

REGIONE CAMPANIA

PROVINCIA DI SALERNO



COMUNE DI CETARA

**ADEGUAMENTO E AMPLIAMENTO DEL MOLO DI SOTTOFLUTTO FUNZIONALE ALLE
ATTIVITA' MERCATALI DELLA PESCA ED AL TRASPORTO PUBBLICO MARITTIMO**

PROGETTO ESECUTIVO



Codice elaborato:

R.2

Titolo elaborato:

**Relazione geologica, geomorfologica e
sedimentologica**

Scala:

Data:

GIUGNO 2021

R. T. P.:

S.A.I.L. - Studio Associato d'Ingegneria Linguiti

Dott. ing. Fabio Linguiti
Dott. ing. Antonio Fabozzi

Capogruppo/Mandatario

Dott. ing. Francesco Sarnicola

Mandante

Dott. ing. Antonio Giuseppe Volpe

Mandante

Dott. geol. Federico Tarallo

Mandante

Rif.

Data

DESCRIZIONE

COMUNE DI MONTE CETARA
(Provincia di Salerno)

**REALIZZAZIONE DI INFRASTRUTTURE E SERVIZI NEL
PORTO TURISTICO DE CETARA**
PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato: **R.G. 01 - RELAZIONE GEOLOGICA E INDAGINI
GEOGNOSTICHE**

Committente: *Amministrazione Comunale di Cetara*

Luogo e data: *Pozzuoli (Na), giugno 2021*

Tecnico incaricato: *dott. geol. Federico TARALLO*



dott. geologo Federico Tarallo

via Giuseppe Pagano, 5 - 80078 Pozzuoli (Na) – E-mail torlos1954@gmail.com.
Rif. n° 487 Albo dei Geologi della Regione Campania

INDICE

1.	PREMESSA.....	2
1.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE	3
2.	CARATTERIZZAZIONE DEL VOLUME GEOLOGICO SIGNIFICATIVO	4
2.1	INDIVIDUAZIONE GEOGRAFICA.....	4
2.2	LINEAMENTI GEOLOGICI, MORFOLOGICI E IDROGEOLOGICI	5
2.3	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE GENERALI.....	6
2.4	CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	7
3.	APPROFONDIMENTI, INDAGINI E LORO ESITO	10
3.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE	10
	A) PERFORAZIONI A CAROTAGGIO CONTINUO	11
	B) PROVE S.P.T. (STANDARD PENETRATION TEST).....	12
	C) PRELIEVO CAMPIONI RIMANEGGIATI (C.R.)	13
	D) INDAGINE SISMICA.....	14
3.2	RISULTATI DELLE INDAGINI	15
4.	MODELLO GEOLOGICO LOCALE	21
4.1	CARATTERI LITOSTRATIGRAFICI LOCALI	21
4.2	STRUTTURA GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO	22
4.3	FENOMENI DI LIQUEFAZIONE IN CONDIZIONI SISMICHE.....	24
5.	CONCLUSIONI.....	26

ALLEGATI AL TESTO

ALL. A: CARTE GEOTEMATICHE

- TAV.1 – Ubicazione delle indagini;
- TAV.2 – Schema litostratigrafico del sottosuolo;
- TAV.3 – Sito 1: Struttura geotecnica del sottosuolo;
- TAV.4 – Sito 2: Struttura geotecnica del sottosuolo.

ALL. B: FASCICOLO DELLE INDAGINI

- SONDAGGI MECCANICI
- PROVE PENETROMETRICHE SPT
- ANALISI DI LABORATORIO

ALL. C: REPORT DELLA STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI

**COMUNE DI CETARA
(Provincia di Salerno)**

REALIZZAZIONE DI INFRASTRUTTURE E SERVIZI NEL PORTO TURISTICO DE CETARA

PROGETTO ESECUTIVO

1. PREMESSA

Nell'ambito della progettazione in epigrafe, nel rispetto della normativa vigente (D.M. 11/03/88, OPCM 3274/03, C.S. LL.PP. 27/07/07, N.T.C. D.M. 17/01/2018) viene redatta la seguente relazione finalizzata alla modellazione geologico-tecnica dei terreni di sedime del Porto di Cetara in corrispondenza delle estremità del molo di sopraflutto e di sottoflutto (per comodità di esposizione definiti rispettivamente Sito 1 e Sito 2).

