



AUTORITA' PORTUALE
SALERNO

PORTO COMMERCIALE DI SALERNO DRAGAGGIO

PROGETTO DEFINITIVO



ELABORATO :

Studio sulla valutazione potenziale degli effetti idrodinamici sull'area esterna al Porto, redatto dal C.U.G.RI.

R.U.P.
Ing. Elena Valentino

Progettisti
2^ AREA - TECNICA

Ing. Gianluigi Lalicata Arch. Corrado Olivieri

Geom. Pasquale Memoli Geom. Luigi Monetti Geom. Enrico Leone

Disegnatore
Geom. Carmine Memoli

data: Giugno 2013

REL.

07

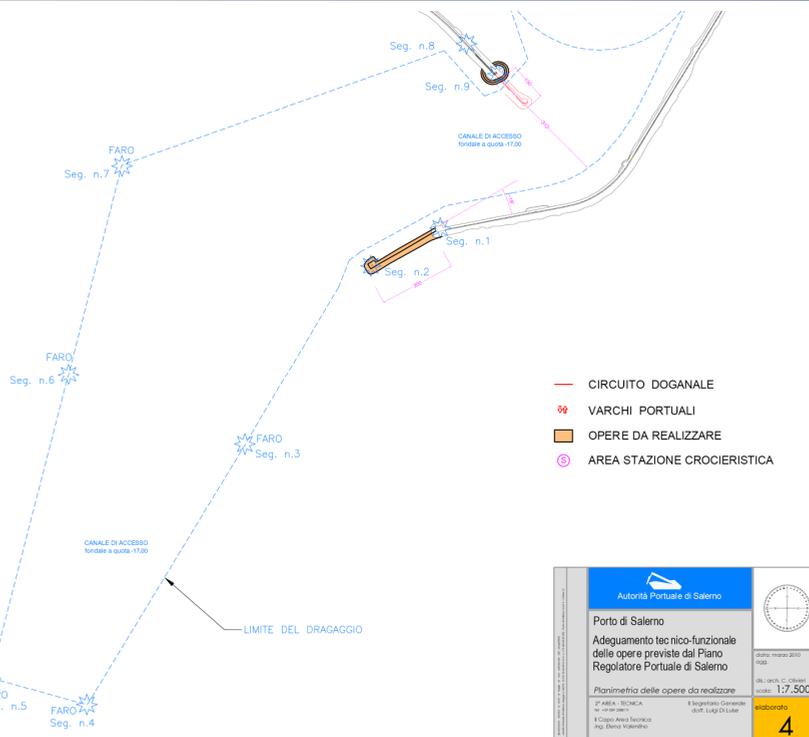


AUTORITÀ PORTUALE
SALERNO



C.U.G.R.I.

CONSORZIO INTER - UNIVERSITARIO
per la Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi
Università di Salerno - Università di Napoli "Federico II"



CONVENZIONE DI RICERCA APPLICATA (03/05/2012)

STUDI ED INDAGINI RELATIVE ALLA CARATTERIZZAZIONE DEI FENOMENI DI TRASPORTO SOLIDO PER LE AREE INTERNE ED ESTERNE DEL PORTO COMMERCIALE DI SALERNO

RELAZIONE N.2

VALUTAZIONE POTENZIALE DEGLI EFFETTI DI TRASPORTO SOLIDO PER L'AREA ESTERNA
ANTISTANTE L'IMBOCCATURA PORTUALE INTERESSATA DALL'INTERVENTO DI DRAGAGGIO, DA
EFFETTUARSI MEDIANTE FORMULAZIONI EMPIRICHE

MARITIME ENGINEERING DIVISION UNIVERSITY OF SALERNO (MEDUS)
DIPARTIMENTO INGEGNERIA CIVILE - UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO

PROF. ING. FABIO DENTALE
PROF. ING. EUGENIO PUGLIESE CARRATELLI
DOTT. ING. GIOVANNA DONNARUMMA
DOTT. ING. FERDINANDO REALE



INDICE

ELENCO DELLE FIGURE	2
ELENCO DELLE TABELLE	2
1. PREMESSA.....	3
2. CONTENUTI DELLA RELAZIONE	4
3. ACQUISIZIONE DATI.....	5
3.1 PROGETTO DRAGAGGIO - AUTORITÀ PORTUALE DI SALERNO.....	5
3.2 PRELIEVO CAMPIONI E GRANULOMETRIA - AUTORITÀ PORTUALE SALERNO.....	5
3.3 RILIEVO BATIMETRICO FONDALI IMBOCCATURA PORTUALE - AUTORITÀ PORTUALE SALERNO	5
3.4 RILIEVO BATIMETRICO FONDALI IMBOCCATURA PORTUALE - AGEOTEC S.R.L. (RIF. 1)	5
3.5 ADEGUAMENTO DELLO STUDIO METEOMARINO - TECHNITAL S.P.A. (RIF.2).....	5
3.6 INTERVENTI DI PROTEZIONE ED ADEGUAMENTO DELLE OPERE FORANEE E DI BANCHINAMENTO DEL PORTO DI SANTA TERESA - ING. FRANCO GUIDUCCI (RIF.3).....	6
4. METODOLOGIE ADOTTATE.....	7
4.1 PROFONDITÀ DI CHIUSURA SPIAGGIA	7
4.2 PORTATA SOLIDA POTENZIALE MOVIMENTATA AL FONDO	7
4.2.1 AZIONE STABILIZZANTE - SFORZO TANGENZIALE CRITICO	8
4.2.2 AZIONI INSTABILIZZANTI - SFORZO TANGENZIALE DI TRASCINAMENTO.....	10
4.2.2.1 ONDE GENERATE DAL VENTO	11
4.2.3 PORTATA SOLIDA POTENZIALE	13
5. VALUTAZIONE EFFETTI SUL FONDALE	14
5.1 VALUTAZIONE PROFONDITÀ DI CHIUSURA.....	14
5.2 VALUTAZIONE PORTATA SOLIDA POTENZIALE	16
5.2.1 INDICE DI STABILITÀ DEL MATERIALE SABBIOSO	16
5.2.2 EFFETTI PRODOTTI DALLE ONDE DI VENTO.....	17
6. CONCLUSIONI.....	19
7. RIFERIMENTI – BIBLIOGRAFIA	20
ALLEGATO	

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1-1 Area intervento	3
Figura 4-1 Schema forze agenti sulla singola particella	8
Figura 4-2 Abaco di Shields	9
Figura 4-3 Sforzo tangenziale critico vs Diametro nominale dei sedimenti d_{50}	10
Figura 4-4 Parametro soglia di Shields vs Diametro adimensionale D^*	10
Figura 4-5 Schema onda sinusoidale	11
Figura 5-1 Altezza d'onda (H) vs Persistenza (t)	14
Figura 5-2 Altezza d'onda al largo caratterizzata da una persistenza di 12 ore/anno (H_{12})	15
Figura 5-3 Planimetria posizione prelievi sedimento	16
Figura 5-4 Batimetria imboccatura portuale (Ageotec srl - Rif.1)	18

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 5-1 Altezze d'onda - Frequenza % - Persistenza media annua	14
Tabella 5-2 Profondità di chiusura spiaggia	15
Tabella 5-3 Granulometria dei sedimenti	16
Tabella 5-4 Caratteristiche fisiche sedimento e acqua marina	16
Tabella 5-5 Caratteristiche ondamiche - Sforzo tangenziale - Portata solida ($d = -11.00$ m, $T_m(s)$)	17
Tabella 5-6 Caratteristiche ondamiche - Sforzo tangenziale - Portata solida ($d = -11.00$ m, $T'_m(s)$)	18

1. PREMESSA

La presente Relazione si inquadra nell'ambito della convenzione stipulata in data 03/05/2012 tra l'Autorità Portuale di Salerno e lo scrivente Consorzio inter-Universitario C.U.G.R.I. (responsabile scientifico Prof. Fabio Dentale, Maritime Engineering Division University of Salerno – MEDUS, Dipartimento di Ingegneria Civile), avente per oggetto la redazione dello Studio "Valutazione potenziale degli effetti di trasporto solido per l'area esterna antistante l'imboccatura portuale interessata dall'intervento di dragaggio, da effettuarsi mediante formulazioni empiriche".

Per potenziare la ricettività navale del Porto Commerciale di Salerno, l'Autorità Portuale ha predisposto di realizzare un dragaggio delle aree interne ed esterne attraverso il quale, secondo quanto stabilito dagli elaborati progettuali, in corrispondenza dell'imboccatura sarà creato un canale di accesso approfondendo la quota del fondale dagli attuali -13.50m ai futuri -17.00m (misurati rispetto alle basse marea sigiziali), così come mostrato dalla Figura 1-1.

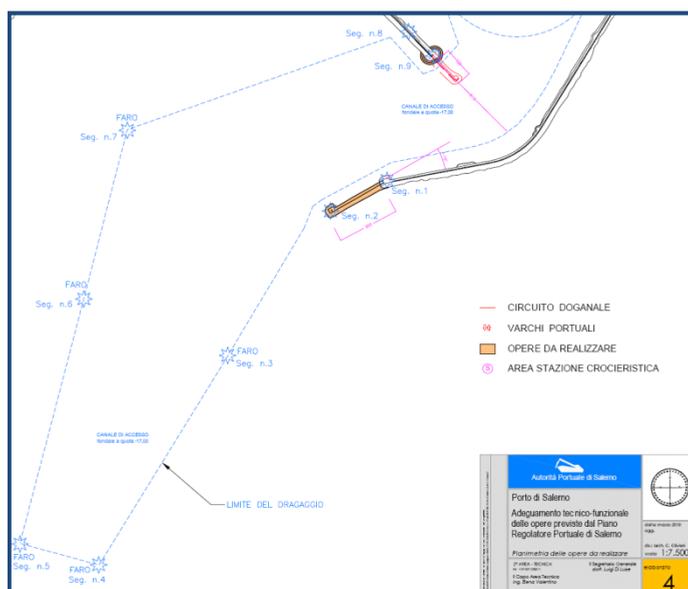


Figura 1-1 Area intervento

Con riferimento a tali interventi, il presente Studio ha avuto l'obiettivo di verificare se la profondità di progetto prevista per il canale di ingresso (-17.00m, misurati rispetto alle basse marea sigiziali) possa ridursi a seguito della movimentazione dei sedimenti prodotta dalle azioni idrodinamiche di fondo che, in considerazione della posizione plano-altimetrica dell'area oggetto di intervento, sono riconducibili a quelle prodotte dalle onde di vento che si propagano dal largo verso la costa.

