



# AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DELLO STRETTO

PORTI DI MESSINA, MILAZZO, TREMESTIERI, VILLA SAN GIOVANNI E REGGIO CALABRIA

## LAVORI DI AMPLIAMENTO DEL MOLO NORIMBERGA DEL PORTO DI MESSINA - INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO DELLA RADICE OVEST E AMPLIAMENTO DEL MOLO NORIMBERGA

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA



SCALA:

1 8

0 0 7

P R

0 0 5

- 1

G E O

ELAB./TAV.:

**R.05**

TITOLO:

Relazione geotecnica

PROGETTAZIONE:

Capogruppo Mandataria:



MODIMAR Srl - Via Monte Zebio 40 - ROMA

Dott. Ing. Paolo Contini

Mandante:



Dott. Ing. Niccolò Saraca

Mandante:



Dott. Ing. Antonino Sutera

Mandante:



Dott. Ing. Alfredo Ingletti

REVISIONI	REV. n°	DATA	MOTIVAZIONE
	1	28/04/2023	INTEGRAZIONE PROGETTO DI AMPLIAMENTO DEL MOLO E AGGIORNAMENTO TITOLO PFTE
	0	27/01/2021	EMISSIONE

R.U.P.:

Ing. Massimiliano MACCARONE

VISTI/APPROVAZIONI:

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Geotecnica					
		Data: 28 aprile 2023					
Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		18	007	PR	005	-1	GEO

## **AUTORITA' DI SISTEMA PORTUALE DELLO STRETTO**

*PORTI DI MESSINA, MILAZZO, TREMESTIERI, VILLA SAN GIOVANNI E REGGIO CALABRIA*

### **“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del Porto di Messina”**

**Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento  
del molo Norimberga**

**Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica**

## **RELAZIONE GEOTECNICA**

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Geotecnica					
		Data: 28 aprile 2023					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	18	007	PR	005	-1	GEO

## Sommario

1	Premessa.....	3
2	Documenti di riferimento .....	4
3.	Inquadramento degli interventi in progetto .....	5
4	Inquadramento geologico dell’area .....	10
5.	Indagini geofisiche e geognostiche .....	13
5.1	Masw.....	13
5.2	Definizione del sottosuolo .....	13
5.3	Tomografie elettriche a mare .....	13
5.4	Prove penetrometriche superpesanti (DPSH) .....	14
5.5	Planimetria ubicazioni indagini (Anno 2021).....	14
5.6	Sondaggi a carotaggio continuo .....	15
7	Modello geologico di riferimento .....	17
8	Modello geotecnico di progetto .....	14
8.1	Interpretazione delle prove SPT .....	14
8.2	Riepilogo risultati delle prove in sito e di laboratorio.....	17
9	Conclusioni.....	21

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Geotecnica					
		Data: 28 aprile 2023					
Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		18	007	PR	005	-1	GEO

## 1 Premessa

Il porto di Messina con il suo bacino storico antistante la struttura urbana, gli approdi al di fuori di questo a nord e quelli di più recente realizzazione in località Tremestieri è tra i più grandi ed importanti scali di tutto il Mediterraneo. Posizionato su una delle rotte essenziali per il commercio, è anche tra i principali scali turistici, il primo in Italia nel settore con un traffico annuo crescente di croceristi. Con tradizioni antichissime, ha da sempre ricoperto un ruolo fondamentale per lo sviluppo economico e sociale della città di Messina.

Al fine di migliorare la ricettività del porto di Messina nei confronti delle navi da crociera e commerciali dell’ultima generazione, di eliminare alcune criticità sia ai fini della sicurezza che per il miglioramento della funzionalità dell’infrastruttura portuale rappresentate anche dagli operatori portuali, dalla Capitaneria di Porto e dalla Corporazione Piloti dello Stretto, è stato redatto un Adeguamento Tecnico Funzionale del PRP del porto di Messina avente per oggetto la modifica della configurazione dell’ampliamento del Molo Norimberga previsto nel nuovo PRP.

L’Adeguamento Tecnico Funzionale proposto dopo aver ottenuto la dichiarazione di non contrasto con i vigenti strumenti di pianificazione urbanistica del Comune di Messina è stato adottato dal Comitato Portuale con Delibera del n. 43 del 30-01-2019 e presentato al Consiglio superiore dei Lavori Pubblici per ottenere il parere di competenza. Nelle more dell’ottenimento del parere del C.S.LL.PP. e della consanguente approvazione dell’ATF da parte della Regione Sicilia, vista l’attuale necessità di procedere a specifici approfondimenti inerenti la radice del Molo Norimberga, già interessata da intervento di riempimento di alcune sgrottature evidenziate a seguito di una specifica campagna di rilievi, l’ADSP ha incaricato l’RTP scrivente, esecutrice dei servizi in oggetto, di dare corso ad una campagna di rilievi ed indagini ed alla redazione di un progetto-stralcio dei lavori di consolidamento della parte radicale ovest e di ampliamento del Molo Norimberga.

Il presente Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica è una revisione della precedente versione del PFTE 2021 che interessava i soli lavori di consolidamento della radice ovest del molo Norimberga; nella presente revisione del PFTE sono stati inseriti anche i lavori inerenti all’ampliamento del molo Norimberga. Sia i lavori di consolidamento della radice ovest che di ampliamento sono già previsti nell’ambito dell’ATF.

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga	Titolo elaborato: Relazione Geotecnica					
	Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Data: 28 aprile 2023					
Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		18	007	PR	005	-1	GEO

## 2 Documenti di riferimento

- ✓ Circ. Min. 24/09/1988 n. 30483, *“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, I criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l’applicazione”*.
- ✓ Ordinanza PCM n° 3274 del 20-03-2003, *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*.
- ✓ O.P.C.M. del 28-04-2006 n°3519 *“Criteri Generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento delle medesime zone sismiche”* (G.U. 11-05-2006 n°108)
- ✓ *“Norme Tecniche per le Costruzioni”* del 14 Gennaio 2008 in vigore dal 1 Luglio 2009
- ✓ *“Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico(PAI)”* (ai sensi dell’art. 1-bis della L. 365/2000, dell’art. 17 Legge 18 maggio 1989 n° 183, dell’art. 1 Legge 3 agosto 1998 n° 267);
- ✓ Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (ICMZS), *“Standard di Rappresentazione ed Archiviazione dei Dati”* per la Microzonazione Sismica predisposti dalla Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica (articolo 5, comma 7 dell’O.P.C.M. n. 3907 del 13/11/2010);
- ✓ *“Norme Tecniche per le Costruzioni”* D.M. 17 gennaio 2018.
- ✓ DS n. 540 del 13.10.2020 dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale;
- ✓ Legge nr. 1086 del 05/11/1971. Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- ✓ Legge nr. 64 del 02/02/1974. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- ✓ D.M. LL.PP. del 11/03/1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- ✓ D.M. LL.PP. del 14/02/1992. Norme tecniche per l’esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- ✓ D.M. 9 Gennaio 1996. Norme Tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- ✓ D.M. 16 Gennaio 1996. Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'
- ✓ D.M. 16 Gennaio 1996: Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- ✓ Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- ✓ Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga	Titolo elaborato: Relazione Geotecnica					
	Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Data: 28 aprile 2023					
Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		18	007	PR	005	-1	GEO

### 3. Inquadramento degli interventi in progetto

Il porto Messina è costituito da un'ampia insenatura racchiusa dalla tipica falce naturale che si apre sulla sponda occidentale dello Stretto di Messina. Lo specchio acqueo portuale è di circa 820.000 m<sup>2</sup> mentre le aree a terra, occupano circa 50 ettari. L'imboccatura del porto, orientata a NW, è larga circa 400 metri e si estende tra il Forte San Salvatore e la sede operativa della capitaneria di Porto.

I fondali (essenzialmente sabbiosi) raggiungono, nella zona NE del porto, una profondità massima di 65 m. La profondità media, a circa 100 m dal filo delle banchine, è dell'ordine di 40 m, mentre i fondali in banchina sono compresi tra i 6,5 m e 13 m; questo consente l'accesso e l'attracco anche a navi di grosso tonnellaggio. Le zone attualmente banchinate sono quelle dell'area nord-nord ovest del bacino portuale interno alla zona Falcata ed i due sporgenti Norimberga e Libia, quest'ultimo occupato dai bacini di carenaggio e, in parte, da presidi militari (Arsenale e Marina Militare) che si estendono fino alla testata del forte S. Salvatore. Tra il molo Norimberga ed il fronte dei banchinamenti anzidetto si interpongono gli invasi delle Ferrovie dello Stato. Le banchine di nord-ovest, attrezzate con gru, fisse e mobili, e dotate di binari per i collegamenti ferroviari, si estendono per un totale di circa 1.770 metri. L'andamento di dette banchine (Rizzo, Peloro, Marconi, I settembre, Colapesce e Vespri), segue l'originario profilo di battigia, in considerazione delle difficoltà di avanzamento delle banchine verso mare dettate dai fondali particolarmente acclivi, che al centro del porto raggiungono anche la quota di 50 m sotto il l.m.m.

