



Autorità di Sistema Portuale
dei Mari Tirreno Meridionale
e Ionio

AUTORITA' DI SISTEMA PORTUALE DEI MARI TIRRENO MERIDIONALE E IONIO

PORTO DI GIOIA TAURO

RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E"
E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO
CIG: 98755319FB - CUP: F11I23000230005

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

DESCRIZIONE

CODICE ELABORATO

RELAZIONE TECNICA -
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

PR-103-00-GEO

Rev.	Data	Descrizione
0	Luglio 2024	EMISSIONE

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROGETTO
Ing. Biondino Mercuri

RAGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI

CAPOGRUPPO-MANDATARIA



Ing. Paolo Contini

COLLABORATORI:
Ing. Giancarlo Milana
Ing. Fabio Mondini
Ing. Giuseppe Vella
Geom. Marco Corinaldesi

MANDANTE



SEACON s.r.l.

Ing. Lucio Abbadessa

COLLABORATORI:
Ing. Corrado Montefoschi
Ing. Fabio S. Mainero Rocca
Ing. Riccardo Intonti

MANDANTE



Ing. Marco Pittori

COLLABORATORI:
Arch. Francesca Romana Monass
Ing. Giulia Zanza
Ing. Anna di Galleonardo

MANDANTE



Ing. Alessandro Vita

COLLABORATORI:
Ing. Alessio Gerboni
Ing. David Segato

MANDANTE



Geol. Pierfederico De Pari

Progettista Responsabile dell'integrazione
tra le varie prestazioni specialistiche : Ing. Massimo Vitellozzi

STUDI E RELAZIONE GEOLOGICA :
Geol. Pierfederico De Pari (Geoservizi S.r.l.)




PORTO DI GIOIA TAURO

**RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE
BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO**


PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

RELAZIONE TECNICA - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA


 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - Caratterizzazione geotecnica</p> <p>Data: LUGLIO 2024</p>
--	---	---

INDICE

PREMESSA	4
1. NORME E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO	5
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	6
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	7
4. CAMPAGNA DI INDAGINE	11
4.1 MODELLO STRATIGRAFICO DI RIFERIMENTO	12
5. INTERPRETAZIONE DELLE PROVE IN SITO	14
5.1 PROVE SPT.....	14
5.1.1 Calcolo di N_{60}	15
5.1.2 Calcolo di $(N_1)_{60}$	15
5.1.3 Densità relativa (D_r).....	16
5.1.4 Angolo di resistenza al taglio (φ').....	17
5.1.5 Moduli elastici operativi (E').....	18
5.2 PROVE DMT.....	19
6. CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE.....	21
6.1 INTERPRETAZIONE DELLE PROVE SPT	22
6.1.1 Densità relativa (D_R)	22
6.1.2 Angolo di resistenza al taglio (φ').....	23
6.1.3 Modulo elastico operativo (E')	24
6.2 INTERPRETAZIONE DELLE PROVE DMT	26
6.2.1 Riconoscimento stratigrafico	26
6.2.2 Angolo di resistenza al taglio (φ').....	27
6.2.3 Modulo elastico (E').....	27
6.3 PROVE DI LABORATORIO	28
6.3.1 Granulometria.....	29
6.3.2 Limiti di Atterberg	29

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - Caratterizzazione geotecnica</p> <hr/> <p>Data: LUGLIO 2024</p>
--	---	---

6.3.3	<i>Peso di volume</i>	30
6.3.4	<i>Contenuto d'acqua</i>	30
6.3.5	<i>Angolo di resistenza a taglio di picco e a volume costante</i>	30
6.3.6	<i>Modulo di taglio a piccolissime deformazioni (G_0)</i>	31
6.4	DATI DI LETTERATURA.....	32
6.4.1	<i>Caratterizzazione 2021 (Banchine di ponente G-H-I)</i>	32
6.4.2	<i>Caratterizzazione 2017 (Banchine di Ponente lato Nord)</i>	34
6.5	SINTESI DELLE CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI.....	36
7.	BIBLIOGRAFIA	37


 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO “E” E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA’ TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - Caratterizzazione geotecnica</p> <hr/> <p>Data: LUGLIO 2024</p>
--	---	---

PREMESSA

Il presente documento, parte degli elaborati del progetto di fattibilità tecnico economica dei “Ristrutturazione banchine Ro-Ro tratto “e” e realizzazione banchinamento a tergo del II Ro-Ro”, è rivolto alla caratterizzazione geotecnica dei depositi presenti nelle aree di pertinenza delle opere di banchinamento oggetto di intervento. Obiettivo del documento è quindi l’elaborazione delle indagini in sito disponibili per fornire i parametri geotecnici utili alla progettazione delle opere.

Il documento risulta articolato nei seguenti capitoli:


- Capitolo 1: NORME E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO;
- Capitolo 2: DOCUMENTI DI RIFERIMENTO;
- Capitolo 3: INQUADRAMENTO ;
- Capitolo 4: CAMPAGNA DI INDAGINE ;
- Capitolo 5: INTERPRETAZIONE DELLE PROVE IN SITO;
- Capitolo 6: CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNIC;
- Capitolo 7: BIBLIOGRAFIA

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - Caratterizzazione geotecnica</p> <hr/> <p>Data: LUGLIO 2024</p>
--	---	---

1. NORME E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO


- a) Legge 5 novembre 1971, n.1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e da struttura metallica";
- b) Legge 2 febbraio 1974, n.64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- c) D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni" (Suppl. Ord. alla G.U. n.42 del 20 febbraio 2018);
- d) Circolare 21 gennaio 2019 n.7 C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018";
- e) Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche dell'Associazione Geotecnica Italiana (AGI) (1977).

Per quanto non prescritto dalle Norme nazionali, si fa ampio riferimento a quanto stabilito dall'impianto normativo europeo attraverso l'Eurocodice 7 Parte 2 sull'impiego delle indagini per la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - Caratterizzazione geotecnica</p> <hr/> <p>Data: LUGLIO 2024</p>
--	---	---

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- a) Lavori di risanamento ed adeguamento strutturale delle banchine di levante e delle relative vie di corsa delle gru – Progetto Preliminare, Elab. 7: Indagini Geologiche Preliminari (04.10.2001, prot.4771)
- b) Progetto Esecutivo per la realizzazione della banchina di levante alti fondali del porto di Gioia Tauro – Perizia di Variante, All.3: Relazione Geognostica (18.02.2002, prot. 2105)
- c) Resecuzione banchine di ponente tratti G-H-I (adeguamento tecnico funzionale a prp vigente)- Progetto Definitivo – Relazione di Caratterizzazione Geotecnica (2021)
- d) Adeguamento del tratto di banchina nord esistente ai nuovi tratti di banchina nord in fase di esecuzione e relativo approfondimento dei fondali. Relazione Geologica

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - Caratterizzazione geotecnica</p> <p>Data: LUGLIO 2024</p>
--	---	---

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

L'area di costruzione è situata nella parte meridionale dell'Arco Calabro Peloritano (ACP) nella zona emersa della struttura geologica nota come Bacino di Gioia. La Piana di Gioia Tauro rappresenta l'entroterra emerso di tale Bacino lungo l'allineamento Peloritani – Capo Vaticano (Figura 3-1) ed è il risultato della intensa attività erosivo-deposizionale divenuta particolarmente attiva in seguito al sollevamento tettonico dell'entroterra, evidenziato anche da faglie talora sismicamente attive e da strutture di accomodamento distensivo, rese evidenti da fenomeni di deformazione gravitativa e subsidenza.

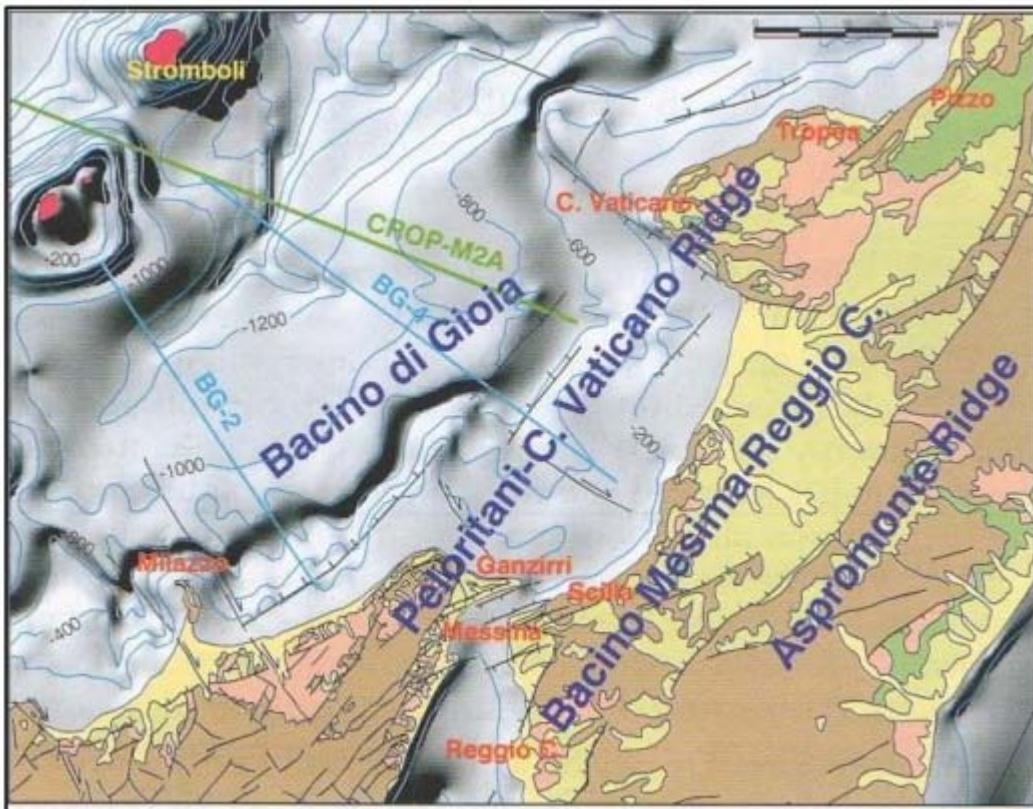


Figura 3-1 Schema tettonico della Calabria meridionale e strutture tettoniche presenti nell'offshore di fronte a Gioia Tauro

Localmente, le formazioni che costituiscono il substrato geologico dell'area esaminata sono costituite esclusivamente da litotipi sedimentari allo stato incoerente, mentre mancano le formazioni cristalline e metamorfiche come anche i terreni pseudo-coerenti e semicoerenti (vedasi Carta Geologica, Figura 3-2).