L'analisi di tali effetti è stata svolta confrontando i risultati di due metodologie (profondità di chiusura di una spiaggia - portata solida potenziale movimentata dalle onde di vento) basate principalmente su formulazioni empiriche, largamente diffuse anche in ambito PIANC, che garantiscono un giusto grado di approfondimento in relazione all'oggetto della presente, nonostante le limitazioni in merito alla stima quantitativa dei fenomeni.

Inoltre, al fine di una valutazione esaustiva di tutti gli effetti idrodinamici considerati, sono stati utilizzati a supporto, oltre agli elaborati progettuali del dragaggio, anche dati tecnici e relazioni specialistiche in possesso dell'Autorità Portuale.

2. CONTENUTI DELLA RELAZIONE

Il presente Studio comprende nella prima parte la descrizione del lavoro svolto, le metodologie impiegate, le elaborazioni effettuate ed i principali risultati ottenuti, mentre nella seconda (Allegato) la documentazione utilizzata a supporto dell'analisi sviluppata.

Per quanto concerne le fasi realizzative del lavoro, queste sono state articolate sulla base del seguente schema:

- a) *Acquisizione dati.* Questa attività ha interessato il reperimento di tutto il materiale utile alla redazione del presente Studio, con particolare riferimento agli elaborati di progetto del dragaggio (planimetria), alla caratterizzazione batimetrica e granulometrica dei fondali antistanti l'imboccatura portuale (batimetria, planimetria posizione campioni, schede granulometriche), alle relazioni in possesso della Committenza inerenti la caratterizzazione ondometrica del paraggio (cap. §3 - Allegato).
- b) *Definizione delle metodologie di analisi.* Tale fase ha riguardato la scelta delle metodologie empiriche per quantificare potenzialmente i fenomeni di interazione liquido-solido con particolare riferimento alle formulazioni maggiormente utilizzate nella letteratura scientifica di settore per la valutazione degli effetti prodotti dal moto ondoso su un fondale sabbioso. cap. §4.
- c) *Analisi degli effetti prodotti dalle onde di vento.* In questa fase sono stati analizzati gli effetti prodotti sul fondale dalle onde generate dal vento che possono propagarsi in prossimità dell'imboccatura portuale, in funzione della conformazione orografica del paraggio. cap. §5

3. ACQUISIZIONE DATI

3.1 Progetto dragaggio - Autorità Portuale di Salerno

Nel progetto redatto dall'Autorità Portuale è prevista una rimodulazione dei fondali, attraverso la realizzazione di un dragaggio, al fine di migliorare le potenzialità ricettive del bacino portuale. In questo caso, per permettere l'approdo di imbarcazioni con maggiore stazza sarà realizzato, in corrispondenza dell'imboccatura, un canale di accesso mediante l'approfondimento dei fondali dagli attuali -13.50m ai futuri -17.00m (misurati rispetto alle basse maree sigiziali), così come mostrato dalla Figura 1-1.

Da tale studio, a supporto delle analisi condotte nella presente relazione specialistica, sono state estratte tutte le informazioni inerenti il canale di ingresso al bacino portuale, con particolare riferimento alla sua estensione e posizione, al fine di individuare con precisione le azioni idrodinamiche di interferenza.

Gli elaborati progettuali acquisiti sono riportati in Allegato.

3.2 Prelievo campioni e granulometria - Autorità Portuale Salerno

Per esigenze funzionali l'Autorità Portuale ha realizzato nell'anno 2004, in corrispondenza dell'imboccatura, una campagna di caratterizzazione dei sedimenti.

Da tale studio, a supporto delle analisi condotte nella presente relazione specialistica, sono state estrapolate tutte le informazioni inerenti la granulometria del materiale.

Gli elaborati progettuali acquisiti sono riportati in Allegato.

3.3 Rilievo batimetrico fondali imboccatura portuale - Autorità Portuale Salerno

Nel febbraio 2011 l'Autorità Portuale ha realizzato il rilievo batimetrico del canale d'ingresso e dello specchio acqueo antistanti l'imboccatura portuale.

Da tale studio, a supporto delle analisi condotte nella presente relazione specialistica, sono state estratte le informazioni inerenti la profondità del fondale antistante la zona di intervento.

Gli elaborati progettuali acquisiti sono riportati in Allegato.

3.4 Rilievo batimetrico fondali imboccatura portuale - Ageotec s.r.l. (Rif. 1)

Con delibera n. 27 del 24/04/2006, AGEOTEC SRL ha ricevuto dall'Autorità Portuale di Salerno, l'incarico per l'esecuzione del rilievo batimetrico di controllo dell'area portuale di Salerno. I rilievi hanno interessato l'intera area portuale e lo specchio d'acqua antistante il canale di accesso, come illustrato nella Figura 1-1. Particolare attenzione è stata inoltre posta nel rilievo delle banchine della Darsena di Ponente, della darsena Centrale e del Bacino Vecchio Porto, al fine di evidenziare eventuali danni strutturali, accumulo e/o erosione di sedimento al piede della banchine, ecc.

Da tale studio, a supporto delle analisi condotte nella presente relazione specialistica, sono state estratte le informazioni inerenti la profondità del fondale antistante la zona di intervento.

Gli elaborati progettuali acquisiti sono riportati in Allegato.

3.5 Adeguamento dello studio meteomarinario - Technital S.p.A. (Rif.2)

Lo studio specialistico redatto dalla società Technital S.p.A., a seguito della convenzione stipulata nel Dicembre 2009 con l'Autorità Portuale di Salerno, ha avuto l'obiettivo di individuare, in termini probabilistici, le condizioni di agitazione ondosa all'interno del bacino portuale di Salerno assumendo quale configurazione planimetrica di riferimento quella attuale e quella

inserita nella proposta di Adeguamento Tecnico-Funzionale delle opere previste dal Piano Regolatore Portuale di Salerno, approvata con Delibera di Comitato Portuale n° 20 del 16.07.09.

Da tale studio, a supporto delle analisi condotte nella presente relazione specialistica, sono state estratte tutte le informazioni inerenti la caratterizzazione del moto ondoso di largo e sottocosta in prossimità dell'imboccatura portuale.

Una sintesi dei dati desunti è riportata nell'Allegato.

3.6 Interventi di protezione ed adeguamento delle opere foranee e di banchinamento del Porto di Santa Teresa - Ing. Franco Guiducci (Rif.3)

Il presente rapporto, redatto dall'ing. Franco Guiducci, contiene il dimensionamento della sezione tipo del molo di protezione del Porto di Santa Teresa, nonché la valutazione della riduzione di agitazione ondosa indotta dall'intervento lungo la banchina di Santa Teresa del Molo Manfredi.

Il dimensionamento è stato svolto utilizzando gli studi già eseguiti per conto del Comune di Salerno relativi sia al Porto Turistico di Santa Teresa (PTST) che al Nuovo Porto Turistico (NPT), da realizzarsi in ampliamento del Porto Masuccio Salernitano.

Da tale studio, a supporto delle analisi condotte nella presente relazione specialistica, sono state estratte tutte le informazioni inerenti la valutazione degli eventi estremi di largo.

Una sintesi dei dati desunti è riportata in Allegato.

4. METODOLOGIE ADOTTATE

4.1 Profondità di chiusura spiaggia

La profondità di chiusura di una spiaggia risulta la massima profondità del fondale rispetto alla quale si avvertono gli effetti di un'onda ai fini del trasporto solido dei sedimenti (Longitudinale – Trasversale).

Il calcolo del suo valore può avvenire tramite la comparazione dei rilievi batimetrici delle medesime sezioni effettuate in anni diversi oppure, in mancanza di queste informazioni, è possibile utilizzare delle relazioni semiempiriche sviluppate negli ultimi decenni da diversi ricercatori (Hallemeyer, Birkemeier), che ne consentono una stima in funzione delle caratteristiche che governano il fenomeno.

Nel presente Studio, in funzione degli obiettivi ed al fine di una valutazione esaustiva di tutti gli effetti, sono state utilizzate alcune delle relazioni empiriche di maggior interesse, proposte dalla letteratura scientifica di settore:

Hallemeyer (1978), modificata da Nicholls et al. (1996):

$$d_c = 2.28H_{(12h)} - 68.50 \frac{H_{(12h)}^2}{gT_s^2} \quad \text{Equazione 1}$$

Hallemeyer (1981)

$$d_c = 1.6H_{(12h)} \quad \text{Equazione 2}$$

Birkemeier (1985):

$$d_c = 1.75H_{(12h)} - 57.78 \frac{H_{(12h)}^2}{gT_s^2} \quad \text{Equazione 3}$$

con

d_c profondità di chiusura derivata;

g accelerazione di gravità;

$H_{(12h)}$ altezza d'onda al largo caratterizzata da una frequenza di accadimento di 12 ore/anno;

$T_{(12h)}$ periodo dell'onda $H_{(12h)}$.

4.2 Portata solida potenziale movimentata al fondo

Il movimento dei sedimenti (moto incipiente), indipendentemente dall'ambito (fluviale, marino, ecc.), si verifica quando viene turbato lo stato di equilibrio del singolo elemento di materiale, cioè quando si genera una condizione instabilizzante che supera quella di stabilità.

Se consideriamo tutte le azioni presenti sulla generica particella adagiata al fondo, investita da una corrente fluida, una valutazione del moto incipiente può effettuarsi attraverso la scrittura dell'equilibrio tra le sole forze che hanno una componente parallela al fondo, ovvero **A**, attrito tra

le particelle solide (stabilizzante) ed **R**, trascinamento generato dalla velocità della corrente (instabilizzante), Figura 4-1.

