



SEZIONE DEL GENIO MILITARE
PER LA MARINA
CAGLIARI

PROGETTO DEFINITIVO

LA MADDALENA - ISOLA DI S. STEFANO
BATTERIA PUNTA DELLO ZUCCHERO

LAVORI DI: RICONFIGURAZIONE DEL PONTILE SUD
DELL'ISOLA DI SANTO STEFANO

ELABORATO

Elaborato:

Relazione specialistica

PD.E02

Criteri di impostazione e di verifica delle strutture

Data: Novembre 2014

IL PROGETTISTA:

Ing. Domenico Nicolini



IL DIRETTORE
Ten. Col. g. BERTELLI Maurizio

1. RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA

La presente relazione riguarda le opere strutturali relative al progetto definitivo dei lavori di “*Riconfigurazione del pontile sud dell’ Isola di Santo Stefano - Batteria Punta dello Zuccherò - La Maddalena (OT)*”, finalizzato a garantire l’ attracco affiancato di unità navali “*Classe Cavour*”.

Attualmente il pontile, il cui estradosso è ad una quota costante pari a +3.50m s.l.m., è composto da:

- un tratto verticale, perpendicolare alla darsena, di larghezza costante pari a 10.00m e di lunghezza pari a 48.33m;
- un tratto orizzontale, parallelo alla darsena, di larghezza costante pari a 10.00m e di lunghezza pari a 124.81m, al lordo dell’ area di manovra in testata, avente una forma planimetrica rettangolare con dimensioni in pianta pari a 24.15x20.00m.

Dal punto di vista strutturale, è costituito da n. 10 (dieci) cassoni in conglomerato cementizio armato, collegati tra loro mediante un impalcato composto da travi in c.a.p. ad “U” semplicemente appoggiate con sovrastante getto di calcestruzzo in opera. Ogni singolo cassone è completato da una sovrastruttura, anch’ essa in c.a., sulla quale sono posizionati gli arredi di banchina, costituiti da:

- bitta da 120t posizionata sul lato esterno del pontile;
- bitta da 80t sul lato interno (lato darsena);
- parabordo avente lunghezza pari a 3.00m, diametro esterno di 1.40m ed interno di 0.70m;
- scaletta alla marinara.

Per garantire alle unità navali “*Classe Cavour*” l’ attracco affiancato al pontile in oggetto, è necessario che questo abbia una quota costante pari a +2.50m s.l.m.; nasce pertanto l’ esigenza di abbassare il pontile, unitamente a quella di ampliarne la testata,

in maniera tale che i mezzi (autocarro tipo IVECO EUROTECH 190E27/L) possano manovrare in sicurezza durante le operazioni di carico/scarico della nave.

Dal punto di vista progettuale questo si traduce nelle seguenti lavorazioni:

- rimozione dell' impalcato, che funge da collegamento tra i cassoni n. 7-8-9-10;
- taglio dei cassoni n. 8-9-10, con relativa sovrastruttura, da +3.50m a +0.50m;
- realizzazione dei nuovi cassoni n. 16-17-18 al fine dell' ampliamento della testata del pontile, per ognuno dei quali la relativa sovrastruttura presenta, all' estradosso, un' altezza costante di +2.50m s.l.m.;
- realizzazione del cassone isolato n. 19, con funzioni di bricola;
- ricostruzione del cassone n. 8 in maniera tale che la relativa sovrastruttura presenti, all' estradosso, un' altezza di +2.50m s.l.m.;
- ricostruzione dei cassoni n. 9 e 10 in maniera tale che la relativa sovrastruttura presenti, all' estradosso, un' altezza di +2.50m s.l.m.;
- realizzazione dell' impalcato tra i cassoni n. 7-8-9 mediante tegoli di solaio ad "U" in c.a.p. e sovrastante getto di completamento in opera in c.a.; l' impalcato, nella porzione compresa tra i cassoni 7-8 ed 8-9, ha un andamento a rampa con pendenza costante pari al 3.6% in maniera tale da consentire un graduale raccordo tra la porzione di pontile a quota +3.50m s.l.m. (non oggetto di intervento) e quella di nuova realizzazione a +2.50m s.l.m.;
- realizzazione dell' impalcato tra i cassoni n. 9-10-16-17-18 mediante tegoli di solaio ad "U" in c.a.p. e sovrastante getto di completamento in opera in c.a.; tale l' impalcato, in tutta la sua estensione, presenta una quota costante pari a +2.50m s.l.m..

Più specificamente, dal punto di vista strutturale, l' intervento in progetto consiste pertanto nella realizzazione di diversi manufatti, di seguito descritti.

CASSONE 16: struttura in c.a. a sezione rettangolare pari a 9.00x22.00m in corrispondenza di fondo e mensola e pari a 7.00mx20.00m in corrispondenza del fusto mentre l' altezza totale, calcolata dal fondo alla sommità del fusto, è pari a 12.00m. E' composta da:

- fondo avente dimensioni in pianta pari a 7.00x20.00m, spessore costante pari a 60cm, armato con 1+1 ϕ 16/20cm in entrambe le direzioni;
- mensola, presente su tutto il perimetro, di larghezza pari a 100cm e spessore variabile da un massimo di 70cm in corrispondenza del fusto ad un minimo di 60cm in corrispondenza dell' estremità; è armata con 1 ϕ 12/20cm;
- fusto avente altezza di 11.60m, suddiviso in 12 (dodici) celle da setti di spessore pari a 30cm (perimetrali) e 20cm (interni). Tutti i setti sono armati con 1+1 ϕ 14/25cm, in entrambe le direzioni;
- sovrastruttura, di spessore pari a 2.00m, armata con fogli di rete elettrosaldata ϕ 14/30x30cm collegati tra loro mediante 1 ϕ 14/30cm in entrambe le direzioni.

CASSONE 17: struttura in c.a. a sezione rettangolare pari a 19.66x9.30m in corrispondenza di fondo e mensola e pari a 17.66mx7.30m in corrispondenza del fusto mentre l' altezza totale, calcolata dal fondo alla sommità del fusto, è pari a 9.00m. E' composta da:

- fondo avente dimensioni in pianta pari a 17.66x7.30m, spessore costante pari a 60cm, armato con 1+1 ϕ 16/20cm in entrambe le direzioni;
- mensola, presente su tutto il perimetro, di larghezza pari a 100cm e spessore variabile da un massimo di 70cm in corrispondenza del fusto ad un minimo di 60cm in corrispondenza dell' estremità; è armata con 1 ϕ 12/20cm;

- fusto avente altezza di 8.40m, suddiviso in 12 (dodici) celle da setti di spessore pari a 30cm (perimetrali) e 20cm (interni). Tutti i setti sono armati con 1+1 ϕ 14/25cm, in entrambe le direzioni;
- sovrastruttura, di spessore pari a 2.00m, armata con fogli di rete elettrosaldata ϕ 14/30x30cm collegati tra loro mediante 1 ϕ 14/30cm in entrambe le direzioni.

CASSONE 18: struttura in c.a. a sezione rettangolare pari a 9.00x9.30m in corrispondenza di fondo e mensola e pari a 7.00mx7.30m in corrispondenza del fusto mentre l' altezza totale, calcolata dal fondo alla sommità del fusto, è pari a 9.00m. E' composta da:

- fondo avente dimensioni in pianta pari a 7.00x7.30m, spessore costante pari a 60cm, armato con 1+1 ϕ 16/20cm in entrambe le direzioni;
- mensola, presente su tutto il perimetro, di larghezza pari a 100cm e spessore variabile da un massimo di 70cm in corrispondenza del fusto ad un minimo di 60cm in corrispondenza dell' estremità; è armata con 1 ϕ 12/20cm;
- fusto avente altezza di 8.40m, suddiviso in 4 (quattro) celle da setti di spessore pari a 30cm (perimetrali) e 20cm (interni). Tutti i setti sono armati con 1+1 ϕ 14/25cm, in entrambe le direzioni;
- sovrastruttura, di spessore pari a 2.00m, armata con fogli di rete elettrosaldata ϕ 14/30x30cm collegati tra loro mediante 1 ϕ 14/30cm in entrambe le direzioni.

CASSONE 19: struttura in c.a. a sezione rettangolare pari a 14.25x17.00m in corrispondenza di fondo e mensola e pari a 12.25mx15.00m in corrispondenza del fusto mentre l' altezza totale, calcolata dal fondo alla sommità del fusto, è pari a 10.00m. E' composta da:

- fondo avente dimensioni in pianta pari a 12.25x15.00m, spessore costante pari a 60cm, armato con 1+1 ϕ 16/20cm in entrambe le direzioni;

- mensola, presente su tutto il perimetro, di larghezza pari a 100cm e spessore variabile da un massimo di 70cm in corrispondenza del fusto ad un minimo di 60cm in corrispondenza dell' estremità; è armata con $1\phi 12/20$ cm;
- fusto avente altezza di 9.40m, suddiviso in 16 (sedici) celle da setti di spessore pari a 30cm (perimetrali) e 20cm (interni). Tutti i setti sono armati con $1+1\phi 14/25$ cm, in entrambe le direzioni;
- sovrastruttura, di spessore pari a 1.50m, armata con fogli di rete elettrosaldata $\phi 14/30 \times 30$ cm collegati tra loro mediante $1\phi 14/30$ cm in entrambe le direzioni.

Per tutti i cassoni in progetto è previsto il completo riempimento delle celle interne mediante materiale arido ($\gamma = 1400 \text{ daN/m}^3$) e calcestruzzo ($\gamma = 1600 \text{ daN/m}^3$), secondo le modalità indicate negli elaborati grafici.

IMPALCATO: è costituito da tegoli prefabbricati in c.a.p. a fili aderenti pre-tesi con sezione ad "U" la cui lunghezza totale, al lordo dell' appoggio sulle spalle del singolo cassone, varia da un minimo di 4.64m ad un massimo di 13.74m. Il singolo tegolo presenta le seguenti caratteristiche dimensionali: altezza = 55cm, larghezza base inferiore = 120cm, spessore suola inferiore = 11cm, spessore anime = 2×15 cm, mentre l' armatura di precompressione è costituita da trefoli in acciaio armonico stabilizzato. E' altresì dotato di idonei connettori al fine di garantirne la solidarietà con una sovrastante soletta gettata in opera, spessore 20cm ed armata con doppia rete elettrosaldata $\phi 12/20 \times 20$ cm; in questo modo la sezione complessiva dell' impalcato, pari a 75cm, è in grado di assorbire, oltre ai carichi permanenti strutturali rappresentati dai pesi propri, anche il carico di esercizio assunto in maniera del tutto cautelativa pari a quello relativo ad un ponte stradale di 1^a Categoria, di cui al **D.M. 14.01.2008** "*Norme Tecniche per le costruzioni*". In tre differenti punti l' impalcato risulta semplicemente appoggiato su travi in c.a. (dim.50x50cm), anch' esse a loro volta semplicemente appoggiate sul sottostante cassone.

Per quanto concerne la scelta dei materiali impiegati, sono state seguite le disposizioni contenute nella normativa vigente in materia di durabilità dell' opera (UNI 11104: 2004 ed UNI EN 206-1: 2006), intendendo per "Durabilità" di un manufatto in conglomerato cementizio armato la conservazione nel tempo, durante il periodo di vita previsto ed in assenza di interventi di manutenzione straordinaria, della forma, della qualità e delle proprietà meccaniche di esercizio per le quali era stato progettato.

Tali norme considerano la durabilità un fattore imprescindibile nella progettazione di un' opera, costituendo un' esigenza tecnica, economica e sociale. Infatti il rifacimento o soltanto la riparazione di un manufatto sono operazioni sempre costose e talvolta gravate anche dagli oneri di demolizione, accompagnate da interruzioni più o meno prolungate della funzione svolta dalla costruzione ammalorata e quindi da disagi ed, indirettamente, da oneri supplementari.

Sulla base di tali considerazioni, delle esigenze del Committente, dell' identificazione del contesto della costruzione (condizioni ambientali attese: posizione, clima, effetti, ecc.), dell' identificazione delle richieste prestazionali del calcestruzzo (resistenza, utilizzabilità, durabilità), è stato scelto un calcestruzzo a composizione garantita caratterizzato dalle seguenti specifiche: CLASSE DI RESISTENZA: 35/45 - MASSIMO RAPPORTO A/C: 0.45 - COPRIFERRO: 40mm, che garantisca altresì una CLASSE DI ESPOSIZIONE: XS2-XS3, entrambe idonee per superfici di calcestruzzo armato o precompresso di strutture marine completamente immerse in acqua (CASSONE) e/o soggette va spruzzi ed onde del mare (SOVRASTRUTTURA CASSONE e GETTO DI COMPLETAMENTO IMPALCATO), ossia le condizioni che si riscontrano nel luogo nel quale verranno realizzate tutte le opere oggetto della presente relazione.

Tutte le altre specifiche tecniche riguardanti il calcestruzzo utilizzato per i manufatti oggetto della presente relazione sono contenute negli elaborati grafici di progetto.

2. STUDI SPECIALISTICI AI FINI DEL PROGETTO STRUTTURALE

Per la redazione del progetto strutturale di cui alla presente relazione, il sottoscritto ha preso in considerazione i seguenti studi specialistici commissionati dall'Amministrazione Appaltante:

- *“Rilievi marini con tecnologia multibeam”* in data Marzo 2013 a firma dell' ING. FRANCESCO RITOSSA, iscritto all' Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cagliari al n. 3849;
- *“Rapporto tecnico”* inerente l' intervento n. 790TP eseguito in data 17-18-19.04.2013 dalla Tecnica Prove s.r.l., a firma dell' ING. ROBERTO PORRA' iscritto all' Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cagliari al n. 2359;
- *“Relazione geologica e geotecnica”* in data Maggio 2013 a firma del DOTT. GEOL. MAURO POMPEI, iscritto all' Ordine Geologi Regione Sardegna al n. 211.

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Tutti i calcoli riportati nella presente relazione sono stati eseguiti secondo gli usuali metodi della Scienza delle Costruzioni ed in ottemperanza alle seguenti norme:

- **D.M. LL.PP. 11.03.1988** *“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l' esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”*.
- **Circolare LL.PP. 24.09.1988 n. 30483** *“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l' esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l' applicazione”*.

- **D.M. 14.01.2008** “*Norme tecniche per le costruzioni*”.
- **Circolare 02.02.2009 n. 617** “*Istruzioni per l’ applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008*”.

4. VERIFICHE DI GALLEGGIAMENTO DEI CASSONI

Per tutti i cassoni in progetto sono state effettuate le verifiche di stabilità relative alle seguenti condizioni:

- fase di lavorazione (galleggiamento ed affondamento): il cassone cellulare prefabbricato viene posato su uno scanno di fondazione in pietrame consolidato mediante iniezioni di malta cementizia a bassa pressione e zavorrato in opera con materiale arido e calcestruzzo;
- fase finale di esercizio.

Le verifiche di galleggiamento dei cassoni in progetto, riportate nell’ “*Allegato 1*” alla presente relazione, sono state effettuate considerando i carichi di cui al successivo paragrafo 7.

Dall’ analisi dei risultati ottenuti si evince innanzitutto che, sia in presenza di cassaforma rampante che nella fase successiva in assenza di essa, la distanza tra metacentro e baricentro del cassero riempito d’ acqua risulta sempre compresa tra 0.20m e 0.50m, intervallo che in letteratura è indice di stabilità del cassone durante la fase di galleggiamento.