Figura 3-2 Carta geologica dell'area

Queste vengono descritte nel seguito dalla più antica a quelle più recenti.


- SABBIE PLIOCENICHE (P⁵)

Litologia più antica tra quelle rappresentate sulla carta geologica ed è costituita da una successione più o meno irregolare di strati sabbiosi associati a strati sabbioso-siltosi di età riferibile al pliocene superiore. Si tratta dell'unica formazione francamente marina il cui luogo di affioramento si trova fuori dell'area di costruzione ma che pare sia stata raggiunta da alcuni sondaggi profondi effettuati in precedenza nell'area portuale. La potenza mediamente si aggira intorno ai 40 m.

- SABBIE GIALLASTRE (q^{s-cl})

Formazione di sabbie giallastre a grana media e fine, con rari elementi più grossolani. Si tratta probabilmente di litotipi sedimentari di ambiente fluvio-deltizio analogo a quello che si può oggi osservare in prossimità della foce del fiume Mesima, dove le variazioni continue del livello deposizionale e dell'apporto di sedimenti hanno prodotto una successione di strati a granulometria grossolana intercalati ad altri più fini. La potenza della formazione si aggira intorno ai 20 m.

- SABBIE E GHIAIE ROSSASTRE (q^{cl-s})

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato:</p> <p>Relazione tecnica - Caratterizzazione geotecnica</p> <p>Data: LUGLIO 2024</p>
--	---	---

Praticamente coeva della precedente formazione, essa è costituita da depositi di facies continentale che si differenziano da quelli descritti in precedenza soprattutto per la granulometria e per la colorazione bruno-rossastra. Si presentano, infatti, sotto forma di livelli ghiaioso-sabbiosi intercalati con sabbie grossolane o viceversa e verso l'alto tendono ad assumere un'embrionale colorazione bruno-rossastra. La potenza attinge eccezionalmente i 15-20 m mentre più spesso non supera i 10 m.

- DUNE E SABBIE EOLICHE STABILIZZATE (d¹)

Tali sabbie sono rappresentate da depositi psammitici a granulometria media i cui granuli sono piuttosto arrotondati a causa dell'azione abrasiva di origine eolica. La formazione si trova allo stato incoerente e la permanenza delle singole particelle è in larga parte legata alla copertura vegetazionale e agli interventi antropici che limita fortemente l'azione del vento.


- DUNE E SABBIE EOLICHE MOBILI (d²)

Si tratta di una formazione praticamente analoga a quella descritta al punto precedente dalla quale si differenzia soprattutto perché la sporadicità della copertura vegetale lascia largo margine all'azione eolica e al moto ondoso con conseguenti possibilità di spostamento e ulteriore rielaborazione dei sedimenti.

- DUNE E SABBIE EOLICHE MOBILI (d²)

Tutta l'area gravitante sul Fosso Fangaro è occupata da una formazione la cui origine è da mettere in relazione diretta con l'attività deposizionale dei compluvi che con la loro pur saltuaria attività di trasporto e deposito incidono il bordo esterno del versante interno. I depositi alluvionali che di volta in volta si sono accumulati risultano eterogenei e discontinui: la loro costituzione litologica, pur essendoci una certa prevalenza di materiali granulari, è piuttosto variabile e può comprendere anche materiali a granulometria fine come i silt più o meno argillosi che, nelle sacche acquitrinose, possono diventare anche torbosi.

Da un punto di vista geomorfologico, l'area di costruzione si articola in un ambito territoriale pianeggiante che, in maniera quasi impercettibile, digradava verso la linea di riva e che ha subito vistosi fenomeni di rimaneggiamento in seguito alla costruzione del porto di Gioia Tauro e delle sue pertinenze. Si tratta della morfologia tipica del litorale marino della Piana di Gioia Tauro, geomorfotipo che caratterizza il territorio sud-calabrese tra il promontorio di Capo Vaticano a nord, il passaggio appenninico Serre-Aspromonte e la dorsale dello Zomaro a est, il Monte Sant'Elia a sud e il mare Tirreno a ovest, dando origine a forme su cui incidono gli aspetti tettonici e il modellamento antropico.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - Caratterizzazione geotecnica</p> <hr/> <p>Data: LUGLIO 2024</p>
--	---	---

Allo stato attuale, la fascia litoranea è interamente occupata dalla struttura portuale e dalle retrostanti zone industriali che, per l'ampiezza delle azioni antropiche, hanno completamente modificato l'assetto morfologico originario.

Per maggiori informazioni circa il quadro geologico e geomorfologico si rimanda alla Relazione Geologica che rappresenta il documento di riferimento per gli argomenti in questione.

4. CAMPAGNA DI INDAGINE

Con riferimento all'area d'interesse, per la progettazione in oggetto si è fatto riferimento alle indagini eseguite dalla GEOstudi s.r.l. nel settembre 2013.

Il complesso dei dati reperiti e pertinenti per la caratterizzazione è composto da:

- n° 3 sondaggi a carotaggio continuo eseguiti a terra (S1T, S2T e S3T);
- n° 2 sondaggi a carotaggio continuo eseguiti a mare (S1M e S2M)
- n° 28 SPT eseguite durante la realizzazione dei cinque sondaggi sopra riportati;
- n° 2 DMT eseguite in prossimità dei sondaggi a mare (D1 e D2)
- n° 3 prove down-hole eseguite nelle perforazioni a terra (CS1, CS2 e CS3)
- n° 5 campioni sottoposti a prove di laboratorio, di cui n° 3 rimaneggiati e n° 2 indisturbati.



Figura 4-1 Ubicazione planimetrica delle verticali di indagine considerate

Tabella 4-1 Sondaggi a carotaggio continuo

Verticale	Tratto	Prof. (m da l.m.m)	n° SPT	n° CI	n° CR
S1T	E	-35	6	-	2
S1M		-35	5	2	-
S2T	F	-35	6	-	-
S2M		-35	4	-	-
S3T		-35	7	-	1


 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato:
		Relazione tecnica - Caratterizzazione geotecnica Data: LUGLIO 2024

Tabella 4-2 Verticali down-hole e DMT

Verticale	Tratto	Prof. (m da l.m.m)
CS1	E	-34,5
D1		-34,9
CS2	F	-34,5
CS3		-34,5
D2		-32,9

4.1 MODELLO STRATIGRAFICO DI RIFERIMENTO

Sulla base del contesto geologico dell'area di interesse e dall'osservazione delle cassette di sondaggio la Relazione Geologica ha individuato la seguente successione stratigrafica dall'alto verso il basso:

- **Deposito Antropico**
(R) Deposito eterogeneo dovuto all'ammassamento di materiale a composizione prevalentemente sabbiosa con elementi ghiaiosi
- **Deposito Dunare**
(D) Sabbie quarzose contenenti rari noduli e livelli carboniosi nerastri
- **Deposito infralitorale**
(I) Sabbie quarzose nocciola di grana media
- **Deposito marino**
(M_a-b) Deposito di ambiente marino in facies batiale costituito da sabbie medie-fini grigi (Ma) e da un'alternanza di queste con sabbie limose (Mb)

Il quadro delle informazioni disponibili ha permesso di elaborare il profilo geologico-stratigrafico mostrato in Figura 4-2.

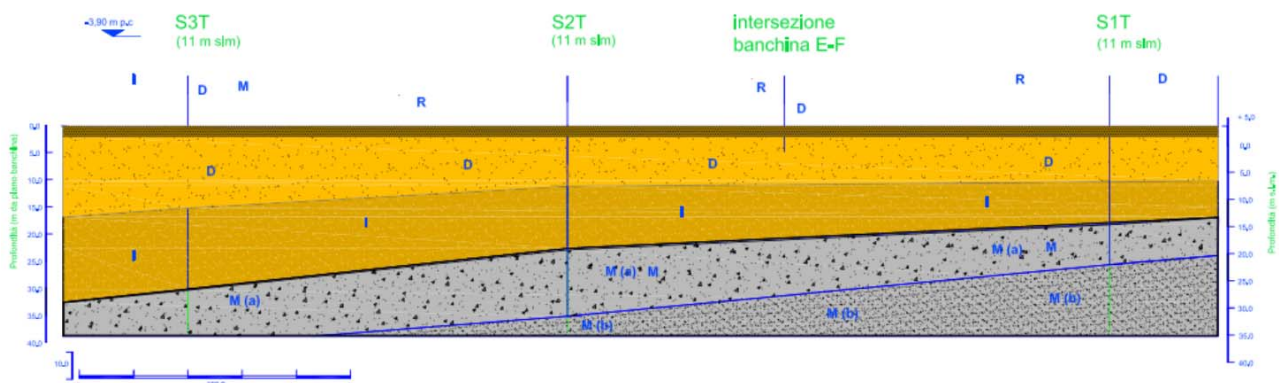



Figura 4-2 – Profilo geologico-stratigrafico lungo l'allineamento delle banchine

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato:</p> <p>Relazione tecnica - Caratterizzazione geotecnica</p> <p>Data: LUGLIO 2024</p>
--	---	---

Tutte le indagini evidenziano che il sottosuolo nell'area portuale di Gioia Tauro è costituito da terreni incoerenti, con presenza di componenti ghiaiose nei primi metri e di granulometria più uniforme negli strati più profondi. Il modello stratigrafico di riferimento, semplificato rispetto al modello geologico-stratigrafico di dettaglio, che si ritiene opportuno adottare per il dimensionamento delle opere di banchinamento è mostrato in Figura 4-3 ed è caratterizzato dalla presenza di due Unità Geotecniche, tutte incoerenti ma con caratteristiche meccaniche leggermente differenti:

- **Unità A – Sabbie medio-grosse.** Costituisce lo strato più superficiale, esteso fino alla profondità di circa -10,0 m dal livello medio mare. Sono caratterizzate da valori di $N_{1(60)}$ generalmente pari a circa 30 colpi.
- **Unità B – Sabbie medie e fini debolmente limose.** Costituisce lo strato che si estende da -10,0 m dal livello medio mare in poi ed è caratterizzato indicativamente da valori $N_{1(60)}$ compresi tra 20 e 30 colpi.

