



Stazione Appaltante
Regione Siciliana
Comune di S. Stefano di Camastra
Provincia di Messina



Procedura aperta ex art. 183 commi 1-14 d.lgs. 50/2016 s.m.i. per l'affidamento in project financing della concessione di lavori pubblici avente per oggetto la progettazione definitiva ed esecutiva, l'esecuzione dei lavori per la REALIZZAZIONE DEL PORTO TURISTICO E DELLE OPERE CONNESSE NEL COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA nonché della loro gestione economico-finanziaria

C.I.G.67535662F8

C.U.P.H21H07000030003

PROGETTO DEFINITIVO

Concessionario individuato



Rappresentante legale: Cono Bruno

Via Campidoglio, 70 98076 Sant'Agata di Militello (ME)

Titolo elaborato

**RELAZIONE TECNICA
OPERE MARITTIME**

Progettista indicato



Dott. Ing. Paolo Turbolente

Via Ajaccio, 14
00198 Roma



Amministratore Unico:
Prof. Ing. Vincenzo Cataliotti
Direttori tecnici:
Arch. Sebastiano Provenzano
Prof. Ing. Antonio Cataliotti
Via Vittorio Emanuele, 492
90134 Palermo

A.2233.17 | PD | R

RTM 05

Data
Giugno 2017



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

1. PREMESSA	1
2. ANALISI IDRAULICO MARITTIMA	3
2.1. Moto ondoso frangente di progetto	3
2.2. Risultati dello studio meteomarinario di largo	4
2.3. Risultati dello studio della propagazione e penetrazione ondosa	6
2.4. Variazioni del livello marino.....	8
3. DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE MARITTIME ESTERNE	10
3.1. Dighe frangiflutti	10
3.1.1. Mantellate	10
3.1.2. Valutazione “run up” e onda trasmessa a tergo diga non banchinata.....	16
4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	21
4.1. Azioni sulle costruzioni.....	21
4.2. Terreni, rocce, opere di sostegno e di fondazione	22
4.3. Elaborati tecnici.....	22
5. MATERIALI	23
5.1. Calcestruzzo strutturale e non strutturale	23
5.2. Terreni di rinfianco e d’imposta dei muri di banchina	23
6. AZIONI AGENTI SULLE BANCHINE IN PROGETTO.....	25
6.1. Carico di banchina	25
6.2. Tiro alla bitta	25
6.3. Sisma	26
7. DETERMINAZIONE ANALITICA DELLE AZIONI	30
7.1. Spinta del terreno in condizioni statiche.....	30
7.2. Spinta del terreno in condizioni statiche indotta dalla pavimentazione.....	30
7.3. Spinta del terreno in condizioni statiche indotta dal sovraccarico di banchina	31
7.4. Tiro alla bitta	31



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

7.5.	Spinta del terreno in condizioni sismiche.....	31
7.6.	Spinta del terreno in condizioni sismiche indotta dalla pavimentazione in c.a.	33
7.7.	Spinta del terreno in condizioni sismiche indotta dal carico di banchina.....	34
7.8.	Spinta idrodinamica indotta dal sisma.....	34
7.9.	Forze di massa indotta dal sisma	35
8.	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO DELLE BANCHINE.....	36
8.1.	Coefficienti di combinazione delle azioni adottati	39
8.2.	Coefficienti parziali adottati per le azioni, per le resistenze e per le verifiche.....	40
8.2.1.	Muri di banchina – Stato Limite Ultimo e Stato limite di Salvaguardia della Vita.....	40
8.2.2.	Verifiche di stabilità	42
9.	VERIFICHE BANCHINA A MASSI SOVRAPPOSTI.....	45
9.1.	Verifiche SLU	65
9.1.1.	Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 1 (A1+M1+R1).....	65
9.1.2.	Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2).....	66
9.1.3.	Verifiche al ribaltamento: Combinazione AEQU+M2.....	67
9.1.4.	Verifica capacità portante: Approccio 1 – Combinazione 1 (A1+M1+R1)	68
	Verifica capacità portante: Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2)	70
9.1.5.	Verifica capacità portante: Approccio 2 – Combinazione (A1+M1+R3)	72
9.2.	Verifiche SLV	74
9.2.1.	Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 1 (A1+M1+R1).....	74
9.2.2.	Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2).....	76
9.2.3.	Verifiche al ribaltamento: Combinazione M2	78
9.2.4.	Verifica capacità portante: Approccio 2 – Combinazione (A1+M1+R3)	80
10.	MURO PARAONDE.....	83
10.1.	Caratteristiche del moto ondoso	83
10.1.1.	Tempo di Ritorno per il calcolo dell’onda di progetto	83



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

10.1.2.	Pressioni indotte dal moto ondoso sui muri paraonde	83
10.1.3.	Pressioni di up-lift	88
10.1.4.	Calcolo delle spinte idrodinamiche sul muro paraonde della diga di sottoflutto.....	89
10.2.	Verifiche allo Stato Limite Ultimo	92
10.2.1.	Coefficienti parziali adottati per le azioni, per le resistenze e per le verifiche.....	94
10.2.2.	Verifiche di stabilità	96
10.3.	Verifiche SLU del muro paraonde di sez D-D	98
10.3.1.	Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 1 (A1+M1+R1).....	101
10.3.2.	Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2).....	103
10.3.3.	Verifiche al ribaltamento: Combinazione AEQU+M2.....	105
10.3.4.	Verifica capacità portante: Approccio 2 – Combinazione (A1+M1+R3)	107
11.	AGITAZIONE ONDOSA INTERNA ED ACCESSIBILITÀ NAUTICA	110
11.1.	Agitazione ondosa interna	110
11.2.	Accessibilità nautica	111
12.	QUALITÀ DELLE ACQUE INTERNE PORTUALI.....	112
13.	CONCLUSIONI	113
14.	BIBLIOGRAFIA.....	114



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

1. PREMESSA

Il presente elaborato, redatto ai sensi dell'art. 3 Sezione I dell'Allegato XXI al DLgs 163/2006, costituisce la relazione tecnica relativa alle opere marittime del progetto definitivo dell'intervento relativo alla realizzazione del Porto Turistico di Santo Stefano di Camastra.

Il progetto definitivo, di cui la presente relazione è parte integrante, è relativo alla sola opera portuale così come richiesto al punto 4 del Disciplinare di gara della procedura di project financing della concessione dei lavori pubblici relativa alla "Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra"

La presente relazione tratta gli aspetti più propriamente tecnici del progetto definitivo delle opere marittime del Porto Turistico di S. Stefano di Camastra.

I suddetti aspetti concernono in particolare lo studio idraulico - marittimo ovvero l'esposizione del paraggio, il regime anemologico, il regime ondometrico di largo e sottocosta, gli eventi estremi, la rifrazione, il frangimento, l'onda di progetto e l'accessibilità dell'imboccatura.

Il Porto Turistico in progetto prevede l'ormeggio di 624 posti barca di lunghezza fuori tutto compresa tra 10 e 36 m ed un ormeggio per aliscafi (40 m x 10 m).

Il territorio del Comune di S. Stefano di Camastra è situato nella provincia siciliana di Messina e si affaccia sul Mar Tirreno meridionale circa 3,5 m.n. a Sud Ovest di Punta Caronia.

La costa è medio-bassa rocciosa alternata a tratti ove è bassa ghiaiosa e protetta da scogliere.

L'area individuata per la realizzazione del Porto Turistico è situata a Est dell'abitato di S. Stefano di Camastra e del relativo Promontorio ed è caratterizzata dalla presenza di una struttura di difesa costiera già esistente (ed insabbiata) attualmente utilizzata come ridosso per imbarcazioni minori.

La previsione di P.R.P. è stata modificata nel progetto preliminare a base di gara al fine di prevedere un porto turistico costituito da una diga di sopraflutto posta a protezione dalle ondate provenienti dal settore di traversia principale (NW e N) ed una diga di sottoflutto posta a protezione dalle ondate provenienti dal settore di traversia secondario (NE); dalla realizzazione di banchine interne e di uno scivolo di alaggio e dalla posa in opera di pontili galleggianti.

La diga di sopraflutto è stata modificata, rispetto a quella prevista nel progetto di gara, nella sua parte più esterna (quella imbasata su fondali superiori a -4,00 m s.l.m.m.). La soluzione proposta prevede che questo tratto di diga non sia banchinato sul lato interno con il duplice scopo di:



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

- Tollerare tracimazioni ridotte durante gli eventi ondosi estremi senza rischi per persone o cose, riducendo le quote di coronamento necessarie (che sarebbero proibitive dato il paraggio di mare assai esposto interessato dall'opera), e quindi anche i costi e l'impatto paesaggistico.
- Ridurre la penetrazione ondosa all'interno dell'area portuale dato il coefficiente di riflessione più assorbente ($K_r = 0,35$ per la scogliera, contro $K_r = 0,85$ relativo alle celle antirisacca delle banchine previste nel progetto a base di gara).

Completano i lavori la realizzazione degli impianti tecnici generali (elettromeccanici e idraulici, oltre a un impianto di bunkeraggio) e le opere a terra (pavimentazioni, edifici, aree a verde, arredo urbano e portuale).

Nella progettazione è stato tenuto in particolare conto, oltre che degli aspetti tecnici sopracitati, anche della presenza di vincoli di natura ambientale e archeologica che influenzano la fattibilità delle opere previste.

I risultati della presente relazione sono stati sintetizzati nella relazione generale.

Nell'elaborato in oggetto vengono esplicitate le verifiche previste dal D.M. 14 Gennaio 2008 "Norme tecniche sulle costruzioni" ed alla normativa riportata nel par. 4.



2. ANALISI IDRAULICO MARITTIMA

E' stato fatto riferimento agli studi meteomarini allegati al progetto preliminare posto a base di gara, effettuando però, ad integrazione di tali studi messi a disposizione nel sito web del Comune di S. Stefano di Camastra, alcuni approfondimenti integrativi, utili al calcolo preliminare delle opere marittime. In particolare è stata effettuato un nuovo studio meteomarino di largo mediante trasposizione dei dati dell'ondometro di Capo Gallo ed elaborazione della statistica degli eventi estremi. Inoltre è stato redatto uno studio della penetrazione ondosa previo trasferimento sottocosta del moto ondoso di largo.

Il Tempo di ritorno statistico adottato per le azioni ondose di progetto è stato valutato seguendo le Istruzioni Tecniche per la progettazione delle dighe marittime fornite dal C.S.LL.PP. adottando il livello di sicurezza 2 richiesto per opere di tale natura (infrastruttura ad uso generale) che fornisce una vita utile pari a 50 anni; considerando un coefficiente pari a $p_f = 0,4$ (danno incipiente con rischio limitato per la vita umana e ripercussione economica medio-bassa) si ottiene un tempo di ritorno pari a circa $T_{rp} = 100$ anni.

2.1. Moto ondoso frangente di progetto

L'altezza d'onda di progetto è stata valutata, in ogni caso, considerando un valore massimo limitato dal frangimento sui fondali massimi di imbasamento delle opere di difesa esterna.

Tale valutazione è stata effettuata utilizzando le espressioni dovute a Kamphuis ed i relativi elaborati di calcolo sono riportati di seguito al cap. 3.1.1 al quale si rimanda.

Per il tratto esterno della diga di sopraflutto è stata determinata un'altezza d'onda frangente di progetto pari a $H_b = 4,88$ m, per il tratto esterno della diga di sottoflutto si è, invece ottenuto il valore $H_b = 4,10$ m.

Per il tratto di radice della diga di sopraflutto e di quella di sottoflutto (fondali di imbasamento inferiori alla quota -4,30 m s.l.m.m.) è stata determinata un'altezza d'onda frangente di progetto pari a $H_b = 2,98$ m.



2.2. Risultati dello studio meteomarinario di largo

E' stato condotto un nuovo studio meteomarinario di largo (al quale si rimanda per approfondimenti) mediante trasposizione del moto ondoso dall'ondametro di Capo Gallo a S Stefano di Camastra e analisi statistica degli eventi estremi.

Per la determinazione della cosiddetta "onda di progetto" in acqua profonda, la cui conoscenza è indispensabile per le verifiche strutturali e funzionali, è necessario eseguire un'elaborazione statistica delle altezze d'onda maggiori relative alla serie storica di riferimento. Per il caso in esame l'analisi statistica delle onde estreme è stata effettuata sulla serie di dati ondametrici di Palermo relativi al periodo 2004÷2013 trasposte al largo di S. Stefano di Camastra alla profondità di -100 m sul l.m.m.

I valori delle soglie di troncamento utilizzati nell'ambito del presente studio sono pari a:

- 22 eventi ($H_s \geq 2,8$ m – metodo POT) per il settore occidentale e settentrionale 270° - 40° N;
- 74 eventi ($H_s \geq 0,69$ m – metodo POT) per il settore orientale 40° - 90° N;

I risultati delle elaborazioni effettuate al largo di S, Stefano di Camastra a partire dalla serie di registrazioni trasposte da Palermo indicano che:

- nel settore di traversia 270° - 40° N, gli eventi estremi contraddistinti da un tempo di ritorno di 5 anni presentano una altezza d'onda significativa pari a circa 5,30 m, mentre il valore dell'altezza d'onda cinquantennale risulta pari a circa 6,80 m;

- nel settore di traversia 40° - 90° N, gli eventi estremi contraddistinti da un tempo di ritorno di 5 anni presentano una altezza d'onda significativa pari a circa 2,60 m, mentre il valore dell'altezza d'onda cinquantennale risulta pari a circa 4,40 m;

In Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.-Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. per i due settori di provenienza sono riportate le leggi di distribuzione del periodo di picco in funzione dell'altezza significativa che regolarizza i valori delle onde con altezze d'onda significative superiore alla soglia utilizzata nella statistica degli eventi estremi.

Risulta:

per il settore di traversia 270° - 40° N $T_p = 5.26 H_s^{0.4291}$

per il settore di traversia 40° - 90° N $T_p = 4.88 H_s^{0.3799}$



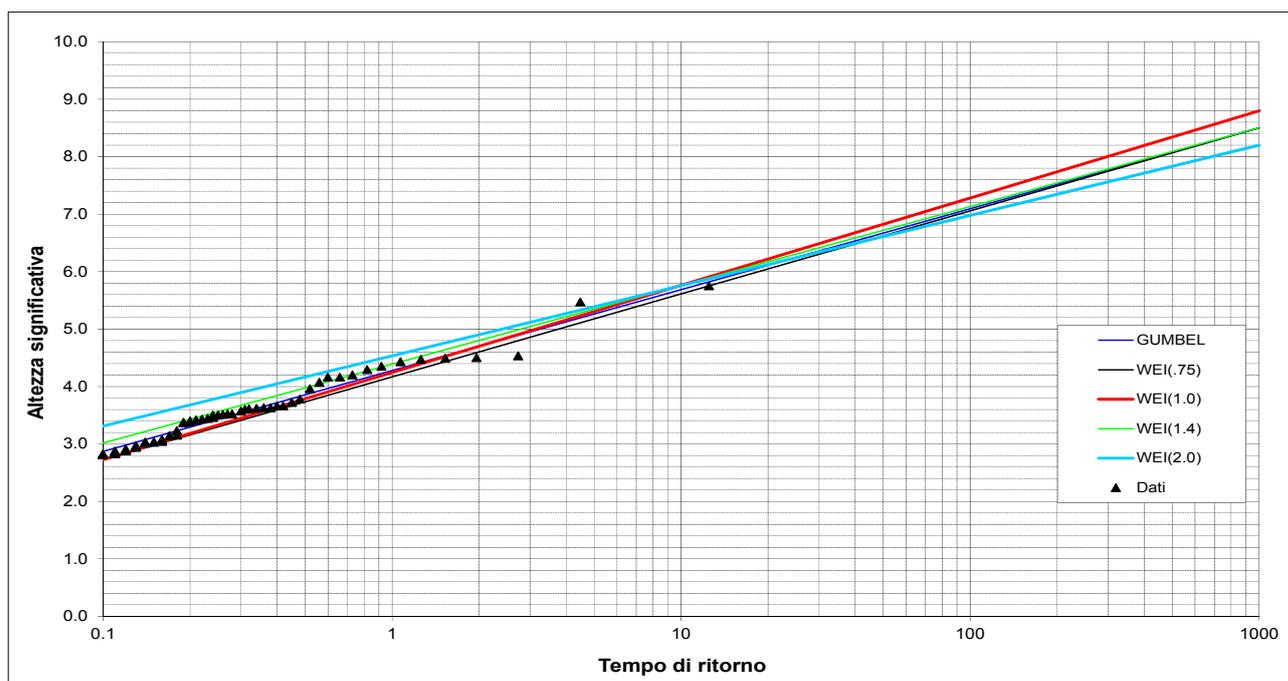
COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Nella tabella seguente sono sintetizzati i valori delle caratteristiche del moto ondoso al largo di S. Stefano di Camastra per i due settore di traversia principale con $T_r = 1, 5, 50$ e 100 anni.

Tabella 0.1 – Riepilogo caratteristiche del moto ondoso al largo di S. Stefano di Camastra per diversi tempi di ritorno

Settore di Traversia (°N)	T_r (anni)	Altezza significativa al largo Hso (m)	Periodo di Picco T_p (s)
270-40	1	4.2	6.0
	5	5.3	7.9
	50	6.8	9.9
	100	7.3	10.5
40-90	1	1.3	8.5
	5	2.6	9.2
	50	4.4	10.1
	100	5.0	10.4

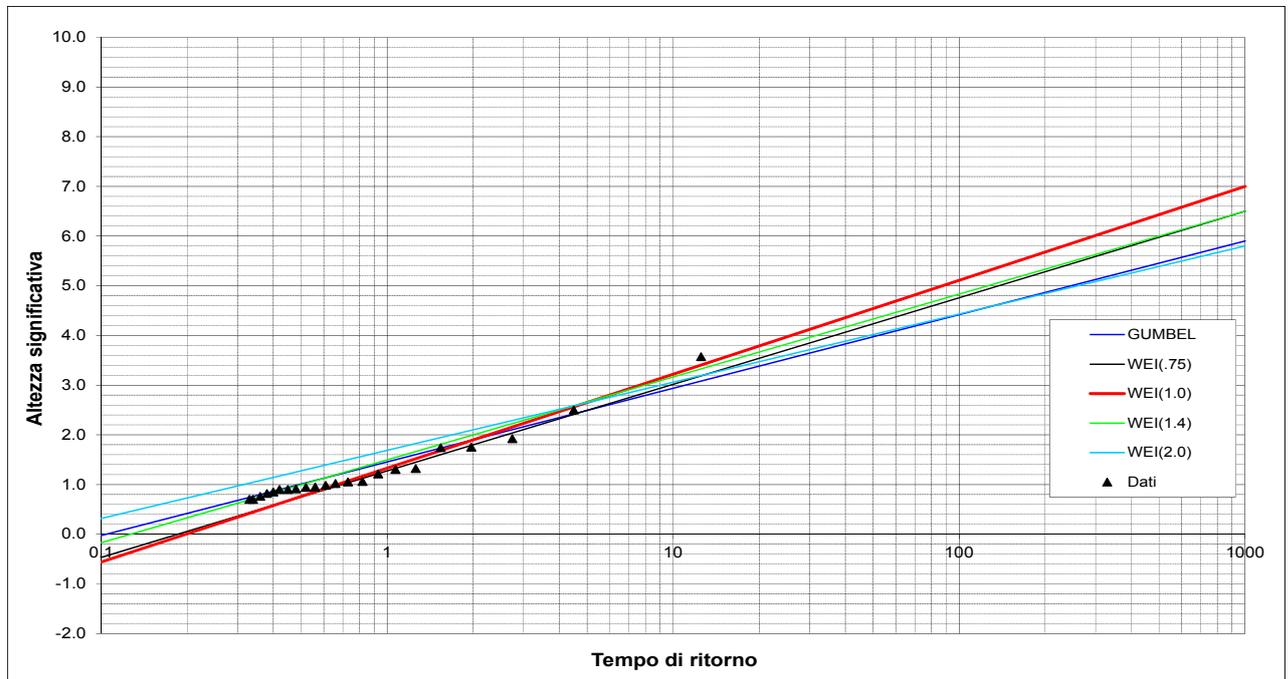
Figura 0.1 - Curve probabilistiche di Weibull e Gumbel dell'altezza d'onda significativa al largo di S. Stefano di Camastra – Settore di traversia 270°-40°N ricostruzione del moto ondoso dati di Palermo (2000-2013)





COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Figura 0.2 - Curve probabilistiche di Weibull e Gumbel dell'altezza d'onda significativa al largo di S. Stefano di Camastra – Settore di traversia 40°-90°N ricostruzione del moto ondoso dati di Palermo (2000-2013)



2.3. Risultati dello studio della propagazione e penetrazione ondosa

E' stato condotto uno studio integrativo della penetrazione ondosa mediante l'applicazione del modello matematico MIKE21 BW.

Tale studio integra gli studi già condotti per il progetto posto a base di gara (scaricabili dal sito web comunale) che mostravano come la configurazione portuale a base di gara era rispondente alle linee guida AIPCN sia in condizioni ondose estreme (sicurezza degli ormeggi) che in condizioni ondose ordinarie (in termini di comfort all'ormeggio).

Lo studio integrativo ha avuto il mero intento comparativo tra la predetta configurazione portuale a base di gara e la configurazione presentata che, pur rispettando il layout planimetrico di base, ha apportato delle sostanziali variazioni migliorative sui coefficienti antiriflessione del moto ondoso lungo il contorno portuale interno.

In particolare i tratti esterni delle dighe di sopra e sottoflutto prevedono un coefficiente di riflessione pari a $K_r = 0,35$ (contro $K_r = 0,85$ previsti dalle celle antirisacca).



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Anche per la scogliera di riva si ha tale sostanziale miglioramento delle capacità di assorbimento del moto ondoso (Kr passa da 0,85 a 0,35).

I risultati di tale comparazione danno ragione delle variazioni migliorative apportate, come si desume dal relativo studio integrativo allegato.



2.4. Variazioni del livello marino

La conoscenza delle massime variazioni quasi-statiche del livello marino, dovute a cause diverse (principalmente la marea astronomica e "meteorologica"), è necessaria per molteplici scopi: per una corretta progettazione delle quote da assegnare alle opere a mare e delle profondità minime richieste all'imboccatura.

Dal punto di vista geologico (lungo termine) la costa in esame si presenta abbastanza stabile; non esistono problemi di eustatismo o subsidenza.

Per quanto riguarda le variazioni a breve termine, periodiche e non, occorre distinguere gli effetti della marea astronomica, dall'azione del vento e della pressione atmosferica ("marea meteorologica"), le variazioni stagionali di densità ed anche il sovrizzo d'onda presente sulla battigia durante le mareggiate.

Nel Mar Mediterraneo e soprattutto nel paraggio costiero di S. Stefano di Camastra le escursioni del livello del mare sono di fatto molto modeste, anche se eccezionalmente si possono verificare variazioni significative.

Marea astronomica

Le ampiezze ed i tempi di marea giornalieri sono prevedibili con esattezza per un gran numero di località e sono pubblicati annualmente dall'Ufficio Idrografico della Marina Militare di Genova sulle "Tavole di Marea". Per il caso in esame si possono ben utilizzare i dati forniti per il vicino porto di Palermo, i massimi dislivelli positivi raggiungono i valori di ± 0.20 m rispetto al livello medio del mare,

Variazioni meteorologiche di livello marino

Dislivello barico

Un poco maggiore risulta invece il massimo contributo che può essere fornito da variazioni della pressione atmosferica. E' noto infatti che un abbassamento barico di 1 mb rispetto al valore normale (1013 mb) produce un innalzamento di circa 1 cm del livello marino e viceversa.

Nell'area di S. Stefano di Camastra i valori misurati minimi e massimi della pressione (legati al passaggio dei cicloni ed anticicloni) risultano pari a 978 mb e 1044 mb.

Ne consegue quale effetto "barico" un massimo sovrizzo marino di 0.35 m ed un massimo abbassamento del livello di 0.31 m. In condizioni estreme eccezionali tali valori possono aumentare ancora di qualche centimetro.



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Sovralzo di vento

Trascurabile, invece, risulta il contributo del vento nella zona di S. Stefano di Camastra.

Infatti il sovrizzo di vento dovuto all'accumulo d'acqua sottocosta per azione di venti foranei permanenti è contenuto in pochi centimetri data la limitatissima estensione della piattaforma continentale: l'isobata -200 si trova a soli 13 Km dalla costa.

Il calcolo del massimo sovrizzo di vento è stato effettuato mediante una nota formulazione analitica implicita: $S = \{K_p L_p U^2 / [g (D - d - S)]\} \ln [D / (d + S)]$

dove:

U = velocità del vento persistente (m/s);

D = profondità limite della piattaforma continentale (200 m);

Lp = estensione della piattaforma (distanza tra d e D nella direzione del vento) (m);

d = profondità ove si calcola il sovrizzo (m);

g = accelerazione di gravità (9,81 m/s²);

Kp = coefficiente pari a 3×10^{-6}

Considerando l'azione di un vento costante diretto verso la costa con velocità di 28 m/s ed un'estensione della piattaforma continentale (fondale -200 m) pari a 13 km, si è ricavato un innalzamento massimo del livello del mare in corrispondenza delle opere progettate pari a 0.05 m.

Valori estremi

Considerando che in generale non si verifica la piena concomitanza per i sovrizzi di carattere meteorologico ed astronomico. Si può cautelativamente assumere una riduzione del 20% della somma dei termini di sovrizzo meteorologico a quelli astronomici.