In fase di esercizio risultano altresì soddisfatte, con valori abbondantemente al di sopra del valore minimo del singolo coefficiente di sicurezza, le verifiche di stabilità allo scorrimento ed al ribaltamento; similmente per quanto concerne la verifica allo schiacciamento dell’ imbasamento a scogliera, per la quale le tensioni massime ricavate presentano valori nettamente inferiori a quello limite assunto, in via del tutto cautelativa per la tipologia di fondazione in progetto, pari a 5.00 daN/cm².

5. PARAMETRI ADOTTATI PER CALCOLO E VERIFICA SEZIONI IN C.A.

- Metodo di analisi = sismica dinamica
- Vita nominale = 50 anni (opere ordinarie)
- Classe d' uso = IV (costruzioni con funzioni strategiche importanti)
- Longitudine Est = 9,4126
- Latitudine Nord = 41,2219
- Categoria suolo di fondazione = A = (zona o terreni molto rigidi)
- Coefficiente Topografico = 1 (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione < 15°)
- Sistema strutturale resistente al sisma in direzione 1 = struttura in calcestruzzo armato
- Sistema strutturale resistente al sisma in direzione 2 (ortogonale alla 1) = struttura in calcestruzzo armato
- Classe di duttilità della struttura = bassa
- Regolarità in altezza = SI
- Regolarità in pianta = SI
- Spostamenti relativi nodi = calcolati su tutti i nodi dei piani sismici
- Direzione di ingresso del sisma = 0°
- Sisma verticale = NO
- Numero dei modi di vibrazione = 8
- Metodo di combinazione delle sollecitazioni = SRSS = radice quadrata della somme dei quadrati

6. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

6.1 MATERIALI PER STRUTTURE IN OPERA

6.1.1 ACCIAIO

- Classe = B450C
- Tipo di armatura = poco sensibili
- Resistenza caratteristica = $f_{yk} = 4500 \text{ daN/cm}^2$
- Resistenza di calcolo = $f_{yd} = (f_{yk} / 1.15) = 3913 \text{ daN/cm}^2$
- Modulo elastico = $E_y = 2.100.000 \text{ daN/cm}^2$
- Deformazione limite ultimo = $e_{yu} = 0.010 = 1.00\%$
- Tensione in esercizio per combinazioni di carico rare = $S_{gm} = (0.70 \times f_{yk}) = 3150 \text{ daN/cm}^2$

6.1.2 ACCIAIO (RETE ELETTROSALDATA)

- Classe = B450A
- Tipo di armatura = poco sensibili
- Resistenza caratteristica = $f_{yk} = 4500 \text{ daN/cm}^2$
- Resistenza di calcolo = $f_{yd} = (f_{yk} / 1.15) = 3913 \text{ daN/cm}^2$
- Modulo elastico = $E_y = 2.100.000 \text{ daN/cm}^2$
- Deformazione limite ultimo = $e_{yu} = 0.0025 = 0.25\%$
- Tensione in esercizio per combinazioni di carico rare = $S_{gm} = (0.70 \times f_{yk}) = 3150 \text{ daN/cm}^2$

6.1.3 CALCESTRUZZO

- Classe = C 35/45
- Resistenza caratteristica cubica = $R_{ck} = 450 \text{ daN/cm}^2$
- Resistenza caratteristica cilindrica = $f_{ck} = 350 \text{ daN/cm}^2$
- Modulo elastico = $E_c = 22.000 \times [(f_{ck} + 8) / 10]^{0.3} = 22000 \times [(35 + 8) / 10]^{0.3} = 34077 \text{ N/mm}^2 = 340770 \text{ daN/cm}^2$
- Deformazione limite elastico = $e_{co} = 0.002 = 0.2\%$

- Deformazione limite ultimo = $e_{cu} = 0.0035 = 0.35\%$
- Resistenza di calcolo a compressione = $f_{cd} = (0.85 \times f_{ck} / \gamma_c) = (0.85 \times 350 / 1.5) = 198$ daN/cm²
- Resistenza di calcolo a trazione = $f_{ctd} = [0.70 \times 0.30 \times (f_{ck})^{2/3} / \gamma_c] = [0.70 \times 0.30 \times (350)^{2/3} / 1.5] = 6.93$ daN/cm²
- Tensione massima del diagramma parabola rettangolo = $r_{cd} = (0.85 \times f_{cd}) = (0.85 \times 198) = 168$ daN/cm²
- Tensione in esercizio per combinazioni di carico rare = Cls rara = $(0.60 \times f_{ck}) = (0.60 \times 350) = 210$ daN/cm²
- Tensione in esercizio per combinazioni di carico quasi permanenti = Cls perm. = $(0.45 \times f_{ck}) = (0.45 \times 350) = 157$ daN/cm²
- Massimo rapporto acqua / cemento = 0.45

6.2 MATERIALI PER STRUTTURE PREFABBRICATE

6.2.1 ACCIAIO

- Acciaio armonico per precompresso in trefoli
- Tensione caratteristica di rottura = $f_{ptk} = 1860$ N/mm²
- Tensione caratteristica all' 1% di deformazione totale = $f_{p(1)k} = 1670$ N/mm²

6.2.2 CALCESTRUZZO

- Classe = C 45/50
- Resistenza caratteristica cubica = $R_{ck} = 500$ daN/cm²
- Resistenza caratteristica cilindrica = $f_{ck} = 450$ daN/cm²
- Modulo elastico = $E_c = 22.000 \times [(f_{ck} + 8) / 10]^{0.3} = 22000 \times [(45 + 8) / 10]^{0.3} = 36283$ N/mm² = 362830 daN/cm²
- Deformazione limite elastico = $e_{co} = 0.002 = 0.2\%$
- Deformazione limite ultimo = $e_{cu} = 0.0035 = 0.35\%$

- Resistenza di calcolo a compressione = $f_{cd} = (0.85 \times f_{ck} / \gamma_c) = (0.85 \times 450 / 1.5) = 255$ daN/cm²
- Resistenza di calcolo a trazione = $f_{ctd} = [0.70 \times 0.30 \times (f_{ck})^{2/3} / \gamma_c] = [0.70 \times 0.30 \times (450)^{2/3} / 1.5] = 8.19$ daN/cm²
- Tensione massima del diagramma parabola rettangolo = $r_{cd} = (0.85 \times f_{cd}) = (0.85 \times 255) = 217$ daN/cm²
- Tensione in esercizio per combinazioni di carico rare = Cls rara = $(0.60 \times f_{ck}) = (0.60 \times 450) = 270$ daN/cm²
- Tensione in esercizio per combinazioni di carico quasi permanenti = Cls perm. = $(0.45 \times f_{ck}) = (0.45 \times 350) = 202$ daN/cm²

7. ANALISI DEI CARICHI

Al fine dell' esecuzione delle verifiche al galleggiamento dei cassoni, nonché dell' analisi sismica dinamica e del dimensionamento e verifica dei singoli elementi strutturali, sono stati considerati i seguenti carichi:

- peso specifico c.a.: 2500 daN/m³
- peso specifico calcestruzzo magro per riempimento cassoni: 1600 daN/m³
- peso specifico materiale arido per riempimento cassoni: 1400 daN/m³
- peso specifico acqua marina: 1025 daN/m³
- tiro bitta pontile lato esterno: 120 t
- tiro bitta pontile lato interno (lato darsena): 80 t

IMPALCATO CON PANNELLI AD "U" IN C.A.P.

- peso proprio pannello (b=120cm): 550 daN/m²
- peso proprio soletta in opera (s=20cm): 500 daN/m²
- TOTALE: 1050 daN/m²**

AZIONE VARIABILE DA TRAFFICO (comprensiva degli effetti dinamici)

- carico Q_{1k} corrispondente ad un mezzo convenzionale di complessivi 600 kN, costituito da carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato pari a 0.40m. Tale carico tandem è applicato in asse alla corsia, nel numero di uno per ogni singola corsia. Nel caso in oggetto, poichè il calcolo viene effettuato sul singolo pannello alveolare avente larghezza pari a 120cm, su di esso risulterà applicata una sola ruota per asse, dal momento che le ruote di ogni asse distano fra loro 200cm;
- carico di esercizio su sovrastruttura cassone: 3500 daN/m^2 .

8. VERIFICHE STRUTTURALI DEI CASSONI

La verifica ed il dimensionamento delle armature degli elementi strutturali (fondo e mensola, fusto, sovrastruttura) sono stati eseguiti, nel rispetto delle normative vigenti e secondo le modalità riferite nei paragrafi precedenti, mediante programma di calcolo per la risoluzione di schemi strutturali tridimensionali che, utilizzando il metodo agli elementi finiti consente di sviluppare, nel caso in oggetto, un' analisi sismica dinamica di strutture spaziali, i cui modelli vengono riportati nell' "Allegato 2" alla presente relazione.

E' stato preso in considerazione il cassone in progetto n. 16 maggiormente sollecitato, nella fase provvisoria ed in quella successiva di esercizio.

Nella fase provvisoria al cassone sono stati applicati i seguenti carichi, diversamente combinati tra loro:

- peso proprio cassone;
- pressione idrostatica esercitata dall' acqua di mare sulle pareti del fusto (dall' esterno verso l' interno);

- pressione idrostatica esercitata dall' acqua di riempimento sulle pareti del fusto (dall' interno verso l' esterno).

Invece nella fase di esercizio sono stati applicati i seguenti carichi, diversamente combinati tra loro:

- peso proprio cassone;
- peso proprio impalcato (soffitto in pannelli prefabbricati + soletta gettata in opera di completamento);
- carico di esercizio uniformemente distribuito pari a 3500 daN/m^2 ;
- tiro bitta pari a 120 t.

In questa fase non sono stati inseriti nelle combinazioni di carico la pressione idrostatica esercitata dall' acqua di mare sulle pareti del fusto (dall' esterno verso l' interno) e quella esercitata, sempre sulle pareti del fusto, dal materiale di riempimento (dall' interno verso l' esterno), in quanto considerate uguali e contrarie.

NOTA DEL PROGETTISTA: *Le indicazioni di tutte le armature indicate in tale relazione vengono riportate anche negli elaborati grafici di progetto.*

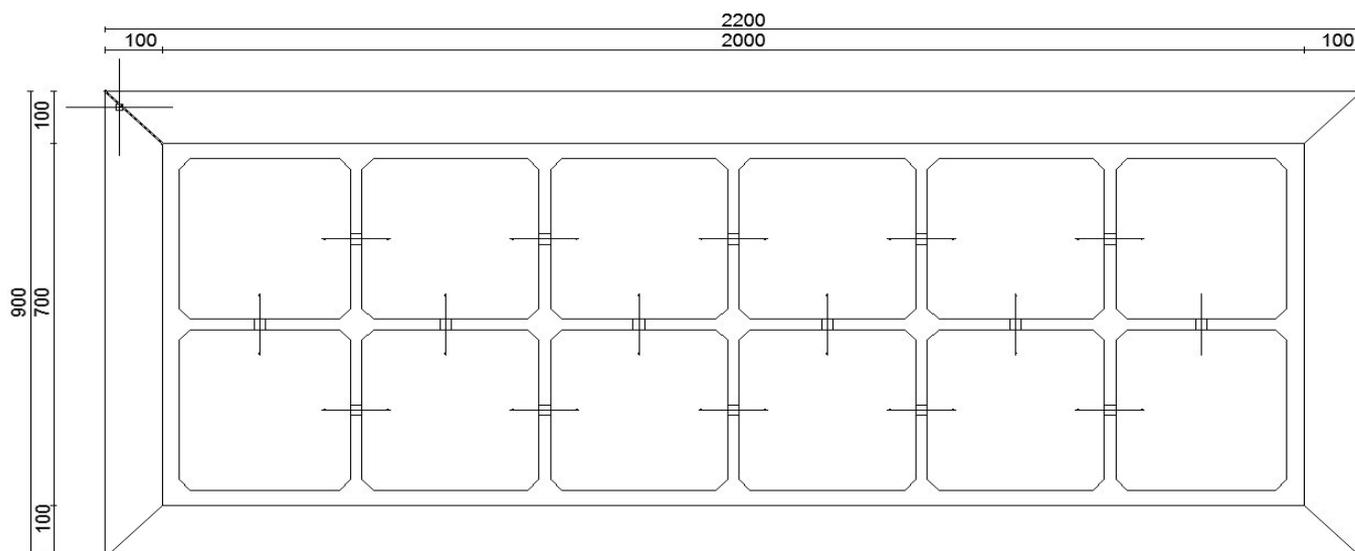
Cagliari, Novembre 2014

IL PROGETTISTA STRUTTURALE

ALLEGATO “1”

Verifiche di galleggiamento
cassoni in progetto n. 16-17-18-19

VERIFICHE DI GALLEGGIAMENTO CASSONE NUMERO 16



Dati geometrici

Dati mensola

X fondo	22
Y fondo	9
Z fondo	0,65
Sbalzo X	1
Sbalzo Y	1

Dati fondo

X fondo	20
Y fondo	7
Z fondo	0,6

Dati fusto

X fondo	20
Y fondo	7
Z fondo	12

Spessori setti

	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	Tot.
X fondo	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	1,6
Y fondo	0,3	0,2					0,3	0,8

Z fondo altezza complessiva del cassone (fusto + fondo)

Altezza sovrastruttura in c.a 2

Peso cassone vuoto

	x	y	z	Vol.	Xg	Yg	Zg	P.Sp	Peso
Mensola	22	9	0,65	37,7	11	4,5	0,325	2500	94 250 daN
Fondo interno	20	7	0,6	84	11	4,5	0,3	2500	210 000 daN
Fusto esterno	20	7	11,4	1596					
setti interni	18,4	6,2	11,4	1301					
Differenza				295	11	4,5	6,3	2500	738 720 daN
Riepilogo				417					1 042 970 daN

FASE DI GALLEGGIAMENTO CON CASSERO RAMPANTE

Dati cella perimetrale

X dimens.	3,00
Y dimens.	3,10
Numero celle nord	2
Numero celle sud	2

Dati cella centrale

X dimens.	3,10
Y dimens.	3,10
Numero celle nord	4
Numero celle sud	4

Altezza di riempimento del cassone con acqua di mare	1,8
Peso specifico acqua di mare	1025

Riempimento

	Sup	H	Vol.	Xg	Yg	Zg	P.Sp	Peso
Gruppo nord	57,04	1,8	102,67	11	6,15	1,5	1025	105 239 daN
Gruppo sud	57,04	1,8	102,67	11	2,85	1,5	1025	105 239 daN
Riepilogo			205					210 478 daN

Linea di galleggiamento

Peso della cassaforma	50 000 daN
Z della cassaforma	12,5 m
Peso complessivo	1 303 448 daN
Peso specifico acqua di mare	1 025 daN/m ³
Volume immerso	1 272 m ³
Affondamento	8,81 m
Franco libero durante il galleggiamento	3,19 m

Baricentro del cassone con riempimento e cassaforma

Somme dei prodotti PxZg	5 688 284
Peso complessivo	1 303 448
Distanza del baricentro dalla base del cassone (cassoni+acqua+cassaforma)	4,36
Distanza tra baricentro e linea di galleggiamento	4,45

Centro di carena

(Baricentro del volume di liquido spostato dal cassone immerso)

	Sup	H	Vol.	Xg	Yg	Zg
Fondo	198,00	0,615	121,77	11	4,5	0,3075
Fusto	140,00	8,21	1149,96	11	4,5	4,7
Distanza tra il piede del cassone e il centro di carena			1272			4,30

Metacentro

			B	H	J
M. inerzia minimo dell'area di galleggiamento			20,00	7	571,67
	J cell 1	N1	J cell 2	N2	
M. inerzia minimo dell'area interna di galleggiamento	7,45	4,00	7,70	8,00	91,4
Distanza tra il metacentro ed il centro di carena C-M					0,38
Distanza tra il piede del cassone e il metacentro					4,68
Distanza del baricentro dalla base del cassone (cassoni+acqua+cassaforma)					4,36
Distanza tra metacentro e baricentro del cassone riempito d'acqua					0,31

Essendo tale distanza compresa tra 0,20 m e 0,50 m il cassone è stabile in fase di galleggiamento.