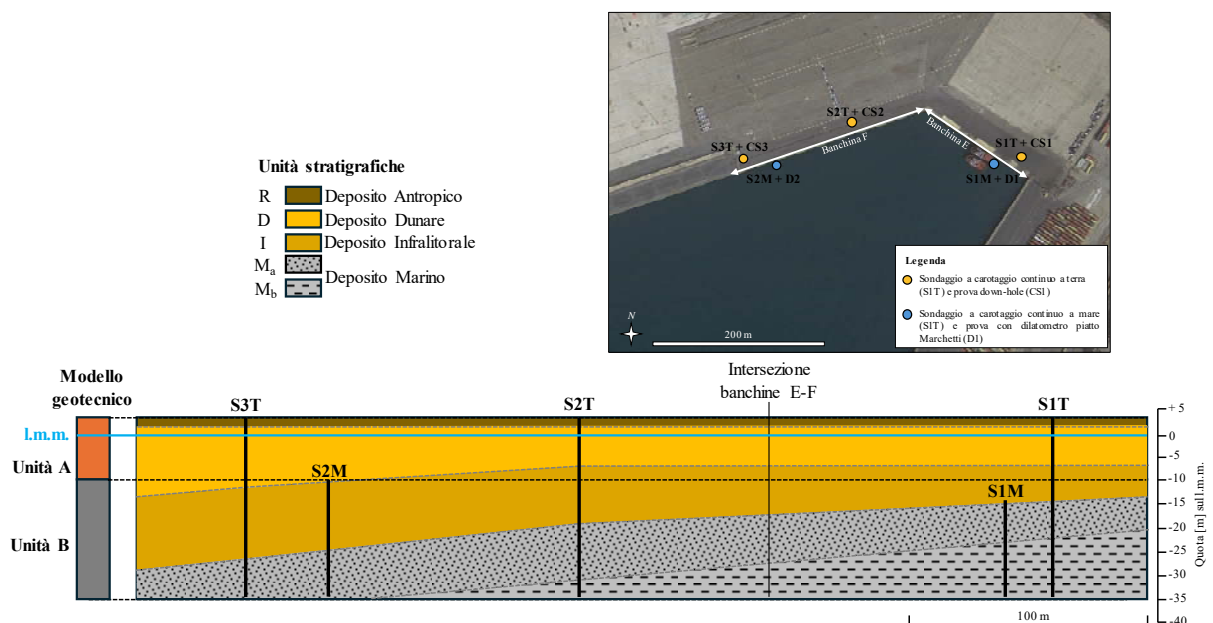



Figura 4-3 - Modello stratigrafico con individuazione delle Unità Geotecniche

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato:</p> <p>Relazione tecnica - Caratterizzazione geotecnica</p> <p>Data: LUGLIO 2024</p>
--	---	---

5. INTERPRETAZIONE DELLE PROVE IN SITO

Dato che nell'area del porto di Gioia Tauro i terreni presenti sono incoerenti, non è agevole il prelievo di campioni indisturbati e pertanto la loro caratterizzazione meccanica è eseguita sulla base di prove in sito, nel caso in esame prove penetrometriche dinamiche tipo SPT.

Nel seguente paragrafo si fornisce un quadro sintetico delle correlazioni empiriche adottate per l'interpretazione delle prove S.P.T.

5.1 PROVE SPT

La prova penetrometrica dinamica SPT (Standard Penetration Test), ideata negli Stati Uniti nel 1927, è la prova in sito più diffusa ed utilizzata per la caratterizzazione di depositi di terreno incoerente. La prova consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di un campionatore, generalmente infisso a partire dal fondo di un foro di sondaggio. La prova SPT consiste nel far cadere ripetutamente un maglio di dimensioni e massa standard da un'altezza di 760 mm, su una testa di battuta fissata alla sommità di una batteria di aste alla cui estremità inferiore è avvitato un campionatore standardizzato e registrando, durante la penetrazione, il numero di colpi N_1 , N_2 , N_3 necessari ad ottenere tre avanzamenti consecutivi di 15 cm. A caratterizzare la resistenza alla penetrazione si assume il numero di colpi $N_{SPT} = N_2 + N_3$.

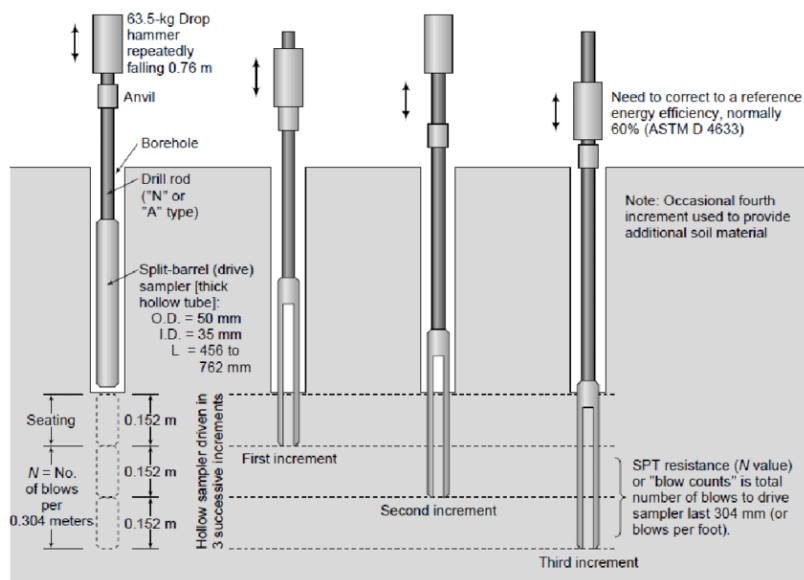



Figura 5-1 Standard Penetration Test (S.P.T.)

I parametri più affidabili desumibili dai risultati della prova sono la densità relativa e l'angolo d'attrito; in subordine è possibile valutare anche i parametri di deformabilità del terreno.

	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato: Relazione tecnica - Caratterizzazione geotecnica
		Data: LUGLIO 2024

L'utilizzo delle correlazioni empiriche deve essere fatto a seguito di alcune correzioni del valore N_{SPT} misurato, legate al rendimento del dispositivo, alle attrezzature utilizzate, alla tensione litostatica e alla presenza della falda. Le correzioni sono state applicate secondo la sequenza descritta nel seguito.

5.1.1 Calcolo di N_{60}

Il valore di N_{SPT} deve essere innanzitutto corretto in base alle modalità e alle apparecchiature con cui la prova viene eseguita:

$$N_{60} = N_{SPT} \times C_E \times C_B \times C_R \times C_S$$

N_{SPT} numero di colpi alla profondità di prova

C_E fattore di correzione per l'energia del martello

C_B fattore di correzione per il diametro del foro

C_R fattore di correzione per la lunghezza delle aste

C_S fattore di correzione per l'impiego di un campionatore non standard

5.1.2 Calcolo di $(N_1)_{60}$

Il valore di N_{60} viene ulteriormente corretto per tener conto dello sforzo efficace agente alla profondità di indagine:

$$(N_1)_{60} = N_{60} \times C_N$$


N_{60} resistenza alla penetrazione (numero di colpi) corretta per tener conto della modalità e dell'apparecchiatura con cui la prova è stata eseguita

C_N fattore di correzione per la profondità di esecuzione della prova

In Tabella 5-1 sono presentati i tipici valori dei fattori di correzione da applicare secondo Youd (2000).

Tabella 5-1. Fattori correttivi della resistenza SPT (Youd, 2000)

Fattore	Caratteristiche dell'attrezzatura di prova	Correzione
Pressione litostatica C_N	-	$(p_M/\sigma'_{vd})^{0.5}$ $0.4 \leq C_N \leq 1.7$ (EC8: $0.5 < C_N < 2$)
Rapporto energetico C_E	Maglio di sicurezza Maglio ad anello Maglio a rilascio automatico	0.7 – 1.2 0.5 – 1 0.8 – 1.3
Diametro del foro C_B	65 – 115 mm 150 mm 200 mm	1.0 1.05 1.15
Lunghezza dell'asta ³ C_R	< 3 m 3 – 4 m 4 – 6 m 6 – 10 m 10 – 30 m	0.75 0.8 0.85 0.95 1.0
Metodo di campionamento C_S	Campionatore standard Campionamento senza rivestimento	1.0 1.1 – 1.3

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato:</p> <p>Relazione tecnica - Caratterizzazione geotecnica</p> <p>Data: LUGLIO 2024</p>
--	---	---

Qualora si ritrovino materiali molto grossolani, il campionatore standard viene sostituito da un campionatore a punta chiusa. In questo caso la letteratura tecnica non è univoca nel fornire confronti tra i risultati ottenuti per campionatori a punta aperta e a punta chiusa. Facendo riferimento a trattazioni tradizionali riferite ad esperienze su sabbie ghiaiose (Figura 5-2, tratta da Palmer e Stuart, 1958) sui valori misurati con punta chiusa non viene fatta alcuna correzione e i risultati vengono interpretati con tutte le correlazioni valide per la punta aperta.

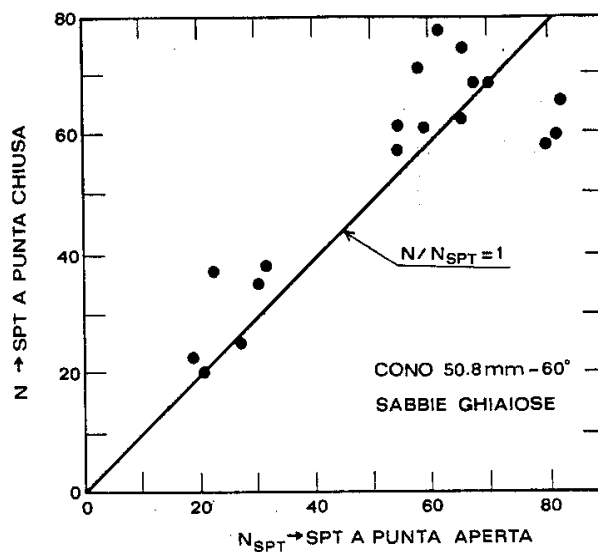


Figura 5-2 - Correlazione tra valori N_{SPT} misurati con punta chiusa e aperta (da Palmer e Stuart, 1958)


In presenza di sabbie limose fini sottofalda possono svilupparsi pressioni interstiziali non trascurabili in fase di penetrazione del campionatore; pertanto, in tali situazioni, il valore di N_{SPT} misurato va ridotto opportunamente, così come suggerito da Terzaghi- Peck (1948):

$$\begin{aligned} (N_{SPT})_{corr} &= N_{SPT} && \text{se } N_{SPT} \leq 15 \\ (N_{SPT})_{corr} &= 15 + 0,50 \cdot (N_{SPT} - 15) && \text{se } N_{SPT} > 15 \end{aligned}$$

Il valore corretto dell'indice N , o verosia N_{60} , consente di pervenire ad una stima della densità relativa D_r , dell'angolo d'attrito φ' ed anche della rigidezza E' attraverso l'impiego di correlazioni empiriche d'uso consolidato.

