

**Autorità di Sistema Portuale  
del Mar Tirreno Centro Settentrionale**

*Porti di Civitavecchia, Fiumicino e Gaeta*

**PROGETTO ESECUTIVO  
PRIMO LOTTO FUNZIONALE OPERE STRATEGICHE (II stralcio):  
BANCHINAMENTO DARSENA SERVIZI**

**IL PRESIDENTE**  
Dott. Pino Musolino

**IL PROGETTISTA E COORDINATORE DELLA  
PROGETTAZIONE**

Dott. Ing. Giuseppe Solinas

**IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO**

Dott. Ing. Maurizio Marini

Collaboratori APC

geom. Vittorio Lauro  
geom. Jacopo Turchetti  
arch. Marco Vettrai  
ing. Fabio Candido Poleggi

**RELAZIONE DI STABILITA' DEI CASSONI**

ELABORATO

**R.S.C.**

CODICE PROGETTO: CVPEOMTT02-18

REV.	DATA	Descr.
0	DICEMBRE 2019	
1	FEBBRAIO 2021	Adeguamento ai rapporti di Verifica Preventiva ai sensi dell'Art. 26 D. Lgs 50/2016
RIF.DIS.	\\VSRV-FSERVER02\UT1\CIVITAVECCHIA\IP_DISEGN\O.D. SERVIZI BANCHINAMENTO\PROGETTO ESECUTIVO OPERE MARITTIME\B_PROG. ESEC. REV. 1 EDITABILI\DOCUMENTI\TESTATINE DOCUMENTI.DWG	

## INDICE

1.	PREMESSA	1
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
2.1.	Azioni, criteri di calcolo e verifica delle costruzioni	2
2.2.	Elaborati tecnici	2
3.	MATERIALI	3
3.1.	Calcestruzzo strutturale e non strutturale	3
3.2.	Terreni di rinfiango e pietrame per lo scanno di imbasamento	3
3.3.	Materiale di riempimento delle celle dei cassoni	3
4.	AZIONI AGENTI SULLE OPERE IN PROGETTO	4
4.1.	Moto ondoso	4
4.2.	Carico di banchina	4
4.3.	Spinta del terreno in condizioni statiche	4
4.4.	Tiro alla bitta	5
4.5.	Sisma	5
4.5.1.	Spinta del terreno in condizioni sismiche	7
4.5.2.	Spinta del terreno in condizioni sismiche indotta dal carico di banchina	8
4.5.3.	Spinta idrodinamica indotta dal sisma	9
4.5.4.	Forze di massa indotta dal sisma	9
5.	VERIFICHE DI STABILITÀ	10
6.	ALLEGATI	11

## **1. PREMESSA**

La presente relazione illustra le verifiche di stabilità dei cassoni cellulari tipo A B e C nell'ambito del Progetto Esecutivo del "Primo Lotto Funzionale delle Opere Strategiche (II Stralcio): Banchinamento Darsena Servizi". Le verifiche sono state eseguite secondo quanto previsto dal D.M. 17 Gennaio 2018 Aggiornamento delle "Norme tecniche delle costruzioni" ed alla normativa riportata nel par.2.

A valle delle analisi delle azioni sono state eseguite le verifiche di stabilità alla traslazione, alla rotazione ed allo schiacciamento dei terreni d'imposta, nonché le verifiche di stabilità alla navigazione.

## **2.     NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La progettazione delle opere in oggetto è condotta nel rispetto delle seguenti norme:

### **2.1.   Azioni, criteri di calcolo e verifica delle costruzioni**

- *D.M. 17 Gennaio 2018* - Norme tecniche sulle costruzioni e relativa circolare di applicazione.
- *UNI EN 1998-5 DEL 01/01/2005* - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica
- *O.P. Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 e succ. agg.* - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica
- Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP. Serv. Tecn. Centrale, 12/1996 - Linee guida sul calcestruzzo strutturale
- *D.M. LL.PP. del 16/01/1996 e succ. agg.* - Norme tecniche per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi. Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- *D.M. LL.PP. del 09/01/1996* - Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- *Circ.Min. LL.PP. del 24/06/1993, n° 37406/STC* - Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche, di cui al D.M. 14/02/1992.
- *D.M. LL.PP. del 14/02/1992* - Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- *D.M. LL.PP. del 03/12/1987* - Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.
- *D.M. LL.PP. del 12/02/1982* - Aggiornamento delle norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni, dei carichi e sovraccarichi.
- *Circ.Min. LL.PP. del 24/05/1982, n° 22631* - Istruzioni relative ai carichi, ai sovraccarichi ed ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni.
- *Circolare Min. LL.PP. n. 11951 14/02/1974* - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica."
- *Legge del 05/11/1971, n° 1086* - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.

### **2.2.   Elaborati tecnici**

- *CNR 10024 n° 160 del 06/10/1986* - Analisi delle strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo.
- *UNI 936 Settembre 1986 Disegni tecnici* – Formati e disposizioni degli elementi grafici dei fogli da disegno.
- *UNI 938 Settembre 1981 Disegni tecnici* – Piegatura dei fogli.

### 3. MATERIALI

#### 3.1. Calcestruzzo strutturale e non strutturale

Per il calcestruzzo dei cassoni e della sovrastruttura sono stati assunti i seguenti pesi di volume:

- Peso di volume asciutto:  $\gamma_c = 25,00 \text{ kN/m}^3$
- Peso per unità di volume acqua di mare:  $\gamma_w = 10,30 \text{ kN/m}^3$  (\*)
- Peso di volume immerso:  $\gamma_c' = 14,70 \text{ kN/m}^3$

Per il calcestruzzo magro utilizzato per la realizzazione dei tappi nelle celle antiriflettenti per evitare la perdita del materiale di riempimento, sono stati assunti i seguenti pesi di volume:

- Peso di volume asciutto:  $\gamma_c = 24,00 \text{ kN/m}^3$
- Peso di volume immerso:  $\gamma_c' = 13,70 \text{ kN/m}^3$

#### 3.2. Terreni di rinfiaccio e pietrame per lo scanno di imbasamento

Le caratteristiche geo-meccaniche del tout-venant di cava impiegato per la il rinfiaccio alle spalle dei cassoni sono le seguenti:

- Peso di volume asciutto:  $\gamma_d = 18,00 \text{ kN/m}^3$
- Peso di volume saturo:  $\gamma_s = 19,00 \text{ kN/m}^3$
- Peso di volume immerso:  $\gamma' = 8,70 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito:  $\varphi' = 40^\circ$
- Coesione:  $c = 0,00 \text{ kN/m}^2$

Le caratteristiche geo-meccaniche del pietrame impiegato per lo scanno d'imbasamento dei cassoni sono le seguenti:

- Peso di volume asciutto:  $\gamma_d = 19,00 \text{ kN/m}^3$
- Peso di volume saturo:  $\gamma_s = 20,00 \text{ kN/m}^3$
- Peso di volume immerso:  $\gamma' = 9,70 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito:  $\varphi' = 40^\circ$
- Coesione:  $c = 0,00 \text{ kN/m}^2$

#### 3.3. Materiale di riempimento delle celle dei cassoni

Il riempimento delle celle dei cassoni verrà eseguito con il materiali proveniente dai dragaggi e presenta le seguenti caratteristiche geo-meccaniche:

- Peso di volume saturo:  $\gamma_s = 17,00 \text{ kN/m}^3$
- Peso di volume immerso:  $\gamma' = 6,70 \text{ kN/m}^3$

(\*) A vantaggio di sicurezza il peso per unità di volume dell'acqua di mare è stato assunto pari a  $10,30 \text{ kN/m}^3$ , così come previsto in buona parte della letteratura scientifica (e non pari a  $10,10 \text{ kN/m}^3$ , come invece riportato nel D.M. 17/01/2018).

## 4. AZIONI AGENTI SULLE OPERE IN PROGETTO

### 4.1. Moto ondosso

Le opere da realizzarsi sono all'interno della darsena, pertanto il moto ondosso è di fatto ininfluenza per la determinazioni delle spinte.

### 4.2. Carico di banchina

I valori del sovraccarico di banchina sono stati definiti in base alla destinazione d'uso delle banchine.

Cassoni Tipo A: 20 kN/m<sup>2</sup>

Cassoni Tipo B: 20 kN/m<sup>2</sup>

Cassoni Tipo C: 20 kN/m<sup>2</sup>

### 4.3. Spinta del terreno in condizioni statiche

Tutte le opere di banchina o di delimitazione dei terrapieni verranno rinfiancate con il materiale le cui caratteristiche meccaniche sono specificate al paragrafo 3.2. Nei paragrafi successivi sono riportati nel dettaglio le caratteristiche delle opere e le spinte dovute al terreno di rinfianco in assenza e in presenza del sovraccarico agente sul terrapieno. La spinta del terreno in condizioni statiche ed il relativo momento ribaltante rispetto al piede esterno dell'opera (lato mare) sono stati calcolati in base alle seguenti espressioni:

$$S_T = \frac{1}{2} k_a \gamma_d H_d^2 + k_a \gamma_d H_d H_s + \frac{1}{2} k_a \gamma' H_s^2$$
$$M_{Tr} = \frac{1}{2} k_a \gamma_d H_d^2 \times \left( H_s + \frac{H_d}{3} \right) + k_a \gamma_d H_d H_s \times \frac{H_s}{2} + \frac{1}{2} k_a \gamma' H_s^2 \times \frac{H_s}{3} \quad \text{dove:}$$

$k_a$  è il coefficiente di spinta attiva calcolato con la teoria di Rankine;  
 $\gamma_d$  è il peso per unità di volume asciutto del terreno;  $\gamma$  è il peso per unità di volume immerso del terreno;  $H_d$  è l'altezza asciutta del terreno (al di sopra del l.m.m.);  $H_s$  è l'altezza satura del terreno (al di sotto del l.m.m.).

La spinta del terreno in condizioni statiche indotta dalla presenza del sovraccarico accidentale sul terrapieno alle spalle del muro di banchina ed il relativo momento ribaltante rispetto al piede esterno dell'opera (lato mare) sono stati calcolati in base alle seguenti espressioni:

$$S_Q = k_a Q (H_d + H_s)$$
$$M_{Qr} = k_a Q (H_d + H_s) \times \frac{(H_d + H_s)}{2}$$

dove:

$k_a$  è il coefficiente di spinta attiva calcolato con la teoria di Rankine;  $Q$  è il sovraccarico accidentale sul terrapieno alle spalle della banchina;  $\gamma$  è il peso per unità di volume immerso del terreno;  $H_d$  è l'altezza asciutta del terreno (al di sopra del l.m.m.);  $H_s$  è l'altezza satura del terreno (al di sotto del l.m.m.).

#### 4.4. Tiro alla bitta

Per la valutazione delle azioni esercitate dalle navi traghetto sulle banchine durante la fase di ormeggio, in maniera analoga a quanto fatto nel Progetto Esecutivo, sono state prese a riferimento le condizioni meteomarine estreme raggiungibili nel sito in esame. Infatti, sono state considerate le azioni indotte dai venti in condizioni di bufera spiranti dalla direzione più sfavorevole per la tenuta degli ormeggi con nave scarica (ballast condition), mentre sono state trascurate le azioni indotte dal moto ondoso e dalle correnti, in quanto ritenute poco significative a causa del ridosso offerto dall'opera in progetto. L'intensità del vento è stata posta pari a 27 m/s secondo quanto previsto dal D.M. 17 Gennaio 2018.

La forza impressa dal vento sull'opera morta della nave è stata calcolata con gli algoritmi proposti dalle "Spanish Standard ROM 0.2 - 90" riportati nel seguito:

$$R_v = C_v \times [(A_T \times \cos^2 \theta_w) + A_L \times \sin^2 \theta_w] \times (V_w^2 / 1600)$$

$$F_{L \text{ WIND}} = R_v \times \cos \varphi$$

$$F_{T \text{ WIND}} = R_v \times \sin \varphi$$

$$\tan \varphi = A_L / A_T \times \tan \theta_w$$

in cui:

$\theta_w$  [°] angolo tra l'asse longitudinale della nave e la direzione del vento;  $\varphi$

[°] l'angolo tra l'asse longitudinale della nave e la risultante  $R_v$ ;

$C_v$  è il coefficiente di forma assunto pari a 1.3;

$V_w = 27$  m/s è la velocità di calcolo del vento a 10 m dal l.m.m.;

$R_v$  è la forza risultante che il vento esercita sulla nave [kN];

$F_L$  è la forza longitudinale che il vento esercita sulla nave [kN]

Sono stati prese in considerazione l'azione delle forzanti ambientali agenti sulle imbarcazioni di servizio:

- $L_{oa} = 48$  m lunghezza fuori tutto;
- $L_{bp} = 45$  m lunghezza tra le perpendicolari;
- $B = 8.1$  m larghezza della chiglia;
- $A_L = 245$  m<sup>2</sup> è l'area laterale della nave offerta al vento;
- $A_T = 60$  m<sup>2</sup> è l'area trasversale della nave offerta al vento.

Applicando la formulazione sopra riportata, il valore massimo della forza laterale risulta pari a 133 kN=13.6 t. Pertanto, le bitte da 25 t previste in progetto per la darsena servizi sono caratterizzate da un tiro nominale superiore a quello minimo calcolato per le navi più grandi impreviste.

#### 4.5. Sisma

Il calcolo dei coefficienti sismici orizzontale e verticale ( $k_h$  e  $k_v$ ) è stato condotto secondo quanto riportato dal D.M. 17 Gennaio 2018.

In particolare i cassoni sono stati verificati allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) a cui è associata una probabilità di superamento  $P_{VR}$  pari al 10%, considerando una vita nominale dell'opera pari a 100 anni ed una classe d'uso IV. I valori dell'accelerazione sismica  $a_g$  e dello spettro  $F_0$  sono determinati utilizzando il programma "Spettri di risposta ver. 1.02" del C.S.LL.PP..

Nella tabella 2 è riportata la descrizione delle categorie del sottosuolo previste dal D.M. 17 Gennaio 2018.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3 - Categorie di sottosuolo previste dal D.M. 17 Gennaio 2018

Sulla base di quanto riportato nella “Relazione geologico-geotecnica” a corredo del Progetto Esecutivo, è stata considerata la categoria di Sottosuolo C. Applicando le espressioni riportate nella tabella 3, è possibile calcolare il coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$ .

Categoria sottosuolo	$S_s$
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,60$

Tabella 4 - Coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$  previste dal D.M. 17 Gennaio 2018

Come è possibile osservare in Tabella 5 ed in Tabella 6, alle condizioni topografiche del sito corrisponde la categoria T1, per la quale è previsto un coefficiente di amplificazione  $S_T=1$ .

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 5 - Categorie topografiche previste dal D.M. 17 Gennaio 2018

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,00
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,20
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,20
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,40

Tabella 6 - Valori del coefficiente di amplificazione topografica - D.M. 17 Gennaio 2018

Il valore dell'accelerazione massima orizzontale attesa al sito è esplicitabile mediante la seguente espressione:

$$a_{max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:

$S_s$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica

$S_T$  = coefficiente di amplificazione topografica

Pertanto, i valori dei coefficienti sismici orizzontale e verticale sono dati dalle seguenti espressioni:

$$k_h = \beta_m \frac{a_{max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0.5 k_h$$

dove:  $\beta_m$  = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

I valori del coefficiente  $\beta_m$  sono riportati nella tabella 6:

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$b_m$	$b_m$
$0.2 < a_g(g) < 0.4$	0.31	0.31
$0.1 < a_g(g) < 0.2$	0.29	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.18

Tabella 7 - Valori del coefficiente  $\beta_m$  - D.M. 17 Gennaio 2018

Nella tabella seguente vengono riportati i parametri sismici previsti dal D.M: 17/01/2018 per i cassoni in oggetto.

VITA NOMINALE	$V_N$	100
CLASSE D'USO	$C_U$	4
PERIODO DI RIFERIMENTO PER SISMA	$V_R$	200
PROBABILITA' DI SUPERAMENTO	$P_{VR}$	0.1
TEMPO DI RITORNO	$T_R$	1899
ACCELERAZIONE SISMICA	$a_g$	0.804
PARAMETRO SPETTRO	$F_O$	2.945
CATEGORIA TERRENO	-	C
CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO	$S_s$	1.50
AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	$S_T$	1
ACCELERAZIONE ORIZZONTALE MAX	$a_{max}$	1.206
RIDUZIONE ACCELERAZIONE MAX	$\beta_m$	0.18
COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE	$k_h$	0.0221
COEFFICIENTE SISMICO VERTICALE	$k_v$	0.011

Tabella 8 - Parametri del D.M. del 17/01/2018 relativi ai cassoni A, A1, B, B1, B1S, B2, C, C1, C1S, C2

#### 4.5.1. Spinta del terreno in condizioni sismiche

La spinta del terreno in condizioni sismiche ed il relativo momento ribaltante rispetto al piede esterno dell'opera (lato mare) sono dati dalle seguenti espressioni:

$$E_d = \frac{1}{2}(1 \pm k_v)K_{AD}\gamma_d H_d^2 + (1 \pm k_v)K_{AS}\gamma_d H_d H_s + \frac{1}{2}(1 \pm k_v)K_{AS}\gamma' H_s^2$$

$$M_{Ed} = \frac{1}{2}(1 \pm k_v)K_{AD}\gamma_d H_d^2 \times \left( H_s + \frac{H_d}{3} \right) + (1 \pm k_v)K_{AS}\gamma_d H_d H_s \times \frac{H_s}{2} + \frac{1}{2}(1 \pm k_v)K_{AS}\gamma' H_s^2 \times \frac{H_s}{3}$$

dove:

- $k_v$  è il coefficiente sismico verticale previsto dal D.M.17/01/18;
- $K_{AD}$  è il coefficiente di spinta attivo statico + dinamico del terreno al di sopra del livello marino (teoria di Monobe-Okabe);
- $K_{AS}$  è il coefficiente di spinta attivo statico + dinamico del terreno al di sotto del livello marino (teoria di Monobe-Okabe);
- $\gamma_d$  è il peso per unità di volume asciutto del terreno;
- $\gamma'$  è il peso per unità di volume immerso del terreno;
- $H_d$  è l'altezza asciutta del terreno (al di sopra del livello marino);
- $H_s$  è l'altezza satura del terreno (al di sotto del livello marino).