Carichi verticali

Peso cassone vuoto					1 043 t
Peso sovrastruttura in c.a.	20	7	H 2	2500	700 t
Peso riempimento celle perimetrali					
calcestruzzo magro	4	9,3	11,4	1600	679 t
materiale arido	4	9,3	-	1400	- t
Peso riempimento celle centrali					
calcestruzzo magro	8	9,6	0,3	1600	37 t
materiale arido	8	9,6	11,1	1400	1 195 t
Totale carichi permanenti stabilizzanti					3 653,12 t

Sottospinta idraulica

Peso specifico acqua					1 025 daN/m ³
Area di base					140 m ²
Altezza del cassone immerso					11,5 m
Stinta idraulica verso l'alto					1 650,25 t

Risultante

Carichi permanenti stabilizzanti	3 653 t
Sottospinta idraulica	1 650 t
Risultante	2 002,87 t

Carichi orizzontali

Tiro bitta	120 t
Spinta sul parabordo	- t
Risultante	120,00 t

Verifica di stabilità allo scorrimento

Basamento in pietrame di cava saturato con malta cementizia	
Coefficiente d'attrito cls-sottofondazione	0,5
Azione orizzontale instabilizzante (bitta)	120 t
Azione stabilizzante	1 001 t
Verifica allo scorrimento	8,3
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento	1,5
Verifica soddisfatta	

Verifica di stabilità al ribaltamento attorno al lato corto

Forza stabilizzante	2 003
Braccio forza stabilizzante	11,0
Momento stabilizzante	22 032
Forza ribaltante (bitta)	120
Braccio forza ribaltante	14,5
Momento ribaltante	1 740
Verifica al ribaltamento (attorno al lato corto)	12,7
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento	1,5
Verifica soddisfatta	

Verifica di stabilità al ribaltamento attorno al lato lungo

Forza stabilizzante	2 003
Braccio forza stabilizzante	4,5
Momento stabilizzante	9 013
Forza ribaltante (bitta)	120
Braccio forza ribaltante	12,5
Momento ribaltante	1 500
Verifica al ribaltamento (attorno al lato lungo)	6,0
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento	1,5
Verifica soddisfatta	

Verifica a schiacciamento dell'imbasamento a scogliera (rotazione sul lato corto)

Momento stabilizzante	22 032
Momento ribaltante	1 740
Risultante forze verticali	2 003
Base B	22
Altezza H	9
U distanza risultante dal bordo	10,13
Eccentricità	0,869
Tensione massima	1,25 daN/cm ²
Tensione minima	0,77 daN/cm ²
Carico accidentale	0,35
Tensione massima totale	1,60 daN/cm ²
Tensione minima totale	1,12 daN/cm ²

Verifica a schiacciamento dell'imbasamento a scogliera (rotazione sul lato lungo)

Momento stabilizzante	9 013
Momento ribaltante	1 500
Risultante forze verticali	2 003
Base B	9
Altezza H	22
U distanza risultante dal bordo	3,75
Eccentricità	0,749
Tensione massima	1,52 daN/cm ²
Tensione minima	0,51 daN/cm ²
Carico accidentale	0,35

Tensione massima totale
Tensione minima totale

1,87 daN/cm²
0,86 daN/cm²

FASE DI GALLEGGIAMENTO SENZA CASSERO RAMPANTE

Dati cella perimetrale

X dimens.	3,00
Y dimens.	3,10
Numero celle nord	2
Numero celle sud	2

Dati cella centrale

X dimens.	3,10
Y dimens.	3,10
Numero celle nord	4
Numero celle sud	4

Altezza di riempimento del cassone con acqua di mare	1,5
Peso specifico acqua di mare	1025

Riempimento

	Sup	H	Vol.	Xg	Yg	Zg	P.Sp	Peso
Gruppo nord	57,04	1,5	85,56	11	6,15	1,35	1025	87 699 daN
Gruppo sud	57,04	1,5	85,56	11	2,85	1,35	1025	87 699 daN
Riepilogo			171					175 398 daN

Linea di galleggiamento

Peso della cassaforma	- daN
Z della cassaforma	12,5 m
Peso complessivo	1 218 368 daN
Peso specifico acqua di mare	1 025 daN/m ³
Volume immerso	1 189 m ³
Affondamento	8,22 m
Franco libero durante il galleggiamento	3,78 m

Baricentro del cassone con riempimento e cassaforma

Somme dei prodotti PxZg	4 984 355
Peso complessivo	1 218 368
Distanza del baricentro dalla base del cassone (cassoni+acqua+cassaforma)	4,09
Distanza tra baricentro e linea di galleggiamento	4,13

Centro di carena

(Baricentro del volume di liquido spostato dal cassone immerso)

	Sup	H	Vol.	Xg	Yg	Zg
Fondo	198,00	0,615	121,77	11	4,5	0,3075
Fusto	140,00	7,62	1066,95	11	4,5	4,4
Distanza tra il piede del cassone e il centro di carena			1189			4,00

Metacentro

			B	H	J
M. inerzia minimo dell'area di galleggiamento			20,00	7	571,67
	J cell 1	N1	J cell 2	N2	
M. inerzia minimo dell'area interna di galleggiamento	7,45	4,00	7,70	8,00	91,4
Distanza tra il metacentro ed il centro di carena C-M					0,40
Distanza tra il piede del cassone e il metacentro					4,41
Distanza del baricentro dalla base del cassone (cassoni+acqua+cassaforma)					4,09
Distanza tra metacentro e baricentro del cassone riempito d'acqua					0,32

Essendo tale distanza compresa tra 0,20 m e 0,50 m il cassone è stabile in fase di galleggiamento.

Carichi verticali

Peso cassone vuoto					1 043 t
Peso sovrastruttura in c.a.	20	7	H 2	2500	700 t
Peso riempimento celle perimetrali					
calcestruzzo magro	4	9,3	11,4	1600	679 t
materiale arido	4	9,3	-	1400	- t
Peso riempimento celle centrali					
calcestruzzo magro	8	9,6	0,3	1600	37 t
materiale arido	8	9,6	11,1	1400	1 195 t
Totale carichi permanenti stabilizzanti					3 653,12 t

Sottospinta idraulica

Peso specifico acqua					1 025 daN/m ³
Area di base					140 m ²
Altezza del cassone immerso					11,5 m
Stinta idraulica verso l'alto					1 650,25 t

Risultante

Carichi permanenti stabilizzanti	3 653 t
Sottospinta idraulica	1 650 t
Risultante	2 002,87 t

Carichi orizzontali

Tiro bitta	120 t
Spinta sul parabordo	- t
Risultante	120,00 t

Verifica di stabilità allo scorrimento

Basamento in pietrame di cava saturato con malta cementizia	
Coefficiente d'attrito cls-sottofondazione	0,5
Azione orizzontale instabilizzante (bitta)	120 t
Azione stabilizzante	1 001 t
Verifica allo scorrimento	8,3
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento	1,5
Verifica soddisfatta	

Verifica di stabilità al ribaltamento attorno al lato corto

Forza stabilizzante	2 003
Braccio forza stabilizzante	11,0
Momento stabilizzante	22 032
Forza ribaltante (bitta)	120
Braccio forza ribaltante	14,5
Momento ribaltante	1 740
Verifica al ribaltamento (attorno al lato corto)	12,7
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento	1,5
Verifica soddisfatta	

Verifica di stabilità al ribaltamento attorno al lato lungo

Forza stabilizzante	2 003
Braccio forza stabilizzante	4,5
Momento stabilizzante	9 013
Forza ribaltante (bitta)	120
Braccio forza ribaltante	12,5
Momento ribaltante	1 500
Verifica al ribaltamento (attorno al lato lungo)	6,0
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento	1,5
Verifica soddisfatta	

Verifica a schiacciamento dell'imbasamento a scogliera (rotazione sul lato corto)

Momento stabilizzante	22 032
Momento ribaltante	1 740
Risultante forze verticali	2 003
Base B	22
Altezza H	9
U distanza risultante dal bordo	10,13
Eccentricità	0,869
Tensione massima	1,25 daN/cm ²
Tensione minima	0,77 daN/cm ²
Carico accidentale	0,35
Tensione massima totale	1,60 daN/cm ²
Tensione minima totale	1,12 daN/cm ²

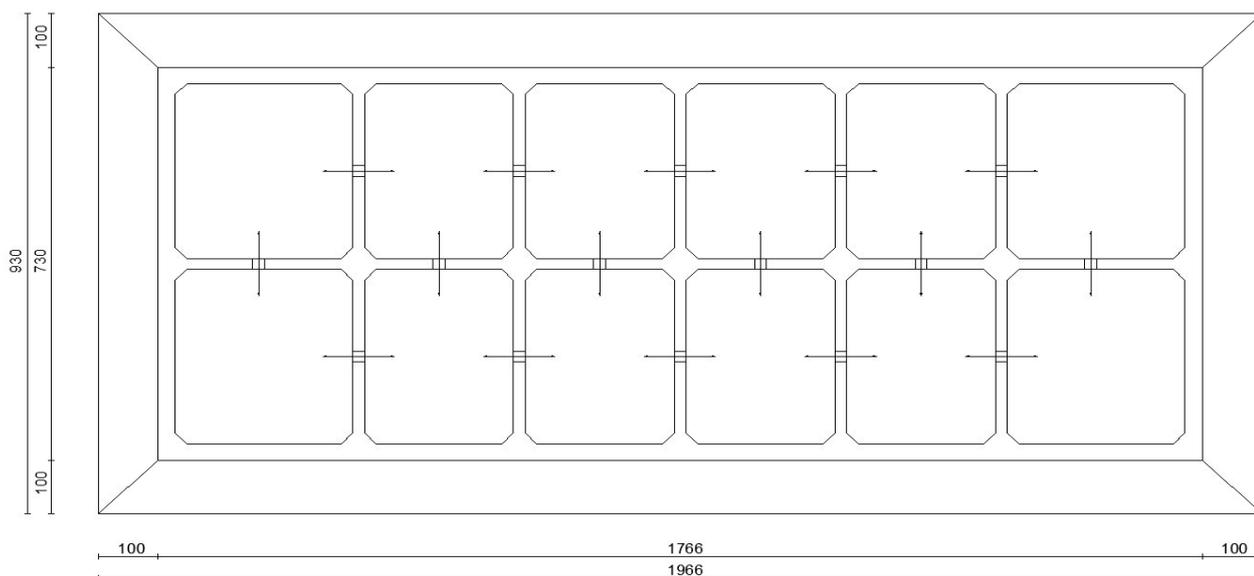
Verifica a schiacciamento dell'imbasamento a scogliera (rotazione sul lato lungo)

Momento stabilizzante	9 013
Momento ribaltante	1 500
Risultante forze verticali	2 003
Base B	9
Altezza H	22
U distanza risultante dal bordo	3,75
Eccentricità	0,749
Tensione massima	1,52 daN/cm ²
Tensione minima	0,51 daN/cm ²
Carico accidentale	0,35

Tensione massima totale
Tensione minima totale

1,87 daN/cm²
0,86 daN/cm²

VERIFICHE DI GALLEGGIAMENTO CASSONE NUMERO 17



Dati geometrici

Dati fondazione e mensole

X fondo	19,66
Y fondo	9,3
Z fondo	0,65
Sbalzo X	1
Sbalzo Y	1

Dati fondo

X fondo	17,66
Y fondo	7,3
Z fondo	0,6

Dati fusto

Dati fusto	Spessori setti								Tot.
	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	
X fondo	17,66	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	1,6
Y fondo	7,3	0,3	0,2					0,3	0,8
Z fondo	9								

Z fondo altezza complessiva del cassone (fusto + fondo)

Altezza sovrastruttura in c.a. 2

Peso cassone vuoto

	x	y	z	Vol.	Xg	Yg	Zg	P.Sp	Peso
Mensola	19,66	9,3	0,65	35,05	9,83	4,65	0,325	2500	87 620 daN
Fondo interno	17,66	7,3	0,6	77,35	9,83	4,65	0,3	2500	193 377 daN
Fusto esterno	17,66	7,3	8,4	1082,91					
setti interni	16,06	6,5	8,4	877					
Differenza				206	9,83	4,65	4,8	2500	515 088 daN
Riepilogo				318					796 085 daN

FASE DI GALLEGGIAMENTO CON CASSERO RAMPANTE

Dati cella perimetrale

X dimens.	3,00
Y dimens.	3,25
Numero celle nord	2
Numero celle sud	2

Dati cella centrale

X dimens.	2,52
Y dimens.	3,25
Numero celle nord	4
Numero celle sud	4

Altezza di riempimento del cassone con acqua di mare	0,8
Peso specifico acqua di mare	1025

Riempimento

	Sup	H	Vol.	Xg	Yg	Zg	P.Sp	Peso
Gruppo nord	52,20	0,8	41,76	9,83	6,375	1	1025	42 800 daN
Gruppo sud	52,20	0,8	41,76	9,83	2,925	1	1025	42 800 daN
Riepilogo			84					85 600 daN

Linea di galleggiamento

Peso della cassaforma	50 000 daN
Z della cassaforma	9,5 m
Peso complessivo	931 685 daN
Peso specifico acqua di mare	1 025 daN/m ³
Volume immerso	909 m ³
Affondamento	6,78 m
Franco libero durante il galleggiamento	2,22 m

Baricentro del cassone con riempimento e cassaforma

Somme dei prodotti PxZg	3 119 512
Peso complessivo	931 685
Distanza del baricentro dalla base del cassone (cassoni+acqua+cassaforma)	3,35
Distanza tra baricentro e linea di galleggiamento	3,43

Centro di carena

(Baricentro del volume di liquido spostato dal cassone immerso)

	Sup	H	Vol.	Xg	Yg	Zg
Fondo	182,84	0,615	112,45	9,83	4,65	0,3075
Fusto	128,92	6,18	796,56	9,83	4,65	3,7
Distanza tra il piede del cassone e il centro di carena			909			3,28

Metacentro

			B	H	J
M. inerzia minimo dell'area di galleggiamento			17,66	7,3	572,50
	J cell 1	N1	J cell 2	N2	
M. inerzia minimo dell'area interna di galleggiamento	8,58	4,00	7,19	8,00	91,9
Distanza tra il metacentro ed il centro di carena C-M					0,53
Distanza tra il piede del cassone e il metacentro					3,81
Distanza del baricentro dalla base del cassone (cassoni+acqua+cassaforma)					3,35
Distanza tra metacentro e baricentro del cassone riempito d'acqua					0,46

Essendo tale distanza compresa tra 0,20 m e 0,50 m il cassone è stabile in fase di galleggiamento.

