AUTORITÀ PORTUALE DI SAVONA
PORTO DI VADO LIGURE

PROJECT FINANCING PER:

PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA, ESECUZIONE DEI LAVORI DELLA NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE DEL PORTO DI VADO LIGURE E GESTIONE DELLA PARTE RELATIVA AL TERMINAL CONTENITORI

SOCIETÀ DI PROGETTO: APM TERMINALS VADO LIGURE S.p.A.

MAERSK

GLF GRANDI LAVORI FINCOSIT

PROGETTAZIONE:

TECHNITAL S.p.A.

IL RESPONSABILE:

Dott. Ing. Guido Fiorini

PROGETTO ESECUTIVO - FASE 2 E CONTESTUALE PERIZIA DI VARIANTE DELLA FASE 1

ELABORATO N° :

TITOLO ELABORATO

CASSONI DI TESTATA - SOVRASTRUTTURA

RELAZIONE DI CALCOLO

MI010P-PE-S-C-R-4151-C0

DATA				
settembre 2014		ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO
SIGLA		M.KARLSSON	P.BUONGIORNO	G.FIORINI
REVISIONE	1			
	2			
	3			

NOME FILE

MI010P-PE-S-C-R-4151-C0 Cassoni testata Sovrastruttura Rel di calcolo .doc

A TERMINE DI LEGGE CI RISERVIAMO LA PROPRIETA' DI QUESTO ELABORATO CON DIVIETO DI RIPRODURLO RENDENDOLO NOTO A TERZI ANCHE PARZIALMENTE SENZA NOSTRA AUTORIZZAZIONE

AUTORITÀ PORTUALE DI SAVONA

PORTO DI VADO LIGURE

PROJECT FINANCING PER:

PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA, ESECUZIONE DEI LAVORI DELLA NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE DEL PORTO DI VADO LIGURE E GESTIONE DELLA PARTE RELATIVA AL TERMINAL CONTENITORI

PROGETTO ESECUTIVO - FASE 2
E CONTESTUALE PERIZIA DI VARIANTE DELLA FASE 1

CASSONI DI TESTATA - SOVRASTRUTTURA

RELAZIONE DI CALCOLO

INDICE

1 INTRODUZIONE GENERALE 6
1.1 Programma di verifica 7
1.2 Documenti di riferimento 7
1.3 Caratteristiche e dati di calcolo 7
1.4 Legislazione di riferimento 10
1.5 Combinazione di carichi e coefficienti parziali 11
1.6 Dati per le verifiche delle strutture in cemento armato 12
1.6.1 Materiali 12
1.6.2 Copriferro 13
1.6.3 Fessurazioni e tensioni agli SLE 13
1.6.4 Delta temperatura 13
2 VERIFICA C.A. DELLA SOVRASTRUTTURA SUI CASSONI CORRENTI 14
2.1 Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU) 17
2.2 Calcolo e verifica dell'armatura in prossimità della bitta 32
2.2.1 Verifica armatura di ancoraggio bitta da 1500kN 32
2.2.2 Verifica armatura di ancoraggio bitta da 500kN 33
2.2.3 Verifica dell'orditura della sovrastruttura in zona bitta da 1500kN 33
2.2.4 Verifica dell'orditura della sovrastruttura in zona bitta da 500kN 34
2.2.5 Verifica armatura pareti esterne sovrastruttura bitta da 1500kN 34
2.2.6 Verifica armatura pareti esterne sovrastruttura bitta da 500kN 36
2.3 Verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE) 38
2.4 Verifica di stabilità concio di sovrastruttura 52
3 VERIFICA C.A. DELLA SOVRASTRUTTURA SUL CASSONE A2 53
4 VERIFICHE LOCALI 53
4.1 Respingenti 53

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1-1- Planimetria cassoni di testata 6
Figura 1-2 - Schema ruote gru scaricatore 10
Figura 2-1 - Carpenteria concio tipo sovrastruttura cassoni correnti – pianta 14
Figura 2-2 - Carpenteria concio tipo sovrastruttura cassoni correnti – sezione trasversale 14
Figura 2-3 - Cassone corrente - Cresta d'onda (H=4.5m) – Tr=250anni – cassone a q.ta-16.50 – marea +0.00 15
Figura 2-4 - Cassone corrente - Cresta d'onda (H=4.5m) – Tr=250anni – cassone a q.ta-16.50 – marea +0.75 15

Figura 2-5 - Cassone corrente - Cresta d'onda (H=4.5m) – Tr=250anni – cassone a q.ta-16.50 – marea -0.50 16
Figura 2-6 - Schema statico sovrastruttura su cassoni correnti 17
Figura 2-7 - Schema identificativo sovrastruttura su cassoni correnti 19
Figura 2-8 - Inviluppo M22_MAX - cassoni correnti [kNm/m] 20
Figura 2-9 - Inviluppo M22_MIN - cassoni correnti [kNm/m] 21
Figura 2-10 - Inviluppo M11_MIN - cassoni correnti [kNm/m] 22
Figura 2-11 - Inviluppo M11_MAX - cassoni correnti [kNm/m] 23
Figura 2-12 - Inviluppo V23_MIN - cassoni correnti [kN/m] 24
Figura 2-13 - Inviluppo V23_MAX - cassoni correnti [kN/m] 25
Figura 2-14 - Inviluppo V13_MIN - cassoni correnti [kN/m] 26
Figura 2-15 - Inviluppo V13_MAX - cassoni correnti [kN/m] 27
Figura 2-16 - Trave gru lato mare – verifica orditura superiore - Verifiche cemento armato agli SLU 29
Figura 2-17 - Trave gru lato terra – verifica orditura inferiore - Verifiche cemento armato agli SLU 30
Figura 2-18 - Inviluppo M22_MAX(SLE-FREQ.) - cassoni correnti [kNm/m] 40
Figura 2-19 - Inviluppo M22_MIN(SLE-FREQ.) - cassoni correnti [kNm/m] 41
Figura 2-20 - Inviluppo M11_MAX(SLE-FREQ.) - cassoni correnti [kNm/m] 42
Figura 2-21 - Inviluppo M11_MIN(SLE-FREQ.) - cassoni correnti [kNm/m] 43
Figura 2-22 - Inviluppo M22_MAX(SLE-RARE) - cassoni correnti [kNm/m] 46
Figura 2-23 - Inviluppo M22_MIN(SLE-RARE) - cassoni correnti [kNm/m] 47
Figura 2-24 - Inviluppo M11_MAX(SLE-RARE) - cassoni correnti [kNm/m] 48
Figura 2-25 - Inviluppo M11_MIN(SLE-RARE) - cassoni correnti [kNm/m] 49
Figura 4-1 - Schema statica respingente trave gru lato banchina container 53
Figura 4-2 - Schema carichi applicati lato banchina container 54
Figura 4-3 - Lato banchina container - M22 nominale [kNm/m] 55
Figura 4-4 - Lato banchina container - F22 nominale [kN/m] 56
Figura 4-5 - Lato banchina container - V23 nominale [kN/m] 57
Figura 4-6 - Schema statica respingente trave gru lato banchina petroli 58
Figura 4-7 - Schema carichi applicati lato banchina petroli 58
Figura 4-8 - Lato banchina petroli - M22 nominale [kNm/m] 59
Figura 4-9 - Lato banchina petroli - F22 nominale [kN/m] 60
Figura 4-10 - Lato banchina petroli - V23 nominale [kN/m] 61

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 2-1 - Sovrastruttura cassoni correnti - Verifiche cemento armato agli SLU 28
Tabella 2-2 - Sovrastruttura cassoni correnti - Verifiche cemento armato agli SLE(frequenti) 44
Tabella 2-3 - Sovrastruttura cassoni correnti - Verifiche cemento armato agli SLE(rare) 50

1 INTRODUZIONE GENERALE

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento del cemento armato della sovrastruttura sui cassoni pieni di testata nella zona a giorno facente parte della piattaforma multifunzionale a Vado Ligure.

Nella figura seguente si riporta la planimetria del terrapieno con l'ubicazione dei cassoni.

La sovrastruttura viene gettata in opera sui cassoni precedentemente posati. La sovrastruttura della banchina container contiene le travi gru sia lato mare, sia lato terra della gru scaricatore.

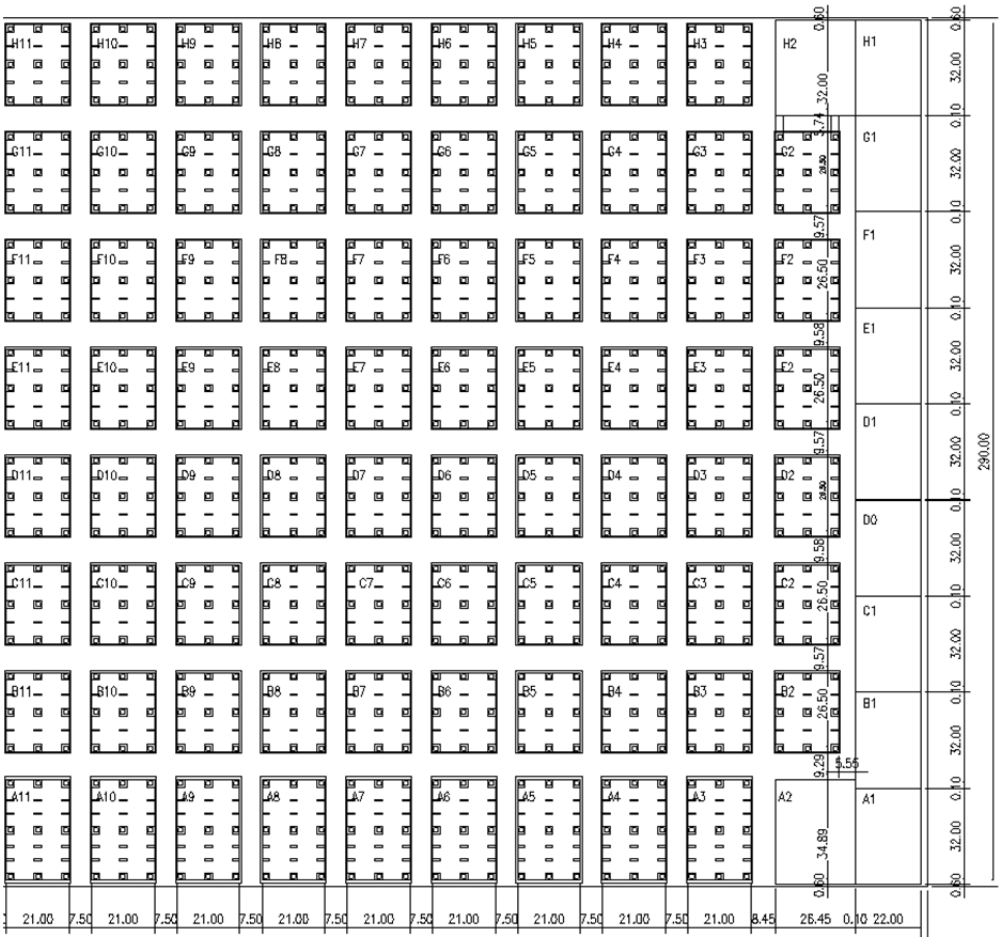


FIGURA 1-1- PLANIMETRIA CASSONI DI TESTATA

1.1 Programma di verifica

Le verifiche svolte per accertare la stabilità della sovrastruttura nelle varie condizioni di lavoro prese in esame sono state raggruppate nei capitoli della presente relazione come segue:

Cap. 2 Verifica c.a. della sovrastruttura sui cassoni correnti
Cap. 3 Verifica c.a. della sovrastruttura cassone A2
Cap. 4 Verifiche locali

1.2 Documenti di riferimento

I pesi specifici e i dati di calcolo utilizzati sono stati tratti dalla relazione di calcolo del Progetto Definitivo presentata al Consiglio Superiore per i Lavori Pubblici di Marzo 2010.

MI010P-PD-G-Z-R-1001-C4	Marzo 2010	Relazione Descrittiva Generale
MI010P-PD-G-G-R-1121-C3	Gennaio 2010	Rapporto Geotecnico – Calcolo dei Cedimenti e della stabilità delle opere – Verifiche Normative
MI010P-PE-S-C-R-1004-C1	Luglio 2012	Cassoni Reggispinta – Sovrastruttura - Relazione di calcolo
MI010P-PD-G-L-R-1109-C2	Giugno 2009	Relazione Meteomarina
MI010P-PD-G-Z-R-1111-C3	29/01/2010	Valutazione della pericolosità sismica e verifica di liquefazione
MI010P-PD-G-N-R-1115-C2	Giugno 2009	Dimensionamento delle strutture di accosto e verifica degli schemi di ormeggio
VADAPMTCIV-CP-RP-001-6.5.1	Aprile 2012	Design criteria

1.3 Caratteristiche e dati di calcolo

Dati Opera (DM 14/01/2008; Cap. 2)		
Vita Nominale dell'opera V_N	50	Anni
Classe d'uso	II	
Periodo di riferimento per l'azione sismica Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) con probabilità di superamento del 10% nel periodo di riferimento	475	Anni
Pesi materiali		
Peso calcestruzzo sovrastruttura	24.50	kN/m^3

Peso pavimentazione	20.00	kN/m^3
Peso acqua di mare	10.1	kN/m^3
Peso riempimento fuori acqua	18.0	kN/m^3
Quote		
Quota di sommità sovrastruttura fase definitiva	+4.50	m
Quota di estradosso sovrastruttura cassoni	+2.50	m
Sovraccarichi		
Sovraccarico distribuito	20	kPa
Gru Scaricatori Rinfuse (vedere figura sottostante)		
Interasse rotaia	20.5	m
Distanza rotaia gru lato mare filo banchina	2.50	m
Lunghezza scaricatore fra respingenti	22.0	m
Numero ruote / angolo	8	
Interasse fra ruote	0.83/1.17	m
Lunghezza ogni carrello composto da 4 ruote	6.83	m
Interasse fra carrelli	6.170	m
N° ruote ogni lato del caricatore	16	Ruote
Carico ruota lato mare	850	kN/ruota
Carico ruota lato terra	800	kN/ruota
Carico verticale gru lato mare (8x850kN/ruota=	6800	kN
Valore di calcolo gru lato mare 6800/8.53=797	800	kN/m
Carico verticale gru lato terra 800kN/ruota; 800x800/850=	750	kN/m
Carico orizzontale (scarocciamento 10%) lato mare	80	kN/m
Carico orizzontale (scarocciamento 10%) lato terra	75	kN/m
Attacco di tempesta (storm pin) lato mare/lato terra	±500	kN
Fine corsa gru respingenti a q.ta +6.335m	850	kN
Punto di sollevamento (jacking point) a q.ta+4.50	2000	kN
Bitte d'ormeggio banchina container (cassoni A1-A2)		
Bitta d'ormeggio	1500	kN
Interasse bitte d'ormeggio	19	m
Quota applicazione tiro bitta	+5.10	l.m.m.

Direzione tiro nel piano orizzontale rispetto al filo banchina	0-180	°
Direzione tiro bitta nel piano verticale	-20-+70	°
Bitte d'ormeggio banchina rinfuse		
Bitta d'ormeggio	500	kN
Interasse bitte d'ormeggio	23	m
Quota applicazione tiro bitta	+5.10	l.m.m.
Direzione tiro nel piano orizzontale rispetto al filo banchina	0-180	°
Direzione tiro bitta nel piano verticale	-20-+70	°
Bitte d'ormeggio banchina petroli (cassone H2)		
Bitta d'ormeggio	500	kN
Interasse bitte d'ormeggio	19	m
Quota applicazione tiro bitta	+5.10	l.m.m.
Direzione tiro nel piano orizzontale rispetto al filo banchina	0-180	°
Direzione tiro bitta nel piano verticale	-20-+70	°
Parabordi banchina container (cassoni A1-A2)		
Reazione Parabordo (Tipo SCN 1600 E2.0 o simile)	2355	kN
Interasse parabordi	23	m
Quota parabordo	+2.50	l.m.m.
Parabordi banchina rinfuse		
Reazione Parabordo (Tipo SCN 1300 E2.2 o simile)	1638	kN
Interasse parabordi	23	m
Quota parabordo	+2.50	l.m.m.
Parabordi banchina petroli		
Reazione Parabordo (Tipo SCN 1100 E2.0 o simile)	1115	kN
Interasse parabordi	19	m
Quota parabordo	+2.50	l.m.m.
Sisma		
Sisma limite di salvaguardia della vita (SLV) Tr=475anni a_g	0.15g	
Sisma utilizzato per le verifiche in fase sismica	0.15g	
Coefficiente sismico verticale verifiche sismiche $k_v=0.5xk_h$	0.075g	
Temperatura		
Differenza di temperatura ΔT_u superficie esposto	±15	°C
Differenza di temperatura ΔT_u superficie protette	±10	°C

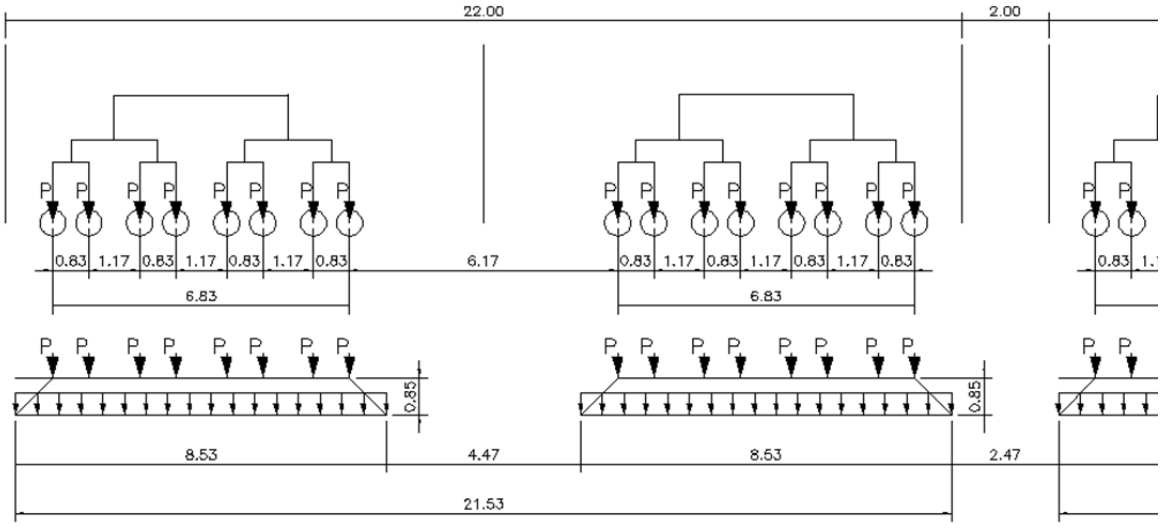


FIGURA 1-2 - SCHEMA RUOTE GRU SCARICATORE

1.4 Legislazione di riferimento

Nell'ambito della presente relazione si è applicata la seguente normativa:

Legge 05/11/1971 n. 1086	▪ Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
Circolare Min. LL.PP. 14/02/1974 n. 11951	▪ Istruzioni per l'applicazione delle "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica."
Circolare Min. LL.PP. 1996	▪ Istruzioni tecniche per la progettazione delle dighe marittime
D.M. 14/1/2008	▪ Norme Tecniche per le Costruzioni
Circolare n°617 2/2/2009 CS.LL.PP	▪ Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008"
Eurocodici	
EAU 2004 8^ ed.	▪ Recommendations of the Committee for Waterfront Structures Harbours and Waterways

1.5 Combinazione di carichi e coefficienti parziali

In conformità con quanto previsto dal DM 14/1/2008, per quanto riguarda i coefficienti parziali da utilizzare per le azioni, si rimanda alle tabelle riportate di seguito.

Coefficienti parziali					
		γ_F	EQU	A1	A2
Carichi permanenti	favorevoli	γ	0.90	1.00	1.00
	sfavorevoli		1.10	1.30	1.00
Carichi permanenti non strutturali	favorevoli	γ	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30
Carichi variabili	favorevoli	γ	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30

Combinazioni di carico

In ciascuna combinazione le azioni variabili sono ridotte per tener conto della probabilità della contemporaneità degli eventi.

Nel seguito sono riportati i valori utilizzati nel calcolo tenendo presente che:

- ψ_{0i} è il coefficiente di combinazione applicato ai carichi variabili secondari nelle combinazioni a s.l.u. e nelle combinazioni rare, moltiplicato rispettivamente per γ_{Qi} e per 1.0;
- ψ_{1i} è il coefficiente di combinazione applicato al carico variabile principale nelle combinazioni frequenti;
- ψ_{2i} è il coefficiente di combinazione applicato ai carichi variabili secondari nelle combinazioni frequenti a tutti i carichi variabili nelle combinazioni quasi permanenti e ai carichi variabili in combinazione sismica.