La banchina interessata dall'intervento di consolidamento, per uno sviluppo di circa 20 m a partire dalla radice ovest del molo Norimberga è di tipo a “massi sovrapposti” realizzati in conglomerato cementizio (v. Figura 1), appoggiati su uno scanno in pietrame, a contenimento del materiale di riporto sottostante il piazzale di banchina. Planimetricamente la banchina è radicata alla banchina ovest del molo Norimberga con un angolo di circa 120°. L'attuale quota del fondale prospiciente è mediamente – 9.m s.l.m.; la quota del piazzale a ridosso del ciglio banchina è di circa + 2,5 m s.l.m. Al piede della banchina sono state rilevate sgrottature temporaneamente sanate con interventi locali di riempimento che compromettono la sua stabilità. La banchina interessata dall'intervento per uno sviluppo di circa 20 m a partire dalla radice ovest del molo Norimberga è di tipo a “massi sovrapposti” realizzati in conglomerato cementizio (vedi Figura 1), appoggiati su uno scanno in pietrame, a contenimento del materiale di riporto sottostante il piazzale di banchina. Planimetricamente la banchina è radicata alla banchina ovest del molo Norimberga con un angolo di circa 120°. L'attuale quota del fondale prospiciente è mediamente – 9.m s.l.m.; la quota del piazzale a ridosso del ciglio banchina è di circa + 2,5 m s.l.m. Al piede della banchina sono state rilevate sgrottature temporaneamente sanate con interventi locali di riempimento che compromettono la sua stabilità.

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Geotecnica					
		Data: 28 aprile 2023					
Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		18	007	PR	005	-1	GEO

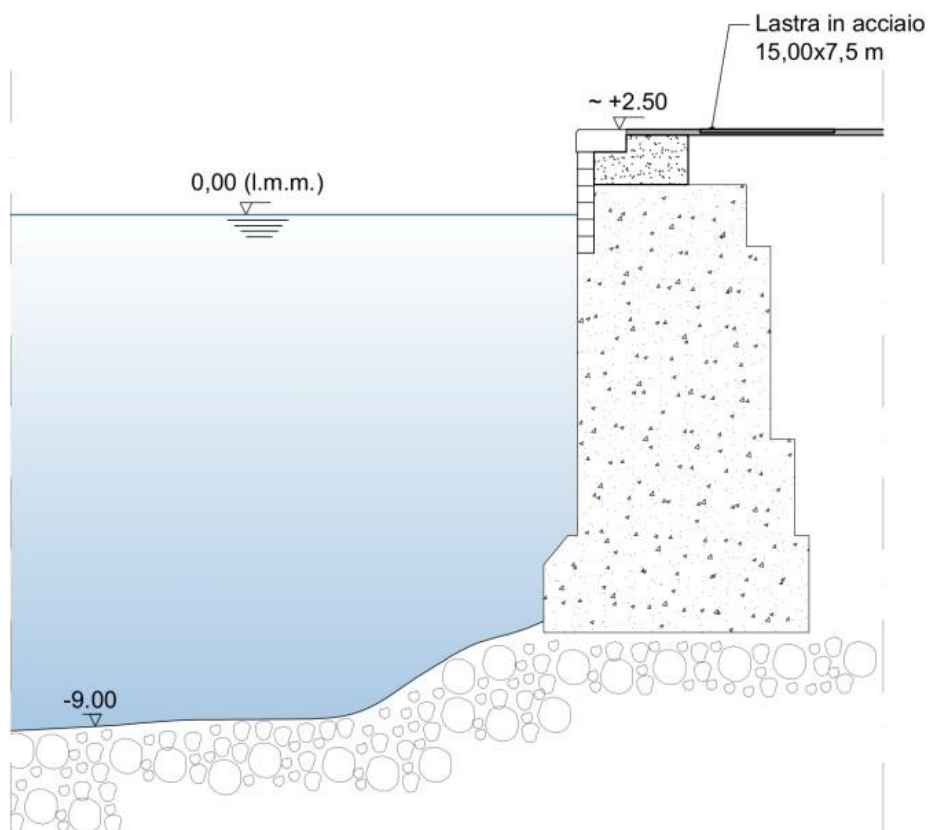


Figura 1: Radice ovest del molo Norimberga del tipo a massi sovrapposti

Il tratto di radice del molo a cui l'intervento in oggetto si dovrà raccordare è caratterizzato dalla medesima tipologia strutturale, consolidata e rifoderata sul fronte d'accosto nei primi anni 2000 secondo lo schema mostrato in Figura 2.

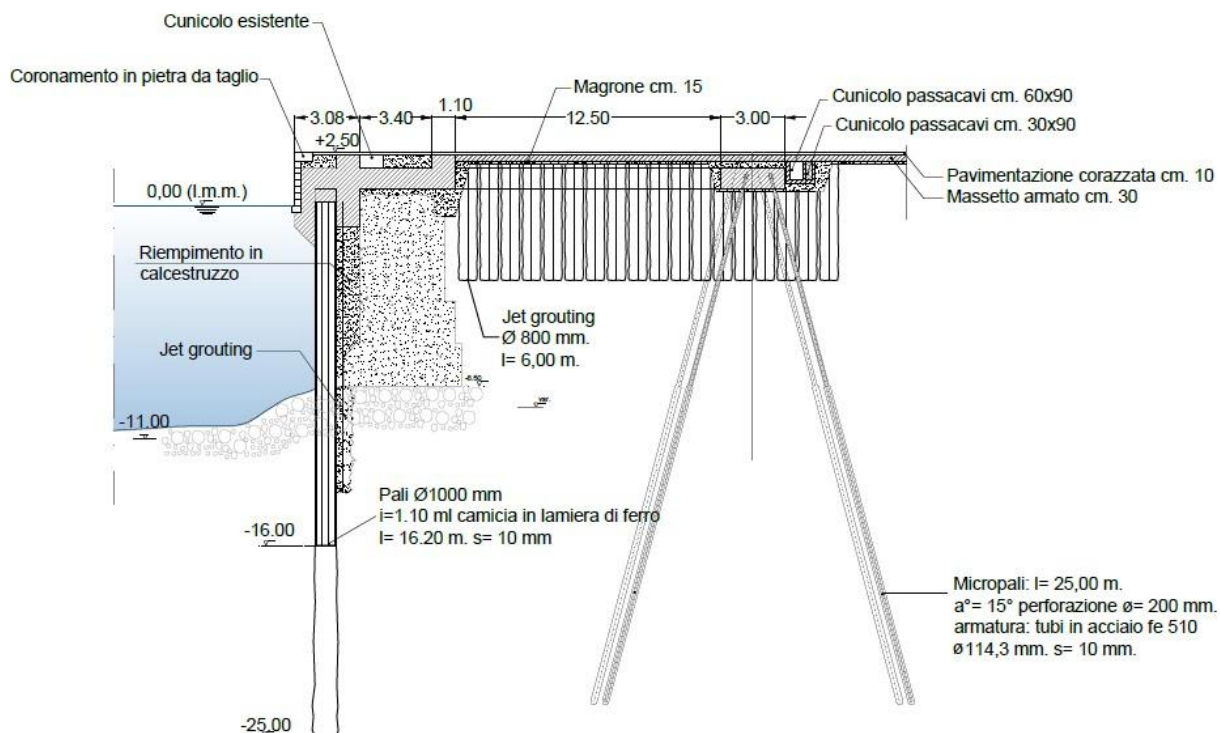


Figura 2: Intervento di consolidazione e rifodero del molo Norimberga eseguito nei primi anni del 2000

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Geotecnica					
		Data: 28 aprile 2023					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	18	007	PR	005	-1	GEO

Le caratteristiche tecniche dei muri di banchina esistenti interessati dagli interventi in oggetto e l’attuale condizione di stabilità ridotte dalla vetustà dell’opera di sostegno a massi sovrapposti interessata da particolari fenomeni di sgrottamento, hanno portato a scegliere una soluzione a basso impatto in termini di azioni indotte durante la fase realizzativa, preferendo la tecnologia del palo trivellato in calcestruzzo armato a palancolati vibro infissi o pali battuti.

Gli interventi individuati consistono la resecazione dell’attuale banchina a massi sovrapposti che si attesta nella radice ovest del molo Norimberga (vedi Figura 3) andando a realizzare un nuovo fronte di accosto per navi Ro-Ro e Ro-Pax che si raccorderà ortogonalmente al molo stesso e si estenderà, a partire dalla radice ovest, per circa 20 m, permettendo di superare le attuali criticità inerenti all’attracco delle navi Ro-Ro e Ro-Pax, e facilitandone l’apertura del portellone di poppa verso terra.

Il nuovo fronte banchina verrà realizzato con pali in c.a. trivellati di grosso diametro ( $\Phi 1000$  mm) affiancati, allineati perpendicolarmente al fronte esistente della banchina ovest del molo Norimberga, ed intirantati ad un sistema d’ancoraggio realizzato o attraverso con un cavalletto di micropali o alternativamente attraverso una paratia di pali trivellati in c.a. di ancoraggio. L’interspazio tra i pali affiancati di banchina è previsto con un trattamento di jet-grouting di intasamento al fine di scongiurare la perdita del materiale di riempimento a tergo della banchina.



Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Geotecnica Data: 28 aprile 2023					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	18	007	PR	005	-1	GEO

Nell’ambito dell’intervento è previsto il miglioramento delle caratteristiche geotecniche del terreno a tergo della banchina mediante l’esecuzione di colonne in jet-grouting.

Lo studio di due differenti sistemi di ancoraggio alternativi (vedi In Figura 4) è stato svolto a seguito dell’individuazione dell’interferenza dettata dalla presenza di edifici nel piazzale retrostante al nuovo banchinamento e dell’attuale mancanza di informazioni geotecniche puntuali dell’area di intervento, rimandando dunque la scelta della soluzione di ancoraggio ottimale alla successiva fase di progettazione definitiva.