Tale modellazione si basa sostanzialmente su di un'accurata definizione delle condizioni stratigrafiche e geomeccaniche dei litotipi prevalenti rinvenuti nel sottosuolo attraverso l'esecuzione di indagini geognostiche puntuali. Inoltre, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, tiene conto dei parametri tratti dalla rielaborazione di pregressi accertamenti geofisici eseguiti in passato (anno 2012), curati personalmente dallo scrivente, in aree attigue a quella in esame.

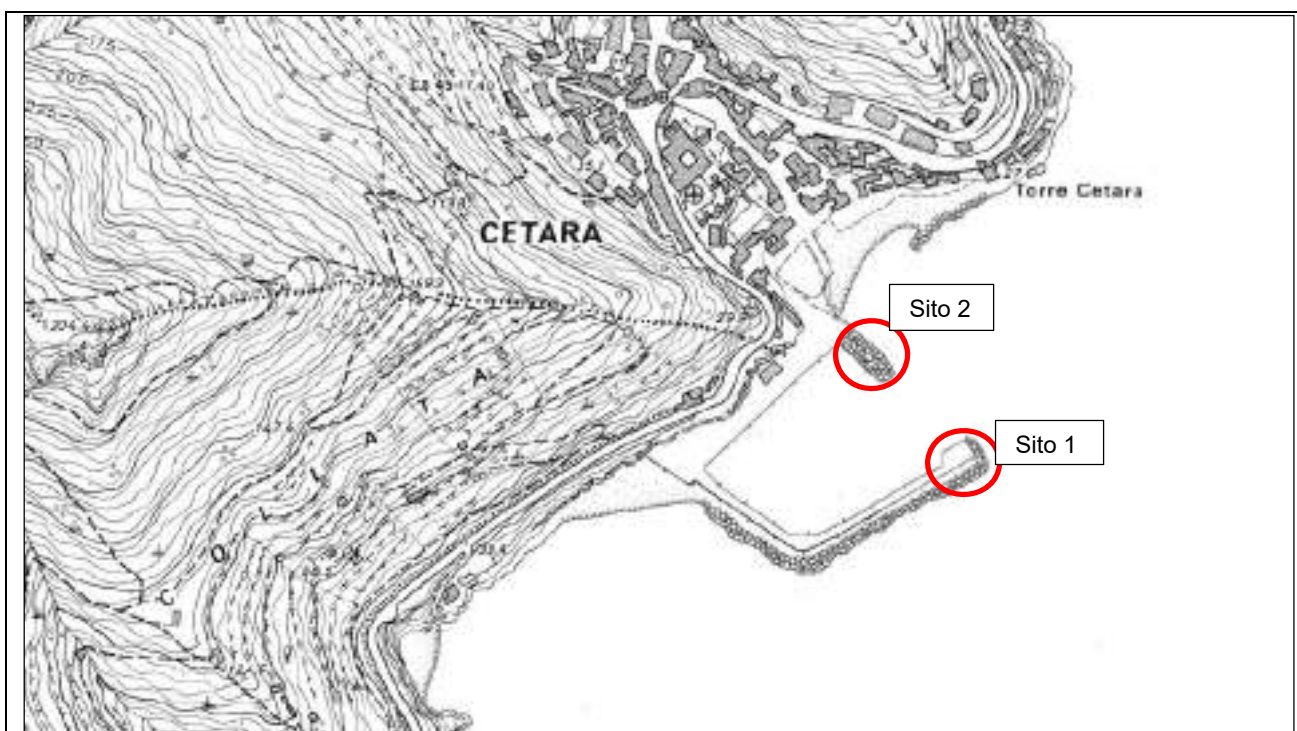


Fig. 1 – Stralcio corografico del territorio marino costiero di Cetara con indicazione dei siti d'interesse progettuale.

1.1 Indagini geognostiche

Nel mese di aprile 2021 in corrispondenza dei siti d'interesse progettuale (Sito 1 e Sito 2) è stata eseguita una campagna d'indagini geognostiche che ha previsto le seguenti attività:

- N. 3 sondaggi meccanici a c.c.;
- N. 8 prove penetrometriche tipo S.P.T. (Standard. Penetration Test);
- N. 8 prelievi di campioni rimaneggiati;
- N. 8 analisi granulometriche sui campioni prelevati.