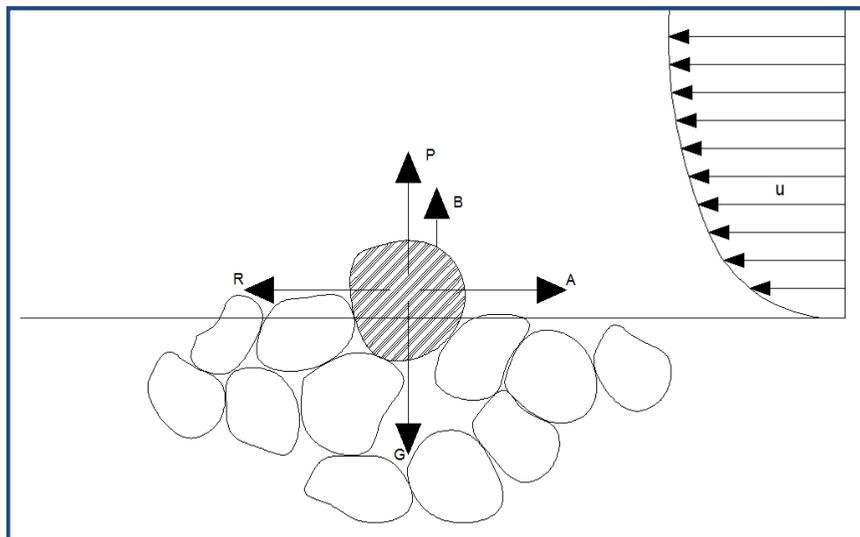


Figura 4-1 Schema forze agenti sulla singola particella

- **G**: peso immerso, riferito ai singoli granelli del fondo;
- **P**: portanza della corrente diretta perpendicolarmente alla direzione della corrente fluida;
- **B**: spinta di galleggiamento;
- **R**: forza di trascinamento della corrente esercitata parallelamente al fondo sui singoli grani;
- **A**: forza d'attrito risultante dall'azione di contatto tra particelle adiacenti.

Allo scopo di generalizzare il fenomeno, risulta più conveniente far riferimento agli sforzi tangenziali piuttosto che alle forze in gioco, effettuando il confronto tra lo sforzo τ generato dalla corrente e quello posseduto dal materiale in considerazione del suo peso e dimensione τ_{cr} , definito come sforzo tangenziale critico. Se $\tau \leq \tau_{cr}$ il materiale è stabile, mentre se $\tau > \tau_{cr}$ si innesca un fenomeno di trasporto solido fin quando permane la condizione di instabilità ($\tau > \tau_{cr}$).

Per poter caratterizzare al meglio i fenomeni di interazione che si instaurano tra le diverse componenti idrodinamiche ed il materiale sabbioso disposto all'interno delle aree di sversamento, con riferimento alla letteratura scientifica di settore, sono state individuate delle metodologie analitiche e sperimentali che vengono di seguito riportate.

4.2.1 Azione stabilizzante - Sforzo tangenziale critico

Una delle teorie più diffuse nel panorama scientifico ed ingegneristico per valutare lo sforzo tangenziale critico, parametro caratteristico per definire la stabilità dei sedimenti, è quella proposta da Shields, in base alla quale il τ_{cr} (detto anche valore soglia), può essere ricavato applicando la relazione (Shields, 1936):

$$\tau_{cr} = \theta_{cr} g (\rho_s - \rho) d_{50}$$

Equazione 4

Con

- θ_{cr} parametro soglia di Shields;
- g accelerazione di gravità pari a 9.81 ms^{-2} ;
- ρ_s densità del materiale solido;
- ρ densità del fluido;

d_{50} diametro nominale dei sedimenti.

Per quantificare θ_{cr} , che rappresenta il rapporto tra le forze di trascinamento della corrente e quelle di stabilità dovute alle caratteristiche del materiale, è possibile impiegare l'abaco proposto dallo stesso autore, in cui è rappresentato l'andamento del parametro al variare del numero di Reynolds (Figura 4-2).

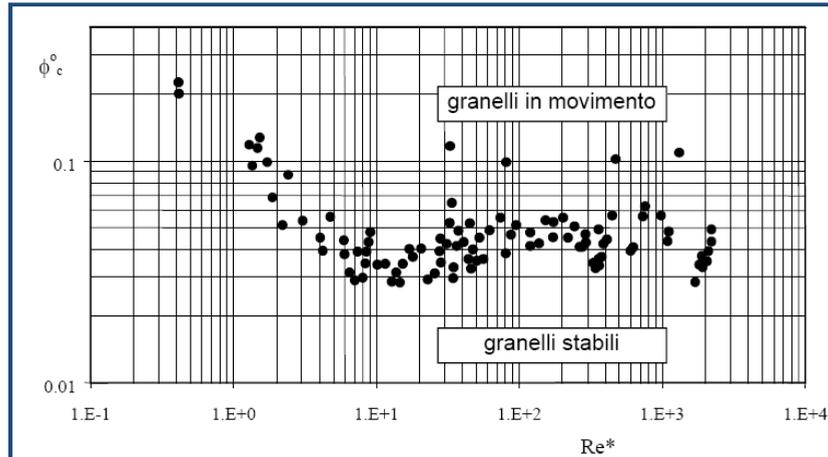


Figura 4-2 Abaco di Shields

Tuttavia, vista la particolarità del presente Studio, si è preferito utilizzare delle formulazioni analitiche, al fine di ottenere un'analisi di maggior dettaglio rispetto all'interpolazione grafica. Pertanto, il numero indice sarà valutato mediante l'abaco di Shields modificato scegliendo tra le due equazioni (Soulsby e Whitehouse - Equazione 5 - Equazione 6), che approssimano in maniera ottimale l'andamento delle curve di Figura 4-2 (Soulsby, 1997) in funzione del diametro D^* (misura adimensionale della grandezza dei sedimenti immersi), quella proposta da Whitehouse (Equazione 6) in modo da considerare il più basso valore ammissibile per θ_{cr} al fine di una valutazione a vantaggio di sicurezza:

$$\theta_{cr} = \frac{0.24}{D^*} + 0.055[1 - \exp(-0.020D^*)] \quad \text{Equazione 5}$$

$$\theta_{cr} = \frac{0.30}{1 + 1.2D^*} + 0.055[1 - \exp(-0.020D^*)] \quad \text{Equazione 6}$$

$$D^* = d_{50} \left[\frac{g(s-1)}{\nu^2} \right]^{\frac{1}{3}} \quad \text{Equazione 7}$$

con

ν viscosità cinematica dell'acqua ($1.36 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}$);

s rapporto tra la densità del materiale solido e quella dell'acqua = $\frac{\rho_s}{\rho}$;

d_{50} diametro nominale dei sedimenti.

Nelle Figura 4-3 e Figura 4-4 di seguito riportate, sono stati rappresentati gli andamenti dello sforzo critico in funzione del diametro nominale dei sedimenti d_{50} e quello del numero indice di Shields al variare del parametro D^* .

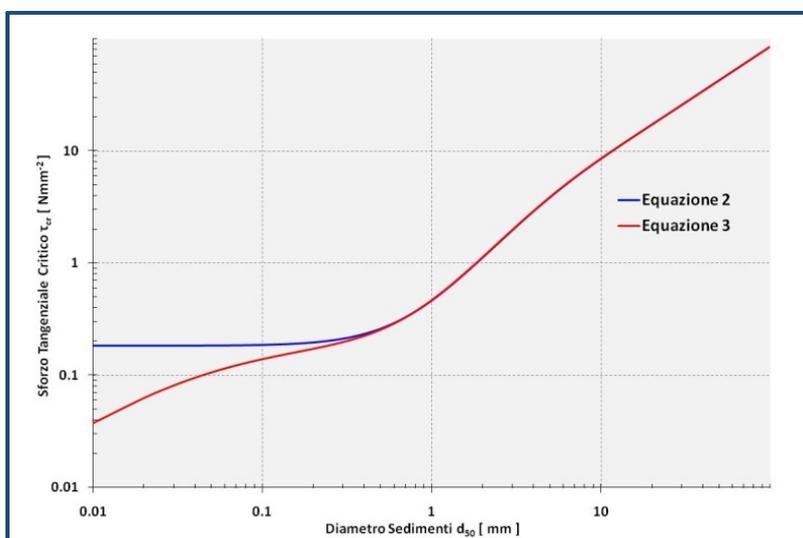


Figura 4-3 Sforzo tangenziale critico vs Diametro nominale dei sedimenti d_{50}

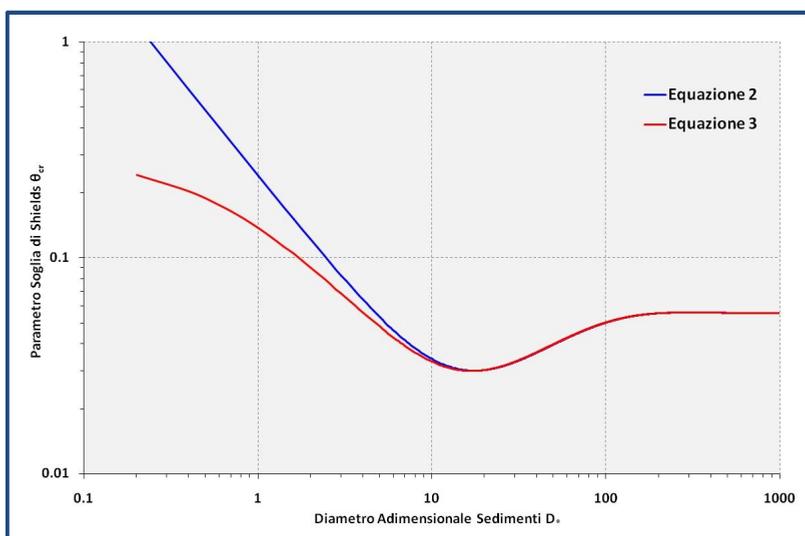


Figura 4-4 Parametro soglia di Shields vs Diametro adimensionale D^*

4.2.2 Azioni instabilizzanti - Sforzo tangenziale di trascinamento

Per quantificare l'azione instabilizzante prodotta in corrispondenza del fondale dalle onde che si propagano dal largo verso la costa, si è fatto riferimento alla teoria proposta da Soulsby (1997):

$$\tau = \frac{1}{2} \rho f U^2 \quad \text{Equazione 8}$$

con

ρ densità dell'acqua;
 f coefficiente d'attrito;

U velocità orbitale delle particelle d'onda al fondo.

In base a tale teoria lo sforzo tangenziale τ è funzione della conformazione del fondale (f coefficiente di attrito) e delle caratteristiche del moto del fluido in prossimità del fondo (U velocità orbitale).