5.1.3 Densità relativa (D_r)

La densità relativa viene valutata con le classiche espressioni di Meyerhof (1957), basata sui dati sperimentali di Gibbs e Holtz (1957), e di Bazaara (1967).

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato: Relazione tecnica - Caratterizzazione geotecnica Data: LUGLIO 2024
--	--	--

$$D_r = \sqrt{\frac{N_{60}}{17 + 24 \frac{\sigma'_{v0}}{p_a}}} \quad (\text{Gibbs e Holtz, 1957})$$

$$D_r = \sqrt{\frac{N_{60}}{20 \left(1 + 4,1 \frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right)}} \quad \text{per } \frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \leq 0,732$$

(Bazaara, 1967)

$$D_r = \sqrt{\frac{N_{60}}{20 \left(3,24 + 1,024 \frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right)}} \quad \text{per } \frac{\sigma'_{v0}}{p_a} > 0,732$$

essendo σ'_{v0} è la tensione litostatica efficace alla profondità di prova e p_a è la pressione atmosferica.

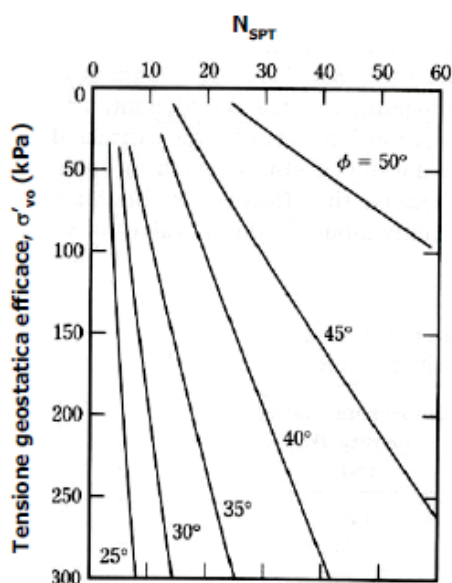
La formulazione di Gibbs e Holtz è valida per le sabbie da fini a grossolane, pulite, per qualunque valore di pressione efficace, in depositi normalmente consolidati. Nel caso di depositi ghiaiosi il valore della D_r viene sovrastimato, nel caso di depositi limosi viene invece sottostimato.

5.1.4 Angolo di resistenza al taglio (φ')

L'angolo d'attrito si determina utilizzando le correlazioni di Peck et al. (1974) e Schmertmann (1975). La relazione di PECK ET AL. (1974), è approssimabile anche analiticamente attraverso la relazione di Wolff (1989):

$$\varphi' = 27,1 + 0,3 \cdot (N_1)_{60} - 0,00054 \cdot (N_1)_{60}^2$$

La correlazione di SCHMERTMANN (1975) è graficamente rappresentata in Figura 5-3 e corrisponde all'equazione di Kulhawy e Mayne (1980) riportata a fianco della figura stessa.



$$\phi' = \arctan \left[\frac{N_{60}}{12.2 + 20.3 \cdot \left(\frac{\sigma'_{vo}}{p_a} \right)} \right]^{0.34}$$

Figura 5-3 - Correlazione di Schmertmann (1975) per la stima dell'angolo di attrito e relativa equazione di Kulhawy e Mayne (1980)

5.1.5 Moduli elastici operativi (E')

I moduli elastici sono stati valutati con riferimento alle seguenti formulazioni:

- a) JAMIOLKOWSKI et al. (1988) per terreni normalmente consolidati

$$E'_{25} = (10,5 - 3,5D_r) \cdot N_{60}/10 \quad [\text{MPa}]$$

dove:


E'_{25} modulo di Young secante cui corrisponde un grado di mobilitazione della resistenza pari al 25%;

D_r densità relativa espressa come frazione dell'unità;

Per valori della densità relativa D_r inferiori a 50% e per materiali ghiaioso-sabbiosi le espressioni suddette conducono ad una sottostima dei valori di E'_{25} .

- b) DENVER (1982)

Il metodo è valido per sabbia e ghiaia e sabbia pulita. La relazione non considera l'influenza della pressione efficace, che porta a parità di N_{SPT} ad una diminuzione del modulo elastico con la profondità. Il metodo si basa sulla seguente relazione:

	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato:
		Relazione tecnica - Caratterizzazione geotecnica Data: LUGLIO 2024

$$E' = B \cdot \sqrt{N_{60}} \quad [\text{MPa}]$$

con il parametro B pari a 7 MPa. La relazione va considerata inattendibile per N_{SPT} molto bassi o molto alti. Nel primo caso il modulo elastico risulta eccessivamente elevato, nel secondo caso eccessivamente basso.

5.2 PROVE DMT

La prova dilatometrica DMT, introdotta originariamente da Marchetti (1980), consiste nell'espansione in direzione orizzontale di una membrana metallica posta sulla faccia di una lama d'acciaio che viene spinta nel terreno attraverso una batteria di aste. Raggiunta la posizione di prova, la membrana viene spinta contro terra per mezzo dell'azione di un gas e si misurano due valori caratteristici della pressione applicata: valore A: è la pressione di distacco o lift-off necessaria per controbilanciare lo sforzo litostatico e determinare il primo distacco della membrana dal supporto;

valore B: è la pressione che determina l'espansione della membrana di 1,1 mm in corrispondenza del centro.

Dai valori di A e B, con l'impiego delle relazioni riportate in Tabella 7 si ricavano due valori di pressione caratteristici, p_0 e p_1 e calcolare i seguenti "parametri indice":

$$I_D = \frac{(p_1 - p_0)}{(p_0 - u_0)} \quad \text{Indice di materiale}$$


$$K_D = \frac{(p_0 - u_0)}{(\sigma'_{v0})} \quad \text{Indice di spinta orizzontale}$$

$$E_D = 34,7 \cdot (p_1 - p_0) \quad \text{Modulo Dilatometrico}$$

L'indice di materiale I_D permette di distinguere la granulometria del deposito in base ai campi riportati in Tabella 5-2.

Tabella 5-2 Classificazione del terreno in funzione dell'indice di materiale I_D


Classificazione del terreno	Argilla	Limo	Sabbia
Valore di I_D	$0,1 < I_D < 0,60$	$0,60 < I_D < 1,80$	$I_D > 1,80$

	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato: Relazione tecnica - Caratterizzazione geotecnica
		Data: LUGLIO 2024

Le correlazioni riportate nella Tabella 5-3 consentono, invece, di stimare varie proprietà dei terreni. Per il caso oggetto di studio, data la natura incoerente dei terreni indagati, sono state impiegate le correlazioni per la stima dell'angolo di resistenza a taglio (ϕ') e del modulo edometrico (M).

Tabella 5-3- Formule base per l'elaborazione delle prove DMT (TC16 2001)

SIMBOLO	DESCRIZIONE	FORMULE BASE DI ELABORAZIONE DMT	
p_0	Prima Lettura Corretta	$p_0 = 1.05 (A - Z_M + \Delta A) - 0.05 (B - Z_M - \Delta B)$ $Z_M =$ Lettura al manometro quando "aperto" all'atm. Se $\Delta A, \Delta B$ sono misurate con lo stesso manometro usato per le letture A, B correnti, porre $Z_M = 0$ (Z_M è compensata)	
p_1	Seconda Lettura Corretta		
I_D	Indice di Materiale	$I_D = (p_1 - p_0) / (p_0 - u_0)$	$u_0 =$ pressione neutra pre-inserimento
K_D	Indice di Spinta Orizzontale	$K_D = (p_0 - u_0) / \sigma'_{v0}$	$\sigma'_{v0} =$ tensione geostatica pre-inserimento
E_D	Modulo Dilatometrico	$E_D = 34.7 (p_1 - p_0)$	E_D NON è un modulo di Young E. E_D deve essere usato solo DOPO averlo combinato con K_D (Storia Tensionale). Prima ricavare $M_{DMT} = R_M E_D$, poi ad es. $E \approx 0.8 M_{DMT}$
K_0	Coeff. Spinta Orizz. in Sito	$K_{0,DMT} = (K_D / 1.5)^{0.47} - 0.6$	per $I_D < 1.2$
OCR	Rapp. di Sovraconsolidazione	$OCR_{DMT} = (0.5 K_D)^{1.56}$	per $I_D < 1.2$
c_u	Res. al Taglio Non Drenata	$c_{u,DMT} = 0.22 \sigma'_{v0} (0.5 K_D)^{1.25}$	per $I_D < 1.2$
ϕ'	Angolo di Resistenza al Taglio	$\Phi_{safe,DMT} = 28^\circ + 14.6^\circ \log K_D - 2.1^\circ \log^2 K_D$	per $I_D > 1.8$
c_h	Coeff. di Consolidazione	$c_{h,DMTA} \approx 7 \text{ cm}^2 / t_{flex}$	t_{flex} da curva di decadimento A-log t da DMTA
k_h	Coeff. di Permeabilità	$k_h = c_h \gamma_w / M_h$ ($M_h \approx K_0 M_{DMT}$)	
γ	Peso di Volume	(vedi grafico in TC16 2001)	
M	Modulo Verticale Drenato Confinato	$M_{DMT} = R_M E_D$	
		se $I_D \leq 0.6$	$R_M = 0.14 + 2.36 \log K_D$
		se $I_D \geq 3$	$R_M = 0.5 + 2 \log K_D$
		se $0.6 < I_D < 3$	$R_M = R_{M,0} + (2.5 - R_{M,0}) \log K_D$ con $R_{M,0} = 0.14 + 0.15 (I_D - 0.6)$
		se $K_D > 10$	$R_M = 0.32 + 2.18 \log K_D$
	se $R_M < 0.85$	porre $R_M = 0.85$	
u_0	Pressione Neutra di Equilibrio	$u_0 = p_2 = C - Z_M + \Delta A$	In terreni drenanti

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - Caratterizzazione geotecnica Data: LUGLIO 2024</p>
--	---	---

6. CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE

Per la caratterizzazione geotecnica dei litotipi individuati si è fatto riferimento alle prove in situ SPT e DMT realizzate nell'area d'interesse ed alle prove di laboratorio sui campioni prelevati, supportate dai numerosi dati di letteratura relativi alla caratterizzazione dei terreni del porto di Gioia Tauro eseguita in sede di passati interventi infrastrutturali.