In definitiva, per i contributi positivi e negativi, si ottengono i seguenti massimi dislivelli rispetto al medio mare:

$$\text{Sopralzo } S_u = +0.20 + 0.80 * (0.35 + 0.05) = +0.52 \text{ m}$$

$$\text{Abbassamento } S_d = -0.20 + 0.80 * (-0.31) = -0.45 \text{ m}$$



3. DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE MARITTIME ESTERNE

3.1. Dighe frangiflutti

3.1.1. Mantellate

Diga di sopraflutto

Per la diga di sopraflutto (imbasata su fondali massimi pari a -8,00 m s.l.m.m.) viene utilizzata l'altezza d'onda di progetto pari ad $H = 4,88$ m, valutata mediante la formula di Kamphuis, tenendo conto di un fondale di imbasamento comprensivo del sovrizzo pari a -8,50 m s.l.m.m.

Calcolo dell'altezza d'onda frangente con Kamphuis (1991)

Risoluzione per tentativi di un'espressione implicita in funzione di L

$$L = gT^2/2\pi \tanh(2\pi d/L)$$

Lunghezza

d'onda al largo $Lo (m) = 1,56T^2 = 255,5904$

Lunghezza

d'onda (valore

iniziale di calcolo) $Lin (m) = 112,80$

Periodo d'onda $Tp (s) = 12,8$

Profondità $d (m) = 8,5$ sovrizzo incluso

Tm10s

$$gT^2/2\pi = 255,8126$$

$$\tanh(2\pi d/L) = 0,440985$$

Lunghezza

d'onda (valore

finale risultante) $Lfin (m) = 112,81$ $L = 112,8$

$$112,8095$$

Lfin deve essere (circa) uguale ad Lin; in tal caso si ottiene il valore ricercato di L

Periodo di picco = $Tp (s) =$

$$Lpb (m) = 112,8$$

Kamphuis 1: $H_{sb} = 0,095e^{4m} L_{pb} \tanh(2\pi d_b/L_{pb}) = 4,86$ m

Kamphuis 2: $H_{sb} = 0,56e^{3,5m} d_b = 4,88$ m

ove:

$m =$ pendenza effettiva della spiaggia = 0,007

Tronco diga

E' stata utilizzata la relazione semi empirica dovuta ad Hudson:



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

$$P = \gamma_{cls} H^3 / ((\gamma_{cls}/\gamma_w - 1)^3 K_D \cotg\alpha)$$

$$H = 4,88 \text{ m}$$

$$\gamma_{cls} = 2,4 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_w = 1,025 \text{ t/m}^3$$

$$K_D = 7,0 \text{ (per massi artificiali Antifer tronco diga con pendenza 1 su 1,5)}$$

$$\cotg \alpha = 1,5 \text{ (pendenza paramento esterno pari a 1 su 1,5)}$$

Inserendo nella precedente relazione i valori numerici si ottiene $P = 11 \text{ t}$.

Vengono utilizzati quindi massi Antifer di peso pari a 11 t (volume $V = 4,6 \text{ m}^3$)

Lo spessore della mantellata è dato dalla relazione

$$r = n K_{\Delta} (P/\gamma_s)^{1/3}$$

ove:

$$n = \text{numero di strati} = 2$$

K_{Δ} = coefficiente dipendente dalla forma dei massi e che per i massi Antifer è pari ad 1,05

Nel presente caso si ottiene $r = 3,50 \text{ m}$.

E' previsto inoltre un sottostante strato filtro di spessore pari a 1,80 m, costituito da massi naturali di peso compreso fra 1 e 3 t.

Testata diga

E' stata utilizzata la relazione semi empirica dovuta ad Hudson:

$$P = \gamma_{cls} H^3 / ((\gamma_{cls}/\gamma_w - 1)^3 K_D \cotg\alpha)$$

$$H = 4,88 \text{ m}$$

$$\gamma_{cls} = 2,4 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_w = 1,025 \text{ t/m}^3$$

$$K_D = 4,5 \text{ (per massi Antifer di testata diga)}$$

$$\cotg \alpha = 1,5 \text{ (pendenza paramento esterno pari a 1 su 1,5)}$$

Inserendo nella precedente relazione i valori numerici si ottiene $P = 17,1 \text{ t}$.

Viene quindi adottata una mantellata in doppio strato di massi Antifer di peso 17,1 t ($V = 7,1 \text{ m}^3$) posti alla rinfusa su una pendenza pari a 1 su 1,5.

Diga di sottoflutto



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Per la diga di sottoflutto (imbasata su fondali massimi pari a -6,50 m s.l.m.m.) viene utilizzata l'altezza d'onda di progetto pari ad $H = 4,10$ m, valutata mediante la formula di Kamphuis, tenendo conto di un fondale di imbasamento comprensivo del sovrizzo pari a -7,00 m s.l.m.m.

Calcolo dell'altezza d'onda frangente con Kamphuis (1991)
Risoluzione per tentativi di un'espressione implicita in funzione di L

$$L = gT^2/2\pi \tanh(2\pi d/L)$$

Lunghezza
d'onda al largo $L_o (m) = 1,56T^2 = 255,59$

Lunghezza
d'onda (valore
iniziale di calcolo) $L_{in} (m) = 103,00$
Periodo d'onda $T_p (s) = 12,8$
Profondità $d (m) = 7$ sovrizzo incluso

$$gT^2/2\pi = 255,81$$
$$\tanh(2\pi d/L) = 0,402811$$

Lunghezza
d'onda (valore
finale risultante) $L_{fin} (m) = 103,04$ $L = 103,0$

L_{fin} deve essere (circa) uguale ad L_{in} ; in tal caso si ottiene il valore ricercato di L

$$L_{pb} (m) = 103,0$$

Kamphuis 1: $H_{sb} = 0,095e^{4m} L_{pb} \tanh(2\pi d_b/L_{pb}) = 4,10$ m

Kamphuis 2: $H_{sb} = 0,56e^{3,5m} d_b = 4,06$ m

ove:

$m =$ pendenza effettiva della spiaggia = 0,01

Tratto curvilineo della diga

E' stata utilizzata la relazione semi empirica dovuta ad Hudson:

$$P = \gamma_{cls} H^3 / ((\gamma_{cls}/\gamma_w - 1)^3 K_D \cotg\alpha)$$

$$H = 4,10$$

$$\gamma_{cls} = 2,4 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_w = 1,025 \text{ t/m}^3$$

$K_D = 4,5$ (per massi artificiali Antifer in tratti curvilinei e testate)



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Cotg $\alpha = 1,5$ (pendenza paramento esterno pari a 1 su 1,5)

Inserendo nella precedente relazione i valori numerici si ottiene $P = 10,15$ t.

Vengono utilizzati quindi, in favore di sicurezza e per non moltiplicare le casseforme necessarie alla prefabbricazione dei blocchi, massi Antifer di peso pari a 11 t (volume $V = 4,6$ m³)

Lo spessore della mantellata è dato dalla relazione

$$r = n K_{\Delta} (P/\gamma_s)^{1/3}$$

ove:

$n =$ numero di strati = 2

$K_{\Delta} =$ coefficiente dipendente dalla forma dei massi e che per i massi Antifer è pari ad 1,05

Nel presente caso si ottiene $r = 3,50$ m.

E' previsto inoltre un sottostante strato filtro di spessore pari a 1,80 m, costituito da massi naturali di peso compreso fra 1 e 3 t.

Radice delle dighe di sopraflutto e di sottoflutto

Per i tratti di radice delle dighe di sopraflutto e di sottoflutto (imbasati su fondali massimi pari a -4,30 m s.l.m.m.) viene utilizzata l'altezza d'onda di progetto pari ad $H = 2,98$ m, valutata mediante la formula di Kamphuis, tenendo conto di un fondale di imbasamento comprensivo del sovrizzo pari a -4,80 m s.l.m.m.

Calcolo dell'altezza d'onda frangente con Kamphuis (1991)

Risoluzione per tentativi di un'espressione implicita in funzione di L

$$L = gT^2/2\pi \tanh(2\pi d/L) \quad \text{soprafl e sottofl meno di -4,3m}$$

Lunghezza d'onda
al largo $Lo (m) = 1,56T^2 = 255,5904$

Lunghezza d'onda
(valore iniziale di calcolo) $Lin (m) = 86,10$

Periodo d'onda $Tp (s) = 12,8$ $Tm9,6s$

Profondità $d (m) = 4,8$ sovrizzo incluso

$$gT^2/2\pi = 255,8126$$

$$\tanh(2\pi d/L) = 0,336617$$

Lunghezza d'onda
(valore finale risultante) $Lfin (m) = 86,11$ $L = 86,1$



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

L_{fin} deve essere (circa) uguale ad L_{in}; in tal caso si ottiene il valore ricercato di L

$$L_{pb} \text{ (m)} = 86,1$$

$$\text{Kamphuis 1: } H_{sb} = 0,095e^{4m} L_{pb} \tanh(2\pi d_b / L_{pb}) = \mathbf{2,98 \text{ m}}$$

$$\text{Kamphuis 2: } H_{sb} = 0,56e^{3,5m} d_b = 2,88 \text{ m}$$

ove:

$$m = \text{pendenza effettiva della spiaggia} = 0,020$$

Tratto rettilineo della diga

E' stata utilizzata la formula di Van der Meer

Criterio discriminatore per uso Plunging/Surging

$$H_{sc} = aT_m^2 = 3,27$$

ove:

$$T_m = 9,6 \text{ s}$$

$$\cotg \alpha = 1,5$$

$$P = 0,4$$

Nel presente caso quindi occorre fare riferimento alla formulazione per frangenti di tipo surging

Formula base per Surging (se $H_s < H_{sc}$)

$$M_{50}(t) = \rho_r H_s^{(3+1,5P)} T_m^{-3P} / K_{su}^* \cotg \alpha^{(1,5-3P)} \Delta^3 =$$

8,359 t no tracimazione
19,652 t tracimazione

8,36 t = valore da considerare di M_{50}

$$\rho_r = 2,6 \text{ t/m}^3$$

$$\rho_w = 1,025 \text{ t/m}^3$$

$$\Delta = 1,537$$

$$\cotg \alpha = 1,5$$

$$T_m = 9,6 \text{ s}$$

$$H_s = 2,98 \text{ m}$$

$$K_{su} = 0,256$$

$$K_{su}^* = K_{su} K_1 K_2 = 0,109$$

$$P = 0,4$$

$$S = 2$$

$$K_1 = 1 \text{ durata mareggiate}$$

$$K_2 = 1 \text{ se no tracimabilità}$$

$$K_2 = 0,425 \text{ tracimabilità diga}$$

$$Rc \text{ (elev. diga)} = 7 \text{ m s.l.m.}$$



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Inserendo nella precedente relazione i valori numerici si ottiene $P = 8,36$ t.

Vengono utilizzati quindi, in favore di sicurezza, massi naturali di IV categoria del peso variabile da 7 a 10 t.

Lo spessore della mantellata è dato dalla relazione

$$r = n K_{\Delta} (P/\gamma_s)^{1/3}$$

ove:

$n =$ numero di strati $= 2$

$K_{\Delta} =$ coefficiente dipendente dalla forma dei massi e che per i massi naturali è pari ad 1,00

Nel presente caso si ottiene $r = 3,00$ m.

E' previsto inoltre un sottostante strato filtro di spessore pari a 1,80 m, costituito da massi naturali di peso compreso fra 1 e 3 t.



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

3.1.2. Valutazione “run up” e onda trasmessa a tergo diga non banchinata

Valutazione run up tratto esterno non banchinato della diga di sopraflutto

La sezione del tronco della diga di sopraflutto dimensionata ha il coronamento previsto a +7,00 m s.l.m.m..

E' stato effettuato un calcolo teorico del “run-up”, ovvero della risalita ondosa lungo il paramento della sponda, in occasione delle mareggiate, basato sulle procedure indicate dal “Coastal Engineering Manual”.

Run up con nuovo Shore Protection Manual pag VI-5-3 e VI-5-18

equazione di Delft Hydraulics n. VI-5-13

valida per

rock armoured slopes con permeabilità globale $P=0,5$

irregular long crested head-on waves

relatively deep water condition con spettro ondoso simile alla distribuzione di Rayleigh r

$$\begin{array}{llll}
 R_{ui\%}/H_s = & A\xi_{om} = & 3,62 & \text{se } 1,0 < \xi_{om} \leq 1,5 \\
 R_{ui\%}/H_s = & B(\xi_{om})^C = & 2,15 & \text{se } 1,5 < \xi_{om} \leq (D/B)^{1/C} \quad \text{ove } (D/B)^{1/C} = 3,10 \\
 R_{ui\%}/H_s = & D = & 1,97 & \text{se } (D/B)^{1/C} < \xi_{om} \leq 7,5 \quad \text{ove } (D/B)^{1/C} = 3,10
 \end{array}$$

ove:

$$R_{ui\%} = \text{Run up superato nell}'i\% \text{ dei casi} = \mathbf{9,61 \text{ m}} \quad \text{per } i\% = 2$$

$$H_s = \text{altezza d'onda significativa incidente il piede della diga} = 4,88 \text{ m}$$

$$\xi_{om} = \text{surf similarity parameter in condizioni di periodo medio } (T_m) = \tan\alpha / (s_{om})^{0,5} = 3,77$$

$$\tan\alpha = 1/\cot\alpha = 0,67$$

$$\cot\alpha = 1,5 \quad \text{pendenza paramento diga}$$

$$s_{om} = H_s/L_{om} = 2\pi H_s/gT_m^2 = 0,0313 \quad \text{ripidità d'onda fittizia relativa a } T_m$$

$$T_m = 10 \text{ s} \quad \text{periodo d'onda medi}$$

coefficienti A, B, C e D sono presi dalla tab. VI-5-5

i%	A	B	C	D
0,1	1,12	1,34	0,55	2,58
2	0,96	1,17	0,46	1,97
5	0,86	1,05	0,44	1,68
10	0,77	0,94	0,42	1,45
33 (significant)	0,72	0,88	0,41	1,35
50 (mean)	0,47	0,6	0,34	0,82

se invece $i\% = 0,1$



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

$$R_{ui\%}/H_s = A \xi_{om} = 4,22 \quad \text{se } 1,0 < \xi_{om} \leq 1,5$$

$$R_{ui\%}/H_s = B(\xi_{om})^C = 2,78 \quad \text{se } 1,5 < \xi_{om} \leq (D/B)^{1/C} \quad \text{ove } (D/B)^{1/C} = 2,91$$

$$R_{ui\%}/H_s = D = 2,58 \quad \text{se } (D/B)^{1/C} < \xi_{om} \leq 7,5 \quad \text{ove } (D/B)^{1/C} = 2,91$$

ove:

$$R_{ui\%} = \text{Run up superato nell'i\% dei casi} = 12,59 \text{ m} \quad \text{per } i\% = 0,1$$

$$H_s = \text{altezza d'onda significativa incidente il piede della diga} = 4,88 \text{ m}$$

$$\xi_{om} = \text{surf similarity parameter in condizioni di periodo medio (Tm)} = \tan\alpha / (s_{om})^{0,5} = 3,77$$

$$\tan\alpha = 1/\cotg\alpha = 0,67$$

$$\cotg\alpha = 1,5 \quad \text{pendenza paramento diga}$$

$$s_{om} = H_s/L_{om} = 2\pi H_s/gT_m^2 = 0,0313 \quad \text{ripidità d'onda fittizia relativa a Tm}$$

$$T_m = 10 \text{ s} \quad \text{periodo d'onda medio}$$

coefficienti A, B, C e D sono presi dalla tab. VI-5-5

i%	A	B	C	D
0,1	1,12	1,34	0,55	2,58
2	0,96	1,17	0,46	1,97
5	0,86	1,05	0,44	1,68
10	0,77	0,94	0,42	1,45
33 (significant)	0,72	0,88	0,41	1,35
50 (mean)	0,47	0,6	0,34	0,82



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Il valore di run up calcolato deve essere incrementato del sovrizzo del livello medio marino derivante dalla marea astronomica, sovrizzo di tempesta e sbalzo barico, determinato in precedenza. Di conseguenza la quota di coronamento adottata, pari a +7,00 m s.l.m.m. è adeguata se si tollera una consistente tracimazione durante le mareggiate estreme.

Tale valutazione è di prima approssimazione e deve essere validata per mezzo di idonea modellazione fisica bidimensionale.

Valutazione onda trasmessa a tergo della diga

La sezione del tronco della diga di sopraflutto (tratto non banchinato) con coronamento previsto a +7,00 m s.l.m.m. permette una tracimazione valutata come segue:

Calcolo dell'altezza d'onda trasmessa dopo un low crest breakwater
(Allsop wg12 subgroup A AIPCN pag 18 par 3.5)

nell'ipotesi semplificativa di ignorare la larghezza della cresta B e del periodo d'onda si ha:

crest level R_c (m) = 7,50

Coeff di trasm $C_t = H_{st}/H_s$

Altezza d'onda
incidente H_s (m) = 4,88

$R_c/H_s =$ 1,54

se $R_c/H_s > -2$ e $< -1,13$	allora	$C_t =$	0,80	H_{st} (m) =	3,90
se $R_c/H_s > -1,13$ e $< 1,2$	allora	$C_t = 0,46 - 0,3R_c/H_s =$	0,00	H_{st} (m) =	-0,01
se $R_c/H_s > 1,2$ e $< 2,0$	allora	$C_t =$	0,10	H_{st} (m) =	0,49

L'altezza d'onda che si riforma ($H_{st} = 0,49$ m) è del tutto tollerabile data la destinazione d'uso di tale tratto della diga di sopraflutto (non banchinato sul lato interno).

Per il tratto più esterno della diga di sottoflutto (anch'esso non banchinato) il medesimo calcolo porge un valore dell'altezza d'onda trasmessa a tergo diga in occasione di eventi estremi pari a $H_{st} = 0,41$ m, anch'esso tollerabile essendo tale parte di diga non banchinata sul lato interno.

Per quanto riguarda il calcolo nel tratto di radice del sopraflutto con muro paraonde e piazzale retrostante si è reso necessario prevedere una quota di muro paraonde pari a +7,60 m s.l.m.m. tale da garantire un rateo di tracimazione pari a 0,02 l/s/m tale da non costituire pericolo per le persone o cose poste a tergo del muro nel piazzale.

Difatti:



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Valutazione tracimazione
 Van der Meer Jansen 1995

$$\xi_{op} = \text{surf similarity parameter in condizioni di periodo di picco } (T_p) = \tan\alpha / (s_{op})^{0,5} = 6,18$$

$$\tan\alpha = 1/\cotg\alpha = 0,67$$

$$\cotg\alpha = 1,5 \quad \text{pendenza paramento diga}$$

$$s_{op} = H_s/L_{op} = 2\pi H_s/gT_p^2 = 0,0116 \quad \text{ripidità d'onda fittizia relativa a } T_p$$

$$T_p = 12,8 \text{ s} \quad \text{periodo d'onda di picco}$$

$$H_s = 2,98 \text{ m}$$

$$R_c = 7,6 \text{ m}$$

Se $\xi_{op} < 2$ allora:

$$q = (g H_s^3)^{0,5} * (s_{op}/\tan\alpha)^{-0,5} * 0,06 * \exp(-5,2 * R_c/H_s * s_{op}^{0,5} / \tan\alpha * 1/\gamma_r\gamma_b\gamma_h\gamma_\beta) = 0,15 \text{ m}^3/\text{s } 1/\text{m} = 147,48 \text{ l/s } 1/\text{m}$$

valida se $0,3 < R_c/H_s * s_{op}^{0,5} / \tan\alpha * 1/\gamma_r\gamma_b\gamma_h\gamma_\beta < 2$

$$R_c/H_s * s_{op}^{0,5} / \tan\alpha * 1/\gamma_r\gamma_b\gamma_h\gamma_\beta = 0,75$$

Se $\xi_{op} > 2$ allora:

$$q = (g H_s^3)^{0,5} * 0,2 * \exp(-2,6 R_c/H_s * 1/\gamma_r\gamma_b\gamma_h\gamma_\beta) = 0,0000187 \text{ m}^3/\text{s } 1/\text{m} = 0,02 \text{ l/s } 1/\text{m}$$

$$\gamma_r = 0,55 \quad \text{table VI 5 3 scabrezza scarpata}$$

$$\gamma_b = 1 \quad \text{eq VI 5 8 berma ...}$$

$$\gamma_h = 1 \quad \text{eq VI 5 10 fondali bassi ...}$$

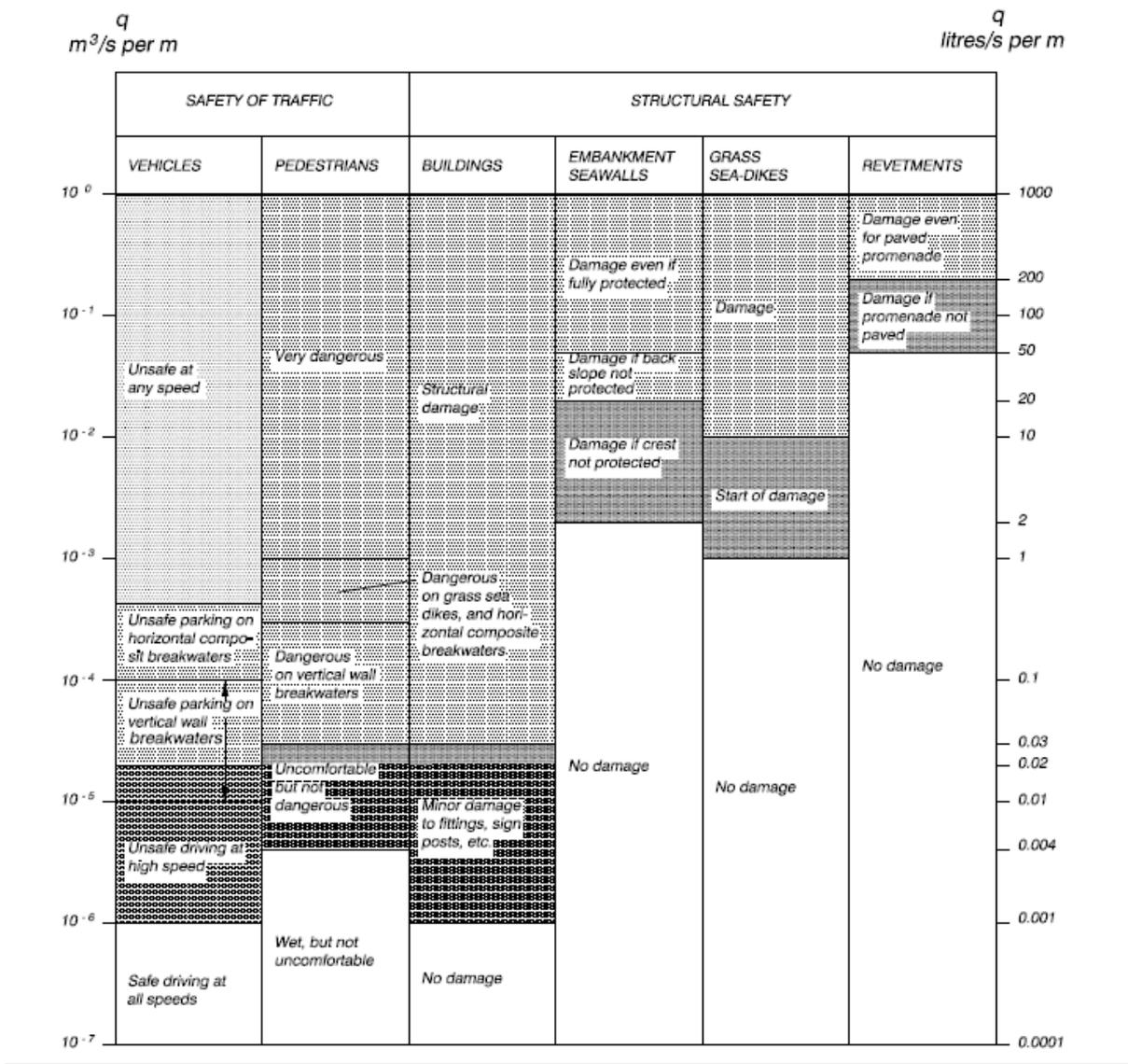
$$\gamma_\beta = 1 \quad \text{incidenza obliqua onda}$$



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Table VI-5-6
Critical Values of Average Overtopping Discharges





4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

4.1. Azioni sulle costruzioni

- **D.M. 14 Gennaio 2008**
Norme tecniche sulle costruzioni
- **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.



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

- **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.

4.2. Terreni, rocce, opere di sostegno e di fondazione

- **D.M. LL.PP: del 11/03/1988**
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- **Circ.Min.LL.PP. del 24/09/1988, n° 30483**
Ministero LL.PP. Legge 02/02/1974, n° 64 art. 1 – D.M.LL.PP. 11/03/1988 – Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

4.3. 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.



5. MATERIALI

5.1. Calcestruzzo strutturale e non strutturale

Per il calcestruzzo degli elementi prefabbricati e dei getti in opera sono stati assunti i seguenti pesi di volume:

- Peso di volume asciutto: $\gamma_c = 24.50 \text{ kN/m}^3$
- Peso di volume immerso: $\gamma_{c'} = 14.40 \text{ kN/m}^3$

5.2. Terreni di rinfianco e d'imposta dei muri di banchina

Le caratteristiche geo-meccaniche del tout venant di cava impiegato per il rinfianco alle spalle degli elementi prefabbricati (Massi Sovrapposti) sono le seguenti:

- Peso specifico dei granuli (scheletro solido): $\gamma_s = 25.00 \text{ kN/m}^3$
- Porosità: $n = 0.40$
- Peso secco dell'unità di volume: $\gamma_d = 15.00 \text{ kN/m}^3$
- Peso saturo dell'unità di volume: $\gamma_{\text{sat}} = 19.02 \text{ kN/m}^3$
- Peso di volume immerso: $\gamma' = 8.97 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito: $\phi' = 40^\circ$
- Coesione: $c = 0.00 \text{ kN/m}^2$

Le caratteristiche geo-meccaniche del materiale impiegato per lo scanno d'imbasamento degli elementi prefabbricati (Massi Sovrapposti) sono le seguenti:

- Peso specifico dei granuli (scheletro solido): $\gamma_s = 25.00 \text{ kN/m}^3$
- Porosità: $n = 0.40$
- Peso secco dell'unità di volume: $\gamma_d = 15.00 \text{ kN/m}^3$
- Peso saturo dell'unità di volume: $\gamma_{\text{sat}} = 19.02 \text{ kN/m}^3$
- Peso di volume immerso: $\gamma' = 8.97 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito: $\phi' = 45^\circ$
- Coesione: $c = 0.00 \text{ kN/m}^2$

Il terreno di fondazione sottostante lo scanno d'imbasamento della banchina, in base al punto 3.2.2 delle NTC/2008 ricade all'interno della categoria "E" – "Profili di terreni costituiti da strati superficiali alluvionali con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C e D e spessore compreso tra 5 e 20 m giacenti su un materiale di substrato più rigido con $V_{s30} > 800 \text{ m/s}$ "

(vedasi a tale proposito la "Relazione geologica" relativa al progetto a base di gara.