	Ψ_{0i}	Ψ_{1i}	Ψ_{2i}
Sovraccarico	1.0	0.9	0.8
Tiro bitta/Parabordo	0.6	0.2	0
Onde	0.6	0.2	0
Gru	0.7	0.7	0.6
Variazioni termiche	0.6	0.5	0

Per la verifica di stabilità in fase sismica si considera soltanto il sovraccarico.

Per le verifiche per il cemento armato occorre applicare il set A1-M1 con i valori sotto esposti.

Fattori parziali per azioni γ_F:

Azione	**Set**	
	A1	**A2**
Permanente		
Destabilizzante γ_G	1.30	1.00
Stabilizzante γ_G	1.00	1.00
Variabile		
Destabilizzante γ_Q	1.50	1.30
Stabilizzante γ_Q	0.00	0.00

1.6 Dati per le verifiche delle strutture in cemento armato

1.6.1 Materiali

Per tutte le opere a progetto saranno utilizzati i seguenti materiali:

- calcestruzzo classe C35/45 confezionato con cemento pozzolanico o d'altoforno;
- classe d'esposizione : XS3
- armatura metallica in barre nervate ad aderenza migliorata tipo B450C (FeB44K).

Le resistenze caratteristiche dei materiali sono le seguenti:

- Resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo: fck = 35 N/mm2
- Resistenza caratteristica a trazione semplice del calcestruzzo: fctk = 2.2 N/mm2
- Resistenza caratteristica di snervamento dell'acciaio: fyk = 450 N/mm2

In conformità con quanto previsto dalla vigente normativa, nel calcolo si sono assunti i seguenti coefficienti riduttori delle resistenze caratteristiche dei materiali:

Coefficiente di sicurezza del calcestruzzo nei calcoli allo s.l.u.: $\gamma_c = 1.50$
Coefficiente di sicurezza dell'acciaio nei calcoli allo s.l.u.: $\gamma s = 1.15$

1.6.2 Copriferro

Avendo l'opera una vita nominale di 50 anni ed essendo in ambiente molto aggressivo utilizzando una classe di calcestruzzo C35/45 e barre poco sensibili alla corrosione, la normativa vigente prescrive un copriferro minimo di 40mm per elementi a piastra e 45mm per gli altri elementi. A tale valore va aggiunta una tolleranza di posa.

Pertanto per le sezioni resistenti si è osservato un copriferro di 50 mm.

1.6.3 Fessurazioni e tensioni agli SLE

Limite di fessurazione per combinazioni frequenti: ≤ 0.2mm

Massima compressione nel calcestruzzo combinazioni rare :

$0.6f_{ck} = 21$MPa

Massima tensione nell'acciaio del calcestruzzo combinazioni rare:

$0.8f_{yk} = 360$MPa

1.6.4 Delta temperatura

I carichi di natura termica, poiché non istantanei, vengono applicati alla struttura abbattendo il modulo elastico del calcestruzzo di un fattore 3, per conteggiare gli effetti legati alla viscosità del calcestruzzo. Nei modelli si applicano quindi questi carichi tenendo conto di una loro riduzione al 33%. Per le verifiche delle azioni termiche si è applicato un coefficiente di dilatazione αT di 10x10-6/°C.

2 VERIFICA C.A. DELLA SOVRASTRUTTURA SUI CASSONI CORRENTI

Nella figura seguente si riporta la carpenteria della sovrastruttura.

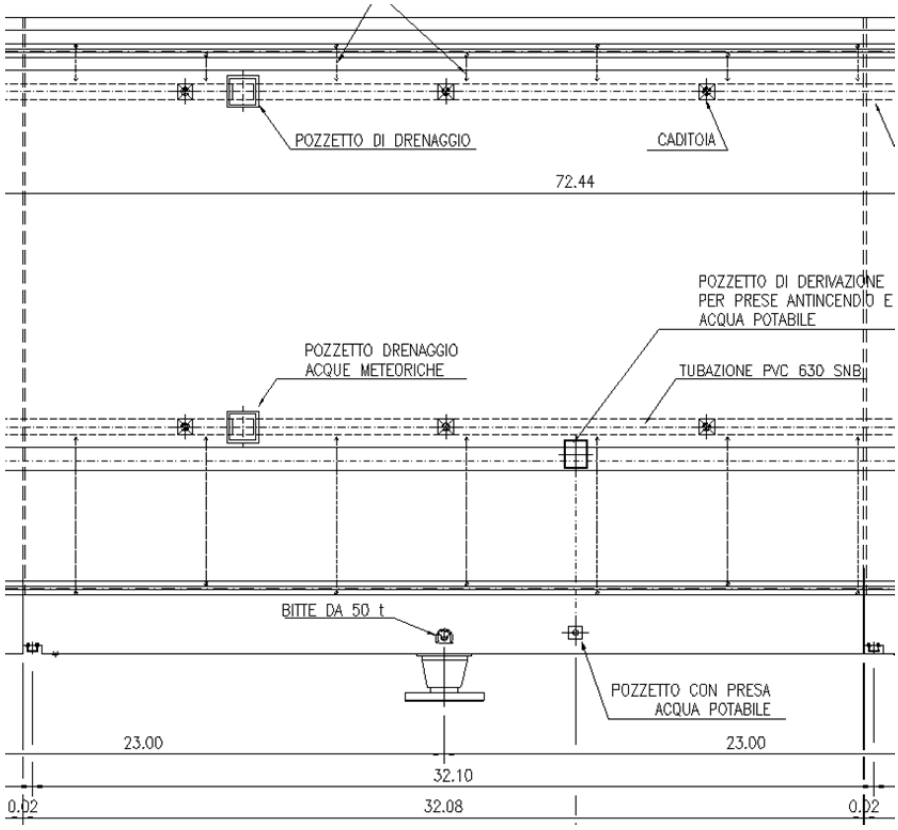


FIGURA 2-1 - CARPENTERIA CONCIO TIPO SOVRASTRUTTURA CASSONI CORRENTI – PIANTA

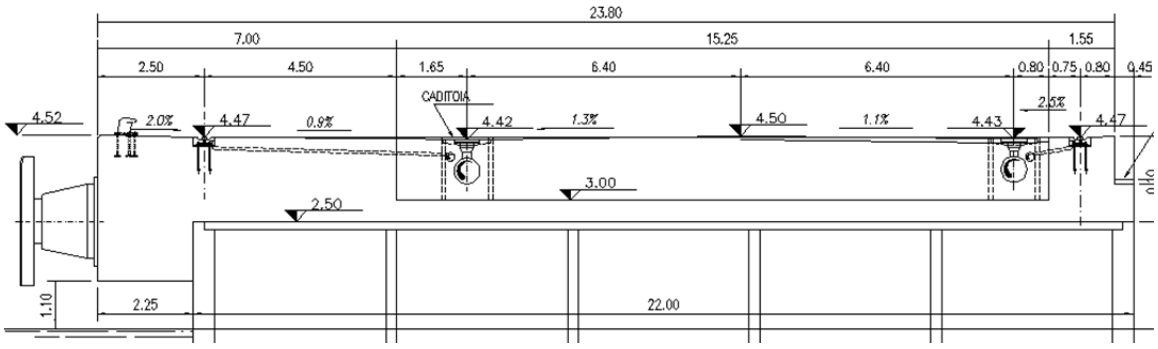


FIGURA 2-2 - CARPENTERIA CONCIO TIPO SOVRASTRUTTURA CASSONI CORRENTI – SEZIONE TRASVERSALE

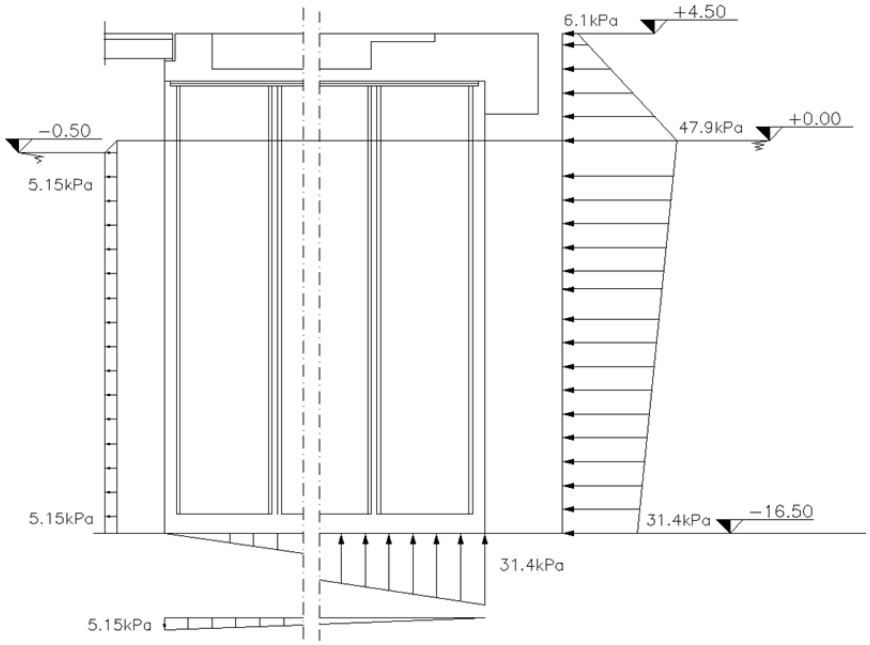


FIGURA 2-3 - CASSONE CORRENTE - CRESTA D'ONDA (H=4.5M) – TR=250ANNI – CASSONE A Q.TA-16.50 – MAREA +0.00

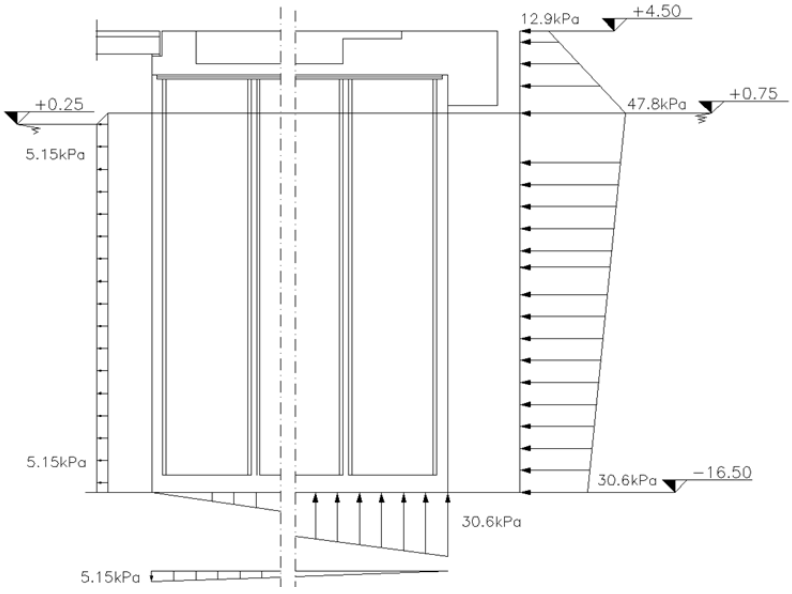


FIGURA 2-4 - CASSONE CORRENTE - CRESTA D'ONDA (H=4.5M) – TR=250ANNI – CASSONE A Q.TA-16.50 – MAREA +0.75

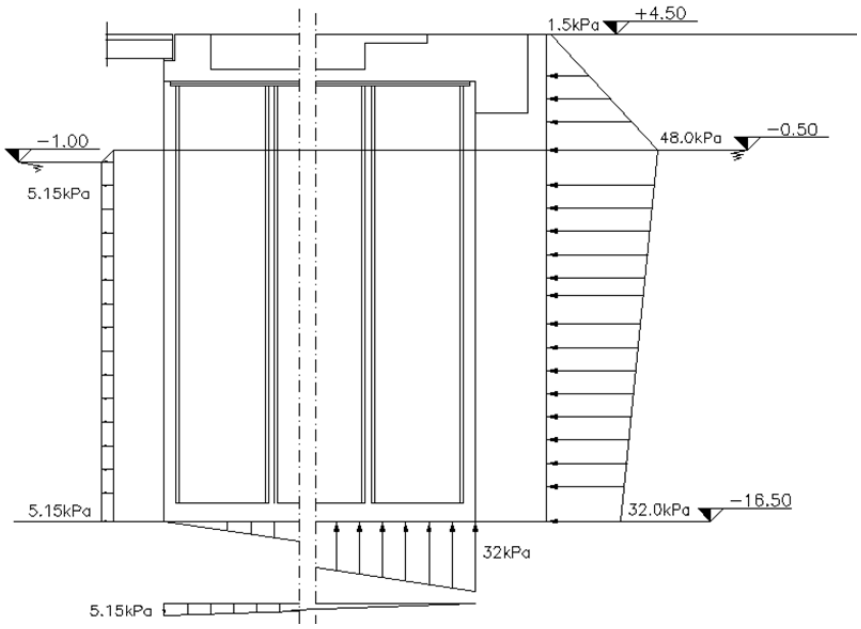


FIGURA 2-5 - CASSONE CORRENTE - CRESTA D'ONDA (H=4.5M) – TR=250ANNI – CASSONE A Q.TA-16.50 – MAREA -0.50

Si procede al calcolo della sovrastruttura utilizzando un modello a piastra appoggiata sui setti verticali e soggetto alle azioni di progetto.

Il modello è stato implementato con il codice di calcolo SAP 2000.

Nella figura seguente è rappresentato lo schema statico della sovrastruttura.

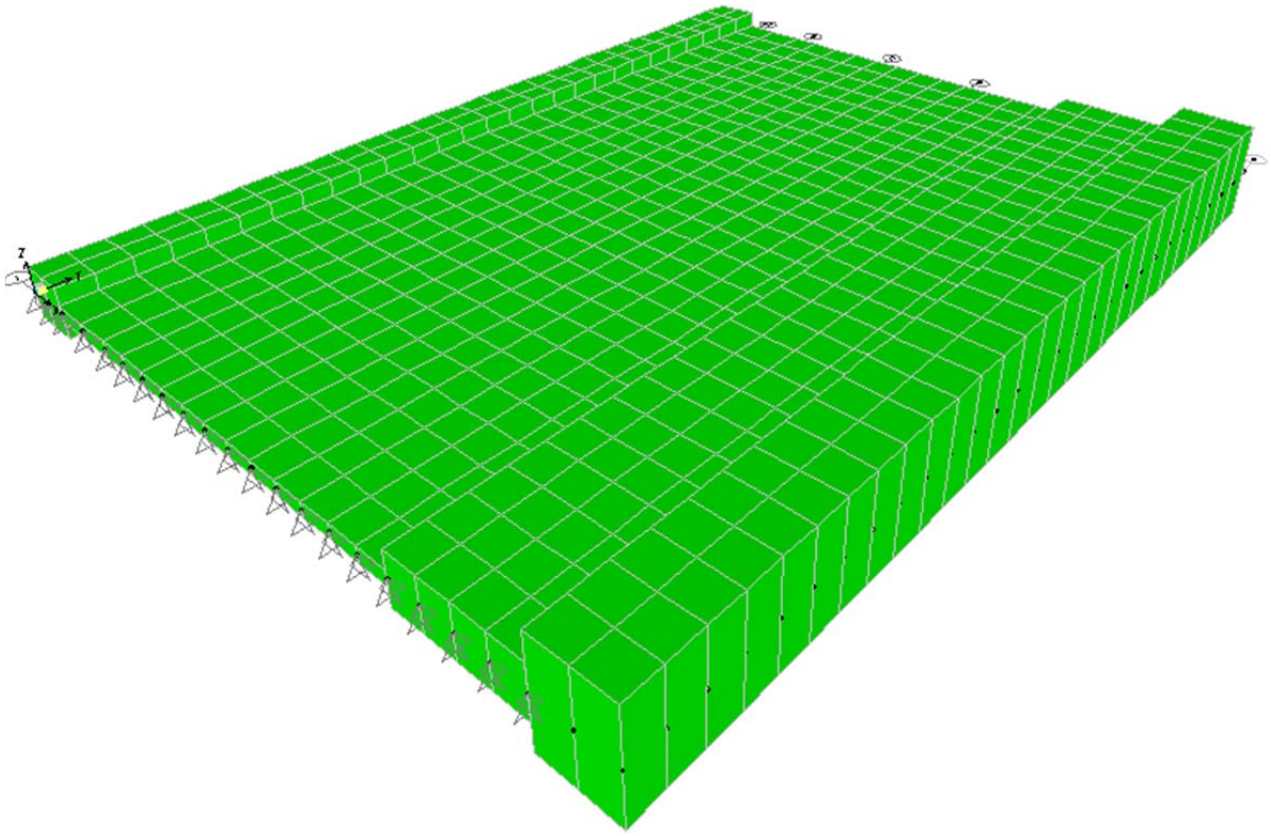


FIGURA 2-6 - SCHEMA STATICO SOVRASTRUTTURA SU CASSONI CORRENTI

2.1 Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU)

Sono state esaminate le seguenti combinazioni di carico:

COMBINAZIONI A S.L.U. – Fase di esercizio

Combinazioni Azioni verticali

a) 1.3pp+1.5ScG
b) 1.3pp+1.5ScG+1.5x0.7G(lato mare)
c) 1.3pp+1.5ScG+1.5x0.7G(lato terra)
d) 1.3pp+1.5G(lato mare)

e) 1.3pp+1.5G(lato mare)+1.5x1xScG
f) 1.3pp+1.5G(lato terra)
g) 1.3pp+1.5G(lato terra)+1.5x1xScG
h) 1.3pp+1.5dT(+)+1.5x1xScG
i) 1.3pp+1.5dT(+)+1.5x0.7xG(lato mare)+1.5x1xScG
j) 1.3pp+1.5dT(+)+1.5x0.7xG(lato terra)+1.5x1xScG
k) 1.3pp+1.5dT(-)+1.5x1xScG
l) 1.3pp+1.5dT(-)+1.5x0.7xG(lato mare)+1.5x1xScG
m) 1.3pp+1.5dT(-)+1.5x0.7xG(lato terra)+1.5x1xScG

Combinazioni Azioni orizzontali

n) 1.0pp+1.5TB
o) 1.0pp+1.5P
p) 1.0pp+1.5Cr
q) EQ(kv+/kv-)+0.8ScG+0.6G(lato mare)
r) EQ(kv+/kv-)+0.8ScG+0.6G(lato terra)

Dove:

– pp - peso proprio (azione permanente)
– ScG - sovraccarico gravante (azione variabile)
– Cr - cresta d'onda (azione variabile)
– TB - tiro bitta
– P - parabordo
– G - Gru
– dT - delta temperatura
– EQ – sisma con l'azione verticale in su (kv+) o in giù (kv-)

Essendoci presenti giunti di 2cm fra conci di sovrastruttura non si è preso in considerazione l'effetto termico dovuto a un allungamento/accorciamento. Infatti l'allungamento della sovrastruttura nel senso della lunghezza di 32m è pari a:

$\Delta l = 5°C x (10x10^{-6}) x 32 = 0.0016m = 1.6mm$

Le combinazioni più sfavorevoli per quanto riguarda gli stati limite ultimi sono elencati nella seguente tabella.