In funzione delle diverse azioni idrodinamiche che possono interagire con il sedimento sversato, vengono di seguito descritte le teorie o metodologie, utilizzate nel cap. 5, per valutare il coefficiente di attrito e la velocità del fluido alla base del calcolo di τ .

4.2.2.1 Onde generate dal vento

Per la determinazione della velocità orbitale delle particelle d'acqua (U) in corrispondenza del fondale, causata dalle onde di vento che si propagano in prossimità dell'imboccatura portuale, si utilizza la teoria di Airy-Stokes (del 1° ordine).

Basata sulle ipotesi di onde di ampiezza finita, moto irrotazionale bidimensionale, acque profonde e acque a profondità finita, tale metodologia permette di rappresentare l'andamento della superficie libera dell'onda, mediante una sinusoide.

Quindi, le caratteristiche identificative del moto ondoso possono essere rappresentate mediante lo schema proposto nella figura seguente:

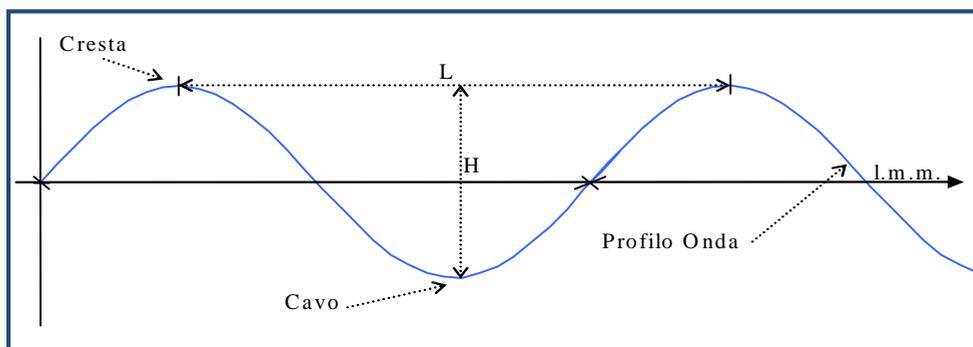


Figura 4-5 Schema onda sinusoidale

dove

Cresta: punto più alto dell'onda;

Cavo: punto più basso dell'onda;

Altezza dell'onda (H): distanza verticale dal cavo alla cresta;

Ampiezza d'onda (a): metà dell'altezza d'onda;

Lunghezza d'onda (L): distanza orizzontale tra due creste consecutive;

Periodo (T): tempo che intercorre fra il passaggio di due creste successive.

Considerando come piano del moto quello (x,z) , con l'asse x orizzontale situato sul livello di quiete, orientato nella direzione e nel verso di propagazione delle onde e con l'asse z verticale, orientato verso l'alto, le componenti orizzontale U e verticale W del campo di velocità locale, ad una distanza $z+h$ dal fondo, possono essere valutate mediante le note relazioni:

$$U = \frac{H}{2} \cdot \frac{g \cdot T}{L} \cdot \frac{\cosh[2\pi \cdot (z+h)/L]}{\cosh[2\pi \cdot h/L]} \cos\left(\frac{2\pi \cdot x}{L} - \frac{2\pi \cdot t}{T}\right)$$

Equazione 9

$$W = \frac{H}{2} \cdot \frac{g \cdot T}{L} \cdot \frac{\sinh \left[2\pi \cdot \frac{(z+h)}{L} \right]}{\cosh \left[2\pi \cdot \frac{h}{L} \right]} \sin \left(\frac{2\pi \cdot x}{L} - \frac{2\pi \cdot t}{T} \right)$$

Equazione 10

In acque profonde entrambe tendono ad assumere un valore nullo o trascurabile e pertanto le particelle fluide possono considerarsi immobili. In acque basse tale condizione si verifica solo per la componente verticale W , mentre quella orizzontale U mantiene un valore diverso da zero, producendo uno strato limite che, interagendo con il fondale granulare, può innescare il movimento dei granelli di sabbia.

Per quanto riguarda, invece, il coefficiente di attrito f , questo si può ritenere funzione della conformazione geometrica del fondale (piatto o con presenza di increspature), della dimensione del materiale e del regime di moto (laminare, turbolento) che si instaura nella zona di contatto liquido-solido.

A tale scopo si è stabilito di impiegare ancora una volta la teoria proposta da Soulsby (1997), attraverso la quale è possibile determinare f in funzione dei parametri in gioco e soprattutto in relazione al tipo di fondale (ruvido o smussato).

In pratica, con l'ausilio delle formule descritte di seguito, si determina un coefficiente di attrito per la condizione di letto ruvido ed uno per quella di letto smussato, per poi considerare, a vantaggio di sicurezza, la condizione più gravosa, corrispondente al valore massimo tra i due:

$$f = \max(f_r, f_s)$$

Equazione 11

Per il fondo ruvido, preliminarmente, è necessario quantificare z_0 , definito come grandezza lineare di scabrezza del fondo che, vista la conformazione irregolare a seguito delle operazioni di sversamento del materiale, si può quantificare mediante la relazione proposta in Soulsby (1997):

$$z_0 = \frac{k_s}{30}$$

Equazione 12

$$k_s = 2.5 d_{50}$$

Equazione 13

con

k_s parametro di scabrezza di Nikuradse;
 d_{50} diametro nominale dei sedimenti al fondo.

Successivamente, attraverso la determinazione dell'ampiezza orbitale delle onde al fondo, si può determinare il coefficiente d'attrito, in condizioni di letto ruvido, f_R mediante le relazioni seguenti:

$$f_R = 1.39 \left(\frac{A}{z_0} \right)^{-0.52}$$

Equazione 14

$$A = \frac{UT}{2\pi}$$

Equazione 15

con

U componente orizzontale del campo di velocità locale;
 T periodo dell'onda.

Per quanto riguarda, invece, il caso di letto smussato, il calcolo del coefficiente di attrito è realizzato in funzione del numero di Reynolds R posseduto dalla corrente fluida mediante le equazioni riportate di seguito:

$$f_s = BR^{-N} \quad \text{Equazione 16}$$

$$R = \frac{UA}{\nu} \quad \text{Equazione 17}$$

dove i valori dei coefficienti B ed N dipendono dal valore assunto da R secondo lo schema che segue:

$$B = 2 \quad \text{e} \quad N = 0.5 \quad \text{se} \quad R \leq 5 \cdot 10^5 \quad (\text{condizioni di moto laminare})$$

$$B = 0.0521 \quad \text{e} \quad N = 0.187 \quad \text{se} \quad R > 5 \cdot 10^5 \quad (\text{condizioni di moto turbolento})$$

Determinati i valori di H e T , sulla base delle ipotesi introdotte per quanto concerne la velocità al fondo U (Airy-Stokes 1° ordine) ed il coefficiente di attrito f , sarà possibile procedere al calcolo di τ (Equazione 8) e dell'eventuale portata solida movimentata (Equazione 18).

4.2.3 Portata solida potenziale

Determinate le condizioni di incipienza, una valutazione della portata solida potenziale per unità di larghezza movimentata dall'effetto idrodinamico prodotto dalle onde di vento che si propagano in prossimità dell'imboccatura, può essere realizzata mediante la metodologia proposta in Soulsby (1997) in funzione delle caratteristiche possedute dal sedimento e dal fluido:

$$q \left[\frac{m^3}{s \cdot m} \right] = 5.1 [g(s-1)d_{50}^3]^{1/2} (\theta - \theta_{cr})^{3/2} \quad \text{Equazione 18}$$

$$\theta = \frac{\tau}{g\rho(s-1)d_{50}} \quad \text{Equazione 19}$$

con

θ_{cr} parametro soglia di Shields;

g accelerazione di gravità pari a 9.81 ms^{-2} ;

ρ_s densità del materiale solido;

ρ densità dell'acqua;

s rapporto tra la densità del materiale solido e quella dell'acqua = $\frac{\rho_s}{\rho}$;

d_{50} diametro dei grani costituenti il materiale solido.

5. VALUTAZIONE EFFETTI SUL FONDALE

L'analisi degli effetti prodotti dalle onde di vento sul fondale antistante l'imboccatura portuale è stata realizzata impiegando le metodologie descritte nel cap. §4. Al fine di una valutazione esaustiva e di maggior dettaglio dei fenomeni che governano il processo si è stabilito di stimare le possibili interazioni del moto ondoso con il fondale mediante le teorie empiriche che consentono una stima della profondità di chiusura, limite massimo oltre il quale non si verificano alterazioni del fondo a seguito del trasporto dei sedimenti (Longitudinale – Trasversale), utilizzando successivamente, come verifica della bontà di quanto applicato, i risultati ottenuti con la procedura che permette una quantificazione potenziale della portata solida movimentata.

5.1 Valutazione Profondità di chiusura

Per determinare i parametri ondametrici $H_{(12h)}$ e $T_{(12h)}$ da utilizzare nelle relazioni proposte, piuttosto che sviluppare ulteriori elaborazioni numeriche, si è preferito far riferimento ai risultati proposti nello studio specialistico Technital S.p.A. (Rif.2) ritenendoli più che esaustivi per quanto concerne la caratterizzazione ondametrica del paraggio.

Dall'analisi di frequenza direzionale (Rif.2 - Allegato), calcolata per un ondometro virtuale posizionato al largo del Porto Commerciale in acqua profonda, sono stati ricavati i valori medi di altezza d'onda (H), prescindendo dalle direzioni di propagazione, che possono verificarsi in conseguenza dell'esposizione geografica del paraggio.

Con le percentuali di persistenze delle onde, relative a tutti gli eventi registrati escluse le calme, moltiplicate per il numero di ore medio in un anno, è stato possibile ricavare una relazione che esprima l'andamento H in funzione del tempo (t), (Tabella 5-1 - Figura 5-1).