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE	
Categoria "A"	<i>Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi</i> caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
Categoria "B"	<i>Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti</i> , con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica media $N_{SPT} > 50$, o coesione non drenata media ($c_u > 250$ kPa).
Categoria "C"	<i>Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza</i> , con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{S30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < N_{SPT} < 50$; $70 < c_u < 250$ kPa).
Categoria "D"	<i>Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti</i> , caratterizzati da valori di $V_{S30} < 180$ m/s ($N_{SPT} < 15$; $c_u < 70$ kPa).
Categoria "E"	<i>Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali</i> , con valori di V_{S30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{S30} > 800$ m/s.



6. AZIONI AGENTI SULLE BANCHINE IN PROGETTO

6.1. Carico di banchina

Il valore del sovraccarico accidentale di banchina (Δq_b) è stato considerato pari a 10 KN/m².

6.2. Tiro alla bitta

Per quanto riguarda la valutazione delle azioni esercitate dalle imbarcazioni sulle banchine durante la fase di ormeggio, si è adottata la metodologia indicata da Tobiasson e Kollmeyer nel testo “Marinas and small craft harbors”. Nel caso in esame si sono trascurate le azioni indotte dalle correnti e dal moto ondoso sulle imbarcazioni (il banchinamento è ridossato rispetto agli stati di mare prevalenti ed al suo interno possono verificarsi solo correnti di marea di minima intensità), mentre si sono prese in considerazione le condizioni più sfavorevoli di esposizione ai venti regnanti. In particolare si è ipotizzata una velocità del vento massima al suolo pari a 25 m/s, proveniente dalla direzione più sfavorevole dal punto di vista del calcolo delle azioni indotte sull'imbarcazione (pressoché ortogonale alla banchina). La relazione riportata nel testo sopracitato per il calcolo della forza impressa dal vento sull'imbarcazione è di seguito riportata:

$$F = 0.72 E D S V^2 \quad (1)$$

in cui:

- $E = 0.33 A_L$ è l'area di calcolo (vessel end area), con A_L area laterale dell'imbarcazione di progetto;
- D è il coefficiente di direzione (direction factor) il cui valore è ricavabile dal grafico riportato nella figura xx in funzione della direzione di provenienza del vento
- S è il coefficiente di schermatura (shielding factor) operata dalle altre imbarcazioni ($0 \leq S \leq 1$);
- V è la velocità del vento a terra (terrain air velocity).



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

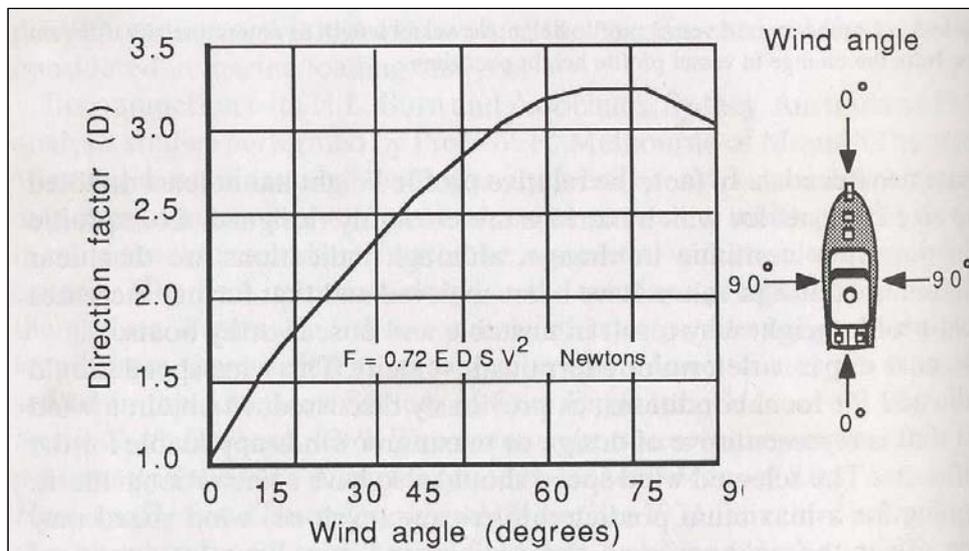


Figura 1: Valori del coefficiente D al variare della direzione del vento

Considerata una imbarcazione da 32 m di lunghezza fuori tutto con un'area laterale A_L pari a 192 m², assegnato al coefficiente D il massimo valore ricavabile dalla Figura 1 pari a 3.3 ed assunto cautelativamente il valore unitario per il coefficiente S, attraverso la relazione (1) si è ricavata la forza impressa dal vento sull'imbarcazione di progetto, di intensità pari a $F = 91,24$ KN. Nel caso in esame, ipotizzato che l'azione venga ripartita equamente su due sole cime, si ricava un tiro alla bitta pari a $T=45,62$ KN. Tale azione viene schematizzata come una forza orizzontale agente sul coronamento del muro di banchina in direzione ortogonale al filo banchina medesimo.

6.3. Sisma

L'ordinanza n. 3274 del 20-3-2003 e le nuove norme tecniche per la costruzione "NTC del D.M. del 14 gennaio 2008" stabiliscono che i primi 30 m di terreno al di sotto del piano di posa delle fondazioni vengano classificati in base alla velocità di propagazione delle onde di taglio V_s secondo categorie come riporta la seguente Tabella 2:



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Tabella 2 Categorie di suolo di fondazione in officina sismica (Vs30)

Suolo di fondazione	Vs30	N _{apt} - C _u
A Formazione litoide o suoli rigidi	> 800 m/sec	
B Sabbie e ghiaie addensate, argille molto consistenti	>360 m/sec <800 m/sec	N _{apt} >50 C _u >250 kPa
C Sabbie e ghiaie mediamente addensate, argille mediamente consistenti	>180 m/sec <360 m/sec	15 < N _{apt} < 50 70 < C _u < 250 kPa
D Terreni granulari sciolti, terreni coesivi da poco a mediamente consistenti	<180 m/sec	N _{apt} < 15 C _u < 70 kPa
E Strati superficiali alluvionali (5-20 m) su substrato rigido	<360 m/sec	
S1 Terreni costituiti o che includono uno strato di argille > 10 m, PI > 40	<100 m/sec	C _u < 20 kPa
S2 Terreni soggetti a liquefazione, argille sensibili, terreni non classificati in precedenza		

Per la valutazione dell'azione sismica sulle opere da realizzare si adottano i risultati riportati nella relazione dell'elab. RGL del P.D. "Relazione geologica," della progettazione definitiva, eseguiti secondo quanto disposto dal D.M. 14 Gennaio 2008 "Norme tecniche sulle costruzioni".

Si riportano di seguito i risultati, riportati in tale relazione, relativi alla sismicità dell'area ed alla relativa classificazione sismica.

SISMICITÀ

Pericolosità sismica di base

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F _O [-]	T _c * [s]
SLO	45	0.062	2.357	0.272
SLD	75	0.080	2.351	0.282
SLV	712	0.202	2.429	0.314



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

SLC	1462	0.258	2.486	0.323
-----	------	-------	-------	-------

Pericolosità sismica di sito

- Coefficiente di smorzamento viscoso $\xi = 5\%$
- Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = (10/(5+\xi))^{(1/2)}$: 1.000
- Categoria sottosuolo:

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 NSPT30 maggiore di 50 nei terreni a grana grossa e c_u 30 maggiore di 250 kPa nei terreni a grana fine).

- categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con Inclinazione media minore uguale a 15°

Coefficienti sismici di stabilità dei pendii e delle fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0.015	0.019	0.068	0.082
k_v	0.007	0.010	0.034	0.041
a_{max} (m/s ²)	0.732	0.143	2.382	2.882
Beta	0.200	0.200	0.280	0.280

Il terreno presente nell'area in oggetto, nella prima relazione geologica allegata al progetto preliminare posto a base di gara, è stato riferito alla categoria E (Coefficiente di amplificazione sismica stratigrafica pari a $S_s=1,3$). Nella nuova relazione geologica si considerano terreni di tipo B (con $S_s=1,15$). Nei calcoli di stabilità delle banchine che seguono, a favore della sicurezza, si considera la vecchia interpretazione (terreno E con amplificazione stratigrafica $S_s=1,3$).

Allo stesso modo i parametri sismici del necessari per la determinazione delle azioni sismiche:

- a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale;



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

- T^*c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

sono stati calcolati, per il sito in esame, anche tramite il modello di calcolo indicato dal Ministero dei Lavori Pubblici. L'elaborazione ha dato i seguenti risultati (per il calcolo agli stati limite ultimi) risultati più cautelativi dei precedenti e quindi utilizzati nei calcoli della banchina in favore della sicurezza:

$$a_g = 0,255 \text{ g}$$

$$F_o = 2,484$$

$$T^*c = 0,323 \text{ s}$$

Nel caso specifico delle opere di sostegno del terreno, si considera, ai fini sismici, il solo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV).



7. DETERMINAZIONE ANALITICA DELLE AZIONI

7.1. Spinta del terreno in condizioni statiche

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

$$S_T = \frac{1}{2} k_a \gamma_{sat} H_d^2 + k_a \gamma_{sat} H_d H_s + \frac{1}{2} k_a \gamma' H_s^2 \quad (2)$$

$$M_{Tr} = \frac{1}{2} k_a \gamma_{sat} H_d^2 \times \left(H_s + \frac{H_d}{3} \right) + k_a \gamma_{sat} H_d H_s \times \frac{H_s}{2} + \frac{1}{2} k_a \gamma' H_s^2 \times \frac{H_s}{3} \quad (3)$$

con:

- k_a coefficiente di spinta attiva calcolato con la teoria di Rankine;
- γ_{sat} peso saturo dell'unità di volume del terreno di rinfianco;
- γ' peso immerso dell'unità di volume del terreno di rinfianco;
- H_d altezza asciutta del terreno (al di sopra del l.m.m.);
- H_s altezza satura del terreno (al di sotto del l.m.m.).

7.2. Spinta del terreno in condizioni statiche indotta dalla pavimentazione

La spinta del terreno in condizioni statiche indotta dalla pavimentazione industriale posta a tergo del muro di banchina presenza ed il relativo momento ribaltante rispetto al piede esterno dell'opera (lato mare) sono dati dalle seguenti espressioni:

$$S_Q = k_a q_p (H_d + H_s) \quad (4)$$

$$M_{Qr} = k_a q_p (H_d + H_s) \times \frac{(H_d + H_s)}{2} \quad (5)$$

con:

- k_a coefficiente di spinta attiva calcolato con la teoria di Rankine;
- q_p peso per unità di superficie della pavimentazione industriale in c.a.;
- H_d altezza asciutta del terreno (al di sopra del l.m.m.);
- H_s altezza satura del terreno (al di sotto del l.m.m.).



7.3. Spinta del terreno in condizioni statiche indotta dal sovraccarico di banchina

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 dati dalle seguenti espressioni:

$$S_Q = k_a \Delta q_b (H_d + H_s) \quad (6)$$

$$M_{Qr} = k_a \Delta q_b (H_d + H_s) \times \frac{(H_d + H_s)}{2} \quad (7)$$

con:

- k_a coefficiente di spinta attiva calcolato con la teoria di Rankine;
- Δq_b sovraccarico accidentale sul terrapieno alle spalle della banchina;
- H_d altezza asciutta del terreno (al di sopra del l.m.m.);
- H_s altezza satura del terreno (al di sotto del l.m.m.).

7.4. Tiro alla bitta

Per quanto esposto nel par. 4.3, il massimo tiro alla bitta è stato posto pari a $T = 45,62$ KN. Tale azione, schematizzata come una forza orizzontale agente sul coronamento del muro di banchina in direzione ortogonale al filo banchina, genera un momento ribaltante rispetto al piede esterno dell'opera (lato mare) pari a:

$$M_{Bitta} = T_{bitta} H \quad (15)$$

dove H è l'altezza complessiva della banchina.

7.5. 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:

$$S_{Ter} = \frac{1}{2}(1 \pm k_v) K_{AD} \gamma_{sat} H_d^2 + (1 \pm k_v) K_{AS} \gamma_{sat} H_d H_s + \frac{1}{2}(1 \pm k_v) K_{AS} \gamma' H_s^2 \quad (16)$$



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

$$M_{Ter} = \frac{1}{2}(1 \pm k_v)K_{AD}\gamma_{sat}H_d^2 \times \left(H_s + \frac{H_d}{3}\right) + (1 \pm k_v)K_{AS}\gamma_{sat}H_dH_s \times \frac{H_s}{2} + \frac{1}{2}(1 \pm k_v)K_{AS}\gamma' H_s^2 \times \frac{H_s}{3} \quad (17)$$

ove:

- k_v è il coefficiente sismico verticale previsto dal D.M.14/01/08;
- 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);
- γ_{sat} è il peso saturo dell'unità di volume del terreno di rinfianco;
- γ' è il peso di volume immerso del terreno di rinfianco;
- 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 per sisma agente verso l'alto \uparrow (-) e per sisma agente verso il basso \downarrow (+), nei due casi di terreno al di sopra ed al di sotto del livello marino attraverso l'espressione di Mononobe-Okabe:

$$K_{a,MO}^{\pm} = \frac{\sin^2(\psi + \phi'_d - \theta)}{\cos\theta \sin^2\psi \sin(\psi - \theta - \delta_d) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi'_d + \delta_d) \sin(\phi'_d - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2} \quad (18)$$

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. 14/01/08;
- ψ è l'angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete del muro rivolta a monte;
- β 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;
- θ è l'angolo definito nell'espressione riportata di seguito:

nel caso di terreni in condizioni drenate sotto falda:



$$\theta = \arctan \left[\frac{\gamma_{sat} \cdot k_h}{\gamma' (1 \pm k_v)} \right]$$

nel caso di terreni 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.14/01/08.

7.6. Spinta del terreno in condizioni sismiche indotta dalla pavimentazione in c.a.

La spinta del terreno in condizioni sismiche indotta dalla pavimentazione industriale in c.a. Δq_{pav} ed il relativo momento ribaltante rispetto al piede esterno dell'opera (lato mare) sono dati dalle seguenti espressioni:

$$F_{pav} = (1 \pm k_v) K_{AD} \Delta q_{pav} H_d + (1 \pm k_v) K_{AS} \Delta q_{pav} H_s \quad (19)$$

$$M_{pav} = (1 \pm k_v) K_{AD} \Delta q_{pav} H_d \times \left(\frac{H_d}{2} + H_s \right) + (1 \pm k_v) K_{AS} \Delta q_{pav} H_s \times \frac{H_s}{2} \quad (20)$$

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);
- γ_{sat} è il peso saturo dell'unità di volume del terreno di rinfianco;
- γ' è il peso di volume immerso del terreno di rinfianco;
- 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.).

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

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

espressione:

$$F_{Acc} = (1 \pm k_v) K_{AD} \Delta q_b H_d + (1 \pm k_v) K_{AS} \Delta q_b H_s \quad (21)$$

$$M_{Acc} = (1 \pm k_v) K_{AD} \Delta q_b H_d \times \left(\frac{H_d}{2} + H_s \right) + (1 \pm k_v) K_{AS} \Delta q_b H_s \times \frac{H_s}{2} \quad (22)$$

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);
- γ_{sat} è il peso saturo dell'unità di volume del terreno di rinfianco;
- γ' è il peso di volume immerso del terreno di rinfianco;
- 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.).

7.8. Spinta idrodinamica indotta dal sisma

Secondo quanto previsto dalla Normativa vigente, "(...) Per opere particolari con terrapieno in falda, quali opere marittime,..." si devono valutare gli effetti indotti dal sisma sull'acqua interstiziale. Nel caso di terreno ad elevata permeabilità ($k > 5 \cdot 10^{-4}$ m/s) "(...) gli effetti indotti dall'azione sismica sul terreno e sull'acqua devono essere valutati separatamente" mediante analisi disaccoppiata. La pressione dell'acqua dovuta ad effetti idrodinamici indotti dal sisma ed agente sulle pareti esterne del muro, può essere determinata attraverso la relazione ricavata da Westergaard (1931):

$$q(z) = \mp \frac{7}{8} k_h \cdot \gamma_w \cdot \sqrt{H_w \cdot z} \quad (23)$$



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

dove:

- k_h è il coefficiente di spinta sismica orizzontale previsto dal D.M.14/01/08;
- γ_w è il peso specifico dell'acqua marina valutato in kN/m^3 ;
- H_w è il tirante idrico espresso in metri;
- z è l'affondamento idrico determinato rispetto al l.m.m. e viene espresso in metri.

La risultante delle pressioni idrodinamiche, determinata per integrazione lungo z dell'equazione precedente, assume la seguente espressione:

$$F_w = \frac{7}{12} \cdot k_h \cdot \gamma_w \cdot H_w^2 \quad (24)$$

La spinta idrodinamica F_w ha verso concorde con le forze d'inerzia orizzontali agenti sul muro di banchina e va applicata ad una distanza dal piede della parete pari a $0,4 H_w$.

7.9. 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. 14/01/08.



8. VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO DELLE BANCHINE

Le verifiche dei muri di banchina sono state condotte, in conformità a quanto disposto dal D.M. 14 Gennaio 2008 “Norme tecniche sulle costruzioni” e nel rispetto della normativa riportata nel par. 2, attraverso il metodo dei coefficienti parziali secondo cui gli effetti delle condizioni di carico non devono superare quelle compatibili con lo stato limite considerato. Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi quanto detto si traduce nel rispetto della seguente disequazione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

- E_d valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;
- R_d valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

L'effetto delle azioni e della resistenza possono essere espresse in funzione delle azioni di progetto $\gamma_F F_k$, dei parametri di progetto X_k/γ_M e della geometria di progetto a_d , mentre nella formulazione della resistenza compare un coefficiente γ_R che opera direttamente sulla resistenza del sistema:

$$E_d = E \left[\gamma_F F_k ; \frac{X_k}{\gamma_M} ; a_d \right]$$

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[\gamma_F F_k ; \frac{X_k}{\gamma_M} ; a_d \right]$$

I valori delle azioni di progetto possono essere esplicitate mediante le seguenti combinazioni:

Combinazione SLU: $\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} \Psi_{02} Q_{k2} + \dots$

Combinazione sismica: $E + G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} Q_{k1} + \Psi_{22} Q_{k2} + \dots$

dove:

- G_1 sono i carichi permanenti strutturali;
- G_2 sono i carichi permanenti non strutturali;



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

- E azione sismica;
- Q_{k1} azione variabile dominante;
- Q_{kj} azioni variabili restanti;
- γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili;
- γ_{G1} coefficiente parziale dei carichi permanenti strutturali;
- γ_{G2} coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali;
- Ψ_{0j}, Ψ_{2j} coefficienti di combinazione delle azioni.

Per le opere in progetto la verifica condizione $E_d \leq R_d$ deve essere effettuata secondo almeno uno dei seguenti approcci:

Approccio 1:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)
- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Approccio 2: (A1+M1+R3)

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle seguenti tabelle:

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F	(A) EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{G2}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

Tabella 11: Coefficienti parziali per le azioni - D.M. 14 Gennaio 2008

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	Coefficiente Parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi_k'$	γ_{ϕ}'	1.0	1.25



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Coesione efficace	c_k'	γ_c'	1.0	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1.0	1.0

Tabella 12: Coefficienti parziali per le resistenze del terreno - D.M. 14 Gennaio 2008

VERIFICA	Coefficiente Parziale (R1)	Coefficiente Parziale (R2)	Coefficiente Parziale (R3)
capacità portante della fondazione	$\gamma_R=1.0$	$\gamma_R=1.0$	$\gamma_R=1.4$
Scorrimento	$\gamma_R=1.0$	$\gamma_R=1.0$	$\gamma_R=1.1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R=1.0$	$\gamma_R=1.0$	$\gamma_R=1.4$

Tabella 13: Coefficienti parziali γ_R per le verifiche STR e GEO - D.M. 14 Gennaio 2008



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

8.1. Coefficienti di combinazione delle azioni adottati

Nelle verifiche riportate nei paragrafi successivi, sono stati utilizzati i seguenti coefficienti di combinazione delle azioni:

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{2j}
Sovraccarico di banchina	0.7	0.3
Tiro alla bitta	0.6	0

Tabella 14: Coefficienti di combinazione dei carichi accidentali utilizzati

I valori dei coefficienti di combinazione del tiro alla bitta sono stati associati per analogia quello previsto dal D.M. 14/08/08 per il vento ($\Psi_{0j}=0.6, \Psi_{2j}=0$).



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

8.2. Coefficienti parziali adottati per le azioni, per le resistenze e per le verifiche

Nel seguito vengono riportati sinteticamente tutti i coefficienti parziali utilizzati nelle verifiche di stabilità dei muri di banchina.

8.2.1. Muri di banchina – Stato Limite Ultimo e Stato limite di Salvaguardia della Vita

Verifiche GEO alla traslazione:

- Approccio 1 - Combinazione 1 - (A1+M1+R1):

A1						M1		R1
$\gamma_{G1,fav}$	$\gamma_{G2,sfav}$	$\gamma_{G2,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	γ_{ψ}	γ_{γ}	γ_R
1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1
peso proprio	spinta pav.	spinta terreno	spinta Δq_b	Tiro alla bitta	Travel Lift	terreno	terreno	scorrimento

- Approccio 1 - Combinazione 2 - (A2+M2+R2):

A2						M2		R2
$\gamma_{G1,fav}$	$\gamma_{G2,sfav}$	$\gamma_{G2,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	γ_{ψ}	γ_{γ}	γ_R
1.0	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.0	1.1
peso proprio	spinta pav.	spinta terreno	spinta Δq_b	Tiro alla bitta	Travel Lift	terreno	terreno	scorrimento

Verifiche EQU al ribaltamento:

- Combinazione: (A_{EQU}+M2)

A _{EQU}						M2		R2
$\gamma_{G1,fav}$	$\gamma_{G2,sfav}$	$\gamma_{G2,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	γ_{ψ}	γ_{γ}	γ_R
0.9	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.3	1.0	1
peso proprio	spinta pav.	spinta terreno	spinta q_b	Tiro alla bitta	Travel Lift	terreno	terreno	ribaltamento



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Verifiche GEO alla schiacciamento:

- Approccio 2 - Combinazione (A1+M1+R3):

A1						M1		R1
$\gamma_{G1,fav}$	$\gamma_{G2,sfav}$	$\gamma_{G2,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	γ_{Ψ}	γ_{γ}	γ_R
1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	2.3
peso proprio	spinta pav.	spinta terreno	spinta Δq_b	Tiro alla bitta	Travel Lift	terreno	terreno	capacità portante

In ottemperanza a quanto disposto dal D.M. 14 Gennaio 2008 “Norme tecniche sulle costruzioni”, i coefficienti parziali relativi alle azioni ed adottati nelle verifiche allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita, combinazione sismica ($E+G_1+G_2+P+\Psi_{21}Q_{k1}+\Psi_{22}Q_{k2}+\dots$), sono sempre unitari. Infine per i coefficienti parziali relativi ai materiali ed alle resistenze si adottano quelli utilizzati nelle verifiche allo SLU.



8.2.2. Verifiche di stabilità

Verifiche alla traslazione

La condizione di stabilità alla traslazione dei muri di banchina è stata accertata verificando la condizione:

$$R_d / E_d > 1$$

dove:

- R_d è dato dal prodotto della risultante della combinazione delle forze favorevoli per il coefficiente di attrito μ ;
- E_d è la risultante della combinazione delle forze sfavorevoli.

Per il coefficiente di attrito μ si assumono i seguenti valori:

- $\mu = \tan(\phi_d)$ nel caso di verifica rispetto alla base della fondazione dell'intero muro, essendo ϕ_d l'angolo di attrito interno di progetto del terreno, ottenuto come:

$$\phi_d = \arctan\left(\frac{\tan(\phi_k)}{\gamma_{\phi'}}$$

ove $\gamma_{\phi'}$ è il coefficiente parziale riportato nella Tab. 6.2.II delle NTC 08 dei coefficienti parziali per i parametri geotecnici;

- $\mu_{\text{cls-cls}} = 0,4$ nel caso di verifica rispetto all'interfaccia masso-masso, essendo $\mu_{\text{cls-cls}}$ il coefficiente di attrito statico per il calcestruzzo

Verifiche al ribaltamento

La condizione di stabilità alla rotazione dei muri di banchina è stata accertata verificando la condizione:

$$R_d / E_d > 1$$

dove:

- R_d è dato dalla risultante della combinazione dei momenti favorevoli (stabilizzanti);
- E_d è la risultante della combinazione dei momenti sfavorevoli (ribaltanti).

Verifiche della capacità portante in condizioni drenate

La verifica a collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno è stata accertata verificando la condizione:



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

$$R_d / E_d > 1$$

con:

- R_d coincidente con la tensione limite q_{lim} ammessa dal terreno;
- E_d pari alla pressione massima agente sul terreno in conseguenza dell'applicazione della combinazione delle azioni considerata.