Le Indagini sono state svolte secondo le Raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana (A.G.I.-1977) ed in accordo con le Modalità d'Esecuzione dell'A.N.I.S.I.G. (Associazione Nazionale Imprese Specializzate in Indagini Geognostiche). La loro esecuzione, su incarico del Comune di Cetara, è stata fatta dalla "ISOGEA S.r.l." di Scafati (Sa), società autorizzata dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti con decreto di autorizzazione n. 02614/26 del 26/3/2010.

L'ubicazione delle prove è riportata in appendice (ALL. A - TAV. 1); le strumentazioni, le metodologie adottate, le risultanze delle varie categorie d'indagine eseguite e i certificati di classificazione geotecnica sono riportate nell'ALL. B - "Relazione tecnica" curata dalla Società esecutrice.



Fig. 2 – Porto di Cetara con indicazione delle indagini eseguite.

*S1- S1bis - S2: sondaggi geognostici;
MW 1: prospezione sismica tipo MASW*

2. CARATTERIZZAZIONE DEL VOLUME GEOLOGICO SIGNIFICATIVO

2.1 Individuazione geografica

Il comune rivierasco di Cetara (Sa) si colloca nel territorio costiero centro-occidentale della Campania.

Il sito d'interesse progettuale è ubicato a sud del centro antico in destra orografica del torrente Cetus ai valle del versante collinare (fig. 3).

Ubicazione e georeferenziazione del sito oggetto di studio:

- F. 197 - IV N.W. – I.G.M. alla scala 1:25.000 (figg. 1-3);
- Unità Fisiografica “Salerno” – settore sud-orientale della Costiera Amalfitana;
- Località: area marino-costiera a SSW del centro abitato
- Ubicazione: Porto peschereccio;
- Quota banchina: +1.0÷2.10 m s.l.m.m.,
- Quota fondale: -8.0 m;
- UTM Ed50: 474791.0 E; 4499328.0 N
- WGS84 gps: 14°42.0605 Lon; 40°38.5629 Lat.