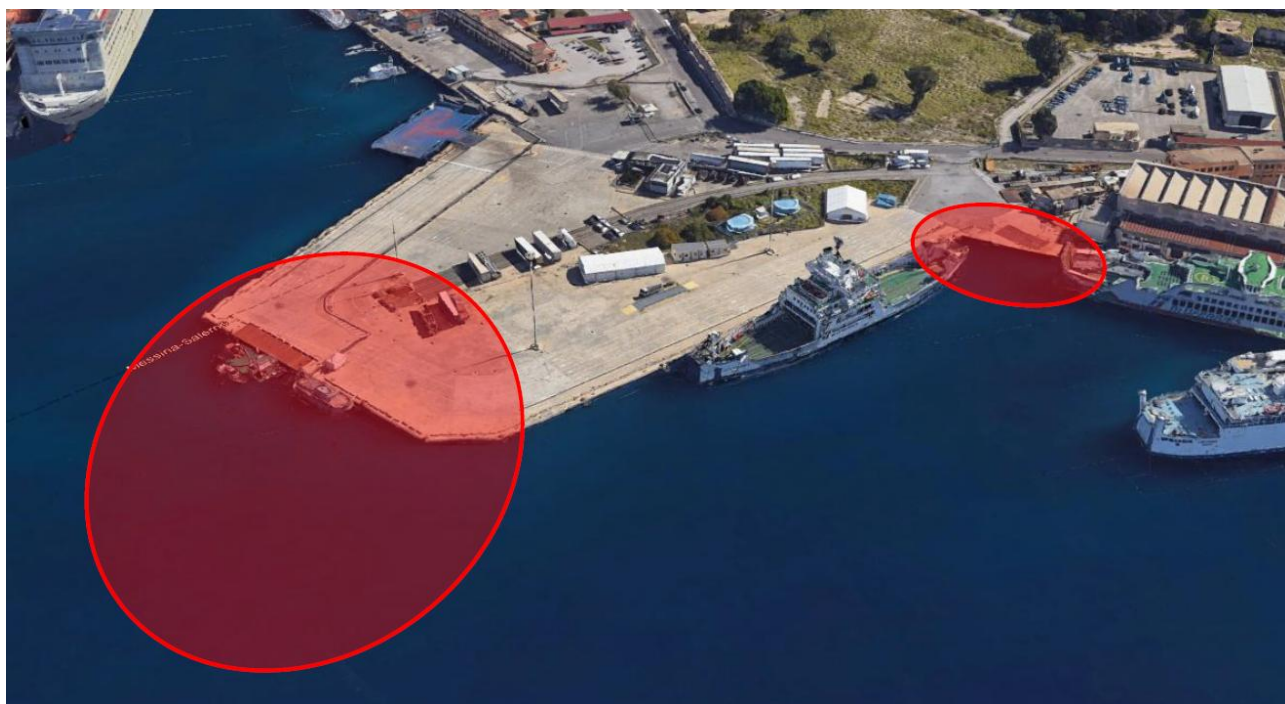


Figura 3 Vista aerea dell’area di intervento con indicazione della zona di consolidamento della radice ovest e di ampliamento

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Geotecnica Data: 28 aprile 2023					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	18   007   PR   005   -1   GEO					

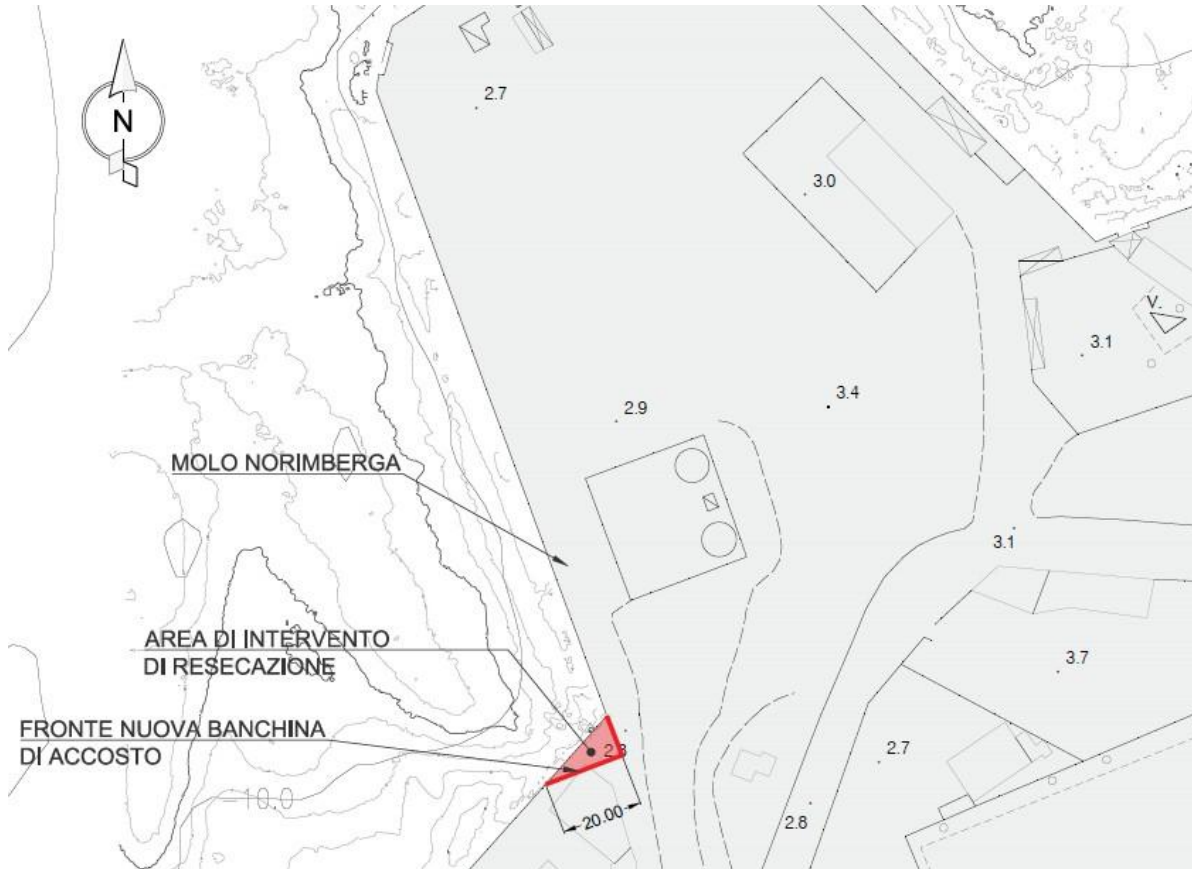


Figura 4: Area di intervento

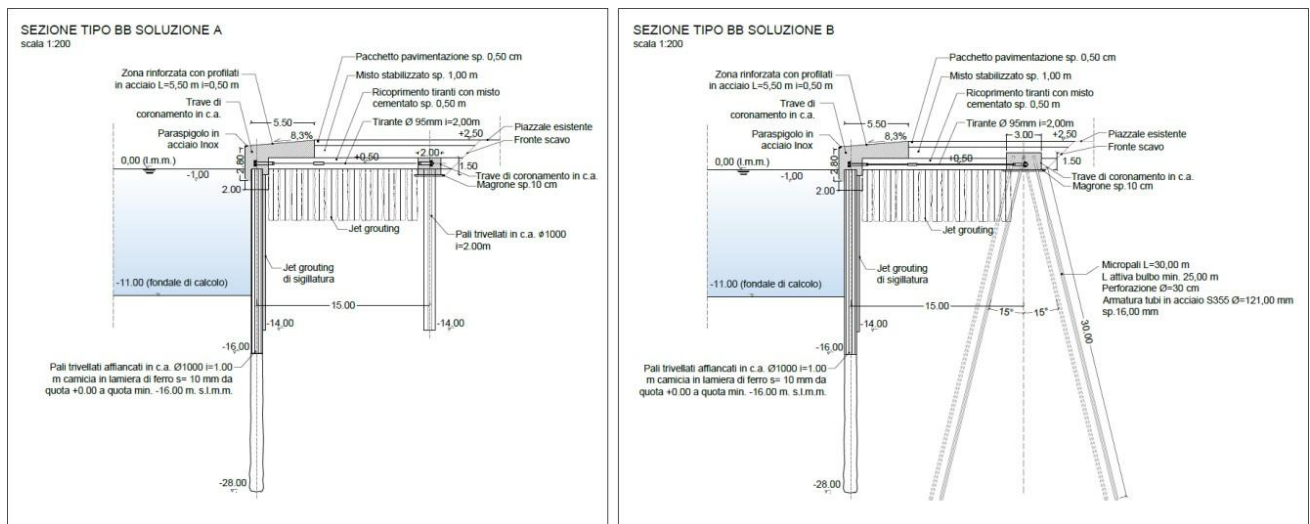


Figura 5: Soluzioni progettuali alternative

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga	Titolo elaborato: Relazione Geotecnica					
	Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Data: 28 aprile 2023					
Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		18	007	PR	005	-1	GEO

#### 4 Inquadramento geologico dell’area

L’area di intervento è ubicata nella parte centrale della vasta area portuale di Messina al margine orientale del tessuto urbano della città in corrispondenza dell’attuale banchina Norimberga (Figura 1). Si tratta di un’area di intensa urbanizzazione caratterizzata da una morfologia sub-pianeggiante il cui assetto è stato modificato negli anni dall’azione antropica con consistenti opere di sbancamento e rinterro, senza tuttavia alterare l’equilibrio generale della costa.



Figura 6 Vista aerea del sito di progetto (da Google Earth)

Dal punto di vista geologico, l’intera fascia portuale risulta costituita da depositi clastici noti come “Sabbie e Ghiaie di Messina” ascrivibili all’epoca del Miocene medio – Quaternario su cui poggiano a loro volta i depositi marini terrazzati di età pleistocenica ed i depositi di piana litorale. Nello specifico, così come evidenziato nei sondaggi geognostici, nell’area in esame si riscontrano i depositi di origine fluviale costituiti in prevalenza da sabbie ben classate, sabbie limose e limi molto sabbiosi.