Per la valutazione del carico unitario limite si adotta la formulazione di Brinch-Hansen (25) per fondazione nastriforme e carico inclinato.

$$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q + 1/2 \cdot \gamma \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \quad (25)$$

con:

- N_c, N_q, N_γ fattori di capacità portante dipendenti dall'angolo di attrito ϕ' ;
- i_c, i_q, i_γ fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico;
- d_c, d_q, d_γ fattori correttivi che dipendono dalla profondità del piano di posa;

Nelle verifiche effettuate, il coefficiente γ è stato assunto pari al peso saturo dell'unità di volume γ_{sat} , nel caso di piano di fondazione sopra il l.m.m., e coincidente al peso immerso dell'unità di volume γ , nel caso di piano di fondazione posto sotto il l.m.m.. Conformemente a quanto disposto dalle NTC 08 non si considera il contributo offerto dalla presenza del masso guardiano o dei massi di protezione al piede; pertanto per il valore della pressione q agente a valle del muro ed a tergo del piano di fondazione si assume sempre il valore nullo. Tale scelta risulta cautelativa ed a vantaggio di sicurezza. Per il calcolo dei fattori di inclinazione i_q ed i_γ si adotta la formulazione di Hansen (1970), "(...) usando però un esponente 2 nell'espressione di i_q e di 3 in quella di i_γ , invece del 5..." come indicato nel testo "Foundation Analysis and Design" (Joseph E. Bowles, 1988). Rimossa l'ipotesi di carico baricentrico, il valore B' della base ridotta, definita come la minima superficie rispetto alla quale il carico risulta centrato (Meyerhof, 1953), è stato calcolato come:

- $B' = B - 2e$ nel caso di sezione interamente reagente, con B larghezza della fondazione ed e eccentricità data da:

$$e = \frac{B}{2} - \frac{M_A}{E_d}$$

ove M_A rappresenta la risultante dei momenti calcolati rispetto al polo di rotazione A ed E_d risultante delle azioni verticali;



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

**Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra**

- $B'=2u$ nel caso di parzializzazione della sezione di fondazione. In questo caso la larghezza della sezione reagente risulta pari al doppio della distanza u tra il punto di applicazione delle azioni verticali E_d ed il lembo compreso della sezione.



9. VERIFICHE BANCHINA A MASSI SOVRAPPOSTI

I muri di banchina del porto turistico di S. Stefano di Camastra sono stati verificati considerando un carico accidentale uniformemente distribuito sul terrapieno posto a tergo della banchina medesima.

A partire dallo schema statico riportato nella sottostante Figura 9.1, relativo alla sezione di banchina, si sono calcolate tutte le azioni agenti sulla struttura di banchina. Per la descrizione geometrica di dettaglio si rimanda agli elaborati grafici progettuali. Si riportano di seguito i risultati delle elaborazioni eseguite.

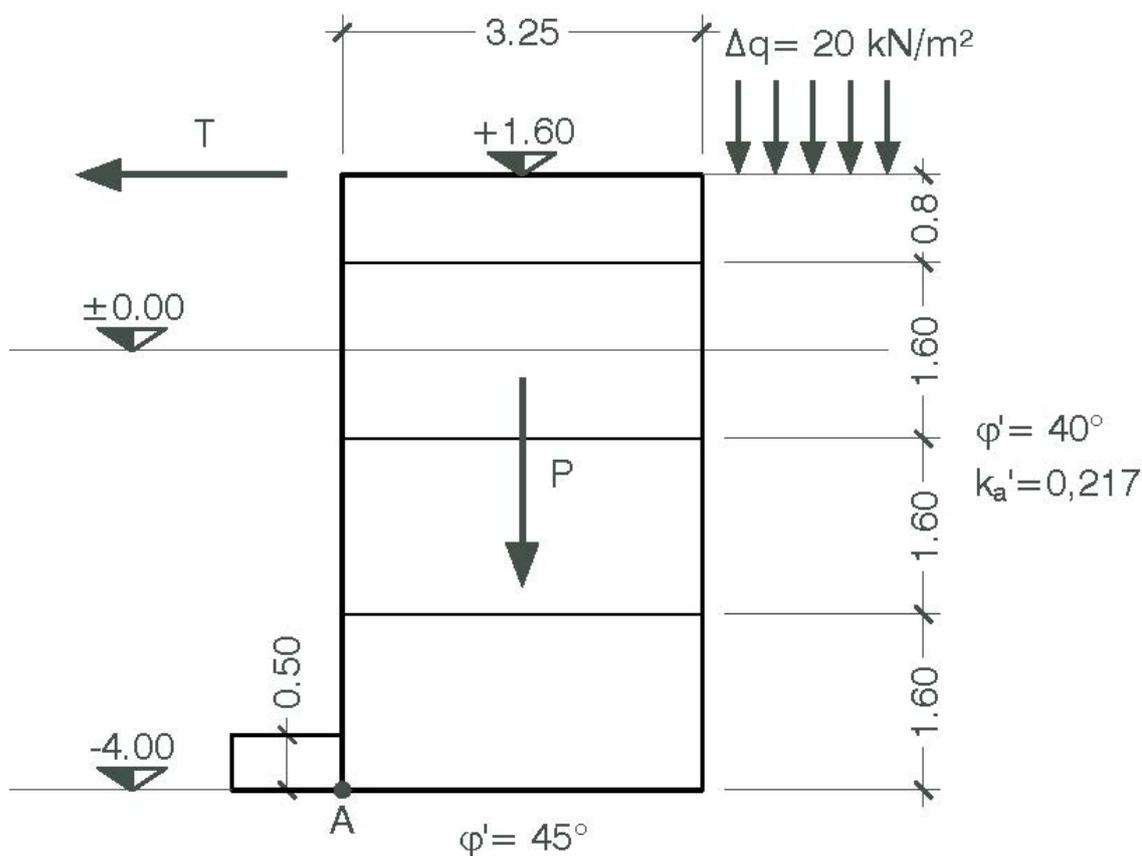


Figura 9.1: Schema geometrico per il calcolo delle azioni agenti sulla banchina del porto turistico di S. Stefano di Camastra

Nel caso in esame, sia il calcolo delle azioni che le relative verifiche sono state eseguite per un tratto di banchina di lunghezza pari a 3 m, coincidente con lo sviluppo longitudinale dei singoli massi sovrapposti.



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Calcolo Azioni: Combinazione A1+M1



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

1) Peso Proprio del Muro-Cassone (al netto della sottospinta) e relativo momento rispetto al punto A

Elementi in c.a.	V	γ c.a.	γ' c.a.	N _{stab}	braccio	M _{stab}
	(m ³)	(kN/m ³)	(kN/m ³)	(kN)	(m)	(kNm)
elemento 1	7,80	24	-	187,20	1,63	304,20
elemento 2	7,80	24	-	187,20	1,63	304,20
elemento 3	7,43	-	13,95	103,56	1,63	168,29
elemento 4	15,60	-	13,95	217,59	1,63	353,58
elemento 5	14,55	-	13,95	202,94	1,63	329,78

RISULTANTE 898,50 1,63 1460,06
RISULTANTE AL METRO 299,50 486,69

N _{stabTOT}	X	M _{stabTOT}
(kN/m)	(m)	[(kN m)/m]
898,50	1,63	1460,06



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

2) Spinta del terreno

In assenza di sisma

Angolo di resistenza a taglio ϕ 40,00 ° 0,6981317 rad
 coeff. di spinta attiva K_a 0,217

<i>Spinta terreno</i>	H	γ	γ'	K_a	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
	(m)	(kN/m ³)	(kN/m ³)	(-)	(kN/m)	(m)	[(kN m)/m]
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1,05	19,02	-	0,217	2,28	4,35	9,92
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	4,00	19,02	-	0,217	17,37	2,00	34,74
		-	8,97	0,217	15,60	1,33	20,80

RISULTANTE AL METRO 35,25 1,86 65,46

Risultante

$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
[(kN/m)]	[m]	[(kN m)]
105,76	1,86	196,39

In presenza di sisma verso l'alto \uparrow (-)

Spinta terreno	H	γ	γ'	$K_{a,MO}$	$1-K_v^-$	S_t	braccio	$M_{rib Terr}$
<i>Sisma agente verso l'alto \uparrow (-) e verso mare $Dx \leftarrow$ (+)</i>	(m)	(kN/m ³)	(kN/m ³)	(-)	(-)	(kN/m)	(m)	[(kN m)/m]
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1,05	19,02	-	0,256	0,96	2,57	4,35	11,19
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	4,00	19,02	-	0,305	0,96	23,37	2,00	46,73
		-	8,97	0,305	0,96	20,99	1,33	27,98

RISULTANTE AL METRO 46,93 1,83 85,91

RISULTANTE	S_t	braccio	$M_{rib Terr}$
	(kN)	(m)	(kN m)
	140,78	1,83	257,72

In presenza di sisma verso il basso \downarrow (+)

Spinta terreno	H	γ	γ'	$K_{a,MO}^+$	$1+K_v^+$	S_t	braccio	$M_{rib Terr}$
<i>Sisma agente verso il basso \downarrow (+) e verso mare $Dx \leftarrow$ (+)</i>	(m)	(kN/m ³)	(kN/m ³)	(-)	(-)	(kN/m)	(m)	[(kN m)/m]
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1,05	19,02	-	0,259	1,04	2,82	4,35	12,28
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	4,00	19,02	-	0,313	1,04	26,00	2,00	52,01
		-	8,97	0,313	1,04	23,35	1,33	31,14



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

**Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra**

RISULTANTE AL METRO	52,18	1,83	95,43
---------------------	-------	------	-------

RISULTANTE	S _t	braccio	M _{rib Terr}
	(kN)	(m)	(kN m)
	156,54	1,83	286,28



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

3) Spinta del terreno indotta dalla pavimentazione

In assenza di sisma

<i>Spinta terreno indotta dalla pavimentazione</i>	H	K _a	q _p	F _{o,pav}	braccio	M _{pav}
	(m)	(-)	(kN/m ²)	(kN/m)	(m)	[(kN m)/m]
Altezza terrapieno a tergo della banchina	5,05	0,217	3,60	3,95	2,53	9,98

RISULTANTE AL METRO

3,95 2,53 9,98

Risultante

F _{o,pav}	braccio	M _{pav}
[kN/m]	[m]	[kN m]
11,86	2,53	29,94

In presenza di sisma verso l'alto ↑ (-)

Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K _{a,MO}	q _p	1-K _v	S _t	braccio	M _{rib Terr}
<i>Sisma agente verso l'alto ↑ (-) e verso mare Dx ← (+)</i>	(m)	(-)	(kN/m ²)	(-)	(kN/m)	(m)	[(kN m)/m]
Altezza rinfiaccio sopra il livello del mare	1,05	0,256	3,60	0,96	0,93	4,53	4,20
Altezza rinfiaccio sotto il livello del mare	4,00	0,305	3,60	0,96	4,21	2,00	8,42

RISULTANTE AL METRO	5,14	2,46	12,62
---------------------	------	------	-------

RISULTANTE	S _t	braccio	M _{rib Terr}
	(kN)	(m)	(kN m)
	15,42	2,46	37,86

In presenza di sisma verso il basso ↓ (+)

Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K _{a,MO} ⁺	q _p	1+K _v ⁺	S _t	braccio	M _{rib Terr}
<i>Sisma agente verso il basso ↓ (+) e verso mare Dx ← (+)</i>	(m)	(-)	(kN/m ²)	(-)	(kN/m)	(m)	[(kN m)/m]
Altezza rinfiaccio sopra il livello del mare	1,05	0,259	3,60	1,04	1,02	4,53	4,61
Altezza rinfiaccio sotto il livello del mare	4,00	0,313	3,60	1,04	4,69	2,00	9,37

RISULTANTE AL METRO	5,70	2,45	13,98
---------------------	------	------	-------

RISULTANTE	S _t	braccio	M _{rib Terr}
	(kN)	(m)	(kN m)
	17,11	2,45	41,94



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

4) Spinta del terreno indotta dalla sovraccarico di banchina Δq_b

In assenza di sisma

<i>Spinta terreno indotta dal Sovraccarico di Banchina</i>	H	K_a	Δq_b	$F_{0,Acc}$	braccio	M_{Acc}
	(m)	(-)	(kN/m ²)	(kN/m)	(m)	[(kN m)/m]
Altezza terrapieno a tergo della banchina	5,05	0,217	20,00	21,96	2,53	55,45

RISULTANTE AL METRO

21,96 2,53 55,45

Risultante

$F_{0,Acc}$	braccio	M_{Acc}
[kN/m]	[m]	[kN m]
65,89	2,53	166,36

In presenza di sisma verso l'alto \uparrow (-)

Spinta terreno indotta dal Sovraccarico di Banchina	H	$K_{a,MO}^-$	Δq_b	$1-K_v^-$	S_t	braccio	$M_{rib\ Terr}$
<i>Sisma agente verso l'alto \uparrow (-) e verso mare $Dx \leftarrow$ (+)</i>	(m)	(-)	(kN/m ²)	(-)	(kN/m)	(m)	[(kN m)/m]
Altezza terrapieno a tergo del Muro-Cassone	1,05	0,256	20,00	0,96	5,15	4,53	23,32
Altezza rinfiaccio sotto il livello del mare	4,00	0,305	20,00	0,96	23,40	2,00	46,80

RISULTANTE AL METRO	28,55	2,46	70,12
---------------------	-------	------	-------

RISULTANTE	S_t	braccio	$M_{rib\ Terr}$
	(kN)	(m)	(kN m)
	85,66	2,46	210,35

In presenza di sisma verso il basso \downarrow (+)

Spinta terreno indotta dal Sovraccarico di Banchina	H	$K_{a,MO}^+$	Δq_b	$1+K_v^+$	S_t	braccio	$M_{rib\ Terr}$
<i>Sisma agente verso il basso \downarrow (+) e verso mare $Dx \leftarrow$ (+)</i>	(m)	(-)	(kN/m ²)	(-)	(kN/m)	(m)	[(kN m)/m]
Altezza terrapieno a tergo del Muro-Cassone	1,05	0,259	20,00	1,04	5,65	4,53	25,59
Altezza rinfiaccio sotto il livello del mare	4,00	0,313	20,00	1,04	26,04	2,00	52,08

RISULTANTE AL METRO	31,69	2,45	77,67
---------------------	-------	------	-------

RISULTANTE	S_t	braccio	$M_{rib\ Terr}$
	(kN)	(m)	(kN m)
	95,08	2,45	233,00



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

5) Forze inerziali (verticali ed orizzontali)

Per sisma verso l'alto ↑ (-)

Elementi geometrici in	Componente pseudo-statica							
	<i>Sisma agente verso l'alto ↑ (-)</i>				<i>Sisma agente verso il mare Dx ← (+)</i>			
Calcestruzzo armato	K_v	F_v	braccio	M_{Fv}^+	K_h^+	F_h^+	braccio	M_{Fh}^+
	(-)	(kN)	(m)	(kN m)	(-)	(kN)	(m)	(kN m)
elemento 1	-0,040	-7,61	1,63	-12,37	0,080	15,23	4,35	66,24
elemento 2	-0,040	-7,61	1,63	-12,37	0,080	15,23	3,75	57,10
elemento 3	-0,040	-4,27	1,63	-6,95	0,080	8,55	3,75	32,06
elemento 4	-0,040	-8,98	1,63	-14,59	0,080	17,96	1,90	34,12
elemento 5	-0,040	-8,38	1,63	-13,61	0,080	16,75	1,50	25,13

Risultante

F_v	X	M_{Fv}^+
(kN)	(m)	(kN m)
-36,86	1,63	-59,89

F_h^{TOT}	Y	M_{Fh}^{tot}
(kN)	(m)	(kN m)
73,71	2,91	214,65



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Per sisma verso il basso ↓ (+)

Elementi geometrici in	Componente pseudo-statica							
	Sisma agente verso il basso ↓ (+)				Sisma agente verso il mare Dx ← (+)			
Calcestruzzo armato	K_v^+	F_v^+	braccio	M_{Fv}^+	K_h^+	F_h^+	braccio	M_{Fh}^+
	(-)	(kN)	(m)	(kN m)	(-)	(kN)	(m)	(kN m)
elemento 1	0,040	7,61	1,63	12,37	0,080	15,23	4,35	66,24
elemento 2	0,040	7,61	1,63	12,37	0,080	15,23	3,75	57,10
elemento 3	0,040	4,27	1,63	6,95	0,080	8,55	3,75	32,06
elemento 4	0,040	8,98	1,63	14,59	0,080	17,96	1,90	34,12
elemento 5	0,040	8,38	1,63	13,61	0,080	16,75	1,50	25,13

RISULTANTE

$F_{v\text{TOT}}^+$	X	$M_{Fh\text{tot}}^+$
(kN)	(m)	(kN m)
36,86	1,63	59,89

$F_{h\text{TOT}}^+$	Y	$M_{Fh\text{tot}}^+$
(kN)	(m)	(kN m)
73,71	2,91	214,65



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

6) Spinta idrodinamica generata dell'acqua interstiziale in presenza di sisma

Per sisma verso mare $Dx \leftarrow (+)$

Spinta idrodinamica <i>Sisma agente verso mare $Dx \leftarrow (+)$</i>	H_w	K_h^+	γ_w	S_w	braccio	$M_{rib,w}$
	(m)	(-)	(kN/m ³)	(kN)	(m)	(kNm)
Altezza terrapieno a tergo della banchina	4,00	0,080	10,05	7,48	1,60	11,96

RISULTANTE AL METRO	7,48	1,60	11,96
---------------------	------	------	-------

RISULTANTE	S_w	braccio	$M_{rib,w}$
	(kN)	(m)	(kNm)
	22,43	1,60	35,88

7) Azione orizzontale esercitata dal tiro alla bitta

Azione orizzontale esercitata dal tiro alla bitta	$F_{o,TL}$	braccio	M_{TL}
	(kN)	(m)	(kNm)
Altezza terrapieno a tergo della banchina	45,62	5,20	237,22

Risultante

$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
[kN/m]	[m]	[kNm]
45,62	5,20	237,22



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Calcolo Azioni: Combinazione A2+M2



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

1) **Peso Proprio del Muro-Cassone (al netto della sottospinta) e relativo momento rispetto al polo A**

Elementi in c.a.	V	γ c.a.	γ^1 c.a.	N_{stab}	braccio	M_{stab}
	(m^3)	(kN/m^3)	(kN/m^3)	(kN)	(m)	(kNm)
elemento 1	7,80	24	-	187,20	1,63	304,20
elemento 2	7,80	24	-	187,20	1,63	304,20
elemento 3	7,43	-	13,95	103,56	1,63	168,29
elemento 4	15,60	-	13,95	217,59	1,63	353,58
elemento 5	14,55	-	13,95	202,94	1,63	329,78

RISULTANTE AL METRO

299,50

486,69

Risultante

$N_{stabTOT}$	X	$M_{stabTOT}$
(kN/m)	(m)	[($kN m$)/ m]
898,50	1,63	1460,06



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

2) Spinta del terreno in assenza di sisma

In assenza di sisma

Spinta terreno	H	γ	γ'	K_a	S_t	braccio	$M_{rib\ Terr}$
	(m)	(kN/m ³)	(kN/m ³)	(-)	(kN/m)	(m)	[(kN m)/m]
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1,05	19,02	-	0,284	2,98	4,35	12,96
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	4,00	19,02	-	0,284	22,71	2,00	45,41
		-	8,97	0,284	20,39	1,33	27,19

RISULTANTE AL METRO

46,08

1,86

85,57

Risultante

$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
(kN)	(m)	(kN m)
138,24	1,86	256,71

In presenza di sisma verso l'alto \uparrow (-)

Spinta terreno	H	γ	γ'	$K_{a,MO}$	$1-K_v$	S_t	braccio	$M_{rib\ Terr}$
	(m)	(kN/m ³)	(kN/m ³)	(-)	(-)	(kN/m)	(m)	[(kN m)/m]
<i>Sisma agente verso l'alto \uparrow (-) e verso mare $Dx \leftarrow$ (+)</i>								
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1,05	19,02	-	0,328	0,96	3,30	4,35	14,36
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	4,00	19,02	-	0,384	0,96	29,49	2,00	58,97
		-	8,97	0,384	0,96	26,48	1,33	35,31

RISULTANTE AL METRO	59,27	1,83	108,64
---------------------	-------	------	--------

RISULTANTE	S_t	braccio	$M_{rib\ Terr}$
	(kN)	(m)	(kN m)
	177,81	1,83	325,93

In presenza di sisma verso il basso \downarrow (+)

Spinta terreno	H	γ	γ'	$K_{a,MO}^+$	$1+K_v^+$	S_t	braccio	$M_{rib\ Terr}$
	(m)	(kN/m ³)	(kN/m ³)	(-)	(-)	(kN/m)	(m)	[(kN m)/m]
<i>Sisma agente verso il basso \downarrow (+) e verso mare $Dx \leftarrow$ (+)</i>								
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1,05	19,02	-	0,332	1,04	3,62	4,35	15,74
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	4,00	19,02	-	0,394	1,04	32,74	2,00	65,48
		-	8,97	0,394	1,04	29,41	1,33	39,21



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

RISULTANTE AL METRO	65,77	1,83	120,43
---------------------	-------	------	--------

RISULTANTE	S _t	braccio	M _{rib Terr}
	(kN)	(m)	(kN m)
	197,30	1,83	361,29



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

3) Spinta del terreno indotta dalla pavimentazione

In assenza di sisma

<i>Spinta terreno indotta dalla pavimentazione</i>	H	K _a	q _p	S _t	braccio	M _{rib Terr}
	(m)	(-)	(kN/m ²)	(kN/m)	(m)	[(kN m)/m]
Altezza terrapieno a tergo del Muro-Cassone	5,05	0,284	3,60	5,17	2,53	13,05

RISULTANTE AL METRO

5,17 2,53 13,05

Risultante

F _{o,pav}	braccio	M _{pav}
(kN)	(m)	(kN m)
15,50	2,53	39,14

In presenza di sisma verso l'alto ↑ (-)

Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K _{a,MO}	q _p	1-K _v ⁻	S _t	braccio	M _{rib Terr}
<i>Sisma agente verso l'alto ↑ (-) e verso mare Dx ← (+)</i>	(m)	(-)	(kN/m ²)	(-)	(kN/m)	(m)	[(kN m)/m]
Altezza rinfiango sopra il livello del mare	1,05	0,328	3,60	0,96	1,19	4,53	5,38
Altezza rinfiango sotto il livello del mare	4,00	0,384	3,60	0,96	5,32	2,00	10,63

RISULTANTE AL METRO	6,51	2,46	16,01
---------------------	------	------	-------

RISULTANTE	S _t	braccio	M _{rib Terr}
	(kN)	(m)	(kN m)
	19,52	2,46	48,04

In presenza di sisma verso il basso ↓ (+)

Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K _{a,MO} ⁺	q _p	1+K _v ⁺	S _t	braccio	M _{rib Terr}
<i>Sisma agente verso il basso ↓ (+) e verso mare Dx ← (+)</i>	(m)	(-)	(kN/m ²)	(-)	(kN/m)	(m)	[(kN m)/m]
Altezza rinfiango sopra il livello del mare	1,05	0,332	3,60	1,04	1,30	4,53	5,90
Altezza rinfiango sotto il livello del mare	4,00	0,394	3,60	1,04	5,90	2,00	11,80

RISULTANTE AL METRO	7,21	2,46	17,70
---------------------	------	------	-------

RISULTANTE	S _t	braccio	M _{rib Terr}
	(kN)	(m)	(kN m)
	21,62	2,46	53,11



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

4) Spinta del terreno indotta dalla sovraccarico di banchina Δq_b ed in assenza di sisma

In assenza di sisma

Spinta terreno indotta da Δq_b	H	K_a	Δq_b	S_t	braccio	$M_{rib\ Terr}$
	(m)	(-)	(kN/m ²)	(kN/m)	(m)	[(kN m)/m]
Altezza terrapieno a tergo del Muro-Cassone	5,05	0,284	20,00	28,71	2,53	72,49

RISULTANTE AL METRO 28,71 2,53 72,49

Risultante

$F_{o, Acc}$	braccio	M_{Acc}
(kN/m)	(m)	(kN m)
86,12	2,53	217,46

In presenza di sisma verso l'alto \uparrow (-)

Spinta terreno indotta dal Sovraccarico di Banchina <i>Sisma agente verso l'alto \uparrow (-) e verso mare $Dx \leftarrow$ (+)</i>	H	$K_{a, MO}^-$	Δq_b	$1-K_v^-$	S_t	braccio	$M_{rib\ Terr}$
	(m)	(-)	(kN/m ²)	(-)	(kN/m)	(m)	[(kN m)/m]
Altezza terrapieno a tergo del Muro-Cassone	1,05	0,328	20,00	0,96	6,61	4,53	29,92
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	4,00	0,384	20,00	0,96	29,53	2,00	59,06

RISULTANTE AL METRO	36,14	2,46	88,97
---------------------	-------	------	-------

RISULTANTE	S_t	braccio	$M_{rib\ Terr}$
	(kN)	(m)	(kN m)
	108,42	2,46	266,92

In presenza di sisma verso il basso \downarrow (+)

Spinta terreno indotta dal Sovraccarico di Banchina <i>Sisma agente verso il basso \downarrow (+) e verso mare $Dx \leftarrow$ (+)</i>	H	$K_{a, MO}^+$	Δq_b	$1+K_v^+$	S_t	braccio	$M_{rib\ Terr}$
	(m)	(-)	(kN/m ²)	(-)	(kN/m)	(m)	[(kN m)/m]
Altezza terrapieno a tergo del Muro-Cassone	1,05	0,332	20,00	1,04	7,24	4,53	32,78
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	4,00	0,394	20,00	1,04	32,79	2,00	65,58

RISULTANTE AL METRO	40,03	2,46	98,36
---------------------	-------	------	-------



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

RISULTANTE	S _t	braccio	M _{rib Terr}
	(kN)	(m)	(kN m)
	120,10	2,46	295,08



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

5) Forze inerziali (verticali ed orizzontali)