Altezza moto ondoso medio (H)	Frequenza di accadimento	Persistenza media annua (t)
[m]	%	[ore]
1	43.29	3792.20
2	11.00	963.60
3	2.84	248.78
4	0.90	78.84
5	0.27	23.65
6	0.04	3.50
7	0.03	2.63

Tabella 5-1 Altezze d'onda - Frequenza % - Persistenza media annua

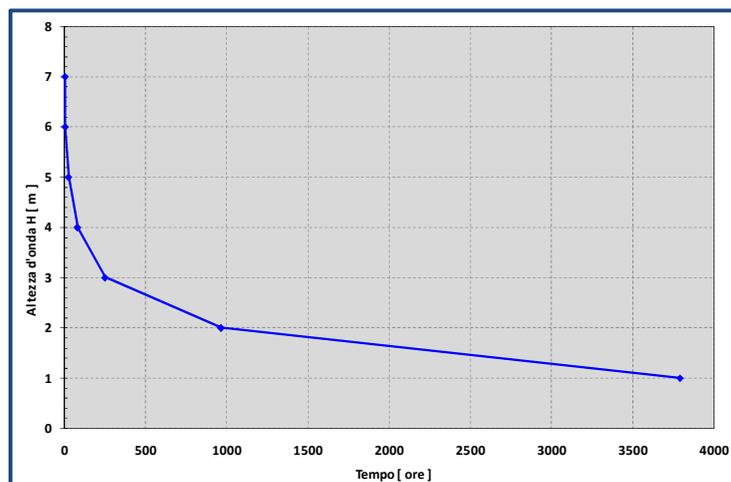


Figura 5-1 Altezza d'onda (H) vs Persistenza (t)

Il valore di $H_{(12h)}$ è immediatamente determinato intersecando la curva di apparizione con la retta parallela all'asse delle ordinate e passante per il punto di ascissa $t = 12 h$ (Figura 5-2).

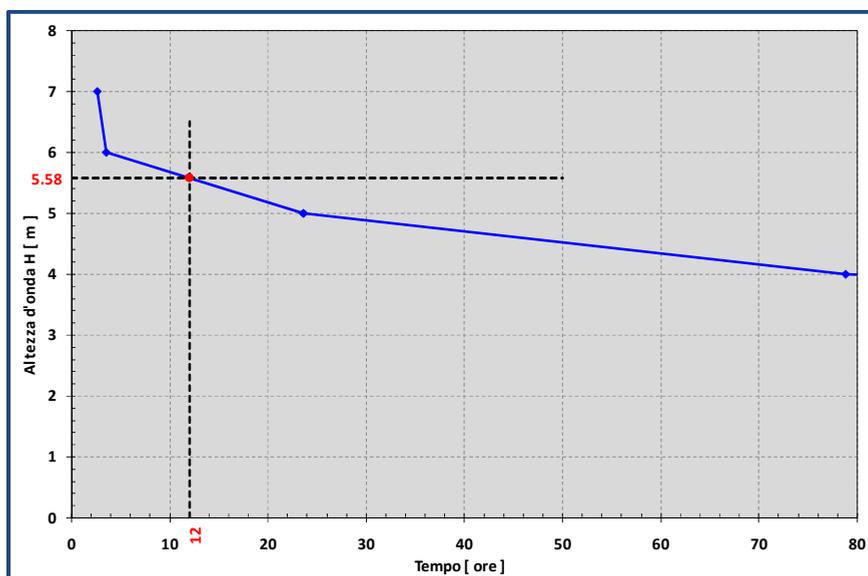


Figura 5-2 Altezza d'onda al largo caratterizzata da una persistenza di 12 ore/anno (H_{12})

Infine, assumendo valida la relazione (Equazione 20) riportata nell'analisi meteo-marina svolta da Technital S.p.A. (Rif. 2), si è potuto associare a tale altezza H_{12} il relativo periodo medio T_{12} ($T_{12} = \frac{T_p}{1.25}$). I risultati di tali elaborazioni sono stati sintetizzati nella seguente tabella, in cui, in funzione dell'altezza e periodo del moto ondoso, sono stati riportati i valori della profondità di chiusura calcolati con le diverse teorie empiriche individuate:

Altezza d'onda a 12 ore H_{12} [m]	Periodo H_{12} T_{12} [s]	Profondità di chiusura d_c		
		Hallemeier (1978) [m]	Hallemeier (1981) [m]	Birkmeier (1985) [m]
5.58	9.60	10.36	8.93	7.77

Tabella 5-2 Profondità di chiusura spiaggia

Come si evince, considerando, a vantaggio di sicurezza, la condizione più sfavorevole (Hallemeier, 1978) gli effetti di trasporto solido (Longitudinale – Trasversale) dei sedimenti al fondo possono verificarsi fino ad una profondità di $-10.36m$.

Pertanto, in considerazione della quota dei fondali antistanti il canale di accesso al bacino portuale è possibile ritenere che, a meno di un evento di tempesta di tipo eccezionale (tempo di ritorno 25anni - Rif.3), non si avranno condizioni di mobilitazione del materiale tali da inficiare la profondità di progetto ($-17.00m$, misurati rispetto alle basse maree sigiziali).

5.2 Valutazione portata solida potenziale

5.2.1 Indice di stabilità del materiale sabbioso

Per valutare l'indice di stabilità della sabbia è stato necessario reperire informazioni in merito alle caratteristiche del materiale. A tale scopo si è fatto riferimento alle analisi condotte dall'Autorità Portuale, che ha realizzato dei campionamenti con relativa analisi granulometrica (Allegato) i cui risultati sono stati sintetizzati nella figura e tabella seguenti:

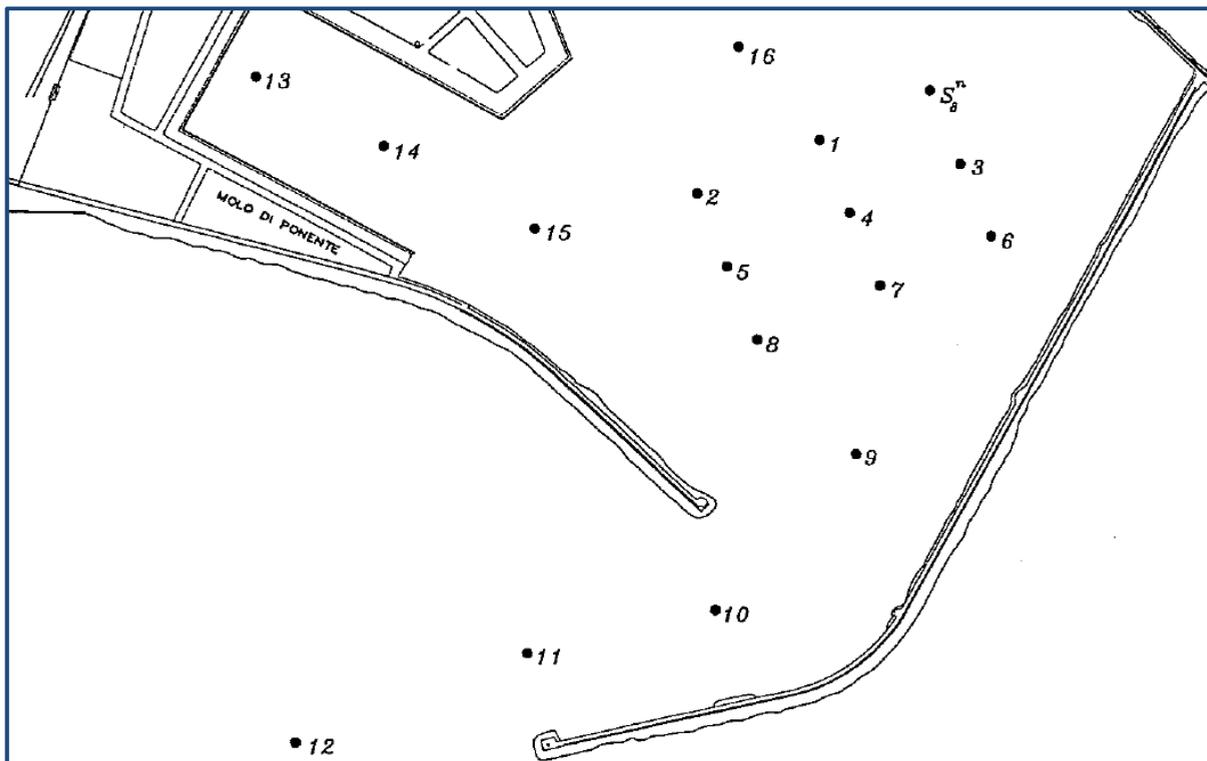


Figura 5-3 Planimetria posizione prelievi sedimento

Campione	d_{50} [mm]
12	0.056

Tabella 5-3 Granulometria dei sedimenti

Applicando la teoria riportata nel paragrafo 4.2.1 (Shields, 1936), in considerazione di un diametro d_{50} (diametro nominale dei sedimenti) pari a circa $d_{50} = 56\mu\text{m}$ (d_{50} campione n.12 prelevato in corrispondenza della zona antistante l'imboccatura portuale, Figura 5-3), ed in base alle caratteristiche di Tabella 5-4, è stato possibile determinare (Equazione 4, Equazione 6 e Equazione 7) il valore dello sforzo tangenziale critico $\tau_{cr} = 1.11 \cdot 10^{-1} \text{Nm}^{-2}$, base delle successive elaborazioni.

Densità acqua	Densità sedimenti	Rapporto densità sedimenti densità acqua	Viscosità cinematica acqua
ρ [kgm^{-3}]	ρ_s [kgm^{-3}]	s	ν [m^2s^{-1}]
1027	2600	2.53	1.36E-06

Tabella 5-4 Caratteristiche fisiche sedimento e acqua marina

5.2.2 Effetti prodotti dalle onde di vento

Per valutare le caratteristiche ondamiche (H, T), causa degli eventuali effetti di movimento delle eventuali mobilitazioni del materiale sabbioso, piuttosto che sviluppare ulteriori elaborazioni numeriche, si è preferito far riferimento ai risultati proposti nello studio specialistico Technital S.p.A. (Rif.2) ritenendoli più che esaurienti per quanto concerne la caratterizzazione del moto ondoso in prossimità dell'imboccatura.

Dall'analisi di frequenza direzionale (Rif.2 - Allegato), calcolata per un ondometro virtuale posizionato nelle vicinanze dell'ingresso al bacino portuale, sono stati ricavati i valori medi di altezza d'onda (H), prescindendo dalle direzioni di propagazione, che possono verificarsi in conseguenza dell'esposizione geografica del paraggio.

