0.00028	0.000034	0.079	0.033		
21850	Eq06X(max)	0.119094	0.035728	0	0	0	0.000065				
21851	Eq06X(max)	0.167078	0.050123	0	0	0	0.000042				
1	Eq07X(max)	0.140868	0.069496	-0.00046	0.000067	0.000203	0.000268	-0.026	0.020	0.155	0.042
515	Eq07X(max)	0.155126	0.010737	-0.00226	-0.00075	-0.00019	0.000201	0.155	0.011		
519	Eq07X(max)	0.144074	0.013906	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	0.00015	0.144	0.014		
520	Eq07X(max)	0.144169	0.010742	-0.00082	0.000105	0.000007	0.000072	0.144	0.011		
523	Eq07X(max)	0.091396	0.021687	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	0.000089	0.091	0.022		
526	Eq07X(max)	0.151609	0.091634	-0.00166	-0.00059	0.00021	0.000074	-0.015	0.042		
527	Eq07X(max)	0.14936	0.091625	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	0.00004	-0.017	0.042		
529	Eq07X(max)	0.092477	0.060448	-0.00025	-0.0001	0.00028	0.000107	-0.074	0.011		
21850	Eq07X(max)	0	0	0	0	0	0.0002				
21851	Eq07X(max)	0.166482	0.049945	0	0	0	0.00015				
1	Eq01Y(min)	-0.05297	-0.17095	-0.00046	0.000067	0.000203	-0.00019	-0.005	-0.012	0.027	0.028
515	Eq01Y(min)	-0.06253	-0.14544	-0.00226	-0.00075	-0.00019	-0.00016	-0.027	-0.028		
519	Eq01Y(min)	-0.05517	-0.14227	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	-0.00012	-0.020	-0.025		
520	Eq01Y(min)	-0.05515	-0.14546	-0.00082	0.000105	0.000007	-5.5E-05	-0.020	-0.028		
523	Eq01Y(min)	-0.03887	-0.13891	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	-7.4E-05	-0.004	-0.022		
526	Eq01Y(min)	-0.05346	-0.16341	-0.00166	-0.00059	0.00021	-0.00014	-0.006	-0.005		
527	Eq01Y(min)	-0.06018	-0.16339	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	-7.5E-05	-0.013	-0.005		
529	Eq01Y(min)	-0.0389	-0.16737	-0.00025	-0.0001	0.00028	-8.6E-05	0.009	-0.009		
21850	Eq01Y(min)	-0.03521	-0.11738	0	0	0	-0.00016				
21851	Eq01Y(min)	-0.04755	-0.1585	0	0	0	-0.00013				
1	Eq02Y(min)	-0.07825	-0.20116	-0.00046	0.000067	0.000203	-0.00043	-0.014	-0.043	0.106	0.094
515	Eq02Y(min)	-0.0653	-0.20669	-0.00226	-0.00075	-0.00019	-0.00039	-0.018	-0.048		
519	Eq02Y(min)	-0.07189	-0.21262	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	-0.00029	-0.024	-0.054		
520	Eq02Y(min)	-0.07185	-0.20668	-0.00082	0.000105	0.000007	-0.00013	-0.024	-0.048		
523	Eq02Y(min)	-0.15349	-0.22125	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	-0.00018	-0.106	-0.063		
526	Eq02Y(min)	-0.06939	-0.25182	-0.00166	-0.00059	0.00021	-0.00032	-0.005	-0.094		
527	Eq02Y(min)	-0.07881	-0.2518	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	-0.00017	-0.014	-0.094		
529	Eq02Y(min)	-0.15416	-0.19488	-0.00025	-0.0001	0.00028	-0.00021	-0.090	-0.037		
21850	Eq02Y(min)	-0.0475	-0.15832	0	0	0	-0.00039				
21851	Eq02Y(min)	-0.06451	-0.15808	0	0	0	-0.00034				
1	Eq03Y(min)	-0.07193	-0.23694	-0.00046	0.000067	0.000203	-0.00018	-0.025	-0.079	0.043	0.079
515	Eq03Y(min)	-0.08058	-0.20206	-0.00226	-0.00075	-0.00019	-0.00011	-0.043	-0.077		
519	Eq03Y(min)	-0.07471	-0.197	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	-8.4E-05	-0.037	-0.072		
520	Eq03Y(min)	-0.07468	-0.20208	-0.00082	0.000105	0.000007	-3.7E-05	-0.037	-0.077		
523	Eq03Y(min)	-0.04748	-0.19141	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	-0.00005	-0.010	-0.067		
526	Eq03Y(min)	-0.07383	-0.23382	-0.00166	-0.00059	0.00021	-0.00014	-0.026	-0.076		
527	Eq03Y(min)	-0.0769	-0.2338	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	-7.4E-05	-0.029	-0.076		
529	Eq03Y(min)	-0.0477	-0.23263	-0.00025	-0.0001	0.00028	-5.9E-05	0.000	-0.075		
21850	Eq03Y(min)	-0.03742	-0.12473	0	0	0	-0.00011				
21851	Eq03Y(min)	-0.04743	-0.15808	0	0	0	-5.8E-05				
1	Eq04Y(min)	-0.06582	-0.21365	-0.00046	0.000067	0.000203	-0.00015	-0.041	-0.130	0.059	0.130
515	Eq04Y(min)	-0.07672	-0.17124	-0.00226	-0.00075	-0.00019	-7.9E-05	-0.059	-0.111		
519	Eq04Y(min)	-0.06888	-0.16545	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	-0.00006	-0.051	-0.106		
520	Eq04Y(min)	-0.06886	-0.17126	-0.00082	0.000105	0.000007	-2.6E-05	-0.051	-0.111		
523	Eq04Y(min)	-0.039	-0.15948	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	-3.6E-05	-0.021	-0.100		
526	Eq04Y(min)	-0.06524	-0.19087	-0.00166	-0.00059	0.00021	-0.00012	-0.040	-0.107		
527	Eq04Y(min)	-0.07526	-0.19085	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	-6.4E-05	-0.050	-0.107		
529	Eq04Y(min)	-0.03923	-0.2081	-0.00025	-0.0001	0.00028	-4.2E-05	-0.014	-0.124		
21850	Eq04Y(min)	-0.01795	-0.05983	0	0	0	-7.9E-05				
21851	Eq04Y(min)	-0.02524	-0.08413	0	0	0	-6.1E-05				
1	Eq05Y(min)	-0.09236	-0.30377	-0.00046	0.000067	0.000203	-0.0003	-0.052	-0.171	0.078	0.192
515	Eq05Y(min)	-0.10795	-0.2474	-0.00226	-0.00075	-0.00019	-0.0002	-0.078	-0.147		
519	Eq05Y(min)	-0.09749	-0.24036	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	-0.00015	-0.067	-0.140		
520	Eq05Y(min)	-0.09747	-0.24745	-0.00082	0.000105	0.000007	-6.6E-05	-0.067	-0.147		
523	Eq05Y(min)	-0.05812	-0.2328	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	-8.9E-05	-0.028	-0.132		
526	Eq05Y(min)	-0.09881	-0.32519	-0.00166	-0.00059	0.00021	-0.00018	-0.059	-0.192		
527	Eq05Y(min)	-0.10009	-0.32517	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	-9.7E-05	-0.060	-0.192		
529	Eq05Y(min)	-0.05822	-0.29578	-0.00025	-0.0001	0.00028	-0.0001	-0.018	-0.163		
21850	Eq05Y(min)	-0.03025	-0.10083	0	0	0	-0.0002				
21851	Eq05Y(min)	-0.03992	-0.13308	0	0	0	-0.00013				



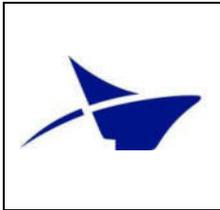
Estensione delle infrastrutture comuni per lo sviluppo del Punto
Franco Nuovo nel porto di Trieste - CUP: C94E21000460001

Pag. 124 di 346

Relazione di calcolo delle strutture a mare

Deformazioni sismiche accelerogrammi

Node	Load	DX (m)	DY (m)	DZ (m)	RX ((rad))	RY ((rad))	RZ ((rad))	Relativo		0.208 0.197 Massimi Relativi	
								Dx	Dy	Dx	Dy
1	Eq06Y(min)	-0.09412	-0.31236	-0.00046	0.000067	0.000203	-0.00026	-0.049	-0.161	0.080	0.191
515	Eq06Y(min)	-0.11423	-0.23205	-0.00226	-0.00075	-0.00019	-0.00019	-0.080	-0.119		
519	Eq06Y(min)	-0.101	-0.22431	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	-0.00014	-0.067	-0.111		
520	Eq06Y(min)	-0.10099	-0.23208	-0.00082	0.000105	0.000007	-6.3E-05	-0.067	-0.119		
523	Eq06Y(min)	-0.05101	-0.21571	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	-8.6E-05	-0.017	-0.103		
526	Eq06Y(min)	-0.10415	-0.34299	-0.00166	-0.00059	0.00021	-0.00018	-0.059	-0.191		
527	Eq06Y(min)	-0.10298	-0.34296	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	-9.9E-05	-0.057	-0.191		
529	Eq06Y(min)	-0.05109	-0.30151	-0.00025	-0.0001	0.00028	-9.9E-05	-0.006	-0.150		
21850	Eq06Y(min)	-0.0339	-0.11299	0	0	0	-0.00019				
21851	Eq06Y(min)	-0.04555	-0.15182	0	0	0	-0.0001				
1	Eq07Y(min)	-0.0984	-0.32338	-0.00046	0.000067	0.000203	-0.00019	-0.046	-0.149	0.080	0.154
515	Eq07Y(min)	-0.11584	-0.25527	-0.00226	-0.00075	-0.00019	-0.00012	-0.080	-0.137		
519	Eq07Y(min)	-0.10404	-0.24603	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	-9.2E-05	-0.069	-0.128		
520	Eq07Y(min)	-0.10402	-0.2553	-0.00082	0.000105	0.000007	-4.1E-05	-0.068	-0.137		
523	Eq07Y(min)	-0.05415	-0.23584	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	-5.5E-05	-0.019	-0.117		
526	Eq07Y(min)	-0.10292	-0.32847	-0.00166	-0.00059	0.00021	-0.00011	-0.051	-0.154		
527	Eq07Y(min)	-0.10886	-0.32845	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	-5.8E-05	-0.057	-0.154		
529	Eq07Y(min)	-0.05434	-0.31432	-0.00025	-0.0001	0.00028	-6.5E-05	-0.002	-0.140		
21850	Eq07Y(min)	-0.03553	-0.11845	0	0	0	-0.00012				
21851	Eq07Y(min)	-0.05229	-0.17428	0	0	0	-0.00011				
1	Eq01X(min)	-0.16169	-0.0518	-0.00046	0.000067	0.000203	-8.3E-05	-0.003	-0.004	0.047	0.007
515	Eq01X(min)	-0.16403	-0.04175	-0.00226	-0.00075	-0.00019	-6.3E-05	-0.047	-0.007		
519	Eq01X(min)	-0.16236	-0.04025	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	-4.7E-05	-0.045	-0.005		
520	Eq01X(min)	-0.16238	-0.04174	-0.00082	0.000105	0.000007	-2.2E-05	-0.045	-0.007		
523	Eq01X(min)	-0.15408	-0.03857	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	-2.8E-05	-0.037	-0.003		
526	Eq01X(min)	-0.16256	-0.05448	-0.00166	-0.00059	0.00021	-1.1E-05	-0.004	-0.007		
527	Eq01X(min)	-0.16257	-0.05449	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	-6E-06	-0.004	-0.007		
529	Eq01X(min)	-0.15443	-0.05054	-0.00025	-0.0001	0.00028	-3.3E-05	0.004	-0.003		
21850	Eq01X(min)	-0.11738	-0.03521	0	0	0	-6.2E-05				
21851	Eq01X(min)	-0.1585	-0.04755	0	0	0	-4.1E-05				
1	Eq02X(min)	-0.29913	-0.09946	-0.00046	0.000067	0.000203	-5.7E-05	-0.084	-0.035	0.146	0.042
515	Eq02X(min)	-0.30452	-0.0753	-0.00226	-0.00075	-0.00019	-4.2E-05	-0.146	-0.028		
519	Eq02X(min)	-0.30047	-0.07175	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	-3.2E-05	-0.142	-0.024		
520	Eq02X(min)	-0.3005	-0.07528	-0.00082	0.000105	0.000007	-1.5E-05	-0.142	-0.028		
523	Eq02X(min)	-0.28076	-0.06776	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	-0.00002	-0.122	-0.020		
526	Eq02X(min)	-0.30225	-0.10666	-0.00166	-0.00059	0.00021	-1.4E-05	-0.087	-0.042		
527	Eq02X(min)	-0.30191	-0.10668	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	-7E-06	-0.087	-0.042		
529	Eq02X(min)	-0.28138	-0.09624	-0.00025	-0.0001	0.00028	-2.2E-05	-0.066	-0.032		
21850	Eq02X(min)	-0.15832	-0.0475	0	0	0	-4.2E-05				
21851	Eq02X(min)	-0.21502	-0.06451	0	0	0	-0.00003				
1	Eq03X(min)	-0.22268	-0.07178	-0.00046	0.000067	0.000203	-4.5E-05	-0.065	-0.024	0.101	0.027
515	Eq03X(min)	-0.22546	-0.05917	-0.00226	-0.00075	-0.00019	-2.8E-05	-0.101	-0.022		
519	Eq03X(min)	-0.22335	-0.05731	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	-2.1E-05	-0.099	-0.020		
520	Eq03X(min)	-0.22337	-0.05916	-0.00082	0.000105	0.000007	-0.00001	-0.099	-0.022		
523	Eq03X(min)	-0.21305	-0.0552	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	-1.3E-05	-0.088	-0.018		
526	Eq03X(min)	-0.22408	-0.07421	-0.00166	-0.00059	0.00021	-1.2E-05	-0.066	-0.027		
527	Eq03X(min)	-0.22428	-0.07422	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	-6E-06	-0.066	-0.027		
529	Eq03X(min)	-0.21341	-0.0701	-0.00025	-0.0001	0.00028	-1.5E-05	-0.055	-0.023		
21850	Eq03X(min)	-0.12473	-0.03742	0	0	0	-2.8E-05				
21851	Eq03X(min)	-0.15808	-0.04743	0	0	0	-1.6E-05				
1	Eq04X(min)	-0.19585	-0.06427	-0.00046	0.000067	0.000203	-0.00004	-0.112	-0.039	0.139	0.042
515	Eq04X(min)	-0.19931	-0.04925	-0.00226	-0.00075	-0.00019	-2.7E-05	-0.139	-0.031		
519	Eq04X(min)	-0.19682	-0.04704	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	-0.00002	-0.137	-0.029		
520	Eq04X(min)	-0.19684	-0.04924	-0.00082	0.000105	0.000007	-0.00001	-0.137	-0.031		
523	Eq04X(min)	-0.18452	-0.0445	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	-1.2E-05	-0.125	-0.027		
526	Eq04X(min)	-0.19714	-0.06676	-0.00166	-0.00059	0.00021	-0.00001	-0.113	-0.042		
527	Eq04X(min)	-0.19746	-0.06678	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	-6E-06	-0.113	-0.042		
529	Eq04X(min)	-0.18495	-0.06234	-0.00025	-0.0001	0.00028	-1.4E-05	-0.101	-0.037		
21850	Eq04X(min)	-0.05983	-0.01795	0	0	0	-2.6E-05				
21851	Eq04X(min)	-0.08413	-0.02524	0	0	0	-1.9E-05				
1	Eq05X(min)	-0.28243	-0.09268	-0.00046	0.000067	0.000203	-7.8E-05	-0.149	-0.053	0.186	0.060
515	Eq05X(min)	-0.28714	-0.07204	-0.00226	-0.00075	-0.00019	-5.5E-05	-0.186	-0.042		
519	Eq05X(min)	-0.2837	-0.06902	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	-4.1E-05	-0.183	-0.039		
520	Eq05X(min)	-0.28374	-0.07203	-0.00082	0.000105	0.000007	-0.00002	-0.183	-0.042		
523	Eq05X(min)	-0.26686	-0.06553	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	-2.5E-05	-0.166	-0.035		
526	Eq05X(min)	-0.28502	-0.10038	-0.00166	-0.00059	0.00021	-1.6E-05	-0.152	-0.060		
527	Eq05X(min)	-0.28426	-0.1004	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	-9E-06	-0.151	-0.060		
529	Eq05X(min)	-0.26748	-0.08998	-0.00025	-0.0001	0.00028	-2.9E-05	-0.134	-0.050		
21850	Eq05X(min)	-0.10083	-0.03025	0	0	0	-5.5E-05				
21851	Eq05X(min)	-0.13308	-0.03992	0	0	0	-3.4E-05				