Il coefficiente di spinta del terreno è valutato nei due casi di terreno al di sopra ed al di sotto del livello marino con l'espressione di Mononobe-Okabe:

$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi'_d - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta_d) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi'_d + \delta_d) \sin(\phi'_d - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

Dove:

- $\phi'_d = \tan^{-1} \left( \frac{\tan \phi'}{\gamma_{\phi'}} \right)$  valore di progetto dell'angolo di resistenza a taglio del terreno;
- $\gamma_{\phi'}$  Coefficiente di resistenza geotecnica previsto dal D.M. 17/01/2018;
- $\psi$  è l'angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete del muro rivolta a monte;
- $\beta$  è l'angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno
- $\delta_d = 0$  valore di progetto dell'angolo di attrito tra terreno e muro;
- $\theta$  è l'angolo definito nell'espressione riportata di seguito:

sotto falda

$$\theta = \arctan \left[ \frac{\gamma_d \cdot K_h}{\gamma' (1 \pm K_v)} \right]$$

Sopra falda

$$\theta = \arctan \left[ \frac{K_h}{(1 \pm K_v)} \right]$$

Con  $K_h$  e  $K_v$  coefficienti sismici orizzontale e verticale previsti dal D.M. 17/01/2018

#### 4.5.2. Spinta del terreno in condizioni sismiche indotta dal carico di banchina

La spinta del terreno in condizioni sismiche indotta dal sovraccarico accidentale ed il relativo momento ribaltante rispetto al piede esterno dell'opera (lato mare) sono dati dalle seguenti espressioni:

$$E_d = (1 \pm k_v) K_{AD} Q H_d + (1 \pm k_v) K_{AS} Q H_s$$

$$M_{Ed} = (1 \pm k_v) K_{AD} Q H_d \times \left( \frac{H_d}{2} + H_s \right) + (1 \pm k_v) K_{AS} Q H_s \times \frac{H_s}{2}$$

dove:

- $k_v$  è il coefficiente sismico verticale;
- $K_{AD}$  è il coefficiente di spinta attiva statico + dinamico del terreno al di sopra del livello marino (teoria di Mononobe-Okabe);
- $K_{AS}$  è il coefficiente di spinta attiva statico + dinamico del terreno al di sotto del livello marino (teoria di Mononobe-Okabe);
- $\gamma_d$  è il peso per unità di volume asciutto del terreno;
- $\gamma$  è il peso per unità di volume immerso del terreno;
- $H_d$  è l'altezza asciutta del terreno (al di sopra del l.m.m.);
- $H_s$  è l'altezza satura del terreno (al di sotto del l.m.m.).

#### 4.5.3. Spinta idrodinamica indotta dal sisma

Sulle pareti esterne del muro di banchina insiste la seguente pressione dell'acqua dovuta ad effetti idrodinamici indotti dal sisma:

$$q(z) = \pm \frac{7}{8} k_h \cdot \gamma_w \cdot \sqrt{h \cdot z}$$

dove:

- $k_h$  è il coefficienti di spinta sismica orizzontale previsto dal D.M.17/01/18;
- $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua marina;
- $h$  è il tirante idrico;
- $z$  è la coordinata verticale diretta verso il basso, con origine sul l.m.m. .

Pertanto, integrando l'espressione precedente lungo la verticale, la spinta idrodinamica  $E_{WD}$  dell'acqua ed il relativo momento sono esplicitabili mediante le seguenti relazioni:

$$E_{WD} = \frac{7}{12} \times k_h \times \gamma_w \times H_s^2$$

$$M_{E_{WD}} = \frac{7}{12} \times k_h \times \gamma_w \times H_s^2 \times \frac{3}{5} H_s$$

dove:

- $k_h$  è il coefficienti di spinta sismica orizzontale previsto dal D.M. 17/01/18;
- $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua marina;
- $H_s$  è l'altezza satura del terreno (al di sotto del livello marino).

#### 4.5.4. Forze di massa indotta dal sisma

Nella fase sismica, oltre alle forze considerate, la normativa prevede che alle masse del muro di sostegno vengano applicate una forza orizzontale ed una verticale (orientata verso l'alto o verso il basso) date dalle seguenti relazioni:

forza orizzontale:

$$F_H = k_h \times W$$

forza verticale:

$$F_v = \pm k_v \times W$$

dove:

- W è il peso del singolo elemento della struttura;
- $k_h$  e  $k_v$  coefficienti sismici orizzontale e verticale previsti dal D.M. 17/01/18.

## **5. VERIFICHE DI STABILITÀ**

Le verifiche di stabilità eseguite hanno riguardato:

- verifiche di stabilità dei singoli cassoni in fase di galleggiamento e affondamento
- verifiche di stabilità al ribaltamento e alla traslazione sul piano di posa (eseguite secondo quanto previsto dal D.M. 17 Gennaio 2018 Aggiornamento delle “Norme tecniche sulle costruzioni” ed alla normativa riportata nel par.2).

## **6. ALLEGATI**

Di seguito si riportano le tabelle di calcolo analitico con verifiche di stabilità effettuate per i cassoni tipologia A, B, C.

**TABELLE DELLE AZIONI**  
**Calcolo peso del fusto del cassone**

Dimensioni fusto			Coeff. Combin.
dimensioni fusto:	B=	25.65	m
	H=	11.88	m
area totale fusto	A=		304.722 mq
spessore parete esterna	S1=	0.5	m
spessore parete interna	S1=	0.25	m
Dimensioni celle			
Cella di spigolo			
Dimensioni massime pianta	b=	3.9	m
	h=	4.51	m
Dimensioni ringrossi	b1=	0.47	m
	h1=	0.9	m
	b2=	0.47	m
	h2=	0.15	m
	b3=	0.15	m
	h3=	0.47	m
	b4=	0.2	m
	h4=	0.2	m
area cella spigolo			17.287 mq
totale celle spigolo		4	
area totale celle di spigolo			69.148 mq
celle bordo superiore ed inferiore			
Dimensioni massime pianta	b=	3.9	m
	h=	4.51	m
Dimensioni ringrossi	b1=	0.47	m
	h1=	0.15	m
	b2=	0.17	m
	h2=	0.15	m
	b3=	0.2	m
	h3=	0.2	m
	b4=	0.2	m
	h4=	0.2	m
area cella bordo superiore ed inferiore			17.501 mq
totale celle bordo superiore ed inferiore		8	
area totale celle di bordo superiore ed inferiore			140.008 mq
celle bordo destra e sinistra			
Dimensioni massime pianta	b=	0	m
	h=	0	m
Dimensioni ringrossi	b1=	0	m
	h1=	0	m
	b2=	0	m
	h2=	0	m
	b3=	0	m
	h3=	0	m
	b4=	0	m
	h4=	0	m
area cella bordo destra e sinistra			0 mq
totale celle bordo destra e sinistra		0	

area totale celle di bordo destra e sinistra			0 mq
celle centrali			
Dimensioni massime pianta	b=	0	m
	h=	0	m
Dimensioni ringrossi	b1=	0	m
	h1=	0	m
	b2=	0	m
	h2=	0	m
	b3=	0	m
	h3=	0	m
	b4=	0	m
	h4=	0	m
area cella centrali			0 mq
totale celle centrali		0	
area totale celle di centrali			0 mq
totale area celle			209.156 mq
area riduzione laterale	b=	0.2	m
	h=	0.6	m
smussi	b1=	0.2	m
	h1=	0.15	m
area riduzione laterale			0.09 mq
numero riduzioni		4	
area totale riduzioni			0.36 mq
area totale fusto			304.722 mq
a detrarre:			
area celle			-209.156 mq
area riduzioni			-0.36 mq
<b>Area calcestruzzo totale</b>	<b>Ac=</b>		<b>95.206 mq</b>
altezza fusto	H=	11.88	mq
<b>Volume calcestruzzo fusto</b>	<b>Vc=</b>		<b>1131.04728 mc</b>
<b>Peso specifico calcestruzzo</b>	<b><math>\gamma_c</math>=</b>	<b>25</b>	<b>KN/mc</b>
<b>Peso totale fusto</b>	<b>Pfusto=</b>		<b>28276.182 KN</b>

**Calcolo del peso della fondazione del cassone**

base fondazione		25.65	m
sbordo fondazione anteriore e posteriore		0.8	m
altezza fondazione		13.48	m
spessore fondazione		0.8	m
<b>Volume calcestruzzo</b>	<b>Vc=</b>		<b>276.6096</b>
<b>peso specifico calcestruzzo</b>	<b><math>\gamma_c</math>=</b>	<b>25</b>	<b>KN/mc</b>
<b>Peso totale fondazione</b>	<b>Pfusto=</b>		<b>6915.24 KN</b>

**Calcolo del peso totale del cassone**

Peso totale fusto		28276.182	KN
Peso totale fondazione		6915.24	KN

<b><i>Peso totale cassone</i></b>	<b>35191.422 KN</b>
<b><i>Braccio</i></b>	<b>6.74 m</b>
<b><i>Momento peso cassone rispetto polo O</i></b>	<b>237190.1843 KNm</b>
<b><i>braccio rispetto al centro</i></b>	<b>0.00 m</b>
<b><i>Momento peso cassone rispetto centro</i></b>	<b>0.00 KNm</b>

**TABELLE DELLE AZIONI**  
**Peso riempimento del cassone**

<b>Materiali</b>			Coeff. Combin.
Peso materilae arido			<b>19</b> KN/mc
<b><u>Peso riempimento celle anteriori - spigoli</u></b>			
area celle	<b>2</b>	17.287	34.574 mq
altezza celle			<b>5</b> m
Volume celle			172.87 mc
Peso celle			3284.53 KN
braccio peso			3.676604433 m
momento peso			12075.91756 KNm
<b><u>Peso riempimento celle anteriori - centrali</u></b>			
area celle	<b>4</b>	17.501	70.004 mc
altezza celle			<b>5</b> m
Volume celle			350.02 mc
Peso celle			6650.38 KN
braccio peso			3.656046035 m
momento peso			24314.09543 KNm
<b><u>Peso riempimento celle centrali - DX e SX</u></b>			
area celle	<b>0</b>	0	0 mc
altezza celle			<b>5</b> m
Volume celle			0 mc
Peso celle			0 KN
braccio peso			6.74 m
momento peso			0 KNm
<b><u>Peso riempimento celle centrali - centrali</u></b>			
area celle	<b>0</b>	0	0 mc
altezza celle			<b>5</b> m
Volume celle			0 mc
Peso celle			0 KN
braccio peso			6.74 m
momento peso			0 KNm
<b><u>peso riempimento celle posteriori - spigoli</u></b>			
area celle	<b>2</b>	17.287	34.574 mq
altezza celle			<b>5</b> m
Volume celle			172.87 mc
Peso celle			3284.53 KN
braccio peso			9.803395567 m
momento peso			32199.54684 KNm
<b><u>peso riempimento celle posteriori - centrali</u></b>			
area celle	<b>4</b>	17.501	70.004 mc
altezza celle			<b>5</b> m
Volume celle			350.02 mc
Peso celle			6650.38 KN
braccio peso			9.823953965 m
momento peso			65333.02697 KNm
<b>PESO TOTALE RIEMPIMENTO</b>			<b>19869.82 KN</b>
<b>BRACCIO PESO TOTALE RIEMPIMENTO</b>			<b>6.74 m</b>
<b>MOMENTO PESO TOTALE RIEMPIMENTO RISPETTO POLO O</b>			<b>133922.5868 KNm</b>
<b><i>braccio rispetto al centro</i></b>			<b>0.00 m</b>
<b><i>Momento rispetto al centro</i></b>			<b>0.00 KNm</b>

**TABELLE DELLE AZIONI**  
**Peso della sovrastruttura**

<u>Materiali</u>	Coeff. Combin.
Calcestruzzo	25 KN/mc
<b><u>Peso soletta orizzontale</u></b>	
Base	25.65 m
altezza	11.88 m
spessore	1.2 m
volume	365.6664 mc
<b>Peso soletta</b>	<b>9141.66 KN</b>
<b>braccio soletta</b>	<b>6.74 m</b>
<b>Momento soletta</b>	<b>61614.7884 KNm</b>
<b><u>Parete verticale</u></b>	
area	3.91 mq
lunghezza	25.65 m
Volume	100.2915 mc
<b>Peso</b>	<b>2507.2875 KN</b>
<b>Braccio</b>	<b>1.4405 m</b>
<b>momento</b>	<b>3611.747644 KNm</b>
<b><u>Ringrosso</u></b>	
base	0 m
lunghezza	25.65 m
altezza	3.7 m
Volume	0 mc
<b>Peso</b>	<b>0 KN</b>
<b>Braccio</b>	<b>4.7 m</b>
<b>momento</b>	<b>0 KNm</b>
<b><i>Peso sovrastruttura</i></b>	<b>11648.95 KN</b>
<b><i>Braccio</i></b>	<b>5.60 m</b>
<b><i>Momento rispetto polo O</i></b>	<b>65226.54 KNm</b>
<b><i>braccio rispetto al centro</i></b>	<b>-1.14 m</b>
<b><i>Momento rispetto al centro</i></b>	<b>-74400.64 KNm</b>

**TABELLE DELLE AZIONI**  
**Peso del terreno di rinfianco sul cassone**

<u>Materiali</u>	Coeff. Combin.
Peso terreno rinfianco	18 KN/mc
peso terreno rinfianco immerso	9 KN/mc
<u>Parte immersa</u>	
Base	0.8 m
altezza	7.2 m
lunghezza	25.65 m
volume	147.744 mc
<b>Peso terreno</b>	<b>1329.696 KN</b>
<b>braccio</b>	<b>13.08 m</b>
<b>Momento soletta</b>	<b>17392.42368 KNm</b>
<u>Parte emersa</u>	
Base	0.8 m
altezza	3.05 m
lunghezza	25.65 m
volume	62.586 mc
<b>Peso terreno</b>	<b>1126.548 KN</b>
<b>braccio</b>	<b>13.08 m</b>
<b>Momento soletta</b>	<b>14735.24784 KNm</b>
<i><b>Peso sovrastruttura</b></i>	<i><b>2456.244 KN</b></i>
<i><b>Braccio</b></i>	<i><b>13.08 m</b></i>
<i><b>Momento</b></i>	<i><b>32127.67152 KNm</b></i>
<i><b>braccio rispetto al centro</b></i>	<i><b>6.34 m</b></i>
<i><b>Momento rispetto al centro</b></i>	<i><b>203689.44 KNm</b></i>

**TABELLE DELLE AZIONI**  
**Spinta di galleggiamento**

<b><u>Materiali</u></b>	<b>Coeff. Combin.</b>
Peso acqua	10.3 KN/mc
Peso calcestruzzo	25 KN/mc
<b><u>Parte immersa</u></b>	
Area totale fusto	304.362 m
Altezza fusto immerso	12.68 m
Volume	3859.31016 mc
Volume celle	0 mc
Volume solettone fondo	276.6096 mc
Volume cassone immerso	4135.91976 mc
<b><i>Spinta galleggiamento</i></b>	<b>42599.97353 KN</b>
<b><i>Braccio</i></b>	<b>6.74 m</b>
<b><i>Momento</i></b>	<b>287123.8216 KNm</b>
<b><i>braccio rispetto al centro</i></b>	<b>0.00 m</b>
<b><i>Momento rispetto al centro</i></b>	<b>0.00 KNm</b>

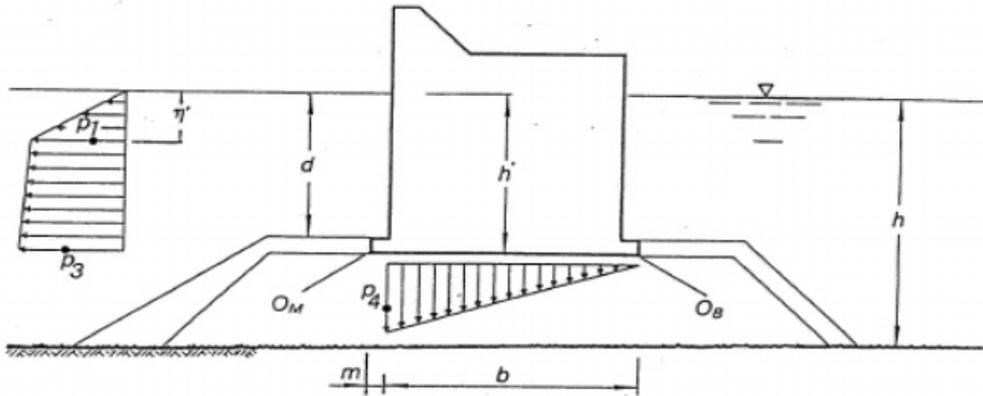
**TABELLE DELLE AZIONI**  
**Spinta del terreno di rinfianco**

	Tipo di verifica	
	M1	M2
Quota terreno fuori acqua	3.05 m	3.05 m
Quota imbasamento cassone	8 m	8 m
Peso terreno rinfianco secco	18 KN/mc	18 KN/mc
Peso terreno rinfianco saturo	19 KN/mc	19 KN/mc
Peso di volume dell'acqua	10 KN/mc	10 KN/mc
Coefficiente parziale per angolo d'attrito gr	1	1.25
angolo di attrito terreno rinfianco	35 °	29.256 °
angolo di attrito terrebno rinfianco in radianti	0.611 rad	0.511 rad
Coefficiente spinta attiva	0.271	0.343
Spinta unitaria terreno	219.752 KN/m	278.505 KN/m
momento spinta unitaria terreno	888.766 KNm/m	1126.385 KNm/m
Lunghezza cassone	25.650 m	25.650 m
Spinta terreno	5636.637 KN	7143.643 KN
Momento spinta terreno	22796.835 KNm	28891.777 KNm

**TABELLE DELLE AZIONI**  
**Spinta del terreno di rinfianco**

	Tipo di verifica	
	M1	M2
Quota terreno fuori acqua	3.05 m	3.05 m
Quota imbasamento cassone	8 m	8 m
Sovraccarico	20	20
Coefficiente parziale per angolo d'attrito gr	1	1.25
angolo di attrito terreno rinfianco	35 °	29.256 °
angolo di attrito terreno rinfianco in radianti	0.611 rad	0.511 rad
Coefficiente spinta attiva	0.271	0.343
Spinta unitaria sovraccarico	59.889 KN/m	75.901 KN/m
momento spinta unitaria sovraccarico	330.886 KNm/m	419.351 KNm/m
Lunghezza cassone	25.650 m	25.650 m
Spinta terreno	1536.148 KN	1946.851 KN
Momento spinta terreno	8487.216 KNm	10756.351 KNm

**TABELLE DELLE AZIONI**  
**spinta del moto ondoso**



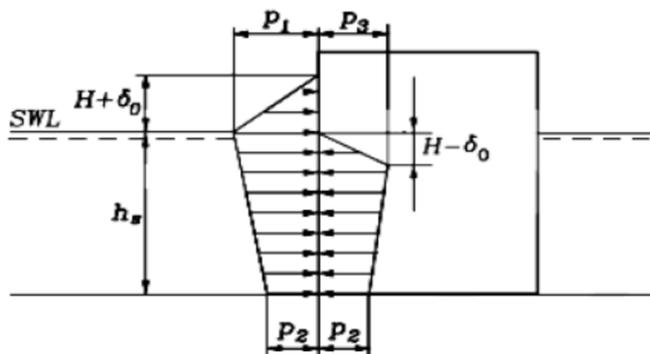
h - profondità fondale	12.08 m
h' - profondità al piede della fondazione	8.00 m
d - profondità al piede della parete	7.20 m
hc - sommità dell'opera	12.20 m
b - base	12.68 m
b+m	13.48 m
g - peso specifico acqua	10.30 KN/mc
larghezza opera	25.65 m
Larghezza dente	0.80
altezza d'onda significativa Hs	0.00 m
Periodo di picco Tp	9.10 sec
H1/100	0.00 m
H1/20	0.00 m
1.5*H1/100	0.00 m
Verifica moto ondoso frangente	Verificato: il moto non è frangente.
Altezza moto ondoso progetto	0.00 m
L	100.00 m
k	0.06 1/m
δ0	0.00 m
η'	0.00 m
pressioni in fase di cavo	
p1	0.00 KN/mq
p3	0.00 KN/mq
p4	0.00 KN/mq
spinte unitaria orizzonale in fase di cavo	0.00 KN/m
momento unitario in fase di cavo	0.00 KNm/m
spinta unitaria verticale	0.00 KN/m
momento intorno al polo OM	0.00 KNm/m

spinta orizzontale	0.00 KN
Spinta verticale	0.00 KN
momento spinta orizzontale	0.00 KNm
momento spinta verticale	0.00 KNm