Assumendo valida la relazione riportata nell'analisi meteo-marina (Technital S.p.A. Rif. 2):

$$T_p = 5.08\sqrt{H} \quad \text{Equazione 20}$$

con

T_p periodo di picco dell'onda in secondi;
 H altezza d'onda in metri.

si è potuto associare all'altezza H il suo corrispondente periodo T . Tuttavia, sempre nell'ottica di un approccio a vantaggio di sicurezza, sono stati considerati anche gli stati di mare con periodo T' pari a 1.5 volte quello ricavato attraverso l'Equazione 20, per tener conto degli effetti delle componenti di swell o onda lunga:

$$T' = 1.5 T_p \quad \text{Equazione 21}$$

Determinate le caratteristiche ondamiche H e T_m ($T_m = \frac{T_p}{1.25}$), è stato possibile calcolare attraverso la teoria di Airy-Stokes (1° ordine) i valori delle velocità al fondo e di conseguenza i valori del coefficiente d'attrito f , dello sforzo tangenziale al fondo τ e della portata solida potenzialmente movimentata q attraverso la metodologia proposta da Soulsby (1997).

I risultati di tali elaborazioni sono stati sintetizzati nelle seguenti tabelle, in cui, in funzione della profondità antistante l'imboccatura, pari a -11.00m (approssimazione a vantaggio di sicurezza della profondità di chiusura), del periodo e dell'altezza del moto ondoso, sono stati riportati i valori delle grandezze che caratterizzano il fenomeno erosivo in corrispondenza del fondale:

Profondità fondale	Altezza d'onda imboccatura	Periodo Medio	Velocità orbitale al fondo	Sforzo tangenziale al fondo	Sforzo tangenziale critico	Portata solida per unità di larghezza
d [m]	H _i [m]	T _m [s]	U [ms ⁻¹]	τ [Nm ⁻²]	τ _{cr} [Nm ⁻²]	q _b [m ² s ⁻¹]
11.00	0.50	2.87	5.14E-03	9.09E-03	1.11E-01	--
	1.00	4.06	1.04E-01	1.55E-01	1.11E-01	9.33E-08
	1.50	4.98	2.98E-01	4.01E-01	1.11E-01	1.61E-06
	2.00	5.75	5.22E-01	6.54E-01	1.11E-01	4.12E-06
	2.50	6.43	7.54E-01	8.93E-01	1.11E-01	7.13E-06
	3.00	7.04	9.89E-01	2.06E+00	1.11E-01	2.80E-05
	3.50	7.60	1.22E+00	2.87E+00	1.11E-01	4.73E-05
	4.00	8.13	1.46E+00	3.78E+00	1.11E-01	7.24E-05

Tabella 5-5 Caratteristiche ondamiche - Sforzo tangenziale - Portata solida (d = -11.00 m, T_m(s))

Profondità fondale	Altezza d'onda imboccatura	Periodo Medio amplificato	Velocità orbitale al fondo	Sforzo tangenziale al fondo	Sforzo tangenziale critico	Portata solida per unità di larghezza
d [m]	H _i [m]	T _m ' [s]	U [ms ⁻¹]	τ [Nm ⁻²]	τ _{cr} [Nm ⁻²]	q _b [m ² s ⁻¹]
11.00	0.50	4.31	6.53E-02	9.44E-02	1.11E-01	--
	1.00	6.10	2.83E-01	3.45E-01	1.11E-01	1.16E-06
	1.50	7.47	5.18E-01	5.69E-01	1.11E-01	3.20E-06
	2.00	8.62	7.54E-01	1.28E+00	1.11E-01	1.30E-05
	2.50	9.64	9.91E-01	1.95E+00	1.11E-01	2.56E-05
	3.00	10.56	1.23E+00	2.71E+00	1.11E-01	4.32E-05
	3.50	11.40	1.46E+00	3.55E+00	1.11E-01	6.59E-05
	4.00	12.19	1.70E+00	4.48E+00	1.11E-01	9.41E-05

Tabella 5-6 Caratteristiche ondamiche - Sforzo tangenziale - Portata solida (d = -11.00 m, T_m(s))

Dai risultati ottenuti si evince che, per quasi tutte le altezze d'onda, è verificata la condizione per cui $\tau > \tau_{cr}$, indice del moto incipiente e quindi di una possibile movimentazione del sedimento. La portata solida, per unità di larghezza, è più intensa all'aumentare delle caratteristiche ondamiche ed al ridursi della profondità, tuttavia i valori di q , sia per le onde di periodo T_m che $1.5T_m$ (onde di swell o lunghe), sono molto piccoli, quindi trascurabili dal punto di vista ingegneristico. Pertanto, considerando che le onde di intensità maggiore hanno una frequenza di persistenza breve (0.01% - Rif.2), la profondità -11.00m tende immediatamente a valori più elevati lungo il canale lato mare (Rif. 1, Figura 5-4), è possibile ritenere, come determinato in precedenza tramite la profondità di chiusura, che il moto ondoso non produca degli effetti rilevanti di movimentazione del materiale sabbioso, al punto tale da inficiare la profondità di progetto (-17.00m).

Ciò nonostante, visto che la presente analisi è basata principalmente su formulazioni di tipo empirico, non è possibile escludere che un evento di tempesta di tipo eccezionale (tempo di ritorno 25anni - Rif.3) possa avere un'intensità tale da interagire con il materiale determinando il trasporto di una certa quantità di sedimento.

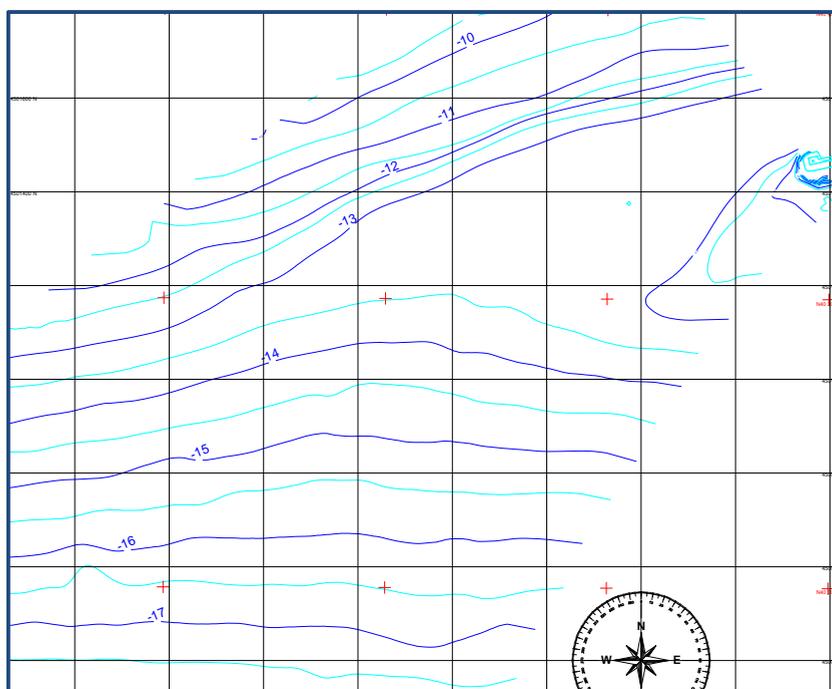


Figura 5-4 Batimetria imboccatura portuale (Ageotec srl - Rif.1)

6. CONCLUSIONI

Il presente Studio è stato realizzato a seguito dell'ipotesi progettuale predisposta dall'Autorità Portuale di realizzare un dragaggio mediante il quale, per potenziare la ricettività navale del Porto Commerciale di Salerno, in corrispondenza dell'imboccatura sarà creato un canale di accesso approfondendo la quota dei fondali dagli attuali -13.50m ai futuri -17.00m (misurati rispetto alle basse maree sigiziali), così come mostrato dalla Figura 1-1.

In particolare, le valutazioni condotte hanno avuto lo scopo di verificare se la profondità di progetto prevista per il canale di ingresso (-17.00m, misurati rispetto alle basse maree sigiziali) possa ridursi a seguito della movimentazione dei sedimenti prodotta dalle azioni idrodinamiche di fondo.

In considerazione della posizione plano-altimetrica della zona oggetto di intervento, le azioni che, interagendo con il fondale, possono determinare un eventuale movimento del sedimento, sono quelle prodotte dalle onde di vento che si propagano dal largo verso la costa.

L'analisi di tali effetti è stata condotta confrontando i risultati di due metodologie (profondità di chiusura della spiaggia - portata solida potenziale movimentata dalle onde di vento) basate principalmente su formulazioni empiriche, largamente diffuse anche in ambito PIANC, che garantiscono un giusto grado di approfondimento in relazione all'oggetto della presente nonostante le limitazioni in merito alla stima quantitativa dei fenomeni.

Dai risultati ottenuti, applicando le teorie empiriche di stima della profondità di chiusura, si è dedotto che, considerando, a vantaggio di sicurezza, la condizione più sfavorevole (Hallemeier, 1978), gli effetti di trasporto solido (Longitudinale - Trasversale) dei sedimenti al fondo possono verificarsi fino ad una profondità di -10.36m. Pertanto, in considerazione della quota dei fondali antistanti il canale di accesso al bacino portuale è possibile ritenere che, a meno di un evento di tempesta di tipo eccezionale (tempo di ritorno 25anni - Rif.3), non si verificheranno condizioni di movimento del materiale tali da inficiare la profondità di progetto (-17.00m, misurati rispetto alle basse maree sigiziali).

A conferma di tali risultanze si è ritenuto di sviluppare anche la procedura che consente la valutazione della portata solida potenziale trasportata in corrispondenza del fondo. Dai risultati ottenuti, si è dedotto che per quasi tutte le altezze d'onda è verificata la condizione per cui $\tau > \tau_{cr}$, indice del moto incipiente, e quindi di una possibile movimentazione del sedimento. La portata solida, per unità di larghezza, cresce all'aumentare delle caratteristiche ondamiche ed al ridursi della profondità, tuttavia i valori di q , sia per le onde di periodo T_m che $1.5T_m$ (onde di swell o lunghe), sono molto piccoli, quindi trascurabili dal punto di vista ingegneristico. Pertanto, considerando che le onde di intensità maggiore hanno una frequenza di persistenza breve (0.01% - Rif.2) e la profondità -11.00m tende immediatamente a valori più elevati lungo il canale lato mare (Rif. 1, Figura 5-4), è possibile ritenere, come determinato in precedenza attraverso la profondità di chiusura, che il moto ondoso non produca degli effetti rilevanti di movimentazione del materiale sabbioso, al punto tale da inficiare la profondità di progetto (-17.00m).