Di seguito si riporta uno schema identificativo della sovrastruttura:

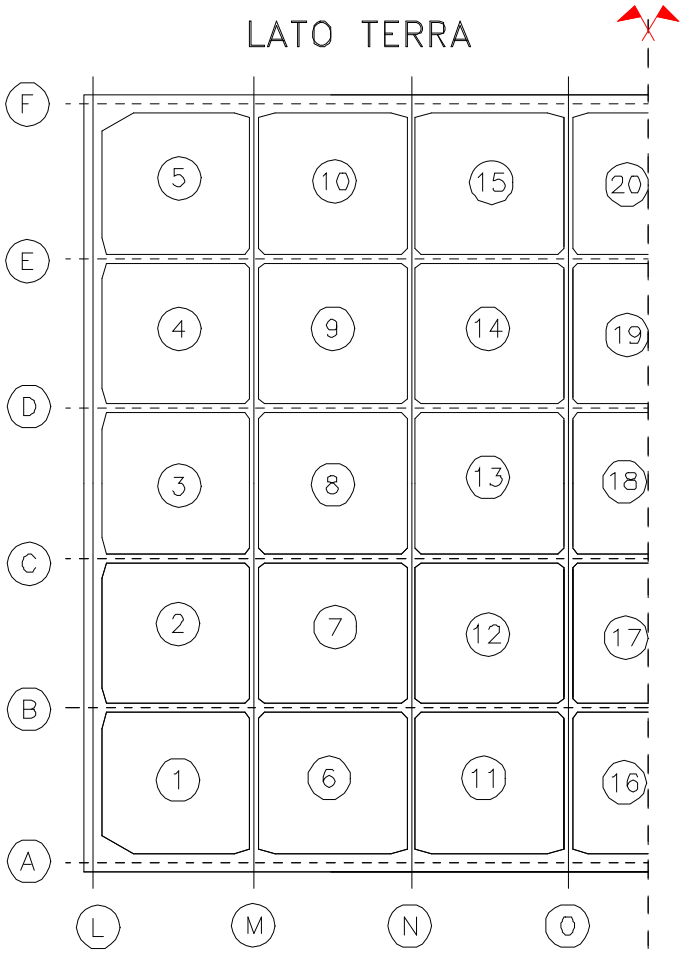


FIGURA 2-7 - SCHEMA IDENTIFICATIVO SOVRASTRUTTURA SU CASSONI CORRENTI

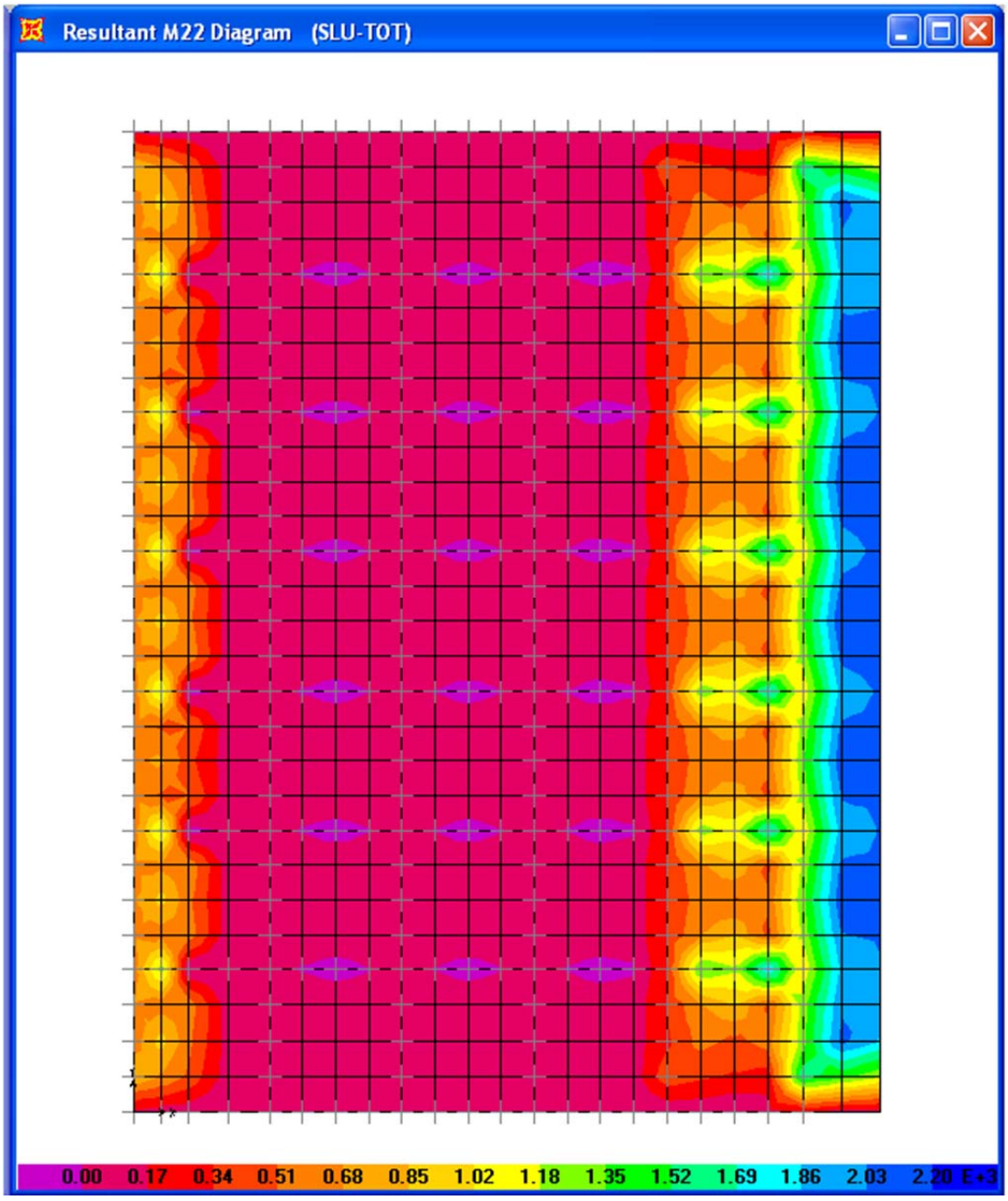


FIGURA 2-8 - INVILUPPO M22_MAX - CASSONI CORRENTI [KNM/M]

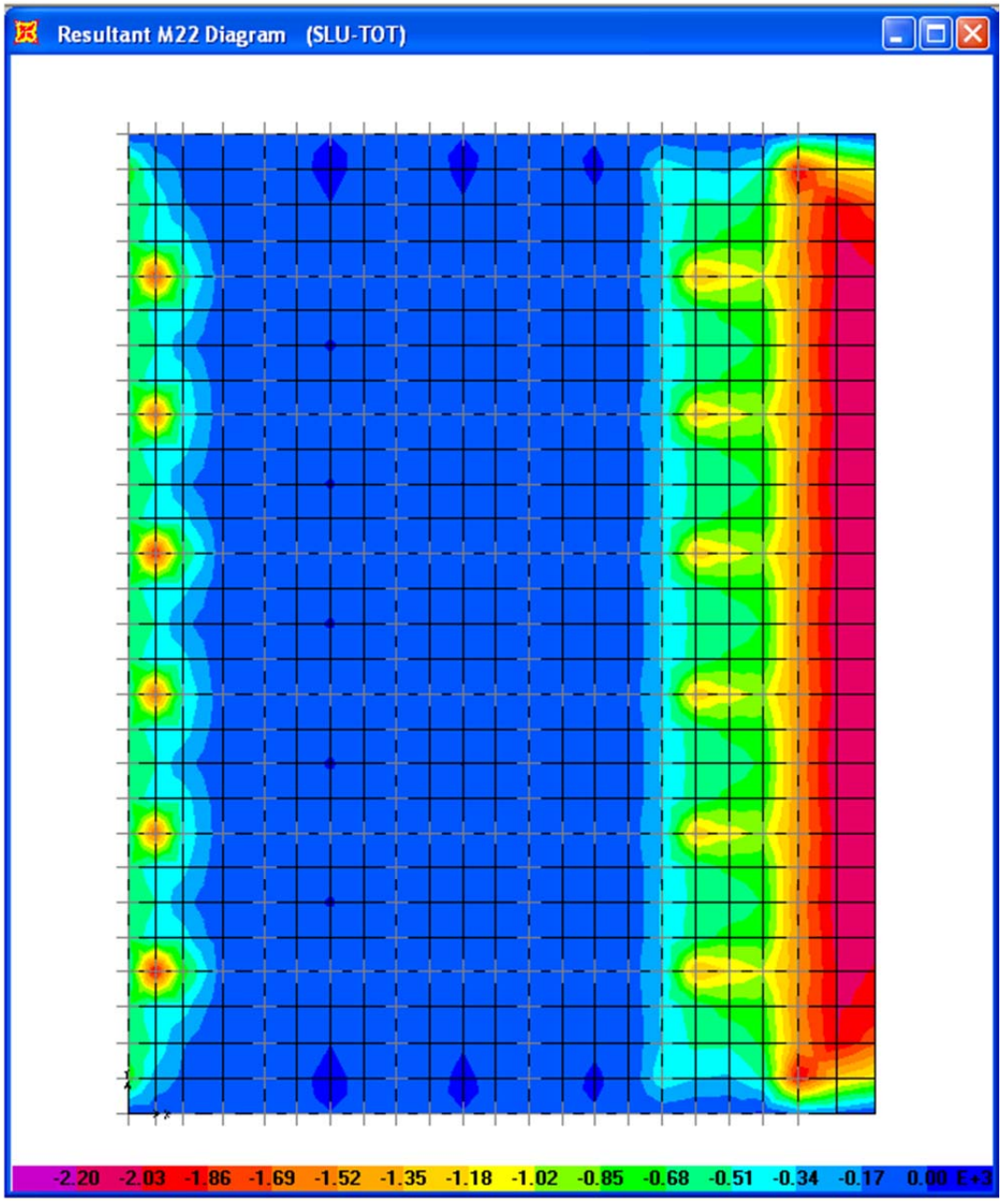


FIGURA 2-9 - INVILUPPO M22_MIN - CASSONI CORRENTI [KNM/M]

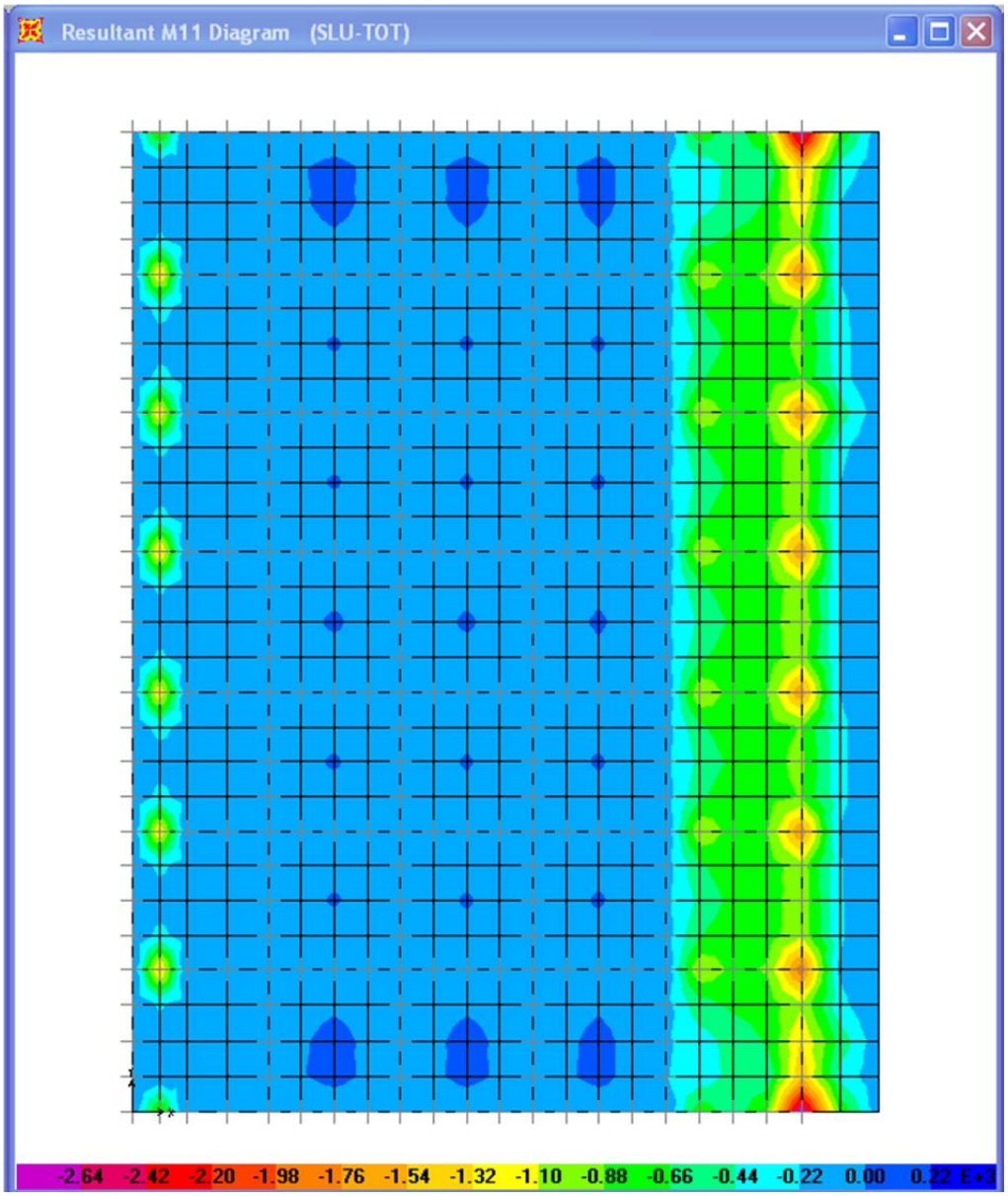


FIGURA 2-10 - INVILUPPO M11_MIN - CASSONI CORRENTI [KNM/M]

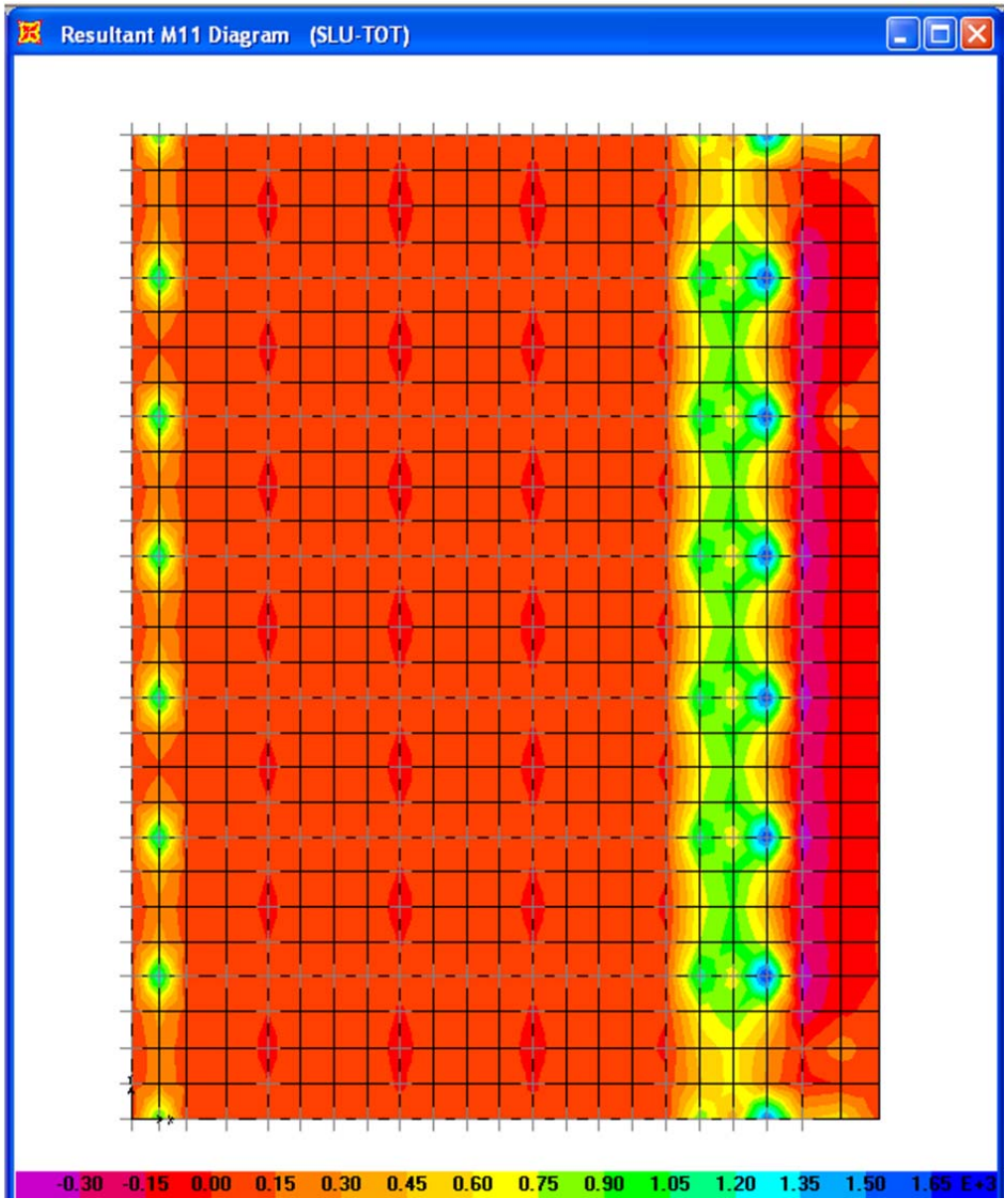


FIGURA 2-11 - INVILUPPO M11_MAX - CASSONI CORRENTI [KNM/M]

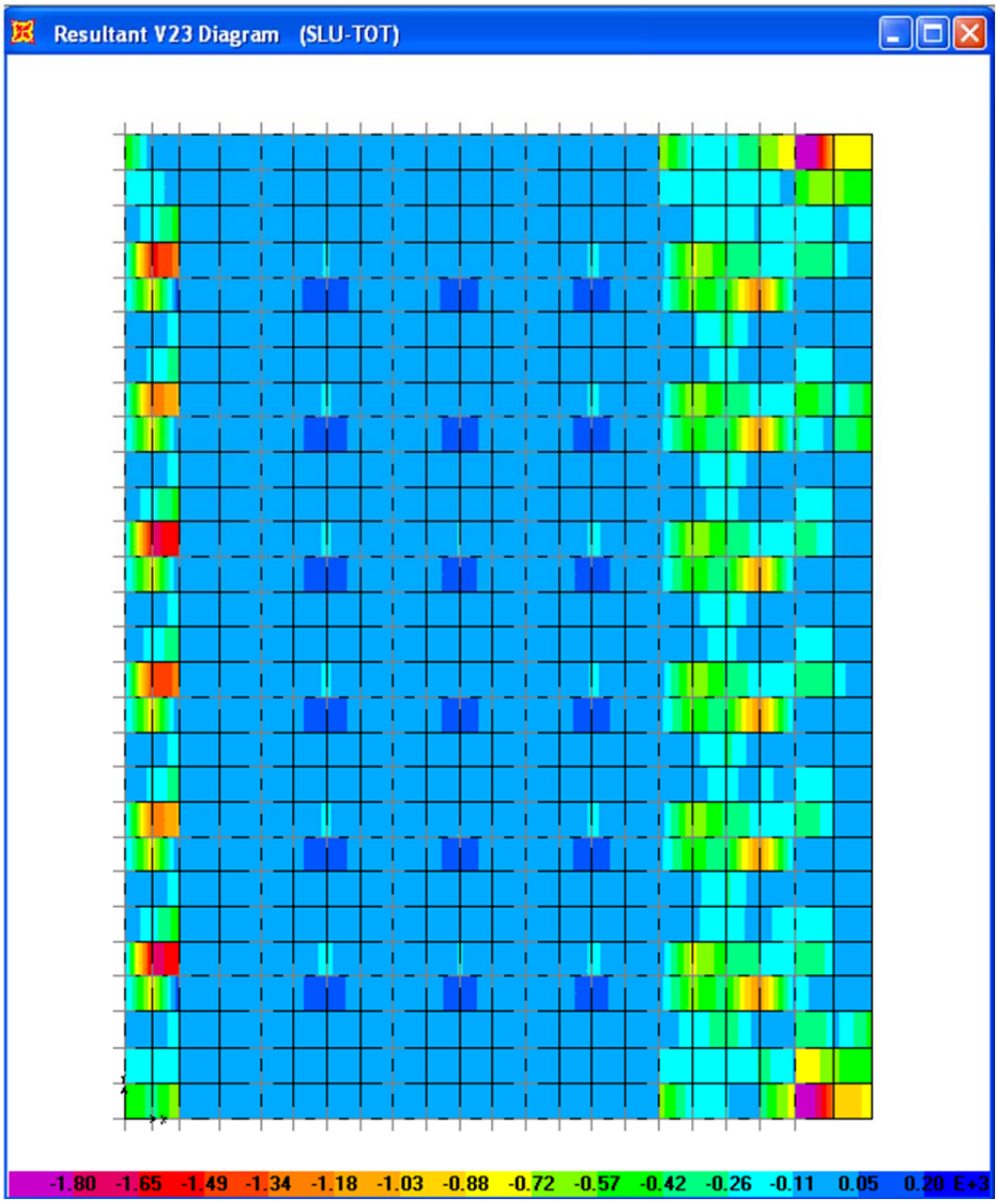


FIGURA 2-12 - INVILUPPO V23_MIN - CASSONI CORRENTI [KN/M]