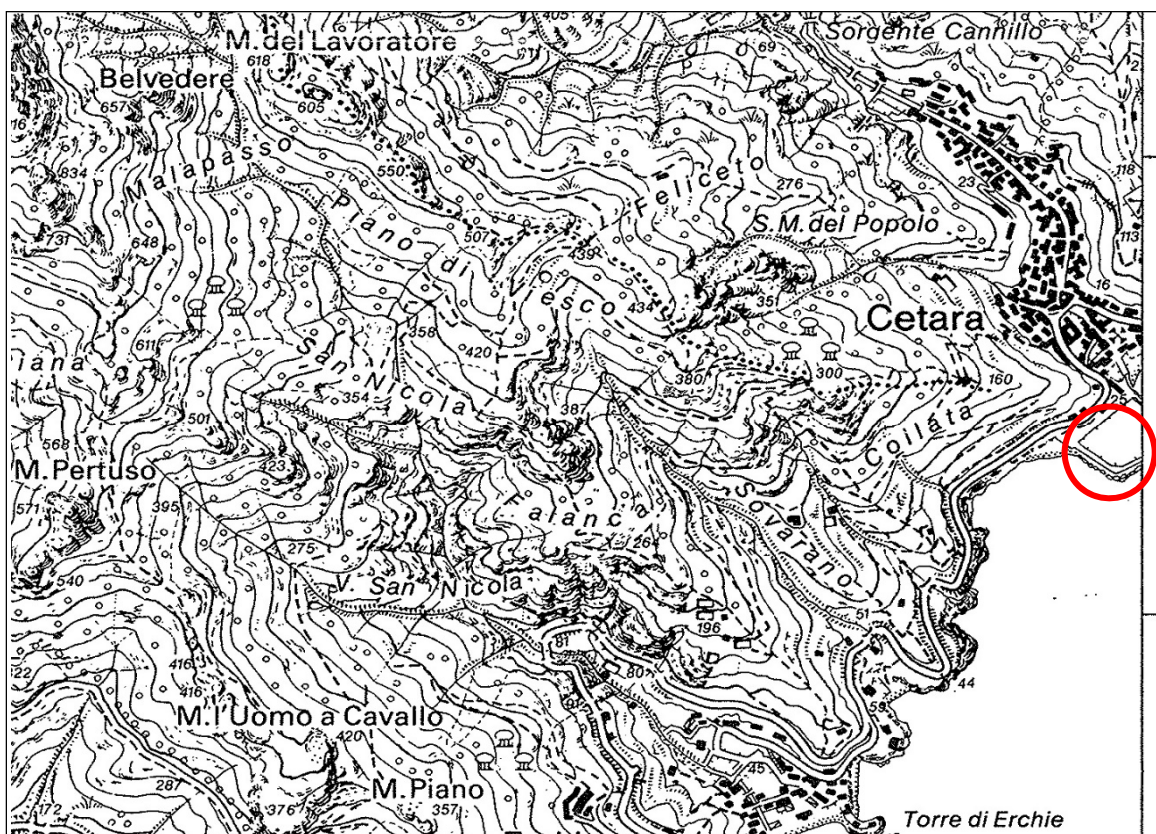


Fig. 3 – Stralcio corografico del territorio a sud-est della Costiera Amalfitana (dal F°197 – IV N.W. - Salerno, dell'I.G.M. scala 1:25000, modificato) con ubicazione dell'area portuale di Cetara.

2.2 Lineamenti geologici, morfologici e idrogeologici

Il tratto di marino-costiero in esame, nel comune di Cetara (Sa), si estende geograficamente lungo il versante sud-orientale della Penisola Sorrentino-Amalfitana ed è compreso nel F°467 – Salerno della Carta Geologica d'Italia, scala 1:50.000 (fig. 4).