Per l'interpretazione delle prove in situ lo stato tensionale è stato valutato a partire dal piano banchina (riassunto in Tabella 6-1), anche per i due sondaggi a mare realizzati in prossimità del filo banchina: in questo modo, infatti, i risultati delle prove in situ eseguite in tali sondaggi si collocano in perfetta continuità con quelli degli altri, come riportato in Figura 6-1. In tale figura, il primo grafico riporta il numero di colpi normalizzato delle SPT $(N_1)_{60}$ per tutte le verticali avendo considerato uno stato tensionale differente per i sondaggi a terra (S1T, S2T e S3T) e quelli a mare (S1M e S2M), mentre il secondo riporta la medesima grandezza $(N_1)_{60}$ avendo considerato lo stesso stato tensionale riportato in Tabella 6-1.

Valutando, inoltre, l'andamento del valore $(N_1)_{60}$ è possibile osservare che questi individuano due fasce omogenee di terreno il cui limite si colloca a circa -10,0 m s.l.m.: tale evidenza ha permesso di individuare le due unità geotecniche considerate per la progettazione delle opere.

Tabella 6-1 Stato tensionale considerato per l'interpretazione delle prove in situ, sia per i sondaggi a terra che per quelli a mare in prossimità del filo banchina

Profondità [m] s.l.m.	γ [kN/m ³]	σ_{v0} [kN/m ²]	u [kN/m ²]	σ'_{v0} [kN/m ²]
+3,5	19	0	0	0
0		66	0	66
-10		256	98	158
-30		636	294	342

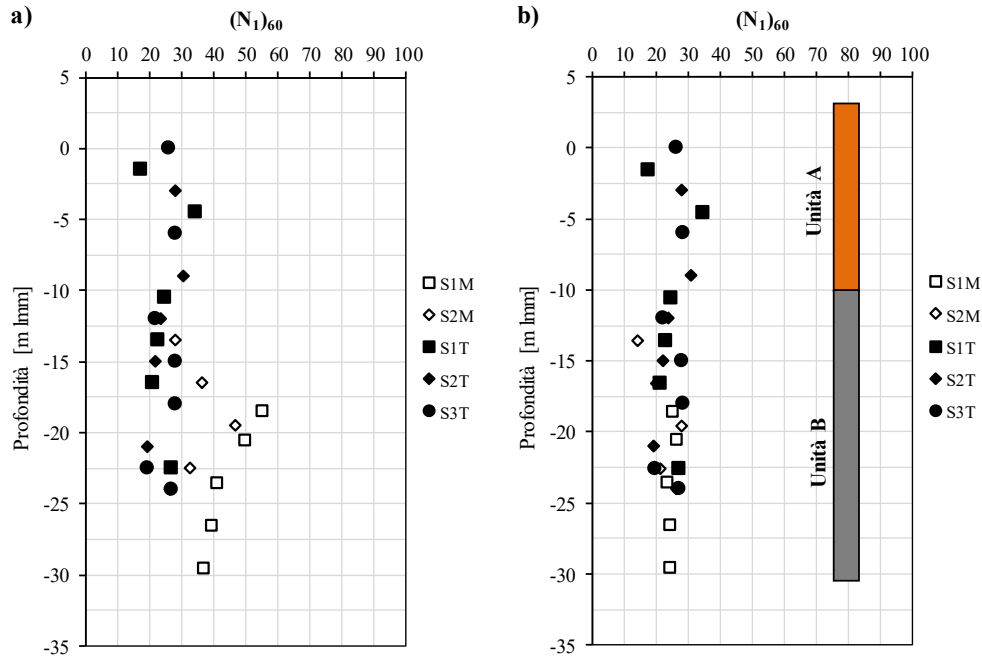


Figura 6-1 – Andamento del valore $(N_1)_{60}$ con la profondità per tutte le verticali a disposizione; a) considerando uno stato tensionale differente per le verticali a terra e quelle a mare; b) considerando lo stesso stato tensionale (valutato da piano banchina) per tutte le verticali. Si evidenzia inoltre l'individuazione delle due unità geotecniche.

Nei prossimi capitoli si riporta l'interpretazione delle prove SPT, DMT e quindi quelle di laboratorio.

6.1 INTERPRETAZIONE DELLE PROVE SPT

Le prove penetrometriche dinamiche SPT sono state impiegate per la stima dei seguenti parametri:

- densità relativa (DR);
- angolo di resistenza a taglio (φ')
- moduli elastici operativi (E'_{25} e E')

6.1.1 Densità relativa (DR)

Per la stima della densità relativa dei terreni indagati si è fatto riferimento alle correlazioni di letteratura di Gibbs & Holtz (1957) e Bazaara (1967), come riportato in Figura 6-2.

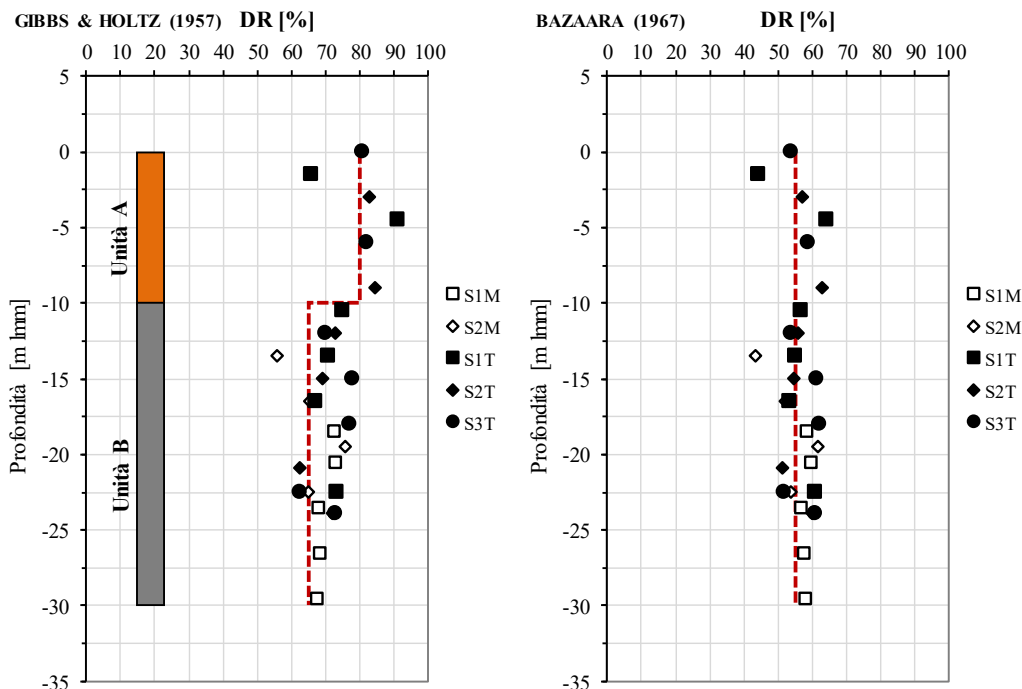


Figura 6-2 Stima della densità relativa per le due unità geotecniche individuate.

Impiegando tali correlazioni, i valori di densità relativa risultano essere:

- Unità A: DR= 80 % (Gibbs & Holtz, 1957), 55 % (Bazaara, 1967)

- Unità B: DR= 65 % (Gibbs & Holtz, 1957), 55 % (Bazaara, 1967)

Sulla base dei risultati ottenuti, l'unità A presenta uno stato di addensamento leggermente maggiore e può essere classificato come un terreno denso, mentre l'unità B come un terreno mediamente denso.

6.1.2 Angolo di resistenza al taglio (φ')

Per la stima dell'angolo di resistenza a taglio dei terreni indagati si è fatto riferimento alle correlazioni di letteratura di Peck (1974) e Schmertmann (1977), come riportato in Figura 6-3 Stima dell'angolo di resistenza a taglio per le due unità geotecniche individuate..

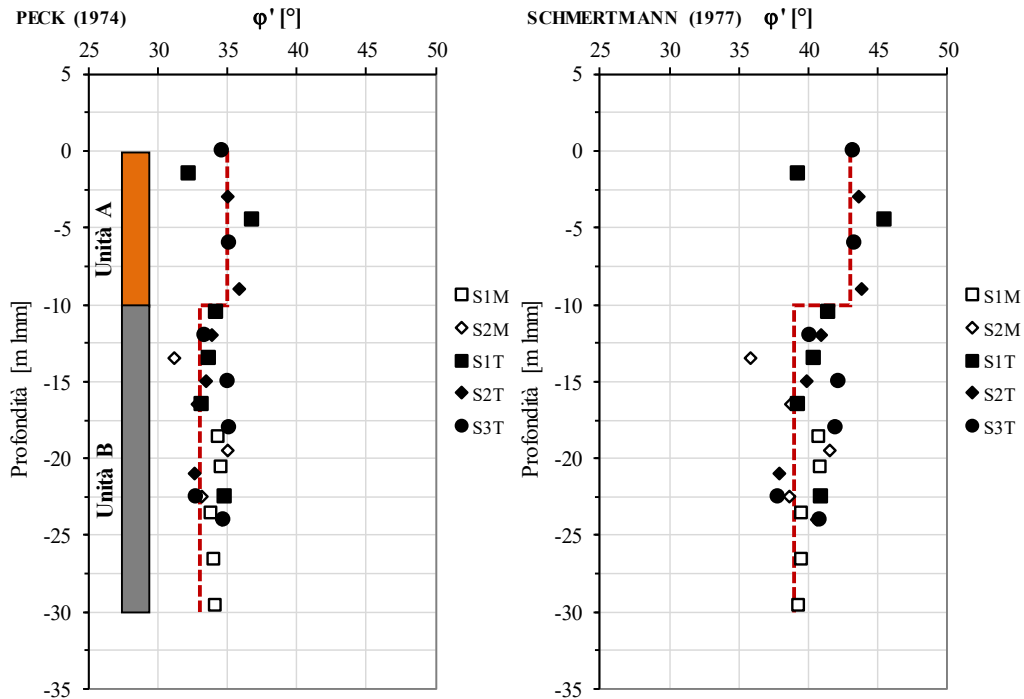


Figura 6-3 Stima dell'angolo di resistenza a taglio per le due unità geotecniche individuate.