<b>braccio rispetto al centro</b>	<b>-2.25 m</b>
<b>Momento rispetto al centro</b>	<b>0.00 KNm</b>

Le formule utilizzate sono quelle della teoria di Sainflou come da istruzioni dighe marittime

- The Sainflou Formula for Head-on, Fully Reflected, Standing Regular Waves (Sainflou 1928)



$$p_1 = (p_2 + \rho g h_s) \frac{H + \delta_o}{h_s + H + \delta_o}$$

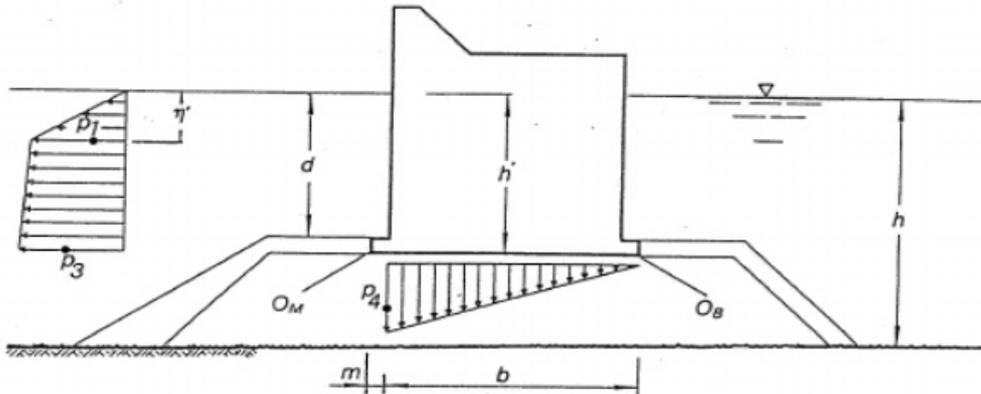
$$p_2 = \frac{\rho g H}{\cosh(k h_s)}$$

$$p_3 = \rho g (H - \delta_o)$$

$$\delta_o = \frac{\pi H^2}{L} \coth \left[ \frac{2\pi h_s}{L} \right]$$

- $p_1$  - Wave pressure at the still water level (SWL) associated with the wave crest (maximum loading).
- $p_2$  - Wave pressure at the base of the wall.
- $p_3$  - Wave pressure at the still water level (SWL) associated with the wave through (minimum wave loading)
- $H$  - Wave height (characteristic) Sometimes  $H_{1/3}$  or  $H_{1/10}$  used
- $h_s$  - Water depth at the foot of the wall
- $\delta_o$  - Vertical shift in wave height due to interaction with the wall
- $L$  - Local Wave Length

**TABELLE DELLE AZIONI**  
**spinta del moto ondoso**



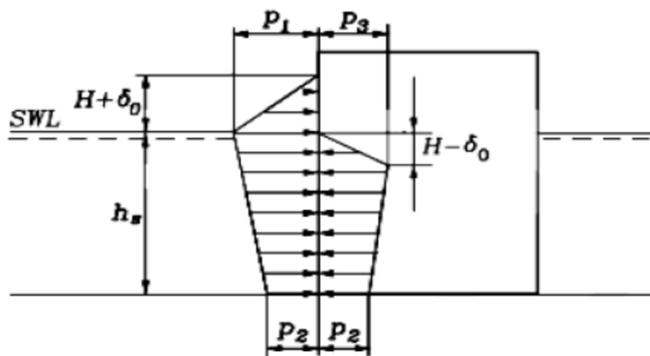
h - profondità fondale	12.08 m
h' - profondità al piede della fondazione	8.00 m
d - profondità al piede della parete	7.20 m
hc - sommità dell'opera	12.20 m
b - base	12.68 m
b+m	13.48 m
g - peso specifico acqua	10.30 KN/mc
larghezza opera	25.65 m
Larghezza dente	0.80
altezza d'onda significativa Hs	0.00 m
Periodo di picco Tp	9.10 sec
H1/100	0.00 m
H1/20	0.00 m
1.5*H1/100	0.00 m
Verifica moto ondoso frangente	Verificato: il moto non è frangente.
Altezza moto ondoso progetto	0.00 m
L	100.00 m
k	0.06 1/m
δ0	0.00 m
η'	0.00 m
pressioni in fase di cavo	
p1	0.00 KN/mq
p3	0.00 KN/mq
p4	0.00 KN/mq
spinte unitaria orizzonale in fase di cavo	0.00 KN/m
momento unitario in fase di cavo	0.00 KNm/m
spinta unitaria verticale	0.00 KN/m
momento intorno al polo OM	0.00 KNm/m

spinta orizzontale	0.00 KN
Spinta verticale	0.00 KN
momento spinta orizzontale	0.00 KNm
momento spinta verticale	0.00 KNm

<b>braccio rispetto al centro</b>	<b>-2.25 m</b>
<b>Momento rispetto al centro</b>	<b>0.00 KNm</b>

Le formule utilizzate sono quelle della teoria di Sainflou come da istruzioni dighe marittime

- The Sainflou Formula for Head-on, Fully Reflected, Standing Regular Waves (Sainflou 1928)



$$p_1 = (p_2 + \rho g h_s) \frac{H + \delta_o}{h_s + H + \delta_o}$$

$$p_2 = \frac{\rho g H}{\cosh(k h_s)}$$

$$p_3 = \rho g (H - \delta_o)$$

$$\delta_o = \frac{\pi H^2}{L} \coth \left[ \frac{2\pi h_s}{L} \right]$$

- $p_1$  - Wave pressure at the still water level (SWL) associated with the wave crest (maximum loading).
- $p_2$  - Wave pressure at the base of the wall.
- $p_3$  - Wave pressure at the still water level (SWL) associated with the wave through (minimum wave loading)
- $H$  - Wave height (characteristic) Sometimes  $H_{1/3}$  or  $H_{1/10}$  used
- $h_s$  - Water depth at the foot of the wall
- $\delta_o$  - Vertical shift in wave height due to interaction with the wall
- $L$  - Local Wave Length

**TABELLE DELLE AZIONI**
**Azioni sismiche**

	<b>Tipo di verifica</b>	
	<b>M1</b>	<b>M2</b>
Quota terreno fuori acqua	3.05 m	3.05 m
Quota imbasamento cassone	8 m	8 m
ag/g - accelerazione sismica	0.0562	0.0562
Ss - coefficiente di amplificazione stratigrafica	1.5000	1.5000
St - coefficiente di amplificazione topografica	1.0000	1.0000
amax/g - accelerazione massima	0.0843	0.0843
bm - coefficiente riduzione accelerazione massima	0.1800	0.1800
kh - coefficiente sismico orizzontale	0.0152	0.0152
kv - coefficiente sismico verticale	0.0076	0.0076
g	19	19
gw	10	10
angolo di attrito terreno rinfiaccio	35 °	29.25606764 °
angolo di attrito terreno rinfiaccio in radianti	0.6109 rad	0.5106 rad
angolo $\psi$	1.5708 rad	1.5708 rad
angolo $\delta$	0 °	0 °
	0 rad	0 rad
angolo $\beta$	0 °	0 °
	0 rad	0 rad
angolo $\theta$ sopra l.m.m. (1+kv)	0.0151 rad	0.0151 rad
angolo $\theta$ sopra l.m.m. (1-kv)	0.0153 rad	0.0153 rad
angolo $\theta$ sotto l.m.m. (1+kv)	0.0318 rad	0.0318 rad
angolo $\theta$ sotto l.m.m. (1-kv)	0.0323 rad	0.0323 rad
coefficienti di spinta attiva KAEk sopra l.m.m. (+)	0.279	0.352
coefficienti di spinta attiva KAEk sopra l.m.m. (-)	0.279	0.353
coefficienti di spinta attiva KAEk sotto l.m.m. (+)	0.288	0.363
coefficienti di spinta attiva KAEk sotto l.m.m. (-)	0.288	0.363
Spinte sismiche terreno e idrodinamica		
spinta del terreno - 1	24.85 KN/m	31.39 KN/m
spinta del terreno - 2	83.24 KN/m	104.80 KN/m
spinta acqua	32.00 KN/m	40.28 KN/m
spinta totale terreno	140.08 KN/m	176.48 KN/m
momento unitario spinta terreno	407.07 KNm/m	513.15 KNm/m
Sovraccarico terreno	20.00 KN/mq	20.00 KN/mq
Spinta unitaria sovraccarico terreno	45.91 KN/m	57.87 KN/m
Momento unitario spinta sovraccarico	182.22 KNm/m	229.89 KNm/m
Spinta idrodinamica sismica unitaria		5.66 KN/m
Momento unitario spinta idrodinamica unitaria		27.19 KNm/m
<b><u>Spinte in fase sismica totali</u></b>		
<b>Lunghezza cassone</b>	<b>25.65 m</b>	<b>25.65 m</b>
<b>Spinta sismica terreno</b>	<b>3593.08 KN</b>	<b>4526.67 KN</b>
<b>Momento spinta sismica terreno</b>	<b>10441.23 KNm</b>	<b>13162.38 KNm</b>
<b>Spinta sovraccarico terreno</b>	<b>1177.47 KN</b>	<b>1484.30 KN</b>
<b>Momento spinta sovraccarico</b>	<b>4673.98 KNm</b>	<b>5896.69 KNm</b>
<b>Spinta idrodinamica sismica</b>		<b>145.31 KN</b>

<b>Momento spinta idrodinamica</b>	<b>697.47 KNm</b>
<b>Forza di massa indotta dal sisma</b>	
Peso struttura	70496.13 KN
Braccio forza sismica orizzontale	6.57 m
Braccio forza sismica verticale	6.65 m
forza sismica massa orizzontale	1069.71 KN
Momento forza sismica di massa orizzontale	7026.29 KNm
forza sismica massa verticale	534.85 KN
Momento forza sismica di massa verticale	3554.26 KNm
<b><i>braccio forza sismica massa verticale rispetto al centro</i></b>	<b>-0.09 m</b>
<b><i>Momento forza sismica massa verticale rispetto al centro</i></b>	<b>-50.66 KNm</b>

**TABELLE DELLE VERIFICHE  
VERIFICA A SCORRIMENTO**

<b>Combinazione n. 1 sovraccarico dominante</b>			<i>Coeff. Parziali</i> ( $\gamma_G; \gamma_{Qi}$ )	<i>Coeff. Combin.</i> ( $\psi_{Qi}$ )	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>					
G1	Peso cassone (KN)	35191.422	1.0	-	35191.422
G2	Peso totale Riempimento (KN)	19869.82	1.0	-	19869.82
G3	Peso sovrastruttura (KN)	11648.9475	1.0	-	11648.9475
G4	Peso del terreno sul cassone (KN)	2456.244	1.0	-	2456.244
G6	Spinta del terreno di rinfiacco (KN)	7143.64334	1.3	-	9286.736344
Q1	Spinta del sovraccarico (KN)	1946.85087	1.3	1.0	2530.906137
Q2'	spinta orizzontale cavo d'onda (KN)	0.00	1.3	0.6	0
Q2''	spinta verticale cavo d'onda (KN)	0.00	1.3	0.6	0

<b>Combinazione n. 2 spinta cavo d'onda dominante</b>			<i>Coeff. Parziali</i> ( $\gamma_G; \gamma_{Qi}$ )	<i>Coff. Combin.</i> ( $\psi_{Qi}$ )	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>					
G1	Peso cassone (KN)	35191.422	1.0	-	35191.422
G2	Peso totale Riempimento (KN)	19869.82	1.0	-	19869.82
G3	Peso sovrastruttura (KN)	11648.9475	1.0	-	11648.9475
G4	Peso del terreno sul cassone (KN)	2456.244	1.0	-	2456.244
G6	Spinta del terreno di rinfiacco (KN)	7143.64334	1.3	-	9286.736344
Q1	Spinta del sovraccarico (KN)	1946.85087	1.3	0.7	1771.634296
Q2'	spinta orizzontale cavo d'onda (KN)	0	1.3	1.0	0
Q2''	spinta verticale cavo d'onda (KN)	0	1.3	1.0	0

<b>Combinazione n. 3 evento eccezionale</b>			<i>Coeff. Parziali</i> ( $\gamma_G; \gamma_{Qi}$ )	<i>Coff. Combin.</i> ( $\psi_{Qi}$ )	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>					
G1	Peso cassone (KN)	35191.422	1.0	-	35191.422
G2	Peso totale Riempimento (KN)	19869.82	1.0	-	19869.82
G3	Peso sovrastruttura (KN)	11648.9475	1.0	-	11648.9475
G4	Peso del terreno sul cassone (KN)	2456.244	1.0	-	2456.244
G6	Spinta del terreno di rinfiacco (KN)	7143.64334	1.0	-	7143.643342
Q1	Spinta del sovraccarico (KN)	1946.85087	1.0	0.6	1168.110525
Q2'	spinta orizzontale cavo d'onda (KN)	0.00	1.0	-	0
Q2''	spinta verticale cavo d'onda (KN)	0.00	1.0	-	0

<b>Combinazione n. 4 sisma</b>			<i>Coeff. Parziali</i> ( $\gamma_G; \gamma_{Qi}$ )	<i>Coff. Combin.</i> ( $\psi_{Qi}$ )	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>					
G1	Peso cassone (KN)	35191.422	1.0	-	35191.422
G2	Peso totale Riempimento (KN)	19869.82	1.0	-	19869.82
G3	Peso sovrastruttura (KN)	11648.9475	1.0	-	11648.9475
G4	Peso del terreno sul cassone (KN)	2456.244	1.0	-	2456.244
G5	spinta di galleggiamento	42599.9735	1.0	-	42599.97353
E1	Spinta sismica terreno	4526.67	1.0	-	4526.671867
E2	spinta idrodinamica sismica	145.31	1.0	-	145.306224
E3	forza sismica massa orizzontale	1069.71	1.0	-	1069.708269
E4	forza sismica massa verticale	534.85	1.0	-	534.8541345
Q1	Spinta sismica del sovraccarico (KN)	1484.30	1.0	0.6	890.5807477
Q2'	spinta orizzontale cavo d'onda (KN)	0.00	1.0	0.0	0
Q2''	spinta verticale cavo d'onda (KN)	0.00	1.0	0.0	0

<u>Combinazione</u>	<u>n. 1</u> <u>Sovvraccari</u> <u>co</u> <u>dominante</u>	<u>n.2</u> <u>Spinta cavo</u> <u>d'onda</u> <u>dominante</u>	<u>n. 3</u> <u>Evento</u> <u>eccezionale</u>	<u>n. 4</u> <u>Sisma</u>
Forza mobilitante	11817.6425	11058.37064	8311.753867	7167.121242
Risultante forze verticali	69166.4335	69166.4335	69166.4335	26566.45997
Coefficiente attrito	0.6	0.6	0.6	0.6
Coeff. Parz. Resistenza	1	1	1	1
Forza resistente	41499.8601	41499.8601	41499.8601	15939.87598
Coefficiente di sicurezza	3.51168688	3.752800611	4.992912539	2.224027674

**Stato limite di resistenza del terreno**  
**Collasso per carico limite dell'insieme fondazione terreno**

<b>Combinazione n. 1 sovraccarico dominante</b>			<i>Coeff. Parziali</i>	<i>Coeff. Combin.</i>	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>			$(\gamma_G; \gamma_{Qi})$	$(\psi_{Qi})$	
G1	Momento Peso cassone (KNm)	0.00	1.0	-	0
G2	Mom. Peso totale Riempimento (KNm)	0.00	1.0	-	0
G3	Mom. Peso sovrastruttura (KNm)	-74400.64	1.0	-	-74401
G4	Mom. Peso del terreno sul cassone (KNm)	203689.44	1.0	-	203689
G6	Mom. Spinta del terreno di rinfianco (KNm)	-28891.777	1.3	-	-37559
Q1	Mom. Spinta del sovraccarico (KNm)	-10756.351	1.3	1.0	-13983
Q2'	Mom. spinta orizzontale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.3	0.6	0
Q2''	Mom. spinta verticale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.3	0.6	0

<b>Combinazione n. 2 spinta cavo d'onda dominante</b>			<i>Coeff. Parziali</i>	<i>Coeff. Combin.</i>	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>			$(\gamma_G; \gamma_{Qi})$	$(\psi_{Qi})$	
G1	Momento Peso cassone (KNm)	0	1.0	-	0
G2	Mom. Peso totale Riempimento (KNm)	0	1.0	-	0
G3	Mom. Peso sovrastruttura (KNm)	-74400.638	1.0	-	-74401
G4	Mom. Peso del terreno sul cassone (KNm)	203689.437	1.0	-	203689
G6	Mom. Spinta del terreno di rinfianco (KNm)	-28891.777	1.3	-	-37559
Q1	Mom. Spinta del sovraccarico (KNm)	-10756.351	1.3	0.7	-9788
Q2'	Mom. spinta orizzontale cavo d'onda (KNm)	0	1.3	1.0	0
Q2''	Mom. spinta verticale cavo d'onda (KNm)	0	1.3	1.0	0

<b>Combinazione n. 3 evento eccezionale</b>			<i>Coeff. Parziali</i>	<i>Coeff. Combin.</i>	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>			$(\gamma_G; \gamma_{Qi})$	$(\psi_{Qi})$	
G1	Momento Peso cassone (KNm)	0	1.0	-	0
G2	Mom. Peso totale Riempimento (KNm)	0	1.0	-	0
G3	Mom. Peso sovrastruttura (KNm)	-74400.638	1.0	-	-74401
G4	Mom. Peso del terreno sul cassone (KNm)	203689.437	1.0	-	203689
G6	Mom. Spinta del terreno di rinfianco (KNm)	-28891.777	1.0	-	-28892
Q1	Mom. Spinta del sovraccarico (KNm)	-10756.351	1.0	0.7	-7529
Q2'	Mom. spinta orizzontale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.0	1.0	0
Q2''	Mom. spinta verticale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.0	1.0	0