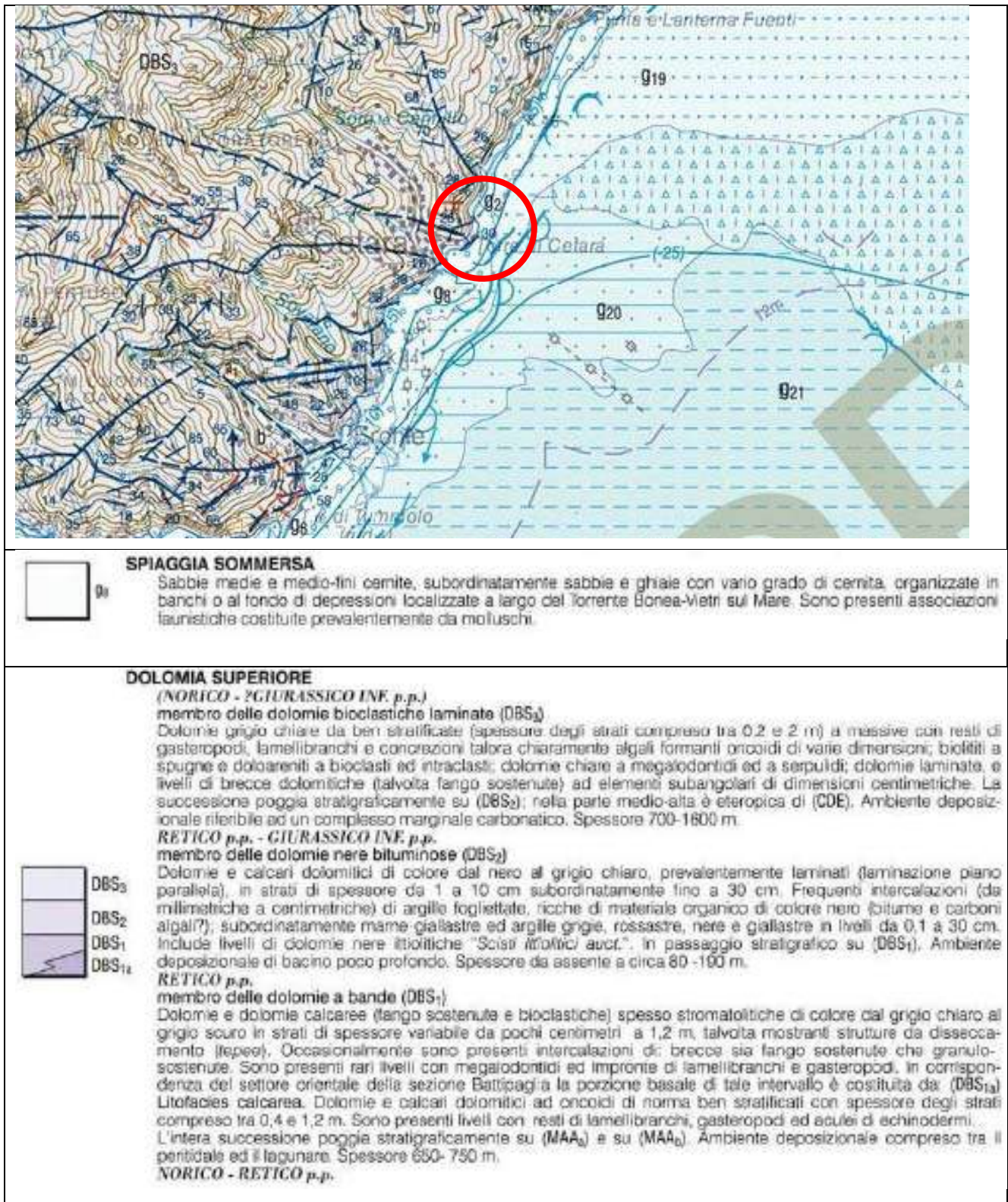


Fig. 4 - Stralcio della Carta Geologica d'Italia F°467 - Salerno. Terreni affioranti nell'area d'interesse (in rosso).

La Penisola Sorrentino-Amalfitana costituisce un alto strutturale allungato trasversalmente alla catena appenninica, delimitata a SE dal Golfo di Salerno ed a NW da quello di Napoli. L'assetto strutturale è caratterizzato da una serie di faglie a prevalente direzione NE-SW e NW-SE.

Dal punto di vista geologico l'entroterra del tratto di costa in esame è costituito (Civita et al. 1975) per larga parte da un complesso calcareo di età mesozoico-terziaria, cui segue, verso l'alto, un complesso arenaceo-marnoso e quindi terreni quaternari di origine ed età diversa.

I terreni più recenti sono rappresentati da depositi continentali detritici (brecce di versante, ghiaie e conglomerati dei depositi di conoide) e piroclastici (vulcanoclastiti, spesso rimaneggiate ed umificate, collegate a prodotti da caduta connessi alle fasi di attività esplosiva dei Campi Flegrei e del Somma Vesuvio). Altri terreni di copertura sono rappresentati dai depositi detritico-colluviali (piroclastiti rimaneggiate, generalmente incoerenti, frammisti a detrito carbonatico) e da depositi detritico-alluvionali, (ghiaie calcaree a spigoli sub-arrotondati).

I depositi alluvionali, rappresentati da ghiaie e sabbie, si rinvengono soprattutto nei fondovalle principali nei quali, sfruttando la morfologia sub-pianeggiante dei luoghi, sorgono la maggior parte dei centri abitati.

In corrispondenza della foce del fiume Cetus si apre un'ampia conoide di deiezione; il locale deposito di materiali è stato generato dalle numerose frane da colata rapida innescatesi lungo i versanti montani del bacino che hanno raggiunto in più fasi il mare. Il deposito è formato essenzialmente da sabbie e ghiaie alluvionali con elementi di natura essenzialmente calcareo-dolomitica, flyschoid-arenacea e piroclastica. La loro successione e giacitura è molto variabile, lo spessore è maggiore di 20.0 m.

Su tale deposito di sedimenti clastici sciolti si estende il porto di Cetara. La profondità di rinvenimento substrato calcareo-dolomitico risulta maggiore di 35.0 m.

Dal punto di vista morfologico, la spiaggia di Cetara (pocket beaches), chiude, verso il mare, la piana alluvionale del Vallone grande (torrente Cetus).

In destra orografica al Cetus la locale falesia costiera, prospiciente l'ambito portuale, per l'elevata acclività, lo stato di fratturazione ed alterazione dei litotipi affioranti, risulta predisposta a frane di crollo. La pericolosità della scarpata costiera, in considerazione del fatto che alla sua base si trovano le infrastrutture annesse al porto, genera condizioni di rischio molto elevato. Allo stato attuale la parete risulta stabilizzata e messa in sicurezza da una rete metallica a doppia torsione con reticolo di funi ed ancoraggi.

L'assetto geo-ambientale è dominato da un'antropizzazione diffusa; le forme costiere naturali sono state del tutto obliterate dal tessuto urbano e dalle strutture ricettive – alberghiere e di servizio al porto. In ambito marino oltre alla significativa presenza del porto, sono stati eseguiti alcuni modesti interventi a difesa dell'abitato e della foce armata del "Cetus".