Impiegando tali correlazioni, i valori dell'angolo di resistenza al taglio risultano essere:

- Unità A: $\phi' = 35^\circ$ (Peck, 1974), 43° (Schmertmann, 1977)
- Unità B: $\phi' = 33^\circ$ (Peck, 1974), 39° (Schmertmann, 1977)

6.1.3 Modulo elastico operativo (E')

Per la stima del modulo elastico operativo dei terreni indagati si è fatto riferimento alle correlazioni di letteratura di Jamiolkowski (1957) per depositi normal consolidati e Denver (1982), come riportato in Figura 6-4.

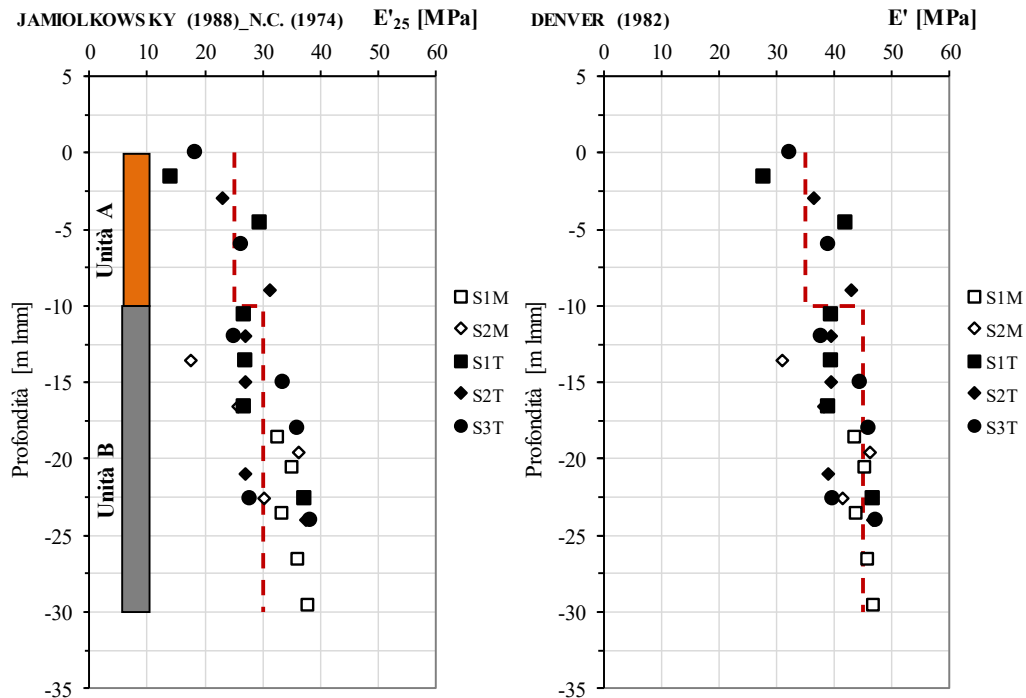



Figura 6-4 Stima del modulo elastico operativo per le due unità geotecniche individuate.

Impiegando tali correlazioni, i valori del modulo elastico operativo risultano essere:

- Unità A: $E' = 25$ MPa (Jamiolkowski, 1988), 35 MPa (Denver, 1982)
- Unità B: $E' = 30$ MPa (Jamiolkowski, 1988), 45 MPa (Denver, 1982)

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - Caratterizzazione geotecnica</p> <p>Data: LUGLIO 2024</p>
--	---	--

6.2 INTERPRETAZIONE DELLE PROVE DMT

Le prove con dilatometro piatto Marchetti (DMT) sono state impiegate sia per il riconoscimento stratigrafico che per la stima dei seguenti parametri geotecnici:

- angolo di resistenza a taglio (ϕ')
- moduli elastici operativi (E')

6.2.1 Riconoscimento stratigrafico

Entrambe le prove DMT sono state effettuate all'interno dell'unità B fornendo un valore del parametro I_D (indice del materiale) sempre superiore a 1,8 (vedasi Figura 6-5): il terreno, dunque, risulta classificabile come una sabbia con un maggiore contenuto di fine in profondità, in accordo con le evidenze stratigrafiche riscontrate nei sondaggi.

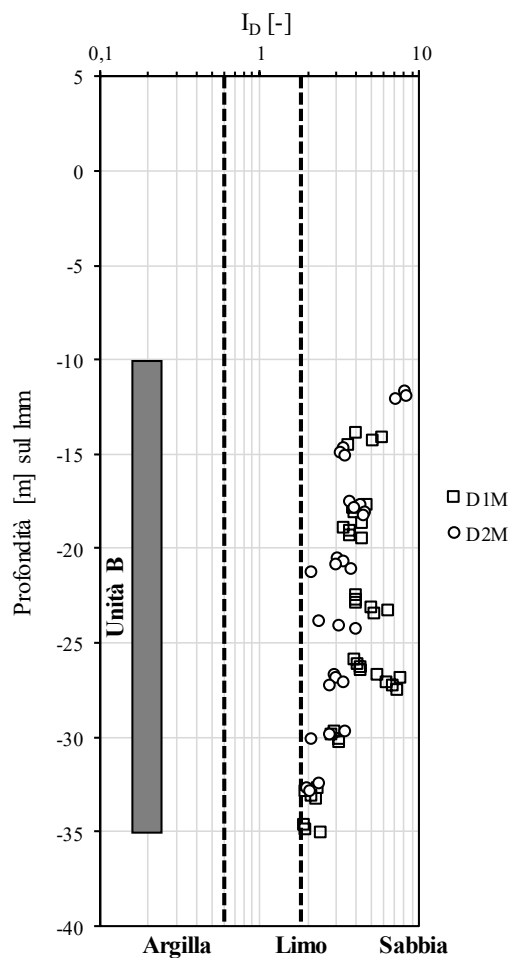



Figura 6-5 Identificazione stratigrafica da prove DMT

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato:</p> <p>Relazione tecnica - Caratterizzazione geotecnica</p> <p>Data: LUGLIO 2024</p>
--	---	---

6.2.2 Angolo di resistenza al taglio (ϕ')

Per l'unità B le prove hanno fornito un valore dell'angolo di resistenza al taglio pari a 33°, come evidenziato in Figura 6-6.

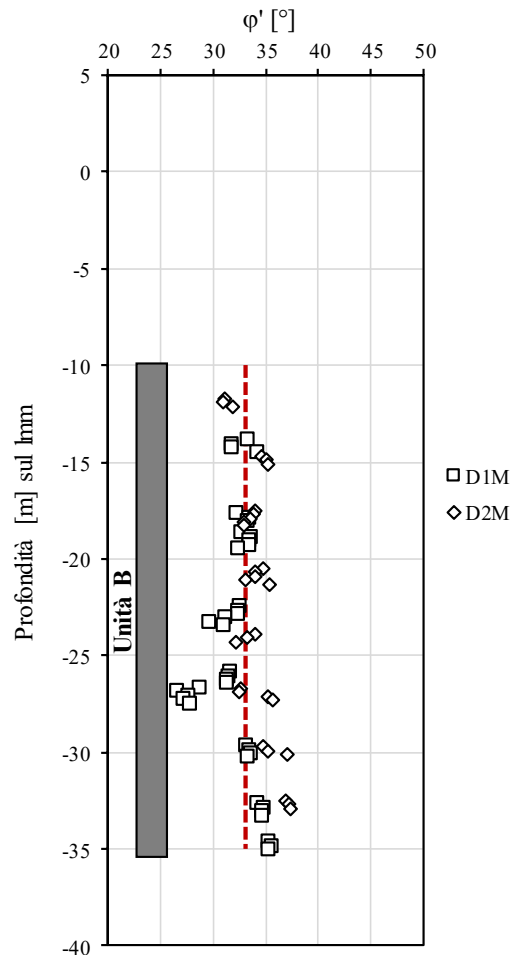



Figura 6-6 Stima dell'angolo di resistenza al taglio per l'unità B

6.2.3 Modulo elastico (E')

Le prove DMT non permettono di stimare direttamente il modulo di Young (E') ma solamente il modulo edometrico (M). In questa sede, quindi, si è ricavato E' a partire da M attraverso la nota relazione dell'elasticità di seguito riportata:

$$M = E' \cdot \left[\frac{(1 - \nu)}{(1 + \nu)} \cdot (1 - 2\nu) \right]$$

avendo assunto il coefficiente di Poisson ν pari a 0,3.

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato:</p> <p>Relazione tecnica - Caratterizzazione geotecnica</p> <p>Data: LUGLIO 2024</p>
--	---	---

Per l'unità B il modulo edometrico M risulta pari a 100 MPa cui corrisponde un modulo elastico E' pari a 70 MPa, come evidenziato in Figura 6-7.