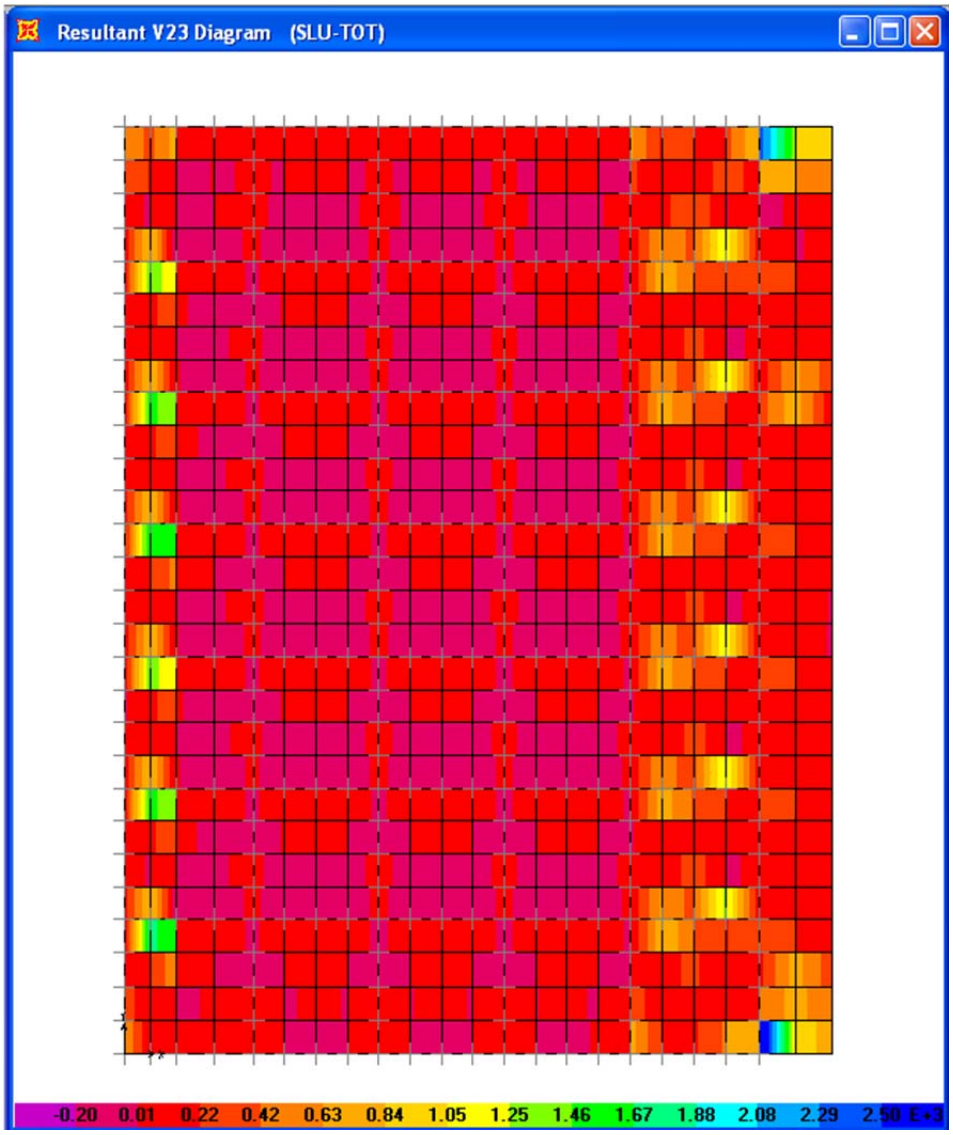


FIGURA 2-13 - INVILUPPO V23_MAX - CASSONI CORRENTI [KN/M]

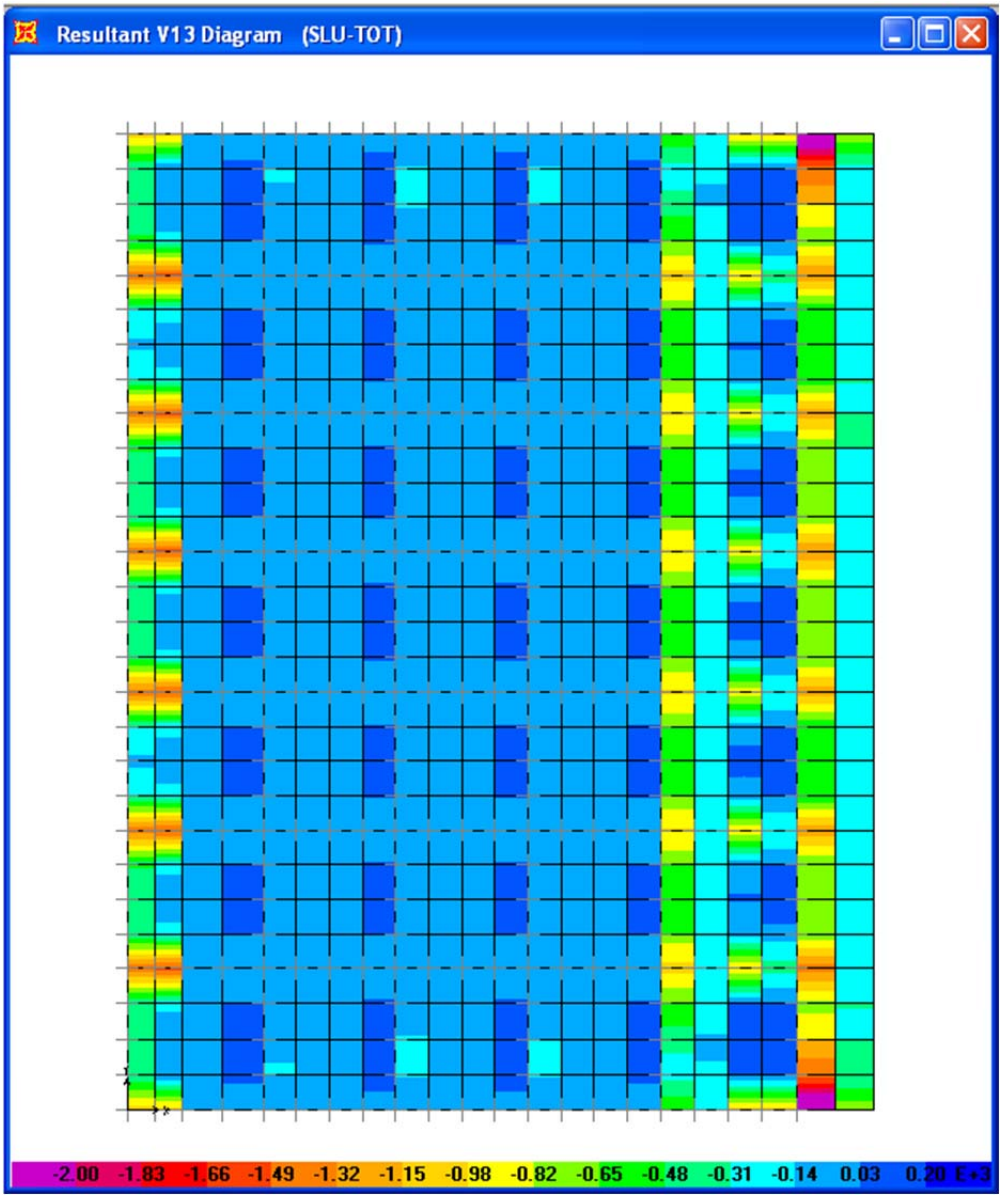


FIGURA 2-14 - INVILUPPO V13_MIN - CASSONI CORRENTI [KN/M]

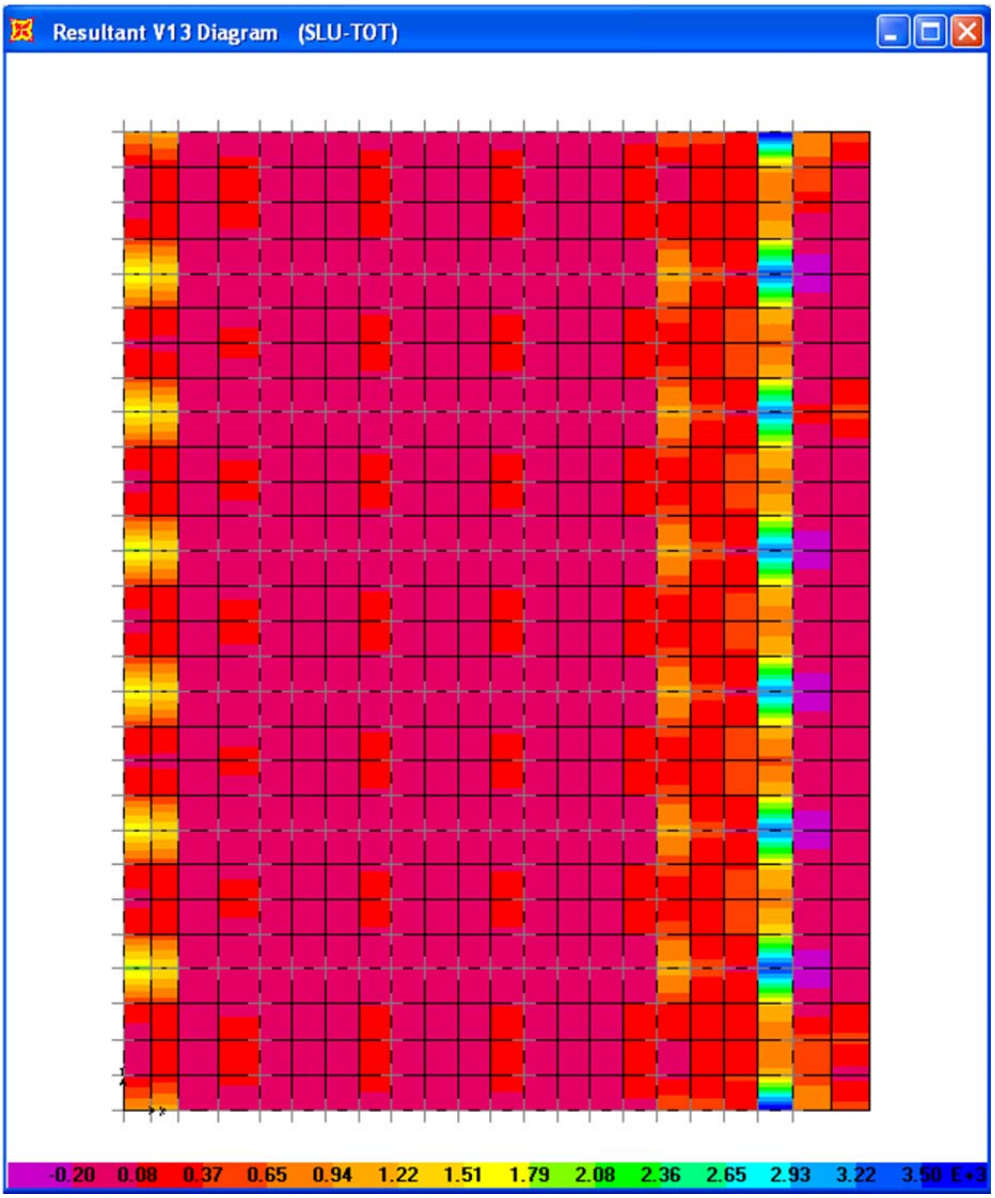


FIGURA 2-15 - INVILUPPO V13_MAX - CASSONI CORRENTI [KN/M]

Sezione	Sollecitazioni			Sezione		Armatura				Copriferro netto		Momento Resist.	FS
	Msd		Nsd	B	H	Inferiore		Superiore		Inf	Sup		
		[kNm]	[kN]	[m]	[m]	Tipo1	Tipo2	Tipo1	Tipo2	[cm]	[cm]	Mrd	M_{rd}/M_{sd}
Sbalzo lato mare trasv. corrisp. Bitta - Asse A (M11)	M-	-1200	+250	1.0	3.4	2.5Ø24	2.5Ø18	5Ø24		5	5	-2497	
	M+	-340	+250	1.0	3.4	2.5Ø24	2.5Ø18	5Ø24		5	5	-1859	
Trave gru lato mare senso trasversale - Asse A (M11)	M-	-1200		1.0	1.70	2.5Ø24	2.5Ø18	5Ø24		5	5	-1429	
	M+	-340		1.0	1.70	2.5Ø24	2.5Ø18	5Ø24		5	5	-1122	
Sbalzo lato mare senso long. corrente - Assi M-N-O (M22)	M+	+2100	+200	1.0	3.4	2.5Ø24	2.5Ø20	2.5Ø24	2.5Ø20	6.4	6.4	+2143	
	M-	-2100	+200	1.0	3.4	2.5Ø24	2.5Ø20	2.5Ø24	2.5Ø20	6.4	6.4	-2143	
Trave gru lato mare senso long. Assi M-N-O (M22)	M+	+1500		1.0	1.70	Per verifiche orditura longitudinale trave gru vedere sotto							
	M-	-1350		1.0	1.70								
Soletta Celle 2-3-4-5 Assi B-C-D-E (M11)	M+	+100		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø18		5	5	+118	1.11
	M-	-150		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø18	2.5Ø18	5	5	-218	1.45
Sol. Cell. 7-8-9-10/12-13-14-15 Assi B-C-D-E (M11)	M+	+90		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø18		5	5	+118	1.31
	M-	-120		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø18	2.5Ø16	5	5	-198	1.65
Soletta Celle da 2-7-12-17/3-8-13-18/4-9-14-19/5-10-15-20 Assi M-N-O (M22)	M+	+90		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø16		6.8	6.8	+115	1.28
	M-	-120		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø16	2.5Ø18	6.8	6.8	-196	1.63
Trave gru lato terra senso longitudinale (M22)	M+	+1100		1.0	1.70	Per verifiche orditura longitudinale trave gru vedere sotto							
	M-	-1500		1.0	1.70								
NB: I momenti positivi tendono le fibre inferiori, i momenti negativi tendono le fibre superiori. N positivo trazione. N negativo compressione													

TABELLA 2-1 - SOVRASTRUTTURA CASSONI CORRENTI - VERIFICHE CEMENTO ARMATO AGLI SLU

Orditura a flessione trave (SLU) - Gru lato mare

La trave gru lato mare è inglobata nella sovrastruttura. La larghezza della scassa per la trave gru è pari a 500mm

B= 1.5m, H=1.7m (altezza al di sotto la rotaia)/2m (altezza da +4.5 a +2.5 circa)

Si predispone:

orditura superiore : 6Φ20 ai lati della scassa della trave gru (tre a lato) + 9Φ20 sotto la scassa

orditura inferiore : uno strato con 12Φ20

Di seguito si riportano le verifiche agli SLU:

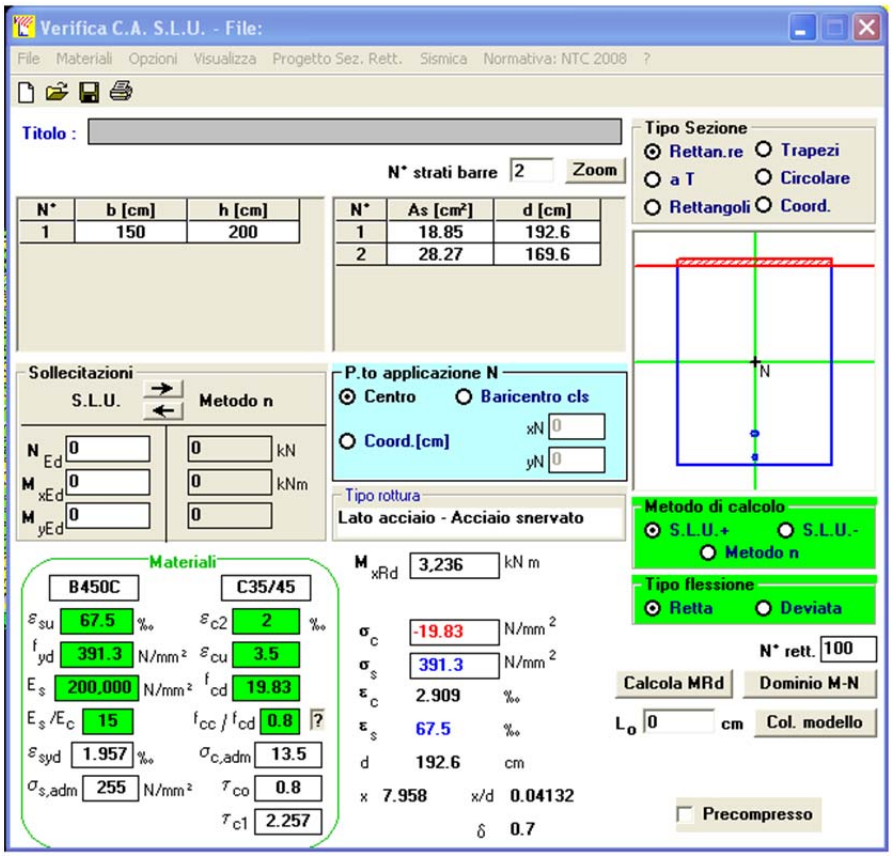


FIGURA 2-16 - TRAVE GRU LATO MARE – VERIFICA ORDITURA SUPERIORE - VERIFICHE CEMENTO ARMATO AGLI SLU

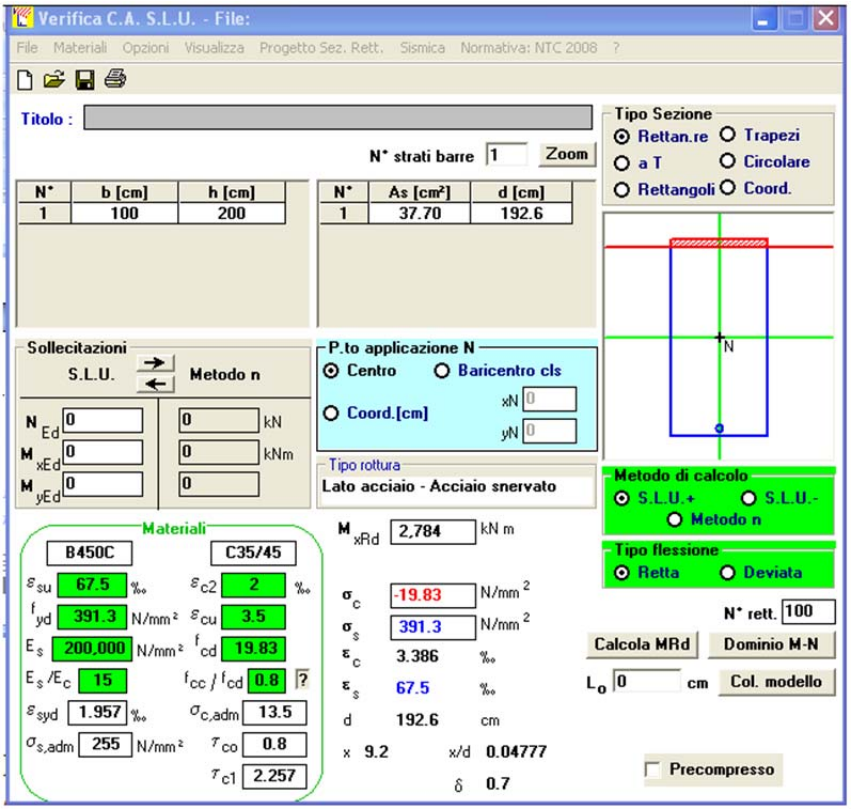


FIGURA 2-17 - TRAVE GRU LATO TERRA – VERIFICA ORDITURA INFERIORE - VERIFICHE CEMENTO ARMATO AGLI SLU

M_{sd}=-1350kNm/m x1.5m =-2025kNm (fibre superiori), M_{rd}=3236kNm

M_{sd}=+1500kNm/m x 1.5m =+2250kNm (fibre inferiori), M_{rd}=2784kNm

<u>Orditura a flessione trave - Gru lato terra</u>

Si predispone la stessa orditura come per la trave lato mare:

M_{sd}=-1500kNm/m x 1.5=-2250kNm (fibre superiori), M_{rd}=-3236kNm

M_{sd}=+1100kNm/m x 1.5=+1650kNm (fibre inferiori), M_{rd}=2784kNm

Orditura a taglio - Trave Gru

	Vsd	H	d1	A1	d2	A2	Crdc	K	fi1	fck	Fcd	σ_c	k1	vmin	Vrd,c	Vrd,cmin	**VRD**
	[KN]	[mm]	[mm]	[mmq]	[mm]	[mmq]									(kN)	(kN)	**(kN)**
Trave gru	**1650**	1700	1621	1570	79	1570	0.12	1.31	0.0010	35	19.8	0	0.15	0.33	395	527	**527**

Si dispone di staffatura verticale:

nel senso longitudinale 4 braccia del ϕ14 a passo 400mm

	Orditura a taglio									acciaio	cls		
	p s(mm)	Asw	cot(teta)	cot(alfa)	sen(alfa)	z=0.9d (mm)	fywd	alfacw	v1	Vrd,s (kN)	Vrd,max (kN)	Vres [kN]	T/Vres
Trave gru lato terra	400	616	2.5	0	1.00	1459	391.0	1	0.5	2196	5148	2196	1.33

Orditura a taglio – Sbalzo lato mare

Si dispone di staffatura verticale:

nel senso trasversale 2.5 braccia del ϕ24 a passo 400mm.