2.3 Caratteristiche geotecniche generali

Il sottosuolo dell'area marino costiera, fino ad una profondità di 30÷40 m da quota fondale, è essenzialmente riconducibile ad una successione di terreni granulometricamente afferenti alla sabbia, alla ghiaia ed al limo poggianti sul sub-strato litoide.

Localmente i litotipi elencati possono essere intervallati da strati e lenti, di spessore limitato, costituiti da limo sabbioso argilloso-torboso generalmente ininfluenti, dal punto di vista della caratterizzazione geotecnica, sia per discontinuità sia per spessore.

La letteratura scientifica attribuisce a terreni granulari similari, con compattezza da sciolta ad addensata ($D_r 0.2 \div 0.8$), i seguenti parametri generali:

Parametri geotecnici	Limo argilloso	Limo, Limo sabbioso	Sabbia limosa	Sabbia	Ghiaia sabbiosa
W (%)	25 ÷ 70	20 ÷ 35	16 ÷ 25	19 ÷ 32	---
γ (kN/m ³)	18.5 ÷ 19.5	17 ÷ 18	17 ÷ 18	18 ÷ 19	19 – 19.5
φ (°)	22 ÷ 24	27 ÷ 35	27 ÷ 35	28 ÷ 34	35 - 45
C (kPa)	10 ÷ 15	0.0	0.0	0.0	0.0
E_y (kN/m ²)	4200 ÷ 4500	7000 ÷ 8000	9500 ÷ 10000	15000 ÷ 22000	45.0-50.0
μ	0.5	0.35	0.3	0.3	0.25
E_e (kN/m ²)	4800 ÷ 5000	0.0	0.0	0.0	0.0

Tab.1 –Parametri geotecnici generali attribuiti dalla letteratura specializzata a “terreni granulari” con compattezza da sciolta ad addensata ($D_r 0.2 \div 0.8$)

Legenda: w =contenuto d’acqua; γ =peso dell’unità di volume; φ =angolo d’attrito interno; C =coesione; E_y =modulo elastico; E_e =mod. edometrico; μ =mod. di Poisson.

Tali materiali possono presentare notevoli variazioni delle caratteristiche fisiche e meccaniche citate, anche in un ristretto ambito areale.

2.4 Caratterizzazione sismica

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto nei modi previsti dal D.M. 17.01.2018, si riferisce quanto affermato nella circolare esplicativa del decreto: “la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (cat. A) con superficie topografica orizzontale (cat. T1), in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti”.

Le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di riferimento, per una fissata PVR “probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento”, si ritengono individuate quando se ne conosca l’accelerazione massima ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione.

I caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica PVR:

a_g = accelerazione massima al sito;

F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

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

Il valore di a_g è desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento, attualmente fornita dallo INGV (esse1.mi.ingv.it/), mentre F_0 e TC^* sono calcolati in modo che gli spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento forniti dalle NTC approssimino al meglio i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento derivanti dalla pericolosità di riferimento.

I valori di a_g , F_0 e TC^* sono riportati nell'Allegato B alle NTC; di essi si fornisce la rappresentazione in termini di andamento medio in funzione del periodo di ritorno TR , per l'intero territorio nazionale.

Per tanto, al fine di determinare detti valori, va ricordato che il comune di Cetara a seguito della riclassificazione sismica del 2002 effettuata dalla Regione Campania, è classificato in III cat.- S=6 - $a_g=0.15g$ (Fig. 5). Inoltre, la mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica (Fig. 6), disponibile on-line sul sito dell'INGV, redatta secondo le NTC (D.M. 14/01/2008), indica che il territorio comunale di Cetara (SA) rientra nelle celle contraddistinte da valori di a_g di riferimento compresi tra 0.075 e 0.125 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).



Fig. 5 – Classificazione sismica del 2002 dei Comuni della Regione Campania. Zona 1, valore di $a_g=0.35g$; Zona 2, valore di $a_g=0.25g$; Zona 3, valore di $a_g=0.15g$.