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Geotecnica Data: 28 aprile 2023					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	18	007	PR	005	-1	GEO



Figura 7 Stralcio foglio 601 della Carta Geologica d'Italia



#### DEPOSITI DEL PLEISTOCENE MEDIO - SUPERIORE

depositi transizionali e continentali



Figura 8 Unità geologiche individuate nell'area portuale di Messina

Sotto il profilo idrogeologico non si riscontrano né segni di instabilità da imputare a movimenti orizzontali o verticali, né situazioni di pericolosità idraulica. L'assenza di fenomeni di dissesto trova riscontro nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) afferenti al bacino del Torrente Fiumedinisi e Capo Peloro.

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Geotecnica Data: 28 aprile 2023					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	18	007	PR	005	-1	GEO

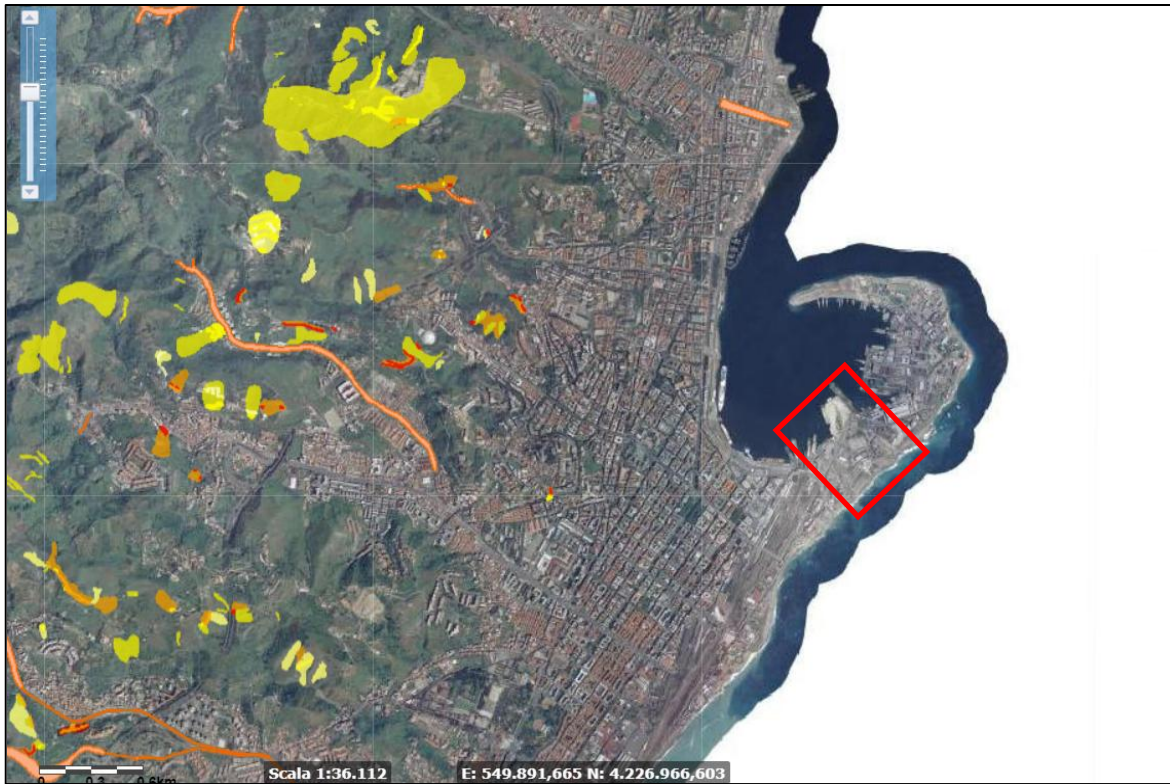


Figura 9: PAI Immagine da Geoportale Regione Sicilia (<https://www.sitr.regione.sicilia.it/geoportale/it/Home/GeoViewer>)

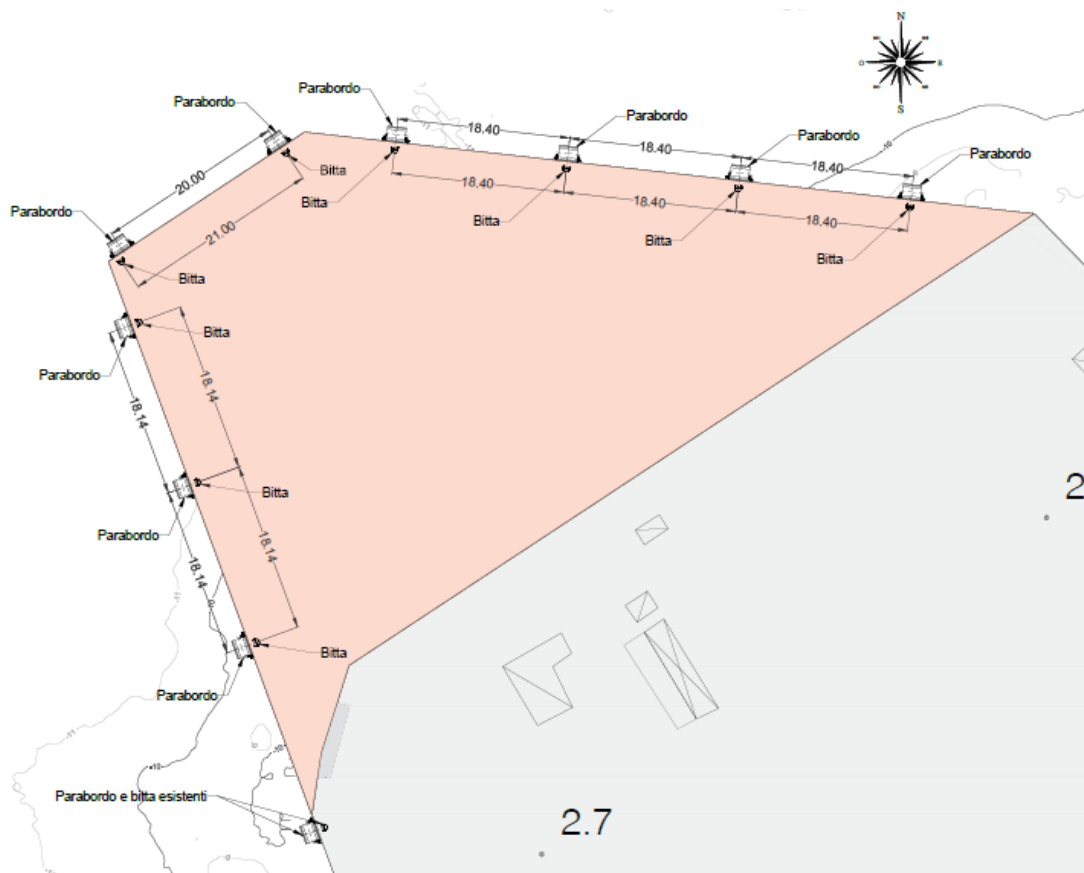


Figura 10 Planimetria di progetto dell'opera finita

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga	Titolo elaborato: Relazione Geotecnica					
	Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Data: 28 aprile 2023					
Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		18	007	PR	005	-1	GEO

## 5. Indagini geofisiche e geognostiche

La caratterizzazione stratigrafica e geotecnica del sito di progetto è stata desunta dai risultati di precedenti campagne di indagini eseguite a supporto di interventi già eseguiti sul Molo, quelle prese in esame in questo studio sono le seguenti:

- Indagini propedeutiche alla progettazione definitiva/esecutiva. Lavori di ampliamento della banchina Norimberga del porto di Messina.

La campagna di indagini è stata eseguita nel periodo compreso tra il giorno 22 febbraio ed il 14 marzo 2021 ed è stata caratterizzata dall’esecuzione di indagini dirette e indirette, correlata da prove in situ e di laboratorio.

I risultati della campagna geognostica eseguita nell’area oggetto dell’intervento in progetto, ha permesso di caratterizzare meccanicamente le unità geotecniche fino ad una profondità di 42 m e di definire un quadro geologico- geotecnico locale esaustivo.

Nei paragrafi seguenti si illustrano in dettaglio i risultati delle campagne disponibili e la relativa rielaborazione.

### 5.1 Masw

Al fine di verificare la categoria di fondazione come previsto dalle “Nuove Norme tecniche per le costruzioni” (NTC – 2018), è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche caratterizzata dall’esecuzione di prospezione sismiche di tipo Masw (*Multichannell Analytical Surface Waves*).

I dettagli della prova sono riportati nella Relazione sismica.

### 5.2 Definizione del sottosuolo

Sulla base della elaborazione della prospezione sismica Masw (attiva-passiva) è stato individuato il bedrock sismico ( $V_s > 800$  m/s) alla profondità di 41.60 m dal p.c. dal piano campagna.

Il calcolo della  $V_{s,eq}$  pari a 300 m/s, definisce per il sito una classe di sottosuolo di tipo C.

### 5.3 Tomografie elettriche a mare

Nell’ambito delle indagini geofisiche sono state eseguite le traverse sismiche a mare.