Tuttavia, tenuto conto che la presente analisi è basata principalmente su formulazioni empiriche, è opportuno prevedere un piano di monitoraggio volto a misurare puntualmente la profondità dei fondali nell'area di intervento al fine di identificare eventuali criticità da eliminare mediante ordinarie operazioni di manutenzione/ripristino dei fondali stessi.

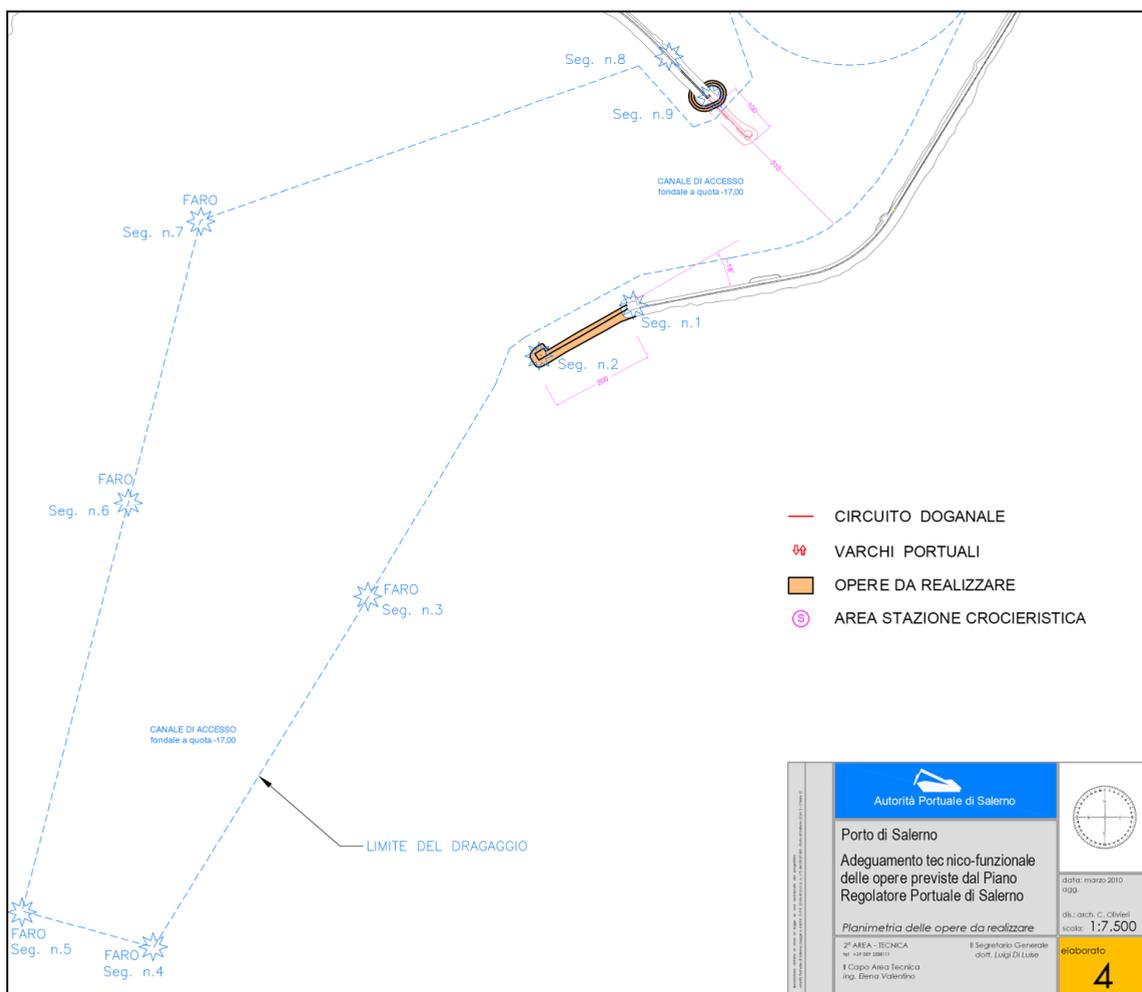
In conclusione, dalle valutazioni condotte si evince che il materiale antistante il canale di accesso al bacino portuale, a meno di un evento di tempesta di tipo eccezionale (tempo di ritorno 25anni - Rif.3), non sarà movimentato dalle azioni idrodinamiche di fondo.

7. RIFERIMENTI – BIBLIOGRAFIA

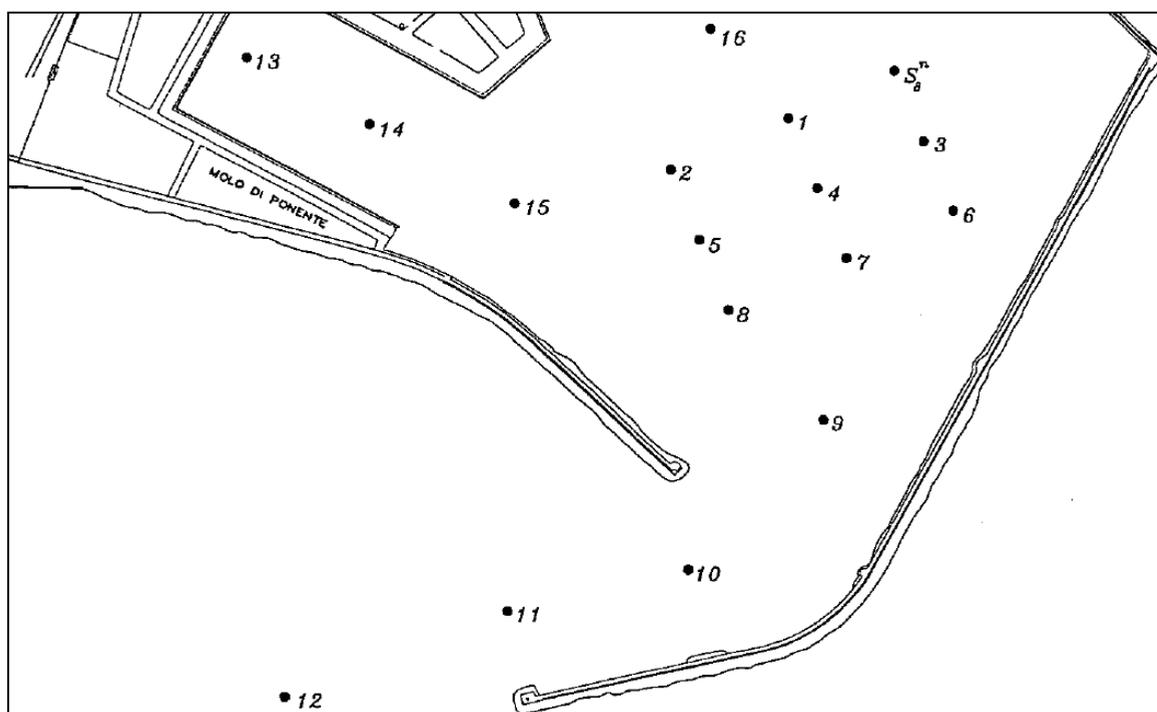
- Rif.1 Relazione redatta da Ageotec s.r.l.:** "RILIEVO BATIMETRICO DI CONTROLLO DELL'AREA PORTUALE DI SALERNO", anno 2006.
- Rif.2 Relazione redatta da Technital S.p.A.:** "ADEGUAMENTO DELLO STUDIO METEOMARINO", anno 2010.
- Rif. 3 Relazione redatta dall'Ing. Franco Guiducci:** "INTERVENTI DI PROTEZIONE ED ADEGUAMENTO DELLE OPERE FORANEE E DI BANCHINAMENTO DEL PORTO DI SANTA TERESA".
- Birkemeier W.** Field Data on Seaward Limit of Profile Change [Rivista] // Water Way, Port, Coastal and Ocean Engineering. - [s.l.] : Amer. Soc. Civil Engrs, 1985. - 3 : Vol. 111. - p. 589-602.
- Hallemeier R. J.** A profile zonation for seasonal sand beaches from wave climate [Rivista] // Coastal Engineering. - 1981. - 253 : Vol. 4. - p. 253-277.
- Hallemeier R. J.** Uses for a Calculated Limit Depth to Beach Erosion [Atti di convegno] // Coastal Eng. Conf., 16th. - Hamburg, Germany : [s.n.], 1978. - p. 1493-1512.
- Nicholls R. J., Birkemeier W. e Hallemeier R. J.** Application of the depth of closure concept [Atti di convegno] // 245th Coastal Engineering Conference. - 1996. - p. 3874-3887.
- Shields** Anwendung der Ähnlichkeitsmechanik und der Turbulenzforschung auf die Geschiebewegung [Rivista]. - Berlin : [s.n.], 1936. - 26 : Vol. Mitt. Preuss. Versuchsanst. Wasserbau Schiffbau . - p. 26. - [translated by W.P. Ott and J.C. van Uchelen, U.S. Dept. Agriculture, Soil Conserv. Service Coop Lab.].
- Soulsby** Dynamic of marine sands [Libro]. - [s.l.] : HR Wallingford, 1997.
- Soulsby e Whitehouse** Scour at marine structures [Libro]. - [s.l.] : HR Wallingford, 1998.

ALLEGATO

Planimetria Intervento (Autorità Portuale Salerno)



Planimetria Prelievo Campioni (Autorità Portuale Salerno)



Schede Granulometriche Campioni Sedimento (Autorità Portuale Salerno)

C.U.G.R.I.