Per sisma verso l'alto ↑ (-)

Elementi geometrici in	Componente pseudo-statica							
	<i>Sisma agente verso l'alto ↑ (-)</i>				<i>Sisma agente verso il mare Dx ← (+)</i>			
Calcestruzzo armato	K_v	F_v	braccio	M_{Fv}^-	K_h^+	F_h^+	braccio	M_{Fh}^+
	(-)	(kN)	(m)	(kN m)	(-)	(kN)	(m)	(kN m)
elemento 1	-0,040	-7,61	1,63	-12,37	0,080	15,23	4,35	66,24
elemento 2	-0,040	-7,61	1,63	-12,37	0,080	15,23	3,75	57,10
elemento 3	-0,040	-4,27	1,63	-6,95	0,080	8,55	3,75	32,06
elemento 4	-0,040	-8,98	1,63	-14,59	0,080	17,96	1,90	34,12
elemento 5	-0,040	-8,38	1,63	-13,61	0,080	16,75	1,50	25,13

RISULTANTE

F_v^-	X	$M_{Fv,Tot}^-$
(kN)	(m)	(kN m)
-36,86	1,63	-59,89

F_h^{+TOT}	Y	$M_{Fh,Tot}^+$
(kN)	(m)	(kN m)
73,71	2,91	214,65



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Per sisma verso il basso ↓ (+)

Elementi geometrici in	Componente pseudo-statica							
	Sisma agente verso il basso ↓ (+)				Sisma agente verso il mare Dx ← (+)			
Calcestruzzo armato	K_v^+	F_v^+	braccio	M_{Fv}^+	K_h^+	F_h^+	braccio	M_{Fh}^+
	(-)	(kN)	(m)	(kN m)	(-)	(kN)	(m)	(kN m)
elemento 1	0,040	7,61	1,63	12,37	0,080	15,23	4,35	66,24
elemento 2	0,040	7,61	1,63	12,37	0,080	15,23	3,75	57,10
elemento 3	0,040	4,27	1,63	6,95	0,080	8,55	3,75	32,06
elemento 4	0,040	8,98	1,63	14,59	0,080	17,96	1,90	34,12
elemento 5	0,040	8,38	1,63	13,61	0,080	16,75	1,50	25,13

RISULTANTE	$F_{v\text{TOT}}^+$	X	M_{Fv}^+	$F_{h\text{TOT}}^+$	Y	$M_{Fh\text{tot}}^+$
	(kN)	(m)	(kN m)	(kN)	(m)	(kN m)
	36,86	1,63	59,89	73,71	2,91	214,65



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

6) Spinta idrodinamica generata dell'acqua interstiziale in presenza di sisma

Per sisma verso mare Dx ← (+)

Spinta idrodinamica	H_w	K_h^+	γ_w	S_w	braccio	$M_{rib,w}$
<i>Sisma agente verso mare Dx ← (+)</i>	<i>(m)</i>	<i>(-)</i>	<i>(kN/m³)</i>	<i>(kN)</i>	<i>(m)</i>	<i>(kNm)</i>
Altezza terrapieno a tergo del Muro-Cassone	4,00	0,080	10,05	7,48	1,60	11,96

RISULTANTE AL METRO	7,48	1,60	11,96
----------------------------	------	------	-------

RISULTANTE	S_w	braccio	$M_{rib,w}$
	<i>(kN)</i>	<i>(m)</i>	<i>(kN m)</i>
	22,43	1,60	35,88

7) Azione orizzontale esercitata dal tiro alla bitta

Azione orizzontale esercitata dal tiro alla bitta	S_t	braccio	$M_{rib Terr}$
	<i>(kN)</i>	<i>(m)</i>	<i>(kN m)</i>
	45,62	5,20	237,22

RISULTANTE	45,62	5,20	237,22
-------------------	--------------	-------------	---------------



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

9.1. Verifiche SLU

9.1.1. Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 1 (A1+M1+R1)

	coefficienti SLU		F _o	F _v
	γ	ψ _{0i}	[kN]	[kN]
Peso proprio (abbreviazione p-p)	1,0	-	-	898,5
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1,5	-	11,9	-
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione ter)	1,5	-	105,8	-
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione Acc)	1,5	0,7	65,9	-
Tiro alla bitta (abbreviazione Bit)	1,5	0,6	45,6	-
	φ'	γ _ψ	φ' _d =tan ⁻¹ [tan(φ')/γ _d]	μ=tan(φ' _d)
Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno	[°]	[-]	[°]	[-]
	45,0	1,0	45,0	1,0

Combinazione di carico n° 1: Carichi variabili - Accidentale (Dominante) + Tiro alla bitta		
Calcolo di R _d = γ _{G1,fav} ·μ·F _{v,Tot}	898,50	[kN]
Calcolo di E _d = γ _{G2,sfav} ·(F _{o,pav} +F _{o,ter})+γ _Q ·(F _{o,Acc} +ψ ₀₂ ·F _{o,Bit})	316,31	[kN]
La verifica allo scorrimento risulta:	soddisfatta	R _d /E _d >γ _R →→→ 2,84 > 1,0

Combinazione di carico n° 2: Carichi variabili - Tiro alla bitta (Dominante) + Accidentale		
Calcolo di R _d = γ _{G1,fav} ·μ·F _{v,Tot}	898,50	[kN]
Calcolo di E _d = γ _{G2,sfav} ·(F _{o,pav} +F _{o,ter})+γ _Q ·(F _{o,Bit} +ψ ₀₄ ·F _{o,Acc})	314,03	[kN]
La verifica allo scorrimento risulta:	soddisfatta	R _d /E _d >γ _R →→→ 2,86 > 1,0



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

9.1.2. Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2)

	coefficienti SLU		F _o	F _v
	γ	ψ _{0i}	[kN]	[kN]
Peso proprio (abbreviazione p-p)	1,0	-	-	898,5
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1,3	-	15,9	-
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione ter)	1,3	-	138,2	-
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione Acc)	1,3	-	86,1	-
Tiro alla bitta (abbreviazione Bit)	1,3	0,6	45,6	-
	φ'	γ _ψ	φ' _d =tan ⁻¹ [tan(φ')/γ _d]	μ=tan(φ' _d)
Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno	[°]	[-]	[°]	[-]
	45,0	1,3	38,7	0,8

Combinazione di carico n° 1: Carichi variabili - Accidentale (Dominante) + Tiro alla bitta			
Calcolo di R _d = γ _{G1,fav} ·μ·F _{v,Tot}		718,80	[kN]
Calcolo di E _d = γ _{G2,sfav} ·(F _{o,pav} +F _{o,ter})+γ _Q ·(F _{o,Acc} +ψ ₀₂ ·F _{o,Bit})		347,41	[kN]
La verifica allo scorrimento risulta:	soddisfatta	R _d /E _d >γ _R	→→→ 2,07 > 1,1

Combinazione di carico n° 2: Carichi variabili - Tiro alla bitta (Dominante) + Accidentale			
Calcolo di R _d = γ _{G1,fav} ·μ·F _{v,Tot}		718,80	[kN]
Calcolo di E _d = γ _{G2,sfav} ·(F _{o,pav} +F _{o,ter})+γ _Q ·(F _{o,Bit} +ψ ₀₄ ·F _{o,Acc})		337,54	[kN]
La verifica allo scorrimento risulta:	soddisfatta	R _d /E _d >γ _R	→→→ 2,13 > 1,1



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

9.1.3. Verifiche al ribaltamento: Combinazione AEQU+M2

	coefficient			M_{rib} [kN]
	i SLU	M_{stab} [kN]	M_{rib} [kN]	
Peso proprio (abbreviazione p-p)	0,9	-	1460,1	-
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1,5	-	-	39,1
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione ter)	1,5	-	-	256,7
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione Acc)	1,5	0,7	-	217,5
Tiro alla bitta (abbreviazione Bit)	1,5	0,6	-	237,2

Combinazione di carico n° 1: Carichi variabili - Accidentale (Dominante) + Tiro alla bitta		
Calcolo di $R_d = \gamma_{G1, fav} \cdot M_{stab, Tot}$	1314,05	[kN]
Calcolo di $E_d = \gamma_{G2, sfav} \cdot (M_{rib, pav} + M_{rib, ter}) + \gamma_Q \cdot (M_{rib, Acc} + \psi_{02} \cdot M_{rib, Bit})$	983,46	[kN]
La verifica allo scorrimento risulta:	soddisfatta	$R_d/E_d > 1 \rightarrow \rightarrow \rightarrow 1,34 > 1,0$

Combinazione di carico n° 2: Carichi variabili - Tiro alla bitta (Dominante) + Accidentale		
Calcolo di $R_d = \gamma_{G1, fav} \cdot M_{stab, Tot}$	1314,05	[kN]
Calcolo di $E_d = \gamma_{G2, sfav} \cdot (M_{rib, pav} + M_{rib, ter}) + \gamma_Q \cdot (M_{rib, Bit} + \psi_{04} \cdot M_{rib, Acc})$	1027,94	[kN]
La verifica allo scorrimento risulta:	soddisfatta	$R_d/E_d > 1 \rightarrow \rightarrow \rightarrow 1,28 > 1,0$



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

9.1.4. Verifica capacità portante: Approccio 1 – Combinazione 1 (A1+M1+R1)

	coefficienti SLU		F_o	F_v	M_{stab}	M_{rib}
	γ	ψ_{0j}	[kN]	[kN]	[kN·m]	[kN·m]
Peso proprio (abbreviazione p-p)	1,0	-	-	898,5	1460,1	-
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1,5	-	11,9	-	-	29,9
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione ter)	1,5	-	105,8	-	-	196,4
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione Acc)	1,5	-	65,9	-	-	166,4
Tiro alla bitta (abbreviazione Bit)	1,5	0,6	45,6	-	-	237,2
	ϕ'	γ_ϕ	$\phi'_d = \tan^{-1}[\tan(\phi')/\gamma_d]$			
Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno	[°]	[-]	[°]			
	45,0	1,0	45,0			
Lunghezza L della sezione in fondazione dell'elem. Muro-Cassone	3,0	[m]				
Larghezza B della sezione in fondazione dell'elem. Muro-Cassone	3,3	[m]				

Combinazione di carico n° 1: Carichi variabili - Accidentale (Dominante) + Tiro alla bitta						
Calcolo di $E_d = \gamma_{G1, fav} \cdot F_{v, Tot}$ (si ipotizza che il carico accidentale agisce sul terrapieno a tergo della banchina)					898,50	[kN]
Calcolo di $M_A = \gamma_{G1, fav} \cdot M_{stab, p-p} - \gamma_{G2, sfav} \cdot (M_{rib, ter} + M_{rib, pav}) - \gamma_{Q, sfav} \cdot (M_{rib, Acc} + \psi_{02} \cdot M_{rib, Bit})$					657,5	[kN·m]
Calcolo dell'eccentricità in fondazione $e = B/2 - M_A/E_d$					0,89	[m]
Calcolo della distanza u tra il punto di applicazione della risultante delle forze e il lembo compresso della sez.					0,73	[m]
Calcolo della larghezza ridotta della fondazione $B' = 2 \cdot u$					1,46	[m]
Calcolo dell'angolo $\alpha = \text{tg}^{-1}(H/V) = \text{tg}^{-1}\{[(\gamma_{G2, sfav} \cdot (F_{o, ter} + F_{o, pav}) + \gamma_{Q, sfav} \cdot (F_{o, Acc} + \psi_{02} \cdot F_{o, Bit})) / (\gamma_{G1, sfav} \cdot F_{v, p-p})]\}$					19,4	[°]
Fattori di capacità portante	$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi'/2) \cdot e^{-\pi \cdot \text{tg} \phi'}$ (Prandtl, 1921)		$N_c = (N_q - 1) / \text{tg} \phi'$ (Reissner, 1924)		$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg} \phi'$ (Vesic, 1970)	
	$N_q =$	134,87	$N_c =$	133,9	$N_\gamma =$	271,7
Fattori di inclinazione	$i_q = [1 - 0.5 \cdot H / (V + B' \cdot L \cdot c' \cdot \text{cotg} \phi')]^2$ (Hansen, 1970)		$i_c = i_q - [(1 - i_q) / (1 - N_q)]$ (Hansen-Vesic, 1973)		$i_\gamma = [1 - 0.7 \cdot H / (V + B' \cdot L \cdot c' \cdot \text{cotg} \phi')]^3$ (Hansen, 1970)	
	$i_q =$	0,68	$i_c =$	0,68	$i_\gamma =$	0,43
Fattori di Profondità	$d_q = 1 + 2k \cdot \tan \phi' \cdot (1 - \text{sen} \phi')^2$ (Brinch-Hansen, 1970)		$d_c = 1 + 0.4 \cdot k$ (Brinch-Hansen, 1970)		$d_\gamma = 1$ (Brinch-Hansen, 1970)	
	$d_q =$	1,00	$d_c =$	1,0	$d_\gamma =$	1,0



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

	con k uguale a D/B= 0,00 [m] per D/B<1		
Pressione q a tergo del piano di posa della fondazione		7,0	[kN·m ²]
Peso immerso dell'unità di volume γ' del pietrame di imbasamento		9,0	[kN·m ³]
Coesione efficace c del pietrame di imbasamento		0,0	[kPa]
Calcolo di R _d = L·B'·(c'·N _c ·d _c ·i _c +q·N _q ·d _q ·i _q +1/2·γ'·B'·N _γ ·d _γ ·i _γ)		6155,34	[kN]
La verifica allo schiacciamento risulta:	soddisfatta	R _d /E _d >γ _R	→→→ 6,85 > 1,0

Combinazione di carico n° 2: Carichi variabili - Tiro alla bitta (Dominante) + Accidentale					
Calcolo di E _d = γ _{G1,fav} ·F _{v,Tot}		898,50			[kN]
Calcolo di M _A = γ _{G1,fav} ·M _{stab,p-p} ·(br _{Fv} ·B/2)-γ _{G2,sfav} ·(M _{rib,ter} +M _{rib,pav})-γ _{Q,sfav} ·(M _{rib,Bit} +ψ ₀₄ ·M _{rib,Acc})		590,1			[kN·m]
Calcolo dell'eccentricità in fondazione e= B/2-M _A /E _d		0,97			[m]
Calcolo della distanza u tra il punto di applicazione della risultante delle forze e il lembo compresso della sez.		0,66			[m]
Calcolo della larghezza ridotta della fondazione B'=2·u		1,31			[m]
Calcolo dell'angolo α=tg ⁻¹ (H/V)=tg ⁻¹ {[(γ _{G2,sfav} ·(F _{o,ter} +F _{o,pav})+γ _{Q,sfav} ·(F _{o,Bit} +ψ ₀₄ ·F _{o,Acc})]/(γ _{G1,sfav} ·F _{v,p-p})}		15,3			[°]
Fattori di capacità portante	$N_q = tg^2(45 + \phi'/2) \cdot e^{\pi \cdot tg \phi'}$ (Prandtl, 1921)	$N_c = (N_q - 1) / tg \phi'$ (Reissner, 1924)		$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg \phi'$ (Vesic, 1970)	
	N _q = 134,87	N _c = 133,9	N _γ = 271,7		
Fattori di inclinazione	$i_q = [1 - 0.5 \cdot H / (V + B' \cdot L \cdot c' \cdot cotg \phi')]^2$ (Hansen, 1970)	$i_c = i_q - [(1 - i_q) / (1 - N_q)]$ (Hansen-Vesic, 1973)		$i_\gamma = [1 - 0.7 \cdot H / (V + B' \cdot L \cdot c' \cdot cotg \phi')]^3$ (Hansen, 1970)	
	i _q = 0,75	i _c = 0,75	i _γ = 0,53		
Fattori di Profondità	$d_q = 1 + 2k \cdot tan \phi' \cdot (1 - sen \phi')^2$ (Brinch-Hansen, 1970)	$d_c = 1 + 0.4 \cdot k$ (Brinch-Hansen, 1970)		$d_\gamma = 1$ (Brinch-Hansen, 1970)	
	d _q = 1,00	d _c = 1,0	d _γ = 1,0		
con k uguale a D/B= 0,00 [m] per D/B<1					
Pressione q a tergo del piano di posa della fondazione		7,0			[kN·m ²]
Peso immerso dell'unità di volume γ' del pietrame di imbasamento		9,0			[kN·m ³]
Coesione efficace c del pietrame di imbasamento		0,0			[kPa]
Calcolo di R _d = L·B'·(c'·N _c ·d _c ·i _c +q·N _q ·d _q ·i _q +1/2·γ'·B'·N _γ ·d _γ ·i _γ)		6097,34			[kN]
La verifica allo schiacciamento risulta:	soddisfatta	R _d /E _d >γ _R	→→	6,79 > 1,0	



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Verifica capacità portante: Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2)

	coefficienti SLU		F _o	F _v	M _{stab}	M _{rib}
	γ	ψ _{0j}	[kN]	[kN]	[kN·m]	[kN·m]
Peso proprio (abbreviazione p-p)	1,0	-	-	898,5	1460,1	-
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1,3	-	15,5	-	-	39,1
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione ter)	1,3	-	138,2	-	-	256,7
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione Acc)	1,3	-	86,1	-	-	217,5
Tiro alla bitta (abbreviazione Bit)	1,3	0,6	45,6	-	-	237,2
	φ'	γ _φ	φ' _d =tan ⁻¹ [tan(φ')/γ _d]			
Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno	[°]	[-]	[°]			
	45,0	1,3	38,7			
Lunghezza L della sezione in fondazione dell'elem. Muro-Cassone	3,0	[m]				
Larghezza B della sezione in fondazione dell'elem. Muro-Cassone	3,3	[m]				

Combinazione di carico n° 1: Carichi variabili - Accidentale (Dominante) + Tiro alla bitta					
Calcolo di E _d = γ _{G1,fav} ·F _{v,Tot} (si ipotizza che il carico accidentale agisce sul terrapieno a tergo della banchina)				898,50	[kN]
Calcolo di M _A = γ _{G1,fav} ·M _{stab,p-p} +γ _{G2,sfav} ·(M _{rib,ter} +M _{rib,pav})-γ _{Q,sfav} ·(M _{rib,Acc} +ψ ₀₂ ·M _{rib,Bit})				607,7	[kN·m]
Calcolo dell'eccentricità in fondazione e= B/2-M _A /E _d				0,95	[m]
Calcolo della distanza u tra il punto di applicazione della risultante delle forze e il lembo compresso della sez.				0,68	[m]
Calcolo della larghezza ridotta della fondazione B'=2·u				1,35	[m]
Calcolo dell'angolo α=tg ⁻¹ (H/V)=tg ⁻¹ {[(γ _{G2,sfav} ·(F _{o,ter} +F _{o,pav})+γ _{Q,sfav} ·(F _{o,Acc} +ψ ₀₂ ·F _{o,Bit})]/(γ _{G1,fav} ·F _{v,p-p})}				21,1	[°]
Fattori di capacità portante	$N_q = tg^2(45 + \phi'/2) \cdot e^{\pi \cdot tg \phi'}$ (Prandtl, 1921)		$N_c = (N_q - 1) / tg \phi'$ (Reissner, 1924)		$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg \phi'$ (Vesic, 1970)
	N _q =	53,44	N _c =	65,6	N _γ =
Fattori di inclinazione	$i_q = [1 - 0.5 \cdot H / (V + B' \cdot L \cdot c' \cdot cotg \phi')]^2$ (Hansen, 1970)		$i_c = i_q - [(1 - i_q) / (1 - N_q)]$ (Hansen-Vesic, 1973)		$i_\gamma = [1 - 0.7 \cdot H / (V + B' \cdot L \cdot c' \cdot cotg \phi')]^3$ (Hansen, 1970)
	i _q =	0,65	i _c =	0,66	i _γ =
Fattori di Profondità	$d_q = 1 + 2k \cdot tan \phi' \cdot (1 - sen \phi')^2$ (Brinch-Hansen, 1970)		$d_c = 1 + 0.4 \cdot k$ (Brinch-Hansen, 1970)		$d_\gamma = 1$ (Brinch-Hansen, 1970)



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

	$d_q =$	1,00	$d_c =$	1,0	$d_\gamma =$	1,0
	con k uguale a D/B= 0,00 [m] per D/B<1					
Pressione q a tergo del piano di posa della fondazione					7,0	[kN·m ²]
Peso immerso dell'unità di volume γ' del pietrame di imbasamento					9,0	[kN·m ³]
Coesione efficace c del pietrame di imbasamento					0,0	[kPa]
Calcolo di $R_d = L \cdot B' \cdot (c' \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q + 1/2 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma)$					1816,22	[kN]
La verifica allo schiacciamento risulta:	soddisfatta		$R_d/E_d > \gamma_R$		$\rightarrow \rightarrow$	2,02 > 1,8

Combinazione di carico n°2: Carichi variabili - Tiro alla bitta (Dominante) + Accidentale						
Calcolo di $E_d = \gamma_{G1, fav} \cdot F_{v, Tot}$					898,50	[kN]
Calcolo di $M_A = \gamma_{G1, fav} \cdot M_{stab, p-p} \cdot (br_{FV} \cdot B/2) - \gamma_{G2, sfav} \cdot (M_{rib, ter} + M_{rib, pav}) - \gamma_{Q, sfav} \cdot (M_{rib, bit} + \Psi_{04} \cdot M_{rib, Acc})$					569,2	[kN·m]
Calcolo dell'eccentricità in fondazione $e = B/2 - M_A/E_d$					0,99	[m]
Calcolo della distanza u tra il punto di applicazione della risultante delle forze e il lembo compresso della sez.					0,63	[m]
Calcolo della larghezza ridotta della fondazione $B' = 2 \cdot u$					1,27	[m]
Calcolo dell'angolo $\alpha = \text{tg}^{-1}(H/V) = \text{tg}^{-1}\{[(\gamma_{G2, sfav} \cdot (F_{o, ter} + F_{o, pav}) + \gamma_{Q, sfav} \cdot (F_{o, bit} + \Psi_{04} \cdot F_{o, Acc})) / (\gamma_{G1, fav} \cdot F_{v, p-p})]\}$					17,2	[°]
Fattori di capacità portante	$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi'/2) \cdot e^{-\pi \cdot \text{tg} \phi'}$ (Prandtl, 1921)		$N_c = (N_q - 1) / \text{tg} \phi'$ (Reissner, 1924)		$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg} \phi'$ (Vesic, 1970)	
	$N_q =$	53,44	$N_c =$	65,6	$N_\gamma =$	87,1
Fattori di inclinazione	$i_q = [1 - 0.5 \cdot H / (V + B' \cdot L \cdot c' \cdot \text{cotg} \phi')]^2$ (Hansen, 1970)		$i_c = i_q - [(1 - i_q) / (1 - N_q)]$ (Hansen-Vesic, 1973)		$i_\gamma = [1 - 0.7 \cdot H / (V + B' \cdot L \cdot c' \cdot \text{cotg} \phi')]^3$ (Hansen, 1970)	
	$i_q =$	0,71	$i_c =$	0,72	$i_\gamma =$	0,48
Fattori di Profondità	$d_q = 1 + 2k \cdot \tan \phi' \cdot (1 - \text{sen} \phi')^2$ (Brinch-Hansen, 1970)		$d_c = 1 + 0.4 \cdot k$ (Brinch-Hansen, 1970)		$d_\gamma = 1$ (Brinch-Hansen, 1970)	
	$d_q =$	1,00	$d_c =$	1,0	$d_\gamma =$	1,0
	con k uguale a D/B= 0,00 [m] per D/B<1					
Pressione q a tergo del piano di posa della fondazione					7,0	[kN·m ²]
Peso immerso dell'unità di volume γ' del pietrame di imbasamento					9,0	[kN·m ³]
Coesione efficace c del pietrame di imbasamento					0,0	[kPa]
Calcolo di $R_d = L \cdot B' \cdot (c' \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q + 1/2 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma)$					1915,69	[kN]
La verifica allo schiacciamento risulta:	soddisfatta		$R_d/E_d > \gamma_R$		$\rightarrow \rightarrow \rightarrow$	2,13 > 1,8



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

9.1.5. Verifica capacità portante: Approccio 2 – Combinazione (A1+M1+R3)

	coefficienti SLU		F _o	F _v	M _{stab}	M _{rib}
	γ	ψ _{0j}	[kN]	[kN]	[kN·m]	[kN·m]
Peso proprio (abbreviazione p-p)	1,0	-	-	898,5	1460,1	-
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1,5	-	11,9	-	-	29,9
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione ter)	1,5	-	105,8	-	-	196,4
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione Acc)	1,5	-	65,9	-	-	166,4
Tiro alla bitta (abbreviazione Bit)	1,5	0,6	45,6	-	-	237,2
	φ'	γ _φ	φ' _d =tan ⁻¹ [tan(φ')/γ _d]			
Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno	[°]	[-]	[°]			
	45,0	1,0	45,0			
Lunghezza L della sezione in fondazione dell'elem. Muro-Cassone	3,0	[m]				
Larghezza B della sezione in fondazione dell'elem. Muro-Cassone	3,3	[m]				