Carichi verticali

Peso cassone vuoto					796 t
Peso sovrastruttura in c.a.	17,66	7,3	H 2	2500	645 t
Peso riempimento celle perimetrali					
calcestruzzo magro	4	9,8	8,4	1600	524 t
materiale arido	4	9,8	-	1400	- t
Peso riempimento celle centrali					
calcestruzzo magro	8	8,2	0,3	1600	31 t
materiale arido	8	8,2	8,1	1400	742 t
Totale carichi permanenti stabilizzanti					2 737,74 t

Sottospinta idraulica

Peso specifico acqua					1 025 daN/m ³
Area di base					129 m ²
Altezza del cassone immerso					8,5 m
Stinta idraulica verso l'alto					1 123,20 t

Risultante

Carichi permanenti stabilizzanti	2 738 t
Sottospinta idraulica	1 123 t
Risultante	1 614,55 t

Carichi orizzontali

Tiro bitta	80 t
Spinta sul parabordo	80 t
Risultante	160,00 t

Verifica di stabilità allo scorrimento

Basamento in pietrame di cava saturato con malta cementizia	
Coefficiente d'attrito cls-sottofondazione	0,5
Azione orizzontale instabilizzante (bitta)	160 t
Azione stabilizzante	807 t
Verifica allo scorrimento	5,0
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento	1,5
Verifica soddisfatta	

Verifica di stabilità al ribaltamento attorno al lato corto

Forza stabilizzante	1 615
Braccio forza stabilizzante	9,8
Momento stabilizzante	15 871
Forza ribaltante (bitta)	160
Braccio forza ribaltante	11,5
Momento ribaltante	1 840
Verifica al ribaltamento (attorno al lato corto)	8,6
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento	1,5
Verifica soddisfatta	

Verifica di stabilità al ribaltamento attorno al lato lungo

Forza stabilizzante	1 615
Braccio forza stabilizzante	4,7
Momento stabilizzante	7 508
Forza ribaltante (bitta)	160
Braccio forza ribaltante	12,5
Momento ribaltante	2 000
Verifica al ribaltamento (attorno al lato lungo)	3,8
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento	1,5
Verifica soddisfatta	

Verifica a schiacciamento dell'imbasamento a scogliera (rotazione sul lato corto)

Momento stabilizzante	15 871
Momento ribaltante	1 840
Risultante forze verticali	1 615
Base B	19,66
Altezza H	9,30
U distanza risultante dal bordo	8,69
Eccentricità	1,140
Tensione massima	1,19 daN/cm ²
Tensione minima	0,58 daN/cm ²
Carico accidentale	0,35
Tensione massima totale	1,54 daN/cm ²
Tensione minima totale	0,93 daN/cm ²

Verifica a schiacciamento dell'imbasamento a scogliera (rotazione sul lato lungo)

Momento stabilizzante	7 508
Momento ribaltante	2 000
Risultante forze verticali	1 615
Base B	9,30
Altezza H	19,66
U distanza risultante dal bordo	3,41
Eccentricità	1,239
Tensione massima	1,59 daN/cm ²
Tensione minima	0,18 daN/cm ²
Carico accidentale	0,35

Tensione massima totale
Tensione minima totale

1,94 daN/cm²
0,53 daN/cm²

FASE DI GALLEGGIAMENTO SENZA CASSERO RAMPANTE

Dati cella perimetrale

X dimens.	3,00
Y dimens.	3,25
Numero celle nord	2
Numero celle sud	2

Dati cella centrale

X dimens.	2,52
Y dimens.	3,25
Numero celle nord	4
Numero celle sud	4

Altezza di riempimento del cassone con acqua di ma	0,5
Peso specifico acqua di mare	1025

Riempimento

	Sup	H	Vol.	Xg	Yg	Zg	P.Sp	Peso
Gruppo nord	52,20	0,5	26,10	9,83	6,375	0,85	1025	26 750 daN
Gruppo sud	52,20	0,5	26,10	9,83	2,925	0,85	1025	26 750 daN
Riepilogo			52					53 500 daN

Linea di galleggiamento

Peso della cassaforma	- daN
Z della cassaforma	9,5 m
Peso complessivo	849 585 daN
Peso specifico acqua di mare	1 025 daN/m ³
Volume immerso	829 m ³
Affondamento	6,16 m
Franco libero durante il galleggiamento	2,84 m

Baricentro del cassone con riempimento e cassaforma

Somme dei prodotti PxZg	2 604 387
Peso complessivo	849 585
Distanza del baricentro dalla base del cassone (cassoni+acqua+cassaforma)	3,07
Distanza tra baricentro e linea di galleggiamento	3,09

Centro di carena

(Baricentro del volume di liquido spostato dal cassone immerso)

	Sup	H	Vol.	Xg	Yg	Zg
Fondo	182,84	0,615	112,45	9,83	4,65	0,3075
Fusto	128,92	5,56	716,46	9,83	4,65	3,4
Distanza tra il piede del cassone e il centro di carena			829			2,98

Metacentro

			B	H	J
M. inerzia minimo dell'area di galleggiamento			17,66	7,3	572,50
	J cell 1	N1	J cell 2	N2	
M. inerzia minimo dell'area interna di galleggiamento	8,58	4,00	7,19	8,00	91,9
Distanza tra il metacentro ed il centro di carena C-M					0,58
Distanza tra il piede del cassone e il metacentro					3,55
Distanza del baricentro dalla base del cassone (cassoni+acqua+cassaforma)					3,07
Distanza tra metacentro e baricentro del cassone riempito d'acqua					0,49

Essendo tale distanza compresa tra 0,20 m e 0,50 m il cassone è stabile in fase di galleggiamento.

Carichi verticali

Peso cassone vuoto						796 t
			H			
Peso sovrastruttura in c.a.	17,66	7,3	2	2500		645 t
Peso riempimento celle perimetrali						
calcestruzzo magro	4	9,8	8,4	1600		524 t
materiale arido	4	9,8	-	1400		- t
Peso riempimento celle centrali						
calcestruzzo magro	8	8,2	0,3	1600		31 t
materiale arido	8	8,2	8,1	1400		742 t
Totale carichi permanenti stabilizzanti						2 737,74 t

Sottospinta idraulica

Peso specifico acqua						1 025 daN/m ³
Area di base						129 m ²
Altezza del cassone immerso						8,5 m
Stinta idraulica verso l'alto						1 123,20 t

Risultante

Carichi permanenti stabilizzanti	2 738 t
Sottospinta idraulica	1 123 t
Risultante	1 614,55 t

Carichi orizzontali

Tiro bitta	80 t
Spinta sul parabordo	80 t
Risultante	160,00 t

Verifica di stabilità allo scorrimento

Basamento in pietrame di cava saturato con malta cementizia	
Coefficiente d'attrito cls-sottofondazione	0,5
Azione orizzontale instabilizzante (bitta)	160 t
Azione stabilizzante	807 t
Verifica allo scorrimento	5,0
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento	1,5
Verifica soddisfatta	

Verifica di stabilità al ribaltamento attorno al lato corto

Forza stabilizzante	1 615
Braccio forza stabilizzante	9,8
Momento stabilizzante	15 871
Forza ribaltante (bitta)	160
Braccio forza ribaltante	11,5
Momento ribaltante	1 840
Verifica al ribaltamento (attorno al lato corto)	8,6
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento	1,5
Verifica soddisfatta	

Verifica di stabilità al ribaltamento attorno al lato lungo

Forza stabilizzante	1 615
Braccio forza stabilizzante	4,7
Momento stabilizzante	7 508
Forza ribaltante (bitta)	160
Braccio forza ribaltante	12,5
Momento ribaltante	2 000
Verifica al ribaltamento (attorno al lato lungo)	3,8
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento	1,5
Verifica soddisfatta	

Verifica a schiacciamento dell'imbasamento a scogliera (rotazione sul lato corto)

Momento stabilizzante	15 871
Momento ribaltante	1 840
Risultante forze verticali	1 615
Base B	19,66
Altezza H	9,30
U distanza risultante dal bordo	8,69
Eccentricità	1,140
Tensione massima	1,19 daN/cm ²
Tensione minima	0,58 daN/cm ²
Carico accidentale	0,35
Tensione massima totale	1,54 daN/cm ²
Tensione minima totale	0,93 daN/cm ²

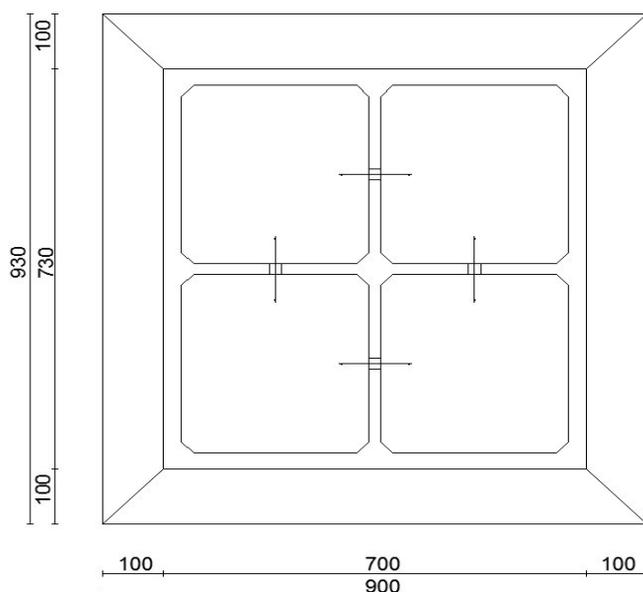
Verifica a schiacciamento dell'imbasamento a scogliera (rotazione sul lato lungo)

Momento stabilizzante	7 508
Momento ribaltante	2 000
Risultante forze verticali	1 615
Base B	9,30
Altezza H	19,66
U distanza risultante dal bordo	3,41
Eccentricità	1,239
Tensione massima	1,59 daN/cm ²
Tensione minima	0,18 daN/cm ²
Carico accidentale	0,35

Tensione massima totale
Tensione minima totale

1,94 daN/cm²
0,53 daN/cm²

VERIFICHE DI GALLEGGIAMENTO CASSONE NUMERO 18



Dati geometrici

Dati fondazione e mensole

X fondo	9
Y fondo	9,3
Z fondo	0,65
Sbalzo X	1
Sbalzo Y	1

Dati fondo fusto

X fondo	7
Y fondo	7,3
Z fondo	0,6

Dati fusto

Dati fusto	Spessori setti								Tot.
X fondo	7	0,3	0,2	0	0	0	0	0,3	0,8
Y fondo	7,3	0,3	0,2					0,3	0,8
Z fondo	9								

Z fondo altezza complessiva del cassone (fusto + fondo)

Altezza sovrastruttura in c 2

Peso cassone vuoto

	x	y	z	Vol.	Xg	Yg	Zg	P.Sp	Peso
Mensola	9	9,3	0,65	21,19	4,5	4,65	0,325	2500	52 975 daN
Fondo interno	7	7,3	0,6	30,66	4,5	4,65	0,3	2500	76 650 daN
Fusto esterno	7	7,3	8,4	429,24					
setti interni	6,2	6,5	8,4	339					
Differenza				91	4,5	4,65	4,8	2500	226 800 daN
Riepilogo				143					356 425 daN

FASE DI GALLEGGIAMENTO CON CASSERO RAMPANTE

Celle 1-4

X dimens.	3,10
Y dimens.	3,25
Numero celle nord	2
Numero celle sud	2

Celle 2 - 3

X dimens.	2,50
Y dimens.	3,50
Numero celle nord	0
Numero celle sud	0

Momenti d'inerzia rispetto all'asse baricentrico della sezione di galleggiamento

J 1-4 13-16	4	10,08	1,725	120
J 2-3 14-15	0	8,75	5,45	0

Celle 5 - 8

X dimens.	3,00
Y dimens.	3,40
Numero celle nord	0
Numero celle sud	0

Celle 6-7

X dimens.	2,50
Y dimens.	3,40
Numero celle nord	0
Numero celle sud	0

Momenti d'inerzia rispetto all'asse baricentrico della sezione di galleggiamento

J 5-8 9-12	0	10,2	1,8	0
J 6-7 10-11	0	8,5	1,8	0

Momento d'inerzia celle interne **120 m⁴**

Altezza di riempimento del cassone con acqua di mare **1**
Peso specifico acqua di mare **1025**

Riempimento

	Sup	H	Vol.	Xg	Yg	Zg	P.Sp	Peso
Gruppo nord	20,15	1	20,15	4,5	6,25	1,1	1025	20 654 daN
Gruppo sud	20,15	1	20,15	4,5	3,05	1,1	1025	20 654 daN
Riepilogo			40					41 308 daN

Linea di galleggiamento

Peso della cassaforma	50 000 daN
Z della cassaforma	9,5 m
Peso complessivo	447 733 daN
Peso specifico acqua di mare	1 025 daN/m ³
Volume immerso	437 m ³
Affondamento	8,13 m
Franco libero durante il galleggiamento	0,87 m

Baricentro del cassone con riempimento e cassaforma

Somme dei prodotti PxZg						1 649 290
Peso complessivo						447 733
Distanza del baricentro dalla base del cassone (cassoni+acqua+cassaforma)						3,68
Distanza tra baricentro e linea di galleggiamento						4,45

Centro di carena

(Baricentro del volume di liquido spostato dal cassone immerso)

	Sup	H	Vol.	Xg	Yg	Zg
Fondo	83,70	0,615	51,48	4,5	4,65	0,3075
Fusto	51,10	7,53	384,96	4,5	4,65	4,4
Distanza tra il piede del cassone e il centro di carena			436			3,90

Metacentro

	B	H	J
M. inerzia minimo dell'area di galleggiamento	7,00	7,3	226,93
M. inerzia minimo dell'area interna di galleggiamento			119,9
Distanza tra il metacentro ed il centro di carena C-M			0,25
Distanza tra il piede del cassone e il metacentro			4,15
Distanza del baricentro dalla base del cassone (cassoni+acqua+cassaforma)			3,68
Distanza tra metacentro e baricentro del cassone riempito d'acqua			0,46

Essendo tale distanza compresa tra 0,20 m e 0,50 m il cassone è stabile in fase di galleggiamento.