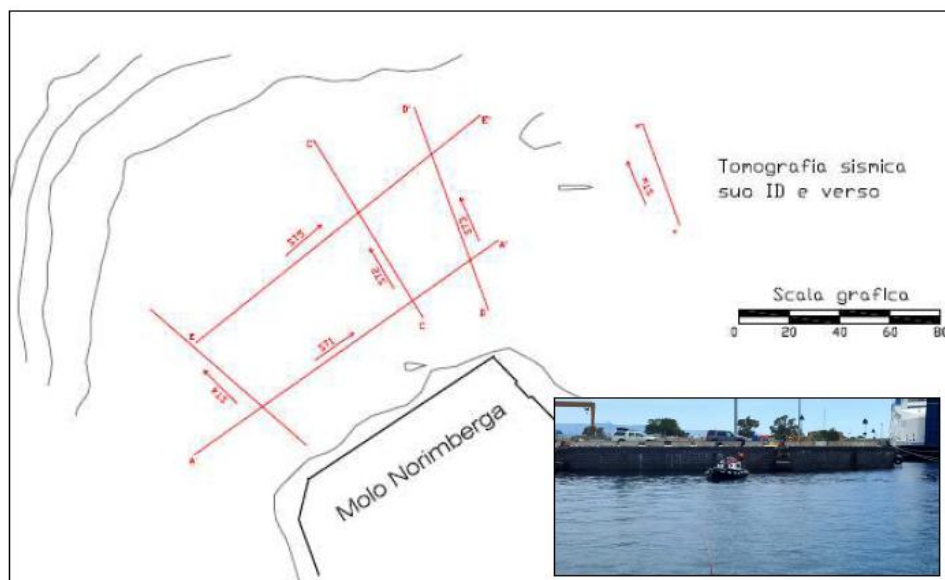


Figura 11: Schema localizzazione traverse sismiche a mare

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga	Titolo elaborato: Relazione Geotecnica					
	Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Data: 28 aprile 2023					
Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		18	007	PR	005	-1	GEO

Le tomografie hanno permesso di definire la seguente stratigrafia:

✓ 1° sismostrato:

$V_p < 1500$  m/s  $\rho$  È attribuibile a sabbie grossolane matrice limo-sabbiosa Litologicamente è riferibile al sedime di fondo non consolidato. Lo spessore massimo rilevato è di circa 3 metri ed è dato compreso tra 2-4 m;

✓ 2° sismostrato.

$1501 < V_p < 2800$  m/s  $\rho$  Terreni di natura sabbioso ghiaiosa addensate;

✓ 3° sismostrato.

$V_p > 2800$  m/s  $\rho$  Substrato addensato.

#### 5.4 Prove penetrometriche superpesanti (DPSH)

E' stata eseguita una prova penetrometrica superpensante (DPSH), la prova ha raggiunto i 2.00 m di profondità (Figura 9).

DPSH N. 3	DATA: 04.03.2021
<b>BANCHINA: NORIMBERGA</b>	
Profondità (m)	Colpi (n)
0	Tratto preparato con carotaggio della solettai cls
0,2	
0,4	
0,6	
0,8	
1,0	1
1,2	3
1,4	4
1,6	2
1,8	2
2,00	Calcestruzzo/Rifiuto
2,3	l.m.m.

Figura 12 Tabella DPSH

#### 5.5 Planimetria ubicazioni indagini (Anno 2021)

La figura che segue mostra la planimetria con l'ubicazione delle indagini eseguite per la costruzione del Nuovo “Molo Norimberga”.

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Geotecnica Data: 28 aprile 2023					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	18	007	PR	005	-1	GEO

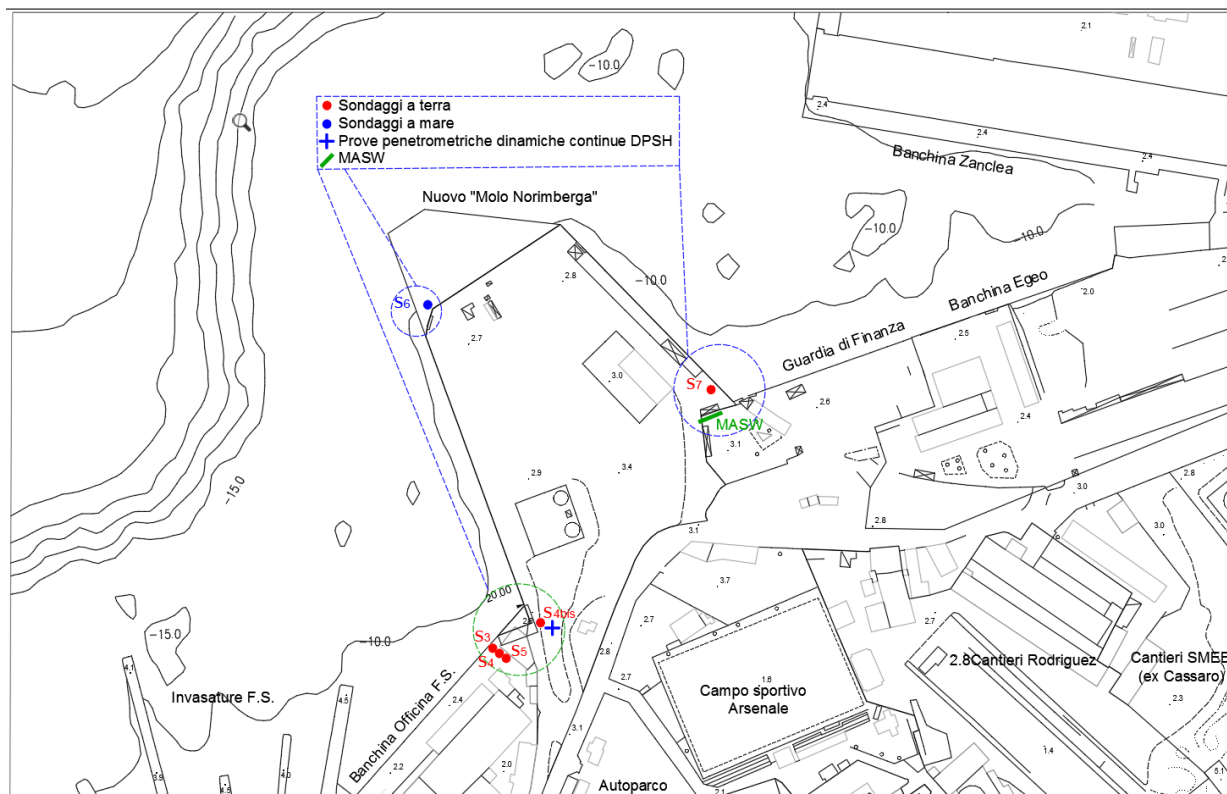


Figura 13: Planimetria sondaggi geognostici – Molo Norimberga

### 5.6 Sondaggi a carotaggio continuo

Sono stati eseguiti 5 sondaggi a carotaggio continuo (denominati S3-S7) di profondità variabile dai 12 m ai 42 m. (Tabella 1)

Il sondaggio S6 è stato eseguito a mare ed ha raggiunto la profondità di 42 m.

All'interno dei fori dei sondaggi S6 e S7, sono state eseguite prove penetrometriche dinamiche (SPT). Inoltre, sono stati prelevati campioni al fine di determinare le caratteristiche geotecniche dei terreni..

INDAGINI MOLO DI NORIMBERGA						
PIANO DI INDAGINI GEOGNOSTICHE - CAMPIONI DI LABORATORIO						
Campione	Sondaggio	Profondità [m]	Tipo	Descrizione granulometrica	U.G.	Prova di laboratorio
-	S3	10	Q1	Sabbia debolmente argilloso - limosa	-	-
-	S4	12	Q1	Sabbia debolmente argilloso - limosa	-	-
-	S5	15	Q1	Sabbia debolmente argilloso - limosa	-	-
3	S6	42	Q1	Sabbia debolmente argilloso - limosa	-	TD - Prove fisiche
2	S7	30	Q1	Sabbia debolmente argilloso - limosa	-	TD - Prove fisiche

Tabella 1 Indagini Geognostiche Molo di Norimberga

I sondaggi evidenziano la presenza di materiale di riporto, di spessore variabile, seguiti da, sabbie, sabbie e ghiaie e sabbie limose.



Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga	Titolo elaborato: Relazione Geotecnica					
	Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Data: 28 aprile 2023					
Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		18	007	PR	005	-1	GEO

## 6. Analisi delle condizioni dei siti di progetto

### 6.1 Morfologia

Le condizioni geologiche locali e la morfologia costiera in corrispondenza del porto (la cosiddetta “falce”) sono evidentemente condizionate dallo sviluppo delle strutture tettoniche, che in sintesi provocano l’affioramento del basamento cristallino (*Unità dell’Aspromonte*) all’interno dell’abitato di Messina e la deposizione nei settori più depressi di rilevanti spessori di sedimenti pleistocenici e recenti, quali le sabbie e ghiaie della *F.ne di Messina*.

### 6.2 Analisi delle indagini in situ e modello geologico del sito

La campagna di indagini ha permesso di definire un modello geologico-geotecnico locale esaustivo.

A seguire sono riepilogati:

- I campioni prelevati nei sondaggi a carotaggio continuo con l’indicazione delle prove di laboratorio geotecnico per la caratterizzazione meccanica delle terre;
- I risultati registrati nelle prove SPT eseguite nei fori di sondaggio (S6 – S7).