Lo sbalzo lato mare è pari a 2.25m per cui con un passo di 400mm la resistenza a taglio è pari a

6(file di staffe) x 2.5 (numero di staffe) x 452mm^2(Φ24mm) x 391N/mm^2=2651kN > 2100kN

Orditura a taglio – Soletta

	Vsd	H	d1	A1	d2	A2	Crdc	k	fi1	fck	fcd	σ_c	k1	vmin	Vrd,c	Vrd,cmin	VRD
	[KN]	[mm]	[mm]	[mmq]	[mm]	[mmq]									(kN)	(kN)	(kN)
Zona riempimento trasversale	150	500	441	635	59	1138	0.12	1.67	0.0014	35	19.8	0	0.15	0.45	152	198	198
Zona riempimento longitudinale	95	500	423	635	83	1138	0.12	1.69	0.0015	35	19.8	0	0.15	0.45	149	192	192

La soletta non ha bisogno di orditura a taglio specifico.

2.2 Calcolo e verifica dell'armatura in prossimità della bitta

Il tiro bitta è applicato a q.ta +5.10 l.m.m. ed è pari a 500 kN per la banchina rinfuse e petroli mentre per la banchina container, cassoni A1-A2, è pari a 1500kN.

2.2.1 Verifica armatura di ancoraggio bitta da 1500kN

Il tiro della bitta viene affidato ad un'armatura di ancoraggio costituita dai ferri elencati nella seguente tabella. Tali ferri (per ciascuno dei quali si riporta l'angolo di inclinazione nel piano orizzontale e verticale e l'area proiettata in direzione del tiro bitta) servono a condurre la forza di trazione all'armatura del solettone. Nella tabella seguente sono state calcolate le aree proiettate nelle varie direzioni di tiro considerate.

N° ferri	N° bracc	ϕ [mm	α_{orizz} °	α_{vert} °	Area proiettata [mm^2] direzione del tiro			
					90°/-20°	90°/+70°	180°/0°	180°/+70°
5	2	24	0	90	0	4520	0	4520
2	2	30	90	0	0	0	2828	967
1	2	30	30	10	1133	413	348	121
1	2	30	30	6.9	1142	416	351	120
3	2	30	35	20	3068	1117	1143	391
2	2	30	40	23	1874	682	837	286
1	2	30	40	20	956	348	427	146
Totale area proiettata					**8173**	**7496**	**5934**	**6551**

La forza di trazione di calcolo è pari a:

N_{sd} = 1.5 x 1500 = 2250 kN

L'area resistente necessaria vale:

$A_s = N_{rd} / f_{yd} = 2250x10^3 / 391.3 = 5750$ mm^2

L'area resistente nelle varie direzioni di tiro è verificata con fattore di sicurezza di 1.03.

2.2.2 Verifica armatura di ancoraggio bitta da 500kN

Il tiro della bitta viene affidato ad un'armatura di ancoraggio costituita dai ferri elencati nella seguente tabella. Tali ferri (per ciascuno dei quali si riporta l'angolo di inclinazione nel piano orizzontale e verticale e l'area proiettata in direzione del tiro bitta) servono a condurre la forza di trazione all'armatura del solettone. Nella tabella seguente sono state calcolate le aree proiettate nelle varie direzioni di tiro considerate.

N° ferri	N° bracc	ϕ [mm	α_{orizz} °	α_{vert} °	Area proiettata [mm^2] direzione del tiro			
					90°/-20°	90°/+70°	180°/0°	180°/+70°
5	2	24	0	90	0	4520	0	4520
2	2	30	90	0	0	0	2828	967
3	2	30	35	20	3068	1117	1143	391
Totale area proiettata					**3068**	**5637**	**3971**	**5878**

La forza di trazione di calcolo è pari a:

N_{sd} = 1.5 x 500 = 750 kN

L'area resistente necessaria vale:

$A_s = N_{rd} / f_{yd} = 750x10^3 / 391.3 = 1917\ mm^2$

L'area resistente nelle varie direzioni di tiro è verificata con fattore di sicurezza di 1.60.

2.2.3 Verifica dell'orditura della sovrastruttura in zona bitta da 1500kN

Il tiro della bitta viene trasmesso ai ferri del solettone dall'armatura di ancoraggio e viene affidato interamente ad un'armatura disposta nella zona di influenza della bitta stessa. Considerando la diffusione del tiro attraverso il solettone, tale zona si considera estesa per circa 1.30 m per parte rispetto all'asse della bitta.

Si adotta pertanto una armatura costituita da 12Φ26 (As = 6372mm^2) disposta intorno alla bitta con passo di 200 mm.

La forza di trazione di calcolo vale:

N_{sd} = 1.5 x 1500 = 2250 kN

La forza di trazione resistente vale:

$N_{rd} = A_s \times f_{yd}$ = 6372 x 391.3 / 10^3 = 2493 kN

La verifica è soddisfatta e il fattore di sicurezza vale 1.11.

2.2.4 Verifica dell'orditura della sovrastruttura in zona bitta da 500kN

Il tiro della bitta viene trasmesso ai ferri del solettone dall'armatura di ancoraggio e viene affidato interamente ad un'armatura disposta nella zona di influenza della bitta stessa. Considerando la diffusione del tiro attraverso il solettone, tale zona si considera estesa per circa 1.30 m per parte rispetto all'asse della bitta.

Si adotta pertanto una armatura costituita da 6Φ24 (As = 2712mm^2) disposta intorno alla bitta con passo di 200 mm.

La forza di trazione di calcolo vale:

N_{sd} = 1.5 x 500 = 750 kN

La forza di trazione resistente vale:

$N_{rd} = A_s \times f_{yd}$ = 2712 x 391.3 / 10^3 = 1061 kN

La verifica è soddisfatta e il fattore di sicurezza vale 1.41.

2.2.5 Verifica armatura pareti esterne sovrastruttura bitta da 1500kN

I conci di sovrastruttura vengono schematizzati come una trave rigida in cui i tiri delle bitte vengono contrastati dalla reazione distribuita sul cassone. Le bitte sono distribuite in posizioni diverse nei vari conci per cui si esegue la verifica per il caso della bitta in asse alla sovrastruttura e con la bitta a distanza 2m dal filo esterno della sovrastruttura che ha una lunghezza teorica 22.08m.

Il tiro bitta è pari a 1500kN.

Verifica a stato limite ultimo

Si considera un tiro bitta pari a F = 1.5 x 1500 = 2250 kN.

	M [kNm] lato mare	M[kNm] lato terra	V[kNm]
Bitta in asse sovrastruttura	6188	0	1125
Bitta 2.0m dal bordo sovrast.	677	4214	1589

Verifica a momento mare:

M_{sd} = 6188 kNm

B = 2.0 m H = 5.55 m H1 = 5.465 m H2 = 0.085 m

AF1 = 3048 mm^2 (8 Φ 22)

AF2 = 2281 mm^2 (6 Φ 22)

M_{rd} = 6467 kNm > M_{sd}

Verifica a momento terra:

M_{sd} = 4858 kNm

B = 2.0 m H = 5.55 m H1 = 5.465 m H2 = 0.085 m

AF1 = 2281 mm^2 (6 Φ 22)

AF2 = 6467 mm^2 (8 Φ 22)

M_{rd} = 4858 kNm > M_{sd}

Verifica a taglio:

V_{sd}= 1589 kN

La massima forza che può essere sopportata da un elemento senza specifica orditura a taglio risulta:

	Nsd	H	d1	A1	d2	A2	T	Crdc	k	fi1	fck	fcd	σ_c	k1	vmin	Vrd,c	Vrd,cmin	VRD
	[KN]	[mm]	[mm]	[mmq]	[mm]	[mmq]	(kN/m)									(kN)	(kN)	(kN)
sovrastrutturra	0	5550	5465	3048	85	2281	1589	0.12	1.19	0.0006	35	19.8	0	0.15	0.27	976	1471	1471

Si prevede l'utilizzo dell'orditura trasversale come orditura a taglio, fi24 e fi20 alternati con un passo di 200mm.

	Orditura a taglio									acciaio	cls		
	p s(mm)	Asw	cot(teta)	cot(alfa)	sen(alfa)	z=0.9d (mm)	fywd	alfacw	v1	Vrd,s (kN)	Vrd,max (kN)	Vres [kN]	T/Vres
sovrastruttura	200	766	1	0	1.00	4,918.5	391.0	1	1	7,366	25,168	7,366	4.64

Verifica a stato limite di esercizio – combinazione frequente

Si considera un tiro bitta pari a F = 1.0 x 0.2 x 1500 = 300 kN.

Il valore limite di apertura delle fessure è stato assunto pari a 0.20 mm

Verifica a momento mare:

M = 825 kNm

B = 2.00 m H = 5.55 m H1 = 5.465 m H2 = 0.085 m

Passo 200mm Copriferro 74mm

AF1 = 3048 mm^2 (8 Φ 22)

AF2 = 2281 mm^2 (5 Φ 22)

σ_c = 0.3 N/mm2 σ_s = 50 N/mm2 w = 0.059 mm

Verifica a momento interno:

M = 562 kNm

B = 2.00 m H = 5.55 m H1 = 5.465 m H2 = 0.085 m

Passo 200mm Copriferro 74mm

AF1 = 2281 mm^2 (5 Φ 22)

AF2 = 3048 mm^2 (8 Φ 22)

σ_c = 0.2 N/mm2 σ_s = 45 N/mm2 w = 0.063 mm

2.2.6 Verifica armatura pareti esterne sovrastruttura bitta da 500kN

I conci di sovrastruttura vengono schematizzati come una trave rigida in cui i tiri delle bitte vengono contrastati dalla reazione distribuita sul cassone. Le bitte sono distribuite in posizioni diverse nei vari conci, per cui si esegue la verifica per il caso della bitta in

asse alla sovrastruttura e con la bitta a distanza 2m dal filo esterno della sovrastruttura che ha una lunghezza teorica 32.08m.

Il tiro bitta è pari a 500kN.

Verifica a stato limite ultimo

Si considera un tiro bitta pari a F = 1.5 x 500 = 750 kN.

	M [kNm] lato mare	M[kNm] lato terra	V[kNm]
Bitta in asse sovrastruttura	3000	0	375
Bitta 2.0m dal bordo sovrast.	165	2491	588

Verifica a momento mare/terra:

M_{sd} = 3000 kNm

B = 2.0 m H = 7.00 m H1 = 6.914 m H2 = 0.086 m

AF1 = 1570 mm^2 (5 Φ 20)

AF2 = 1570 mm^2 (5 Φ 20)

M_{rd} = 4232 kNm > M_{sd}

Verifica a taglio:

V_{sd}= 588 kN,

La massima forza che può essere sopportata da un elemento senza specifica orditura a taglio risulta:

	Nsd	H	d1	A1	d2	A2	T	Crdc	k	fi1	fck	fcd	σ_c	k1	vmin	Vrd,c	Vrd,cmin	VRD
	[KN]	[mm]	[mm]	[mmq]	[mm]	[mmq]	(kN/m)									(kN)	(kN)	(kN)
sovrastrutturra	0	7000	6914	1570	86	1570	588	0.12	1.17	0.0002	35	19.8	0	0.15	0.26	899	1812	1812

Pertanto non è necessario predisporre una specifica orditura a taglio.

Verifica a stato limite di esercizio – combinazione frequente

Si considera un tiro bitta pari a F = 1.0 x 0.2 x 500 = 100 kN.

Il valore limite di apertura delle fessure è stato assunto pari a 0.20 mm

Verifica a momento massimo (orditura simmetrica lato mare/terra):

M = 400 kNm

B = 2.00 m H = 7.00 m H1 = 6.914 m H2 = 0.086 m

AF1 = 1570 mm^2 (5 Φ 20)

AF2 = 1570 mm^2 (5 Φ 20)

Passo 200mm Copriferro 74mm

σ_c = 0.1 N/mm^2 σ_s = 37 N/mm^2 w = 0.058 mm

2.3 Verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE)

Si verifica la fessurazione per le combinazioni di servizio frequenti e rare in conformità con la normativa vigente.

Le combinazioni più sfavorevoli per quanto riguarda gli stati limite di esercizio sono riportate nella seguente tabella.

COMBINAZIONI A S.L.E. (frequenti) – Fase di esercizio

Combinazioni Azioni verticali

a) 1.0pp+0.9ScG
b) 1.0pp+0.9ScG+0.6G(lato mare)
c) 1.0pp+0.9ScG+0.6G(lato terra)
d) 1.0pp+0.7G(lato mare)
e) 1.0pp+0.7G(lato mare)+0.8ScG
f) 1.0pp+0.7G(lato terra)
g) 1.0pp+0.7G(lato terra)+0.8ScG
h) 1.0pp+0.5dT(+)
i) 1.0pp+0.5dT(-)

Combinazioni Azioni orizzontali

j) 1.0pp+0.2TB

k) 1.0pp+0.2P
l) 1.0pp+0.2Cr

COMBINAZIONI A S.L.E. (rare) – Fase di esercizio

Combinazioni Azioni verticali

a) 1.0pp+1.0ScG
b) 1.0pp+1.0ScG+0.7G(lato mare)
c) 1.0pp+1.0ScG+0.7G(lato terra)
d) 1.0pp+1.0G(lato mare)
e) 1.0pp+1.0G(lato mare)+1.0ScG
f) 1.0pp+1.0G(lato terra)
g) 1.0pp+1.0G(lato terra)+1.0ScG
h) 1.0pp+0.6dT(+)+1.0xScG
i) 1.0pp+0.6dT(+)+0.7xG(lato mare)+1.0xScG
j) 1.0pp+0.6dT(+)+0.7xG(lato terra)+1.0xScG
k) 1.0pp+0.6dT(-)+1.0xScG
l) 1.0pp+0.6dT(-)+0.7xG(lato mare)+1.0xScG
m) 1.0pp+0.6dT(-)+0.7xG(lato terra)+1.0xScG

Combinazioni Azioni orizzontali

n) 1.0pp+0.6TB
o) 1.0pp+0.6P
p) 1.0pp+0.7Cr

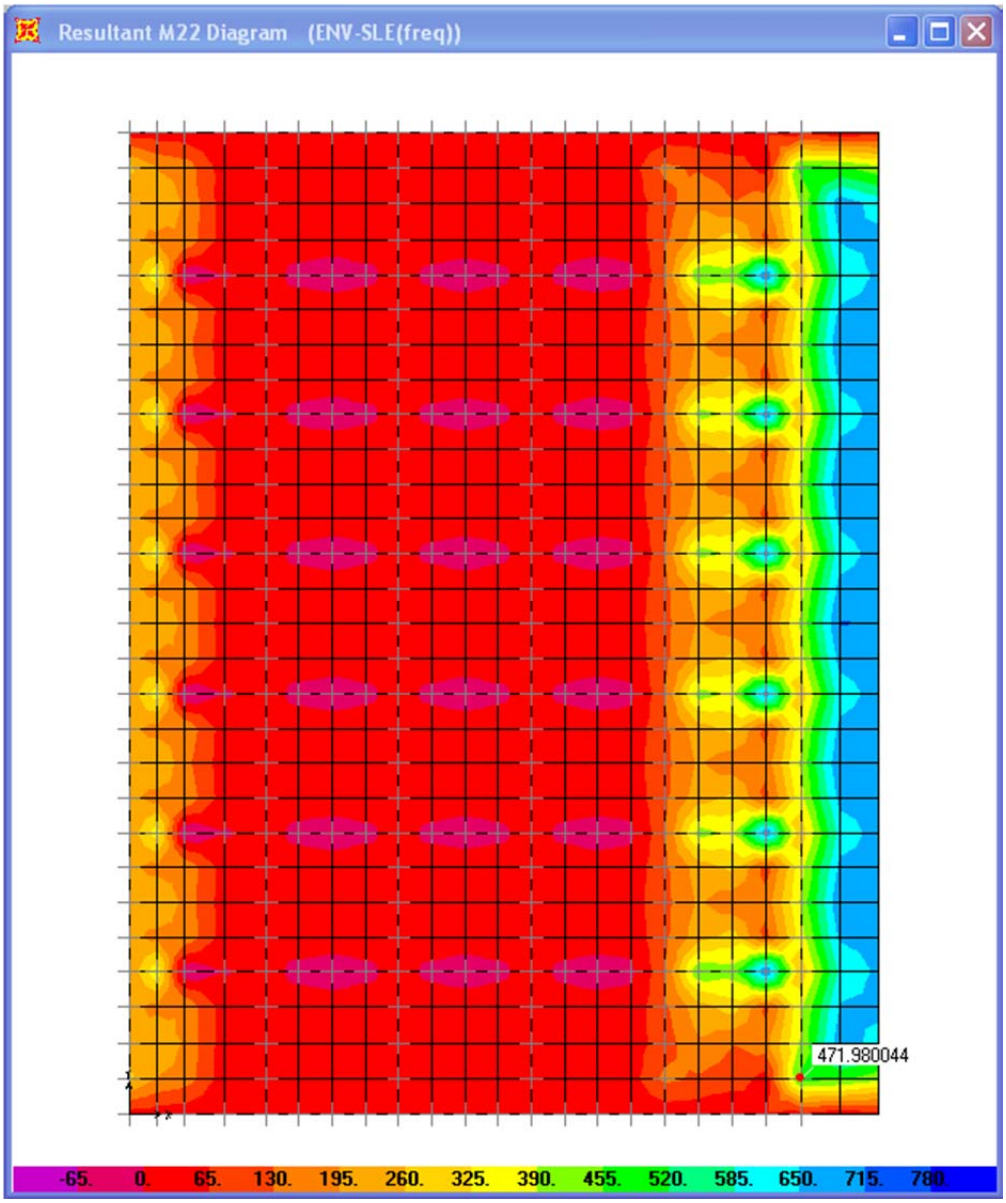


FIGURA 2-18 - INVILUPPO M22_MAX(SLE-FREQ.) - CASSONI CORRENTI [KNM/M]

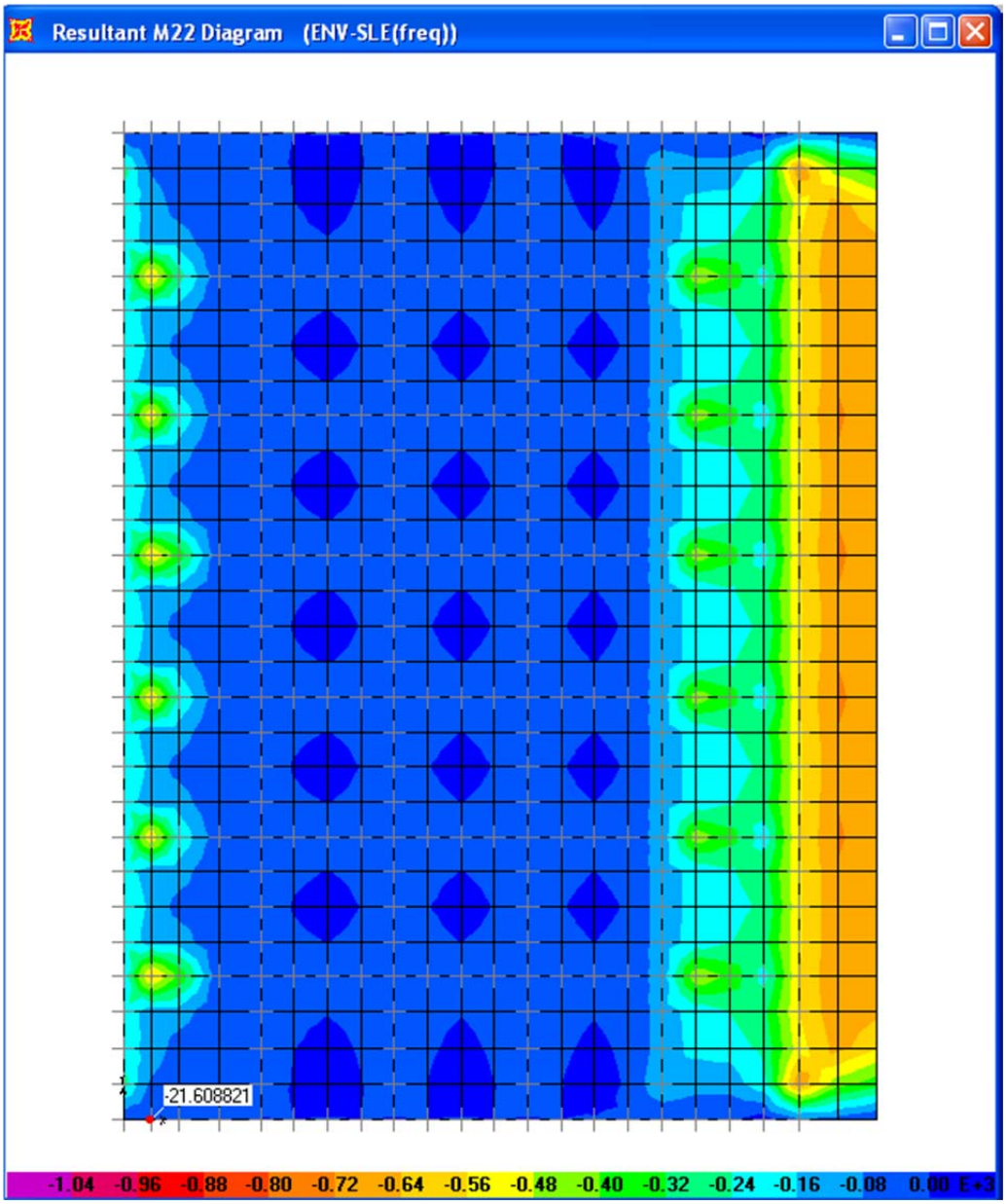


FIGURA 2-19 - INVILUPPO M22_MIN(SLE-FREQ.) - CASSONI CORRENTI [KNM/M]