<b>Combinazione n. 4 sisma</b>			<i>Coeff. Parziali</i>	<i>Coeff. Combin.</i>	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>			$(\gamma_G; \gamma_{Qi})$	$(\psi_{Qi})$	
G1	Momento Peso cassone (KNm)	0	1.0	-	0
G2	Mom. Peso totale Riempimento (KNm)	0	1.0	-	0
G3	Mom. Peso sovrastruttura (KNm)	-74400.638	1.0	-	-74401
G4	Mom. Peso del terreno sul cassone (KNm)	203689.437	1.0	-	203689
G5	Momento spinta di galleggiamento	0.00	1.0	-	0
E1	Mom. Spinta sismica terreno	-13162.38	1.0	-	-13162
E2	Mom. spinta idrodinamica sismica	-697.47	1.0	-	-697
E3	Mom. forza sismica massa orizzontale	-7026.29	1.0	-	-7026
E4	Mom. forza sismica massa verticale	-50.66	1.0	-	-51
Q1	Mom. Spinta sismica del sovraccarico (KN)	-5896.69	1.0	0.6	-3538
Q2'	Mom. spinta orizzontale cavo d'onda (KN)	0.00	1.0	0.0	0
Q2''	Mom. spinta verticale cavo d'onda (KN)	0.00	1.0	0.0	0

<u>Combinazione</u>	<u>n. 1</u> <u>Sovvraccari</u> <u>co</u> <u>dominante</u>	<u>n.2</u> <u>Spinta cavo</u> <u>d'onda</u> <u>dominante</u>	<u>n. 3</u> <u>Evento</u> <u>eccezionale</u>	<u>n. 4</u> <u>Sisma</u>
N(KN)	69166	69166	69166	26566
$\Sigma$ Mres (KNm)	129289	129289	129289	129289
$\Sigma$ Mmob (KNm)	-51543	-47348	-36421	-24475
e (m)	1.12	1.18	1.34	3.95
sezione parzializzata	no	no	no	si
Y	16.85	16.67	16.19	8.38
smax	300	306	320	247
coeff. Parziale gr	1	1	1	1
Tensione massima terreno fondazione	700	700	700	700
Coefficiente di sicurezza FS	2.332	2.291	2.190	2.833

**Stato limite di resistenza del terreno**  
**Collasso per carico limite dell'insieme fondazione terreno**

<b>Combinazione n. 1 sovraccarico dominante</b>			<i>Coeff. Parziali</i>	<i>Coeff. Combin.</i>	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>			<i>(<math>\gamma_G; \gamma_{Qi}</math>)</i>	<i>(<math>\psi_{Qi}</math>)</i>	
G1	Momento Peso cassone (KNm)	237190.18	0.9	-	213471
G2	Mom. Peso totale Riempimento (KNm)	133922.59	0.9	-	120530
G3	Mom. Peso sovrastruttura (KNm)	65226.54	0.9	-	58704
G4	Mom. Peso del terreno sul cassone (KNm)	32127.67	0.9	-	28915
G6	Mom. Spinta del terreno di rinfianco (KNm)	-28891.78	1.1	-	-31781
Q1	Mom. Spinta del sovraccarico (KNm)	-10756.35	1.5	1.0	-16135
Q2'	Mom. spinta orizzontale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.5	0.6	0
Q2''	Mom. spinta verticale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.5	0.6	0

<b>Combinazione n. 2 spinta cavo d'onda dominante</b>			<i>Coeff. Parziali</i>	<i>Coff. Combin.</i>	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>			<i>(<math>\gamma_G; \gamma_{Qi}</math>)</i>	<i>(<math>\psi_{Qi}</math>)</i>	
G1	Momento Peso cassone (KNm)	237190.18	0.9	-	213471
G2	Mom. Peso totale Riempimento (KNm)	133922.59	0.9	-	120530
G3	Mom. Peso sovrastruttura (KNm)	65226.54	0.9	-	58704
G4	Mom. Peso del terreno sul cassone (KNm)	32127.67	0.9	-	28915
G6	Mom. Spinta del terreno di rinfianco (KNm)	-28891.78	1.1	-	-31781
Q1	Mom. Spinta del sovraccarico (KNm)	-10756.35	1.5	0.7	-11294
Q2'	Mom. spinta orizzontale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.5	1.0	0
Q2''	Mom. spinta verticale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.5	1.0	0

<b>Combinazione n. 3 evento eccezionale</b>			<i>Coeff. Parziali</i>	<i>Coff. Combin.</i>	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>			<i>(<math>\gamma_G; \gamma_{Qi}</math>)</i>	<i>(<math>\psi_{Qi}</math>)</i>	
G1	Momento Peso cassone (KNm)	237190.18	1.0	-	237190
G2	Mom. Peso totale Riempimento (KNm)	133922.59	1.0	-	133923
G3	Mom. Peso sovrastruttura (KNm)	65226.54	1.0	-	65227
G4	Mom. Peso del terreno sul cassone (KNm)	32127.67	1.0	-	32128
G6	Mom. Spinta del terreno di rinfianco (KNm)	-28891.78	1.0	-	-28892
Q1	Mom. Spinta del sovraccarico (KNm)	-10756.35	1.0	0.6	-6454
Q2'	Mom. spinta orizzontale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.0	1.0	0
Q2''	Mom. spinta verticale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.0	1.0	0

<b>Combinazione n. 4 sisma</b>			<i>Coeff. Parziali</i>	<i>Coff. Combin.</i>	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>			<i>(<math>\gamma_G; \gamma_{Qi}</math>)</i>	<i>(<math>\psi_{Qi}</math>)</i>	
G1	Momento Peso cassone (KNm)	237190.18	1.0	-	237190
G2	Mom. Peso totale Riempimento (KNm)	133922.59	1.0	-	133923
G3	Mom. Peso sovrastruttura (KNm)	65226.54	1.0	-	65227
G4	Mom. Peso del terreno sul cassone (KNm)	32127.67	1.0	-	32128
G5	Momento spinta di galleggiamento	-287123.82	1.0	-	-287124
E1	Mom. Spinta sismica terreno	-13162.38	1.0	-	-13162
E2	Mom. spinta idrodinamica sismica	-697.47	1.0	-	-697
E3	Mom. forza sismica massa orizzontale	-7026.29	1.0	-	-7026
E4	Mom. forza sismica massa verticale	-3554.26	1.0	-	-3554
Q1	Mom. Spinta sismica del sovraccarico (KN)	-5896.69	1.0	0.6	-3538
Q2'	Mom. spinta orizzontale cavo d'onda (KN)	0.00	1.0	0.0	0
Q2''	Mom. spinta verticale cavo d'onda (KN)	0.00	1.0	0.0	0

<u>Combinazione</u>	<u>n. 1</u> <u>Sovvraccari</u> <u>co</u> <u>dominante</u>	<u>n.2</u> <u>Spinta cavo</u> <u>d'onda</u> <u>dominante</u>	<u>n. 3</u> <u>Evento</u> <u>eccezionale</u>	<u>n. 4</u> <u>Sisma</u>
$\Sigma M_{mob}$ (KNm)	-47915.48	-43075.12	-35345.59	-27978.41
coeff. Parziale gr	1.00	1.00	1.00	1.00
$\Sigma M_{res}$ (KNm)	421620.28	421620.28	468466.98	181343.16
Coefficiente di sicurezza FS	8.80	9.79	13.25	6.48

	FASE DI TRASPORTO	FASE DI AFFONDAMENTO
<b>FUSTO</b>		
X baricentro (m)	12.83	12.83
Y baricebntro (m)	5.94	5.94
Z baricentro (m)	6.74	6.74
Volume (mc)	1131.05	1131.05
Peso (KN)	28276.18	28276.18
<b>SOLETTA FONDO</b>		
Altezza (m)	0.80	0.80
X baricentro (m)	12.83	12.83
Y baricebntro (m)	5.94	5.94
Z baricentro (m)	0.40	0.40
Volume (mc)	276.61	276.61
Peso (KN)	6915.24	6915.24
<b>CASSONE</b>		
X baricentro (m)	12.83	12.83
Y baricebntro (m)	5.94	5.94
Z baricentro (m)	5.49	5.49
Volume (mc)	1407.66	1407.66
Peso (KN)	35191.42	35191.42
<b>ZAVORRA</b>		
	liquida	liquida
area (mq)	209.16	209.16
Altezza (m)	1.00	10.00
Volume (mc)	209.16	2091.56
peso specifico zavorra (KN/mc)	10.30	10.30
Peso zavorra	2154.31	21543.07
<b>CASSONE ZAVORRATO</b>		
X baricentro (m)	12.83	12.83
Y baricebntro (m)	5.94	5.94
Z baricentro (m)	5.33	5.61
Peso (KN)	37345.73	56734.49
Volume immerso (mc)	3625.80	5508.20
<b>Altezza parte immersa da base cassone</b>	<b>11.79</b>	<b>17.97</b>
altezza parte e mersa	0.89	-5.29
distanza baricentro totale da base cassone	5.33	5.61
distanza baricentro da linea di galleggiamento	6.46	12.36
lunghezza cassone	25.65	25.65
larghezza cassone	11.88	11.88
momento inerzia cassone	3583.90	3583.90
momento inerzia celle	2468.95	2468.95
Momento di inerzia totale del cassone	1114.95	1114.95
Ordinata centro carena yc	4.74	7.79
Raggio metacentrico R	0.99	0.65
<b>Altezza metacentrica R-a</b>	<b>0.40</b>	<b>2.83</b>

**TABELLE DELLE AZIONI**  
**Calcolo peso del fusto del cassone**

Dimensioni fusto			Coeff. Combin.
dimensioni fusto:	B=	15.1	m
	H=	5	m
area totale fusto	A=		75.5 mq
spessore parete esterna	S1=	0.3	m
spessore parete interna	S1=	0.25	m
Dimensioni celle			
Cella di spigolo			
Dimensioni massime pianta	b=	0	m
	h=	0	m
Dimensioni ringrossi	b1=	0	m
	h1=	0	m
	b2=	0	m
	h2=	0	m
	b3=	0	m
	h3=	0	m
	b4=	0	m
	h4=	0	m
area cella spigolo			0 mq
totale celle spigolo		0	
area totale celle di spigolo			0 mq
celle bordo superiore ed inferiore			
Dimensioni massime pianta	b=	0	m
	h=	0	m
Dimensioni ringrossi	b1=	0	m
	h1=	0	m
	b2=	0	m
	h2=	0	m
	b3=	0	m
	h3=	0	m
	b4=	0	m
	h4=	0	m
area cella bordo superiore ed inferiore			0 mq
totale celle bordo superiore ed inferiore		0	
area totale celle di bordo superiore ed inferiore			0 mq
celle bordo destra e sinistra			
Dimensioni massime pianta	b=	4.8	m
	h=	4.4	m
Dimensioni ringrossi	b1=	0.32	m
	h1=	0.32	m
	b2=	0.32	m
	h2=	0.32	m
	b3=	0.32	m
	h3=	0.32	m
	b4=	0.32	m
	h4=	0.32	m
area cella bordo destra e sinistra			20.9152 mq
totale celle bordo destra e sinistra		2	

area totale celle di bordo destra e sinistra			41.8304 mq
celle centrali			
Dimensioni massime pianta	b=	4.4	m
	h=	4.4	m
Dimensioni ringrossi	b1=	0.32	m
	h1=	0.32	m
	b2=	0.32	m
	h2=	0.32	m
	b3=	0.32	m
	h3=	0.32	m
	b4=	0.32	m
	h4=	0.32	m
area cella centrali			19.1552 mq
totale celle centrali		1	
area totale celle di centrali			19.1552 mq
totale area celle			60.9856 mq
area riduzione laterale	b=	0.2	m
	h=	0.6	m
smussi	b1=	0.2	m
	h1=	0.15	m
area riduzione laterale			0.09 mq
numero riduzioni		4	
area totale riduzioni			0.36 mq
area totale fusto			75.5 mq
a detrarre:			
area celle			-60.9856 mq
area riduzioni			-0.36 mq
<b>Area calcestruzzo totale</b>	<b>Ac=</b>		14.1544 <b>mq</b>
altezza fusto	Hfusto=	5.8	mq
<b>Volume calcestruzzo fusto</b>	<b>Vc=</b>		<b>82.09552 mc</b>
<b>Peso specifico calcestruzzo</b>	<b><math>\gamma_c</math>=</b>	<b>25</b>	<b>KN/mc</b>
<b>Peso totale fusto</b>	<b>Pfusto=</b>		<b>2052.388 KN</b>

#### Calcolo del peso della fondazione del cassone

base fondazione		15.1	m
sbordo fondazione anteriore e posteriore		1	m
altezza fondazione		7	m
spessore fondazione		0.8	m
<b>Volume calcestruzzo</b>	<b>Vc=</b>		<b>84.56</b>
<b>peso specifico calcestruzzo</b>	<b><math>\gamma_c</math>=</b>	<b>25</b>	<b>KN/mc</b>
<b>Peso totale fondazione</b>	<b>Pfusto=</b>		<b>2114 KN</b>

#### Calcolo del peso totale del cassone

Peso totale fusto	2052.388	KN
Peso totale fondazione	2114	KN

<b><i>Peso totale cassone</i></b>	<b>4166.388 KN</b>
<b>Braccio</b>	<b>3.5 m</b>
<b><i>Momento peso cassone rispetto polo O</i></b>	<b>14582.358 KNm</b>
<b><i>braccio rispetto al centro</i></b>	<b>0.00 m</b>
<b><i>Momento peso cassone rispetto centro</i></b>	<b>0.00 KNm</b>

**TABELLE DELLE AZIONI**  
**Peso riempimento del cassone**

<u>Materiali</u>			Coeff. Combin.
Peso materilae arido			19 KN/mc
<b><u>Peso riempimento celle anteriori - spigoli</u></b>			
area celle	0	0	0 mq
altezza celle			5.8 m
Volume celle			0 mc
Peso celle			0 KN
braccio peso			1.6 m
momento peso			0 KNm
<b><u>Peso riempimento celle anteriori - centrali</u></b>			
area celle	0	0	0 mc
altezza celle			5.8 m
Volume celle			0 mc
Peso celle			0 KN
braccio peso			1.6 m
momento peso			0 KNm
<b><u>Peso riempimento celle centrali - DX e SX</u></b>			
area celle	2	20.9152	41.8304 mc
altezza celle			5.8 m
Volume celle			242.61632 mc
Peso celle			4609.71008 KN
braccio peso			3.5 m
momento peso			16133.98528 KNm
<b><u>Peso riempimento celle centrali - centrali</u></b>			
area celle	1	19.1552	19.1552 mc
altezza celle			5.8 m
Volume celle			111.10016 mc
Peso celle			2110.90304 KN
braccio peso			3.5 m
momento peso			7388.16064 KNm
<b><u>peso riempimento celle posteriori - spigoli</u></b>			
area celle	0	0	0 mq
altezza celle			5.8 m
Volume celle			0 mc
Peso celle			0 KN
braccio peso			5.4 m
momento peso			0 KNm
<b><u>peso riempimento celle posteriori - centrali</u></b>			
area celle	0	0	0 mc
altezza celle			5.8 m
Volume celle			0 mc
Peso celle			0 KN
braccio peso			5.4 m
momento peso			0 KNm
<b>PESO TOTALE RIEMPIMENTO</b>			<b>6720.61312 KN</b>
<b>BRACCIO PESO TOTALE RIEMPIMENTO</b>			<b>3.5 m</b>
<b>MOMENTO PESO TOTALE RIEMPIMENTO RISPETTO POLO O</b>			<b>23522.14592 KNm</b>
<i>braccio rispetto al centro</i>			<b>0.00 m</b>
<i>Momento rispetto al centro</i>			<b>0.00 KNm</b>

**TABELLE DELLE AZIONI**  
**Peso della sovrastruttura**

<u>Materiali</u>	Coeff. Combin.
Calcestruzzo	25 KN/mc
<b><u>Peso soletta orizzontale</u></b>	
Base	15.1 m
altezza	5 m
spessore	1.2 m
volume	90.6 mc
<b>Peso soletta</b>	<b>2265 KN</b>
<b>braccio soletta</b>	<b>3.5 m</b>
<b>Momento soletta</b>	<b>7927.5 KNm</b>
<b><u>Parete verticale</u></b>	
area	0 mq
lunghezza	15.1 m
Volume	0 mc
<b>Peso</b>	<b>0 KN</b>
<b>Braccio</b>	<b>1.4405 m</b>
<b>momento</b>	<b>0 KNm</b>
<b><u>Ringrosso</u></b>	
base	0 m
lunghezza	15.1 m
altezza	0 m
Volume	0 mc
<b>Peso</b>	<b>0 KN</b>
<b>Braccio</b>	<b>0 m</b>
<b>momento</b>	<b>0 KNm</b>
<b><i>Peso sovrastruttura</i></b>	<b>2265.00 KN</b>
<b><i>Braccio</i></b>	<b>3.50 m</b>
<b><i>Momento rispetto polo O</i></b>	<b>7927.50 KNm</b>
<b><i>braccio rispetto al centro</i></b>	<b>0.00 m</b>
<b><i>Momento rispetto al centro</i></b>	<b>0.00 KNm</b>

**TABELLE DELLE AZIONI**  
**Peso del terreno di rinfianco sul cassone**

<b><u>Materiali</u></b>	<b>Coeff. Combin.</b>
Peso terreno rinfianco	18 KN/mc
peso terreno rinfianco immerso	9 KN/mc
<b><u>Parte immersa</u></b>	
Base	0.8 m
altezza	5.5 m
lunghezza	15.1 m
volume	66.44 mc
<b>Peso terreno</b>	<b>597.96 KN</b>
<b>braccio</b>	<b>6.5 m</b>
<b>Momento soletta</b>	<b>3886.74 KNm</b>
<b><u>Parte emersa</u></b>	
Base	0.8 m
altezza	0.3 m
lunghezza	15.1 m
volume	3.624 mc
<b>Peso terreno</b>	<b>65.232 KN</b>
<b>braccio</b>	<b>6.5 m</b>
<b>Momento soletta</b>	<b>424.008 KNm</b>
<b><i>Peso sovrastruttura</i></b>	<b>663.192 KN</b>
<b><i>Braccio</i></b>	<b>6.5 m</b>
<b><i>Momento</i></b>	<b>4310.748 KNm</b>
<b><i>braccio rispetto al centro</i></b>	<b>3.00 m</b>
<b><i>Momento rispetto al centro</i></b>	<b>12932.24 KNm</b>

**TABELLE DELLE AZIONI**  
**Spinta di galleggiamento**

<u>Materiali</u>	Coeff. Combin.
Peso acqua	10.3 KN/mc
Peso calcestruzzo	25 KN/mc
<u>Parte immersa</u>	
Area totale fusto	75.14 m
Altezza fusto immerso	5.8 m
Volume	435.812 mc
Volume celle	0 mc
Volume solettone fondo	84.56 mc
Volume cassone immerso	520.372 mc
<b>Spinta galleggiamento</b>	<b>5359.8316 KN</b>
<b>Braccio</b>	<b>3.5 m</b>
<b>Momento</b>	<b>18759.4106 KNm</b>
<b>braccio rispetto al centro</b>	<b>0.00 m</b>
<b>Momento rispetto al centro</b>	<b>0.00 KNm</b>