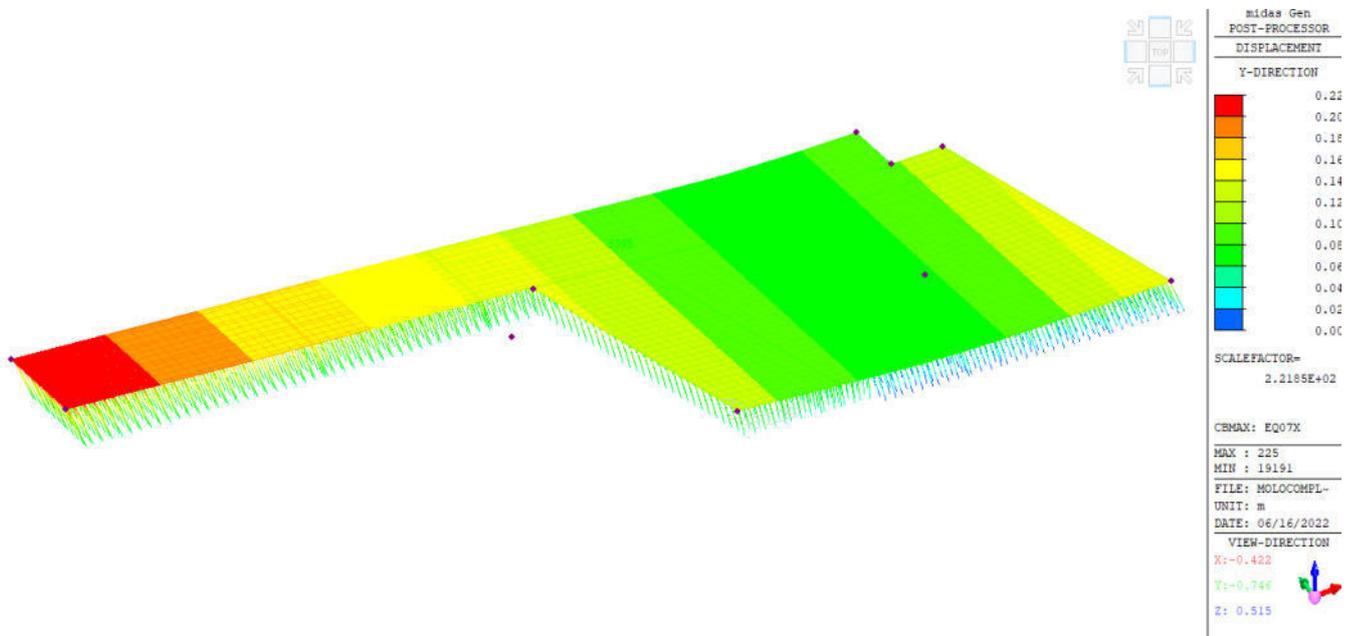


Deformazioni sismiche accelerogrammi

Node	Load	DX (m)	DY (m)	DZ (m)	RX ([rad])	RY ([rad])	RZ ([rad])	Relativo		Massimi Relativi	
								Dx	Dy	Dx	Dy
1	Eq06X(min)	-0.27949	-0.09433	-0.00046	0.000067	0.000203	-6.5E-05	-0.128	-0.049	0.172	0.057
515	Eq06X(min)	-0.28511	-0.06961	-0.00226	-0.00075	-0.00019	-4.9E-05	-0.172	-0.036		
519	Eq06X(min)	-0.28098	-0.06598	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	-3.7E-05	-0.168	-0.032		
520	Eq06X(min)	-0.28102	-0.06959	-0.00082	0.000105	0.000007	-1.7E-05	-0.168	-0.036		
523	Eq06X(min)	-0.26082	-0.06187	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	-2.2E-05	-0.148	-0.028		
526	Eq06X(min)	-0.28276	-0.10292	-0.00166	-0.00059	0.00021	-1.2E-05	-0.131	-0.057		
527	Eq06X(min)	-0.28197	-0.10293	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	-6E-06	-0.130	-0.057		
529	Eq06X(min)	-0.26144	-0.09107	-0.00025	-0.0001	0.00028	-2.6E-05	-0.110	-0.046		
21850	Eq06X(min)	-0.11299	-0.0339	0	0	0	-4.9E-05				
21851	Eq06X(min)	-0.15182	-0.04555	0	0	0	-0.00003				
1	Eq07X(min)	-0.18994	-0.08549	-0.00046	0.000067	0.000203	-0.00025	-0.016	-0.033	0.208	0.079
515	Eq07X(min)	-0.20771	-0.00861	-0.00226	-0.00075	-0.00019	-0.00017	-0.208	-0.009		
519	Eq07X(min)	-0.1948	-0.00989	-0.00049	-6.4E-05	-7.3E-05	-0.00013	-0.195	-0.010		
520	Eq07X(min)	-0.19489	-0.00859	-0.00082	0.000105	0.000007	-6.2E-05	-0.195	-0.009		
523	Eq07X(min)	-0.13258	-0.01613	-0.00045	0.000081	-4.3E-05	-7.5E-05	-0.133	-0.016		
526	Eq07X(min)	-0.20463	-0.13098	-0.00166	-0.00059	0.00021	-4.4E-05	-0.030	-0.079		
527	Eq07X(min)	-0.19725	-0.13098	-0.00024	-4.9E-05	0.000024	-2.4E-05	-0.023	-0.079		
529	Eq07X(min)	-0.13351	-0.07475	-0.00025	-0.0001	0.00028	-9.1E-05	0.041	-0.022		
21850	Eq07X(min)	0	0	0	0	0	-0.00017				
21851	Eq07X(min)	-0.17428	-0.05229	0	0	0	-0.00011				

I nodi fanno riferimento agli spigoli del molo e ai punti di applicazione degli accelerogrammi.

Si riporta a titolo esemplificativo uno spostamento per una condizione sismica.



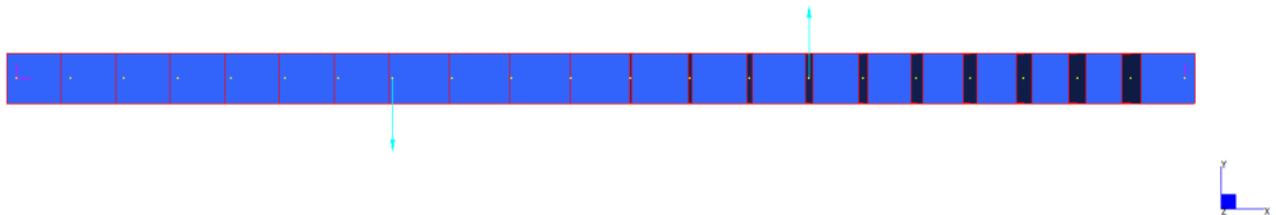
6.5.1.3.6 Considerazione generali

Dall'entità degli spostamenti si determinano la necessità di un giunto di dilatazione tra fase 1 e fase 2 della quay area pari a +/-200mm (solo longitudinale), dato dalla somma del ritiro, deformazione termica negativa e tiro delle bitte.

Tutto i restanti lati a contatto con altri elementi devono prevedere dei giunti/varchi che permettano scorrimenti minimi dell'ordine dei +/-230mm.

6.5.2 Trave REP

In corrispondenza degli scarichi del frangivento, si posizionano delle travi REP. Il dimensionamento avviene considerando due schemi di vincolo: uno in semplice appoggio e l'altro incastro alle estremità. I carichi applicati corrispondono allo scarico verticale di trazione e compressione e vengono riportati di seguito:



Lo sforzo normale considerate è pari a 711kN. Si considera inoltre un carico uniformemente distribuito di 9kN/m. Si riportan odi seguito le sollecitazioni per ciascuno degli schemi di vincolo.