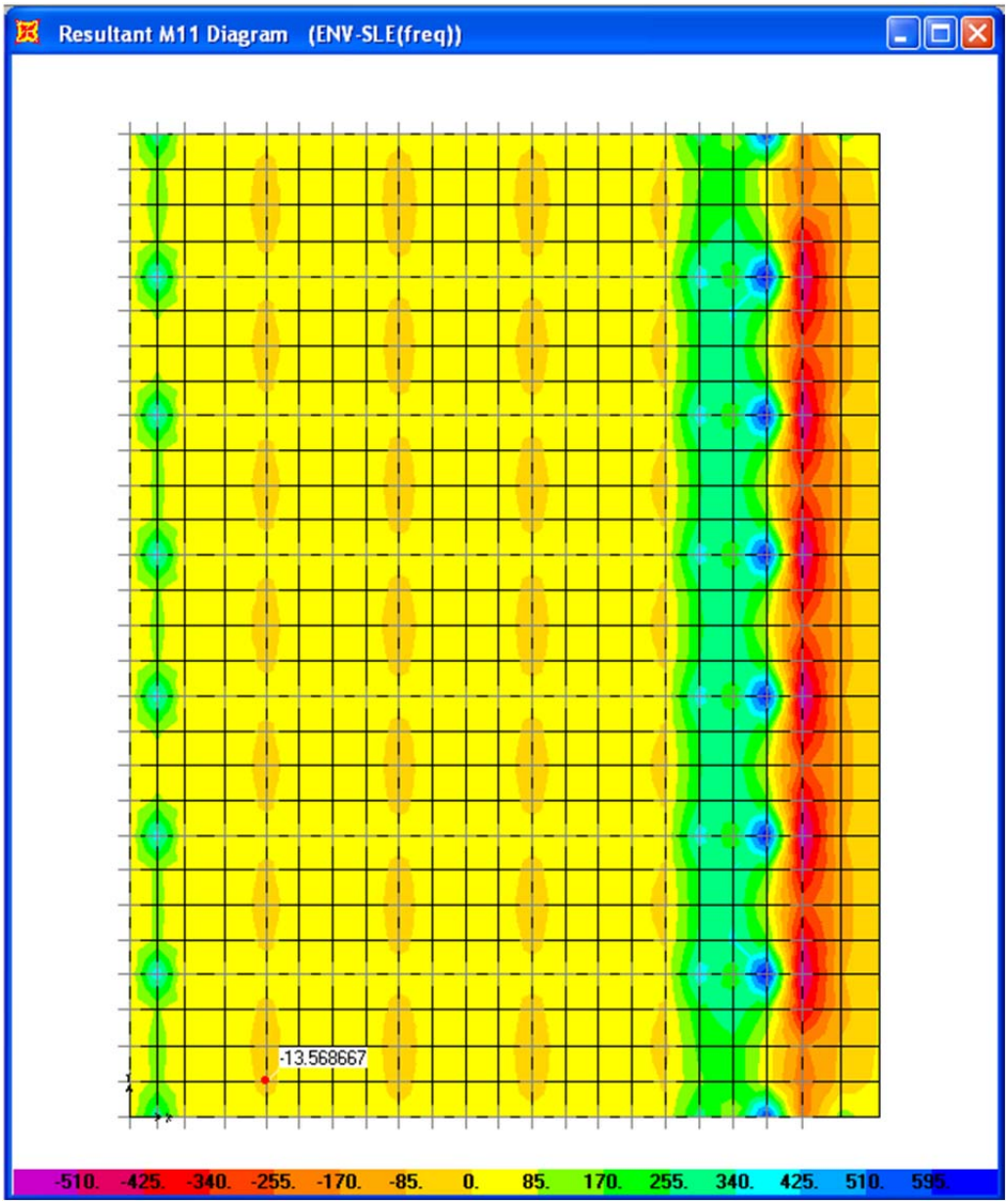


FIGURA 2-20 - INVILUPPO M11_MAX(SLE-FREQ.) - CASSONI CORRENTI [KNM/M]

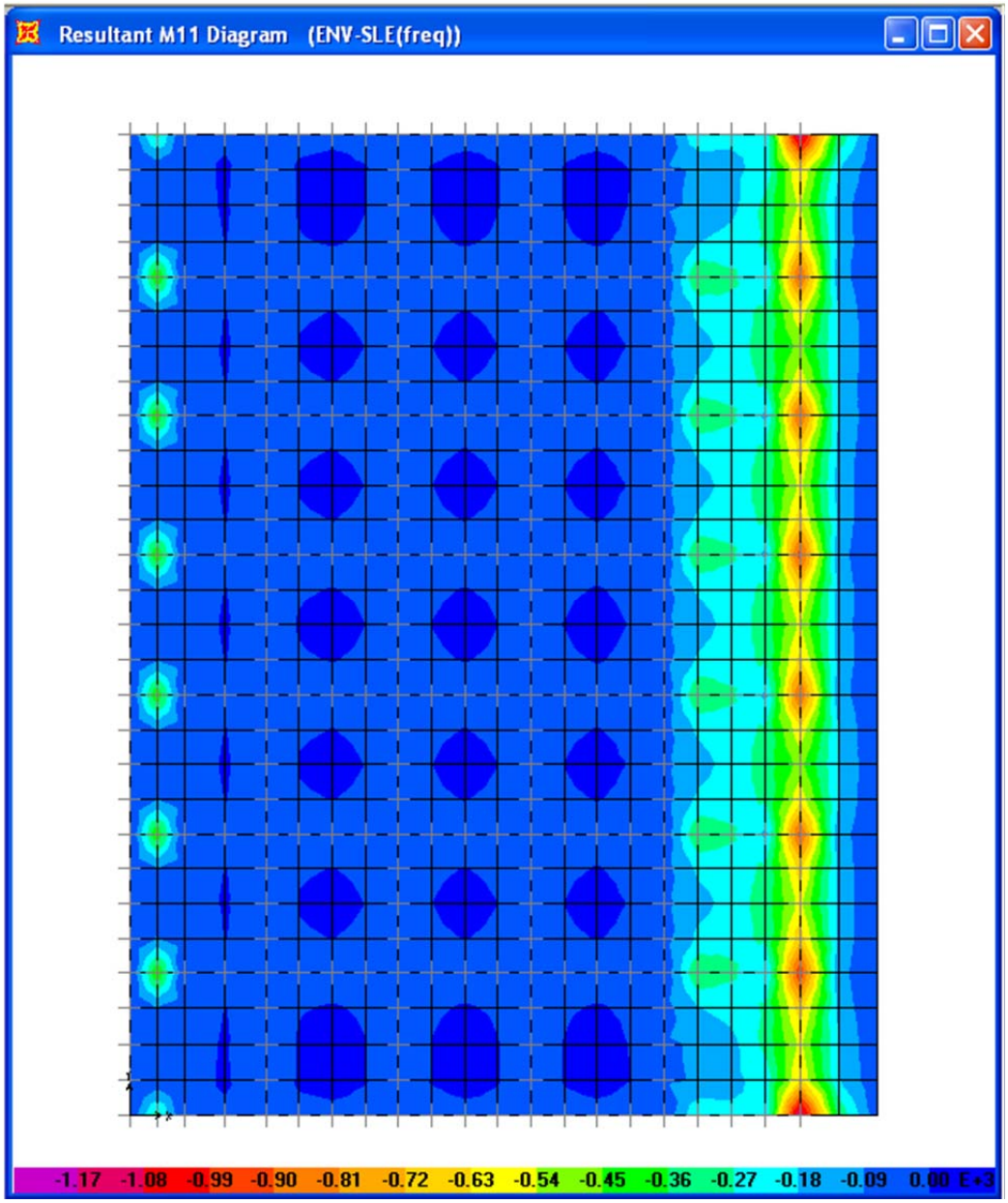


FIGURA 2-21 - INVILUPPO M11_MIN(SLE-FREQ.) - CASSONI CORRENTI [KNM/M]

Sezione	Sollecitazioni			Sezione		Armatura				Copriferro				
	Msd		Nsd	B	H	Inferiore		Superiore		Inf	Sup	σ_c	σ_s	w
		[kNm]	[kN]	[m]	[m]	T1	T2	T1	T2	[cm]	[cm]	[MPa]	[MPa]	[mm]
Sbalzo lato mare trasv. corrisp. Bitta Asse A-(M11)	M-	-800	+40	1.0	3.4	2.5Ø24	2.5Ø18	5Ø24		5	5	1.0	117	0.101
	M+	-500	+40	1.0	3.4	2.5Ø24	2.5Ø18	5Ø24		5	5	0.7	97	0.095
Trave gru lato mare senso trasversale Asse A-(M11)	M-	-800		1.0	1.70	2.5Ø24	2.5Ø18	5Ø24		5	5	3.2	224	0.194
	M+	-500		1.0	1.70	2.5Ø24	2.5Ø18	5Ø24		5	5	2.2	178	0.174
Sbalzo lato mare senso long. corrente Assi M-N-O-(M22)	M+	+700	+30	1.0	3.4	2.5Ø24	2.5Ø20	2.5Ø24	2.5Ø20	6.4	6.4	1.0	119	0.126
	M-	-700	+30	1.0	3.4	2.5Ø24	2.5Ø20	2.5Ø24	2.5Ø20	6.4	6.4	1.0	119	0.126
Trave gru lato mare senso long. Assi M-N-O – (M22)	M+	+500		1.0	1.70	Per verifiche orditura longitudinale trave gru vedere sotto								
	M-	-430		1.0	1.70									
Sol.Cell. 2-3-4-5 Assi B-C-D-E (M11)	M+	+45		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø18		5	5	2.6	169	0.176
	M-	-70		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø18	2.5Ø18	5	5	3.0	134	0.120
Sol.Cell.7-8-9-10/12-13-14-15 Assi B-C-D-E (M11)	M+	+40		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø18		5	5	2.3	150	0.156
	M-	-60		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø18	2.5Ø16	5	5	2.7	128	0.121
Sol. Celle da 2-7-12-17/3-8-13-18/4-9-14-19/5-10-15-20 Assi M-N-O (M22)	M+	+40		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø16		6.8	6.8	2.3	150	0.156
	M-	-50		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø16	2.5Ø18	6.8	6.8	2.2	107	0.10
Trave gru lato terra senso long. (M22)	M+	+320		1.0	1.70	Per verifiche orditura longitudinale trave gru vedere sotto								
	M-	-530		1.0	1.70									
NB: I momenti positivi tendono le fibre inferiori, i momenti negativi tendono le fibre superiori. N positivo trazione. N negativo compressione														

TABELLA 2-2 - SOVRASTRUTTURA CASSONI CORRENTI - VERIFICHE CEMENTO ARMATO AGLI SLE(FREQUENTI)

Di seguito si riportano le verifiche agli Stati Limiti d'Esercizio della trave gru per le combinazioni frequenti:

Trave gru lato mare - Orditura superiore:

M=430kNm/m x 1.5m=645 kNm

B=1.5m H=2.00m

H1=1.926m A1=18.84cm^2(6Φ20)

H2=1.696m A2=28.26cm^2(9Φ20)

copriferro = 64mm, passo orditura = 200mm

σ_a = 88 N/mm^2 σ_c = 1.4 N/mm^2 w=0.098 mm

Trave gru lato mare - Orditura inferiore:

M=500kNm/m x 1.5m=750 kNm

B=1.0m H=2.00m

H1=1.926m A1=37.68cm^2(12Φ20)

copriferro = 64mm, passo orditura = 200mm

σ_a = 109 N/mm^2 σ_c = 2.0 N/mm^2 w=0.081 mm

Trave gru lato terra - Orditura superiore:

M=530kNm/m x 1.5m=795 kNm

B=1.5m H=2.00m

H1=1.926m A1=18.84cm^2(6Φ20)

H2=1.696m A2=28.26cm^2(9Φ20)

copriferro = 64mm, passo orditura = 200mm

σ_a = 108 N/mm^2 σ_c = 1.7 N/mm^2 w=0.121 mm

Trave gru lato terra - Orditura inferiore:

M=320kNm/m x 1.5m=480 kNm

B=1.0m H=2.00m

H1=1.926m A1=37.68cm^2(12Φ20)

copriferro = 64mm, passo orditura = 200mm

σ_a = 70 N/mm^2 σ_c = 1.3 N/mm^2 w=0.052 mm

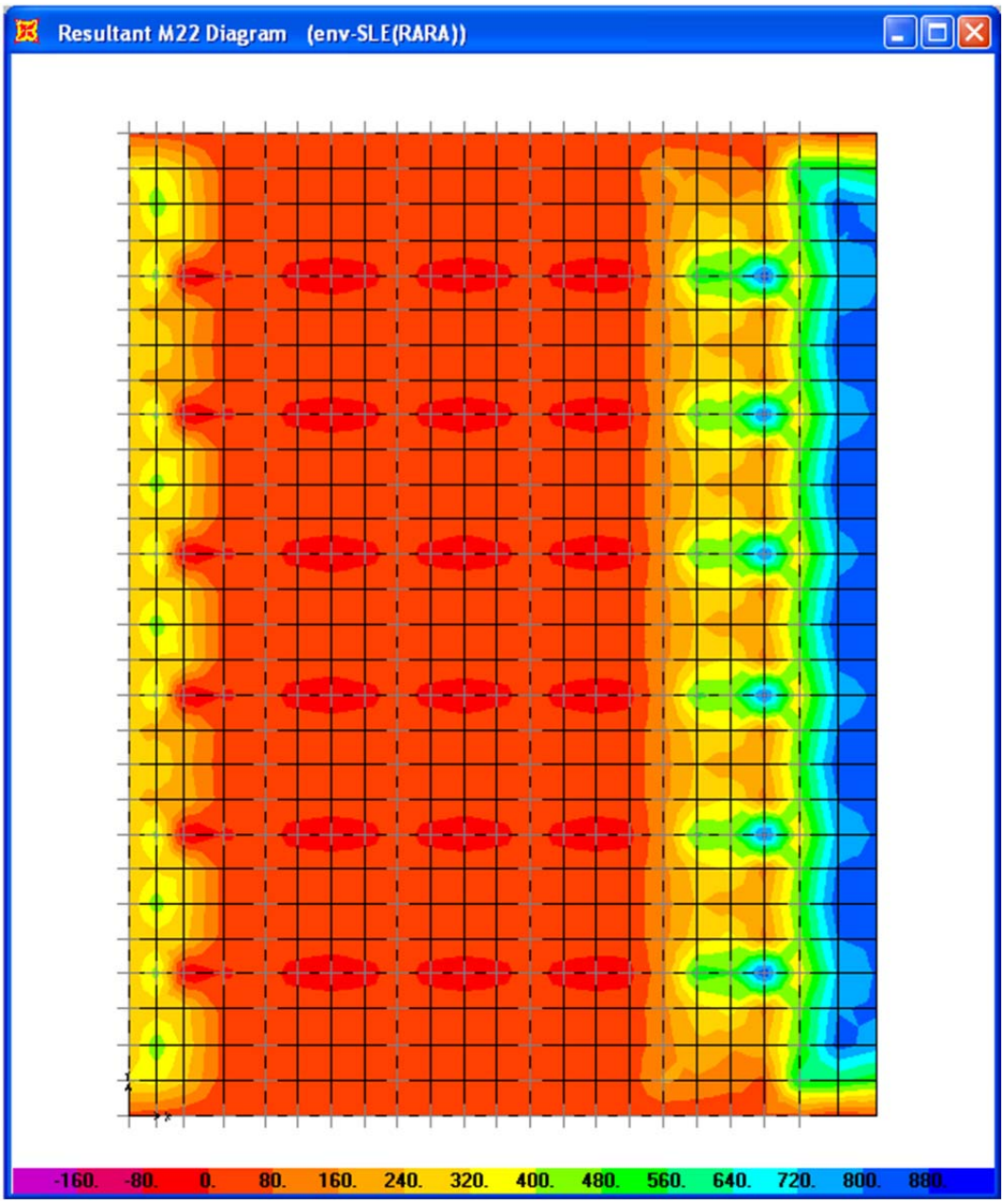


FIGURA 2-22 - INVILUPPO M22_MAX(SLE-RARE) - CASSONI CORRENTI [KNM/M]

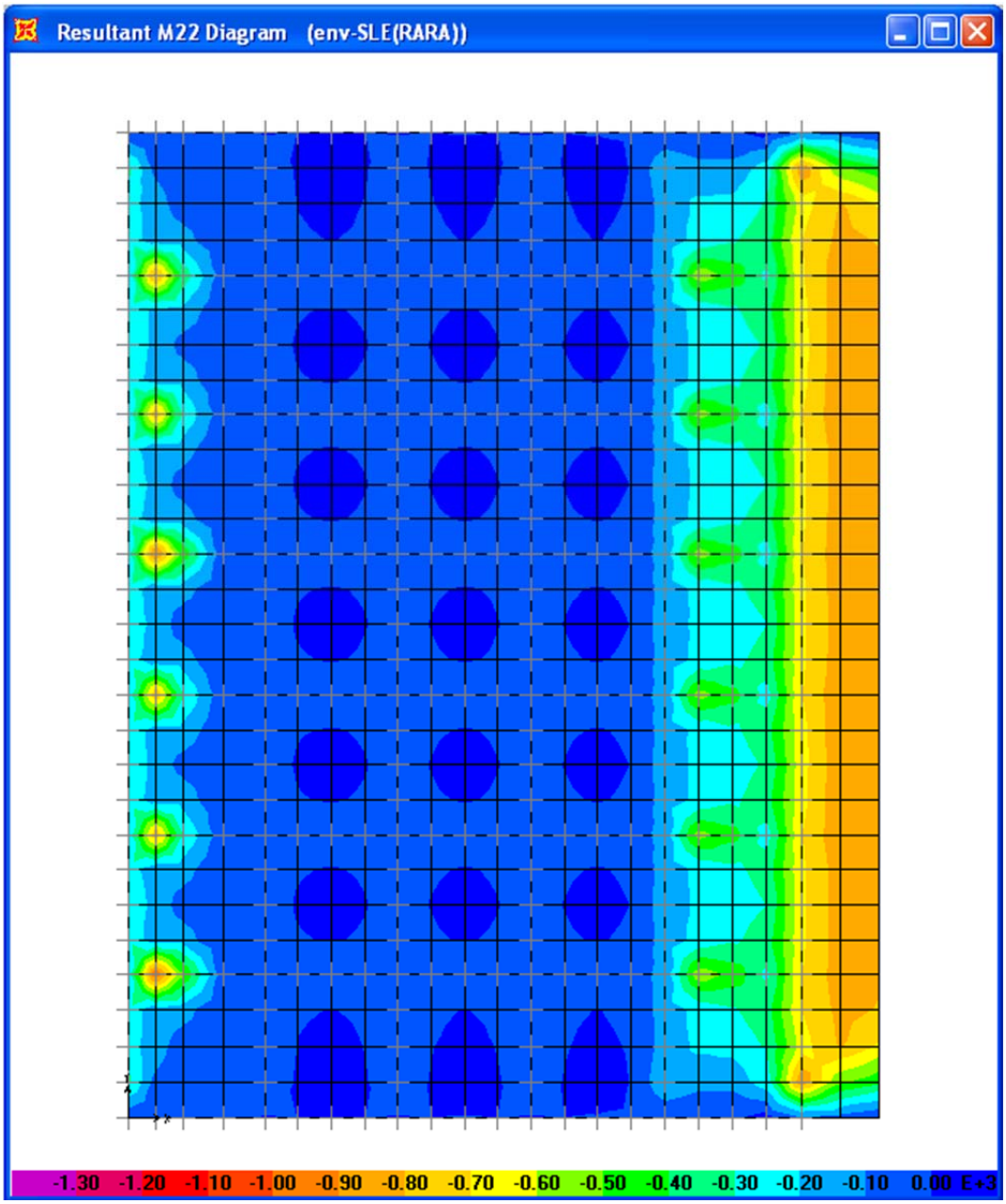


FIGURA 2-23 - INVILUPPO M22_MIN(SLE-RARE) - CASSONI CORRENTI [KNM/M]