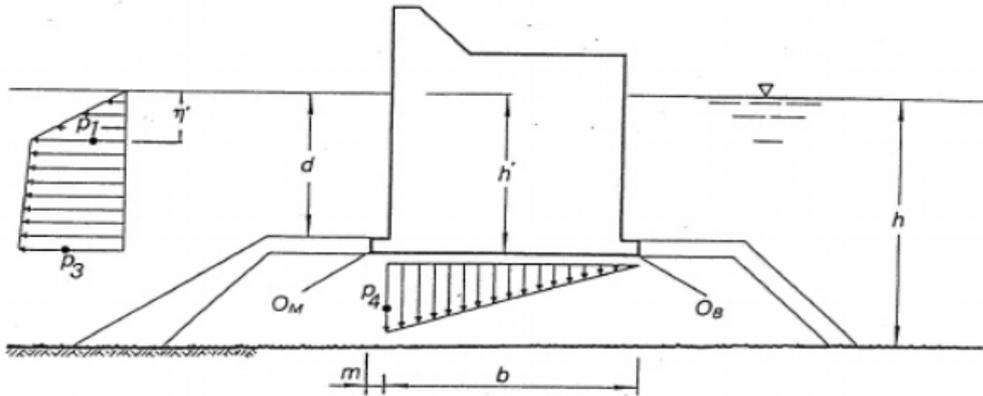
**TABELLE DELLE AZIONI**  
**Spinta del terreno di rinfianco**

	Tipo di verifica	
	M1	M2
Quota terreno fuori acqua	0.3 m	0.3 m
Quota imbasamento cassone	6.3 m	6.3 m
Peso terreno rinfianco secco	18 KN/mc	18 KN/mc
Peso terreno rinfianco saturo	19 KN/mc	19 KN/mc
Peso di volume dell'acqua	10 KN/mc	10 KN/mc
Coefficiente parziale per angolo d'attrito gr	1	1.25
angolo di attrito terreno rinfianco	35 °	29.256 °
angolo di attrito terrebno rinfianco in radianti	0.611 rad	0.511 rad
Coefficiente spinta attiva	0.271	0.343
Spinta unitaria terreno	57.839 KN/m	73.302 KN/m
momento spinta unitaria terreno	132.085 KNm/m	167.400 KNm/m
Lunghezza cassone	15.100 m	15.100 m
Spinta terreno	873.365 KN	1106.867 KN
Momento spinta terreno	1994.488 KNm	2527.732 KNm

**TABELLE DELLE AZIONI**  
**Spinta del terreno di rinfianco**

	Tipo di verifica	
	M1	M2
Quota terreno fuori acqua	0.3 m	0.3 m
Quota imbasamento cassone	6.3 m	6.3 m
Sovraccarico	20	20
Coefficiente parziale per angolo d'attrito gr	1	1.25
angolo di attrito terreno rinfianco	35 °	29.256 °
angolo di attrito terreno rinfianco in radianti	0.611 rad	0.511 rad
Coefficiente spinta attiva	0.271	0.343
Spinta unitaria sovraccarico	35.771 KN/m	45.334 KN/m
momento spinta unitaria sovraccarico	118.043 KNm/m	149.603 KNm/m
Lunghezza cassone	15.100 m	15.100 m
Spinta terreno	540.137 KN	684.548 KN
Momento spinta terreno	1782.453 KNm	2259.008 KNm

**TABELLE DELLE AZIONI**  
**spinta del moto ondoso**



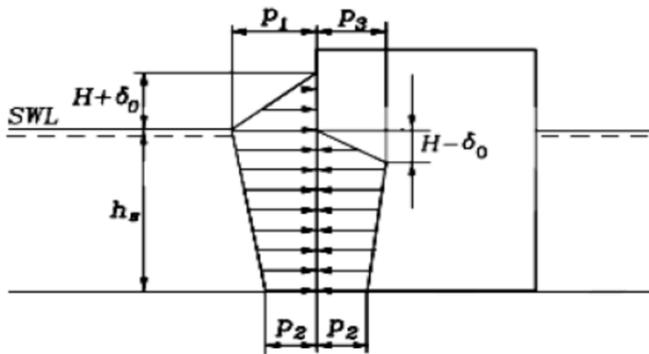
h - profondità fondale	5.80 m
h' - profondità al piede della fondazione	6.00 m
d - profondità al piede della parete	5.50 m
hc - sommità dell'opera	5.80 m
b - base	6.00 m
b+m	7.00 m
g - peso specifico acqua	10.30 KN/mc
larghezza opera	15.10 m
Larghezza dente	1.00
altezza d'onda significativa Hs	0.00 m
Periodo di picco Tp	9.10 sec
H1/100	0.00 m
H1/20	0.00 m
1.5*H1/100	0.00 m
Verifica moto ondoso frangente	Verificato: il moto non è frangente.
Altezza moto ondoso progetto	0.00 m
L	100.00 m
k	0.06 1/m
δ0	0.00 m
η'	0.00 m
pressioni in fase di cavo	
p1	0.00 KN/mq
p3	0.00 KN/mq
p4	0.00 KN/mq
spinte unitaria orizzonale in fase di cavo	0.00 KN/m
momento unitario in fase di cavo	0.00 KNm/m
spinta unitaria verticale	0.00 KN/m
momento intorno al polo OM	0.00 KNm/m

spinta orizzontale	0.00 KN
Spinta verticale	0.00 KN
momento spinta orizzontale	0.00 KNm
momento spinta verticale	0.00 KNm

<b>braccio rispetto al centro</b>	<b>-1.17 m</b>
<b>Momento rispetto al centro</b>	<b>0.00 KNm</b>

Le formule utilizzate sono quelle della teoria di Sainflou come da istruzioni dighe marittime

- The Sainflou Formula for Head-on, Fully Reflected, Standing Regular Waves (Sainflou 1928)



$$p_1 = (p_2 + \rho g h_s) \frac{H + \delta_o}{h_s + H + \delta_o}$$

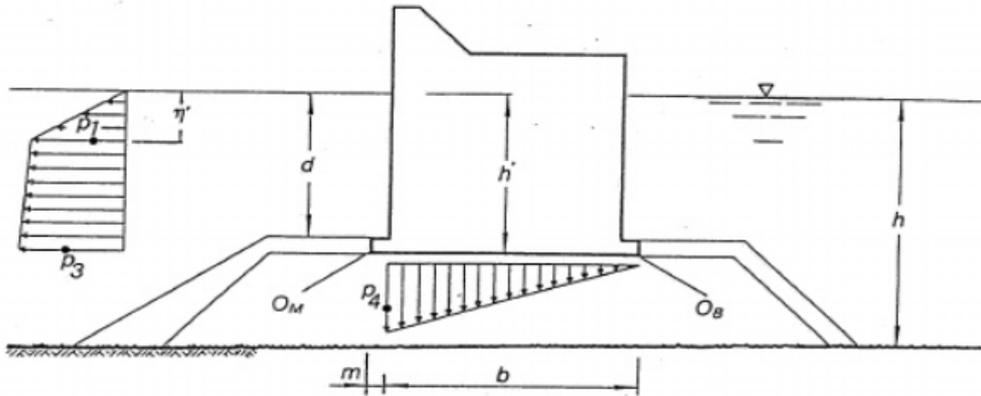
$$p_2 = \frac{\rho g H}{\cosh(k h_s)}$$

$$p_3 = \rho g (H - \delta_o)$$

$$\delta_o = \frac{\pi H^2}{L} \coth \left[ \frac{2\pi h_s}{L} \right]$$

- $p_1$  - Wave pressure at the still water level (SWL) associated with the wave crest (maximum loading).
- $p_2$  - Wave pressure at the base of the wall.
- $p_3$  - Wave pressure at the still water level (SWL) associated with the wave through (minimum wave loading)
- $H$  - Wave height (characteristic) Sometimes  $H_{1/3}$  or  $H_{1/10}$  used
- $h_s$  - Water depth at the foot of the wall
- $\delta_o$  - Vertical shift in wave height due to interaction with the wall
- $L$  - Local Wave Length

**TABELLE DELLE AZIONI**  
**spinta del moto ondoso**



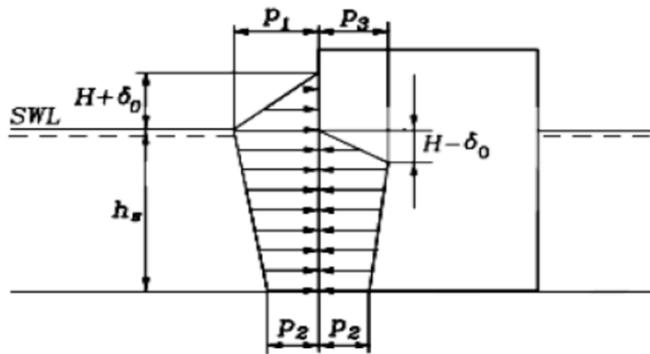
h - profondità fondale	5.80 m
h' - profondità al piede della fondazione	6.00 m
d - profondità al piede della parete	5.50 m
hc - sommità dell'opera	5.80 m
b - base	6.00 m
b+m	7.00 m
g - peso specifico acqua	10.30 KN/mc
larghezza opera	15.10 m
Larghezza dente	1.00
altezza d'onda significativa Hs	0.00 m
Periodo di picco Tp	9.10 sec
H1/100	0.00 m
H1/20	0.00 m
1.5*H1/100	0.00 m
Verifica moto ondoso frangente	Verificato: il moto non è frangente.
Altezza moto ondoso progetto	0.00 m
L	100.00 m
k	0.06 1/m
δ0	0.00 m
η'	0.00 m
pressioni in fase di cavo	
p1	0.00 KN/mq
p3	0.00 KN/mq
p4	0.00 KN/mq
spinte unitaria orizzonale in fase di cavo	
	0.00 KN/m
momento unitario in fase di cavo	
	0.00 KNm/m
spinta unitaria verticale	
	0.00 KN/m
momento intorno al polo OM	
	0.00 KNm/m

spinta orizzontale	0.00 KN
Spinta verticale	0.00 KN
momento spinta orizzontale	0.00 KNm
momento spinta verticale	0.00 KNm

<b>braccio rispetto al centro</b>	<b>-1.17 m</b>
<b>Momento rispetto al centro</b>	<b>0.00 KNm</b>

Le formule utilizzate sono quelle della teoria di sainflou come da istruzioni dighe marittime

- The Sainflou Formula for Head-on, Fully Reflected, Standing Regular Waves (Sainflou 1928)



$$p_1 = (p_2 + \rho g h_s) \frac{H + \delta_o}{h_s + H + \delta_o}$$

$$p_2 = \frac{\rho g H}{\cosh(k h_s)}$$

$$p_3 = \rho g (H - \delta_o)$$

$$\delta_o = \frac{\pi H^2}{L} \coth \left[ \frac{2\pi h_s}{L} \right]$$

- $p_1$  - Wave pressure at the still water level (SWL) associated with the wave crest (maximum loading).
- $p_2$  - Wave pressure at the base of the wall.
- $p_3$  - Wave pressure at the still water level (SWL) associated with the wave through (minimum wave loading)
- $H$  - Wave height (characteristic) Sometimes  $H_{1/3}$  or  $H_{1/10}$  used
- $h_s$  - Water depth at the foot of the wall
- $\delta_o$  - Vertical shift in wave height due to interaction with the wall
- $L$  - Local Wave Length

**TABELLE DELLE AZIONI**

**Azioni sismiche**

	Tipo di verifica	
	M1	M2
Quota terreno fuori acqua	0.3 m	0.3 m
Quota imbasamento cassone	6.3 m	6.3 m
ag/g - accelerazione sismica	0.0562	0.0562
Ss - coefficiente di amplificazione stratigrafica	1.5000	1.5000
St - coefficiente di amplificazione topografica	1.0000	1.0000
amax/g - accelerazione massima	0.0843	0.0843
bm - coefficiente riduzione accelerazione massima	0.1800	0.1800
kh - coefficiente sismico orizzontale	0.0152	0.0152
kv - coefficiente sismico verticale	0.0076	0.0076
g	19	19
gw	10	10
angolo di attrito terreno rinfiaccio	35 °	29.25606764 °
angolo di attrito terreno rinfiaccio in radianti	0.6109 rad	0.5106 rad
angolo $\psi$	1.5708 rad	1.5708 rad
angolo $\delta$	0 °	0 °
	0 rad	0 rad
angolo $\beta$	0 °	0 °
	0 rad	0 rad
angolo $\theta$ sopra l.m.m. (1+kv)	0.0151 rad	0.0151 rad
angolo $\theta$ sopra l.m.m. (1-kv)	0.0153 rad	0.0153 rad
angolo $\theta$ sotto l.m.m. (1+kv)	0.0318 rad	0.0318 rad
angolo $\theta$ sotto l.m.m. (1-kv)	0.0323 rad	0.0323 rad
coefficienti di spinta attiva KAEk sopra l.m.m. (+)	0.279	0.352
coefficienti di spinta attiva KAEk sopra l.m.m. (-)	0.279	0.353
coefficienti di spinta attiva KAEk sotto l.m.m. (+)	0.288	0.363
coefficienti di spinta attiva KAEk sotto l.m.m. (-)	0.288	0.363
Spinte sismiche terreno e idrodinamica		
spinta del terreno - 1	0.24 KN/m	0.30 KN/m
spinta del terreno - 2	9.92 KN/m	12.50 KN/m
spinta acqua	47.01 KN/m	59.19 KN/m
spinta totale terreno	57.17 KN/m	71.99 KN/m
momento unitario spinta terreno	125.26 KNm/m	157.71 KNm/m
Sovraccarico terreno	20.00 KN/mq	20.00 KN/mq
Spinta unitaria sovraccarico terreno	36.54 KN/m	46.01 KN/m
Momento unitario spinta sovraccarico	114.94 KNm/m	144.74 KNm/m
Spinta idrodinamica sismica unitaria		3.51 KN/m
Momento unitario spinta idrodinamica unitaria		13.28 KNm/m
<b>Spinte in fase sismica totali</b>		
<b>Lunghezza cassone</b>	<b>15.10 m</b>	<b>15.10 m</b>
<b>Spinta sismica terreno</b>	<b>863.31 KN</b>	<b>1087.00 KN</b>
<b>Momento spinta sismica terreno</b>	<b>1891.36 KNm</b>	<b>2381.48 KNm</b>
<b>Spinta sovraccarico terreno</b>	<b>551.76 KN</b>	<b>694.76 KN</b>
<b>Momento spinta sovraccarico</b>	<b>1735.53 KNm</b>	<b>2185.64 KNm</b>
<b>Spinta idrodinamica sismica</b>		<b>53.05 KN</b>

<b>Momento spinta idrodinamica</b>	<b>200.52 KNm</b>
<b>Forza di massa indotta dal sisma</b>	
Peso struttura	14413.15 KN
Braccio forza sismica orizzontale	3.66 m
Braccio forza sismica verticale	3.49 m
forza sismica massa orizzontale	218.71 KN
Momento forza sismica di massa orizzontale	800.48 KNm
forza sismica massa verticale	109.35 KN
Momento forza sismica di massa verticale	381.95 KNm
<b><i>braccio forza sismica massa verticale rispetto al centro</i></b>	<b>-0.01 m</b>
<b><i>Momento forza sismica massa verticale rispetto al centro</i></b>	<b>-0.78 KNm</b>

**TABELLE DELLE VERIFICHE  
VERIFICA A SCORRIMENTO**

<b>Combinazione n. 1 sovraccarico dominante</b>			<i>Coeff. Parziali</i> ( $\gamma_G; \gamma_{Qi}$ )	<i>Coeff. Combin.</i> ( $\psi_{Qi}$ )	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>					
G1	Peso cassone (KN)	4166.388	1.0	-	4166.388
G2	Peso totale Riempimento (KN)	6720.61312	1.0	-	6720.61312
G3	Peso sovrastruttura (KN)	2265	1.0	-	2265
G4	Peso del terreno sul cassone (KN)	663.192	1.0	-	663.192
G6	Spinta del terreno di rinfiacco (KN)	1106.86748	1.3	-	1438.927728
Q1	Spinta del sovraccarico (KN)	684.548025	1.3	1.0	889.9124329
Q2'	spinta orizzontale cavo d'onda (KN)	0.00	1.3	0.6	0
Q2''	spinta verticale cavo d'onda (KN)	0.00	1.3	0.6	0

<b>Combinazione n. 2 spinta cavo d'onda dominante</b>			<i>Coeff. Parziali</i> ( $\gamma_G; \gamma_{Qi}$ )	<i>Coff. Combin.</i> ( $\psi_{Qi}$ )	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>					
G1	Peso cassone (KN)	4166.388	1.0	-	4166.388
G2	Peso totale Riempimento (KN)	6720.61312	1.0	-	6720.61312
G3	Peso sovrastruttura (KN)	2265	1.0	-	2265
G4	Peso del terreno sul cassone (KN)	663.192	1.0	-	663.192
G6	Spinta del terreno di rinfiacco (KN)	1106.86748	1.3	-	1438.927728
Q1	Spinta del sovraccarico (KN)	684.548025	1.3	0.7	622.938703
Q2'	spinta orizzontale cavo d'onda (KN)	0	1.3	1.0	0
Q2''	spinta verticale cavo d'onda (KN)	0	1.3	1.0	0

<b>Combinazione n. 3 evento eccezionale</b>			<i>Coeff. Parziali</i> ( $\gamma_G; \gamma_{Qi}$ )	<i>Coff. Combin.</i> ( $\psi_{Qi}$ )	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>					
G1	Peso cassone (KN)	4166.388	1.0	-	4166.388
G2	Peso totale Riempimento (KN)	6720.61312	1.0	-	6720.61312
G3	Peso sovrastruttura (KN)	2265	1.0	-	2265
G4	Peso del terreno sul cassone (KN)	663.192	1.0	-	663.192
G6	Spinta del terreno di rinfiacco (KN)	1106.86748	1.0	-	1106.867483
Q1	Spinta del sovraccarico (KN)	684.548025	1.0	0.6	410.7288152
Q2'	spinta orizzontale cavo d'onda (KN)	0.00	1.0	-	0
Q2''	spinta verticale cavo d'onda (KN)	0.00	1.0	-	0

<b>Combinazione n. 4 sisma</b>			<i>Coeff. Parziali</i> ( $\gamma_G; \gamma_{Qi}$ )	<i>Coff. Combin.</i> ( $\psi_{Qi}$ )	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>					
G1	Peso cassone (KN)	4166.388	1.0	-	4166.388
G2	Peso totale Riempimento (KN)	6720.61312	1.0	-	6720.61312
G3	Peso sovrastruttura (KN)	2265	1.0	-	2265
G4	Peso del terreno sul cassone (KN)	663.192	1.0	-	663.192
G5	spinta di galleggiamento	5359.8316	1.0	-	5359.8316
E1	Spinta sismica terreno	1087.00	1.0	-	1086.999433
E2	spinta idrodinamica sismica	53.05	1.0	-	53.04872129
E3	forza sismica massa orizzontale	218.71	1.0	-	218.7051854
E4	forza sismica massa verticale	109.35	1.0	-	109.3525927
Q1	Spinta sismica del sovraccarico (KN)	694.76	1.0	0.6	416.8548978
Q2'	spinta orizzontale cavo d'onda (KN)	0.00	1.0	0.0	0
Q2''	spinta verticale cavo d'onda (KN)	0.00	1.0	0.0	0