INDAGINI MOLO DI NORIMBERGA									
PIANO DI INDAGINI GEOGNOSTICHE - PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE									
SPT	Sondaggio	Profondità [m]	Tipo	U.G.	N1	N2	N3	N <sub>SPT</sub>	Z <sub>falda</sub> [m]
SPT1	S6	14.50 – 14.95	P.A.	-	9	9	11	20	2.5
SPT2	S6	17.00 – 17.45	P.C.	-	12	19	22	41	2.5
SPT3	S6	20.50- 20.95	P.C.	-	19	23	30	53	2.5
SPT4	S5	23.00 – 23.45	P.C.	-	20	29	33	62	2.5
SPT5	S6	26.00 – 26.45	P.C.	-	22	36	38	74	2.5
SPT1	S7	3.00-3.45	P.A.	-	2	5	6	11	3.0
SPT2	S7	7.50-7.95	P.A.	-	1	2	5	7	3.0
SPT3	S7	9.00-9.45	P.A.	-	3	4	8	12	3.0
SPT4	S7	12.50 – 12.95	P.A.	-	9	18	18	36	3.0
SPT5	S7	15.00 - 15.45	P.A.	-	11	15	23	38	3.0
SPT6	S7	16.50-16.95	P.A.	-	19	17	20	37	3.0
SPT7	S7	17.50-17.95	P.A.	-	19	23	20	43	3.0
SPT8	S7	19.50-19.95	P.A.	-	15	21	24	45	3.0
SPT9	S7	21.00-21.45	P.A.	-	13	22	27	49	3.0
SPT10	S7	24.50-24.95	P.A.	-	32	50	R	R	3.0

Tabella 2: Prove penetrometriche dinamiche nei sondaggi S6 – S7

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga	Titolo elaborato: Relazione Geotecnica					
	Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Data: 28 aprile 2023					
Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		18	007	PR	005	-1	GEO

## 7 Modello geologico di riferimento

Sulla base delle stratigrafie deisondaggi geognostici è possibile definire con una certa approssimazione il modello stratigrafico da prendere come riferimento per le analisi geotecniche e strutturali preliminari, finalizzate al predimensionamento delle nuove opere di banchina oggetto del presente PFTE.

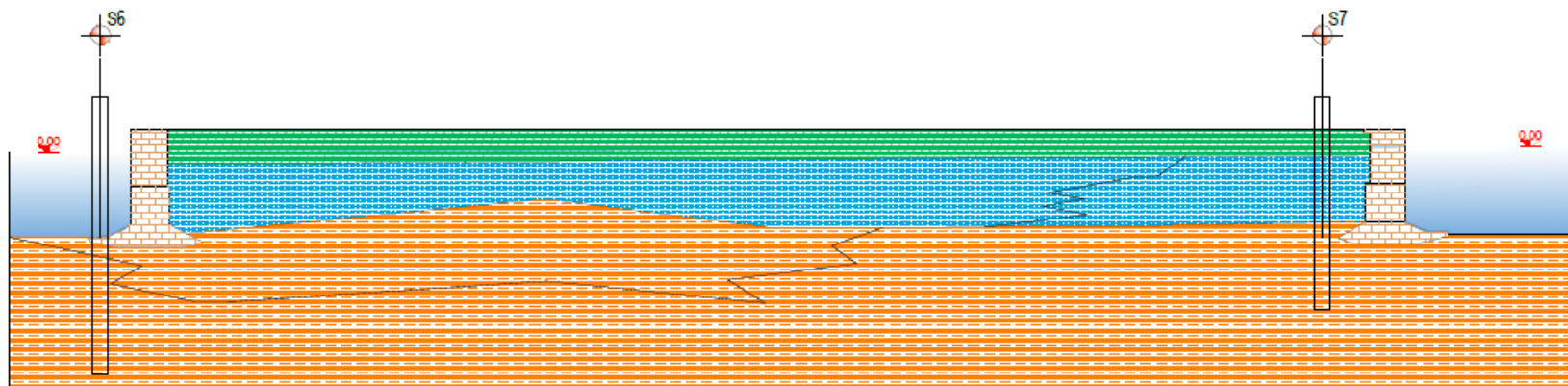
Le unità stratigrafiche individuate complessivamente nei sondaggi sono le seguenti:

- **Strato di banchina / Blocchi.** Si tratta delle opere in c.a. delle strutture di impalcato e pavimentazione delle banchine portuali.
- **Riporti eterogenei ed eterometrici [U.G. 1].** Si tratta di materiali di origine antropica, estremamente eterogenei sia in termini granulometrici e strutturali. Ricoprono l’intera area con uno spessore massimo di circa 11 nei sondaggi S4 e S7.
- **Sabbie di colore grigio scuro [U.G. 2].** Si tratta di sabbie ghiaiose da poco a mediamente limose, frequentemente alternate da ciottoli di dimensioni anche decimetriche. La potenza massima dello strato è di circa 15 m lato terraferma per risalire in superficie verso il mare lasciando il posto al materiale di colmata.
- **Sabbie medio – fini di colore grigio – scuro [U.G. 3].** Si tratta dello strato in posto appartenente ai depositi della piana litorale; la formazione di base è rappresentata principalmente da sabbie limose e sabbie ghiaiose.

Lo spessore delle unità geotecniche è visibile nelle sezioni stratigrafiche di Figura 11.

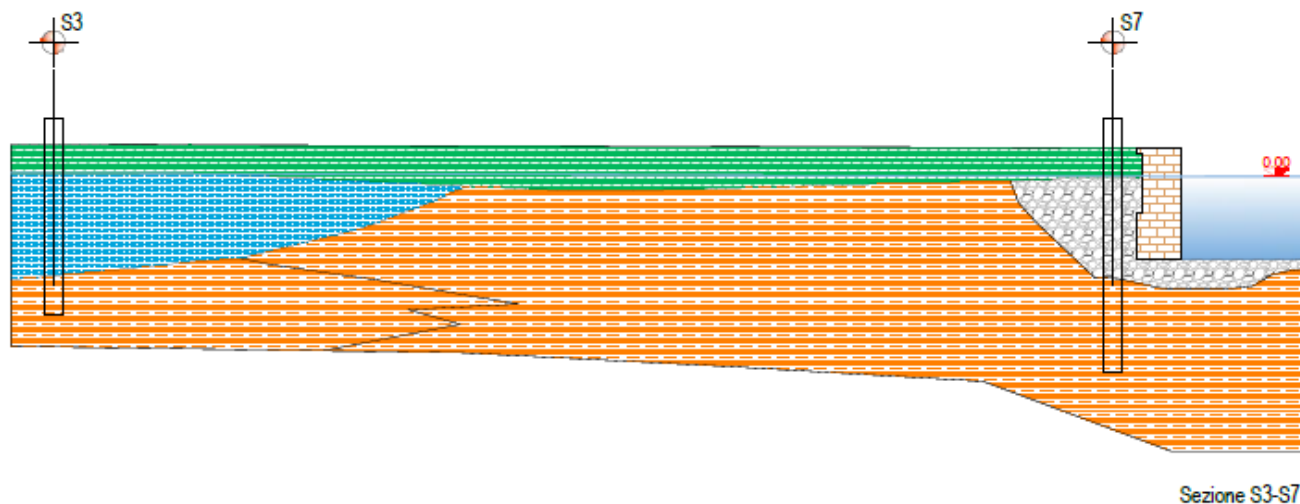
In linea generale, i terreni granulari risultano parzialmente saturi d’acqua con granulometria da fine a media spesso intercalati da livelli ghiaiosi e talvolta da blocchi lapidei di dimensioni modeste. La componente fine risulta variabile e si attesta intorno al 10% del totale come si evince dalle prove fisiche di laboratorio eseguite sui campioni prelevati nei fori di sondaggio, eccetto per il campione C1\_S1 che presenta una componente fine rilevante. Sulla base del sistema USCS (Unified Soil Classification System), la percentuale passante al setaccio 200 è inferiore al 50% del totale, superando tuttavia la percentuale del 10%. Si tratta appunto di Ghiaie limose e di Sabbie limose. La porosità ed il grado di saturazione medi degli strati geotecnici è dell’ordine rispettivamente del 50 % e del 80%.

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Geotecnica Data: 28 aprile 2023					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	18	007	PR	005	-1	GEO








Sezione S6-S7

Figura 14: Sezione stratigrafica (S6-S7)



Sezione S3-S7

-  Banchina
-  Blocchi litoidi in matrice fine
-  Riporti Recenti
-  Sabbie e Ghiaia  
Sabbie fini e Limi
-  Sabbie e Ghiaie Addensate  
Sabbie Limose

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga	Titolo elaborato: Relazione Geotecnica					
	Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Data: 28 aprile 2023					
Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		18	007	PR	005	-1	GEO

## 8 Modello geotecnico di progetto

Sulla base della stratigrafia dell’area si è proceduto ad interpretare le prove in situ e le prove di laboratorio allo scopo di ricostruire il modello geotecnico del sito.

Le analisi geotecniche sono state basate fondamentalmente sull’interpretazione dei dati provenienti dalle prove SPT mentre i risultati delle prove di taglio diretto, benché forniscano informazioni utili sui parametri di resistenza dei terreni, devono essere interpretata con estrema cautela alla luce del grado di rimaneggiamento dei campioni prelevati in sito. Infatti, si rappresenta che i provini ricostruiti in laboratorio non possono essere considerati rappresentativi della struttura e del grado di addensamento del terreno in posto.

### 8.1 Interpretazione delle prove SPT

I parametri geotecnici che sono stati valutati a partire dal numero dei colpi  $N_{SPT}$  sono i seguenti:

- 1) Densità relativa  $D_R$  [%];
- 2) Angolo di resistenza al taglio in tensioni efficaci  $\phi'$  [°];
- 3) Modulo elastico operativo  $E'$  [MPa];
- 4) Modulo elastico a basse deformazioni  $E'_0$  [MPa].