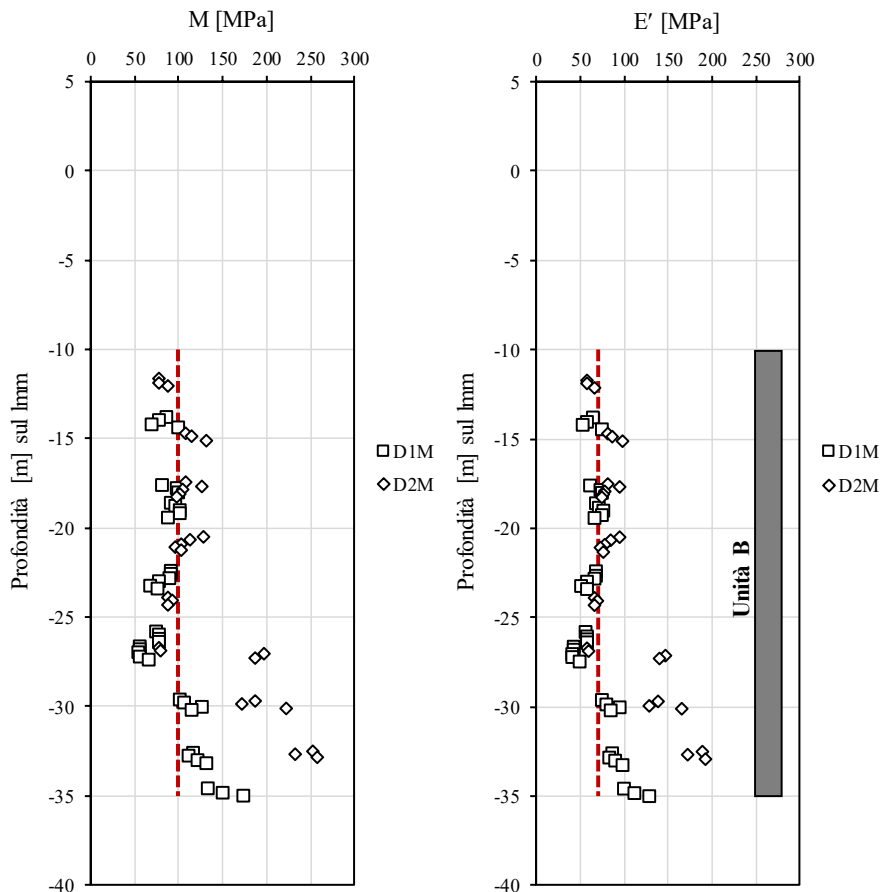



Figura 6-7 Stima dei moduli elastici M e E' per l'unità B

6.3 PROVE DI LABORATORIO

Nel corso della campagna di indagine considerata, sono stati prelevati un totale di 5 campioni, di cui n° 3 rimaneggiati e n° 2 indisturbati, come riassunto in Tabella 6-2. Su tutti i campioni sono state eseguite prove di classificazione in termini di analisi granulometrica e limiti di Atterberg (liquido w_L e plastico w_p) e sui soli campioni indisturbati è stato valutato anche il peso di volume naturale (γ) ed il contenuto d'acqua (w). Le prove meccaniche eseguite comprendono prove di taglio diretto e prove in colonna risonante. Le prove di taglio diretto sono state eseguite su tutti i campioni: per i campioni rimaneggiati si è determinato l'angolo di resistenza a taglio a volume costante (ϕ'_{vc}) mentre per quelli indisturbati sono stati valutati sia

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO</p> <p>RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato:</p> <p>Relazione tecnica - Caratterizzazione geotecnica</p> <p>Data: LUGLIO 2024</p>
--	---	---

Su tutti i campioni testati non è stato possibile determinare i limiti di Atterberg, per cui i terreni risultano non plastici in accordo con la natura prettamente granulare degli stessi.

6.3.3 Peso di volume

La determinazione del peso di volume risulta indicativa solamente per i due campioni indisturbati che appartengono all'unità B; i valori ottenuti risultano essere:

- $\gamma = 22,0 \text{ kN/m}^3$ per il campione CI1-S1M
- $\gamma = 21,8 \text{ kN/m}^3$ per il campione CI2-S1M

6.3.4 Contenuto d'acqua

La determinazione del contenuto d'acqua risulta indicativa solamente per i due campioni indisturbati che appartengono all'unità B; i valori ottenuti risultano essere:

- $w = 10,9 \%$ per il campione CI1-S1M
- $w = 13,7 \%$ per il campione CI2-S1M

6.3.5 Angolo di resistenza a taglio di picco e a volume costante

I risultati delle prove di taglio diretto sono riassunti in Figura 6-9, sia per l'unità A che per l'unità B. In accordo con la natura granulare dei materiali, l'involuppo di rottura in tensioni efficaci risulta essere, sul piano di Mohr-Coulomb, rettilineo e passante per l'origine.

In sintesi, i valori dell'angolo di resistenza a taglio risultano essere:

- unità A: $\varphi'_{vc} = 35^\circ$
- unità B: $\varphi'_p = 40^\circ$, $\varphi'_{vc} = 35^\circ$

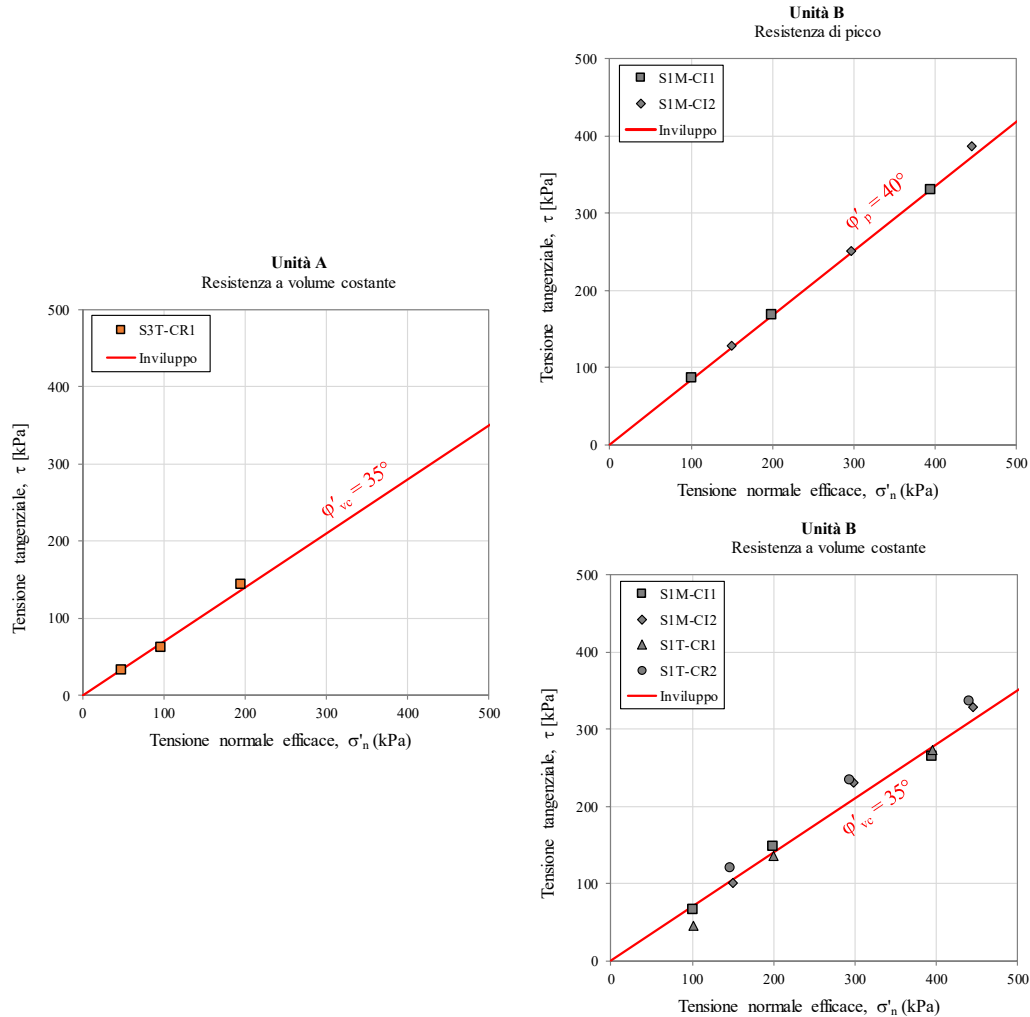


Figura 6-9 Inviluppi di rottura da prove di taglio diretto per le due unità geotecniche individuate.

6.3.6 Modulo di taglio a piccolissime deformazioni (G_0)

Sui campioni indisturbati, che appartengono all'unità B, sono state determinate le curve di decadimento del modulo di taglio (G) con la deformazione e le rispettive curve del rapporto di smorzamento (D), riportate in Figura.

Il valore del modulo ottenuti dai due campioni risulta essere pari a:

- $G_0 = 216$ MPa per il campione S1M-CI1 (tensione efficace di cella pari a 235 kPa);
- $G_0 = 184$ MPa per il campione S1M-CI2 (tensione efficace di cella pari a 300 kPa).

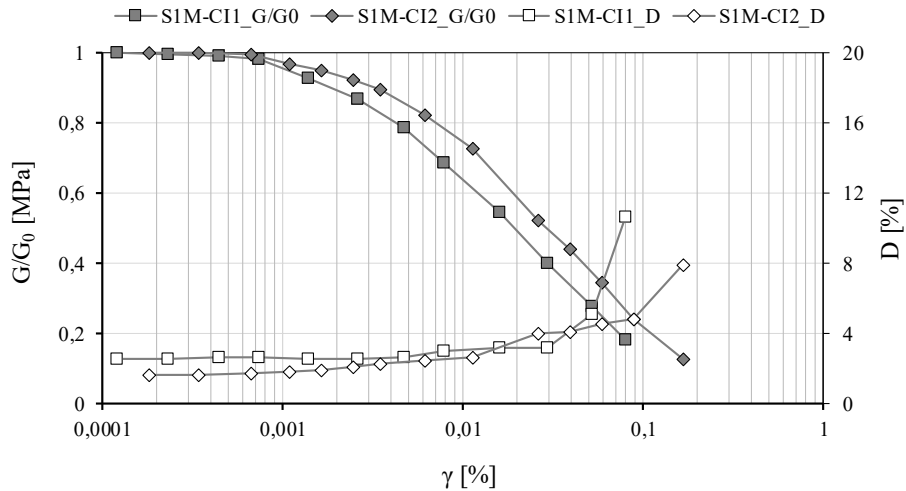


Figura 6-10 Curve di decadimento normalizzate del modulo di taglio ($G/G_0 - \gamma$) e rispettive curve di smorzamento ($D - \gamma$).

6.4 DATI DI LETTERATURA

Nel corso degli anni, per la progettazione di interventi in diverse porzioni del canale portuale, sono state eseguite diverse campagne di indagine finalizzate alla caratterizzazione dei depositi presenti ed interagenti con le opere infrastrutturali.

6.4.1 Caratterizzazione 2021 (Banchine di ponente G-H-I)

Nel seguito si riporta il quadro sinottico risultato della caratterizzazione più recente, finalizzata alla progettazione definitiva degli adeguamenti delle banchine di Ponente tratto G-H-I, situate sulla sponda opposta del canale, di fronte alla banchina oggetto della presente progettazione (Figura 6-11).

Tali indagini, estese fino alla profondità di circa **-30 m** dal livello medio mare possono essere ritenute rappresentative anche per le unità A e B presenti a tergo della banchina in progetto in quanto il canale portuale esistente è stato ottenuto scavando il terreno in posto tra le due sponde.