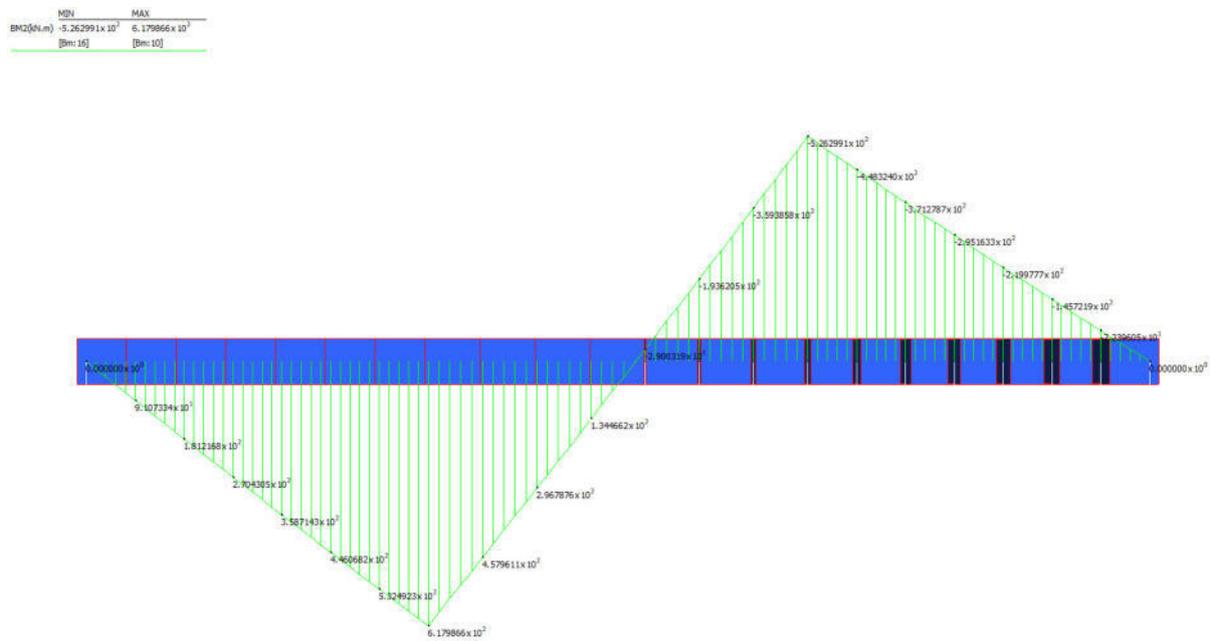


Figura 6-47: Momento flettente SLU - Semplice appoggio

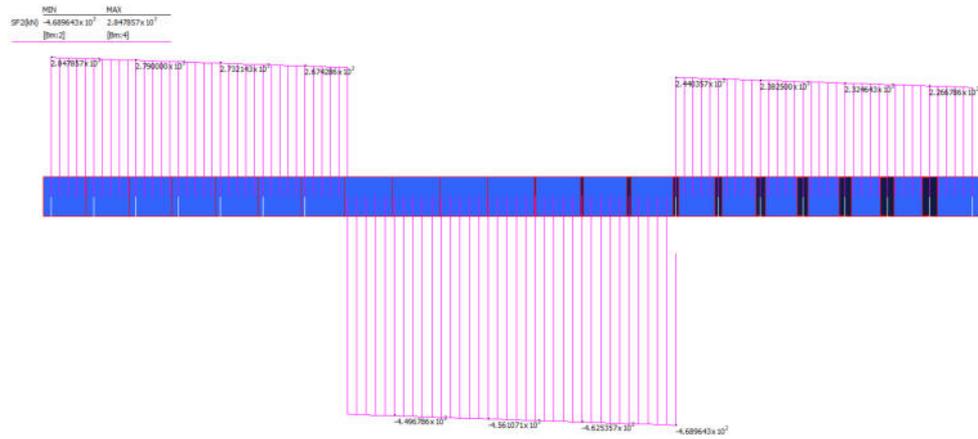


Figura 6-48: Taglio SLU - Semplice appoggio

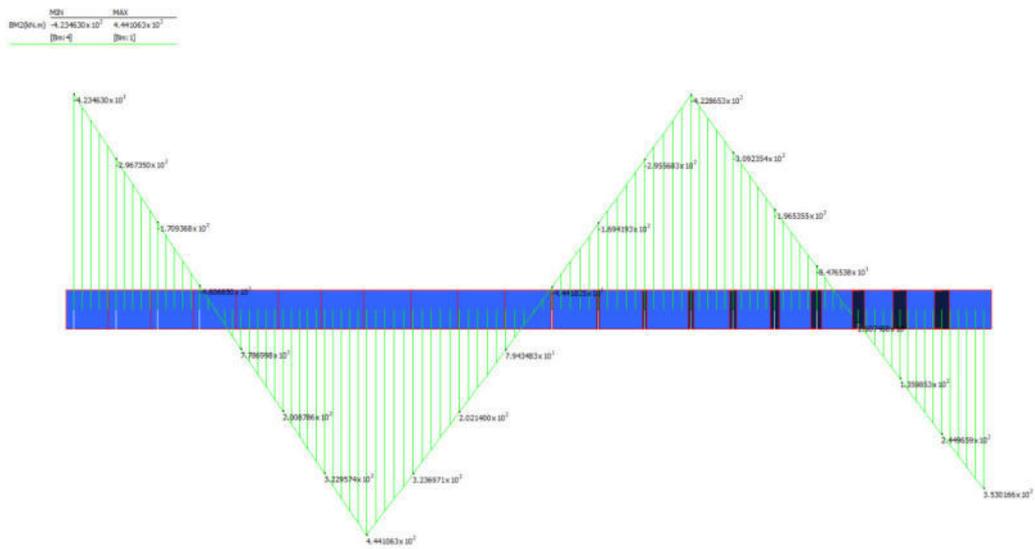


Figura 6-49: Momento flettente SLU - Incastro alle estremità

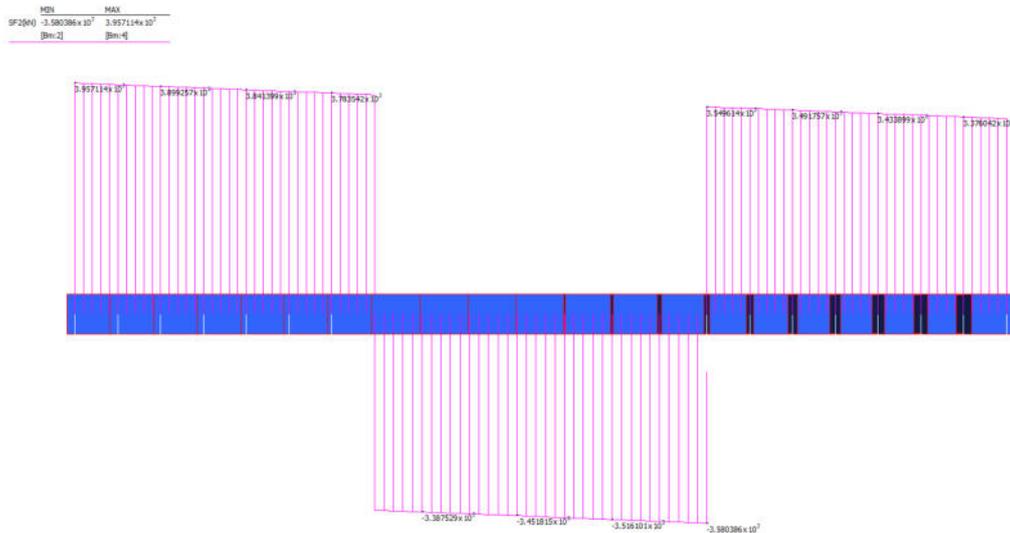


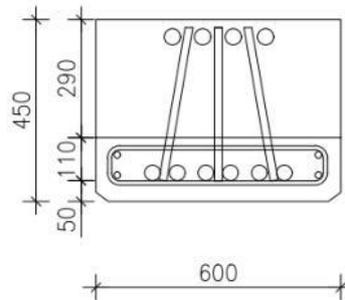
Figura 6-50: Taglio SLU – Incastro alle estremità

Le sollecitazioni di verifica sono riassunte di seguito.

Momento negativo	massimo	618kNm
Momento positivo	massimo	- 526.3kNm
Taglio		468.9kN



Si considera una sezione con la seguente geometria:



Le verifiche vengono condotte mediante l'utilizzo del programma VCA-SLU.

Titolo :

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	60	45	1	48.23	40
			2	50.24	8

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd} kNm

P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipologia rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali:
B450C **C35/45**
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 19.83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 13.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{c1} 2.257

M_{xRd} kNm
 σ_c -19.83 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 9.696 ‰
d 40 cm
x 10.61 x/d 0.2652
 δ 0.7716

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

N° rett.
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ cm Col. modello
M-curvatura
 Precompresso

Figura 6-51: Verifica a momento positivo



TITOLO : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	60	45	1	48.23	40
			2	50.24	8

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} 0 kNm
 M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali
B450C **C35/45**
 ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 19.83 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 13.5 ‰
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{cl} 2.257

M_{xRd} -642.2 kNm
 σ_c -19.83 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ε_c 3.5 ‰
 ε_s 13.09 ‰
 d 37 cm
 x 7.806 x/d 0.211
 δ 0.7037

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Metodo di calcolo
 S.L.U. + S.L.U. -
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviate

N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello
 M-curvatura
 Precompresso

Figura 6-52: Verifica a momento negativo

La verifica risulta essere soddisfatta disponendo 6Φ32 inferiori e 4Φ40 superiori.

La verifica a taglio viene riportata di seguito.

VERIFICA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE IN C.A. SECONDO NTC 2018			
Caratteristiche materiali		Geometria	Armatura longitudinale tesa
Acciaio B450C		d = 400 mm	As = 3693 mm²
Calcestruzzo		bw = 600 mm	Parametri
f _{yk} = 450 MPa	f _{ck} = 37.35 MPa	Ac = 240000 mm²	k = 1.707
f _{tk} = 540 MPa	R _{ck} = 45.00 MPa	v _{min} = 0.48	
E _s = 210000 MPa	f _{cm} = 45.35 MPa	ρ _l = 0.015	
Resistenze di calcolo		σ _{cp} = 0	
f _{cd} = 21.17 MPa	f _{ctk} (0,05) = 2.35 MPa	v = 0.5	
f _{ctd} (0,05) = 1.56 MPa	f _{ctk} (0,95) = 4.36 MPa	w _{sw} = 0.0484	
f _{ctd} (0,95) = 2.91 MPa	E _{cm} = 34625 MPa	cotg θ = 3.05 rott. armatura	
f _{yd} = 391 MPa	f _{ctm} = 4.02 MPa	cotg θ = 2.5	
Coefficienti		Asw = 157 mm²	dc = 1
γ _s = 1.15	γ _c = 1.5	Verifica senza armatura a taglio	
	α _{cc} = 0.85	VR _s = 553 kN	
		VR _{cd} = 788 kN	
		VR _d = 553 kN	

Le verifiche risultano essere soddisfatte.

6.5.3 Solaio PAC

L'impalcato del molo viene realizzato mediante solai in lastre PAC, di lunchezza di circa 10m. Tale solaio è realizzato in due fasi, una prima che prevede la realizzazione della lastra, mediante precompressione di trefoil e la seconda in cui viene gettata la soletta di completamento.

Per tenere conto di queste fasi si realizza un modello apposite che tenga conto delle fasi realizzative e della storia di carico degli elementi.

Per il solaio PAC si considerano, oltre ai pesi propri, agenti il sovraccarico del sottofondo (12kN/mq) e il peso dei container stoccati (60kN/mq). Le fasi sono così suddivise:



- 1) Fase 0: Applicazione della pretension
- 2) Fase 1: applicazione dei carichi dovuti ai pesi propri (lastra+getto soletta di completamento)
- 3) Fase 2: schema continuo in seguito a maturazione del getto
- 4) Fase 3: applicazione sovraccarico sottofondo e effetti a lungo termine
- 5) Fase 4: applicazione peso container (carico istantaneo)

Si riportano di seguito le sollecitazioni ottenute per ciascuna fase.