Carichi verticali

Peso cassone vuoto						356 t
Peso sovrastruttura in c.a.	7	7,3	H 2,0	2500		256 t
Peso riempimento celle						
Celle 1-4 13-16						
calcestruzzo magro	4	10,1	1,5	1600		97 t
materiale arido	4	10,1	6,9	1400		389 t

Celle 2-3 14-15

calcestruzzo magro	0	8,8	0,3	1600	-	t
materiale arido	0	8,8	8,1	1400	-	t

Celle 5-8 9-12

calcestruzzo magro	0	10,2	0,3	1600	-	t
materiale arido	0	10,2	8,1	1400	-	t

Celle 6-7 10-11

calcestruzzo magro	0	8,5	0,3	1600	-	t
materiale arido	0	8,5	8,1	1400	-	t

Totale carichi permanenti stabilizzanti**1 097,94 t**

Sottospinta idraulica

Peso specifico acqua 1 025 daN/m³Area di base 51 m²

Altezza del cassone immerso 8,5 m

Stinta idraulica verso l'alto 445,21 t

Risultante

Carichi permanenti stabilizzanti	1 098 t
Sottospinta idraulica	445 t
Risultante	652,73 t

Carichi orizzontali

Tiro bitta	80 t
Spinta sul parabordo	- t
Risultante	80,00 t

Verifica di stabilità allo scorrimento

Basamento in pietrame di cava saturato con malta cementizia	
Coefficiente d'attrito cls-sottofondazione	0,5
Azione orizzontale instabilizzante (bitta)	80 t
Azione stabilizzante	326 t
Verifica allo scorrimento	4,1
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento	1,5
Verifica soddisfatta	

Verifica di stabilità al ribaltamento attorno al lato corto

Forza stabilizzante	653
Braccio forza stabilizzante	4,5
Momento stabilizzante	2 937
Forza ribaltante (bitta)	80
Braccio forza ribaltante	11,5
Momento ribaltante	920
Verifica al ribaltamento (attorno al lato corto)	3,2
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento	1,5
Verifica soddisfatta	

Verifica di stabilità al ribaltamento attorno al lato lungo

Forza stabilizzante	653
Braccio forza stabilizzante	4,7
Momento stabilizzante	3 035
Forza ribaltante (bitta)	80
Braccio forza ribaltante	12,5
Momento ribaltante	1 000
Verifica al ribaltamento (attorno al lato lungo)	3,0
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento	1,5
Verifica soddisfatta	

Verifica a schiacciamento dell'imbasamento a scogliera (rotazione sul lato corto)

Momento stabilizzante	2 937
Momento ribaltante	920
Risultante forze verticali	653
Base B	9,00
Altezza H	9,30
U distanza risultante dal bordo	3,09
Eccentricità	1,409
Tensione massima	1,51 daN/cm ²
Tensione minima	0,05 daN/cm ²
Carico accidentale	0,35
Tensione massima totale	1,86 daN/cm ²
Tensione minima totale	0,40 daN/cm ²

Verifica a schiacciamento dell'imbasamento a scogliera (rotazione sul lato lungo)

Momento stabilizzante	3 035
Momento ribaltante	1 000
Risultante forze verticali	653
Base B	9,30
Altezza H	9,00
U distanza risultante dal bordo	3,12
Eccentricità	1,532
Tensione massima	1,55 daN/cm ²
Tensione minima	0,01 daN/cm ²

Carico accidentale	0,35
Tensione massima totale	1,90 daN/cm ²
Tensione minima totale	0,36 daN/cm ²

FASE DI GALLEGGIAMENTO CON CASSERO RAMPANTE

Celle 1-4

X dimens.	3,10
Y dimens.	3,25
Numero celle nord	2
Numero celle sud	2

Celle 2 - 3

X dimens.	2,50
Y dimens.	3,50
Numero celle nord	0
Numero celle sud	0

Momenti d'inerzia rispetto all'asse baricentrico della sezione di galleggiamento

J 1-4 13-16	4	10,075	1,725	120
J 2-3 14-15	0	8,75	5,45	0

Celle 5 - 8

X dimens.	3,00
Y dimens.	3,40
Numero celle nord	0
Numero celle sud	0

Celle 6-7

X dimens.	2,50
Y dimens.	3,40
Numero celle nord	0
Numero celle sud	0

Momenti d'inerzia rispetto all'asse baricentrico della sezione di galleggiamento

J 5-8 9-12	0	10,2	1,8	0
J 6-7 10-11	0	8,5	1,8	0

Momento d'inerzia celle interne **120 m⁴**

Altezza di riempimento del cassone con acqua di mare	0,5
Peso specifico acqua di mare	1025

Riempimento

	Sup	H	Vol.	Xg	Yg	Zg	P.Sp	Peso
Gruppo nord	20,15	0,5	10,08	4,5	6,25	0,85	1025	10 327 daN
Gruppo sud	20,15	0,5	10,08	4,5	3,05	0,85	1025	10 327 daN
Riepilogo			20					20 654 daN

Linea di galleggiamento

Peso della cassaforma	- daN
Z della cassaforma	9,5 m
Peso complessivo	377 079 daN
Peso specifico acqua di mare	1 025 daN/m ³
Volume immerso	368 m ³
Affondamento	6,78 m
Franco libero durante il galleggiamento	2,22 m

Baricentro del cassone con riempimento e cassaforma

Somme dei prodotti PxZg							1 146 408
Peso complessivo							377 079
Distanza del baricentro dalla base del cassone (cassoni+acqua+cassaforma)							3,04
Distanza tra baricentro e linea di galleggiamento							3,74

Centro di carena

(Baricentro del volume di liquido spostato dal cassone immerso)

	Sup	H	Vol.	Xg	Yg	Zg
Fondo	83,70	0,615	51,48	4,5	4,65	0,3075
Fusto	51,10	6,18	316,03	4,5	4,65	3,7
Distanza tra il piede del cassone e il centro di carena			368			3,23

Metacentro

	B	H	J
M. inerzia minimo dell'area di galleggiamento	7,00	7,3	226,93
M. inerzia minimo dell'area interna di galleggiamento			119,9
Distanza tra il metacentro ed il centro di carena C-M			0,29
Distanza tra il piede del cassone e il metacentro			3,52
Distanza del baricentro dalla base del cassone (cassoni+acqua+cassaforma)			3,04
Distanza tra metacentro e baricentro del cassone riempito d'acqua			0,48

Essendo tale distanza compresa tra 0,20 m e 0,50 m il cassone è stabile in fase di galleggiamento.

Carichi verticali

Peso cassone vuoto						356 t
Peso sovrastruttura in c.a.	7	7,3	H 2,0	2500		256 t
Peso riempimento celle						
	Celle 1-4 13-16					
calcestruzzo magro	4	10,1	1,5	1600		97 t
materiale arido	4	10,1	6,9	1400		389 t

Celle 2-3 14-15

calcestruzzo magro	0	8,8	0,3	1600	-	t
materiale arido	0	8,8	8,1	1400	-	t

Celle 5-8 9-12

calcestruzzo magro	0	10,2	0,3	1600	-	t
materiale arido	0	10,2	8,1	1400	-	t

Celle 6-7 10-11

calcestruzzo magro	0	8,5	0,3	1600	-	t
materiale arido	0	8,5	8,1	1400	-	t

Totale carichi permanenti stabilizzanti**1 097,94 t**

Sottospinta idraulica

Peso specifico acqua	1 025 daN/m ³
Area di base	51 m ²
Altezza del cassone immerso	8,5 m
Stinta idraulica verso l'alto	445,21 t

Risultante

Carichi permanenti stabilizzanti	1 098 t
Sottospinta idraulica	445 t
Risultante	652,73 t

Carichi orizzontali

Tiro bitta	80 t
Spinta sul parabordo	- t
Risultante	80,00 t

Verifica di stabilità allo scorrimento

Basamento in pietrame di cava saturato con malta cementizia	
Coefficiente d'attrito cls-sottofondazione	0,5
Azione orizzontale instabilizzante (bitta)	80 t
Azione stabilizzante	326 t
Verifica allo scorrimento	4,1
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento	1,5
Verifica soddisfatta	

Verifica di stabilità al ribaltamento attorno al lato corto

Forza stabilizzante	653
Braccio forza stabilizzante	4,5
Momento stabilizzante	2 937
Forza ribaltante (bitta)	80
Braccio forza ribaltante	11,5
Momento ribaltante	920
Verifica al ribaltamento (attorno al lato corto)	3,2
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento	1,5
Verifica soddisfatta	

Verifica di stabilità al ribaltamento attorno al lato lungo

Forza stabilizzante	653
Braccio forza stabilizzante	4,7
Momento stabilizzante	3 035
Forza ribaltante (bitta)	80
Braccio forza ribaltante	12,5
Momento ribaltante	1 000
Verifica al ribaltamento (attorno al lato lungo)	3,0
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento	1,5
Verifica soddisfatta	

Verifica a schiacciamento dell'imbasamento a scogliera (rotazione sul lato corto)

Momento stabilizzante	2 937
Momento ribaltante	920
Risultante forze verticali	653
Base B	9,00
Altezza H	9,30
U distanza risultante dal bordo	3,09
Eccentricità	1,409
Tensione massima	1,51 daN/cm ²
Tensione minima	0,05 daN/cm ²
Carico accidentale	0,35
Tensione massima totale	1,86 daN/cm ²
Tensione minima totale	0,40 daN/cm ²

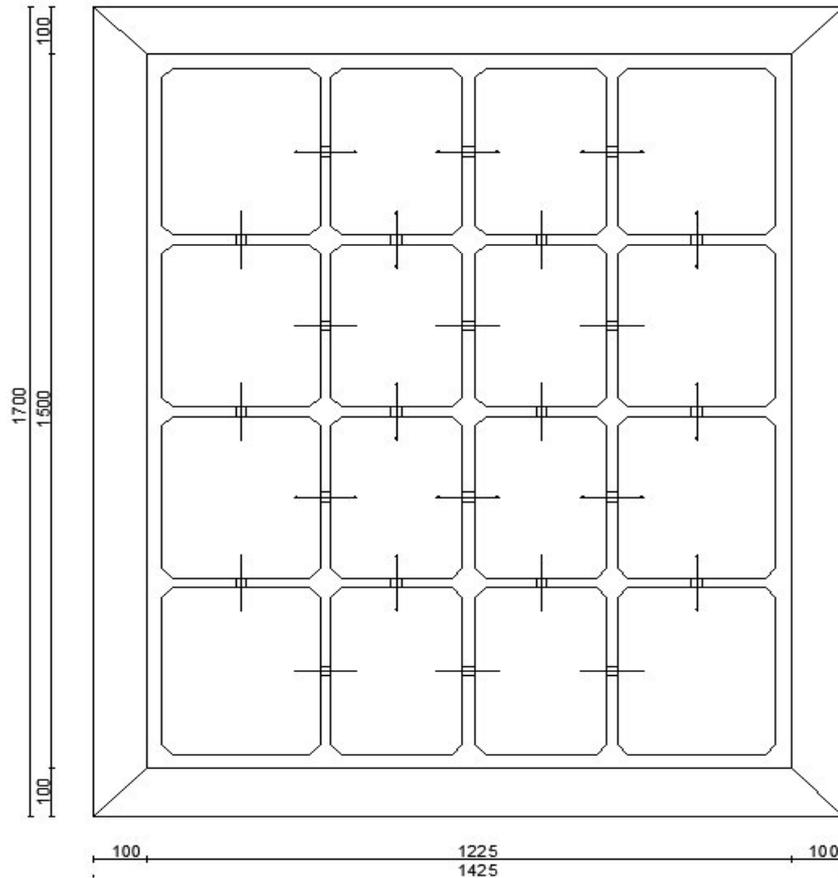
Verifica a schiacciamento dell'imbasamento a scogliera (rotazione sul lato lungo)

Momento stabilizzante	3 035
Momento ribaltante	1 000
Risultante forze verticali	653
Base B	9,30
Altezza H	9,00
U distanza risultante dal bordo	3,12
Eccentricità	1,532
Tensione massima	1,55 daN/cm ²
Tensione minima	0,01 daN/cm ²
Carico accidentale	0,35

Tensione massima totale
Tensione minima totale

1,90 daN/cm²
0,36 daN/cm²

VERIFICHE DI GALLEGGIAMENTO CASSONE NUMERO 19



Dati geometrici

Dati fondazione e mensole

X fondo	14,25
Y fondo	17
Z fondo	0,65
Sbalzo X	1
Sbalzo Y	1

Dati fondo fusto

X fondo	12,25
Y fondo	15
Z fondo	0,6

Dati fusto

Dati fusto	Spessori setti								Tot.
	0,3	0,2	0	0,25	0	0,2	0,3		
X fondo	12,25	0,3	0,2	0	0,25	0	0,2	0,3	1,25
Y fondo	15	0,3	0,2		0,2		0,2	0,3	1,2
Z fondo	10								

Z fondo altezza complessiva del cassone (fusto + fondo)

Altezza sovrastruttura in c.a. 1,5

Peso cassone vuoto

	x	y	z	Vol.	Xg	Yg	Zg	P.Sp	Peso
Mensola	14,25	17	0,65	38,025	7,125	8,5	0,325	2500	95 063 daN
Fondo interno	12,25	15	0,6	110,25	7,125	8,5	0,3	2500	275 625 daN

Fusto										
esterno	12,25	15	9,4	1727,3						
setti interni	11	13,8	9,4	1427						
Differenza				300	7,125	8,5	5,3	2500	750 825	daN
Riepilogo				449					1 121 513	daN

FASE DI GALLEGGIAMENTO CON CASSERO RAMPANTE

Celle 1-4

X dimens.	3,00
Y dimens.	3,50
Numero celle nord	2
Numero celle sud	2

Celle 2 - 3

X dimens.	2,50
Y dimens.	3,50
Numero celle nord	2
Numero celle sud	2

Momenti d'inerzia rispetto all'asse baricentrico della sezione di galleggiamento

J 1-4 13-16	4	10,5	5,45	1248
J 2-3 14-15	4	8,75	5,45	1040

Celle 5 - 8

X dimens.	3,00
Y dimens.	3,40
Numero celle nord	2
Numero celle sud	2

Celle 6-7

X dimens.	2,50
Y dimens.	3,40
Numero celle nord	2
Numero celle sud	2

Momenti d'inerzia rispetto all'asse baricentrico della sezione di galleggiamento

J 5-8 9-12	4	10,2	1,8	132
J 6-7 10-11	4	8,5	1,8	110

Momento d'inerzia celle interne **2529** m⁴

Altezza di riempimento del cassone con acqua di mare **1**
 Peso specifico acqua di mare **1025**

Riempimento

	Sup	H	Vol.	Xg	Yg	Zg	P.Sp	Peso
Gruppo nord	75,90	1	75,90	7,125	13,95	1,1	1025	77 798 daN
Gruppo sud	75,90	1	75,90	7,125	3,05	1,1	1025	77 798 daN
Riepilogo			152					155 595 daN

Linea di galleggiamento

Peso della cassaforma	50 000 daN
Z della cassaforma	10,5 m
Peso complessivo	1 327 108 daN
Peso specifico acqua di mare	1 025 daN/m ³
Volume immerso	1 295 m ³
Affondamento	6,84 m
Franco libero durante il galleggiamento	3,16 m

Baricentro del cassone con riempimento e cassaforma

Somme dei prodotti PxZg						4 789 110
Peso complessivo						1 327 108
Distanza del baricentro dalla base del cassone (cassoni+acqua+cassaforma)						3,61
Distanza tra baricentro e linea di galleggiamento						3,23

Centro di carena

(Baricentro del volume di liquido spostato dal cassone immerso)

	Sup	H	Vol.	Xg	Yg	Zg
Fondo	242,25	0,615	148,98	7,125	8,5	0,3075
Fusto	183,75	6,24	1146,46	7,125	8,5	3,7
Distanza tra il piede del cassone e il centro di carena			1295			3,34

Metacentro

	B	H	J
M. inerzia minimo dell'area di galleggiamento	12,25	15	3445,31
M. inerzia minimo dell'area interna di galleggiamento			2529,4
Distanza tra il metacentro ed il centro di carena C-M			0,71
Distanza tra il piede del cassone e il metacentro			4,05
Distanza del baricentro dalla base del cassone (cassoni+acqua+cassaforma)			3,61
Distanza tra metacentro e baricentro del cassone riempito d'acqua			0,44

Essendo tale distanza compresa tra 0,20 m e 0,50 m il cassone è stabile in fase di galleggiamento.