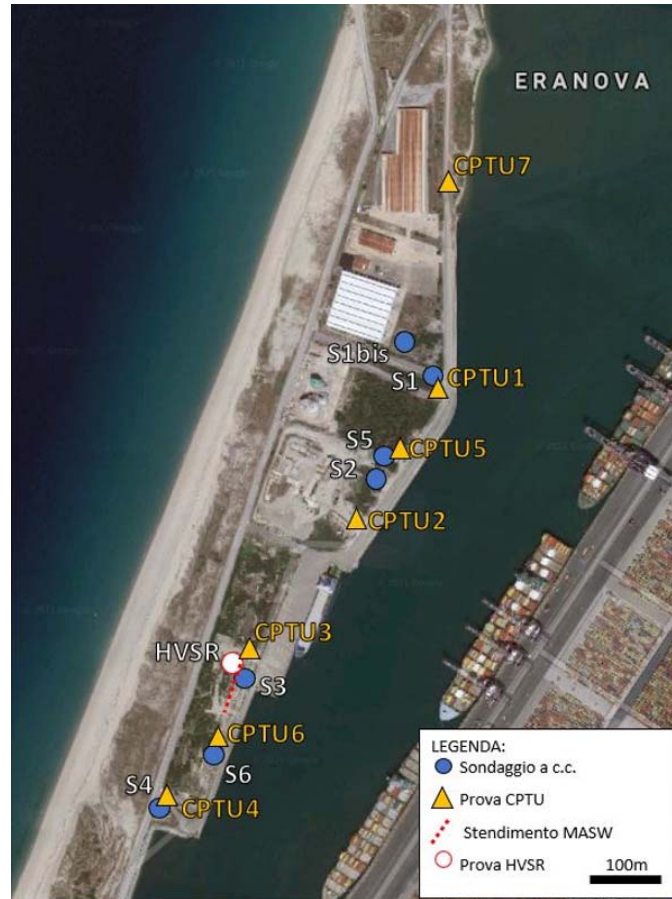


Figura 6-11 Indagini geologico-geotecniche realizzate nell'area della banchina di Ponente nel 2021


 Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA		Titolo elaborato: Relazione tecnica - Caratterizzazione geotecnica
			Data: LUGLIO 2024

Tabella 6-3 Quadro sinottico delle caratteristiche geotecniche dei terreni presenti (Banchine G – H – I, 2021)

				Sabbie
				(Unità A e B)
Peso di volume		γ	[kN/m ³]	19,0 – 20,0
Peso specifico dei grani		γ_s	[kN/m ³]	26,5
Densità relativa	da N _{SPT}	Dr	[%]	60-80
	da CPTu	Dr	[%]	60-90
Parametri di resistenza in tensioni efficaci	da taglio diretto	ϕ'_{cv}	[°]	32
	da N _{SPT}	ϕ'_p	[°]	34-40
	da CPTu	ϕ'_p	[°]	39-45
Modulo di taglio a piccole deformazioni	da prove CPTu	G ₀	[MPa]	50-200
	da MASW	G ₀	[MPa]	40-200
Modulo elastico operativo	da prove SPT	E' ₂₅	[MPa]	10-40
	da prove CPTu	E' _{0,1%}	[MPa]	50-125

6.4.2 Caratterizzazione 2017 (Banchine di Ponente lato Nord)

In Tabella 6-4 si riporta il quadro sinottico della caratterizzazione geotecnica dei terreni relativa ai lavori di realizzazione della banchina di ponente lato nord, eseguita sulla base della campagna di indagine composta dalle verticali riportate in Figura 6-12.

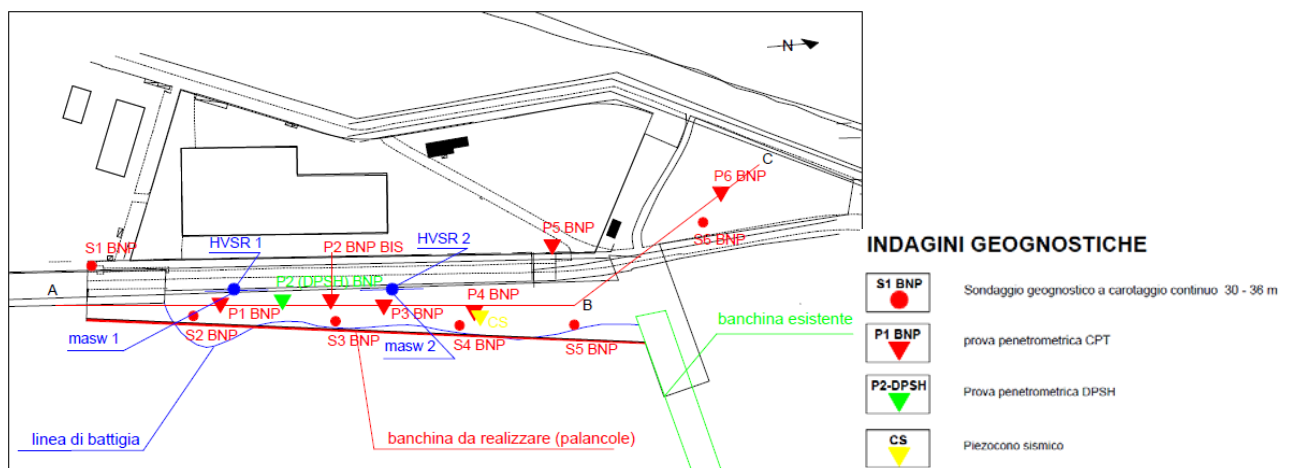


Figura 6-12 Campagna di indagine geognostica in corrispondenza del tratto nord della banchina di Ponente (2017)



 Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA		Titolo elaborato:	
			Relazione tecnica - Caratterizzazione geotecnica	
				Data: LUGLIO 2024

Tabella 6-4 Quadro sinottico delle caratteristiche geotecniche dei terreni presenti (Banchina di ponente nord, 2017)

				Sabbie e ghiaie (Unità A)	Sabbie (Unità B)
Peso di volume		γ	[kN/m ³]	19,0	19,5
Peso specifico dei grani		γ_s	[kN/m ³]	26,5	26,5
Densità relativa		D_r	[%]	60-80	50-70
Parametri di resistenza in tensioni efficaci	da taglio diretto	φ'	[°]	39-45	39-45
	da N_{SPT}	φ'	[°]	38-46	35-42
	da CPTu	φ'	[°]	42-46	38-42
Modulo di taglio a piccole deformazioni	da prove SPT	G_0	[MPa]	50-110	110-180
	da prove CPTu	G_0	[MPa]	70-120	100-125
	da prove Lab. (RC)	G_0	[MPa]	90-300	
Modulo elastico operativo	da prove SPT	E'_{25}	[MPa]	30-50	40-55
	da prove CPTu	$E'_{0,1\%}$	[MPa]	50-100	80-110

 Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio	PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA	Titolo elaborato:
		Relazione tecnica - Caratterizzazione geotecnica Data: LUGLIO 2024

6.5 SINTESI DELLE CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

La sequenza stratigrafica e le caratteristiche meccaniche dei terreni necessari allo studio delle opere in progetto sono state definite sulla base dei dati di indagine disponibili, costituiti dalle prove in sito, prove di laboratorio e da ulteriori dati raccolti all'interno dell'area portuale in occasione di altri interventi.


Da un punto di vista geotecnico i terreni presenti nel volume significativo sono tutti di natura incoerente con buono stato di addensamento e caratteristiche meccaniche.

Considerato quanto osservato dai dati disponibili, si è deciso di utilizzare un modello stratigrafico costituito da due Unità Geotecniche definibili rispettivamente, dalla più superficiale alla più profonda, "UNITA' A – Sabbie medio-grosse" e "UNITA' B – Sabbie medio-fini limose".

In Tabella 6-5 è presentato il quadro sinottico dei parametri geotecnici ottenuti dalle diverse prove.

Tabella 6-5. Quadro sinottico delle principali caratteristiche geotecniche dei terreni presenti

				Sabbie medio-grosse (Unità A)	Sabbie medio-fini limose (Unità B)
Peso di volume	γ	[kN/m ³]		19,0	19,0
Densità relativa	DR	[%]		55-80	55-65
Parametri di resistenza in tensioni efficaci	da SPT	φ'	[°]	35-43	33-39
	da DMT	φ'	[°]	-	33
	da taglio diretto	φ'_p	[°]	-	40
		φ'_{vc}	[°]	35	35
Modulo di taglio a piccole deformazioni	da colonna risonante	G₀	[MPa]	-	184-216
Modulo elastico operativo	da SPT	E'	[MPa]	25-35	30-45
	da DMT	E'	[MPa]	-	70
Modulo edometrico	da DMT	M	[MPa]	-	100

 <p>Autorità di Sistema Portuale dei Mari Tirreno Meridionale e Ionio</p>	<p>PORTO DI GIOIA TAURO RISTRUTTURAZIONE BANCHINE RO-RO TRATTO "E" E REALIZZAZIONE BANCHINAMENTO A TERGO DEL II RO-RO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</p>	<p>Titolo elaborato: Relazione tecnica - Caratterizzazione geotecnica</p> <p>Data: LUGLIO 2024</p>
--	---	---

7. BIBLIOGRAFIA

- Bazaara, A. R. S. S. (1967).** *Use of the Standard Penetration Test for Estimating Settlements of Shallow Foundations on Sand.* PhD Thesis, University of Illinois, Urbana, USA.
- Denver, H. (1982).** Modulus of elasticity for sand determined by SPT and CPT. *Proceeding of the Second European Symposium on Penetration Testing*, Amsterdam.
- Jamiolkowski, M., Ghionna, V., Lancellotta, R. and Pasqualini, E. (1988).** News correlations of penetration tests for design practice. *ISOPT I*, Orlando, (USA), 1: 263-296.
- Kulhawy, F. H. and Mayne P. W. (1990).** *Manual of Estimating Soil Properties for Foundation Design*, Cornell University, Ithaca, NY, USA.
- Mandaglio G., Mandaglio M. (2009).** Il terremoto calabro-messinese cent'anni dopo. Roto S. Giorgio, organo ufficiale del comune di Reggio Calabria.
- Peck, R.B., Hanson W. E. and Thornburn T.H. (1974).** *Foundation Engineering*. 2nd Ed. New York, John Wiley and Sons.
- Schmertmann, J. H. (1975).** Measurement of insitu shear strength. *Proceedings of the Conference on in situ measurement of soil properties*. American Society of Civil Engineers, **2**: 57-138.
- Wolff, T. H. (1989).** Pile capacity prediction using parameter functions. *Results of a Pile Prediction Symposium*, ASCE Geo. Special Publication 23.