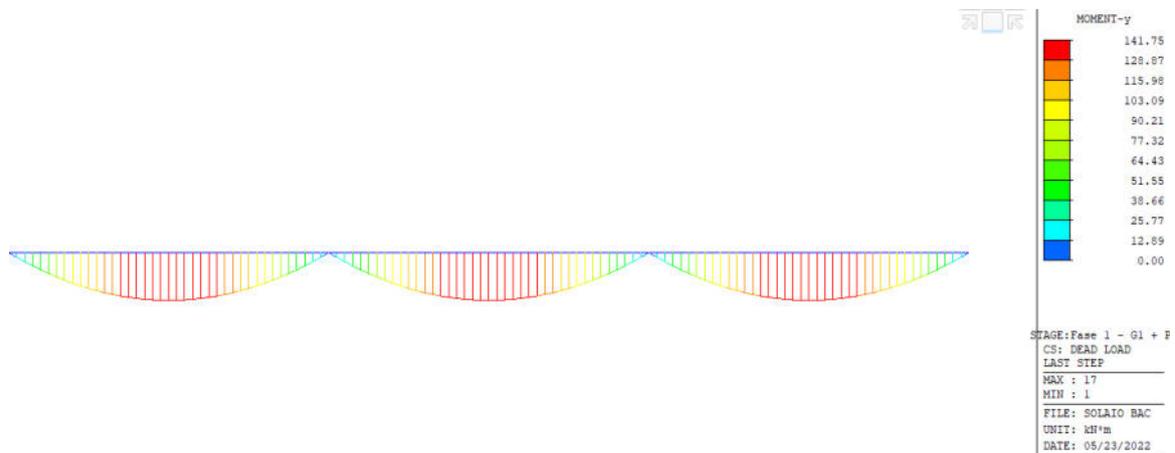


Figura 6-53: Momento flettente - Fase 1 - Pesi propri lastra

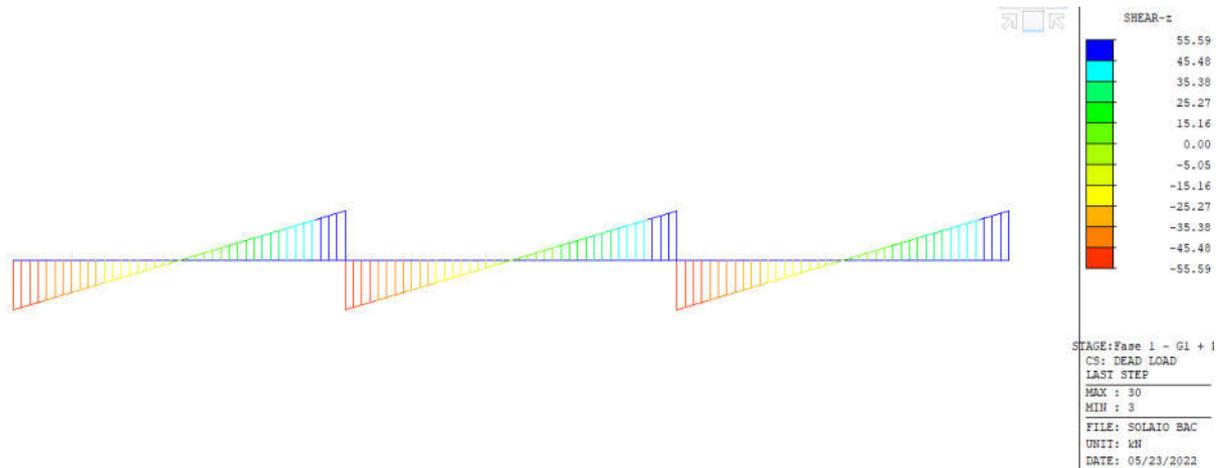


Figura 6-54: Taglio - Fase 1 - Pesi propri lastra

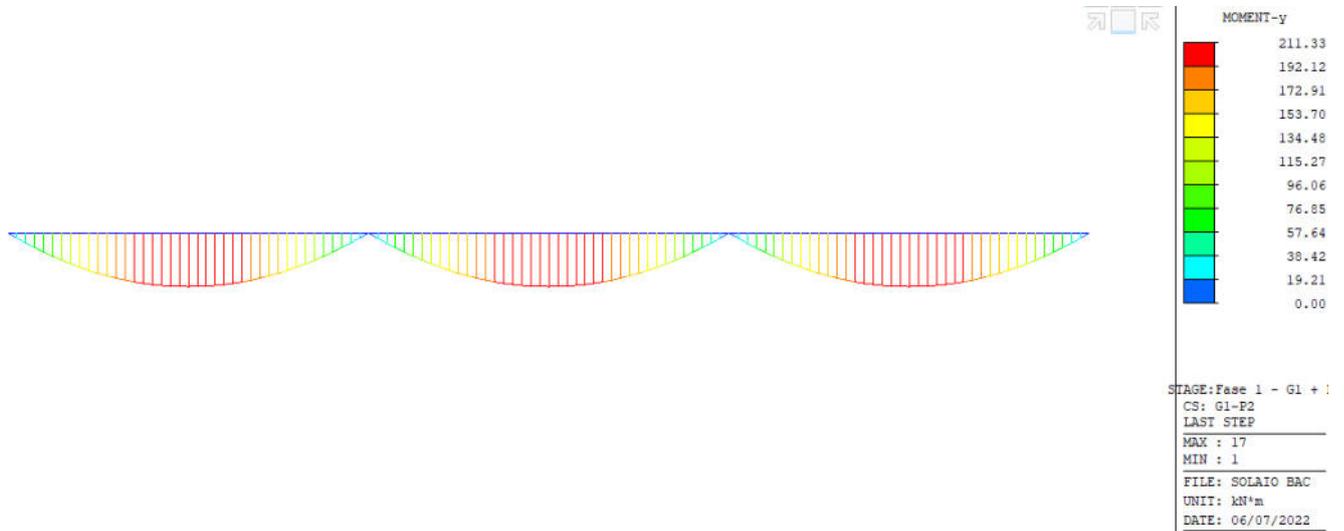


Figura 6-55: Momento flettente - Fase 1 - Pesi propri getto soletta

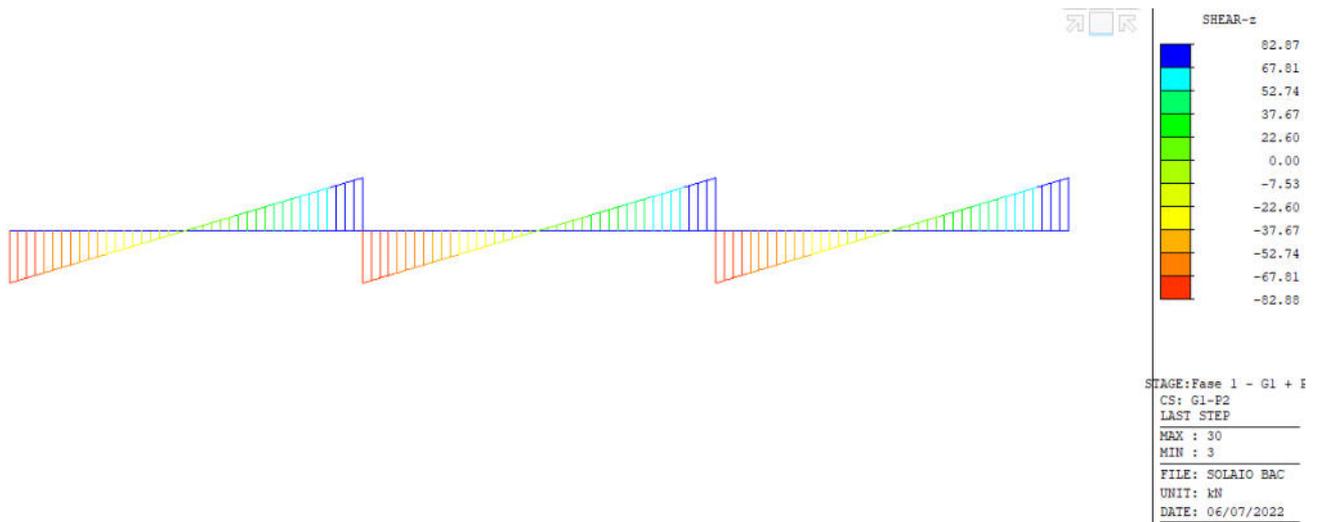


Figura 6-56: Taglio - Fase 1 - Pesi propri getto soletta

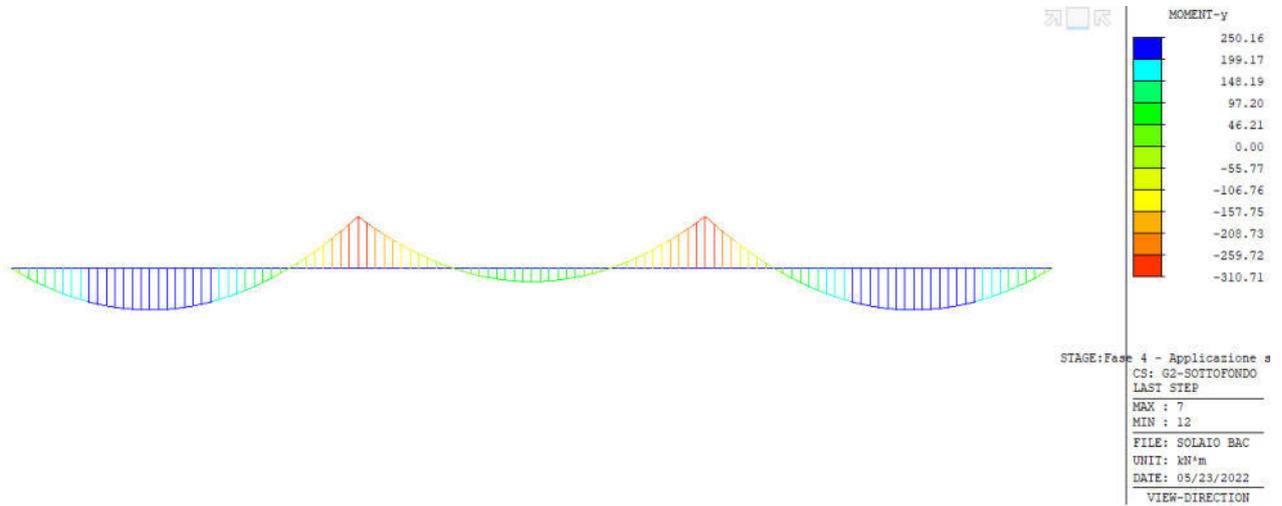


Figura 6-57: Momento flettente - Fase 3 – Applicazione sottofondo

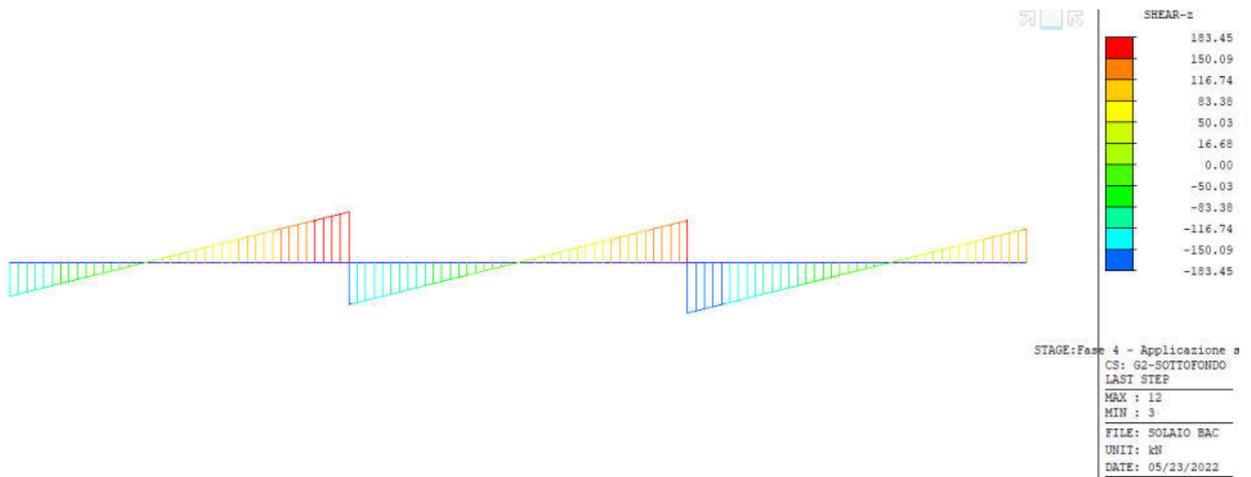


Figura 6-58: Taglio - Fase 3 – Applicazione sottofondo

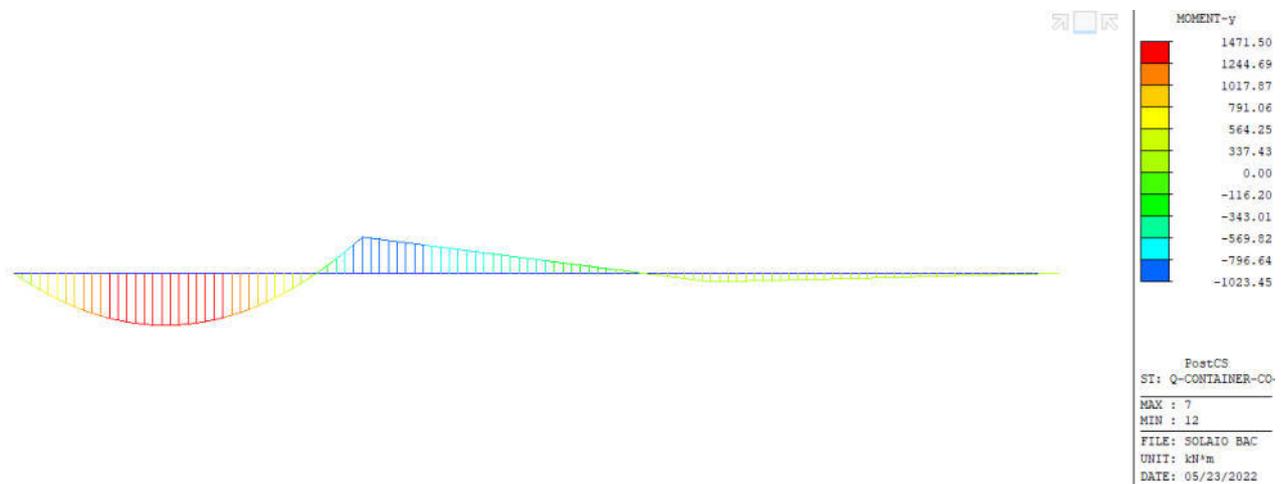


Figura 6-59: Momento flettente - Fase 4 – Applicazione container – Configurazione 1