Carichi verticali

Peso cassone vuoto						1 122 t
Peso sovrastruttura in c.a.	12,25	15	H 1,5	2500		689 t
Peso riempimento celle						
Celle 1-4 13-16						
calcestruzzo magro	4	10,5	1,5	1600		101 t
materiale arido	4	10,5	7,9	1400		465 t

Celle 2-3 14-15

calcestruzzo magro	4	8,8	0,3	1600	17 t
materiale arido	4	8,8	9,1	1400	446 t

Celle 5-8 9-12

calcestruzzo magro	4	10,2	0,3	1600	20 t
materiale arido	4	10,2	9,1	1400	520 t

Celle 6-7 10-11

calcestruzzo magro	4	8,5	0,3	1600	16 t
materiale arido	4	8,5	9,1	1400	433 t

Totale carichi permanenti stabilizzanti**3 827,45 t**

Sottospinta idraulica

Peso specifico acqua 1 025 daN/m³Area di base 184 m²

Altezza del cassone immerso 9,5 m

Stinta idraulica verso l'alto

1 789,27 t

Risultante

Carichi permanenti stabilizzanti	3 827 t
Sottospinta idraulica	1 789 t
Risultante	2 038,19 t

Carichi orizzontali

Tiro bitta	120 t
Spinta sul parabordo	120 t
Risultante	240,00 t

Verifica di stabilità allo scorrimento

Basamento in pietrame di cava saturato con malta cementizia	
Coefficiente d'attrito cls-sottofondazione	0,5
Azione orizzontale instabilizzante (bitta)	240 t
Azione stabilizzante	1 019 t
Verifica allo scorrimento	4,2
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento	1,5
Verifica soddisfatta	

Verifica di stabilità al ribaltamento attorno al lato corto

Forza stabilizzante	2 038
Braccio forza stabilizzante	7,1
Momento stabilizzante	14 522
Forza ribaltante (bitta)	240
Braccio forza ribaltante	12,0
Momento ribaltante	2 880
Verifica al ribaltamento (attorno al lato corto)	5,0
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento	1,5
Verifica soddisfatta	

Verifica di stabilità al ribaltamento attorno al lato lungo

Forza stabilizzante	2 038
Braccio forza stabilizzante	8,5
Momento stabilizzante	17 325
Forza ribaltante (bitta)	240
Braccio forza ribaltante	12,5
Momento ribaltante	3 000
Verifica al ribaltamento (attorno al lato lungo)	5,8
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento	1,5
Verifica soddisfatta	

Verifica a schiacciamento dell'imbasamento a scogliera (rotazione sul lato corto)

Momento stabilizzante	14 522
Momento ribaltante	2 880
Risultante forze verticali	2 038
Base B	14,25
Altezza H	17,00
U distanza risultante dal bordo	5,71
Eccentricità	1,413
Tensione massima	1,34 daN/cm ²
Tensione minima	0,34 daN/cm ²
Carico accidentale	0,35
Tensione massima totale	1,69 daN/cm ²
Tensione minima totale	0,69 daN/cm ²

Verifica a schiacciamento dell'imbasamento a scogliera (rotazione sul lato lungo)

Momento stabilizzante	17 325
Momento ribaltante	3 000
Risultante forze verticali	2 038
Base B	17,00
Altezza H	14,25
U distanza risultante dal bordo	7,03
Eccentricità	1,472
Tensione massima	1,28 daN/cm ²
Tensione minima	0,40 daN/cm ²
Carico accidentale	0,35

Tensione massima totale
Tensione minima totale

1,63 daN/cm²
0,75 daN/cm²

FASE DI GALLEGGIAMENTO CON CASSERO RAMPANTE

Celle 1-4

X dimens.	3,00
Y dimens.	3,50
Numero celle nord	2
Numero celle sud	2

Celle 2 - 3

X dimens.	2,50
Y dimens.	3,50
Numero celle nord	2
Numero celle sud	2

Momenti d'inerzia rispetto all'asse baricentrico della sezione di galleggiamento

J 1-4 13-16	4	10,5	5,45	1248
J 2-3 14-15	4	8,75	5,45	1040

Celle 5 - 8

X dimens.	3,00
Y dimens.	3,40
Numero celle nord	2
Numero celle sud	2

Celle 6-7

X dimens.	2,50
Y dimens.	3,40
Numero celle nord	2
Numero celle sud	2

Momenti d'inerzia rispetto all'asse baricentrico della sezione di galleggiamento

J 5-8 9-12	4	10,2	1,8	132
J 6-7 10-11	4	8,5	1,8	110

Momento d'inerzia celle interne **2529 m⁴**

Altezza di riempimento del cassone con acqua di mare **0,7**
 Peso specifico acqua di mare **1025**

Riempimento

	Sup	H	Vol.	Xg	Yg	Zg	P.Sp	Peso
Gruppo nord	75,90	0,7	53,13	7,125	13,95	0,95	1025	54 458 daN
Gruppo sud	75,90	0,7	53,13	7,125	3,05	0,95	1025	54 458 daN
Riepilogo			106					108 917 daN

Linea di galleggiamento

Peso della cassaforma	- daN
Z della cassaforma	10,5 m
Peso complessivo	1 230 429 daN
Peso specifico acqua di mare	1 025 daN/m ³
Volume immerso	1 200 m ³
Affondamento	6,33 m
Franco libero durante il galleggiamento	3,67 m

Baricentro del cassone con riempimento e cassaforma

Somme dei prodotti PxZg	4 196 426
Peso complessivo	1 230 429
Distanza del baricentro dalla base del cassone (cassoni+acqua+cassaforma)	3,41
Distanza tra baricentro e linea di galleggiamento	2,92

Centro di carena

(Baricentro del volume di liquido spostato dal cassone immerso)

	Sup	H	Vol.	Xg	Yg	Zg
Fondo	242,25	0,615	148,98	7,125	8,5	0,3075
Fusto	183,75	5,73	1052,14	7,125	8,5	3,5
Distanza tra il piede del cassone e il centro di carena			1201			3,08

Metacentro

	B	H	J
M. inerzia minimo dell'area di galleggiamento	12,25	15	3445,31
M. inerzia minimo dell'area interna di galleggiamento			2529,4
Distanza tra il metacentro ed il centro di carena C-M			0,76
Distanza tra il piede del cassone e il metacentro			3,85
Distanza del baricentro dalla base del cassone (cassoni+acqua+cassaforma)			3,41
Distanza tra metacentro e baricentro del cassone riempito d'acqua			0,44

Essendo tale distanza compresa tra 0,20 m e 0,50 m il cassone è stabile in fase di galleggiamento.

Carichi verticali

Peso cassone vuoto						1 122 t
Peso sovrastruttura in c.a.	12,25	15	H 1,5	2500		689 t
Peso riempimento celle						
Celle 1-4 13-16						
calcestruzzo magro	4	10,5	1,5	1600		101 t
materiale arido	4	10,5	7,9	1400		465 t

Celle 2-3 14-15

calcestruzzo magro	4	8,8	0,3	1600	17 t
materiale arido	4	8,8	9,1	1400	446 t

Celle 5-8 9-12

calcestruzzo magro	4	10,2	0,3	1600	20 t
materiale arido	4	10,2	9,1	1400	520 t

Celle 6-7 10-11

calcestruzzo magro	4	8,5	0,3	1600	16 t
materiale arido	4	8,5	9,1	1400	433 t

Totale carichi permanenti stabilizzanti **3 827,45 t**

Sottospinta idraulica

Peso specifico acqua	1 025 daN/m ³
Area di base	184 m ²
Altezza del cassone immerso	9,5 m
Stinta idraulica verso l'alto	1 789,27 t

Risultante

Carichi permanenti stabilizzanti	3 827 t
Sottospinta idraulica	1 789 t
Risultante	2 038,19 t

Carichi orizzontali

Tiro bitta	120 t
Spinta sul parabordo	120 t
Risultante	240,00 t

Verifica di stabilità allo scorrimento

Basamento in pietrame di cava saturato con malta cementizia	
Coefficiente d'attrito cls-sottofondazione	0,5
Azione orizzontale instabilizzante (bitta)	240 t
Azione stabilizzante	1 019 t
Verifica allo scorrimento	4,2
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento	1,5
Verifica soddisfatta	

Verifica di stabilità al ribaltamento attorno al lato corto

Forza stabilizzante	2 038
Braccio forza stabilizzante	7,1
Momento stabilizzante	14 522
Forza ribaltante (bitta)	240
Braccio forza ribaltante	12,0
Momento ribaltante	2 880
Verifica al ribaltamento (attorno al lato corto)	5,0
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento	1,5
Verifica soddisfatta	

Verifica di stabilità al ribaltamento attorno al lato lungo

Forza stabilizzante	2 038
Braccio forza stabilizzante	8,5
Momento stabilizzante	17 325
Forza ribaltante (bitta)	240
Braccio forza ribaltante	12,5
Momento ribaltante	3 000
Verifica al ribaltamento (attorno al lato lungo)	5,8
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento	1,5
Verifica soddisfatta	

Verifica a schiacciamento dell'imbasamento a scogliera (rotazione sul lato corto)

Momento stabilizzante	14 522
Momento ribaltante	2 880
Risultante forze verticali	2 038
Base B	14,25
Altezza H	17,00
U distanza risultante dal bordo	5,71
Eccentricità	1,413
Tensione massima	1,34 daN/cm ²
Tensione minima	0,34 daN/cm ²
Carico accidentale	0,35
Tensione massima totale	1,69 daN/cm ²
Tensione minima totale	0,69 daN/cm ²

Verifica a schiacciamento dell'imbasamento a scogliera (rotazione sul lato lungo)

Momento stabilizzante	17 325
Momento ribaltante	3 000
Risultante forze verticali	2 038
Base B	17,00
Altezza H	14,25
U distanza risultante dal bordo	7,03
Eccentricità	1,472
Tensione massima	1,28 daN/cm ²
Tensione minima	0,40 daN/cm ²
Carico accidentale	0,35

Tensione massima totale
Tensione minima totale

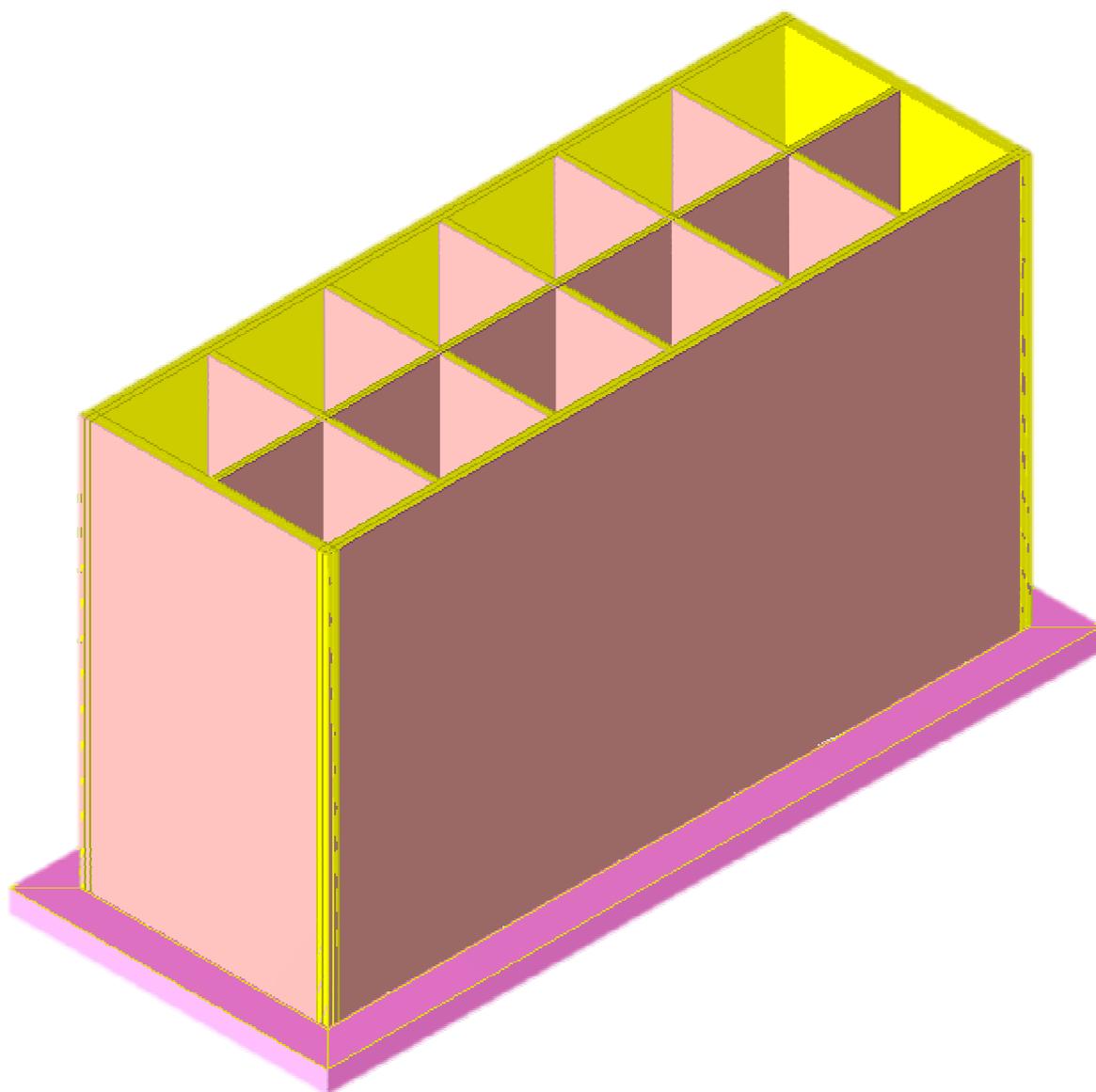
1,63 daN/cm²
0,75 daN/cm²

ALLEGATO “2”