<u>Combinazione</u>	<u>n. 1</u> <u>Sovvraccari</u> <u>co</u> <u>dominante</u>	<u>n.2</u> <u>Spinta cavo</u> <u>d'onda</u> <u>dominante</u>	<u>n. 3</u> <u>Evento</u> <u>eccezionale</u>	<u>n. 4</u> <u>Sisma</u>
Forza mobilitante	2328.84016	2061.866431	1517.596298	1884.96083
Risultante forze verticali	13815.1931	13815.19312	13815.19312	8455.36152
Coefficiente attrito	0.6	0.6	0.6	0.6
Coeff. Parz. Resistenza	1	1	1	1
Forza resistente	8289.11587	8289.115872	8289.115872	5073.216912
Coefficiente di sicurezza	3.55933224	4.020200216	5.462003222	2.691417684

**Stato limite di resistenza del terreno**  
**Collasso per carico limite dell'insieme fondazione terreno**

<b>Combinazione n. 1 sovraccarico dominante</b>			<i>Coeff. Parziali</i>	<i>Coeff. Combin.</i>	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>			<i>(<math>\gamma_G; \gamma_{Qi}</math>)</i>	<i>(<math>\psi_{Qi}</math>)</i>	
G1	Momento Peso cassone (KNm)	0.00	1.0	-	0
G2	Mom. Peso totale Riempimento (KNm)	0.00	1.0	-	0
G3	Mom. Peso sovrastruttura (KNm)	0.00	1.0	-	0
G4	Mom. Peso del terreno sul cassone (KNm)	12932.24	1.0	-	12932
G6	Mom. Spinta del terreno di rinfianco (KNm)	-2527.7325	1.3	-	-3286
Q1	Mom. Spinta del sovraccarico (KNm)	-2259.0085	1.3	1.0	-2937
Q2'	Mom. spinta orizzontale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.3	0.6	0
Q2''	Mom. spinta verticale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.3	0.6	0

<b>Combinazione n. 2 spinta cavo d'onda dominante</b>			<i>Coeff. Parziali</i>	<i>Coff. Combin.</i>	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>			<i>(<math>\gamma_G; \gamma_{Qi}</math>)</i>	<i>(<math>\psi_{Qi}</math>)</i>	
G1	Momento Peso cassone (KNm)	0	1.0	-	0
G2	Mom. Peso totale Riempimento (KNm)	0	1.0	-	0
G3	Mom. Peso sovrastruttura (KNm)	0	1.0	-	0
G4	Mom. Peso del terreno sul cassone (KNm)	12932.244	1.0	-	12932
G6	Mom. Spinta del terreno di rinfianco (KNm)	-2527.7325	1.3	-	-3286
Q1	Mom. Spinta del sovraccarico (KNm)	-2259.0085	1.3	0.7	-2056
Q2'	Mom. spinta orizzontale cavo d'onda (KNm)	0	1.3	1.0	0
Q2''	Mom. spinta verticale cavo d'onda (KNm)	0	1.3	1.0	0

<b>Combinazione n. 3 evento eccezionale</b>			<i>Coeff. Parziali</i>	<i>Coff. Combin.</i>	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>			<i>(<math>\gamma_G; \gamma_{Qi}</math>)</i>	<i>(<math>\psi_{Qi}</math>)</i>	
G1	Momento Peso cassone (KNm)	0	1.0	-	0
G2	Mom. Peso totale Riempimento (KNm)	0	1.0	-	0
G3	Mom. Peso sovrastruttura (KNm)	0	1.0	-	0
G4	Mom. Peso del terreno sul cassone (KNm)	12932.244	1.0	-	12932
G6	Mom. Spinta del terreno di rinfianco (KNm)	-2527.7325	1.0	-	-2528
Q1	Mom. Spinta del sovraccarico (KNm)	-2259.0085	1.0	0.7	-1581
Q2'	Mom. spinta orizzontale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.0	1.0	0
Q2''	Mom. spinta verticale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.0	1.0	0

<b>Combinazione n. 4 sisma</b>			<i>Coeff. Parziali</i>	<i>Coff. Combin.</i>	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>			<i>(<math>\gamma_G; \gamma_{Qi}</math>)</i>	<i>(<math>\psi_{Qi}</math>)</i>	
G1	Momento Peso cassone (KNm)	0	1.0	-	0
G2	Mom. Peso totale Riempimento (KNm)	0	1.0	-	0
G3	Mom. Peso sovrastruttura (KNm)	0	1.0	-	0
G4	Mom. Peso del terreno sul cassone (KNm)	12932.244	1.0	-	12932
G5	Momento spinta di galleggiamento	0.00	1.0	-	0
E1	Mom. Spinta sismica terreno	-2381.48	1.0	-	-2381
E2	Mom. spinta idrodinamica sismica	-200.52	1.0	-	-201
E3	Mom. forza sismica massa orizzontale	-800.48	1.0	-	-800
E4	Mom. forza sismica massa verticale	-0.78	1.0	-	-1
Q1	Mom. Spinta sismica del sovraccarico (KN)	-2185.64	1.0	0.6	-1311
Q2'	Mom. spinta orizzontale cavo d'onda (KN)	0.00	1.0	0.0	0
Q2''	Mom. spinta verticale cavo d'onda (KN)	0.00	1.0	0.0	0

<u>Combinazione</u>	<u>n. 1</u> <u>Sovvraccari</u> <u>co</u> <u>dominante</u>	<u>n.2</u> <u>Spinta cavo</u> <u>d'onda</u> <u>dominante</u>	<u>n. 3</u> <u>Evento</u> <u>eccezionale</u>	<u>n. 4</u> <u>Sisma</u>
N(KN)	13815	13815	13815	8455
$\Sigma$ Mres (KNm)	12932	12932	12932	12932
$\Sigma$ Mmob (KNm)	-6223	-5342	-4109	-4695
e (m)	0.49	0.55	0.64	0.97
sezione parzializzata	no	no	no	no
Y	9.04	8.85	8.58	7.58
smax	185	192	202	147
coeff. Parziale gr	1	1	1	1
Tensione massima terreno fondazione	700	700	700	700
Coefficiente di sicurezza FS	3.782	3.641	3.461	4.769

**Stato limite di resistenza del terreno**  
**Collasso per carico limite dell'insieme fondazione terreno**

<b>Combinazione n. 1 sovraccarico dominante</b>			<i>Coeff. Parziali</i> ( $\gamma_G; \gamma_{Qi}$ )	<i>Coeff. Combin.</i> ( $\psi_{Qi}$ )	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>					
G1	Momento Peso cassone (KNm)	14582.36	0.9	-	13124
G2	Mom. Peso totale Riempimento (KNm)	23522.15	0.9	-	21170
G3	Mom. Peso sovrastruttura (KNm)	7927.50	0.9	-	7135
G4	Mom. Peso del terreno sul cassone (KNm)	4310.75	0.9	-	3880
G6	Mom. Spinta del terreno di rinfianco (KNm)	-2527.73	1.1	-	-2781
Q1	Mom. Spinta del sovraccarico (KNm)	-2259.01	1.5	1.0	-3389
Q2'	Mom. spinta orizzontale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.5	0.6	0
Q2''	Mom. spinta verticale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.5	0.6	0

<b>Combinazione n. 2 spinta cavo d'onda dominante</b>			<i>Coeff. Parziali</i> ( $\gamma_G; \gamma_{Qi}$ )	<i>Coff. Combin.</i> ( $\psi_{Qi}$ )	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>					
G1	Momento Peso cassone (KNm)	14582.36	0.9	-	13124
G2	Mom. Peso totale Riempimento (KNm)	23522.15	0.9	-	21170
G3	Mom. Peso sovrastruttura (KNm)	7927.50	0.9	-	7135
G4	Mom. Peso del terreno sul cassone (KNm)	4310.75	0.9	-	3880
G6	Mom. Spinta del terreno di rinfianco (KNm)	-2527.73	1.1	-	-2781
Q1	Mom. Spinta del sovraccarico (KNm)	-2259.01	1.5	0.7	-2372
Q2'	Mom. spinta orizzontale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.5	1.0	0
Q2''	Mom. spinta verticale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.5	1.0	0

<b>Combinazione n. 3 evento eccezionale</b>			<i>Coeff. Parziali</i> ( $\gamma_G; \gamma_{Qi}$ )	<i>Coff. Combin.</i> ( $\psi_{Qi}$ )	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>					
G1	Momento Peso cassone (KNm)	14582.36	1.0	-	14582
G2	Mom. Peso totale Riempimento (KNm)	23522.15	1.0	-	23522
G3	Mom. Peso sovrastruttura (KNm)	7927.50	1.0	-	7928
G4	Mom. Peso del terreno sul cassone (KNm)	4310.75	1.0	-	4311
G6	Mom. Spinta del terreno di rinfianco (KNm)	-2527.73	1.0	-	-2528
Q1	Mom. Spinta del sovraccarico (KNm)	-2259.01	1.0	0.6	-1355
Q2'	Mom. spinta orizzontale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.0	1.0	0
Q2''	Mom. spinta verticale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.0	1.0	0

<b>Combinazione n. 4 sisma</b>			<i>Coeff. Parziali</i> ( $\gamma_G; \gamma_{Qi}$ )	<i>Coff. Combin.</i> ( $\psi_{Qi}$ )	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>					
G1	Momento Peso cassone (KNm)	14582.36	1.0	-	14582
G2	Mom. Peso totale Riempimento (KNm)	23522.15	1.0	-	23522
G3	Mom. Peso sovrastruttura (KNm)	7927.50	1.0	-	7928
G4	Mom. Peso del terreno sul cassone (KNm)	4310.75	1.0	-	4311
G5	Momento spinta di galleggiamento	-18759.41	1.0	-	-18759
E1	Mom. Spinta sismica terreno	-2381.48	1.0	-	-2381
E2	Mom. spinta idrodinamica sismica	-200.52	1.0	-	-201
E3	Mom. forza sismica massa orizzontale	-800.48	1.0	-	-800
E4	Mom. forza sismica massa verticale	-381.95	1.0	-	-382
Q1	Mom. Spinta sismica del sovraccarico (KN)	-2185.64	1.0	0.6	-1311
Q2'	Mom. spinta orizzontale cavo d'onda (KN)	0.00	1.0	0.0	0
Q2''	Mom. spinta verticale cavo d'onda (KN)	0.00	1.0	0.0	0

<u>Combinazione</u>	<u>n. 1</u> <u>Sovvraccari</u> <u>co</u> <u>dominante</u>	<u>n.2</u> <u>Spinta cavo</u> <u>d'onda</u> <u>dominante</u>	<u>n. 3</u> <u>Evento</u> <u>eccezionale</u>	<u>n. 4</u> <u>Sisma</u>
$\Sigma M_{mob}$ (KNm)	-6169.02	-5152.46	-3883.14	-5075.82
coeff. Parziale gr	1.00	1.00	1.00	1.00
$\Sigma M_{res}$ (KNm)	45308.48	45308.48	50342.75	31583.34
Coefficiente di sicurezza FS	7.34	8.79	12.96	6.22

	FASE DI TRASPORTO	FASE DI AFFONDAMENTO
<b>FUSTO</b>		
X baricentro (m)	7.55	7.55
Y baricebntro (m)	2.50	2.50
Z baricentro (m)	3.70	3.70
Volume (mc)	82.10	82.10
Peso (KN)	2052.39	2052.39
<b>SOLETTA FONDO</b>		
Altezza (m)	0.80	0.80
X baricentro (m)	7.55	7.55
Y baricebntro (m)	2.50	2.50
Z baricentro (m)	0.40	0.40
Volume (mc)	84.56	84.56
Peso (KN)	2114.00	2114.00
<b>CASSONE</b>		
X baricentro (m)	7.55	7.55
Y baricebntro (m)	2.50	2.50
Z baricentro (m)	2.03	2.03
Volume (mc)	166.66	166.66
Peso (KN)	4166.39	4166.39
<b>ZAVORRA</b>		
	liquida	liquida
area (mq)	60.99	60.99
Altezza (m)	1.00	5.80
Volume (mc)	60.99	353.72
peso specifico zavorra (KN/mc)	10.30	10.30
Peso zavorra	628.15	3643.28
<b>CASSONE ZAVORRATO</b>		
X baricentro (m)	7.55	7.55
Y baricebntro (m)	2.50	2.50
Z baricentro (m)	2.11	2.81
Peso (KN)	4794.54	7809.67
Volume immerso (mc)	465.49	758.22
<b>Altezza parte immersa da base cassone</b>	<b>5.85</b>	<b>9.72</b>
altezza parte e mersa	0.75	-3.12
distanza baricentro totale da base cassone	2.11	2.81
distanza baricentro da linea di galleggiamento	3.74	6.92
lunghezza cassone	15.10	15.10
larghezza cassone	5.00	5.00
momento inerzia cassone	157.29	157.29
momento inerzia celle	99.38	99.38
Momento di inerzia totale del cassone	57.92	57.92
Ordinata centro carena yc	1.81	3.65
Raggio metacentrico R	0.34	0.21
<b>Altezza metacentrica R-a</b>	<b>0.04</b>	<b>1.05</b>

**TABELLE DELLE AZIONI**  
**Calcolo peso del fusto del cassone**

Dimensioni fusto			Coeff. Combin.
dimensioni fusto:	B=	20.15	m
	H=	5	m
area totale fusto	A=		100.75 mq
spessore parete esterna	S1=	0.3	m
spessore parete interna	S1=	0.25	m
Dimensioni celle			
Cella di spigolo			
Dimensioni massime pianta	b=	0	m
	h=	0	m
Dimensioni ringrossi	b1=	0	m
	h1=	0	m
	b2=	0	m
	h2=	0	m
	b3=	0	m
	h3=	0	m
	b4=	0	m
	h4=	0	m
area cella spigolo			0 mq
totale celle spigolo		0	
area totale celle di spigolo			0 mq
celle bordo superiore ed inferiore			
Dimensioni massime pianta	b=	0	m
	h=	0	m
Dimensioni ringrossi	b1=	0	m
	h1=	0	m
	b2=	0	m
	h2=	0	m
	b3=	0	m
	h3=	0	m
	b4=	0	m
	h4=	0	m
area cella bordo superiore ed inferiore			0 mq
totale celle bordo superiore ed inferiore		0	
area totale celle di bordo superiore ed inferiore			0 mq
celle bordo destra e sinistra			
Dimensioni massime pianta	b=	4.8	m
	h=	4.4	m
Dimensioni ringrossi	b1=	0.32	m
	h1=	0.32	m
	b2=	0.32	m
	h2=	0.32	m
	b3=	0.32	m
	h3=	0.32	m
	b4=	0.32	m
	h4=	0.32	m
area cella bordo destra e sinistra			20.9152 mq
totale celle bordo destra e sinistra		2	

area totale celle di bordo destra e sinistra			41.8304 mq
celle centrali			
Dimensioni massime pianta	b=	4.6	m
	h=	4.4	m
Dimensioni ringrossi	b1=	0.32	m
	h1=	0.32	m
	b2=	0.32	m
	h2=	0.32	m
	b3=	0.32	m
	h3=	0.32	m
	b4=	0.32	m
	h4=	0.32	m
area cella centrali			20.0352 mq
totale celle centrali		2	
area totale celle di centrali			40.0704 mq
totale area celle			81.9008 mq
area riduzione laterale	b=	0.2	m
	h=	0.6	m
smussi	b1=	0.2	m
	h1=	0.15	m
area riduzione laterale			0.09 mq
numero riduzioni		4	
area totale riduzioni			0.36 mq
area totale fusto			100.75 mq
a detrarre:			
area celle			-81.9008 mq
area riduzioni			-0.36 mq
<b>Area calcestruzzo totale</b>	<b>Ac=</b>		<b>18.4892 mq</b>
altezza fusto	Hfusto=	5.8	mq
<b>Volume calcestruzzo fusto</b>	<b>Vc=</b>		<b>107.23736 mc</b>
<b>Peso specifico calcestruzzo</b>	<b><math>\gamma_c</math>=</b>	<b>25</b>	<b>KN/mc</b>
<b>Peso totale fusto</b>	<b>Pfusto=</b>		<b>2680.934 KN</b>

**Calcolo del peso della fondazione del cassone**

base fondazione		20.15	m
sbordo fondazione anteriore e posteriore		1	m
altezza fondazione		7	m
spessore fondazione		0.8	m
<b>Volume calcestruzzo</b>	<b>Vc=</b>		<b>112.84</b>
<b>peso specifico calcestruzzo</b>	<b><math>\gamma_c</math>=</b>	<b>25</b>	<b>KN/mc</b>
<b>Peso totale fondazione</b>	<b>Pfusto=</b>		<b>2821 KN</b>

**Calcolo del peso totale del cassone**

Peso totale fusto	2680.934	KN
Peso totale fondazione	2821	KN

<b><i>Peso totale cassone</i></b>	<b>5501.934 KN</b>
<b>Braccio</b>	<b>3.5 m</b>
<b><i>Momento peso cassone rispetto polo O</i></b>	<b>19256.769 KNm</b>
<b><i>braccio rispetto al centro</i></b>	<b>0.00 m</b>
<b><i>Momento peso cassone rispetto centro</i></b>	<b>0.00 KNm</b>

**TABELLE DELLE AZIONI**  
**Peso riempimento del cassone**

<u>Materiali</u>			Coeff. Combin.
Peso materilae arido			19 KN/mc
<b><u>Peso riempimento celle anteriori - spigoli</u></b>			
area celle	0	0	0 mq
altezza celle			5.8 m
Volume celle			0 mc
Peso celle			0 KN
braccio peso			1.6 m
momento peso			0 KNm
<b><u>Peso riempimento celle anteriori - centrali</u></b>			
area celle	0	0	0 mc
altezza celle			5.8 m
Volume celle			0 mc
Peso celle			0 KN
braccio peso			1.6 m
momento peso			0 KNm
<b><u>Peso riempimento celle centrali - DX e SX</u></b>			
area celle	2	20.9152	41.8304 mc
altezza celle			5.8 m
Volume celle			242.61632 mc
Peso celle			4609.71008 KN
braccio peso			3.5 m
momento peso			16133.98528 KNm
<b><u>Peso riempimento celle centrali - centrali</u></b>			
area celle	2	20.0352	40.0704 mc
altezza celle			5.8 m
Volume celle			232.40832 mc
Peso celle			4415.75808 KN
braccio peso			3.5 m
momento peso			15455.15328 KNm
<b><u>peso riempimento celle posteriori - spigoli</u></b>			
area celle	0	0	0 mq
altezza celle			5.8 m
Volume celle			0 mc
Peso celle			0 KN
braccio peso			5.4 m
momento peso			0 KNm
<b><u>peso riempimento celle posteriori - centrali</u></b>			
area celle	0	0	0 mc
altezza celle			5.8 m
Volume celle			0 mc
Peso celle			0 KN
braccio peso			5.4 m
momento peso			0 KNm
<b>PESO TOTALE RIEMPIMENTO</b>			<b>9025.46816 KN</b>
<b>BRACCIO PESO TOTALE RIEMPIMENTO</b>			<b>3.5 m</b>
<b>MOMENTO PESO TOTALE RIEMPIMENTO RISPETTO POLO O</b>			<b>31589.13856 KNm</b>
<i>braccio rispetto al centro</i>			<b>0.00 m</b>
<i>Momento rispetto al centro</i>			<b>0.00 KNm</b>