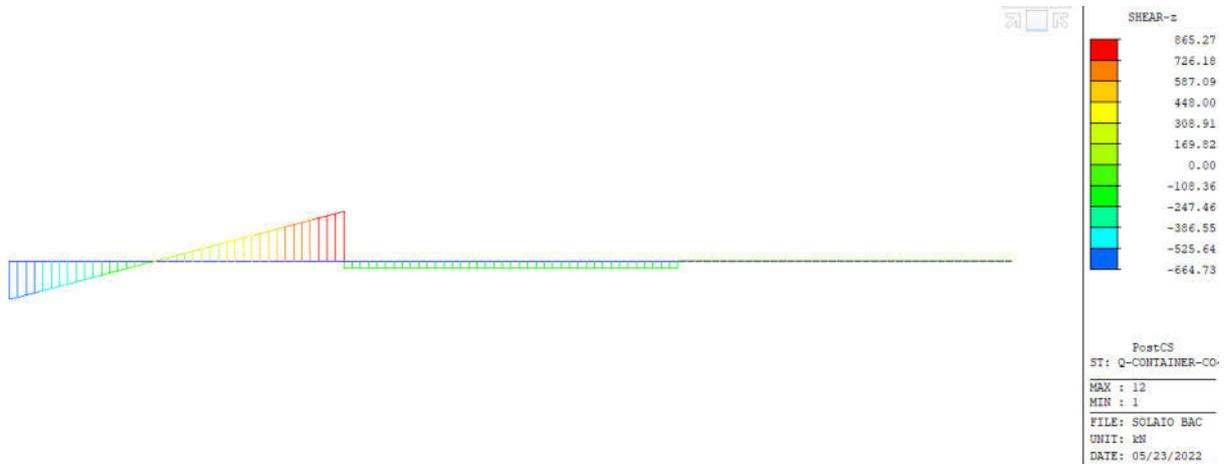


Figura 6-60: Taglio - Fase 4 - Applicazione container - Configurazione 1

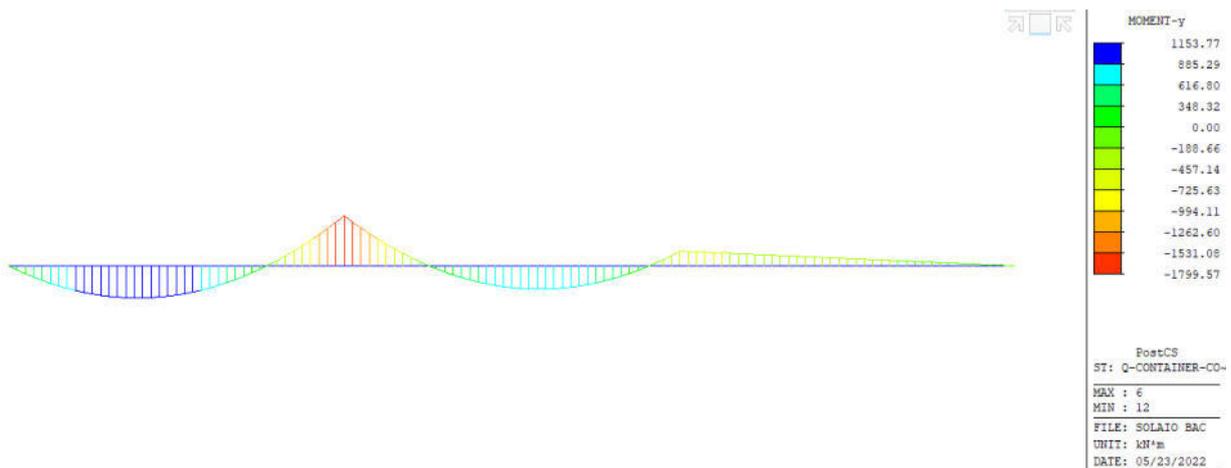


Figura 6-61: Momento flettente - Fase 4 - Applicazione container - Configurazione 2

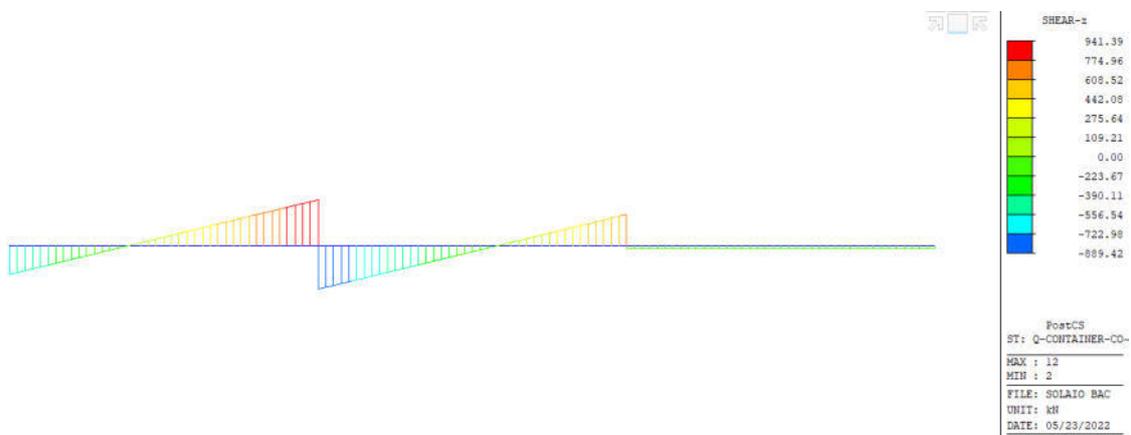
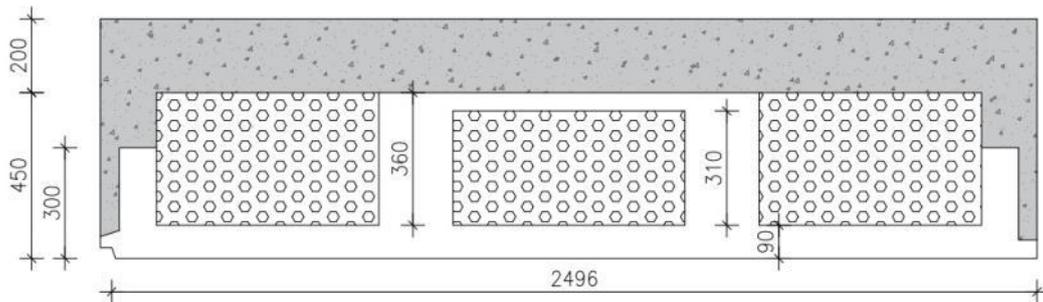


Figura 6-62: Taglio - Fase 4 - Applicazione container - Configurazione 2

Per i container si considerano due configurazioni: la prima che carica solo la prima campata per ottenere il massimo momento positivo; la seconda che carica le prime due campate per avere il

massimo momento negativo. Le veritiche in campata si eseguono considerando lo stato tensionale che si sviluppa in questa sezione, applicando i diversi effetti.

Si considera una sezione con la seguente geometria:



Caratteristiche sezione in fase 1	Caratteristiche sezione in fase 2
<p>Caratteristiche statiche sezione solo calcestruzzo</p> <p>Area = 4 355 cm²</p> <p>Ascissa baricentro xG = 5.499E-03 cm (xMax-xG = 121.3)</p> <p>Ordinata baricentro yG = 16.11 cm (yMax-yG = 28.89)</p> <p>Momenti d'inerzia baricentrici</p> <p>JxG = 873 808 cm⁴</p> <p>JyG = 18 977 468 cm⁴</p> <p>JxyG = 2.341E-10 cm⁴</p> <p>Momenti principali d'inerzia baricentrici</p> <p>J-IIG = 18 977 468 cm⁴</p> <p>J-IIIG = 873 808 cm⁴</p> <p>angolo = -90 deg</p> <p>Sezione omogeneizzata interamente reagente</p> <p>Area = 5 129 cm²</p> <p>Ascissa baricentro xG = 4.669E-03 cm (xMax-xG = 121.3)</p> <p>Ordinata baricentro yG = 15.01 cm (yMax-yG = 29.99)</p> <p>Momenti d'inerzia baricentrici</p> <p>JxG = 917 315 cm⁴</p> <p>JyG = 18 977 468 cm⁴</p> <p>JxyG = 26.48 cm⁴</p> <p>Momenti principali d'inerzia baricentrici</p> <p>J-IIG = 18 977 468 cm⁴</p> <p>J-IIIG = 917 315 cm⁴</p> <p>angolo = -90.00 deg</p>	<p>Caratteristiche statiche sezione solo calcestruzzo</p> <p>Area = 9 505 cm²</p> <p>Ascissa baricentro xG = 0 cm (xMax-xG = 121.3)</p> <p>Ordinata baricentro yG = -17.35 cm (yMax-yG = 28.37)</p> <p>Momenti d'inerzia baricentrici</p> <p>JxG = 4 511 354 cm⁴</p> <p>JyG = 46 805 899 cm⁴</p> <p>JxyG = -1.335E-09 cm⁴</p> <p>Momenti principali d'inerzia baricentrici</p> <p>J-IIG = 46 805 899 cm⁴</p> <p>J-IIIG = 4 511 354 cm⁴</p> <p>angolo = -90 deg</p> <p>Sezione omogeneizzata interamente reagente</p> <p>Area = 11 791 cm²</p> <p>Ascissa baricentro xG = 0 cm (xMax-xG = 121.3)</p> <p>Ordinata baricentro yG = -13.09 cm (yMax-yG = 24.11)</p> <p>Momenti d'inerzia baricentrici</p> <p>JxG = 5 464 101 cm⁴</p> <p>JyG = 46 805 899 cm⁴</p> <p>JxyG = -1.335E-09 cm⁴</p> <p>Momenti principali d'inerzia baricentrici</p> <p>J-IIG = 46 805 899 cm⁴</p> <p>J-IIIG = 5 464 101 cm⁴</p> <p>angolo = -90 deg</p>

Si determina in prima fase il contributo dato dalla sola precompressione. Considerando tre cavi equivalenti, posizionati nei 4 elementi verticali che compongono il solaio in prima fase, costituiti da trefoli con area $A_p=2961\text{mm}^2$ e una pretensione di 1000MPa (che tiene conto delle perdite), si ottiene uno sforzo normale pari a $N_p=8883\text{kN}$.



FASE 0 - Verifica compressione in fase realizzativa

Sezione di mezzeria

	Momento flettente [kNm]	Taglio [kN]	Sforzo normale [kN]
Peso proprio - P1	141.76	55.59	0
Pretensione	-358	0	-5363

Tensioni



Tensione normale al lemba superiore 1	$\sigma_{sup,1}$	-8.17	MPa
Tensione normale al lemba superiore 2	$\sigma_{sup,2}$	-13.25	MPa
Tensione normale al lemba inferiore	σ_{inf}	-23.43	MPa

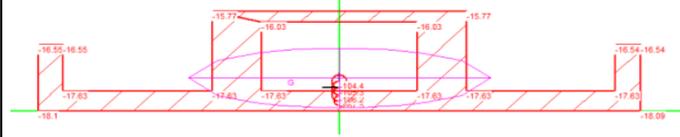
La verifica viene condotta considerando che l'estremo inferiore risulti essere sempre compresso. Di seguito si riportano i risultati ottenuti:

FASE 1 - G1+PS

Sezione di mezzeria

	Momento flettente [kNm]	Taglio [kN]	Sforzo normale [kN]
Peso proprio - P1	141.76	55.59	0
Peso proprio - P2	211.33	82.9	0
Pretensione	-358	0	-5363

Tensioni



Tensione normale al lemba superiore 1	$\sigma_{sup,1}$	-	MPa
Tensione normale al lemba superiore 2	$\sigma_{sup,2}$	-16.55	MPa
Tensione normale al lemba inferiore	σ_{inf}	-18.10	MPa



- Momento massimo negativo $M_{SLU} = 1.5 \times (311 + 1800) = 3166.5 \text{ kNm}$

The screenshot shows a software interface for structural analysis. It includes several panels:

- Titolo:** A text field for the title.
- N° Vertici:** 19, with a Zoom control.
- N° barre:** 4, with a Zoom control.
- Table of vertices and bars:**

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	-121.256	-53.981	1	0.5	0	-50
2	-121.256	11.019	2	90.48	0	8
3	121.256	11.019	3	26.01	0	3
4	121.256	-53.981	4	35.41	0	-2
5	-121.256	-53.981				
6	-111.256	-44.981				
- Sollecitazioni:** S.L.U. Metodo n. Values for N_{Ed}, M_{Ed}, M_{yEd}.
- P.to applicazione N:** Centro, Baricentro cls, Coord. [cm].
- Materiali:** B450C, C45/55. Properties for concrete (E_{su}, f_{yd}, E_s, E_s/E_c, E_{syd}, σ_{s,adm}) and steel (E_{c2}, E_{cu}, f_{cd}, f_{cc}/f_{cd}, σ_{c,adm}, τ_{cc}, τ_{c1}).
- Calcolo:** Tipo Sezione (Rettan.re, Trapezi, a T, Circolare, Rettangoli, Coord., DXF). Tipo rottura (Lato calcestruzzo - Acciaio snervato). Metodo di calcolo (S.L.U., Metodo n). Tipo flessione (Retta, Deviato). N° rett. 100. Calcola MRd, Dominio M-N, L₀, Col. modello, M-curvatura, Precompresso.