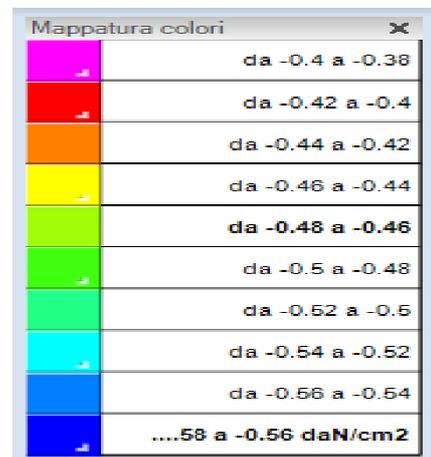
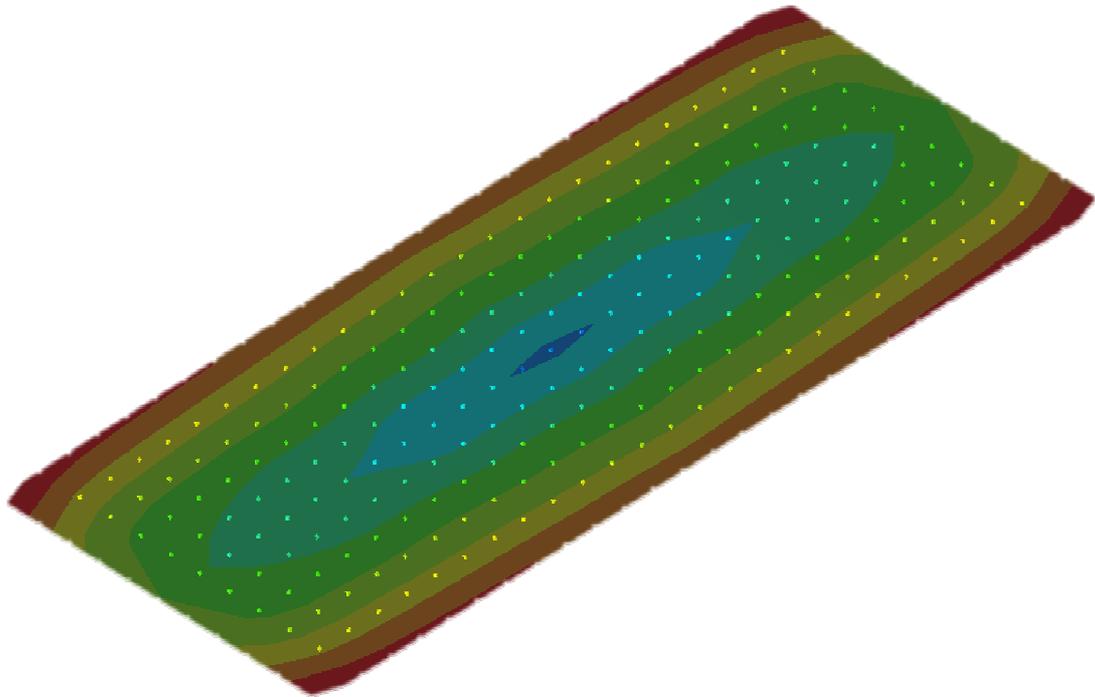
Modelli e risultati di calcolo
cassone in progetto n. 16

FASE DI MESSA IN OPERA CASSONE 16

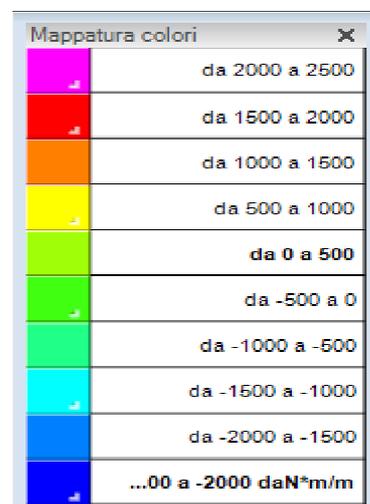
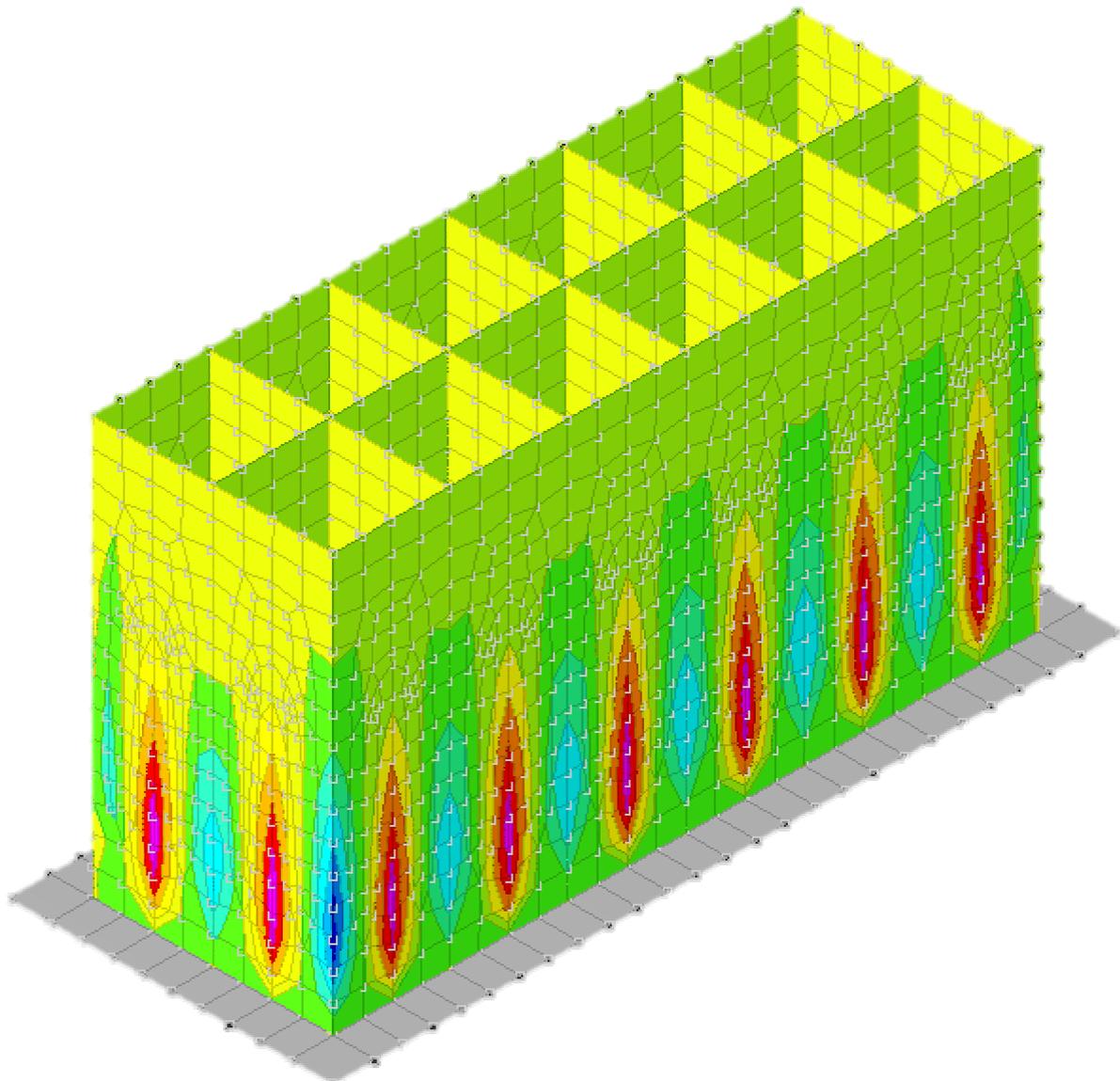
MODELLO DI CALCOLO



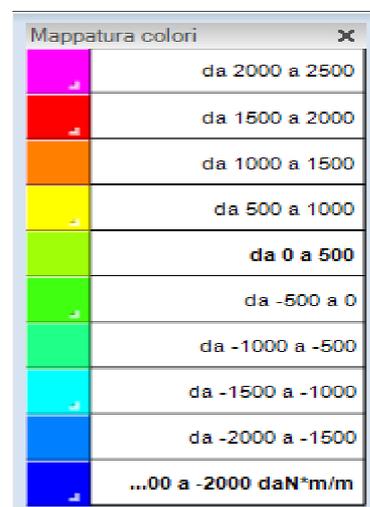
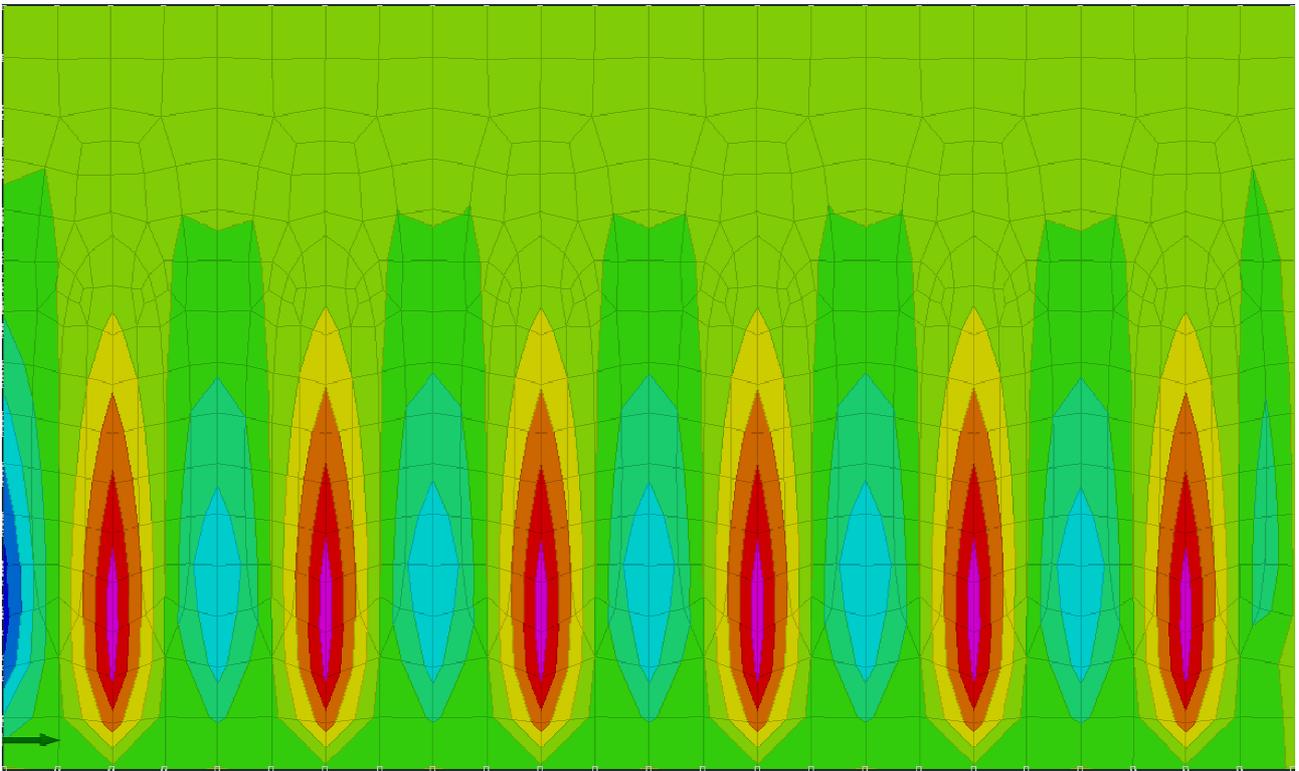
PRESSIONI SULLA PLATEA DI FONDAZIONE DEL CASSONE



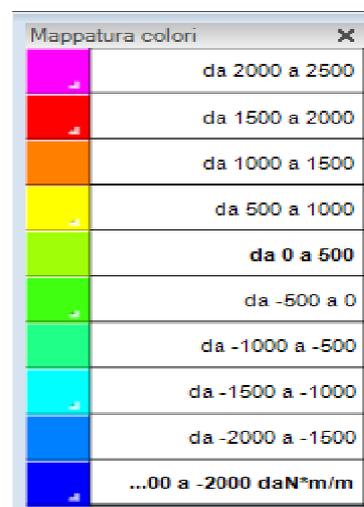
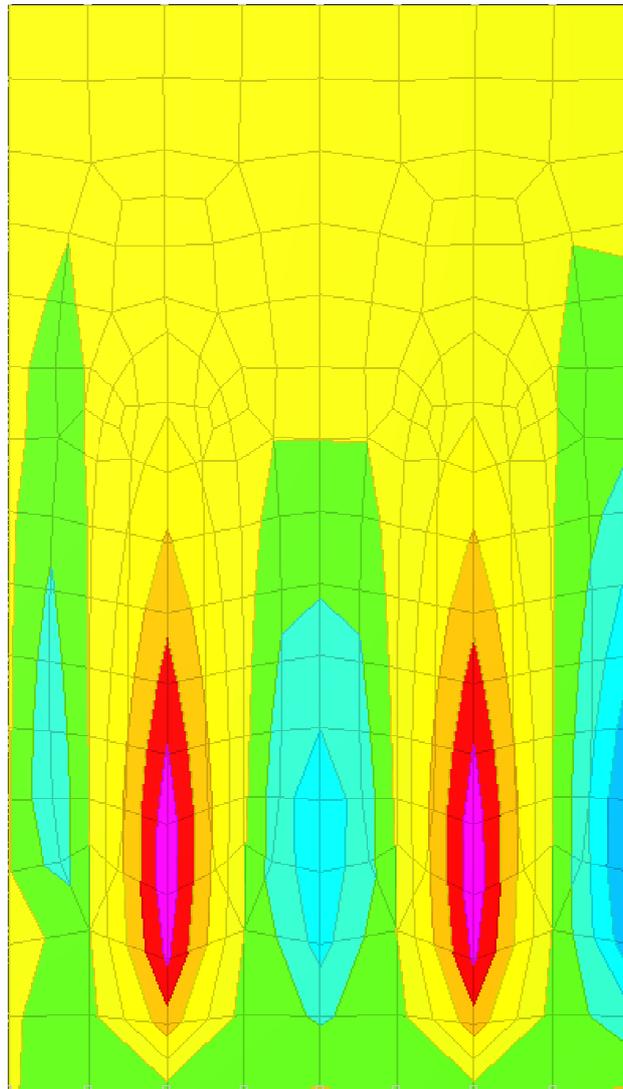
SOLLECITAZIONI FLETTENTI SULLE PARETI



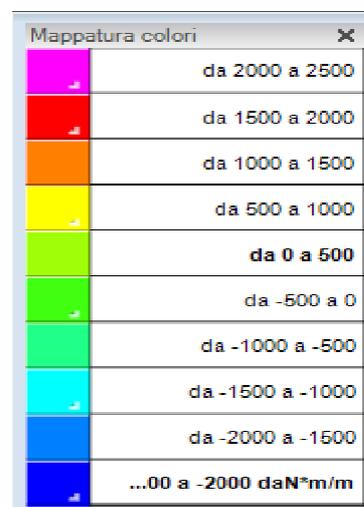
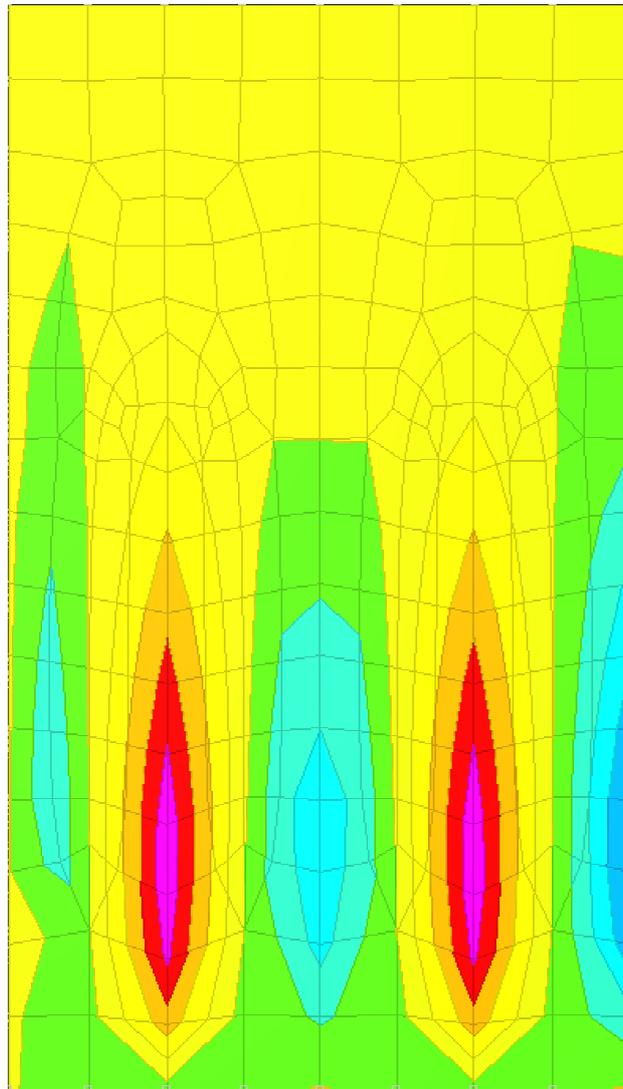
SOLLECITAZIONI FLETTENTI SULLE PARETI LATO LUNGO