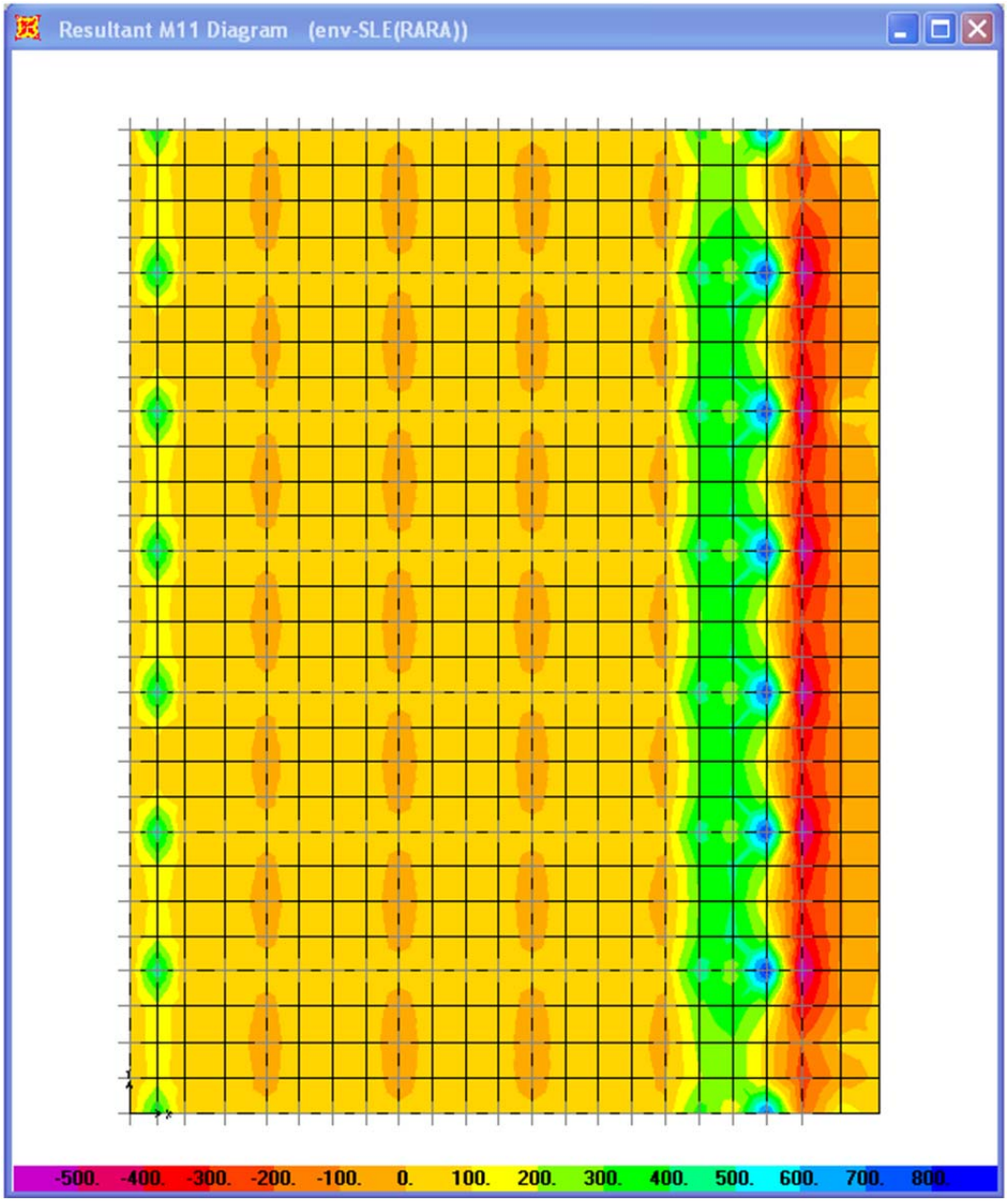


FIGURA 2-24 - INVILUPPO M11_MAX(SLE-RARE) - CASSONI CORRENTI [KNM/M]

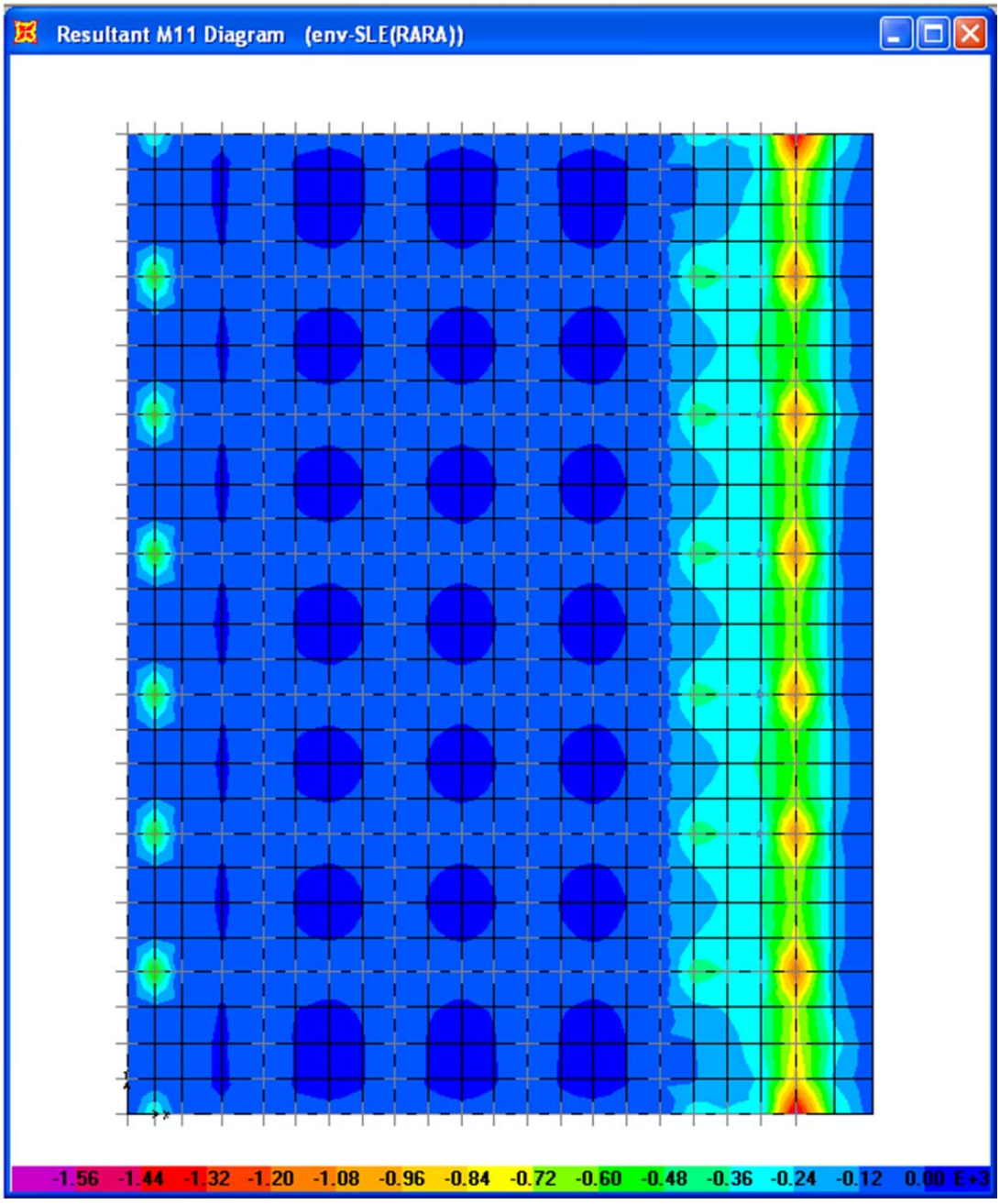


FIGURA 2-25 - INVILUPPO M11_MIN(SLE-RARE) - CASSONI CORRENTI [KNM/M]

Sezione	Sollecitazioni			Sezione		Armatura				Copriferro			
	Msd		Nsd	B	H	Inferiore		Superiore		Inf	Sup	σ_c	σ_s
		[kNm]	[kN]	[m]	[m]	T1	T2	T1	T2	[cm]	[cm]	[MPa]	[MPa]
Sbalzo lato mare trasv. corrisp. Bitta Asse A-(M11)	M-	-950	+130	1.0	3.4	2.5Ø24	2.5Ø18	5Ø24		5	5	1.2	155
	M+	-500	+130	1.0	3.4	2.5Ø24	2.5Ø18	5Ø24		5	5	0.6	95
Trave gru lato mare senso trasversale Asse A-(M11)	M-	-950		1.0	1.70	2.5Ø24	2.5Ø18	5Ø24		5	5	3.8	267
	M+	-500		1.0	1.70	2.5Ø24	2.5Ø18	5Ø24		5	5	2.0	140
Sbalzo lato mare senso long. corrente Assi M-N-O-(M22)	M+	+850	+110	1.0	3.4	2.5Ø24	2.5Ø20	2.5Ø24	2.5Ø20	6.4	6.4	1.2	163
	M-	-850	+110	1.0	3.4	2.5Ø24	2.5Ø20	2.5Ø24	2.5Ø20	6.4	6.4	1.2	163
Trave gru lato mare senso long. Assi M-N-O – (M22)	M+	+700		1.0	1.70	Per verifiche orditura longitudinale trave gru vedere sotto							
	M-	-490		1.0	1.70								
Sol.Cell. 2-3-4-5 Assi B-C-D-E (M11)	M+	+60		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø18		5	5	3.4	225
	M-	-95		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø18	2.5Ø18	5	5	4.0	182
Sol.Cell.7-8-9-10/12-13-14-15 Assi B-C-D-E (M11)	M+	+50		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø18		5	5	2.8	187
	M-	-75		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø18	2.5Ø16	5	5	3.3	160
Sol. Celle da 2-7-12-17/3-8-13-18/4-9-14-19/5-10-15-20 Assi M-N-O (M22)	M+	+50		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø16		6.8	6.8	3.1	195
	M-	-75		1.0	0.5	2.5Ø18		2.5Ø16	2.5Ø18	6.8	6.8	3.6	167
Trave gru lato terra senso long. (M22)	M+	+400		1.0	1.70	Per verifiche orditura longitudinale trave gru vedere sotto							
	M-	-800		1.0	1.70								
NB: I momenti positivi tendono le fibre inferiori, i momenti negativi tendono le fibre superiori. N positivo trazione. N negativo compressione													

TABELLA 2-3 - SOVRASTRUTTURA CASSONI CORRENTI - VERIFICHE CEMENTO ARMATO AGLI SLE(RARE)

Di seguito si riportano le verifiche agli Stati Limite d'Esercizio della trave gru per le combinazioni rare:

<u>Trave gru lato mare - Orditura superiore:</u>

M=490kNm/m x 1.5m=735 kNm

B=1.5m H=2.00m

H1=1.926m A1=18.84cm^2(6Φ20)

H2=1.696m A2=28.26cm^2(9Φ20)

σ_a = 100 N/mm^2 σ_c = 1.6 N/mm^2

<u>Trave gru lato mare - Orditura inferiore:</u>

M=700kNm/m x 1.5m=1050 kNm

B=1.0m H=2.00m

H1=1.926m A1=37.68cm^2(12Φ20)

σ_a = 151 N/mm^2 σ_c = 2.2 N/mm^2

<u>Trave gru lato terra - Orditura superiore:</u>

M=800kNm/m x 1.5m=1200 kNm

B=1.5m H=2.00m

H1=1.926m A1=18.84cm^2(6Φ20)

H2=1.696m A2=28.26cm^2(9Φ20)

σ_a = 164 N/mm^2 σ_c = 2.6 N/mm^2

<u>Trave gru lato terra - Orditura inferiore:</u>

M=400kNm/m x 1.5m=600 kNm

B=1.0m H=2.00m

H1=1.926m A1=37.68cm^2(12Φ20)

$\sigma_a = 86$ N/mm^2 $\sigma_c = 1.3$ N/mm^2

2.4 Verifica di stabilità concio di sovrastruttura

La sovrastruttura verrà gettata sopra il cassone una volta affondato e riempito. Sul cassone sono previsti dei monconi di ripresa verticali di Φ12/400mm disposti sui setti e pareti del cassone per legare la sovrastruttura al cassone sottostante. Di seguito si verifica la sicurezza di scorrimento di un concio di sovrastruttura contando soltanto sull'attrito fra sovrastruttura e cassone.

Peso sovrastruttura: ≈26.8m^3/ml x 32m x 24.5kN/m^3= 21011kN

Riempimento : ≈24.2m^3/ml x 32m x 18.0kN/m^3= 13939kN

34950kN

Combinazioni di azioni orizzontali considerando rispettivamente, in favore di sicurezza, numero 2 bitte e parabordi:

- Bitta: 1.5x500x2=1500kN (A1-M1), 1.3x500x2=1300kN (A2-M2)
- FS=0.57x34950/1500=13.3
- FS=0.48x34950/1300=12.9
- Parabordo: 1.5x1638x2=4914kN (A1-M1), 1.3x1638x2=3062kN (A2-M2)
- FS=0.57x34950/4914=4.05
- FS=0.48x34950/3062=5.48
- Sisma: 34950x0.15=5243kN
- FS=0.48x34950x(1-0.075)/5243=2.96

La sovrastruttura è stabile allo scorrimento per gravità.

3 VERIFICA C.A. DELLA SOVRASTRUTTURA SUL CASSONE A2

L'orditura della sovrastruttura sul cassone A2 è uguale a quella per i cassoni reggispinta in radice alla piattaforma, relazione MI010P-PE-S-C-R-1004-C1, già dimensionato nella fase 1 del progetto esecutivo.

4 VERIFICHE LOCALI

Di seguito si riportano le verifiche della orditura in corrispondenza degli respingenti e degli punti di sollevamento gru nonché i perni antiuragano.

4.1 Respingenti

In corrispondenza del respingente viene trasmesso uno sforzo orizzontale a q.ta +6.335 l.m.m. che in mezzeria della trave gru diventa una trazione e un momento flettente. La forza della fine corsa viene riportata fino in mezzeria della trave gru come una trazione e un momento flettente. Di seguito si riporta lo schema con la geometria dei carichi considerata.

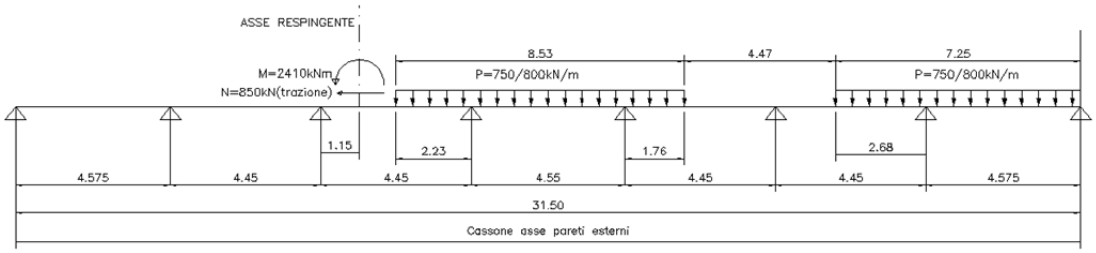


FIGURA 4-1 - SCHEMA STATICA RESPINGENTE TRAVE GRU LATO BANCHINA CONTAINER

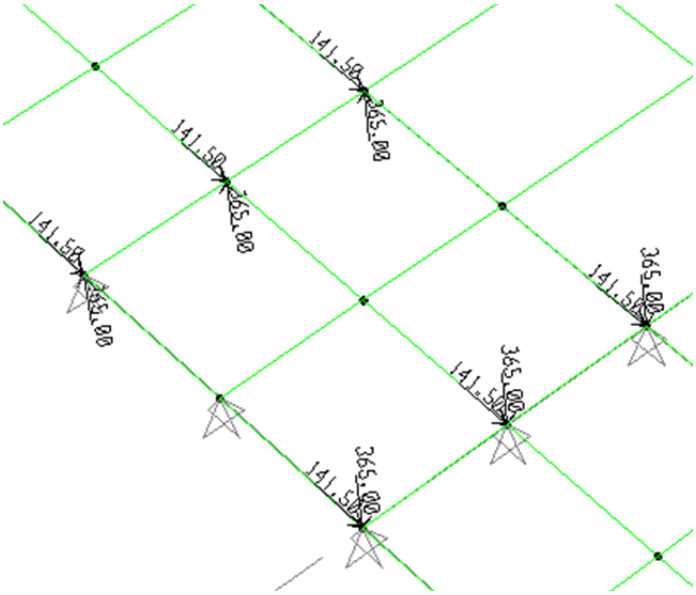


FIGURA 4-2 - SCHEMA CARICHI APPLICATI LATO BANCHINA CONTAINER

Di seguito si riportano i diagrammi degli sforzi nominali nella zona interessata dal respingente.

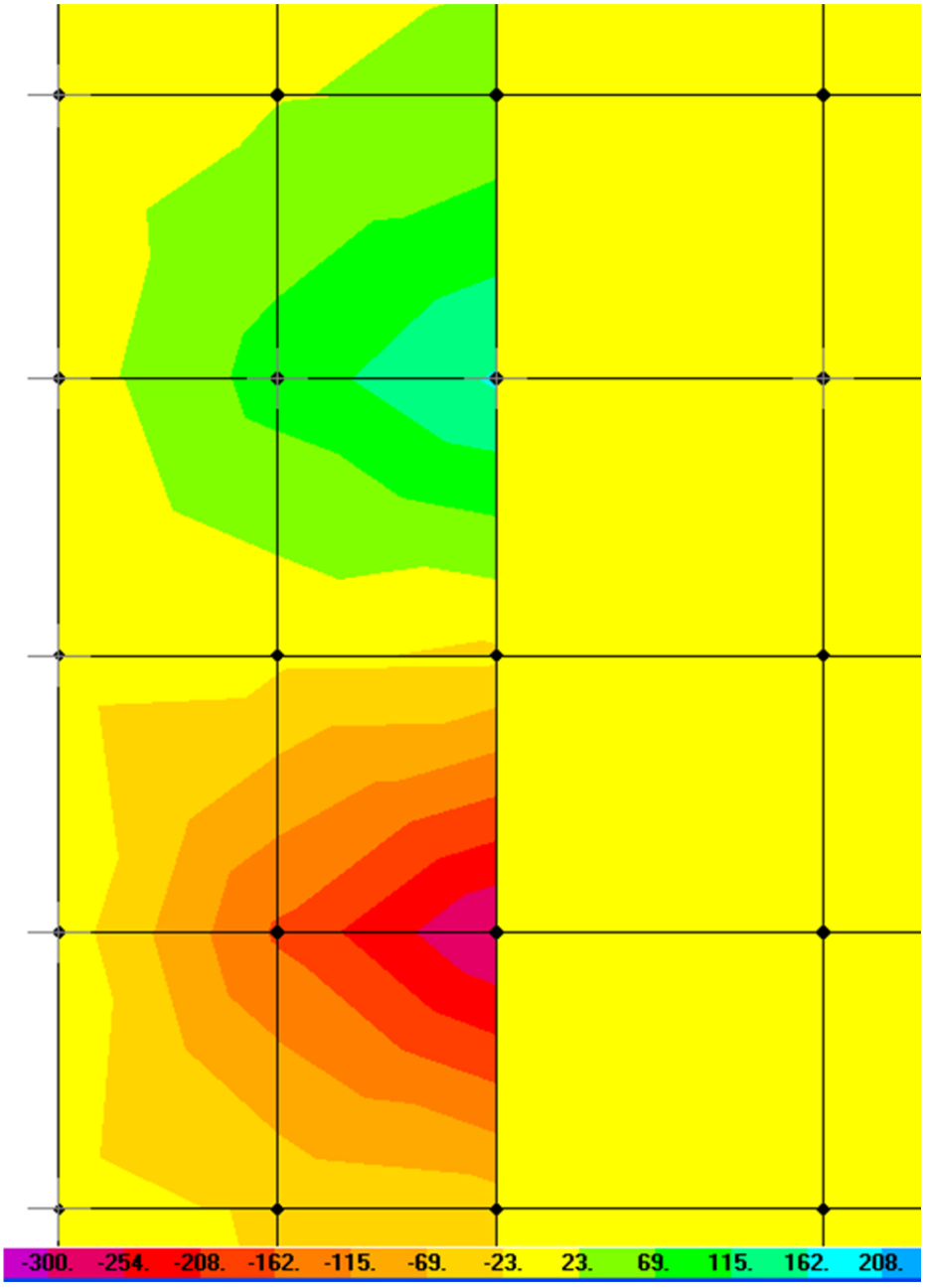


FIGURA 4-3 - LATO BANCHINA CONTAINER - M22 NOMINALE [KNM/M]