Combinazione di carico n° 1: Carichi variabili - Accidentale (Dominante) + Tiro alla bitta						
Calcolo di E _d = γ _{G1,fav} ·F _{v,Tot} (si ipotizza che il carico accidentale agisce sul terrapieno a tergo della banchina)				898,50	[kN]	
Calcolo di M _A = γ _{G1,fav} ·M _{stab,p-p} +γ _{G2,sfav} ·(M _{rib,ter} +M _{rib,pav})-γ _{Q,sfav} ·(M _{rib,Acc} +ψ ₀₂ ·M _{rib,Bit})				657,5	[kN·m]	
Calcolo dell'eccentricità in fondazione e= B/2-M _A /E _d				0,89	[m]	
Calcolo della distanza u tra il punto di applicazione della risultante delle forze e il lembo compresso della sez.				0,73	[m]	
Calcolo della larghezza ridotta della fondazione B'=2·u				1,46	[m]	
Calcolo dell'angolo α=tg ⁻¹ (H/V)=tg ⁻¹ {[(γ _{G2,sfav} ·(F _{o,ter} +F _{o,pav})+γ _{Q,sfav} ·(F _{o,Acc} +ψ ₀₂ ·F _{o,Bit})]/(γ _{G1,sfav} ·F _{v,p-p})}				19,4	[°]	
Fattori di capacità portante	N _q = tg ² (45+φ'/2)·e ^{π·tgφ'} (Prandtl, 1921)		N _c = (N _q -1)/tgφ' (Reissner, 1924)		N _γ = 2·(N _q +1)·tgφ' (Vesic, 1970)	
	N _q =	134,87	N _c =	133,9	N _γ =	271,7
Fattori di inclinazione	i _q = [1-0.5·H/(V+B'·L·c'·cotgφ')] ² (Hansen, 1970)		i _c = i _q - [(1-i _q)/(1-N _q)] (Hansen-Vesic, 1973)		i _γ = [1-0.7·H/(V+B'·L·c'·cotgφ')] ³ (Hansen, 1970)	
	i _q =	0,68	i _c =	0,68	i _γ =	0,43
Fattori di Profondità	d _q = 1+2k·tanφ'·(1-senφ') ² (Brinch-Hansen, 1970)		d _c = 1+0.4·k (Brinch-Hansen, 1970)		d _γ = 1 (Brinch-Hansen, 1970)	



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

	$d_q =$	1,00	$d_c =$	1,0	$d_\gamma =$	1,0
	con k uguale a D/B= 0,00 [m] per D/B<1					
Pressione q a tergo del piano di posa della fondazione					7,0	[kN·m ²]
Peso immerso dell'unità di volume γ' del pietrame di imbasamento					9,0	[kN·m ³]
Coesione efficace c del pietrame di imbasamento					0,0	[kPa]
Calcolo di $R_d = L \cdot B^1 \cdot (c' \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q + 1/2 \cdot \gamma' \cdot B^1 \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma)$					6155,34	[kN]
La verifica allo schiacciamento risulta:	soddisfatta		$R_d/E_d > \gamma_R$		$\rightarrow \rightarrow$	6,85 > 2,3

Combinazione di carico n° 2: Carichi variabili - Tiro alla bitta (Dominante) + Accidentale						
Calcolo di $E_d = \gamma_{G1, fav} \cdot F_{v, Tot}$					898,50	[kN]
Calcolo di $M_A = \gamma_{G1, fav} \cdot M_{stab, p-p} \cdot (br_{FV} \cdot B/2) - \gamma_{G2, sfav} \cdot (M_{rib, ter} + M_{rib, pav}) - \gamma_{Q, sfav} \cdot (M_{rib, bit} + \psi_{04} \cdot M_{rib, Acc})$					590,1	[kN·m]
Calcolo dell'eccentricità in fondazione $e = B/2 - M_A/E_d$					0,97	[m]
Calcolo della distanza u tra il punto di applicazione della risultante delle forze e il lembo compresso della sez.					0,66	[m]
Calcolo della larghezza ridotta della fondazione $B' = 2 \cdot u$					1,31	[m]
Calcolo dell'angolo $\alpha = \text{tg}^{-1}(H/V) = \text{tg}^{-1}\{[\gamma_{G2, sfav} \cdot (F_{o, ter} + F_{o, pav}) + \gamma_{Q, sfav} \cdot (F_{o, bit} + \psi_{04} \cdot F_{o, Acc})] / [\gamma_{G1, sfav} \cdot F_{v, p-p}]\}$					15,3	[°]
Fattori di capacità portante	$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi'/2) \cdot e^{-\pi \cdot \text{tg} \phi'}$ (Prandtl, 1921)	$N_c = (N_q - 1) / \text{tg} \phi'$ (Reissner, 1924)		$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg} \phi'$ (Vesic, 1970)		
	$N_q =$	134,87	$N_c =$	133,9	$N_\gamma =$	271,7
Fattori di inclinazione	$i_q = [1 - 0,5 \cdot H / (V + B^1 \cdot L \cdot c' \cdot \text{cotg} \phi')]^2$ (Hansen, 1970)	$i_c = i_q - [(1 - i_q) / (1 - N_q)]$ (Hansen-Vesic, 1973)		$i_\gamma = [1 - 0,7 \cdot H / (V + B^1 \cdot L \cdot c' \cdot \text{cotg} \phi')]^3$ (Hansen, 1970)		
	$i_q =$	0,75	$i_c =$	0,75	$i_\gamma =$	0,53
Fattori di Profondità	$d_q = 1 + 2k \cdot \tan \phi' \cdot (1 - \text{sen} \phi')^2$ (Brinch-Hansen, 1970)	$d_c = 1 + 0,4 \cdot k$ (Brinch-Hansen, 1970)		$d_\gamma = 1$ (Brinch-Hansen, 1970)		
	$d_q =$	1,00	$d_c =$	1,0	$d_\gamma =$	1,0
con k uguale a D/B= 0,00 [m] per D/B<1						
Pressione q a tergo del piano di posa della fondazione					7,0	[kN·m ²]
Peso immerso dell'unità di volume γ' del pietrame di imbasamento					9,0	[kN·m ³]
Coesione efficace c del pietrame di imbasamento					0,0	[kPa]
Calcolo di $R_d = L \cdot B^1 \cdot (c' \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q + 1/2 \cdot \gamma' \cdot B^1 \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma)$					6097,34	[kN]
La verifica allo schiacciamento risulta:	soddisfatta		$R_d/E_d > \gamma_R$		$\rightarrow \rightarrow$	6,79 > 2,3



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

9.2. Verifiche SLV

9.2.1. Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 1 (A1+M1+R1)

Per di sisma verso l'alto ↑ (-)

	coefficienti SLU		F _o	F _v
	γ	ψ _{0j}	[kN]	[kN]
Peso proprio (abbreviazione p-p)	1,0	-	-	925,1
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1,0	-	15,4	-
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione ter)	1,0	-	140,8	-
Forza di inerzia verticale (F _{v,Tot} ⁻)	1,0	-	-	-36,9
Forza di inerzia orizzontale (F _{h,Tot} ⁺)	1,0	-	73,7	-
Spinta idrodinamica (abbreviazione w)	1,0	-	22,4	-
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione Acc)	1,0	0,3	85,7	-
Tiro alla bitta (abbreviazione Bit)	1,0	0,0	45,6	-
	φ'	γ _φ	φ' _d =tan ⁻¹ [tan(φ')/γ _d]	μ=tan(φ' _d)
Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno	[°]	[-]	[°]	[-]
	45,0	1,0	45,0	1,0

Combinazione di carico n° 1 per sisma agente verso l'alto ↑ (-) e verso il mare ← (+): Carichi variabili - Accidentale			
Calcolo di R _d = μ·(F _{v,Tot} +F _{v,Tot} ⁻)		888,23	[kN]
Calcolo di E _d = F _{o,pav} +F _{o,ter} +F _{h,Tot} ⁺ +F _{o,w} +ψ ₂₄ ·F _{o,Acc}		278,03	[kN]
La verifica allo scorrimento risulta:	soddisfatta	R _d /E _d >γ _R	→→→ 3,19 > 1,0



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Per sisma verso il basso ↓ (+)

	coefficienti SLU		F _o	F _v
	γ	Ψ _{0j}	[kN]	[kN]
Peso proprio (abbreviazione p-p)	1,0	-	-	925,1
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1,0	-	17,1	-
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione ter)	1,0	-	156,5	-
Forza di inerzia verticale (F ⁺ _{v,Tot})	1,0	-	-	36,9
Forza di inerzia orizzontale (F ⁺ _{h,Tot})	1,0	-	73,7	-
Spinta idrodinamica (abbreviazione w)	1,0	-	22,4	-
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione Acc)	1,0	0,3	95,1	-
Tiro alla bitta (abbreviazione Bit)	1,0	0,0	45,6	-
	φ'	γ _ψ	φ' _d =tan ⁻¹ [tan(φ')/γ _d]	μ=tan(φ' _d)
Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno	[°]	[-]	[°]	[-]
	45,0	1,0	45,0	1,0

Combinazione di carico n° 1 per sisma agente verso il basso ↓ (+) e verso il mare ← (+): Carichi variabili - Accidentale			
Calcolo di R _d = μ·(F _{v,Tot} +F ⁺ _{v,Tot})		961,94	[kN]
Calcolo di E _d = F _{o,pav} +F _{o,ter} +F ⁺ _{h,Tot} +F _{o,w} +Ψ ₂₄ ·F _{o,Acc}		298,32	[kN]
La verifica allo scorrimento risulta:	soddisfatta	R _d /E _d >γ _R	→→→ 3,22 > 1,0



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

9.2.2.Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2)

Per di sisma verso l'alto ↑ (-)

	coefficienti SLU		F _o	F _v
	γ	ψ _{0i}	[kN]	[kN]
Peso proprio (abbreviazione p-p)	1,0	-	-	925,1
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1,0	-	19,5	-
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione ter)	1,0	-	177,8	-
Forza di inerzia verticale (F _{v,Tot} ⁻)	1,0	-	-	-36,9
Forza di inerzia orizzontale (F _{h,Tot} ⁺)	1,0	-	73,7	-
Spinta idrodinamica (abbreviazione w)	1,0	-	22,4	-
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione Acc)	1,0	0,3	108,4	-
Tiro alla bitta (abbreviazione Bit)	1,0	45,6	-	-
	ϕ'	γ _ψ	ϕ' _d =tan ⁻¹ [tan(ϕ')/γ _d]	μ=tan(ϕ' _d)
Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno	[°]	[-]	[°]	[-]
	45,0	1,3	38,7	0,8

Combinazione di carico n° 1 per sisma agente verso l'alto ↑ (-) e verso il mare ← (+): Carichi variabili - Accidentale			
Calcolo di R _d = μ·(F _{v,Tot} +F _{v,Tot} ⁻)		710,58	[kN]
Calcolo di E _d = F _{o,pav} +F _{o,ter} +F _{h,Tot} ⁺ +F _{o,w} +ψ ₂₄ ·F _{o,Acc}		325,99	[kN]
La verifica allo scorrimento risulta:	soddisfatta	R _d /E _d >γ _R	→→→ 2,18 > 1,1



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Per sisma verso il basso ↓ (+)

	coefficienti SLU		F_o	F_v
	γ	Ψ_{0j}	[kN]	[kN]
Peso proprio (abbreviazione p-p)	1,0	-	-	925,1
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1,0	-	21,6	-
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione ter)	1,0	-	197,3	-
Forza di inerzia verticale ($F_{v,Tot}^+$)	1,0	-	-	36,9
Forza di inerzia orizzontale ($F_{h,Tot}^+$)	1,0	-	73,7	-
Spinta idrodinamica (abbreviazione w)	1,0	-	22,4	-
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione Acc)	1,0	0,3	120,1	-
Tiro alla bitta (abbreviazione Bit)	1,0	0,0	45,6	-
	ϕ'	γ_ψ	$\phi'_d = \tan^{-1}[\tan(\phi')/\gamma_d]$	$\mu = \tan(\phi'_d)$
Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno	[°]	[-]	[°]	[-]
	45,0	1,3	38,7	0,8

Combinazione di carico n° 1 per sisma agente verso il basso ↓ (+) e verso il mare ← (+): Carichi variabili - Accidentale			
Calcolo di $R_d = \mu \cdot (F_{v,Tot} + F_{v,Tot}^+)$		769,55	[kN]
Calcolo di $E_d = F_{o,pav} + F_{o,ter} + F_{h,Tot}^+ + F_{o,w} + \Psi_{24} \cdot F_{o,Acc}$		351,09	[kN]
La verifica allo scorrimento risulta:	soddisfatta	$R_d/E_d > \gamma_R$	→ → → 2,19 > 1,1



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

9.2.3. Verifiche al ribaltamento: Combinazione M2

Per di sisma verso l'alto ↑ (-)

	coefficienti SLU		M_{stab} [kN]	M_{rib} [kN]
	γ	ψ_{0j}		
Peso proprio (abbreviazione p-p)	1,0	-	1503,3	-
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1,0	-	-	48,0
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione ter)	1,0	-	-	325,9
Forza di inerzia verticale ($M_{Fv,Tot}^-$)	1,0	-	-	59,9
Forza di inerzia orizzontale ($M_{Fh,Tot}^+$)	1,0	-	-	214,6
Spinta idrodinamica ($M_{rib,w}$)	1,0	-	-	35,9
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione Acc)	1,0	0,3	-	266,9
Tiro alla bitta (abbreviazione Bit)	1,0	0,0	-	237,2

Combinazione di carico n° 1 per sisma agente verso l'alto ↑ (-) e verso il mare ← (+): Carichi variabili - Accidentale		
Calcolo di $R_d = M_{stab,p-p}$	1503,26	[kN]
Calcolo di $E_d = M_{rib,pav} + M_{rib,ter} + M_{Fv}^- + M_{Fh,Tot}^+ + M_{rib,w} + \psi_{24} \cdot M_{rib,Acc}$	764,47	[kN]
La verifica allo scorrimento risulta:	soddisfatta	$R_d/E_d > 1$ →→→ 1,97 > 1,0

Per sisma verso il basso ↓ (+)

	coefficienti SLU		M_{stab} [kN]	M_{rib} [kN]
	γ	ψ_{0j}		
Peso proprio (abbreviazione p-p)	1,0	-	1503,3	-



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1,0	-	-	53,1
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione ter)	1,0	-	-	361,3
Forza di inerzia verticale ($M_{Fv,Tot}^+$)	1,0	-	59,9	-
Forza di inerzia orizzontale ($M_{Fh,Tot}^+$)	1,0	-	-	214,6
Spinta idrodinamica ($M_{rib,w}$)	1,0	-	-	35,9
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione Acc)	1,0	0,3	-	295,1
Tiro alla bitta (abbreviazione Bit)	1,0	0,0	-	237,2

Combinazione di carico n° 1 per sisma agente verso il basso ↓ (+) e verso il mare ← (+): Carichi variabili - Accidentale		
Calcolo di $R_d = M_{stab,p-p} + M_{Fv}^+$	1563,15	[kN]
Calcolo di $E_d = M_{rib,pav} + M_{rib,ter} + M_{Fh,Tot}^+ + M_{rib,w} + \Psi_{24} \cdot M_{rib,Acc}$	753,45	[kN]
La verifica allo scorrimento risulta:	soddisfatta	$R_d/E_d > 1$ →→→ 2,07 > 1,0



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

9.2.4. Verifica capacità portante: Approccio 2 – Combinazione (A1+M1+R3)

Per di sopra verso l'alto ↑ (-)

	coefficienti SLU		F _o	F _v	M _{stab}	M _{rib}
	γ	ψ _{0j}	[kN]	[kN]	[kN·m]	[kN·m]
Peso proprio (abbreviazione p-p)	1,0	-	-	925,1	1503,3	-
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1,0	-	15,4	-	-	37,9
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione ter)	1,0	-	140,8	-	-	257,7
Forza di inerzia verticale (F _{v,Tot} ⁻)	1,0	-	-	-36,9	-	59,9
Forza di inerzia orizzontale (F _{h,Tot} ⁺)	1,0	-	73,7	-	-	214,6
Spinta idrodinamica (abbreviazione w)	1,0	-	22,4	-	-	35,9
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione Acc)	1,0	0,3	85,7	-	-	210,4
Tiro alla bitta (abbreviazione Bit)	1,0	0,0	45,6	-	-	237,2
	φ'	γ _ψ	φ' _d =tan ⁻¹ [tan(φ')/γ _d]			
Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno	[°]	[-]	[°]			
	45,0	1,0	45,0			
Lunghezza L della sezione in fondazione dell'elem. Muro-Cassone	3,0	[m]				
Larghezza B della sezione in fondazione dell'elem. Muro-Cassone	3,3	[m]				

Combinazione di carico n° 1 per sopra agente verso l'alto ↑ (-) e verso il mare ← (+): Carichi variabili - Accidentale		
Calcolo di E _d = F _{v,Tot} + F _{v,Tot} ⁻ (si ipotizza che il carico accidentale agisce sul terrapieno a tergo della banchina)	888,23	[kN]
Calcolo di M _A = M _{stab,p-p} -(M _{rib,pav} +M _{rib,ter} +M _{Fv,Tot} ⁻ +M _{Fh,Tot} ⁺ +M _{rib,w} +ψ ₂₄ ·M _{rib,Acc})	834,1	[kN·m]
Calcolo dell'eccentricità in fondazione e= B/2-M _A /E _d	0,69	[m]
Calcolo della distanza u tra il punto di applicazione della risultante delle forze e il lembo compresso della sez.	0,94	[m]
Calcolo della larghezza ridotta della fondazione B'=2·u	1,88	[m]
Calcolo dell'angolo α=tg ⁻¹ (H/V)=tg ⁻¹ [(F _{o,pav} +F _{o,ter} +F _{Fh,Tot} ⁺ +F _{o,w} +ψ ₂₄ ·F _{o,Acc})/(F _{v,p-p} +F _{v,Tot} ⁻)]	17,4	[°]



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Fattori di capacità portante	$N_q = tg^2(45+\phi'/2) \cdot e^{\pi \cdot tg \phi'}$ (Prandtl, 1921)		$N_c = (N_q - 1) / tg \phi'$ (Reissner, 1924)		$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg \phi'$ (Vesic, 1970)	
	$N_q =$	134,87	$N_c =$	133,9	$N_\gamma =$	271,7
Fattori di inclinazione	$i_q = [1 - 0.5 \cdot H / (V + B' \cdot L \cdot c' \cdot cotg \phi')]^2$ (Hansen, 1970)		$i_c = i_q - [(1 - i_q) / (1 - N_q)]$ (Hansen-Vesic, 1973)		$i_\gamma = [1 - 0.7 \cdot H / (V + B' \cdot L \cdot c' \cdot cotg \phi')]^3$ (Hansen, 1970)	
	$i_q =$	0,71	$i_c =$	0,71	$i_\gamma =$	0,48
Fattori di Profondità	$d_q = 1 + 2k \cdot tan \phi' \cdot (1 - sen \phi')^2$ (Brinch-Hansen, 1970)		$d_c = 1 + 0.4 \cdot k$ (Brinch-Hansen, 1970)		$d_\gamma = 1$ (Brinch-Hansen, 1970)	
	$d_q =$	1,03	$d_c =$	1,1	$d_\gamma =$	1,0
	con k uguale a D/B= 0,15 [m] per D/B<1					
Pressione q a tergo del piano di posa della fondazione					7,0	[kN·m ²]
Peso immerso dell'unità di volume γ' del pietrame di imbasamento					9,0	[kN·m ³]
Coesione efficace c del pietrame di imbasamento					0,0	[kPa]
Calcolo di $R_d = L \cdot B' \cdot (c' \cdot N_c \cdot d_c + i_c + q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q + 1/2 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma)$					10011,59	[kN]
La verifica allo schiacciamento risulta:		soddisfatta		$R_d/E_d > \gamma_R$	$\rightarrow \rightarrow \rightarrow$	11,27 > 2,3

Per sisma verso il basso ↓ (+)

	coefficienti SLU		F_o	F_v	M_{stab}	M_{rib}
	γ	ψ_{oi}	[kN]	[kN]	[kN·m]	[kN·m]
Peso proprio (abbreviazione p-p)	1,0	-	-	925,1	1503,3	-
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1,0	-	17,1	-	-	41,9
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione ter)	1,0	-	156,5	-	-	286,3
Forza di inerzia verticale ($F_{v,Tot}^+$)	1,0	-	-	36,9	59,9	
Forza di inerzia orizzontale ($F_{h,Tot}^+$)	1,0	-	73,7	-	-	214,6
Spinta idrodinamica (abbreviazione w)	1,0	-	22,4	-	-	35,9
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione Acc)	1,0	0,3	95,1	-	-	233,0
Tiro alla bitta (abbreviazione Bit)	1,0	0,0	45,6	-	-	237,2
Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno	ϕ'	γ_ϕ	$\phi'_d = \tan^{-1}[\tan(\phi')/\gamma_\phi]$			
	[°]	[-]	[°]			



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

	45,0	1,0	45,0
Lunghezza L della sezione in fondazione dell'elem. Muro-Cassone	3,0	[m]	
Larghezza B della sezione in fondazione dell'elem. Muro-Cassone	3,3	[m]	

Combinazione di carico n° 1 per sisma agente verso il basso ↓ (+) e verso il mare ← (+): Carichi variabili - Accidentale				
Calcolo di $E_d = F_{v,Tot} + F_{v,Tot}^+$ (si ipotizza che il carico accidentale agisce sul terrapieno a tergo della banchina)			961,94	[kN]
Calcolo di $M_A = M_{stab,p-p} + M_{Fv,Tot}^+ (M_{rib,pav} + M_{rib,ter} + M_{Fh,Tot}^+ + M_{rib,w} + \Psi_{24} \cdot M_{rib,Acc})$			914,5	[kN·m]
Calcolo dell'eccentricità in fondazione $e = B/2 - M_A/E_d$			0,67	[m]
Calcolo della distanza u tra il punto di applicazione della risultante delle forze e il lembo compresso della sez.			0,95	[m]
Calcolo della larghezza ridotta della fondazione $B' = 2 \cdot u$			1,90	[m]
Calcolo dell'angolo $\alpha = \text{tg}^{-1}(H/V) = \text{tg}^{-1}[(F_{o,pav} + F_{o,ter} + F_{Fh,Tot}^+ + F_{o,w} + \Psi_{24} \cdot F_{o,Acc}) / (F_{v,p-p} + F_{v,Tot}^+)]$			17,2	[°]
Fattori di capacità portante	$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi'/2) \cdot e^{-\pi \cdot \text{tg} \phi'} \text{ (Prandtl, 1921)}$		$N_c = (N_q - 1) / \text{tg} \phi' \text{ (Reissner, 1924)}$	
	$N_q =$	134,87	$N_c =$	133,9
Fattori di inclinazione	$i_q = [1 - 0.5 \cdot H / (V + B' \cdot L \cdot c' \cdot \text{cotg} \phi')]^2 \text{ (Hansen, 1970)}$		$i_c = i_q - [(1 - i_q) / (1 - N_q)] \text{ (Hansen-Vesic, 1973)}$	
	$i_q =$	0,71	$i_c =$	0,72
Fattori di Profondità	$d_q = 1 + 2k \cdot \tan \phi' \cdot (1 - \text{sen} \phi')^2 \text{ (Brinch-Hansen, 1970)}$		$d_c = 1 + 0.4 \cdot k \text{ (Brinch-Hansen, 1970)}$	
	$d_q =$	1,03	$d_c =$	1,1
<i>con k uguale a D/B = 0,15 [m] per D/B < 1</i>				
Pressione q a tergo del piano di posa della fondazione			7,0	[kN·m ²]
Peso immerso dell'unità di volume γ' del pietrame di imbasamento			9,0	[kN·m ³]
Coesione efficace c del pietrame di imbasamento			0,0	[kPa]
Calcolo di $R_d = L \cdot B' \cdot (c' \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q + 1/2 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma)$			10274,23	[kN]
La verifica allo schiacciamento risulta:			soddisfatta	$R_d/E_d > \gamma_R \rightarrow \rightarrow \rightarrow 10,68 > 2,3$



10. MURO PARAONDE

10.1. Caratteristiche del moto ondoso

Per poter procedere al dimensionamento delle opere a gettata che andranno a costituire le dighe frangiflutti del porto turistico di S. Stefano di Camastra, è stato necessario dapprima stabilire, in termini probabilistici, le caratteristiche delle forzanti ondose.

Tale aspetto è stato approfondito nei paragrafi precedenti.

10.1.1. Tempo di Ritorno per il calcolo dell'onda di progetto

Il moto ondoso utilizzato per i dimensionamenti idraulico marittimi a ridosso delle opere portuali è stato determinato considerando le limitazioni dovute al frangimento del moto ondoso sui bassi fondali ivi presenti.

Le altezze d'onda massime frangenti sono state quindi determinate per tali fondali limitanti mediante le espressioni dovute a Kamphuis e riportate di sotto forma di tabulato di calcolo nel precedente capitolo 2 al quale si rimanda.

10.1.2. Pressioni indotte dal moto ondoso sui muri paraonde

Le azioni esercitate dal moto ondoso sul muro paraonde sono calcolate mediante la formulazione proposta da F. L. Martin et al. (Coastal Engineering, 1999). Tale metodo, basato su osservazioni sperimentali, consente di calcolare:

- ✓ le distribuzioni delle pressioni indotte dall'onda di progetto sul paramento verticale del muro paraonde;
- ✓ le distribuzioni delle pressioni di up-lift agenti sulla base del muro paraonde.

A partire dai risultati dello studio sperimentale condotto presso il Laboratorio di Ingegneria dell'Università della Cantabria, (Losada et al, 1995; Martin, 1995.), gli autori osservano che una singola onda produce due picchi di pressione, il primo generato durante il brusco cambiamento di direzione dell'onda incidente (per effetto del muro paraonde), il secondo registrato immediatamente dopo l'istante di massima risalita del moto ondoso (correlato al progressivo avvicinamento della massa d'acqua al paramento del muro paraonde).

Si riportano di seguito le espressioni formulate dagli autori per la determinazione dei diagrammi di pressioni da assumere nelle verifiche progettuali, conseguenti al primo ed al secondo picco.



Primo picco - Dynamic Pressures

La distribuzione delle pressioni conseguente al primo picco si mantiene costante lungo il paramento verticale del muro paraonde, con valori differenti a seconda che il muro sia protetto o meno dai massi della mantellata..