**TABELLE DELLE AZIONI**  
**Peso della sovrastruttura**

<u>Materiali</u>	Coeff. Combin.
Calcestruzzo	25 KN/mc
<b><u>Peso soletta orizzontale</u></b>	
Base	20.15 m
altezza	5 m
spessore	1.2 m
volume	120.9 mc
<b>Peso soletta</b>	<b>3022.5 KN</b>
<b>braccio soletta</b>	<b>3.5 m</b>
<b>Momento soletta</b>	<b>10578.75 KNm</b>
<b><u>Parete verticale</u></b>	
area	0 mq
lunghezza	20.15 m
Volume	0 mc
<b>Peso</b>	<b>0 KN</b>
<b>Braccio</b>	<b>1.4405 m</b>
<b>momento</b>	<b>0 KNm</b>
<b><u>Ringrosso</u></b>	
base	0 m
lunghezza	20.15 m
altezza	0 m
Volume	0 mc
<b>Peso</b>	<b>0 KN</b>
<b>Braccio</b>	<b>0 m</b>
<b>momento</b>	<b>0 KNm</b>
<b><i>Peso sovrastruttura</i></b>	<b><i>3022.50 KN</i></b>
<b><i>Braccio</i></b>	<b><i>3.50 m</i></b>
<b><i>Momento rispetto polo O</i></b>	<b><i>10578.75 KNm</i></b>
<b><i>braccio rispetto al centro</i></b>	<b><i>0.00 m</i></b>
<b><i>Momento rispetto al centro</i></b>	<b><i>0.00 KNm</i></b>

**TABELLE DELLE AZIONI**  
**Peso del terreno di rinfianco sul cassone**

<u>Materiali</u>	Coeff. Combin.
Peso terreno rinfianco	18 KN/mc
peso terreno rinfianco immerso	9 KN/mc
<b><u>Parte immersa</u></b>	
Base	1 m
altezza	5.5 m
lunghezza	20.15 m
volume	110.825 mc
<b>Peso terreno</b>	<b>997.425 KN</b>
<b>braccio</b>	<b>6.5 m</b>
<b>Momento soletta</b>	<b>6483.2625 KNm</b>
<b><u>Parte emersa</u></b>	
Base	1 m
altezza	0.3 m
lunghezza	20.15 m
volume	6.045 mc
<b>Peso terreno</b>	<b>108.81 KN</b>
<b>braccio</b>	<b>6.5 m</b>
<b>Momento soletta</b>	<b>707.265 KNm</b>
<b><i>Peso sovrastruttura</i></b>	<b>1106.235 KN</b>
<b><i>Braccio</i></b>	<b>6.5 m</b>
<b><i>Momento</i></b>	<b>7190.5275 KNm</b>
<b><i>braccio rispetto al centro</i></b>	<b>3.00 m</b>
<b><i>Momento rispetto al centro</i></b>	<b>21571.58 KNm</b>

**TABELLE DELLE AZIONI**  
**Spinta di galleggiamento**

<b><u>Materiali</u></b>	<b>Coeff. Combin.</b>
Peso acqua	10.3 KN/mc
Peso calcestruzzo	25 KN/mc
<b><u>Parte immersa</u></b>	
Area totale fusto	100.39 m
Altezza fusto immerso	5.8 m
Volume	582.262 mc
Volume celle	0 mc
Volume solettone fondo	112.84 mc
Volume cassone immerso	695.102 mc
<b><i>Spinta galleggiamento</i></b>	<b>7159.5506 KN</b>
<b><i>Braccio</i></b>	<b>3.5 m</b>
<b><i>Momento</i></b>	<b>25058.4271 KNm</b>
<b><i>braccio rispetto al centro</i></b>	<b>0.00 m</b>
<b><i>Momento rispetto al centro</i></b>	<b>0.00 KNm</b>

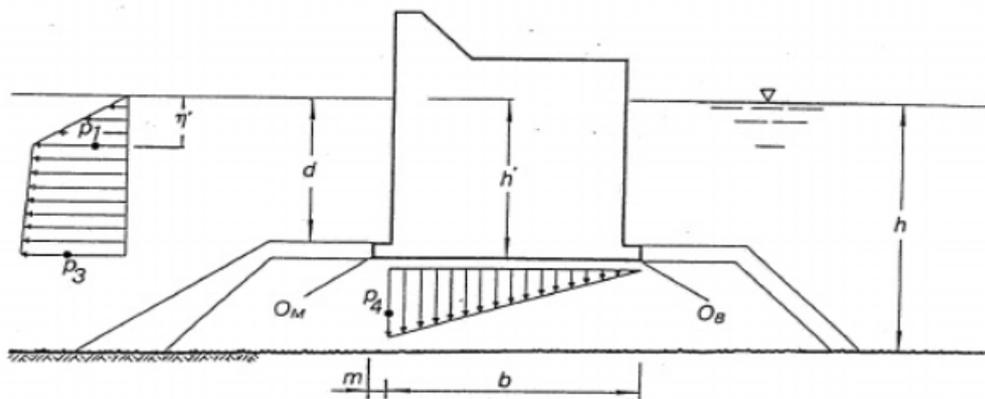
**TABELLE DELLE AZIONI**  
**Spinta del terreno di rinfianco**

	Tipo di verifica	
	M1	M2
Quota terreno fuori acqua	0.3 m	0.3 m
Quota imbasamento cassone	6.3 m	6.3 m
Peso terreno rinfianco secco	18 KN/mc	18 KN/mc
Peso terreno rinfianco saturo	19 KN/mc	19 KN/mc
Peso di volume dell'acqua	10 KN/mc	10 KN/mc
Coefficiente parziale per angolo d'attrito gr	1	1.25
angolo di attrito terreno rinfianco	35 °	29.256 °
angolo di attrito terreno rinfianco in radianti	0.611 rad	0.511 rad
Coefficiente spinta attiva	0.271	0.343
Spinta unitaria terreno	57.839 KN/m	73.302 KN/m
momento spinta unitaria terreno	132.085 KNm/m	167.400 KNm/m
Lunghezza cassone	20.150 m	20.150 m
Spinta terreno	1165.451 KN	1477.045 KN
Momento spinta terreno	2661.519 KNm	3373.100 KNm

**TABELLE DELLE AZIONI**  
**Spinta del terreno di rinfianco**

	Tipo di verifica	
	M1	M2
Quota terreno fuori acqua	0.3 m	0.3 m
Quota imbasamento cassone	6.3 m	6.3 m
Sovraccarico	20	20
Coefficiente parziale per angolo d'attrito gr	1	1.25
angolo di attrito terreno rinfianco	35 °	29.256 °
angolo di attrito terreno rinfianco in radianti	0.611 rad	0.511 rad
Coefficiente spinta attiva	0.271	0.343
Spinta unitaria sovraccarico	35.771 KN/m	45.334 KN/m
momento spinta unitaria sovraccarico	118.043 KNm/m	149.603 KNm/m
Lunghezza cassone	20.150 m	20.150 m
Spinta terreno	720.779 KN	913.486 KN
Momento spinta terreno	2378.572 KNm	3014.505 KNm

**TABELLE DELLE AZIONI**  
**spinta del moto ondoso**



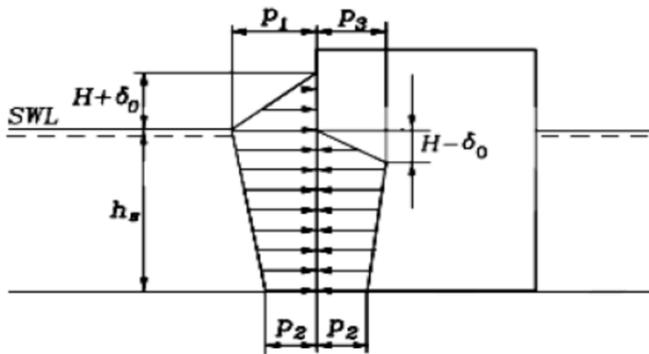
h - profondità fondale	5.80 m
h' - profondità al piede della fondazione	6.00 m
d - profondità al piede della parete	5.50 m
hc - sommità dell'opera	5.80 m
b - base	6.00 m
b+m	7.00 m
g - peso specifico acqua	10.30 KN/mc
larghezza opera	20.15 m
Larghezza dente	1.00
altezza d'onda significativa Hs	0.00 m
Periodo di picco Tp	9.10 sec
H1/100	0.00 m
H1/20	0.00 m
1.5*H1/100	0.00 m
Verifica moto ondoso frangente	Verificato: il moto non è frangente.
Altezza moto ondoso progetto	0.00 m
L	100.00 m
k	0.06 1/m
δ0	0.00 m
η'	0.00 m
pressioni in fase di cavo	
p1	0.00 KN/mq
p3	0.00 KN/mq
p4	0.00 KN/mq
spinte unitaria orizzonale in fase di cavo	0.00 KN/m
momento unitario in fase di cavo	0.00 KNm/m
spinta unitaria verticale	0.00 KN/m
momento intorno al polo OM	0.00 KNm/m

spinta orizzontale	0.00 KN
Spinta verticale	0.00 KN
momento spinta orizzontale	0.00 KNm
momento spinta verticale	0.00 KNm

<b>braccio rispetto al centro</b>	<b>-1.17 m</b>
<b>Momento rispetto al centro</b>	<b>0.00 KNm</b>

Le formule utilizzate sono quelle della teoria di Sainflou come da istruzioni dighe marittime

- The Sainflou Formula for Head-on, Fully Reflected, Standing Regular Waves (Sainflou 1928)



$$p_1 = (p_2 + \rho g h_s) \frac{H + \delta_o}{h_s + H + \delta_o}$$

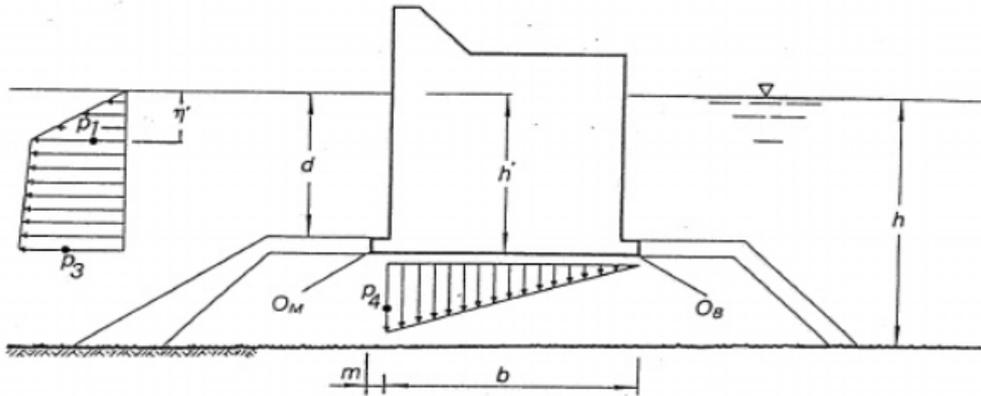
$$p_2 = \frac{\rho g H}{\cosh(k h_s)}$$

$$p_3 = \rho g (H - \delta_o)$$

$$\delta_o = \frac{\pi H^2}{L} \coth \left[ \frac{2\pi h_s}{L} \right]$$

- $p_1$  - Wave pressure at the still water level (SWL) associated with the wave crest (maximum loading).
- $p_2$  - Wave pressure at the base of the wall.
- $p_3$  - Wave pressure at the still water level (SWL) associated with the wave through (minimum wave loading)
- $H$  - Wave height (characteristic) Sometimes  $H_{1/3}$  or  $H_{1/10}$  used
- $h_s$  - Water depth at the foot of the wall
- $\delta_o$  - Vertical shift in wave height due to interaction with the wall
- $L$  - Local Wave Length

**TABELLE DELLE AZIONI**  
**spinta del moto ondoso**



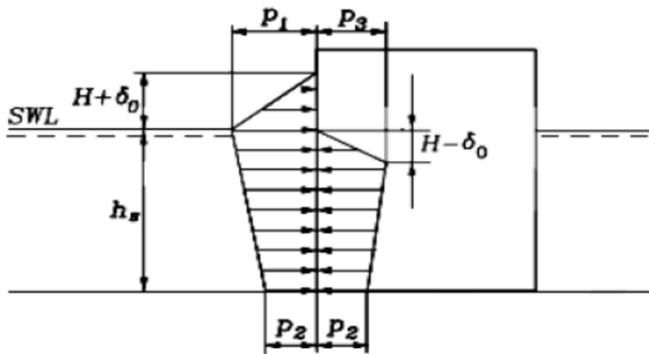
h - profondità fondale	5.80 m
h' - profondità al piede della fondazione	6.00 m
d - profondità al piede della parete	5.50 m
hc - sommità dell'opera	5.80 m
b - base	6.00 m
b+m	7.00 m
g - peso specifico acqua	10.30 KN/mc
larghezza opera	20.15 m
Larghezza dente	1.00
altezza d'onda significativa Hs	0.00 m
Periodo di picco Tp	9.10 sec
H1/100	0.00 m
H1/20	0.00 m
1.5*H1/100	0.00 m
Verifica moto ondoso frangente	Verificato: il moto non è frangente.
Altezza moto ondoso progetto	0.00 m
L	100.00 m
k	0.06 1/m
δ0	0.00 m
η'	0.00 m
pressioni in fase di cavo	
p1	0.00 KN/mq
p3	0.00 KN/mq
p4	0.00 KN/mq
spinte unitaria orizzontale in fase di cavo	0.00 KN/m
momento unitario in fase di cavo	0.00 KNm/m
spinta unitaria verticale	0.00 KN/m
momento intorno al polo OM	0.00 KNm/m

spinta orizzontale	0.00 KN
Spinta verticale	0.00 KN
momento spinta orizzontale	0.00 KNm
momento spinta verticale	0.00 KNm

<b>braccio rispetto al centro</b>	<b>-1.17 m</b>
<b>Momento rispetto al centro</b>	<b>0.00 KNm</b>

Le formule utilizzate sono quelle della teoria di Sainflou come da istruzioni dighe marittime

- The Sainflou Formula for Head-on, Fully Reflected, Standing Regular Waves (Sainflou 1928)



$$p_1 = (p_2 + \rho g h_s) \frac{H + \delta_o}{h_s + H + \delta_o}$$

$$p_2 = \frac{\rho g H}{\cosh(k h_s)}$$

$$p_3 = \rho g (H - \delta_o)$$

$$\delta_o = \frac{\pi H^2}{L} \coth \left[ \frac{2\pi h_s}{L} \right]$$

- $p_1$  - Wave pressure at the still water level (SWL) associated with the wave crest (maximum loading).
- $p_2$  - Wave pressure at the base of the wall.
- $p_3$  - Wave pressure at the still water level (SWL) associated with the wave through (minimum wave loading)
- $H$  - Wave height (characteristic) Sometimes  $H_{1/3}$  or  $H_{1/10}$  used
- $h_s$  - Water depth at the foot of the wall
- $\delta_o$  - Vertical shift in wave height due to interaction with the wall
- $L$  - Local Wave Length

**TABELLE DELLE AZIONI**
**Azioni sismiche**

	<b>Tipo di verifica</b>	
	<b>M1</b>	<b>M2</b>
Quota terreno fuori acqua	0.3 m	0.3 m
Quota imbasamento cassone	6.3 m	6.3 m
ag/g - accelerazione sismica	0.0562	0.0562
Ss - coefficiente di amplificazione stratigrafica	1.5000	1.5000
St - coefficiente di amplificazione topografica	1.0000	1.0000
amax/g - accelerazione massima	0.0843	0.0843
bm - coefficiente riduzione accelerazione massima	0.1800	0.1800
kh - coefficiente sismico orizzontale	0.0152	0.0152
kv - coefficiente sismico verticale	0.0076	0.0076
g	19	19
gw	10	10
angolo di attrito terreno rinfiaccio	35 °	29.25606764 °
angolo di attrito terreno rinfiaccio in radianti	0.6109 rad	0.5106 rad
angolo $\psi$	1.5708 rad	1.5708 rad
angolo $\delta$	0 °	0 °
	0 rad	0 rad
angolo $\beta$	0 °	0 °
	0 rad	0 rad
angolo $\theta$ sopra l.m.m. (1+kv)	0.0151 rad	0.0151 rad
angolo $\theta$ sopra l.m.m. (1-kv)	0.0153 rad	0.0153 rad
angolo $\theta$ sotto l.m.m. (1+kv)	0.0318 rad	0.0318 rad
angolo $\theta$ sotto l.m.m. (1-kv)	0.0323 rad	0.0323 rad
coefficienti di spinta attiva KAEk sopra l.m.m. (+)	0.279	0.352
coefficienti di spinta attiva KAEk sopra l.m.m. (-)	0.279	0.353
coefficienti di spinta attiva KAEk sotto l.m.m. (+)	0.288	0.363
coefficienti di spinta attiva KAEk sotto l.m.m. (-)	0.288	0.363
Spinte sismiche terreno e idrodinamica		
spinta del terreno - 1	0.24 KN/m	0.30 KN/m
spinta del terreno - 2	9.92 KN/m	12.50 KN/m
spinta acqua	47.01 KN/m	59.19 KN/m
spinta totale terreno	57.17 KN/m	71.99 KN/m
momento unitario spinta terreno	125.26 KNm/m	157.71 KNm/m
Sovraccarico terreno	20.00 KN/mq	20.00 KN/mq
Spinta unitaria sovraccarico terreno	36.54 KN/m	46.01 KN/m
Momento unitario spinta sovraccarico	114.94 KNm/m	144.74 KNm/m
Spinta idrodinamica sismica unitaria		3.51 KN/m
Momento unitario spinta idrodinamica unitaria		13.28 KNm/m
<b><u>Spinte in fase sismica totali</u></b>		
<b>Lunghezza cassone</b>	<b>20.15 m</b>	<b>20.15 m</b>
<b>Spinta sismica terreno</b>	<b>1152.04 KN</b>	<b>1450.53 KN</b>
<b>Momento spinta sismica terreno</b>	<b>2523.90 KNm</b>	<b>3177.93 KNm</b>
<b>Spinta sovraccarico terreno</b>	<b>736.29 KN</b>	<b>927.11 KN</b>
<b>Momento spinta sovraccarico</b>	<b>2315.95 KNm</b>	<b>2916.61 KNm</b>
<b>Spinta idrodinamica sismica</b>		<b>70.79 KN</b>