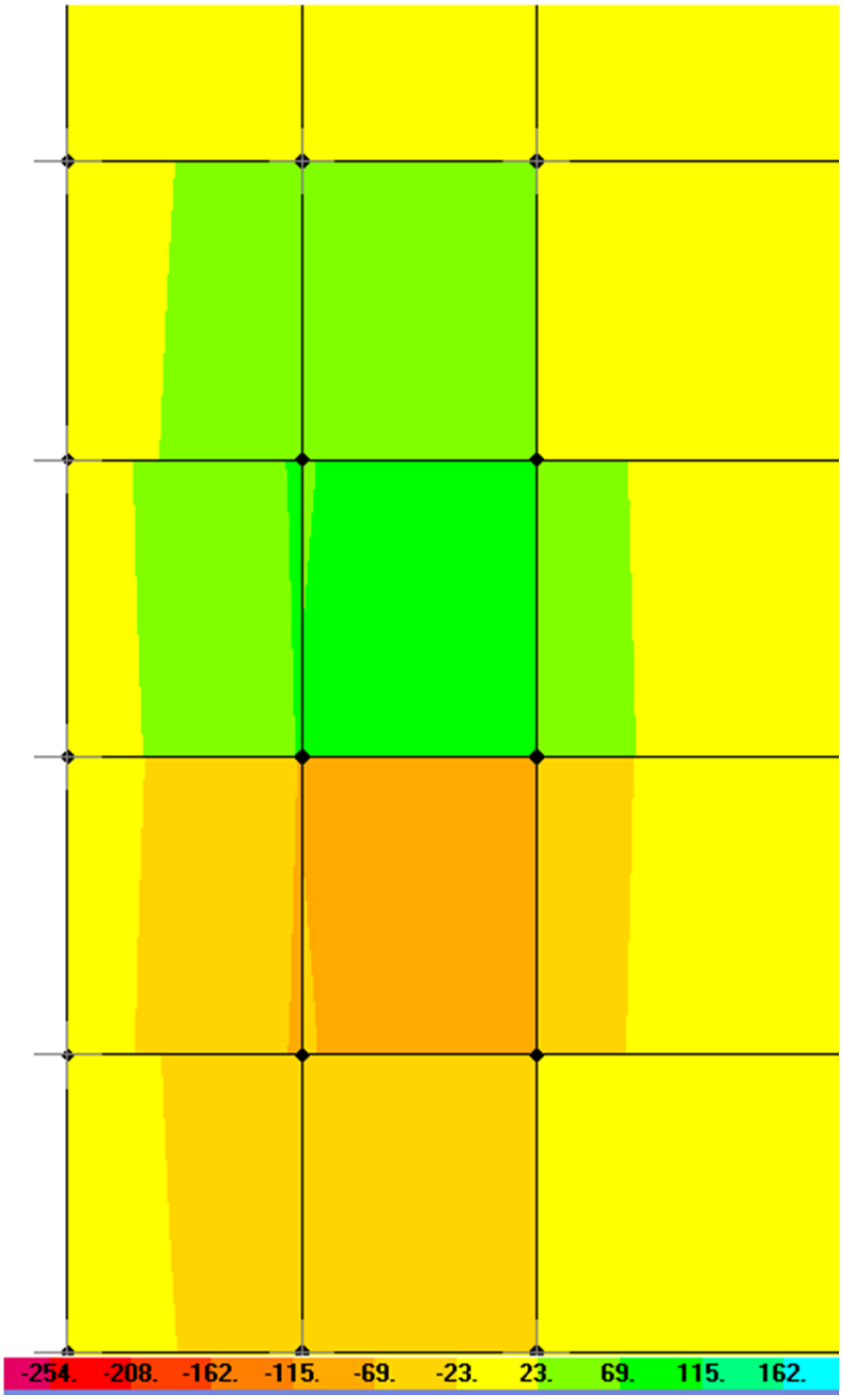


FIGURA 4-4 - LATO BANCHINA CONTAINER - F22 NOMINALE [KN/M]

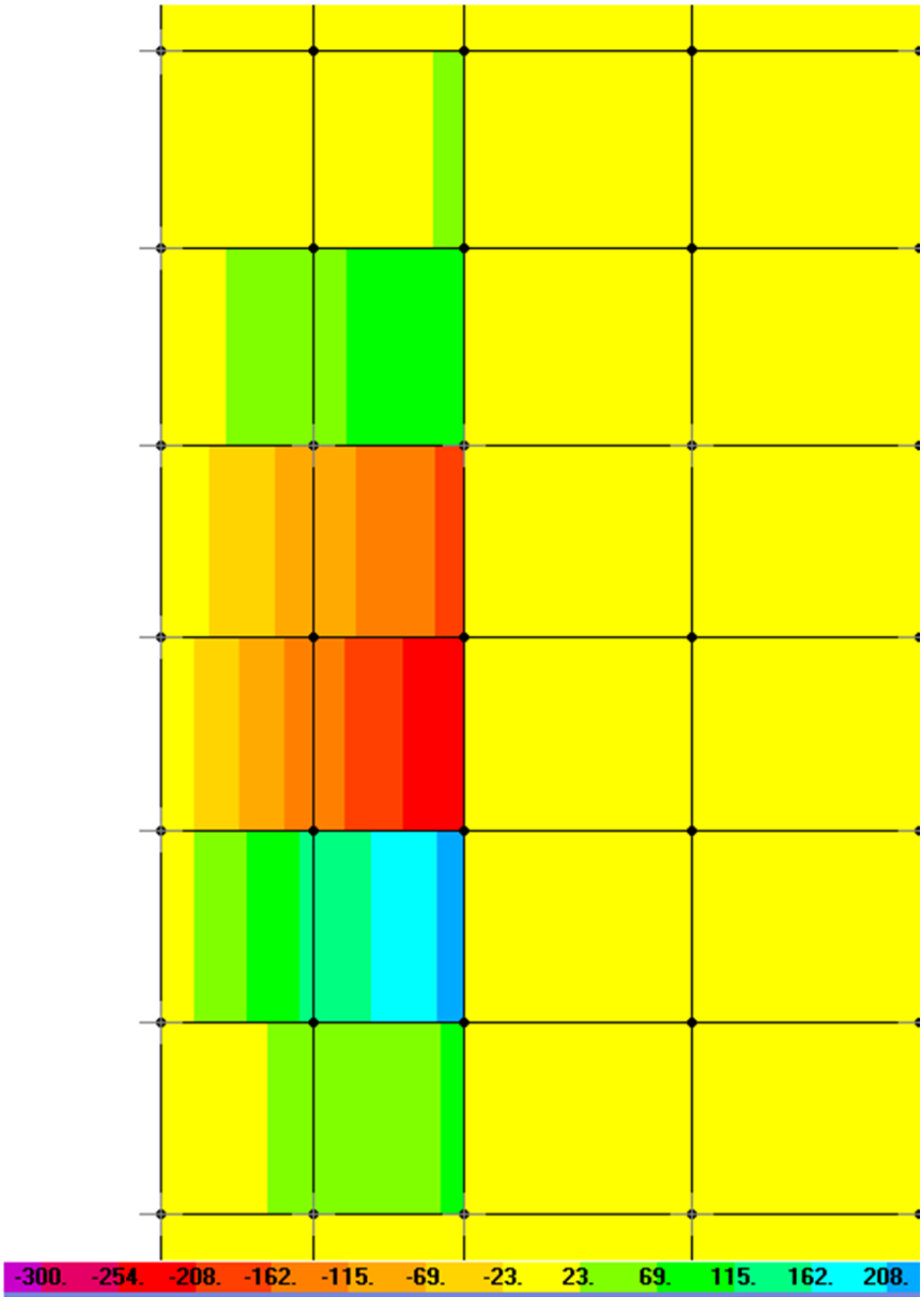


FIGURA 4-5 - LATO BANCHINA CONTAINER - V23 NOMINALE [KN/M]

Verifica agli SLU in corrispondenza respingente

M_{Sd}=-160kNm/m x 1.5m = -240kNm

M_{Sd}=+115kNm/m x 1.5m = +170kNm

N_{Sd}=+100x1.5m = +150kN (trazione)

V_{sd}=160kN/m x1.5m = 240kN

Le sollecitazioni sono contenute. Pertanto l'orditura corrente è adeguata.

Per quanto riguarda il respingente lato banchina petroli, la situazione è simile con l'unica differenza che l'asse del respingente si trova leggermente più lontano dal setto del cassone, 1.7m anziché 1.15m.

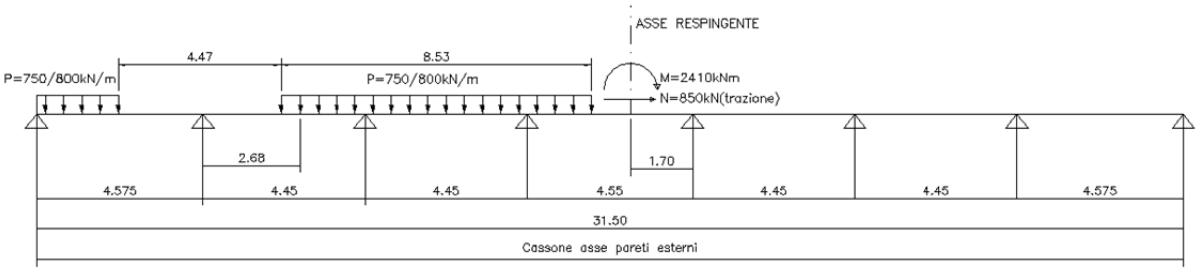


FIGURA 4-6 - SCHEMA STATICA RESPINGENTE TRAVE GRU LATO BANCHINA PETROLI

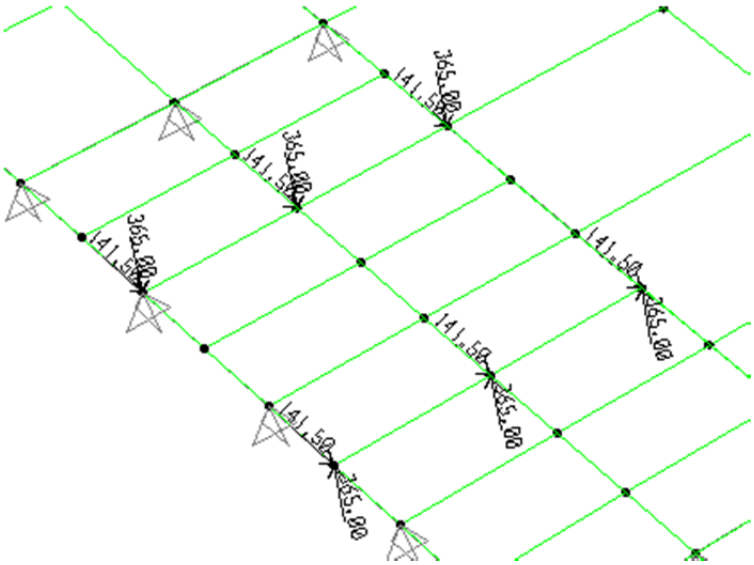


FIGURA 4-7 - SCHEMA CARICHI APPLICATI LATO BANCHINA PETROLI

Di seguito si riportano i diagrammi degli sforzi nominali nella zona interessata dal respingente.

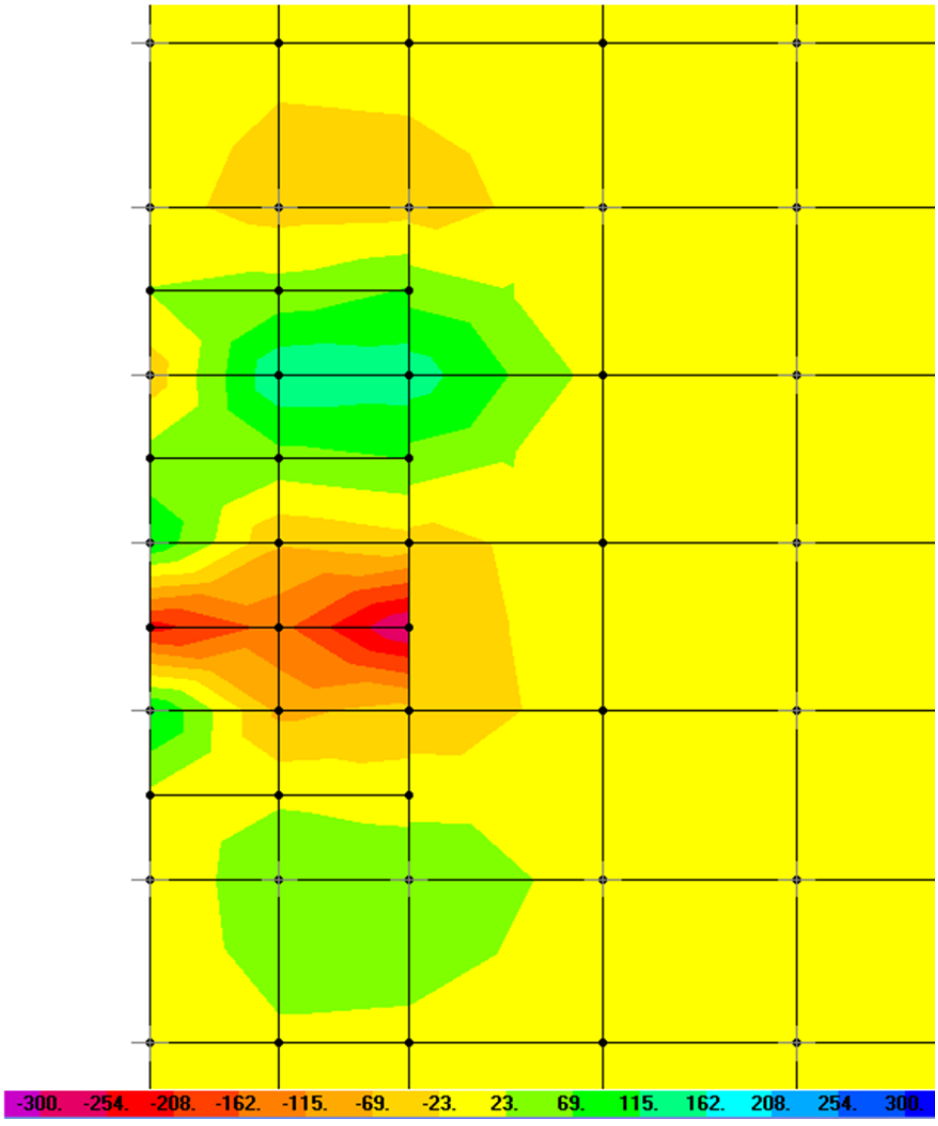


FIGURA 4-8 - LATO BANCHINA PETROLI - M22 NOMINALE [KNM/M]

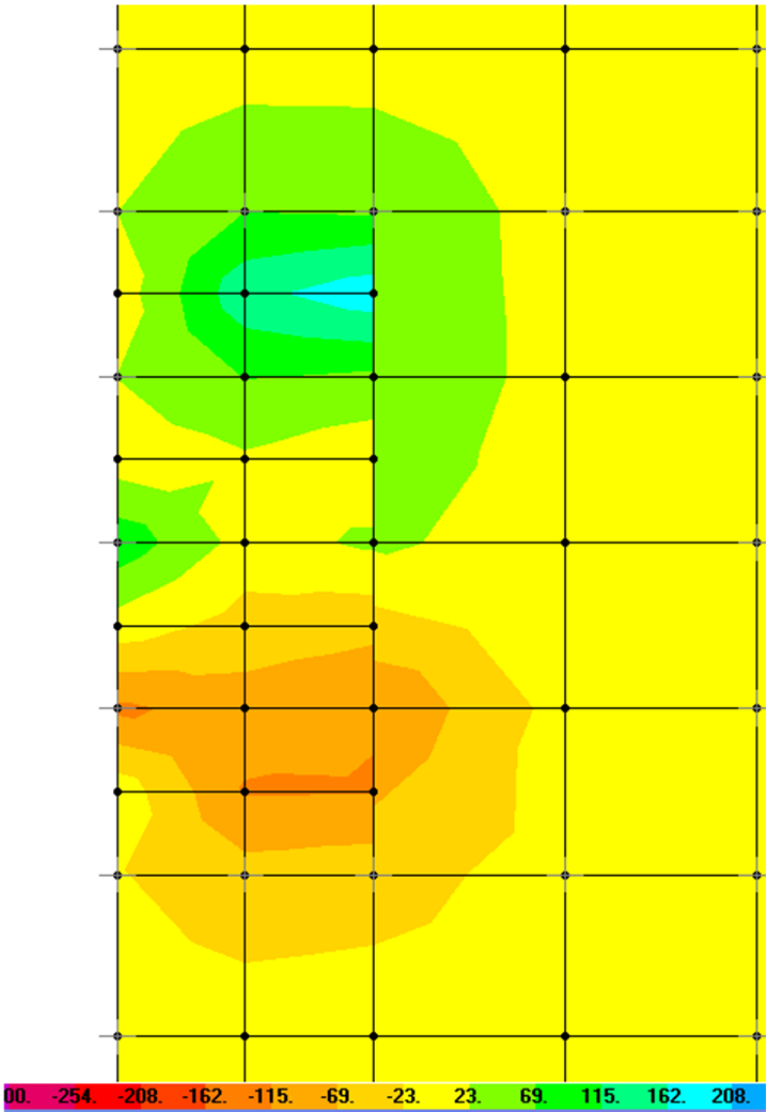


FIGURA 4-9 - LATO BANCHINA PETROLI - F22 NOMINALE [KN/M]

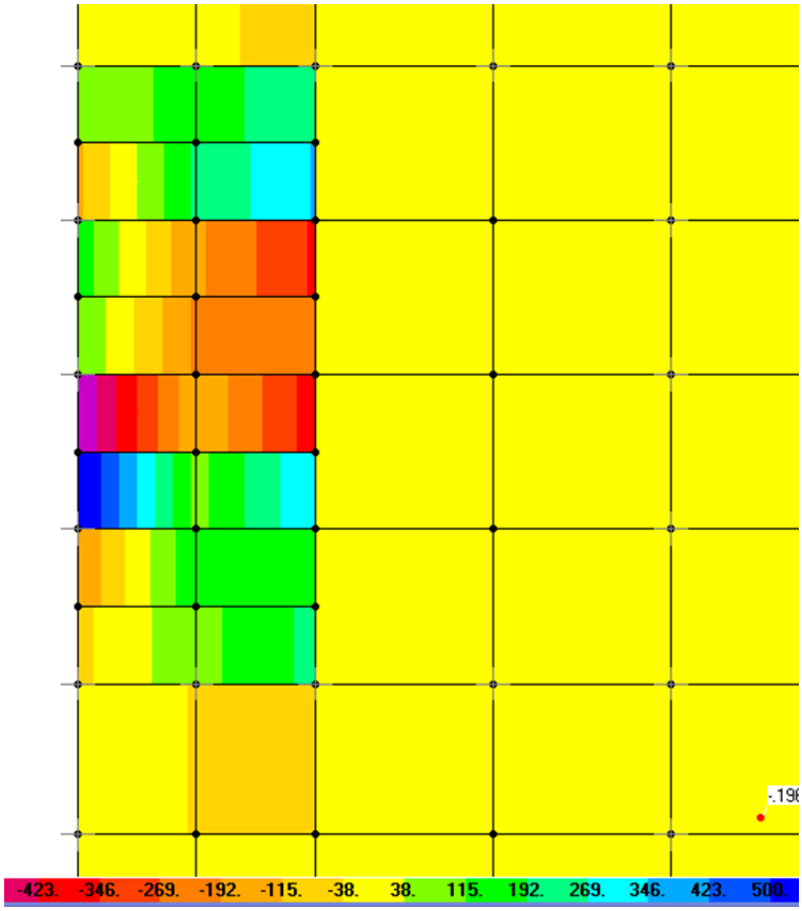


FIGURA 4-10 - LATO BANCHINA PETROLI - V23 NOMINALE [KN/M]

Verifica agli SLU in corrispondenza respingente

M_{Sd}=-150kNm/m x 1.5m = -225kNm

M_{Sd}=+150kNm/m x 1.5m = +225kNm

N_{Sd}=+120x1.5m = +180kN (trazione)

V_{sd}=300kN/m x1.5m = 450kN

Le sollecitazioni sono contenute. Pertanto l'orditura corrente è adeguata.