Il profilo delle pressioni $P_d(z)$, può essere rappresentato mediante la seguente espressione:

$$P_d(z) = \begin{cases} P_{S0} & \text{per } z > A_c \\ \lambda \cdot P_{S0} & \text{per } w_f < z < A_c \end{cases} \quad (3)$$

dove λ è un coefficiente che tiene conto della schermatura offerta dai massi della mantellata che rivestono il muro paraonde, P_{S0} è il valore associato al primo picco, A_c è la quota sommitale della mantellata e w_f è la quota a cui si trova la base del muro paraonde. Si precisa che tutte le quote si riferiscono al l.m.m.

F.L. Martin et al. / Coastal Engineering 37 (1999) 149–174

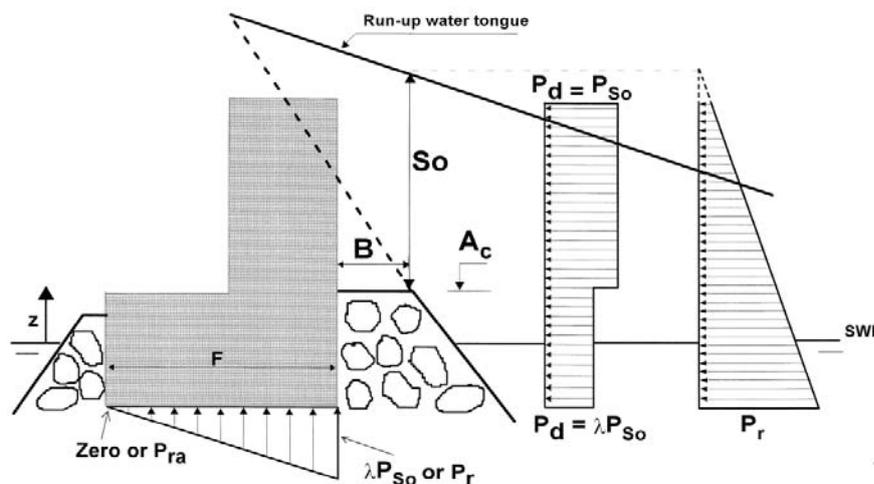


Figura18: Schema per il calcolo dei diagrammi di pressione con le espressioni F. L. Martin et al (1999)

Il valore della pressione P_{S0} all'estradosso della mantellata per $z = A_c$, è linearmente correlata allo spessore dell'acqua a quel livello S_0 , e può essere valutata mediante la seguente espressione (Martin, 1995):

$$P_{S0} = \alpha \cdot \rho \cdot g \cdot S_0 \quad (4)$$

ove:



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

ρ è la densità dell'acqua marina;

g è l'accelerazione di gravità;

α è un parametro adimensionale determinato come:

$$\alpha = 2.9 \cdot [(Ru/H) \cdot \cos \beta]^2 \quad (5)$$

essendo H il valore dell'altezza massima associata all'onda di progetto al piede delle scogliera, β l'inclinazione del paramento esterno della mantellata e Ru . Questo viene determinato mediante la formulazione proposta dagli autori e di seguito riportata:

$$Ru/H = A_u \cdot [1 - \exp(B_u \cdot I_r)] \quad (6)$$

ove:

$I_r = \tan \beta / (H/L_0)^{0.5}$ è il parametro di Iribarren (1965),

L_0 è lunghezza dell'onda in acque profonde;

A_u e B_u sono dei coefficienti empirici che dipendono dal tipo di massi utilizzati per la mantellata, ovvero dalla porosità che questa assume. Per la determinazione di questi valori si utilizza l'abaco fornito da Losada (1992), riportato in Figura 19.

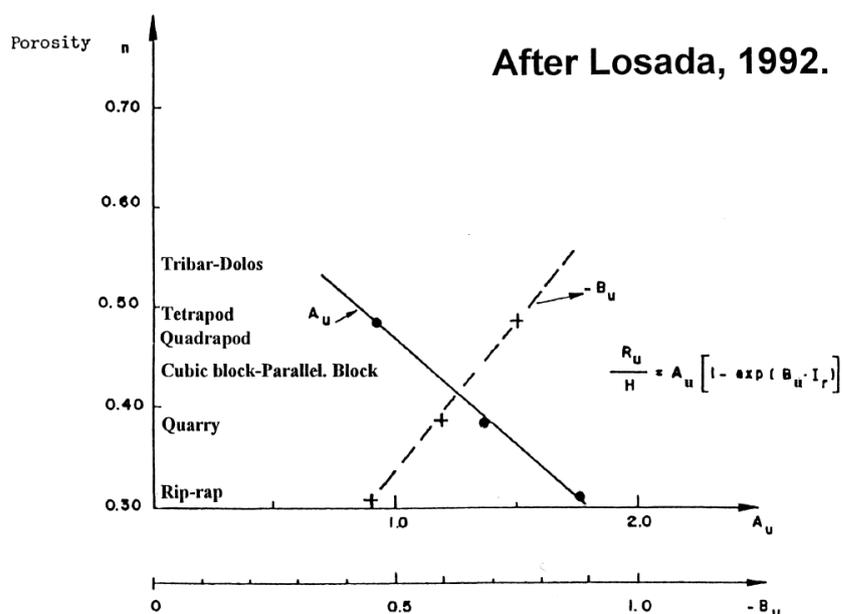


Figura 19: A_u e B_u coefficienti per il calcolo del run-up in funzione della porosità della mantellata

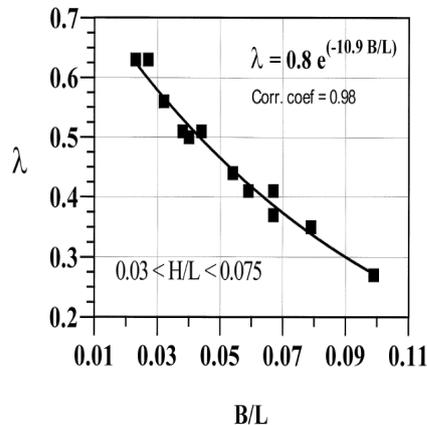


Figura 20: valori sperimentali di λ al variare del rapporto B/L.

Per il calcolo dello spessore d'acqua S_0 gli autori forniscono la seguente espressione:

$$S_0 = H \cdot (1 - A_c / Ru) \quad (7)$$

Come si evince dalla figura 20, per la determinazione del parametro λ si utilizza l'espressione analitica, $\lambda = 0.8 \cdot \exp[-10.9 \cdot B/L]$, che meglio interpola i dati relativi a esperienze condotte in canale artificiale con onde monocromatiche, determinata per valori di $0.03 < H/L < 0.075$. Tali valori risultano in accordo con quelli determinati da Jensen (1984) e Günbak e Gökce (1984).

Secondo Picco – Reflecting Pressures

F. L. Martin et al. (Coastal Engineering, 1999) osservano che al verificarsi del secondo picco, la distribuzione delle pressioni registrate lungo la parete del muro paraonde assume un andamento linearmente crescente dalla sommità verso il piede del muro, secondo la seguente formulazione:

$$P_r(z) = \mu \cdot \rho \cdot g \cdot (S_0 + A_c - z) \quad \text{per } w_f < z < A_c + S_0 \quad (8)$$

dove il parametro adimensionale, $\mu = a \cdot e^{c \cdot (H/L - b)^2}$, è stato valutato sperimentalmente per test con onde monocromatiche.

I valori delle costanti a, b e c (vedi Tabella 5) dipendono dal rapporto tra la larghezza della berma orizzontale misurata in sommità e il parametro le determinato come lato del cubo equivalente, avente un peso pari al peso medio dei massi che costituiscono la mantellata. Tali valori sono riportati nella seguente tabella.



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

<i>B/le</i>	a	b	c
1	0.446	0.068	259
2	0.362	0.069	357.1
3	0.296	0.073	383.1

Tabella 5- Valori dei parametri a, b, e c (F.L. Martin et al.,1999)



10.1.3. Pressioni di up-lift

Gli autori assumono un diagramma delle pressioni di up-lift agenti alla base del muro paraonde di tipo lineare. Nel caso specifico, come si evince dalla Figura 18, per determinare l'andamento di questa distribuzione teorica, occorre determinare le pressioni in corrispondenza del paramento esterno e del paramento interno del solettone di fondazione. Poiché tali sottopressioni hanno valori differenti a seconda dello schema analizzato, si assume:

Primo picco - Dynamic Pressures:

$$P_s = \begin{cases} \lambda \cdot P_{S0} & \text{in corrispondenza del paramento esterno} \\ 0 & \text{in corrispondenza del paramento interno} \end{cases} \quad (9)$$

Secondo Picco - Reflecting Pressures:

$$P_s = \begin{cases} P_{re} & \text{in corrispondenza del paramento esterno} \\ P_{ra} & \text{in corrispondenza del paramento interno} \end{cases} \quad (10)$$

dove il valore di P_{ra} può essere determinato in funzione del rapporto tra la larghezza F , misurata alla base del muro paraonde e la lunghezza L dell'onda calcolata al piede della scogliera, mediante l'uso dell'abaco riportato in Figura 21.

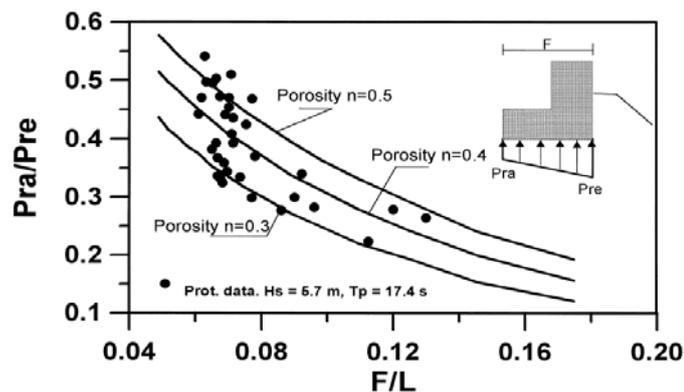


Figura 21: valori del rapporto P_{ra}/P_{re} in funzione della porosità n e del rapporto F/L .



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

10.1.4. Calcolo delle spinte idrodinamiche sul muro paraonde della diga di sottoflutto

Le azioni esercitate dal moto ondoso sul muro paraonde sono state calcolate con la metodologia descritta nei paragrafi precedenti e di seguito riportate:

Sez. D-D

Il tronco diga graticizzato nella sez. D-D prevede, la posa del nucleo in tout venant, dello strato filtro da 1 a 3 t (spessore del doppio strato pari a 1,80 m) e dei massi naturali di IV categoria (da 7 a 10 t) aventi spessore del doppio strato pari a 3,00 m e la berma al piede esterno in massi naturali da 3 a 7 t, con la pendenza esterna pari a 2 su 3.

Il coronamento della mantellata è previsto a +7,00 m s.l.m.m. mentre il muro paraonde è caratterizzato da una quota di coronamento pari a +7,60 m s.l.m.m.

Wave loads on rubble mound breakwater crown walls

Formulazione di Francisco L. Martin, Miguel A. Losada, Raul Medina (Coastal Engineering 37 1999. 149–174)

Onda di progetto

$H_s =$	2,98	m	Altezza d'onda al piede dell'opera (comprensiva di sovrizzo)
$H_{max} =$	5,96	m	Altezza d'onda di calcolo
$T_p =$	12,8	s	Periodo di picco da relazione meteomarina
$L_0 =$	256	m	Lunghezza d'onda in acqua profonda corrispondente al periodo di picco
$L_p =$	86,1	m	Lunghezza d'onda al piede dell'opera Kamphuis
$s_{op} =$	0,069	-	Ripidità dell'onda al piede dell'opera
$\gamma_w =$	10,1	kN/m ³	Peso Specifico dell'acqua marina

Dimensioni struttura

$h =$	4,30	m s.l.m.	Profondità del fondale al piede dell'opera
$s^+ =$	0,50	m s.l.m.	Sovrizzo del livello marino
$h' =$	4,80	m s.l.m.	Profondità di calcolo
$A_c =$	7,00	m s.l.m.	Quota sommitale della berma
$B =$	4,65	m	Larghezza sommitale della berma
$\tan \beta =$	2/3	-	Pendenza della mantellata
$\beta =$	0,59	rad	
$\cos \beta =$	0,83	-	
$w_c =$	7,60	m s.l.m.	Quota sommitale del muro paraonde
$w_f =$	0,20	m s.l.m.	Quota di imbasamento del muro paraonde
$F =$	6,50	m	Larghezza in fondazione del muro paraonde
$n =$	0,46	-	Porosità mantellata in massi artificiali tipo Antifer
$l_e =$	1,80	m	Lato del cubo equivalente di peso pari al peso medio dei massi della mantellata



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Pressioni esercitate durante il primo picco - Dynamic Pressures

$z = A_c =$	7,00	m s.l.m.	Quota di calcolo
$I_r =$	4,37	-	Parametro di Iribarren (1965)
<i>COLLAPSING</i>			Tipo di Frangente
$A_u =$	1,25	-	Parametro determinato graficamente in funzione della porosità n
$B_u =$	-0,72	-	Parametro determinato graficamente in funzione della porosità n
$R_u =$	7,13	m	Run-up associato all'altezza d'onda H_{max}
$S_0 =$	0,11	m	Spessore d'acqua compreso tra la superficie di run-up e la mantellata
$ctg \beta =$	1,50	-	$1 < ctg \beta < 2.5$: valore di controllo per la validità della formulazione adottata per S_0
$\alpha =$	2,87	-	
$\lambda =$	0,44	-	
$s_{op} =$	0,069	-	$0.03 < s_{op} < 0.075$: valore di controllo per la validità della formulazione adottata per λ

Risultati

$P_d = P_{S0} =$	3,1	kN/m²	press. idrod. nel tratto di muro non protetto dalla scogliera, ovvero per $z > A_c$
$P_d = \lambda * P_{S0} =$	1,4	kN/m²	press. Idrod. nel tratto di muro schermato dalla scogliera, per $w_f < z < A_c$
$P_{se,1} = P_d = \lambda * P_{S0} =$	1,4	kN/m²	pressione di up-lift esercitata sul bordo esterno (lato mare) della fondazione
$P_{si,1} =$	0	kN/m²	pressione di up-lift esercitata sul bordo interno della fondazione

Pressioni esercitate durante il secondo picco - Reflecting Pressures

$B/L = 0,054$ - $H/L = 0,069$ -

Table 1 Costal Engineering 37 (1999 149-174)

B/le	a	b	c
1	0,446	0,068	259
2	0,362	0,069	357,1
3	0,296	0,073	383,1

$a = 0,296$

$B/le = 2,58$ → → → → $c = 383,1$

$b = 0,073$

$\mu = 0,298$

$F/L = 0,075$

$P_{ra}/P_{re} = 0,4$ - Parametro determinato grafic. in funzione del rapporto F/L e ella porosità n

Risultati



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

**Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra**

$P_r = (z=w_c)$	-1,5	kN/m²	pressione idrostatica in sommità al muro poraonde $z=w_c$
$P_r = (z=w_f)$	20,8	kN/m²	pressione idrostatica al piede del muro poraonde $z=w_f$
$P_{se,2}=P_{re} =$	20,8	kN/m²	pressione di up-lift esercitata sul bordo esterno (lato mare) della fondazione
$P_{se,2}=P_{ra} =$	8,3	kN/m²	pressione di up-lift esercitata sul bordo interno della fondazione



10.2. Verifiche allo Stato Limite Ultimo

Le verifiche dei muri paraonde sono state condotte, in conformità a quanto disposto dal D.M. 14 Gennaio 2008 “Norme tecniche sulle costruzioni” e nel rispetto della normativa riportata nel par. 2, attraverso il metodo dei coefficienti parziali secondo cui gli effetti delle condizioni di carico non devono superare quelle compatibili con lo stato limite considerato. Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi quanto detto si traduce nel rispetto della seguente disequazione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

E_d valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;

R_d valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

L'effetto delle azioni e della resistenza possono essere espresse in funzione delle azioni di progetto $\gamma_F F_k$, dei parametri di progetto X_k/γ_M e della geometria di progetto a_d , mentre nella formulazione della resistenza compare un coefficiente γ_R che opera direttamente sulla resistenza del sistema:

$$E_d = E \left[\gamma_F F_k ; \frac{X_k}{\gamma_M} ; a_d \right]$$

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[\gamma_F F_k ; \frac{X_k}{\gamma_M} ; a_d \right]$$

I valori delle azioni di progetto possono essere esplicitate mediante le seguenti combinazioni:

Combinazione SLU: $\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} \Psi_{02} Q_{k2} + \dots$

Combinazione sismica: $E + G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} Q_{k1} + \Psi_{22} Q_{k2} + \dots$

dove:

G_1 sono i carichi permanenti strutturali;

G_2 sono i carichi permanenti non strutturali;

E azione sismica;

Q_{k1} azione variabile dominante;

Q_{kj} azioni variabili restanti;

γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili;

γ_{G1} coefficiente parziale dei carichi permanenti strutturali;



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

γ_{G2} coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali;

Ψ_{0j}, Ψ_{2j} coefficienti di combinazione delle azioni.



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

10.2.1. Coefficienti parziali adottati per le azioni, per le resistenze e per le verifiche

Nel seguito vengono riportati sinteticamente tutti i coefficienti parziali utilizzati nelle verifiche di stabilità dei muri paraonde.

Muro paraonde – Stato Limite Ultimo

Verifiche GEO alla traslazione:

Approccio 1 - Combinazione 1 - (A1+M1+R1):

A1						M1		R1
$\gamma_{G,fav}$	$\gamma_{G,fav}$	$\gamma_{Q,fav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	γ_{ψ}	γ_{γ}	γ_R
1.0	1.0	0.0	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1
p-p _N	p-p _T	S _{w-d,N}	S _{w-d,T}	S _{s,N}	S _{s,T}	terreno	terreno	scorrimento

Approccio 1 - Combinazione 2 - (A2+M2+R2):

A2						M2		R2
$\gamma_{G,fav}$	$\gamma_{G,fav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	γ_{ψ}	γ_{γ}	γ_R
1.0	1.0	0.0	1.3	1.3	1.3	1.3	1.0	1.1
p-p _N	p-p _T	S _{w-d,N}	S _{w-d,T}	S _{s,N}	S _{s,T}	terreno	terreno	scorrimento

con:

Componenti delle azioni ortogonali al piano di fondazione	
Abbreviazione	Descrizione
p-p _N	Peso proprio
w-d,N	Spinta idrodinamica del moto ondoso
s,N	Sottospinta del moto ondoso

Componenti delle azioni tangenti al piano di fondazione	
Abbreviazione	Descrizione
p-p _T	Peso proprio
w-d,T	Spinta dinamica e statica del moto ondoso
s,T	Sottospinta del moto ondoso



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Verifiche EQU al ribaltamento:

Combinazione: (AEQU+M2)

A_{EQU}			M2		R
$\gamma_{G,fav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	γ_{ψ}	γ_{γ}	γ_R
0.9	1.5	1.5	1.3	1.0	1
peso proprio	Spinta idrodinamica del moto ondoso	Sottospinta del moto ondoso	terreno	terreno	ribaltamento

Verifiche GEO alla schiacciamento:

Approccio 2 - Combinazione (A1+M1+R3):

A1			M1		R3
$\gamma_{G,fav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	γ_{ψ}	γ_{γ}	γ_R
1.0	1.5	1.5	1.0	1.0	2.3
peso proprio	Spinta idrodinamica del moto ondoso	Sottospinta del moto ondoso	terreno	terreno	capacità portante



10.2.2. Verifiche di stabilità

Verifiche alla traslazione

La condizione di stabilità alla traslazione dei muri paraonde è stata accertata verificando la condizione:

$$R_d / E_d > 1$$

dove:

R_d è dato dal prodotto della risultante della combinazione delle forze favorevoli per il coefficiente di attrito μ ;

E_d è la risultante della combinazione delle forze sfavorevoli.

Per il coefficiente di attrito μ si assumono i seguenti valori:

$\mu = \tan(\phi_d)$ nel caso di verifica rispetto alla base della fondazione dell'intero muro, essendo ϕ_d l'angolo di attrito interno di progetto del terreno, ottenuto come:

$$\phi_d = \arctan\left(\frac{\tan(\phi_k)}{\gamma_{\phi'}}\right)$$

ove $\gamma_{\phi'}$ è il coefficiente parziale riportato nella Tab. 6.2.II delle NTC 08 dei coefficienti parziali per i parametri geotecnici.

Verifiche al ribaltamento

La condizione di stabilità alla rotazione dei muri paraonde è stata accertata verificando la condizione:

$$R_d / E_d > 1$$

dove:

- R_d è dato dalla risultante della combinazione dei momenti favorevoli (stabilizzanti);
- E_d è la risultante della combinazione dei momenti sfavorevoli (ribaltanti).

Verifiche della capacità portante in condizioni drenate

La verifica a collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno è stata accertata verificando la condizione:

$$R_d / E_d > 1$$

con:

- R_d coincidente con la tensione limite q_{lim} ammessa dal terreno;



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

- E_d pari alla pressione massima agente sul terreno in conseguenza dell'applicazione della combinazione delle azioni considerata.

Per la valutazione del carico unitario limite si adotta la formulazione di Brinch-Hansen (11) per fondazione nastriforme e carico inclinato.

$$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q + 1/2 \cdot \gamma \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \quad (11)$$

con:

- N_c, N_q, N_γ fattori di capacità portante dipendenti dall'angolo di attrito ϕ' ;
- i_c, i_q, i_γ fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico;
- d_c, d_q, d_γ fattori correttivi che dipendono dalla profondità del piano di posa.

Nelle verifiche effettuate, il coefficiente γ è stato assunto pari al peso secco dell'unità di volume γ_d , nel caso di piano di fondazione sopra il l.m.m. e coincidente al peso immerso dell'unità di volume γ , nel caso di piano di fondazione posto sotto il l.m.m.

Per il calcolo dei fattori di inclinazione i_q ed i_γ si adotta la formulazione di Hansen (1970), "(...) usando però un esponente 2 nell'espressione di i_q e di 3 in quella di i_γ , invece del 5..." come indicato nel testo "Foundation Analysis and Design" (Joseph E. Bowles, 1988). Rimossa l'ipotesi di carico baricentrico, il valore B' della base ridotta, definita come la minima superficie rispetto alla quale il carico risulta centrato (Meyerhof, 1953), è stato calcolato come:

- $B'=B-2e$ nel caso di sezione interamente reagente, con B larghezza della fondazione ed e eccentricità data da:

$$e = \frac{B}{2} - \frac{M_A}{E_d}$$

ove M_A rappresenta la risultante dei momenti calcolati rispetto al polo di rotazione A ed E_d risultante delle azioni verticali;

- $B'=2u$ nel caso di parzializzazione della sezione di fondazione. In questo caso la larghezza della sezione reagente risulta pari al doppio della distanza u tra il punto di applicazione delle azioni verticali E_d e il lembo compresso della sezione.



10.3. Verifiche SLU del muro paraonde di sez D-D

Il muro paraonde a protezione del piazzale è una struttura in calcestruzzo cementizio debolmente armato resistente per gravità alle azioni indotte dal moto ondoso. Non disponendo di misure dirette delle pressioni agenti lungo la superficie di perimetrazione del muro stesso, per la determinazione delle azioni idrodinamiche agenti sul paramento esterno e delle sottospinte esercitate si è adottata formulazione di F. L. Martin et al. (Coastal Engineering, 1999).

Con riferimento allo schema di calcolo adottato e di seguito riportato in Fig. 10.1, si precisa che la verifica allo scorrimento viene eseguita sul piano inclinato che va dal punto A (centro di istantanea rotazione) al punto B (posto sul lato interno del taglione) e che forma con l'orizzontale un angolo β pari a 5.1° . Pertanto, nella suddetta verifica in luogo del coefficiente di attrito opera-terreno si considera il coefficiente di attrito terreno-terreno, calcolato a partire dall'angolo di attrito residuo, o a volume costante, ϕ'_{cv} pari a 37.5° per cui si verifica la rottura a taglio del terreno.

Le verifiche effettuate risultano sempre soddisfatte. Nel calcolo dei diagrammi delle pressioni di uplift, a vantaggio di sicurezza, non si è valutata la presenza degli sfiati.

Si riportano i risultati delle elaborazioni effettuate.



Calcolo delle Azioni

Peso Proprio del muro paraonde e relativo momento rispetto al polo A

N_{p-p}	542.40	kN per m
b_{p-p}	3.89	m
M_{p-p}	2109.94	kN/m per m

Calcolo delle spinte idrodinamiche orizzontali e delle sottospinte

Spinta orizzontale - Dynamic Pressures			Sottospinta - Dynamic Pressures		
S_{w-dp}	11,38	kN per m	S_{s-dp}	4,55	kN per m
b_{w-dp}	3,60	m	b_{s-dp}	4,33	m
M_{w-dp}	41,02	kN/m per m	M_{s-dp}	19,72	kN/m per m

Spinta orizzontale - Reflecting Pressures			Sottospinta - Dynamic Pressures		
S_{w-rp}	71,36	kN per m	S_{s-rp}	94,48	kN per m
b_{w-rp}	1,88	m	b_{s-rp}	3,71	m
M_{w-rp}	133,97	kN/m per m	M_{s-rp}	350,93	kN/m per m

Si precisa che i valori delle spinte idrodinamiche e delle sottospinte relative al primo (Dynamic Pressures) ed al secondo (Reflecting Pressures) picco devono essere valutati alternativamente nelle verifiche di stabilità del muro paraonde.