#### 1) Densità relativa

Formula di Skempton (1986). Questa correlazione è valida solo per le sabbie e prevede di calcolare il numero di colpi  $(N1)_{60}$  normalizzati ad una tensione verticale efficace di 100 kPa. Il coefficiente  $C_N$  viene fornito di seguito per sabbie fini.

$$C_N = \frac{2}{1 + \frac{\sigma'_{v0}}{p_a}}$$

$$D_R = \sqrt{\frac{N_{60} \cdot C_N}{60}}$$

Formula di Meyerhof (1957). Questa correlazione è valida per tutti i tipi di suolo ed esprime la densità relativa in funzione della tensione verticale efficace in  $[\text{kg}/\text{cm}^2]$  e del  $N_{SPT}$ :

$$D_R = 21 \cdot \sqrt{\frac{N_{60}}{\sigma'_{v0} + 0.7}}$$

Formula di Bazaraa (1967). Questa correlazione è valida per tutti i tipi di suolo; l’espressione per ricavare la densità relativa varia a seconda del valore della tensione verticale efficace  $\sigma'_v$  espressa in  $\text{kg}/\text{cm}^2$ :

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga	Titolo elaborato: Relazione Geotecnica					
	Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Data: 28 aprile 2023					
Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		18	007	PR	005	-1	GEO

$$\sigma'_{v0} \leq 0.732 \frac{kg}{cm^2} \Rightarrow D_R = \frac{N_{60}}{20 \cdot (1 + 4.1 \cdot \sigma'_{v0})}$$

$$\sigma'_{v0} > 0.732 \frac{kg}{cm^2} \Rightarrow D_R = \frac{N_{60}}{20 \cdot (3.24 + 1.024 \cdot \sigma'_{v0})}$$

Formula di Yoshida e Kokusho (1988). Questa correlazione è valida per tutti i tipi di terreni in funzione della tensione verticale efficace:

$$\text{Sabbia 75\% - Ghiaia 25\%} \Rightarrow D_R = 0.18 + N_{60}^{0.57} \cdot \left(100 \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{p_a}\right)^{-0.14}$$

## 2) Angolo di resistenza al taglio

Formula di Peck, Hanson & Thorburn (1974). Espressione molto utilizzata nei paesi anglosassoni per misurare l’angolo di resistenza al taglio. La correlazione è valida per tutti i tipi di suolo. Si ricava l’angolo in funzione di  $N_{SPT}$ :

$$\phi' = 27.1 + 0.3 \cdot \left(\frac{3}{2 + \frac{\sigma'_{v0}}{p_a}}\right) \cdot N_{60} - 0.0054 \cdot \left[\left(\frac{3}{2 + \frac{\sigma'_{v0}}{p_a}}\right) \cdot N_{60}\right]^2$$

Formula di Schmertmann (1975). Questa correlazione è valida per tutti i tipi di suolo e l’angolo è calcolato in funzione della tensione verticale efficace  $\sigma'_{v0}$  e della pressione atmosferica  $p_0$ .

$$\phi' = \tan^{-1} \left( \frac{N_{60}}{12.2 + 20.3 \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{p_a}} \right)^{0.24}$$

Formula di De Mello (1971). Questa correlazione è valida per tutti i tipi di suolo e l’angolo si ricava in funzione di  $N_{SPT}$  e  $\sigma_{v0}$ :

$$\phi' = 19 - 0.38 \cdot \frac{\sigma'_v}{p_a} + 8.73 \cdot \log(N_{60})$$

Formula di Meyerhof (1965). Questa correlazione è valida solo per i terreni sabbiosi con percentuale di limo < 5% e trova le condizioni ottimali a profondità inferiori a circa 5 m, nel caso di strati sopra falda, ed

$$\phi' = 29.47 + 0.46 \cdot N_{60} - 0.004 \cdot N_{60}^2$$

inferiori a 8 m, nel caso di terreni in falda. L’angolo è calcolato in funzione del numero di colpi:

## 3) Modulo elastico operativo

Formula di Stroud (1989). Questa correlazione è utilizzata solo per le sabbie e ghiaie. Il modulo elastico è calcolato in funzione di  $N_{SPT}$ :

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Geotecnica					
		Data: 28 aprile 2023					
Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		18	007	PR	005	-1	GEO

$$\text{Sabbie OC e ghiaie} \Rightarrow E' = (2 \div 16) \cdot N_{60}$$

$$\text{Sabbie NC} \Rightarrow E' = 0.9 \cdot N_{60}$$

Formula di Burland e Burbidge (1985). Questa correlazione è valida per tutti i tipi di suolo ed il modulo si ricava in funzione di  $N_{SPT}$ :

$$N' = 4 \Rightarrow E' = (1.6 \div 2.4) \cdot N_{60}$$

$$N' = 10 \Rightarrow E' = (2.2 \div 3.4) \cdot N_{60}$$

$$N' = 30 \Rightarrow E' = (3.7 \div 5.6) \cdot N_{60}$$

$$N' = 60 \Rightarrow E'' = (4.6 \div 7.0) \cdot N_{60}$$

Formula di Jamiolkoski (1988). Questa correlazione calcola il modulo di Young corrispondente a tensioni dell'ordine del 25% di quelle a rottura in funzione della densità relativa  $D_R$  e di  $N_{SPT}$ :

$$\text{Terreni OC} \Rightarrow E'_{25} = (52.5 - 35 \cdot D_R) \cdot N_{60}$$

Formula di WEBB. Questa correlazione è utilizzata per le sabbie con fine plastico.

$$\text{Sabbia con fine plastico} \Rightarrow E' = 3.32 \cdot N_{60} + 16$$

### 3) Modulo elastico a basse deformazioni

Formula di Otha e Goto (1978). Questa correlazione è valida solo per le ghiaie e le sabbie. Si calcola la velocità delle onde di taglio per poi determinare il valore del modulo di taglio iniziale  $G_0$  nota la densità del terreno allo stato naturale. Di conseguenza, mediante il coefficiente di Poisson si ricava il modulo di Young dalle relazioni della teoria dell'elasticità:

$$V_s = 67.3 \cdot N_{60}^{0.171} \cdot z^{0.199} \cdot f_a \cdot f_s$$

con

- z profondità dal piano campagna [m];
- $f_a$  parametro funzione dell'età geologica del deposito;
- $f_s$  parametro funzione della litologia indagata

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga	Titolo elaborato: Relazione Geotecnica					
	Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Data: 28 aprile 2023					
Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		18	007	PR	005	-1	GEO

## 8.2 Riepilogo risultati delle prove in sito e di laboratorio

Nelle successive Figura 6 - Figura 9 sono mostrati i risultati ottenuti applicando le formule empiriche di letteratura poc’anzi illustrate a partire dai dati NSPT registrati nei sondaggi geognostici.

I parametri di resistenza e di deformabilità dei terreni sono definiti mediante i loro valori caratteristici. Secondo la NTC 2018, il valore caratteristico di un parametro geotecnico rappresenta un valore ragionato e cautelativo della grandezza in oggetto. Nel seguito, sulla base del tipo e del numero di prove a disposizione si è fatto riferimento ai valori minimi o medi estrapolati dall’intervallo di variabilità di ogni singolo parametro analizzato in funzione del livello di omogeneità e dell’origine delle unità analizzate (se strato di origine antropica o strato in posto).

Come si evince dai grafici:

- Esiste una elevata dispersione dei dati geotecnici dovuti probabilmente alla marcata eterogeneità delle unità investigate a cui compete ragionevolmente anche una anisotropia strutturale non trascurabile in seno verticale e orizzontale.
- Il modulo a basse deformazioni  $E_0$  associato all’U.G. 3 (per prof.  $Z > 15$  m) è dell’ordine dei  $1.5 \div 2$  GPa a cui corrisponde una velocità delle onde di taglio inferiore a 800 m/s (580 m/s ca.). Di conseguenza, la suddetta unità in posto non può considerarsi come bedrock sismico che non risulta, dunque, direttamente interessato dalle indagini a disposizione.
- Il modulo elastico operativo risulta superiore ai 100 MPa per l’U.G. 3 (cautelativamente può assumersi un valore di 50 MPa), mentre il valore medio per le U.G. 1 e 2 si attesta intorno ai 30 MPa (per lo strato dei riporti si ritiene comunque più cautelativo assumerne per la rigidità il suo valore minimo di 20 MPa).
- Applicando le considerazioni precedenti anche per l’angolo di resistenza al taglio, si ha un angolo variabile da 28° per l’U.G. 1, 30° per l’U.G. 2 e 35° per l’U.G. 3.
- Per la natura dei terreni analizzati appare cautelativo considerare una coesione drenata pari a zero per il I° ed il III° strato (che pur presenta alternanze di livelli sabbiosi cementati), mentre le prove di taglio sui provini ed il contenuto di fine variabile porta ad assegnare allo strato intermedio delle sabbie (U.G. 2), un valore di coesione dell’ordine di 5 kPa.

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Geotecnica Data: 28 aprile 2023					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	18	007	PR	005	-1	GEO