<b>Momento spinta idrodinamica</b>	<b>267.59 KNm</b>
<b>Forza di massa indotta dal sisma</b>	
Peso struttura	19653.56 KN
Braccio forza sismica orizzontale	3.66 m
Braccio forza sismica verticale	3.49 m
forza sismica massa orizzontale	298.22 KN
Momento forza sismica di massa orizzontale	1091.86 KNm
forza sismica massa verticale	149.11 KN
Momento forza sismica di massa verticale	520.58 KNm
<b><i>braccio forza sismica massa verticale rispetto al centro</i></b>	<b>-0.01 m</b>
<b><i>Momento forza sismica massa verticale rispetto al centro</i></b>	<b>-1.31 KNm</b>

**TABELLE DELLE VERIFICHE  
VERIFICA A SCORRIMENTO**

<b>Combinazione n. 1 sovraccarico dominante</b>			<i>Coeff. Parziali</i> ( $\gamma_G; \gamma_{Qi}$ )	<i>Coeff. Combin.</i> ( $\psi_{Qi}$ )	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>					
G1	Peso cassone (KN)	5501.934	1.0	-	5501.934
G2	Peso totale Riempimento (KN)	9025.46816	1.0	-	9025.46816
G3	Peso sovrastruttura (KN)	3022.5	1.0	-	3022.5
G4	Peso del terreno sul cassone (KN)	1106.235	1.0	-	1106.235
G6	Spinta del terreno di rinfiacco (KN)	1477.04502	1.3	-	1920.158525
Q1	Spinta del sovraccarico (KN)	913.486272	1.3	1.0	1187.532154
Q2'	spinta orizzontale cavo d'onda (KN)	0.00	1.3	0.6	0
Q2''	spinta verticale cavo d'onda (KN)	0.00	1.3	0.6	0

<b>Combinazione n. 2 spinta cavo d'onda dominante</b>			<i>Coeff. Parziali</i> ( $\gamma_G; \gamma_{Qi}$ )	<i>Coff. Combin.</i> ( $\psi_{Qi}$ )	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>					
G1	Peso cassone (KN)	5501.934	1.0	-	5501.934
G2	Peso totale Riempimento (KN)	9025.46816	1.0	-	9025.46816
G3	Peso sovrastruttura (KN)	3022.5	1.0	-	3022.5
G4	Peso del terreno sul cassone (KN)	1106.235	1.0	-	1106.235
G6	Spinta del terreno di rinfiacco (KN)	1477.04502	1.3	-	1920.158525
Q1	Spinta del sovraccarico (KN)	913.486272	1.3	0.7	831.2725077
Q2'	spinta orizzontale cavo d'onda (KN)	0	1.3	1.0	0
Q2''	spinta verticale cavo d'onda (KN)	0	1.3	1.0	0

<b>Combinazione n. 3 evento eccezionale</b>			<i>Coeff. Parziali</i> ( $\gamma_G; \gamma_{Qi}$ )	<i>Coff. Combin.</i> ( $\psi_{Qi}$ )	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>					
G1	Peso cassone (KN)	5501.934	1.0	-	5501.934
G2	Peso totale Riempimento (KN)	9025.46816	1.0	-	9025.46816
G3	Peso sovrastruttura (KN)	3022.5	1.0	-	3022.5
G4	Peso del terreno sul cassone (KN)	1106.235	1.0	-	1106.235
G6	Spinta del terreno di rinfiacco (KN)	1477.04502	1.0	-	1477.045019
Q1	Spinta del sovraccarico (KN)	913.486272	1.0	0.6	548.0917633
Q2'	spinta orizzontale cavo d'onda (KN)	0.00	1.0	-	0
Q2''	spinta verticale cavo d'onda (KN)	0.00	1.0	-	0

<b>Combinazione n. 4 sisma</b>			<i>Coeff. Parziali</i> ( $\gamma_G; \gamma_{Qi}$ )	<i>Coff. Combin.</i> ( $\psi_{Qi}$ )	<i>Azioni di calcolo</i>
<b>Azioni</b>					
G1	Peso cassone (KN)	5501.934	1.0	-	5501.934
G2	Peso totale Riempimento (KN)	9025.46816	1.0	-	9025.46816
G3	Peso sovrastruttura (KN)	3022.5	1.0	-	3022.5
G4	Peso del terreno sul cassone (KN)	1106.235	1.0	-	1106.235
G5	spinta di galleggiamento	7159.5506	1.0	-	7159.5506
E1	Spinta sismica terreno	1450.53	1.0	-	1450.532355
E2	spinta idrodinamica sismica	70.79	1.0	-	70.79018105
E3	forza sismica massa orizzontale	298.22	1.0	-	298.2231522
E4	forza sismica massa verticale	149.11	1.0	-	149.1115761
Q1	Spinta sismica del sovraccarico (KN)	927.11	1.0	0.6	556.2666352
Q2'	spinta orizzontale cavo d'onda (KN)	0.00	1.0	0.0	0
Q2''	spinta verticale cavo d'onda (KN)	0.00	1.0	0.0	0

<u>Combinazione</u>	<u>n. 1</u> <u>Sovvraccari</u> <u>co</u> <u>dominante</u>	<u>n.2</u> <u>Spinta cavo</u> <u>d'onda</u> <u>dominante</u>	<u>n. 3</u> <u>Evento</u> <u>eccezionale</u>	<u>n. 4</u> <u>Sisma</u>
Forza mobilitante	3107.69068	2751.431032	2025.136782	2524.9239
Risultante forze verticali	18656.1372	18656.13716	18656.13716	11496.58656
Coefficiente attrito	0.6	0.6	0.6	0.6
Coeff. Parz. Resistenza	1	1	1	1
Forza resistente	11193.6823	11193.6823	11193.6823	6897.951936
Coefficiente di sicurezza	3.60192936	4.068312876	5.527370987	2.73194449

**Stato limite di resistenza del terreno**  
**Collasso per carico limite dell'insieme fondazione terreno**

<b>Combinazione n. 1 sovraccarico dominante</b>			<i>Coeff. Parziali</i>	<i>Coeff. Combin.</i>	<i>Azioni di</i>
<b>Azioni</b>			<i>(<math>\gamma_G; \gamma_{Qi}</math>)</i>	<i>(<math>\psi_{Qi}</math>)</i>	<i>calcolo</i>
G1	Momento Peso cassone (KNm)	0.00	1.0	-	0
G2	Mom. Peso totale Riempimento (KNm)	0.00	1.0	-	0
G3	Mom. Peso sovrastruttura (KNm)	0.00	1.0	-	0
G4	Mom. Peso del terreno sul cassone (KNm)	21571.58	1.0	-	21572
G6	Mom. Spinta del terreno di rinfianco (KNm)	-3373.1	1.3	-	-4385
Q1	Mom. Spinta del sovraccarico (KNm)	-3014.5047	1.3	1.0	-3919
Q2'	Mom. spinta orizzontale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.3	0.6	0
Q2''	Mom. spinta verticale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.3	0.6	0

<b>Combinazione n. 2 spinta cavo d'onda dominante</b>			<i>Coeff. Parziali</i>	<i>Coff. Combin.</i>	<i>Azioni di</i>
<b>Azioni</b>			<i>(<math>\gamma_G; \gamma_{Qi}</math>)</i>	<i>(<math>\psi_{Qi}</math>)</i>	<i>calcolo</i>
G1	Momento Peso cassone (KNm)	0	1.0	-	0
G2	Mom. Peso totale Riempimento (KNm)	0	1.0	-	0
G3	Mom. Peso sovrastruttura (KNm)	0	1.0	-	0
G4	Mom. Peso del terreno sul cassone (KNm)	21571.5825	1.0	-	21572
G6	Mom. Spinta del terreno di rinfianco (KNm)	-3373.1	1.3	-	-4385
Q1	Mom. Spinta del sovraccarico (KNm)	-3014.5047	1.3	0.7	-2743
Q2'	Mom. spinta orizzontale cavo d'onda (KNm)	0	1.3	1.0	0
Q2''	Mom. spinta verticale cavo d'onda (KNm)	0	1.3	1.0	0

<b>Combinazione n. 3 evento eccezionale</b>			<i>Coeff. Parziali</i>	<i>Coff. Combin.</i>	<i>Azioni di</i>
<b>Azioni</b>			<i>(<math>\gamma_G; \gamma_{Qi}</math>)</i>	<i>(<math>\psi_{Qi}</math>)</i>	<i>calcolo</i>
G1	Momento Peso cassone (KNm)	0	1.0	-	0
G2	Mom. Peso totale Riempimento (KNm)	0	1.0	-	0
G3	Mom. Peso sovrastruttura (KNm)	0	1.0	-	0
G4	Mom. Peso del terreno sul cassone (KNm)	21571.5825	1.0	-	21572
G6	Mom. Spinta del terreno di rinfianco (KNm)	-3373.1	1.0	-	-3373
Q1	Mom. Spinta del sovraccarico (KNm)	-3014.5047	1.0	0.7	-2110
Q2'	Mom. spinta orizzontale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.0	1.0	0
Q2''	Mom. spinta verticale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.0	1.0	0

<b>Combinazione n. 4 sisma</b>			<i>Coeff. Parziali</i>	<i>Coff. Combin.</i>	<i>Azioni di</i>
<b>Azioni</b>			<i>(<math>\gamma_G; \gamma_{Qi}</math>)</i>	<i>(<math>\psi_{Qi}</math>)</i>	<i>calcolo</i>
G1	Momento Peso cassone (KNm)	0	1.0	-	0
G2	Mom. Peso totale Riempimento (KNm)	0	1.0	-	0
G3	Mom. Peso sovrastruttura (KNm)	0	1.0	-	0
G4	Mom. Peso del terreno sul cassone (KNm)	21571.5825	1.0	-	21572
G5	Momento spinta di galleggiamento	0.00	1.0	-	0
E1	Mom. Spinta sismica terreno	-3177.93	1.0	-	-3178
E2	Mom. spinta idrodinamica sismica	-267.59	1.0	-	-268
E3	Mom. forza sismica massa orizzontale	-1091.86	1.0	-	-1092
E4	Mom. forza sismica massa verticale	-1.31	1.0	-	-1
Q1	Mom. Spinta sismica del sovraccarico (KN)	-2916.61	1.0	0.6	-1750
Q2'	Mom. spinta orizzontale cavo d'onda (KN)	0.00	1.0	0.0	0
Q2''	Mom. spinta verticale cavo d'onda (KN)	0.00	1.0	0.0	0

<u>Combinazione</u>	<u>n. 1</u> <u>Sovvraccari</u> <u>co</u> <u>dominante</u>	<u>n.2</u> <u>Spinta cavo</u> <u>d'onda</u> <u>dominante</u>	<u>n. 3</u> <u>Evento</u> <u>eccezionale</u>	<u>n. 4</u> <u>Sisma</u>
N(KN)	18656	18656	18656	11497
$\Sigma$ Mres (KNm)	21572	21572	21572	21572
$\Sigma$ Mmob (KNm)	-8304	-7128	-5483	-6289
e (m)	0.71	0.77	0.86	1.33
sezione parzializzata	no	no	no	si
Y	8.37	8.18	7.91	6.51
smax	213	220	230	175
coeff. Parziale gr	1	1	1	1
Tensione massima terreno fondazione	700	700	700	700
Coefficiente di sicurezza FS	3.288	3.181	3.043	3.995

**Stato limite di resistenza del terreno**  
**Collasso per carico limite dell'insieme fondazione terreno**

<b>Combinazione n. 1 sovraccarico dominante</b>			<i>Coeff. Parziali</i>	<i>Coeff. Combin.</i>	<i>Azioni di</i>
<b>Azioni</b>			<i>(<math>\gamma_G; \gamma_{Qi}</math>)</i>	<i>(<math>\psi_{Qi}</math>)</i>	<i>calcolo</i>
G1	Momento Peso cassone (KNm)	19256.77	0.9	-	17331
G2	Mom. Peso totale Riempimento (KNm)	31589.14	0.9	-	28430
G3	Mom. Peso sovrastruttura (KNm)	10578.75	0.9	-	9521
G4	Mom. Peso del terreno sul cassone (KNm)	7190.53	0.9	-	6471
G6	Mom. Spinta del terreno di rinfianco (KNm)	-3373.10	1.1	-	-3710
Q1	Mom. Spinta del sovraccarico (KNm)	-3014.50	1.5	1.0	-4522
Q2'	Mom. spinta orizzontale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.5	0.6	0
Q2''	Mom. spinta verticale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.5	0.6	0

<b>Combinazione n. 2 spinta cavo d'onda dominante</b>			<i>Coeff. Parziali</i>	<i>Coff. Combin.</i>	<i>Azioni di</i>
<b>Azioni</b>			<i>(<math>\gamma_G; \gamma_{Qi}</math>)</i>	<i>(<math>\psi_{Qi}</math>)</i>	<i>calcolo</i>
G1	Momento Peso cassone (KNm)	19256.77	0.9	-	17331
G2	Mom. Peso totale Riempimento (KNm)	31589.14	0.9	-	28430
G3	Mom. Peso sovrastruttura (KNm)	10578.75	0.9	-	9521
G4	Mom. Peso del terreno sul cassone (KNm)	7190.53	0.9	-	6471
G6	Mom. Spinta del terreno di rinfianco (KNm)	-3373.10	1.1	-	-3710
Q1	Mom. Spinta del sovraccarico (KNm)	-3014.50	1.5	0.7	-3165
Q2'	Mom. spinta orizzontale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.5	1.0	0
Q2''	Mom. spinta verticale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.5	1.0	0

<b>Combinazione n. 3 evento eccezionale</b>			<i>Coeff. Parziali</i>	<i>Coff. Combin.</i>	<i>Azioni di</i>
<b>Azioni</b>			<i>(<math>\gamma_G; \gamma_{Qi}</math>)</i>	<i>(<math>\psi_{Qi}</math>)</i>	<i>calcolo</i>
G1	Momento Peso cassone (KNm)	19256.77	1.0	-	19257
G2	Mom. Peso totale Riempimento (KNm)	31589.14	1.0	-	31589
G3	Mom. Peso sovrastruttura (KNm)	10578.75	1.0	-	10579
G4	Mom. Peso del terreno sul cassone (KNm)	7190.53	1.0	-	7191
G6	Mom. Spinta del terreno di rinfianco (KNm)	-3373.10	1.0	-	-3373
Q1	Mom. Spinta del sovraccarico (KNm)	-3014.50	1.0	0.6	-1809
Q2'	Mom. spinta orizzontale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.0	1.0	0
Q2''	Mom. spinta verticale cavo d'onda (KNm)	0.00	1.0	1.0	0

<b>Combinazione n. 4 sisma</b>			<i>Coeff. Parziali</i>	<i>Coff. Combin.</i>	<i>Azioni di</i>
<b>Azioni</b>			<i>(<math>\gamma_G; \gamma_{Qi}</math>)</i>	<i>(<math>\psi_{Qi}</math>)</i>	<i>calcolo</i>
G1	Momento Peso cassone (KNm)	19256.77	1.0	-	19257
G2	Mom. Peso totale Riempimento (KNm)	31589.14	1.0	-	31589
G3	Mom. Peso sovrastruttura (KNm)	10578.75	1.0	-	10579
G4	Mom. Peso del terreno sul cassone (KNm)	7190.53	1.0	-	7191
G5	Momento spinta di galleggiamento	-25058.43	1.0	-	-25058
E1	Mom. Spinta sismica terreno	-3177.93	1.0	-	-3178
E2	Mom. spinta idrodinamica sismica	-267.59	1.0	-	-268
E3	Mom. forza sismica massa orizzontale	-1091.86	1.0	-	-1092
E4	Mom. forza sismica massa verticale	-520.58	1.0	-	-521
Q1	Mom. Spinta sismica del sovraccarico (KN)	-2916.61	1.0	0.6	-1750
Q2'	Mom. spinta orizzontale cavo d'onda (KN)	0.00	1.0	0.0	0
Q2''	Mom. spinta verticale cavo d'onda (KN)	0.00	1.0	0.0	0

<u>Combinazione</u>	<u>n. 1</u> <u>Sovvraccari</u> <u>co</u> <u>dominante</u>	<u>n.2</u> <u>Spinta cavo</u> <u>d'onda</u> <u>dominante</u>	<u>n. 3</u> <u>Evento</u> <u>eccezionale</u>	<u>n. 4</u> <u>Sisma</u>
$\Sigma M_{mob}$ (KNm)	-8232.17	-6875.64	-5181.80	-6807.93
coeff. Parziale gr	1.00	1.00	1.00	1.00
$\Sigma M_{res}$ (KNm)	61753.67	61753.67	68615.19	43556.76
Coefficiente di sicurezza FS	7.50	8.98	13.24	6.40

	FASE DI TRASPORTO	FASE DI AFFONDAMENTO
<b>FUSTO</b>		
X baricentro (m)	10.08	10.08
Y baricebntro (m)	2.50	2.50
Z baricentro (m)	3.70	3.70
Volume (mc)	107.24	107.24
Peso (KN)	2680.93	2680.93
<b>SOLETTA FONDO</b>		
Altezza (m)	0.80	0.80
X baricentro (m)	10.08	10.08
Y baricebntro (m)	2.50	2.50
Z baricentro (m)	0.40	0.40
Volume (mc)	112.84	112.84
Peso (KN)	2821.00	2821.00
<b>CASSONE</b>		
X baricentro (m)	10.08	10.08
Y baricebntro (m)	2.50	2.50
Z baricentro (m)	2.01	2.01
Volume (mc)	220.08	220.08
Peso (KN)	5501.93	5501.93
<b>ZAVORRA</b>		
	liquida	liquida
area (mq)	81.90	81.90
Altezza (m)	1.00	1.99
Volume (mc)	81.90	162.98
peso specifico zavorra (KN/mc)	10.30	10.30
Peso zavorra	843.58	1678.72
<b>CASSONE ZAVORRATO</b>		
X baricentro (m)	10.08	10.08
Y baricebntro (m)	2.50	2.50
Z baricentro (m)	2.09	1.96
Peso (KN)	6345.51	7180.65
Volume immerso (mc)	616.07	697.15
<b>Altezza parte immersa da base cassone</b>	<b>5.79</b>	<b>6.60</b>
altezza parte emersa	0.81	0.00
distanza baricentro totale da base cassone	2.09	1.96
distanza baricentro da linea di galleggiamento	3.70	4.64
lunghezza cassone	20.15	20.15
larghezza cassone	5.00	5.00
momento inerzia cassone	209.90	209.90
momento inerzia celle	133.45	133.45
Momento di inerzia totale del cassone	76.45	76.45
Ordinata centro carena yc	1.79	2.16
Raggio metacentrico R	0.34	0.30
<b>Altezza metacentrica R-a</b>	<b>0.04</b>	<b>0.50</b>