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

10.3.1. Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 1 (A1+M1+R1)

Primo picco - Dynamic Pressures

Inclinazione β della superficie di scorrimento potenziale del muro rispetto al piano orizzontale	[rad]	[°]
	0,088656	5,1

Azioni		
Peso proprio (abbreviazione $p-p_N$)	542,40	(kN/m)
Spinta idrodinamica del moto ondoso - Dynamic Pressures - (abbreviazione $S_{w-dp,N}$)	11,38	(kN/m)
Sottospinta del moto ondoso - Dynamic Pressures - (abbreviazione $S_{s-dp,N}$)	4,55	(kN/m)

	γ	F_N	F_T
	[-]	(kN/m)	(kN/m)
Componenti ortogonali al piano inclinato			
Peso proprio (abbreviazione $p-p_N$)	1,0	540,3	-
Spinta idrodinamica del moto ondoso (abbreviazione $w-dp,N$)	0,0	1,0	-
Sottospinta del moto ondoso (abbreviazione $s-dp,N$)	1,5	4,5	-
Componenti parallele al piano inclinato			
Peso proprio (abbreviazione $p-p_T$)	1,0	-	48,02
Spinta idrodinamica del moto ondoso (abbreviazione $w-dp,T$)	1,5	-	11,34
Sottospinta del moto ondoso (abbreviazione $s-dp,T$)	1,5	-	0,40

Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno o terreo-terreno	ϕ'_{cv}	γ_ψ	$\phi'_d = \tan^{-1}[\tan(\phi'_{cv})/\gamma_d]$	$\mu = \tan(\phi'_d)$
	[°]	[-]	[°]	[-]
	37,5	1,0	37,5	0,8

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO: Approccio 1 - Combinazione 1 (A1+M1+R1)		
Calcolo di $R_d = \mu \cdot (\gamma_{G,fav} \cdot F_{p-p,N} + \gamma_{Q,fav} \cdot F_{w-dp,N} - \gamma_{Q,sfav} \cdot F_{s-dp,N})$	409,35	[kN]
Calcolo di $E_d = \gamma_{Q,sfav} \cdot (F_{w-dp,T} + F_{s-dp,T}) - \gamma_{G,fav} \cdot F_{p-p,T}$	-30,42	[kN]
La verifica allo scorrimento risulta:	soddisfatta	$R_d/E_d > \gamma_R \quad - \rightarrow - \rightarrow - \quad 13,46 > 1,0$

Secondo picco - Reflecting Pressures



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Inclinazione β della superficie di scorrimento potenziale del muro rispetto al piano orizzontale	[rad]	[°]
	0,088656	5,1

Azioni		
Peso proprio (abbreviazione $p-p_N$)	542,40	(kN/m)
Spinta idrodinamica del moto ondoso - Reflecting Pressures - (abbreviazione $S_{w-dr,N}$)	71,36	(kN/m)
Sottospinta del moto ondoso - Reflecting Pressures - (abbreviazione $S_{s-dr,N}$)	94,48	(kN/m)

	γ	F_N	F_T
	[-]	(kN/m)	(kN/m)
Componenti ortogonali al piano inclinato			
Peso proprio (abbreviazione $p-p_N$)	1,0	540,3	-
Spinta idrodinamica del moto ondoso (abbreviazione $w-dr,N$)	0,0	6,3	-
Sottospinta del moto ondoso (abbreviazione $s-dr,N$)	1,5	94,1	-
Componenti parallele al piano inclinato			
Peso proprio (abbreviazione $p-p_T$)	1,0	-	48,02
Spinta idrodinamica del moto ondoso (abbreviazione $w-dr,T$)	1,5	-	71,08
Sottospinta del moto ondoso (abbreviazione $s-dr,T$)	1,5	-	8,37

Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno o terreo-terreno	ϕ'_{cv}	γ_ψ	$\phi'_d = \tan^{-1}[\tan(\phi'_{cv})/\gamma_d]$	$\mu = \tan(\phi'_d)$
	[°]	[-]	[°]	[-]
	37,5	1,0	37,5	0,8

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO: Approccio 1 - Combinazione 1 (A1+M1+R1)		
Calcolo di $R_d = \mu \cdot (\gamma_{G,fav} \cdot F_{p-p,N} + \gamma_{Q,fav} \cdot F_{w-dr,N} - \gamma_{Q,sfav} \cdot F_{s-dr,N})$	306,24	[kN]
Calcolo di $E_d = \gamma_{Q,sfav} \cdot (F_{w-dr,T} + F_{s-dr,T}) - \gamma_{G,fav} \cdot F_{p-p,T}$	71,14	[kN]
La verifica allo scorrimento risulta:	soddisfatta	$R_d/E_d > \gamma_R \rightarrow \rightarrow 4,30 > 1,0$



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

10.3.2. Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2)

Primo picco - Dynamic Pressures

Inclinazione β della superficie di scorrimento potenziale del muro rispetto al piano orizzontale	[rad]	[°]
	0,088656	5,1

Azioni		
Peso proprio (abbreviazione $p-p_N$)	542,40	[kN]
Spinta idrodinamica del moto ondoso - Dynamic Pressures - (abbreviazione $S_{w-dp,N}$)	11,38	[kN]
Sottospinta del moto ondoso - Dynamic Pressures - (abbreviazione $S_{s-dp,N}$)	4,55	[kN]

	coefficienti SLU		
	Coeff. Parziali γ	F_N	F_T
	[-]	[kN]	[kN]
Componenti ortogonali al piano inclinato			
Peso proprio (abbreviazione $p-p_N$)	1,0	540,3	-
Spinta idrodinamica del moto ondoso (abbreviazione $w-dp,N$)	0,0	1,0	-
Sottospinta del moto ondoso (abbreviazione $s-dp,N$)	1,3	4,5	-
Componenti parallele al piano inclinato			
Peso proprio (abbreviazione $p-p_T$)	1,0	-	48,02
Spinta idrodinamica del moto ondoso (abbreviazione $w-dp,T$)	1,3	-	11,34
Sottospinta del moto ondoso (abbreviazione $s-dp,T$)	1,3	-	0,40

Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno o terreo-terreno	ϕ'	γ_ψ	$\phi'_d = \tan^{-1}[\tan(\phi')/\gamma_d]$	$\mu = \tan(\phi'_d)$
	[°]	[-]	[°]	[-]
	37,5	1,3	31,5	0,6

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO: Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2)		
Calcolo di $R_d = \mu \cdot (\gamma_{G,fav} \cdot F_{p-p,N} + \gamma_{Q,fav} \cdot F_{w-dp,N} - \gamma_{Q,sfav} \cdot F_{s-dp,N})$	328,03	[kN]
Calcolo di $E_d = \gamma_{Q,sfav} \cdot (F_{w-dp,T} + F_{s-dp,T}) - \gamma_{G,fav} \cdot F_{p-p,T}$	-32,76	[kN]
La verifica allo scorrimento risulta:	ssoddisfatta	$R_d/E_d > \gamma_R \rightarrow \rightarrow \rightarrow 10,01 > 1,1$



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Secondo picco - Reflecting Pressures

Inclinazione β della superficie di scorrimento potenziale del muro rispetto al piano orizzontale	[rad]	[°]
	0,088656	5,1

Azioni		
Peso proprio (abbreviazione $p-p_N$)	542,40	[kN]
Spinta idrodinamica del moto ondoso - Reflecting Pressures - (abbreviazione $S_{w-dr,N}$)	71,36	[kN]
Sottospinta del moto ondoso - Reflecting Pressures - (abbreviazione $S_{s-dr,N}$)	94,48	[kN]

	coefficienti SLU		
	Coeff. Parziali γ	F_N	F_T
	[-]	[kN]	[kN]
Componenti ortogonali al piano inclinato			
Peso proprio (abbreviazione $p-p_N$)	1,0	540,3	-
Spinta idrodinamica del moto ondoso (abbreviazione $w-dr,N$)	0,0	6,3	-
Sottospinta del moto ondoso (abbreviazione $s-dr,N$)	1,3	94,1	-
Componenti parallele al piano inclinato			
Peso proprio (abbreviazione $p-p_T$)	1,0	-	48,02
Spinta idrodinamica del moto ondoso (abbreviazione $w-dr,T$)	1,3	-	71,08
Sottospinta del moto ondoso (abbreviazione $s-dr,T$)	1,3	-	8,37

Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno o terreo-terreno	ϕ'	$\gamma_{\phi'}$	$\phi'_d = \tan^{-1}[\tan(\phi')/\gamma_{\phi'}]$	$\mu = \tan(\phi'_d)$
	[°]	[-]	[°]	[-]
	37,5	1,3	31,5	0,6

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO: Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2)		
Calcolo di $R_d = \mu \cdot (\gamma_{G,fav} \cdot F_{p-p,N} + \gamma_{Q,fav} \cdot F_{w-dr,N} - \gamma_{Q,sfav} \cdot F_{s-dr,N})$	256,55	[kN]
Calcolo di $E_d = \gamma_{Q,sfav} \cdot (F_{w-dr,T} + F_{s-dr,T}) - \gamma_{G,fav} \cdot F_{p-p,T}$	55,25	[kN]
La verifica allo scorrimento risulta:	soddisfatta	$R_d/E_d > \gamma_R \rightarrow \rightarrow \rightarrow 4,64 > 1,1$



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

10.3.3. Verifiche al ribaltamento: Combinazione AEQU+M2

Equilibrio statico di corpo rigido - Verifica al ribaltamento (Insieme A): Combinazione → EQU+M2

Primo picco - Dynamic Pressures

A _{EQU}			M2	
$\gamma_{G,fav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	γ_{ψ}	γ_{γ}
0,9	1,5	1,5	1,3	1,0
p-p	S_{w-dp}	S_{s-dp}	terreno	terreno

Momenti		
Peso proprio (abbreviazione p-p _N)	2109,94	[(kN m)/m]
Spinta idrodinamica del moto ondoso - Dynamic Pressures - (abbreviazione $S_{w-dp,N}$)	41,02	[(kN m)/m]
Sottospinta del moto ondoso - Dynamic Pressures - (abbreviazione $S_{s-dp,N}$)	19,72	[(kN m)/m]

VERIFICA AL RIBALTAMENTO: Combinazione A_{EQU}+M2		
Calcolo di $R_d = \gamma_{G,fav} \cdot M_{p-p}$	1898,94	[(kN m)/m]
Calcolo di $E_d = \gamma_{Q,sfav} \cdot (M_{w-dp} + M_{s-dp})$	91,11	[(kN m)/m]
La verifica allo scorrimento risulta:	soddisfatta	$R_d/E_d > \gamma_R \rightarrow \rightarrow \rightarrow 20,84 > 1,0$

Equilibrio statico di corpo rigido - Verifica al ribaltamento (Insieme A): Combinazione → EQU+M2

Secondo picco - Reflecting Pressures

A _{EQU}			M2	
$\gamma_{G,fav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	γ_{ψ}	γ_{γ}
0,9	1,5	1,5	1,3	1,0
p-p	S_{w-dr}	S_{s-dr}	terreno	terreno

Momenti		
Peso proprio (abbreviazione p-p _N)	2109,94	[(kN m)/m]
Spinta idrodinamica del moto ondoso - Reflecting Pressures - (abbreviazione $S_{w-dr,N}$)	133,97	[(kN m)/m]
Sottospinta del moto ondoso - Reflecting Pressures - (abbreviazione $S_{s-dr,N}$)	350,93	[(kN m)/m]



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

VERIFICA AL RIBALTAMENTO: Combinazione A _{EQU} +M2		
Calcolo di $R_d = \gamma_{G, fav} \cdot M_{p-p}$	1898,94	[[kN m)/m]
Calcolo di $E_d = \gamma_{Q, sfav} \cdot (M_{w-dr} + M_{s-dr})$	727,35	[[kN m)/m]
La verifica allo scorrimento risulta:	soddisfatta	$R_d/E_d > \gamma_R \rightarrow \rightarrow \rightarrow 2,61 > 1,0$



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

10.3.4. Verifica capacità portante: Approccio 2 – Combinazione (A1+M1+R3)

Primo picco - Dynamic Pressures

	Coeff. Parziali γ	Azioni		Momenti	
		F_o	F_v	M_{stab}	M_{ri}
		(kN/m)	(kN/m)	[(kN m)/m]	[(kN m)/m]
Peso proprio (abbreviazione p-p _N)	1,0	-	542,40	2109,94	-
Spinta idrod.m. o. - Dynamic Pressures - (abbrev. S _{w-dp,N})	1,5	11,38	-	-	41,02
Sottospinta m. o. - Dynamic Pressures - (abbrev. S _{s-dp,N})	1,5	-	4,55	-	19,72

Determinazione angolo di attrito di progetto	ϕ'_{cv}	$\gamma\psi$	$\phi'_a = \tan^{-1}[\tan(\phi'_{cv})/\gamma_a]$
	[°]	[-]	[°]
	37,5	1,0	37,5

Larghezza B in fondazione del muro maraonde	6,5	[m]
Pressione q a tergo del piano di posa della fondazione	0,0	[kN·m ²]
Peso immerso dell'unità di volume γ' del pietrame di imbasamento	8,5	[kN·m ³]
Coesione efficace c del pietrame di imbasamento	0,0	[kPa]

VERIFICA ALLO SCHIACCIAMENTO: Approccio 2 - Combinazione (A1+M1+R3)					
Calcolo di $E_d = \gamma_{G,fav} \cdot F_{v,Tot} - \gamma_{Q,sfav} \cdot F_{v,s-dp}$		535,58		[kN]	
Calcolo di $M_A = \gamma_{G,fav} \cdot M_{stab,p-p} - \gamma_{Q,sfav} \cdot (M_{rib,w-dp} + M_{rib,s-dp})$		2018,8		[kN·m]	
Calcolo dell'eccentricità in fondazione $e = B/2 - M_A/E_d$		0,52		[m]	
Calcolo della larghezza ridotta della fondazione $B' = B - 2 \cdot e$		5,46		[m]	
Calcolo dell'angolo $\alpha = \text{tg}^{-1}(H/V) = \text{tg}^{-1}[\gamma_{Q,sfav} \cdot F_{o,w-dp} / (\gamma_{G,fav} \cdot F_{v,p-p} - \gamma_{Q,sfav} \cdot F_{v,s-dp})]$		1,8		[°]	
Fattori di capacità portante	$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi'/2) \cdot e^{-\text{tg}\phi'}$ (Prandtl, 1921)	$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}\phi'$ (Reissner, 1924)	$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}\phi'$ (Vesic, 1970)		
	$N_q = 45,81$	$N_c = 58,4$	$N_\gamma = 71,8$		
Fattori di inclinazione	$i_q = [1 - 0.5 \cdot H / (V + B' \cdot L \cdot c' \cdot \text{cotg}\phi')]^2$ (Hansen, 1970)	$i_c = i_q - [(1 - i_q) / (1 - N_q)]$ (Hansen-Vesic, 1973)	$i_\gamma = [1 - 0.7 \cdot H / (V + B' \cdot L \cdot c' \cdot \text{cotg}\phi')]^3$ (Hansen, 1970)		
	$i_q = 0,97$	$i_c = 0,97$	$i_\gamma = 0,94$		
Fattori di Profondità	$d_q = 1 + 2k \cdot \tan\phi' \cdot (1 - \text{sen}\phi')^2$ (Brinch-Hansen, 1970)	$d_c = 1 + 0.4 \cdot k$ (Brinch-Hansen, 1970)	$d_\gamma = 1$ (Brinch-Hansen, 1970)		
	$d_q = 1,00$	$d_c = 1,0$	$d_\gamma = 1,0$		
con k uguale a D/B= 0,00 [m] per D/B<1					



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

Pressione q a tergo del piano di posa della fondazione	0,0	[kN·m ²]
Peso immerso dell'unità di volume γ' del pietrame di imbasamento	8,5	[kN·m ³]
Coesione efficace c del pietrame di imbasamento	0,0	[kPa]
Calcolo di R _d = L·B ¹ ·(c ¹ ·N _c ·d _c ·i _c +q·N _q ·d _q ·i _q +1/2·γ'·B ¹ ·N _γ ·d _γ ·i _γ)	8517,27	[kN]
La verifica allo schiacciamento risulta:	soddisfatta	R _d /E _d > →→→ γ _R 15,90 > 2,3

Secondo picco - Reflecting Pressures

	Coeff. Parziali γ	Azioni		Momenti	
		F _o (kN/m)	F _v (kN/m)	M _{stab} [(kN m)/m]	M _{rib} [(kN m)/m]
Peso proprio (abbreviazione p-p _N)	1,0	-	542,40	2109,94	-
Spinta idrod.m. o. - Dynamic Pressures - (abbrev. S _{w-dp,N})	1,5	71,36	-	-	133,97
Sottospinta m. o. - Dynamic Pressures - (abbrev. S _{s-dp,N})	1,5	-	94,48	-	350,93

Determinazione angolo di attrito di progetto	φ ¹ _{cv}	γ _φ	φ ¹ _a =tan ⁻¹ [tan(φ ¹ _{cv})/γ _φ]
	[°]	[-]	[°]
	37,5	1,0	37,5

Larghezza B in fondazione del muro maraonde	6,5	[m]
Pressione q a tergo del piano di posa della fondazione	0,0	[kN·m ²]
Peso immerso dell'unità di volume γ' del pietrame di imbasamento	8,5	[kN·m ³]
Coesione efficace c del pietrame di imbasamento	0,0	[kPa]

VERIFICA ALLO SCHIACCIAMENTO: Approccio 2 - Combinazione (A1+M1+R3)			
Calcolo di E _d = γ _{G,fav} ·F _{v,Tot} -γ _{Q,sfav} ·F _{v,s-dr}	400,68	[kN]	
Calcolo di M _A = γ _{G,fav} ·M _{stab,p-p} -γ _{Q,sfav} ·(M _{rib,w-dr} +M _{rib,s-dr})	1382,6	[kN·m]	
Calcolo dell'eccentricità in fondazione e= B/2-M _A /E _d	0,20	[m]	
Calcolo della larghezza ridotta della fondazione B ¹ =B-2·e	6,10	[m]	
Calcolo dell'angolo α=tg ⁻¹ (H/V)=tg ⁻¹ [γ _{Q,sfav} ·F _{o,w-dr} /(γ _{G,fav} ·F _{v,p-p} -γ _{Q,sfav} ·F _{v,s-dr})]	15,0	[°]	
Fattori di capacità portante	N _q = tg ² (45+φ ¹ /2)·e ^{-tgφ¹} (Prandtl, 1921)	N _c = (N _q -1)/tgφ ¹ (Reissner, 1924)	N _γ = 2·(N _q +1)·tgφ ¹ (Vesic, 1970)
	N _q = 45,81	N _c = 58,4	N _γ = 71,8
Fattori di inclinazione	i _q = [1-0.5·H/(V+B ¹ ·L·c'·cotgφ ¹)] ² (Hansen, 1970)	i _c = i _q - [(1-i _q)/(1-N _q)] (Hansen-Vesic, 1973)	i _γ = [1-0.7·H/(V+B ¹ ·L·c'·cotgφ ¹)] ³ (Hansen, 1970)



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA

Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

	$i_q =$	0,76	$i_c =$	0,76	$i_\gamma =$	0,54
Fattori di Profondità	$d_q = 1 + 2k \cdot \tan \phi' \cdot (1 - \sin \phi')^2$ (Brinch-Hansen, 1970)		$d_c = 1 + 0.4 \cdot k$ (Brinch-Hansen, 1970)		$d_\gamma = 1$ (Brinch-Hansen, 1970)	
	$d_q =$	1,00	$d_c =$	1,0	$d_\gamma =$	1,0
	con k uguale a $D/B = 0,00$ [m] per $D/B < 1$					
Pressione q a tergo del piano di posa della fondazione					0,0	[kN·m²]
Peso immerso dell'unità di volume γ' del pietrame di imbasamento					8,5	[kN·m³]
Coesione efficace c del pietrame di imbasamento					0,0	[kPa]
Calcolo di $R_d = L \cdot B' \cdot (c' \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q + 1/2 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma)$					6184,86	[kN]
La verifica allo schiacciamento risulta:	soddisfatta			$R_d/E_d > \gamma_R$	→→→ 15,44 >	2,3



11. AGITAZIONE ONDOSA INTERNA ED ACCESSIBILITÀ NAUTICA

11.1. Agitazione ondosa interna

L'agitazione ondosa interna al porto turistico di S. Stefano di Camastra sarà ridotta per tutte le condizioni meteomarine sia di esercizio che estreme.

I risultati degli studi di penetrazione ondosa effettuati, mostrano infatti l'efficacia delle opere di protezione dello specchio portuale interno previste dal progetto preliminare, che sono anzi state migliorate mediante l'adozione di ampie porzioni di contorno portuale interno caratterizzate da coefficienti antiriflessione ondosa più favorevoli (parti esterne di dighe di sopra e sottoflutto e scogliera di riva con scogliere anziché celle antirisacca, Kr da 0,85 a 0,35, più assorbente).

In particolare, si è evidenziata una buona protezione per gli eventi provenienti dal settore di traversia principale e secondaria.

Va osservato che le altezze significative medie dell'agitazione residua risultano essere sempre compatibili con gli standard internazionali.

In nessun caso l'agitazione residua nell'area dell'avamposto risulta critica per la navigabilità dell'imboccatura portuale.

In particolare l'Art. 5 "Agitazione interna" raccomanda i seguenti valori dell'altezza significativa ammissibile all'interno del porto per:

- per le "condizioni limite" un valore pari a 0.50 m
- per le "condizioni di sicurezza" un valore pari a 0.30 m.

Dai risultati ottenuti è emerso che la condizione di agitazione all'interno del porto di S. Stefano di Camastra è accettabile in gran parte del marina in quanto, il range di altezze d'onda varia tra 0.10m e 0.30m (valori stimati dall'onda avente 2 anni di tempo di ritorno) fatta eccezione per le onde aventi tempo di ritorno 50 anni per le quali risulta che, solo una ridotta porzione dello specchio acqueo (inferiore al 2% del totale), per complessivi 4 posti barca posti in prossimità del vertice sud occidentale dello specchio acqueo, è interessato da un'altezza d'onda residua di poco superiore a 0.50m. Tale altezza però non compromette la sicurezza delle imbarcazioni ormeggiate in tale zona in quanto queste appartengono alla IX categoria (lunghezza fuori tutta pari a 32 m).

Di conseguenza, il layout portuale proposto migliora le già favorevoli condizioni di agitazione ondosa interna residua, ottenute per il progetto posto a base di gara.



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

11.2. Accessibilità nautica

L'imboccatura di accesso al porto turistico è rivolta in direzione Nord Est ed è sagomata in modo tale da costituire un invito alle rotte di accesso e di partenza dall'approdo che dovranno effettuare una correzione di lieve entità, provenendo le imbarcazioni dal paraggio antistante.

L'imboccatura rettilinea permette l'evoluzione delle imbarcazioni in ingresso ed uscita senza pericolosi incroci

La stazione per il bunkeraggio è prevista in posizione tale da permettere la sosta provvisoria per le attese prima del rifornimento senza intralcio alle altre manovre di accesso all'approdo.



12. QUALITÀ DELLE ACQUE INTERNE PORTUALI

La buona qualità delle acque interne del porto è favorita dalla realizzazione di opere permeabili (pontili galleggianti e opere di difesa con ampie imboccature)

Non è previsto uno schema di circolazione forzata, né l'installazione di ossigenatori data la configurazione portuale molto "aperta" che permette un'ottima circolazione idrica all'interno del porto (ampia imboccatura e adozione di pontili galleggianti).

Sono previste delle tubazioni (per favorire il ricircolo naturale delle acque interne portuali) poste alla radice della diga di sottoflutto in senso trasversale alla medesima e con estradosso posto sotto il livello medio marino.

La qualità delle acque interne al bacino portuale sarà inoltre preservata da un impianto per la raccolta e lo smaltimento delle acque di sentina e dei servizi igienici delle imbarcazioni, all'avanguardia nel sistema portuale diportistico italiano.

Nella fase di gestione del porto turistico è previsto il monitoraggio trimestrale dei parametri chimico-fisico-batteriologici delle acque.



COMUNE DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
Affidamento in project financing della concessione dei lavori pubblici relativa a:
Realizzazione del Porto Turistico e delle Opere Connesse nel Comune di Santo Stefano di Camastra

13. CONCLUSIONI

La presente relazione di calcolo preliminare relativa al progetto definitivo delle opere marittime del porto turistico di S. Stefano di Camastra ha trattato gli aspetti progettuali previsti ex allegato XXI art. 164 e quelli necessari ad una corretta progettazione delle opere previste.



14. BIBLIOGRAFIA

- U.S. CORP OF ENGINEERS – Coastal Engineering Manual - Coastal Engineering Research Center, Washington D.C., 2001.
- U.S. CORP OF ENGINEERS - Shore Protection Manual - Coastal Engineering Research Center, Washington D.C., 1984.
- ISTITUTO IDROGRAFICO DELLA MARINA MILITARE – Portolano dei mari d'Italia, vol. 1B – Genova.
- ISTITUTO IDROGRAFICO DELLA MARINA MILITARE – Tavole di marea 1998 – Genova.
- ISTITUTO IDROGRAFICO DELLA MARINA MILITARE – Carte nautiche n. 330 (scala 1:1.700.000), n. 916 (scala 1:250.000), n. 15 (scala 1:100.000) - Genova
- J.E. Bowles – Foundation Analysis and Design – Mc Graw Hill 4th ed.
- Noli ed altri – Opere esterne di difesa dei porti – Esa ed. Roma, 1980.
- R. Lancellotta – Geotecnica – Zanichelli ed., Torino.
- R. Lancellotta, D. Costanzo, S. Foti – Progettazione geotecnica – Hoepli ed., Milano, 2011.
- G. Calabresi – Tecnica delle fondazioni e costruzioni in terra, Università degli Studi "La Sapienza", Roma.
- B.O. Tobiasson & Al. – Marinas and small craft harbors – Van Nostrand Reinhold, 1991.
- C.A. Thoresen – Port Designer's handbook: Recommendations and Guidelines – Thomas Telford, 2003.
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14.01.2008 – Nuove norme tecniche per le costruzioni (pubblicato su S.O. n. 30 della G.U. 4 febbraio 2008, n.29).
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Circolare esplicativa n. 617 del 2.2.2009 (pubblicata su S.O. n. 27 della G.U. 26 febbraio 2009, n. 47).
- Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici EN 1998-5.
- Associazione Geotecnica Italiana – Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica: Linee Guida – Bologna 2005.