Consorzio Inter-Universitario per la Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi
Università di Salerno - Università di Napoli "Federico II"
Laboratorio di Geotecnica

Committente:	Porto di Salerno S.P.A.	Campione:	Rimaneggiato
Progetto:	Escavo Porto Salerno	Profondità di prelievo:	0.0-1,0 m
Lotto:	/	ns. rif.	PS_S12A (1 m)
Sondaggio:	S12 (ASL)	Fisciano,	08-apr-98

Determinazione del peso specifico delle particelle

Determinazione n.	1	2	3
Picnometro n.	30	47	67
Temperatura di prova (°C)	20,20	20,20	20,00
Peso specifico alla temperatura di prova (gr/cm ³)	2,6929	2,6713	2,6919
Peso specifico alla temperatura di 20° (gr/cm ³)	2,6929	2,6713	2,6919

Media delle tre determinazioni:

$$\gamma_s = 2,685$$

Lo sperimentatore

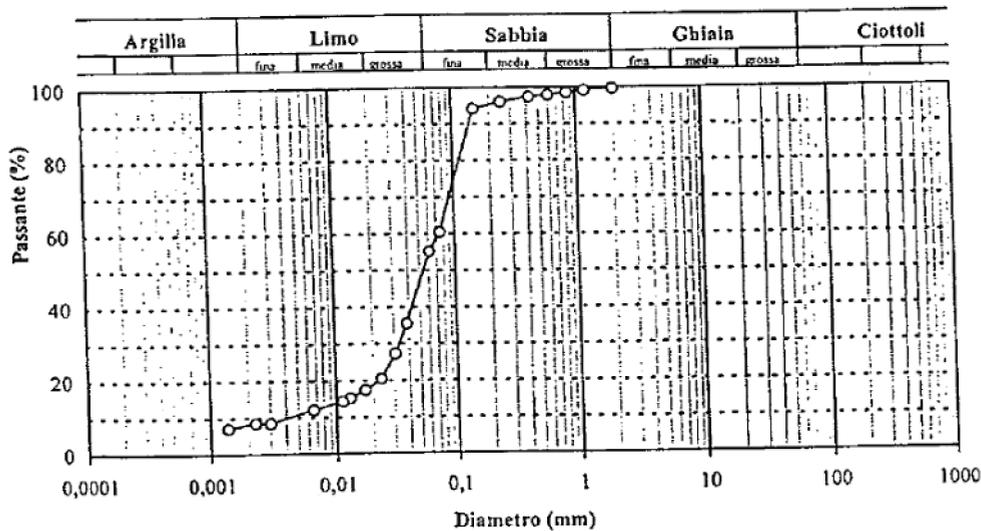


C.U.G.R.I.

Consorzio Inter-Universitario per la Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi
Università di Salerno - Università di Napoli "Federico II"
Laboratorio di Geotecnica

Committente:	Porto di Salerno S.P.A.	Campione:	Rimaneggiato
Progetto:	Escavo Porto Salerno	Profondità di prelievo:	0,0-1,0 m
Lotto:	/	ns. rif.	S12A_GR1
Sondaggio:	S12 (ASL)	Fisciano,	09-apr-98

Descrizione visiva: Sabbia fina con limo di colore grigio-avana. Presenza di concrezioni calcaree. All'olfatto risulta privo di odori particolarmente accentuati.



Ghiaia (%) = 0,32
Sabbia (%) = 45,37
Limo (%) = 46,18
Argilla (%) = 8,14

Descrizione A.G.I.: Limo con Sabbia debolmente argilloso

d_{max} (mm) = 2,00

$U = 17,85$

C.U.G.R.I.

Consorzio Inter-Universitario per la Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi
Università di Salerno - Università di Napoli "Federico II"
Laboratorio di Geotecnica

Committente:	Porto di Salerno S.P.A.	Campione:	Rimaneggiato
Progetto:	Escavo Porto Salerno	Profondità di prelievo:	0,0-1,0 m
Lotto:	/	ns. rif.	S12A_GR1
Sondaggio:	S12 (ASL)	Fisciano,	09-apr-98

Analisi per stacciatura

Peso materiale secco: 400 g

Staccio n°	Diametro (mm)	Trattenuto (gr.)	Passante (gr.)	% Passante
1 1/2"	139,700	0,00	394,05	100,00
1"	25,400	0,00	394,05	100,00
3/4"	19,050	0,00	394,05	100,00
1/2"	12,700	0,00	394,05	100,00
3/8"	9,525	0,00	394,05	100,00
1/4"	6,350	0,00	394,05	100,00
No. 4	4,750	0,00	394,05	100,00
No. 10	2,000	1,25	392,80	99,68
No. 16	1,180	2,19	390,61	99,13
No. 20	0,850	2,50	388,11	98,49
No. 30	0,600	2,29	385,82	97,91
No. 40	0,425	1,98	383,84	97,41
No. 60	0,250	5,24	378,60	96,08
No. 100	0,150	7,60	371,00	94,15
No. 200	0,075	132,76	238,24	60,46

C.U.G.R.I.

Consorzio Inter-Universitario per la Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi
Università di Salerno - Università di Napoli "Federico II"
Laboratorio di Geotecnica

Committente:	Porto di Salerno S.P.A.	Campione:	Rimaneggiato
Progetto:	Escavo Porto Salerno	Profondità di prelievo:	0,0-1,0 m
Lotto:	/	ns. rif.	S12A_GR1
Sondaggio:	S12 (ASL)	Fisciano,	09-apr-98

Analisi per sedimentazione (Metodo del densimetro)

Peso secco:		40,00 (gr.)
Area cilindro n:	1	27,69 (cm ²)
Volume bulbo:		55,00 (cm ³)
Lunghezza del bulbo:		15,20 (cm)
γ_s :		2,69 (gr/cm ³)

D (mm)	[1] Passante % (40 gr)	[1] x (%) _{n=200} Passante corretto % (totale)
0,0610	91,24	55,17
0,0384	58,74	35,52
0,0308	44,99	27,20
0,0235	33,74	20,40
0,0173	28,74	17,38
0,0129	24,99	15,11
0,0113	23,74	14,36
0,0066	19,99	12,09
0,0030	14,01	8,47
0,0023	14,18	8,57
0,0014	11,77	7,11
0,0014	11,77	7,11
0,0014	11,77	7,11
0,0014	11,77	7,11

Lo sperimentatore



**Technital S.p.A.: "ADEGUAMENTO DELLO STUDIO METEOMARINO", anno 2010.
(Rif. 2)**

Tab. 3.1: Regime di moto ondoso al largo di Salerno: Distribuzione percentuale degli eventi ondosi, per classi di Hmo e direzione.

Hmo (m)	≥ 0	≥ 0.5	≥ 1.5	≥ 2.5	≥ 3.5	≥ 4.5	≥ 5.5	≥ 6.5	Tot.
DIREZIONE °N	< 0.5	< 1.5	< 2.5	< 3.5	< 4.5	< 5.5	< 6.5		
0		0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
10		0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
20		0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
30		0.11	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12
40		0.15	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
50		0.16	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18
60		0.47	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57
70		0.43	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48
80		0.68	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.79
90		1.65	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.79
100		1.36	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.47
110		1.06	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.12
120		0.68	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73
130		0.73	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76
140		0.85	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95
150		0.84	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.94
160		0.74	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80
170		0.75	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88
180		0.79	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.91
190		1.15	0.17	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	1.33
200		1.45	0.29	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	1.79
210		1.94	0.43	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	2.43
220		1.75	0.39	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	2.24
230		1.87	0.55	0.12	0.02	0.01	0.00	0.00	2.57
240		2.15	0.59	0.15	0.06	0.01	0.00	0.00	2.95
250		2.26	0.69	0.20	0.07	0.01	0.00	0.00	3.24
260		2.42	0.98	0.30	0.10	0.03	0.00	0.00	3.84
270		3.40	1.75	0.69	0.27	0.09	0.01	0.01	6.21
280		4.98	2.49	0.78	0.26	0.08	0.02	0.02	8.63
290		2.86	0.53	0.14	0.05	0.01	0.00	0.00	3.60
300		1.51	0.22	0.08	0.03	0.01	0.00	0.00	1.86
310		0.75	0.19	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	1.01
320		0.69	0.11	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.85
330		2.06	0.31	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	2.43
340		0.32	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37
350		0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
Tot. Parz.		43.29	11.00	2.84	0.90	0.27	0.04	0.03	58.37
Calme (<0.5m)	41.63								100.00
Tot. Cum.	41.63	84.92	95.93	98.76	99.66	99.93	99.97	100.00	

Tab. 3.3: Regime del moto ondoso all'imboccatura del porto di Salerno: Distribuzione percentuale degli eventi ondosi per classi di Hmo e direzione.

Hmo (m)	≥ 0	≥ 0.25	≥ 0.75	≥ 1.25	≥ 1.75	≥ 2.25	≥ 2.75	≥ 3.25	≥ 3.75	≥ 4.25	Tot.
DIREZIONE °N	< 0.25	< 0.75	< 1.25	< 1.75	< 2.25	< 2.75	< 3.25	< 3.75	< 4.25		
170		0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39
180		2.29	0.11	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.41
190		4.07	0.93	0.17	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.20
200		4.86	2.08	0.80	0.24	0.08	0.02	0.00	0.00	0.00	8.09
210		9.23	4.17	2.18	0.90	0.37	0.09	0.02	0.01	0.00	16.97
220		14.18	4.22	0.74	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.23
230		0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48
Tot. Parz.		35.51	11.51	3.90	1.25	0.45	0.12	0.02	0.01	0.00	52.78
Calme (<0.25m)	47.22										100.00
Tot. Cum.	47.22	82.73	94.24	98.14	99.39	99.84	99.96	99.98	100.00	100.00	

Ing. Franco Guiducci:
“INTERVENTI DI PROTEZIONE ED ADEGUAMENTO DELLE OPERE FORANEE E DI BANCHINAMENTO DEL PORTO DI SANTA TERESA”. (Rif. 3)

Tempo di ritorno (anni)	Settori							
	155° N - 185° N		185° N - 215° N		215° N - 245° N		245° N - 265° N	
	Hs (m)	Ts(s)						
1	2.3	6.4	2.4	6.6	3.1	7.4	4.0	8.2
2	3.0	7.2	3.0	7.3	3.7	8.0	4.5	8.7
5	3.9	8.1	4.0	8.2	4.5	8.7	5.0	9.2
10	4.6	8.8	4.6	8.8	5.0	9.2	5.5	9.5
25	5.5	9.5	5.5	9.5	5.8	9.7	6.1	10.0
50	6.2	10.0	6.1	10.0	6.3	10.1	6.6	10.3
100	6.9	10.5	6.8	10.5	6.9	10.5	7.0	10.6
500	8.5	11.6	8.3	11.5	8.2	11.4	8.1	11.3