La verifica è soddisfatta considerando un'armatura di 20Φ24 superiori e un'armatura longitudinale superiore e inferiore di Φ12/10cm.

La verifica a taglio viene riportata di seguito:

- Taglio sollecitante SLU $V_{SLU} = 1.3 \times (56 + 83) + 1.5 \times (184 + 941) = 1868 \text{ kN}$

VERIFICA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE IN C.A. SECONDO NTC 2018					
Caratteristiche materiali		Geometria		Armatura longitudinale tesa	
Acciaio B450C		Calcestruzzo		Parametri	
f _{yk} = 450 MPa	f _{ck} = 45.65 MPa	d = 410 mm	f _{cm} = 55.00 MPa	As = 3833 mm²	N _{Ed} = 5363 kN
f _{tk} = 540 MPa	f _{cm} = 53.65 MPa	bw = 850 mm	f _{ctm} = 3.83 MPa	k = 1.698	V _{Ed} = 1860 kN
E _s = 210000 MPa	f _{ctm} = 3.83 MPa	Ac = 348500 mm²	α = 90°	v _{min} = 0.52	Verifica senza armatura a taglio V _{Rd} = 1066.5 kN
Resistenze di calcolo		Armatura a taglio		ρ _l = 0.011	
f _{od} = 25.87 MPa	f _{ck(0,05)} = 2.68 MPa	Asw,min = 892 mm²	Asw,min = 892 mm²	σ _{cp} = 15.38881	Verifica con armatura a taglio V _{Rsd} = 1886 kN V _{Rcd} = 1923 kN V _{Rd} = 1886 kN
f _{cd(0,05)} = 1.79 MPa	f _{ck(0,95)} = 4.98 MPa	Ø = 12 mm	s = 100 mm	v = 0.49044	
f _{cd(0,95)} = 3.32 MPa	E _{cm} = 36416 MPa	n. bracci = 8	Asw = 905 mm²	ω _{sw} = 0.1610	
f _{yd} = 391 MPa	f _{ctm} = 4.60 MPa	Asw = 905 mm²	α _c = 1.012775	cotg Θ = 1.44	
Coefficienti		γ _c = 1.5	α _c = 1.012775	cotg Θ = 1.4	
γ _s = 1.15	α _{cc} = 0.85				

Le verifiche risultano essere soddisfatte.

6.5.4 Trave porta rotaia – Gru STS

In questo capitolo si riportano le verifiche che interessano la trave porta rotaia su cui circola la gru STS. Per la verifica si considera un modello per fasi analogo al precedente, ma con le geometrie della trave oggetto di verifica.

I carichi considerati per le verifiche sono:

- peso proprio della trave precompressa
- peso proprio della soletta gettata e collaborante
- il peso proprio del solaio PAC
- sovraccarico del sottofondo
- il carico accidentale della gru
- il carico accidentale dei container accatastati

Le fasi considerate sono analoghe al capitolo precedente. Si riportano di seguito le sollecitazioni nominali adoperate per la verifica.