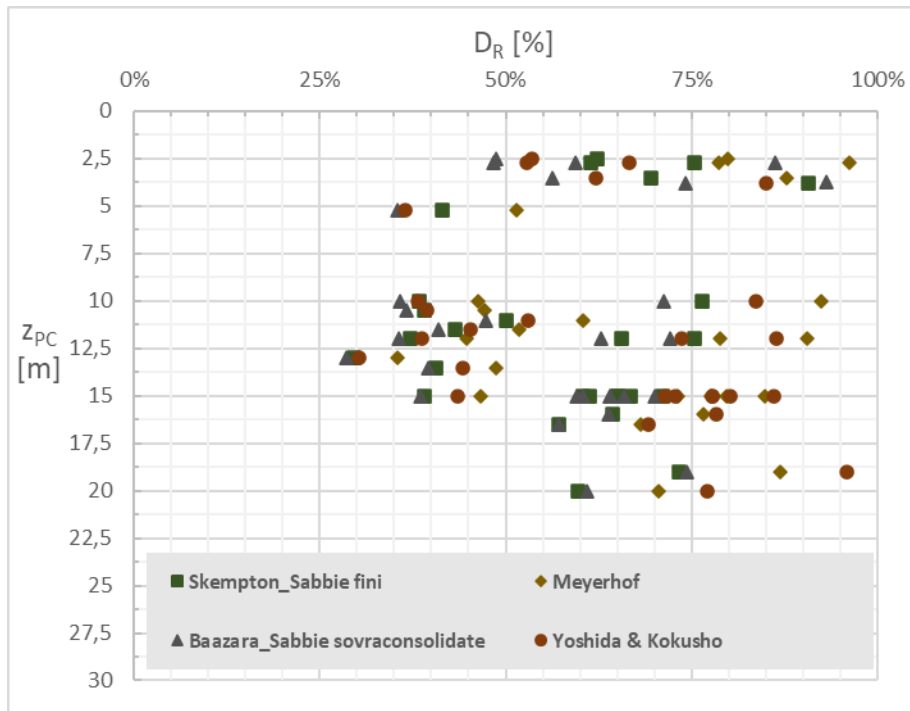


Figura 15: Calcolo densità relativa da interpretazione SPT

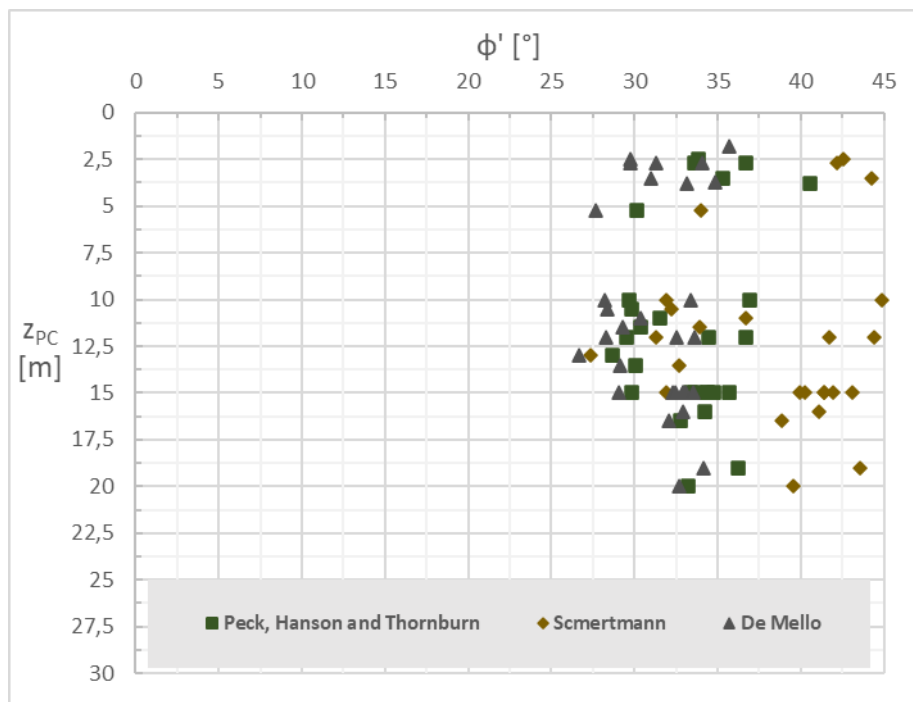


Figura 16 Calcolo angolo di resistenza al taglio da interpretazione SPT



Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Geotecnica Data: 28 aprile 2023					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	18	007	PR	005	-1	GEO

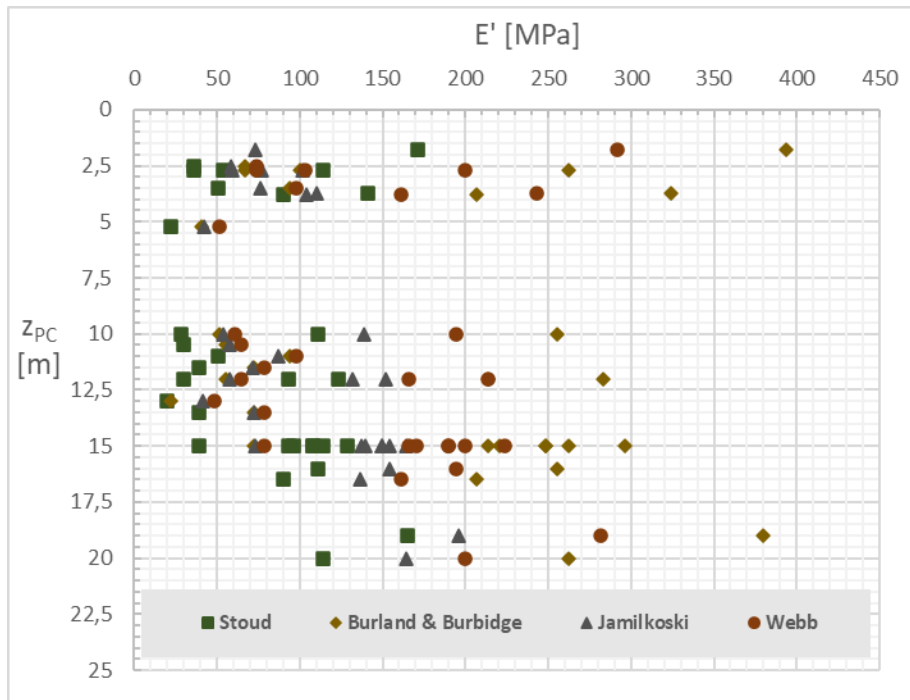


Figura 17 Calcolo modulo elastico operativo da interpretazione SPT

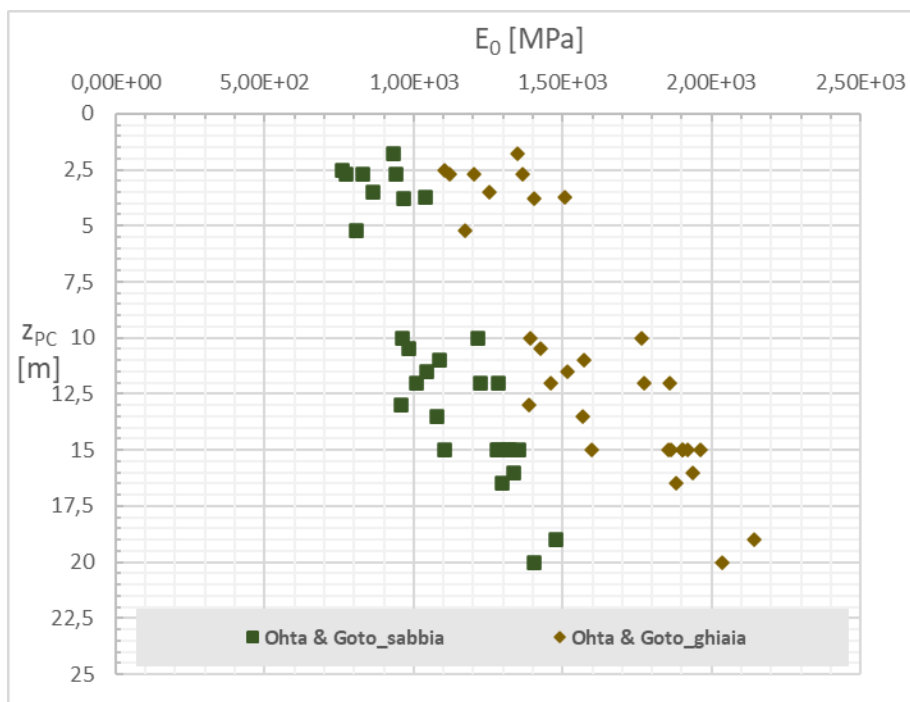


Figura 18: Calcolo modulo a basse deformazioni da interpretazione SPT

In conclusione, ai fini del predimensionamento dell’opera oggetto del presente PFTE, nella successiva tabella sono sintetizzati i parametri fisico – meccanici delle unità geotecniche individuate a partire dal modello geologico di riferimento.

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Geotecnica					
		Data: 28 aprile 2023					
Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		18	007	PR	005	-1	GEO

SINTESI MODELLO GEOTECNICO								
Strato	U.G.	$\gamma_N$ [k/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{SAT}$ [k/m <sup>3</sup> ]	$E'$ [MPa]	$\nu$	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]	$\psi$ [°]
1	Banchina in c.a.	-	-	-	-	-	-	-
2	U.G. 1	18	20	20	0.35	0	28	-
3	U.G. 2	21.70	21.70	30	0.35	5	30	5
4	U.G. 3	18.50	19.00	50	0.35	0	35	5

Tabella 6: Sinottico modello geotecnico

A conclusione del presente capitolo si rappresenta che per via della elevata permeabilità del terreno non vi sono apprezzabili dislivelli tra il livello della falda ed il livello del mare. La superficie piezometrica si attesta a quota mare, con una soggiacenza di 2.5 m dal piano banchina.

Per la natura dei terreni indagati si ritiene di poter considerare il comportamento drenato delle unità geotecniche indagata potendone trascurare gli effetti transitori a breve termine qualora gli stessi siano sottoposti ad una perturbazione statica dello stato tensionale in sito.

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento del Molo Norimberga del porto di Messina” Intervento di consolidamento della radice ovest e ampliamento del molo Norimberga Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione Geotecnica					
		Data: 28 aprile 2023					
Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		18	007	PR	005	-1	GEO

## 9 Conclusioni

Nella presente relazione è stato illustrato lo studio di caratterizzazione geotecnica dei terreni del sito di progetto nell’ambito del PFTE dell’intervento di ampliamento della banchina Norimberga. L’interpretazione dei dati disponibili dalla campagna di indagine eseguita sull’area oggetto di intervento a permesso di ricostruire i principali lineamenti stratigrafici delle formazioni intercettate nel sottosuolo e di determinare i parametri fisico – meccanici per ciascuna unità geotecnica.

I parametri di resistenza e di deformabilità dei terreni sono stati calcolati mediante correlazioni empiriche da prove NSPT.

Sulla base del modello geotecnico estrapolato è possibile eseguire la verifica delle opere in progetto secondo il metodo semi – probabilistico agli Stati limite (NTC 2018).