SOLLECITAZIONI FLETTENTI SULLE PARETI LATO CORTO

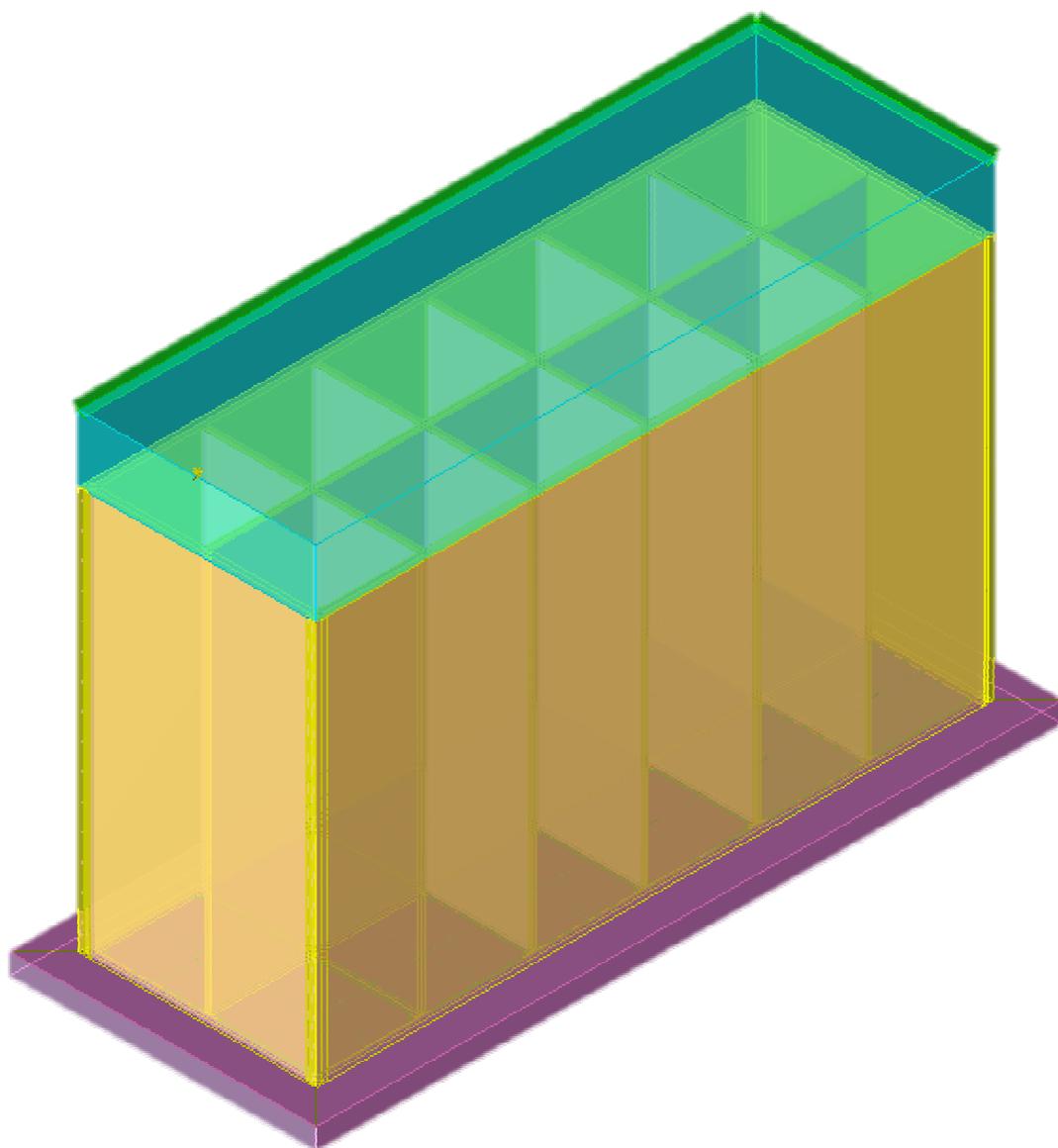


SOLLECITAZIONI FLETTENTI SULLE PARETI LATO CORTO

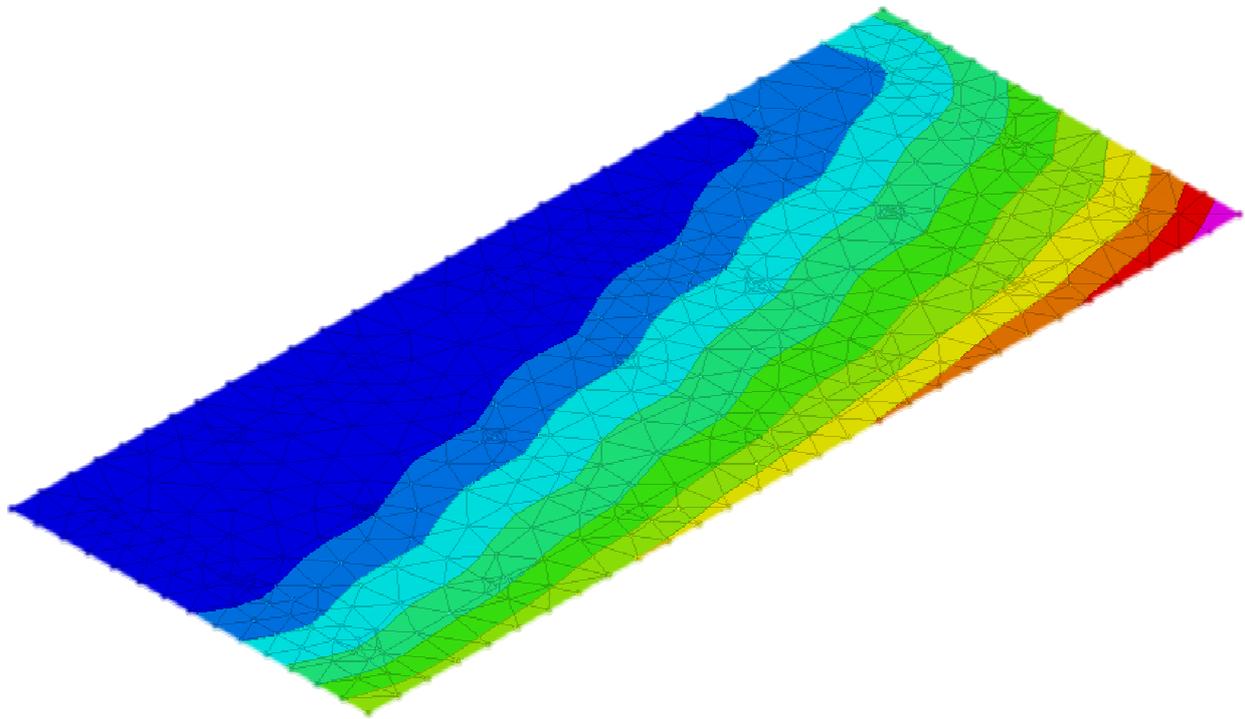


FASE DI ESERCIZIO CASSONE 16

MODELLO DI CALCOLO

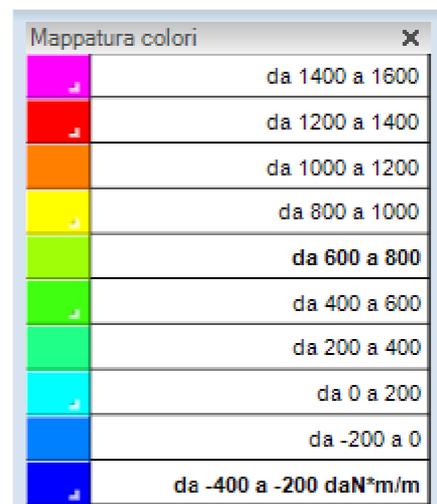
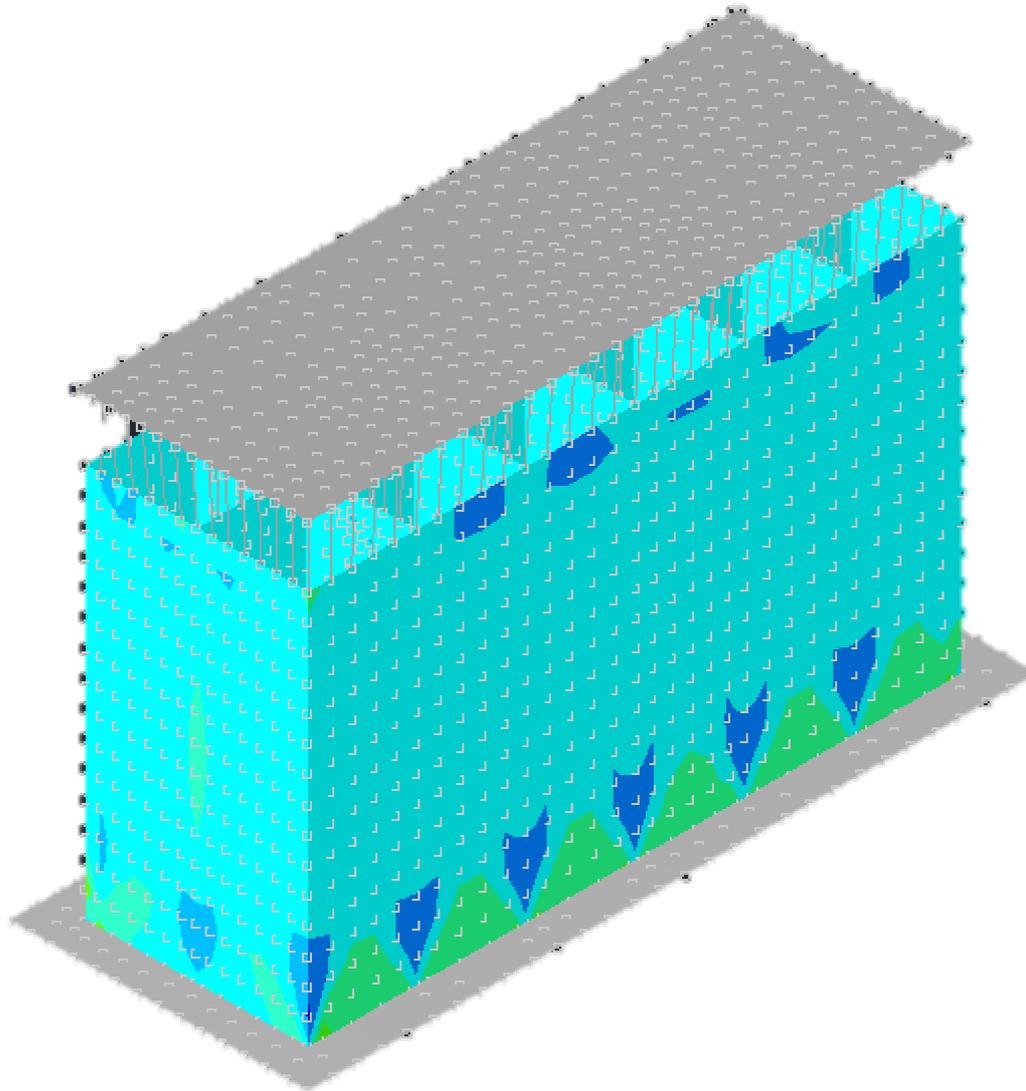


PRESSIONI SULLA PLATEA DI FONDAZIONE DEL CASSONE

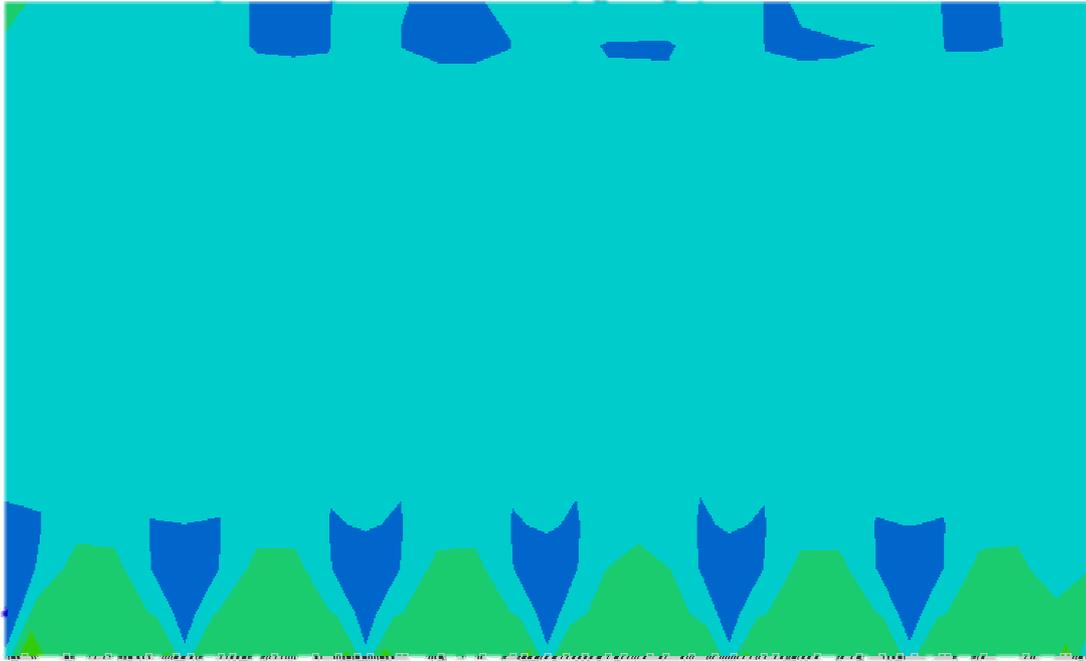


Mappatura colori		✕
	da -2.3 a -2.2	
	da -2.4 a -2.3	
	da -2.5 a -2.4	
	da -2.6 a -2.5	
	da -2.7 a -2.6	
	da -2.8 a -2.7	
	da -2.9 a -2.8	
	da -3 a -2.9	
	da -3.1 a -3	
	da -3.2 a -3.1 daN/cm ²	

SOLLECITAZIONI FLETTENTI SULLE PARETI



SOLLECITAZIONI FLETTENTI SULLE PARETI LATO LUNGO



Mappatura colori		✕
	da 1400 a 1600	
	da 1200 a 1400	
	da 1000 a 1200	
	da 800 a 1000	
	da 600 a 800	
	da 400 a 600	
	da 200 a 400	
	da 0 a 200	
	da -200 a 0	
	da -400 a -200 daN*m/m	

SOLLECITAZIONI FLETTENTI SULLE PARETI LATO CORTO