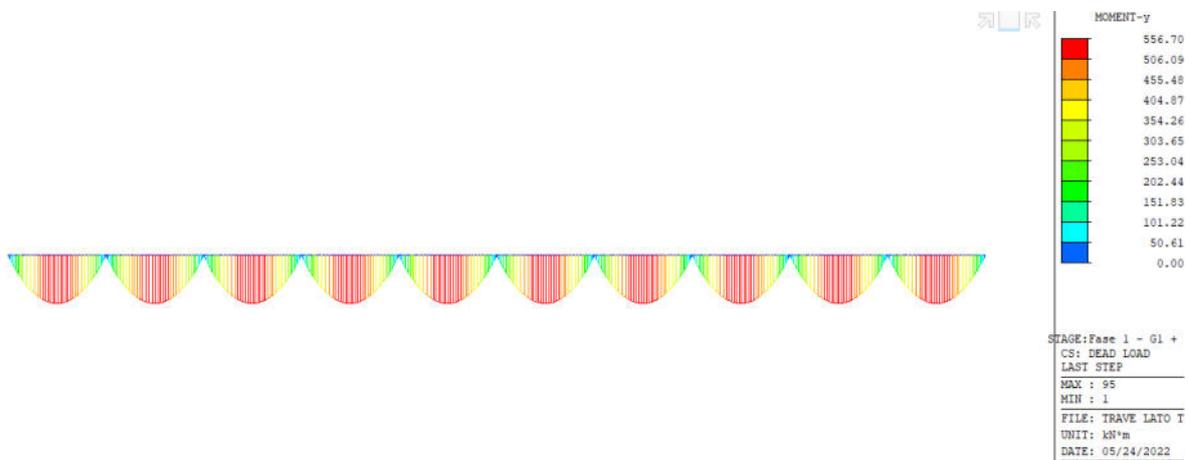


Figura 6-63: Momento flettente - Fase 1 - Peso proprio travi

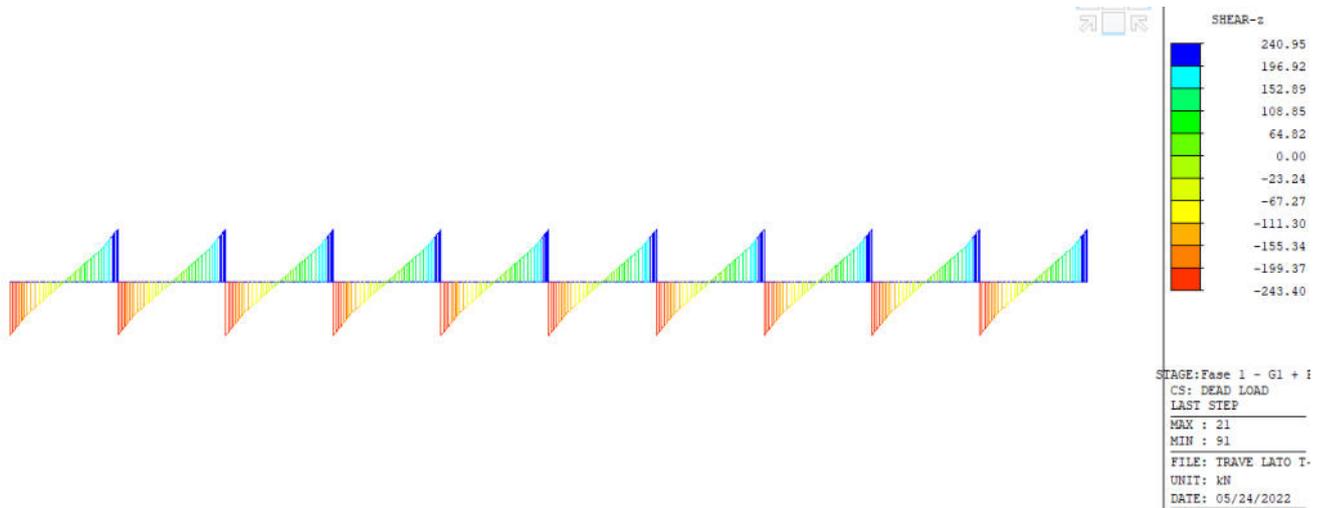


Figura 6-64: Taglio - Fase 1 - Peso proprio travi

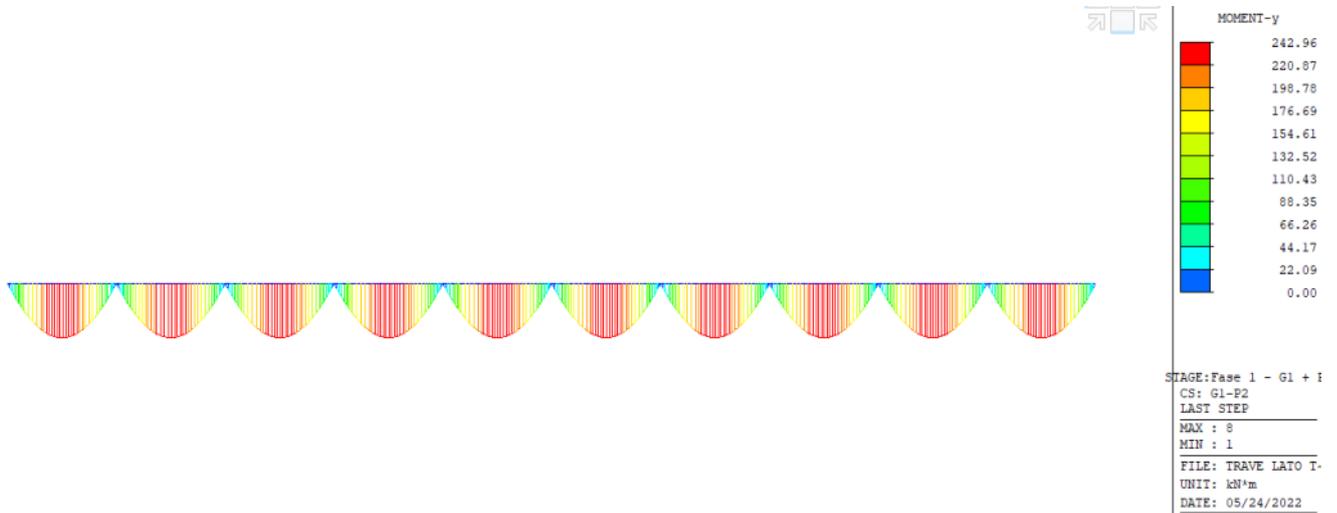


Figura 6-65: Momento flettente - Fase 1 - Peso proprio soletta gettata

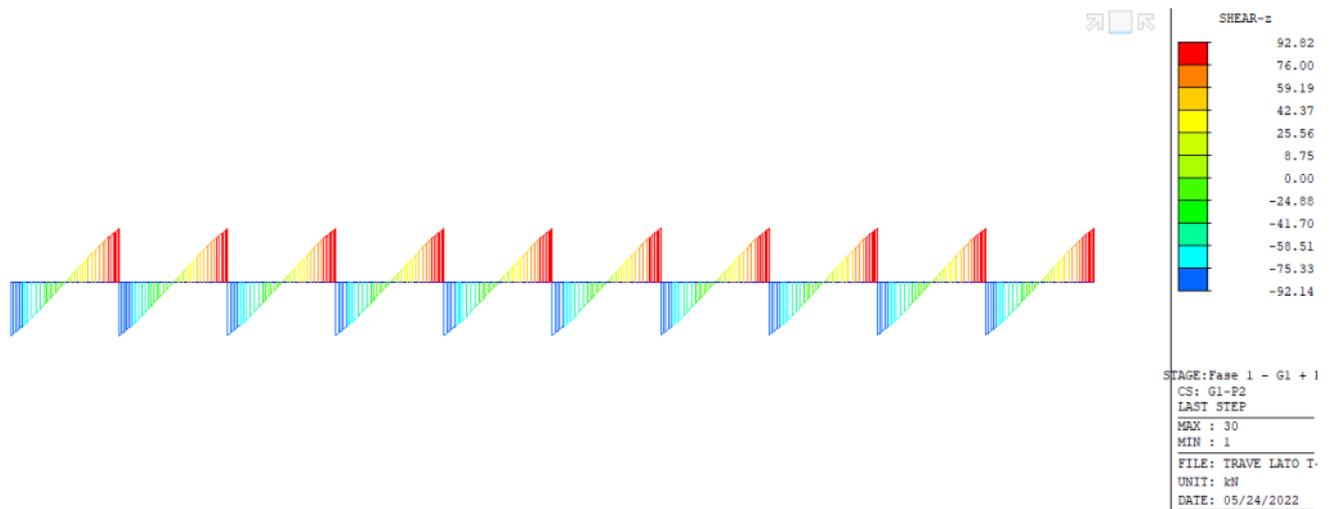


Figura 6-66: Taglio - Fase 1 - Peso proprio soletta gettata

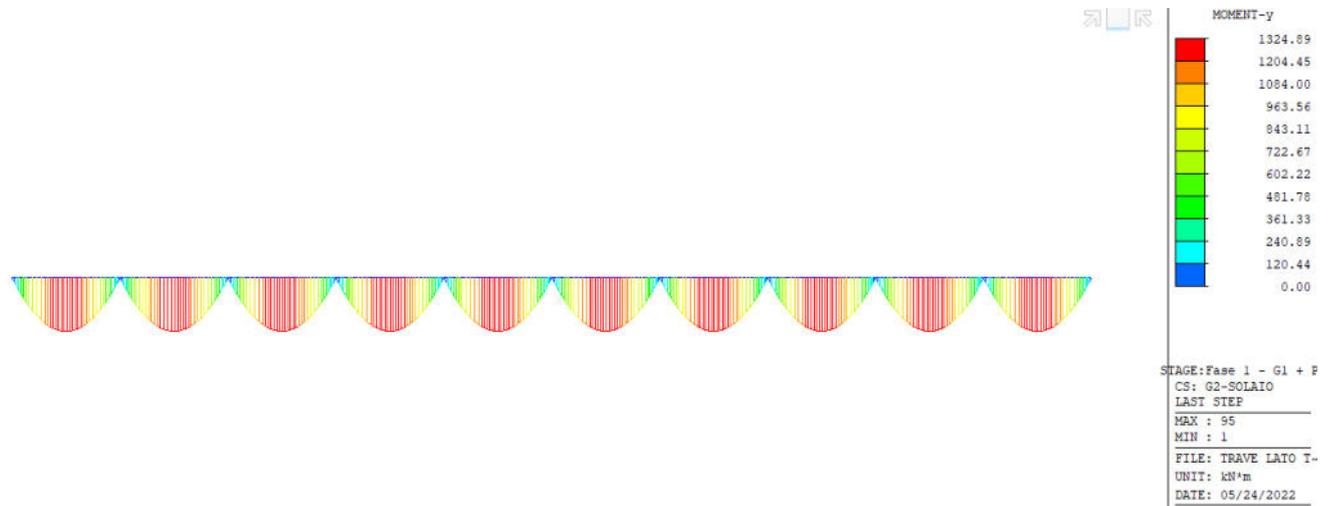


Figura 6-67: Momento flettente - Fase 1 - Peso proprio solaio PAC

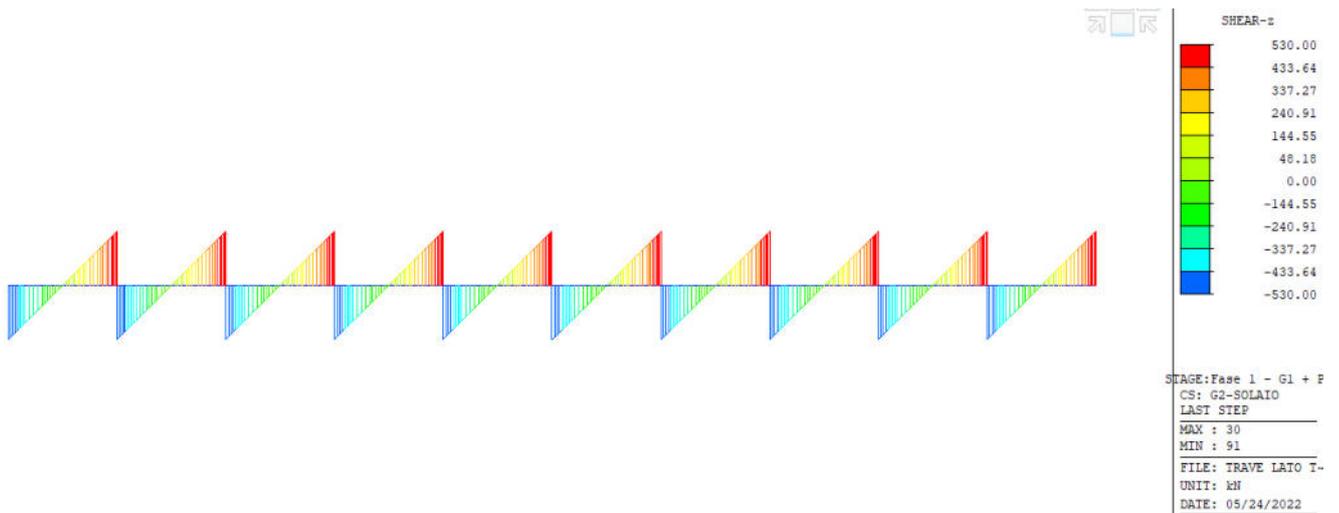


Figura 6-68: Taglio - Fase 1 - Peso proprio solaio PAC

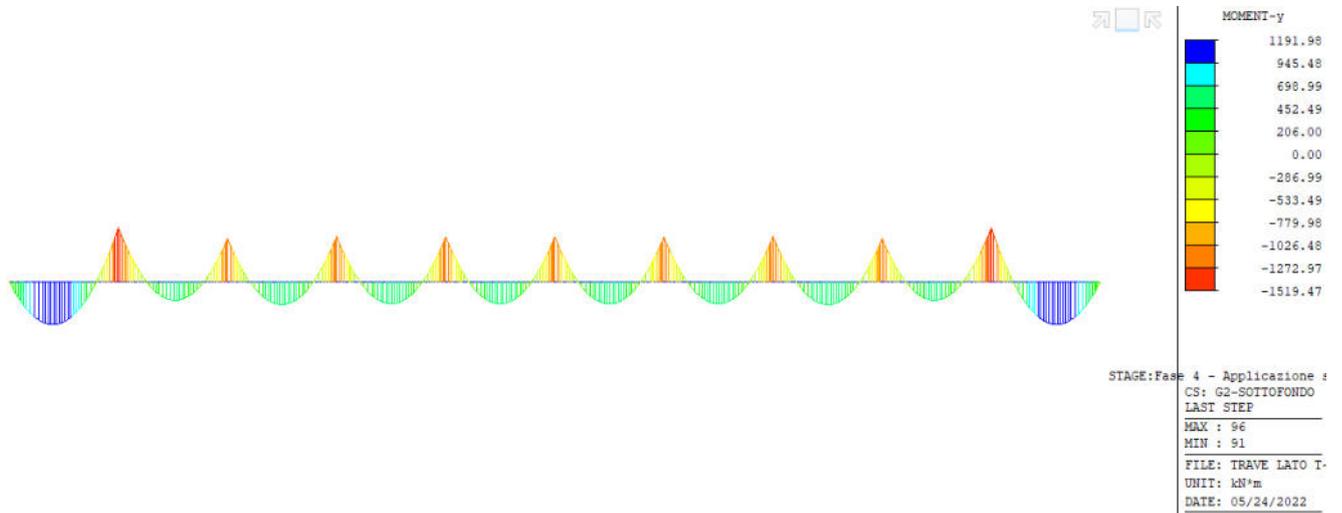


Figura 6-69: Momento flettente - Fase 2 – Sovraccarico sottofondo

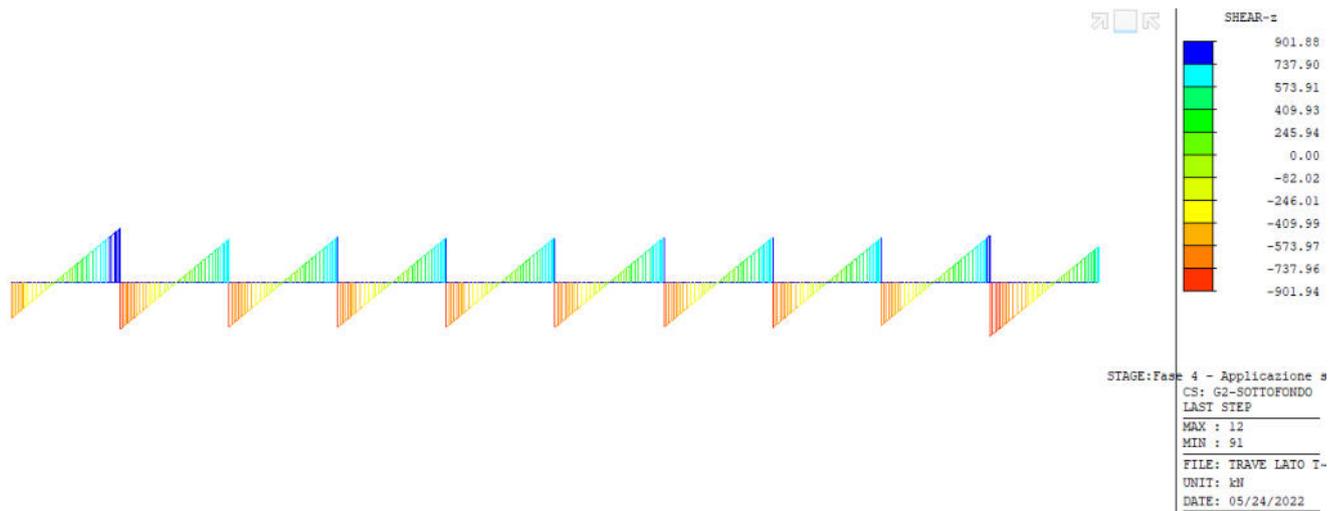


Figura 6-70: Taglio - Fase 2 – Sovraccarico sottofondo

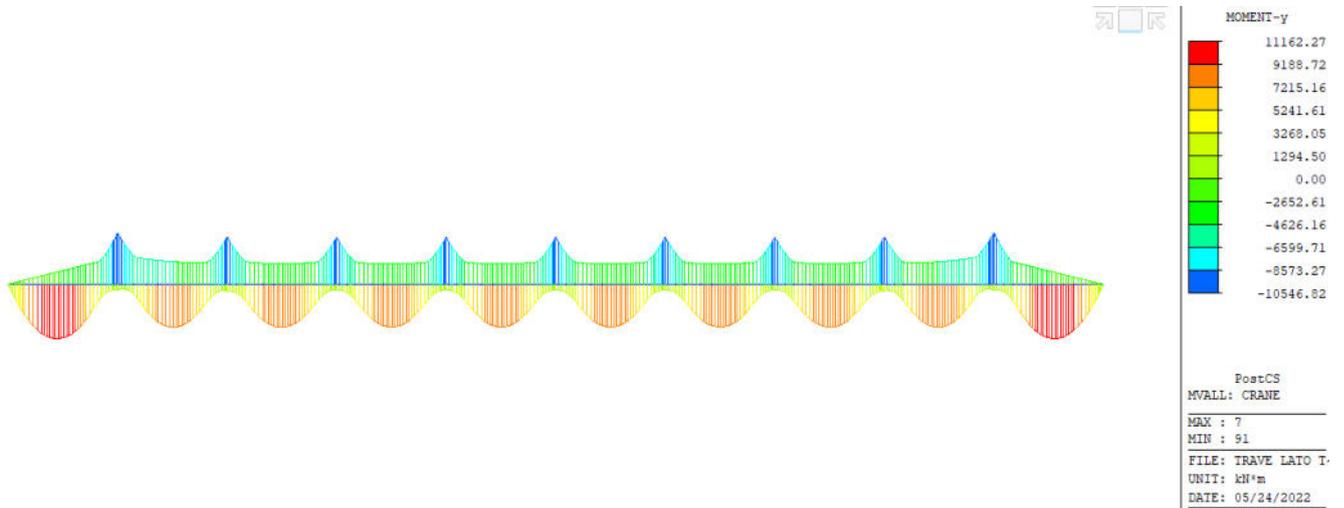


Figura 6-71: Momento flettente - Fase 3 - Gru STS

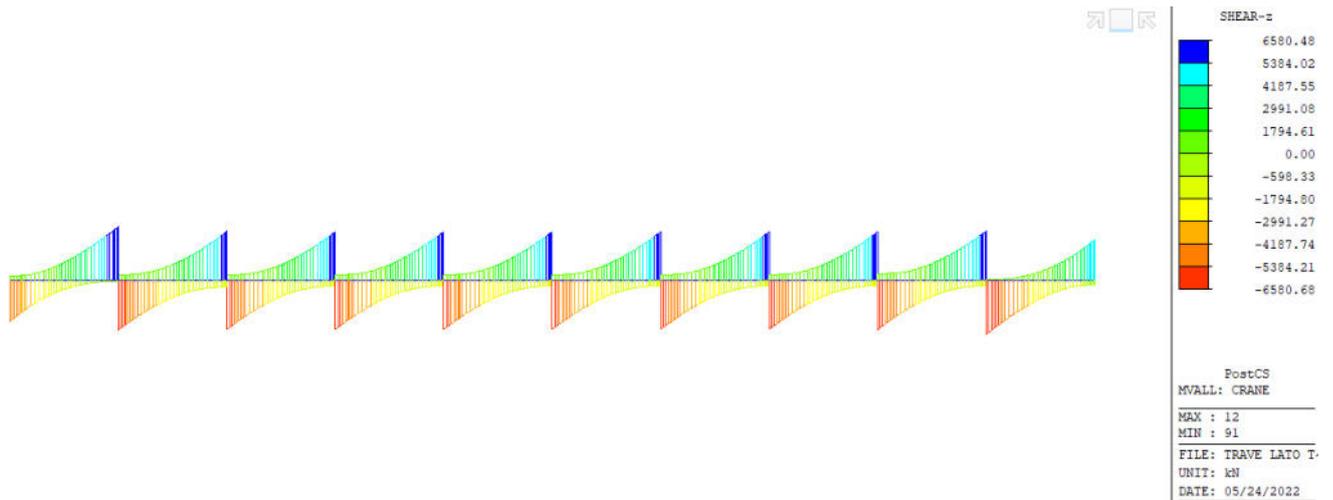


Figura 6-72: Taglio - Fase 3 - Gru STS

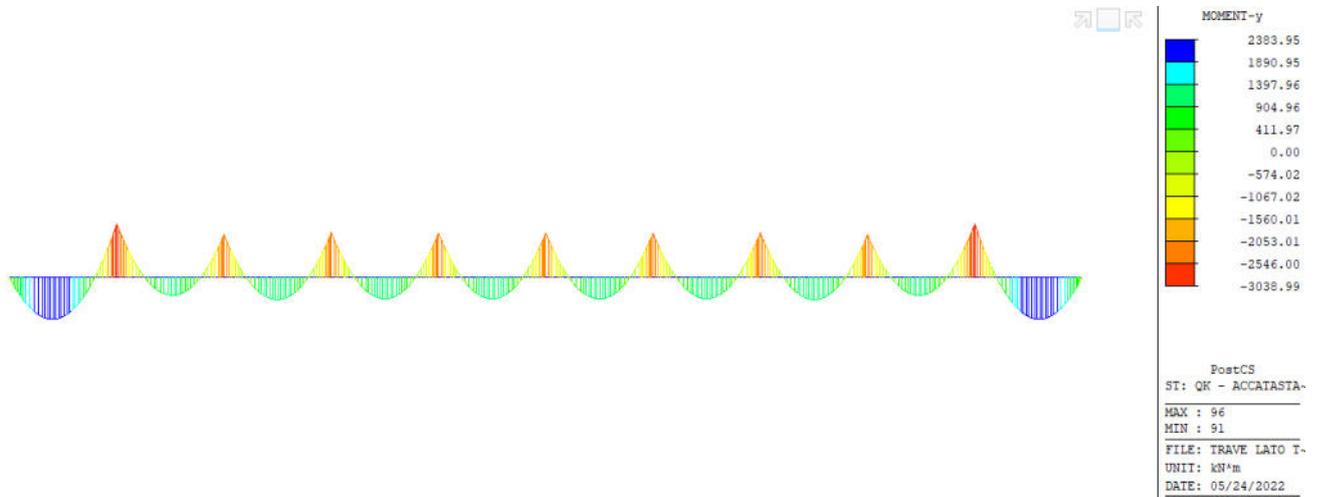


Figura 6-73: Momento flettente - Fase 3 - Container

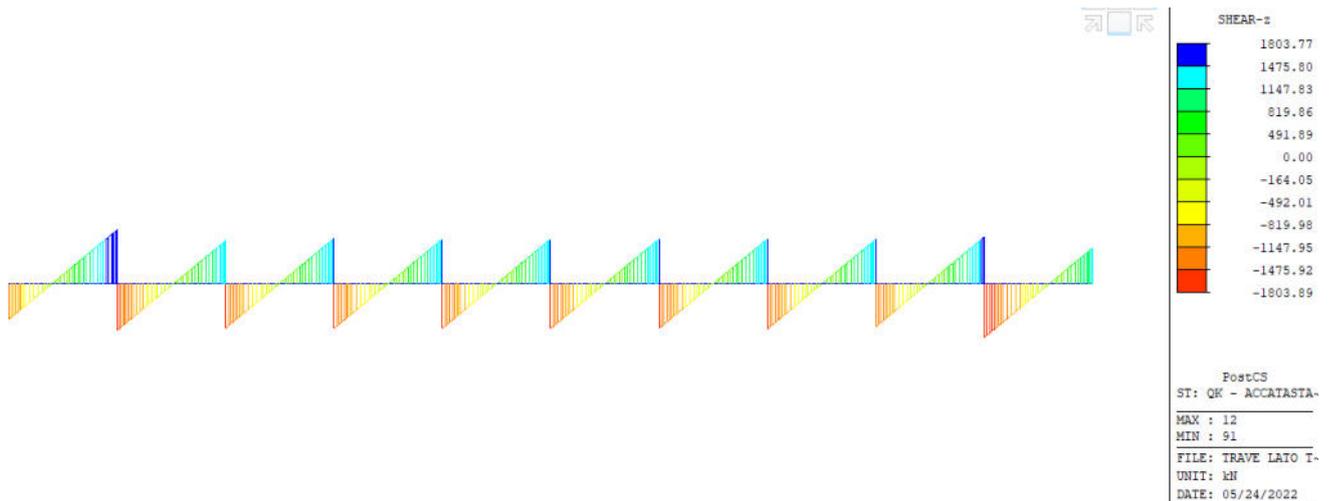
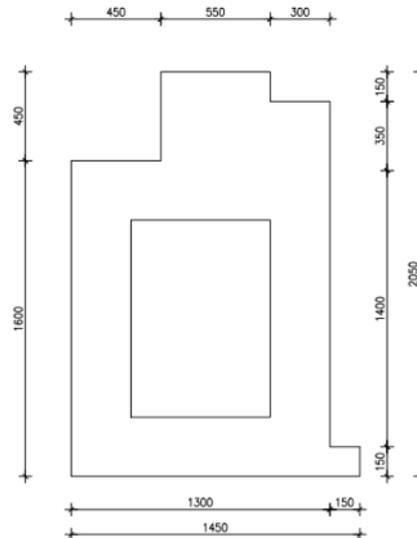


Figura 6-74: Taglio - Fase 3 - Container

Si considera una sezione con la seguente geometria:



Caratteristiche sezione in fase 1	Caratteristiche sezione in fase 2
<p>Caratteristiche statiche sezione solo calcestruzzo</p> <p>Area = 17 175 cm²</p> <p>Ascissa baricentro xG = 68.70 cm (xMax-xG = 61.30)</p> <p>Ordinata baricentro yG = 99.75 cm (yMax-yG = 105.3)</p> <p>Momenti d'inerzia baricentrici</p> <p>JxG = 66 452 042 cm⁴</p> <p>JyG = 29 280 388 cm⁴</p> <p>JxyG = 4 922 366 cm⁴</p> <p>Momenti principali d'inerzia baricentrici</p> <p>J-IIG = 67 092 828 cm⁴</p> <p>J-IIIG = 28 639 602 cm⁴</p> <p>angolo = -7.417 deg</p> <p>Sezione omogeneizzata interamente reagente</p> <p>Area = 18 111 cm²</p> <p>Ascissa baricentro xG = 68.70 cm (xMax-xG = 61.30)</p> <p>Ordinata baricentro yG = 98.12 cm (yMax-yG = 106.9)</p> <p>Momenti d'inerzia baricentrici</p> <p>JxG = 68 765 853 cm⁴</p> <p>JyG = 29 280 388 cm⁴</p> <p>JxyG = 4 922 391 cm⁴</p> <p>Momenti principali d'inerzia baricentrici</p> <p>J-IIG = 69 370 244 cm⁴</p> <p>J-IIIG = 28 675 998 cm⁴</p> <p>angolo = -7.000 deg</p>	<p>Caratteristiche statiche sezione solo calcestruzzo</p> <p>Area = 25 125 cm²</p> <p>Ascissa baricentro xG = 69.90 cm (xMax-xG = 135.1)</p> <p>Ordinata baricentro yG = 137.8 cm (yMax-yG = 97.20)</p> <p>Momenti d'inerzia baricentrici</p> <p>JxG = 145 632 605 cm⁴</p> <p>JyG = 75 882 889 cm⁴</p> <p>JxyG = 7 405 103 cm⁴</p> <p>Momenti principali d'inerzia baricentrici</p> <p>J-IIG = 146 410 114 cm⁴</p> <p>J-IIIG = 75 105 380 cm⁴</p> <p>angolo = -5.994 deg</p> <p>Sezione omogeneizzata interamente reagente</p> <p>Area = 25 185 cm²</p> <p>Ascissa baricentro xG = 69.94 cm (xMax-xG = 135.1)</p> <p>Ordinata baricentro yG = 137.7 cm (yMax-yG = 97.25)</p> <p>Momenti d'inerzia baricentrici</p> <p>JxG = 146 369 760 cm⁴</p> <p>JyG = 75 896 599 cm⁴</p> <p>JxyG = 7 385 760 cm⁴</p> <p>Momenti principali d'inerzia baricentrici</p> <p>J-IIG = 147 135 486 cm⁴</p> <p>J-IIIG = 75 130 873 cm⁴</p> <p>angolo = -5.919 deg</p>

Si determina in prima fase il contributo dato dalla sola precompressione. Considerando sette cavi equivalenti, costituiti da trefoli con area $A_p=1941\text{mm}^2$ e una pretensione di 1350MPa (che tiene conto delle perdite), si ottiene uno sforzo normale pari a $N_p=18342\text{kN}$.

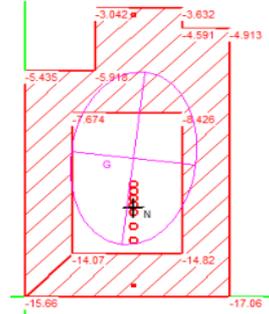


FASE 1 - G1+PS

Sezione di mezzeria

	Momento flettente [kNm]	Taglio [kN]	Sforzo normale [kN]
Peso proprio - P1	557	234.4	0
Peso proprio - P2	243	93	0
Solaio PAC	1325	530	0

Tensioni



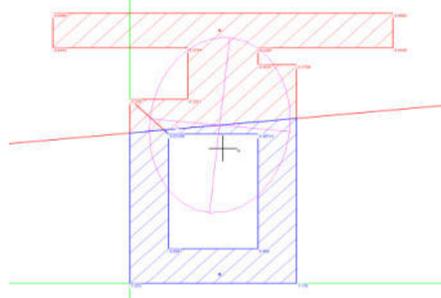
Tensione normale al lembo superiore 1	$\sigma_{sup,1}$	-	MPa
Tensione normale al lembo superiore 2	$\sigma_{sup,2}$	-3.63	MPa
Tensione normale al lembo inferiore	σ_{inf}	-15.66	MPa

FASE 2 - G2 sottofondo

Sezione di mezzeria

	Momento flettente [kNm]	Taglio [kN]	Sforzo normale [kN]
Sottofondo	1192	902	0

Tensioni



Tensione normale al lembo superiore 1	$\sigma_{sup,1}$	-0.69	MPa
Tensione normale al lembo superiore 2	$\sigma_{sup,2}$	-0.53	MPa
Tensione normale al lembo inferiore	σ_{inf}	1.07	MPa

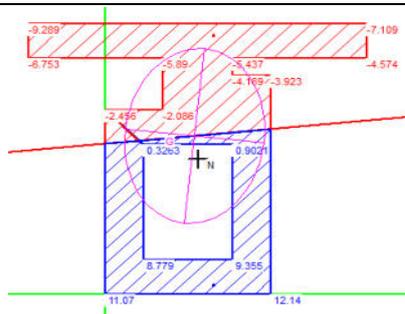


FASE 3a - STS

Sezione di mezzeria

	Momento flettente [kNm]	Taglio [kN]	Sforzo normale [kN]
gru STS	12311	8126	0

Tensioni



Tensione normale al lembo superiore 1	$\sigma_{sup,1}$	-8.29	MPa
Tensione normale al lembo superiore 2	$\sigma_{sup,2}$	-5.23	MPa
Tensione normale al lembo inferiore	σ_{inf}	11.07	MPa

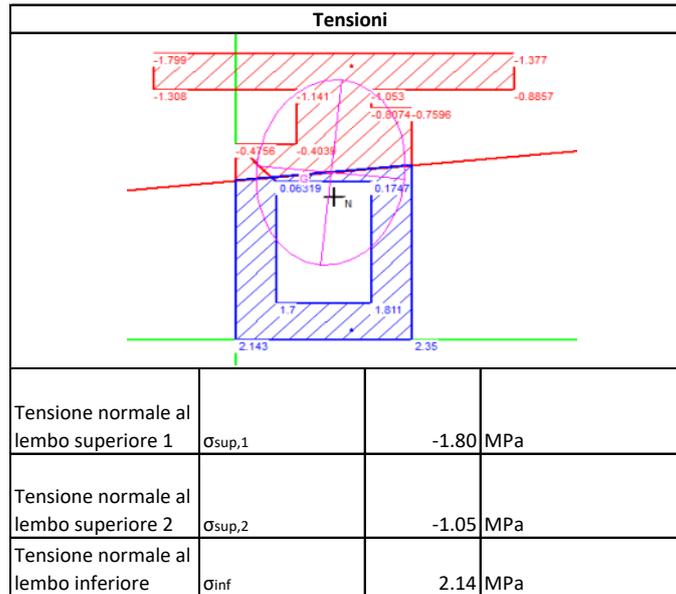


FASE 3b - Accatastamento

Sezione di mezzeria

	Momento flettente [kNm]	Taglio [kN]	Sforzo normale [kN]
gru STS	2384	1804	0

Tensioni



Al lembo inferiore risulta quindi una tensione di compressione pari a 1.38MPa e quindi la verifica risulta essere soddisfatte.

La verifica a momento negativo viene condotta considerando le sollecitazioni riportate nelle immagini precedenti. Si ottiene:

- Momento massimo negativo $M_{SLU} = 1.5 \times (1519 + 10546 + 3039) = 22656 \text{ kNm}$