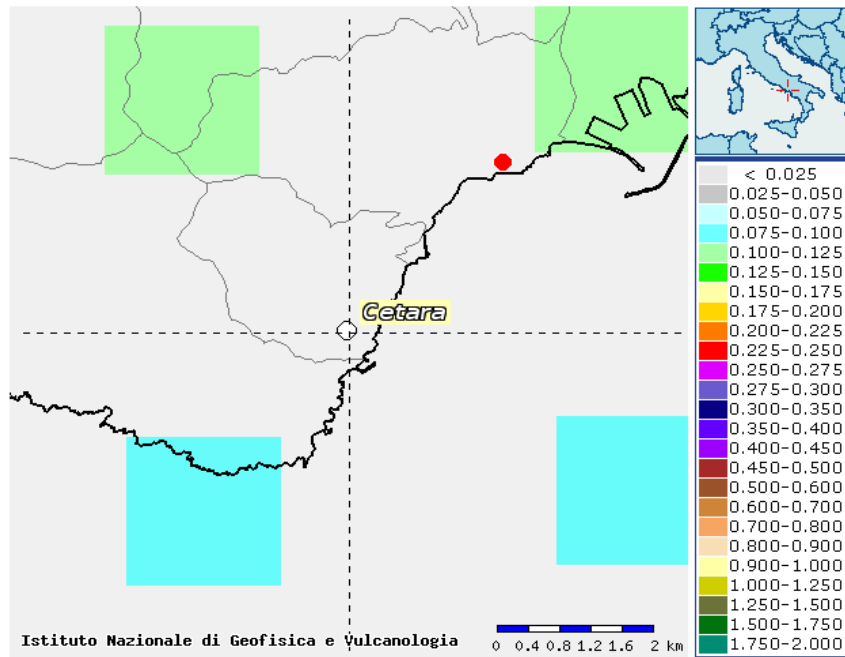


Fig. 6 – Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.

3. APPROFONDIMENTI, INDAGINI E LORO ESITO

3.1 Indagini geognostiche

Nel mese di aprile 2021, con incarico del Comune di Cetara, la Soc. "ISOGEA" srl ha eseguito le previste indagini che hanno riguardato, compatibilmente con l'accessibilità dei luoghi, l'estremità dei moli portuali dove saranno realizzate le opere in progetto. In particolare sul molo di sopraflutto (Sito 1) sono stati realizzati i sondaggi S1 e S1bis, mentre sul molo di sottoflutto (Sito 2) è stato eseguito il sondaggio S2.

La profondità di perforazione è stata stabilita in funzione dell'accertamento dei terreni superficiali dal punto di vista geomeccanico fino a profondità superiori a quella tecnicamente significativa per il progetto in essere. Per quanto riguarda il sondaggio S1bis si precisa che è stato eseguito allo scopo di verificare le sole condizioni del corpo di banchina.

Le indagini geognostiche sono state eseguite in conformità alle norme contenute nelle raccomandazioni dell'A.G.I. 1997 (Associazione Geotecnica Italiana). La loro ubicazione è riportata in appendice (ALL. A - TAV. 1); le strumentazioni, le metodologie adottate, le risultanze delle varie categorie d'indagine eseguite e i certificati di classificazione geotecnica sono riportate in appendice (ALL. B "Relazione tecnica") redatta dalla Società esecutrice delle indagini.

Lungo i perfori sono state eseguite prove penetrometriche dinamiche del tipo S.P.T. e prelevato campioni rimaneggiati (C.R.) vista l'impossibilità di prelevare campioni indisturbati di buona qualità (Q5/Q4) per la natura del sottosuolo. I campioni sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio per la caratterizzazione fisica (analisi granulometrica).

Come è noto (cfr. Raccomandazioni A.G.I. indagini geotecniche) il prelievo di C.I. in sabbie sciolte in falda e/o detritiche (come nel caso in esame) è operazione alquanto difficoltosa e delicata. Generalmente si ottengono campioni con classe di qualità Q2 o al massimo Q3 per le quali le caratteristiche geotecniche determinabili con accuratezza, oltre al peso specifico dei grani G_s , sono la composizione granulometrica ed al più il contenuto d'acqua naturale w . Per gli altri parametri fisici, (peso dell'unità di volume γ , peso secco dell'unità di volume γ_d , indice dei vuoti e , porosità n , grado di saturazione S_r) si preferisce, in genere, fare affidamento sulla numerosa ed accreditata casistica esistente in letteratura.

Per ogni verticale di indagine è stata compilata la scheda stratigrafica con la classificazione dei terreni, la profondità dei punti di campionamento ed i risultati delle prove penetrometriche (SPT).

Nella tabella seguente vengono riassunti il tipo d'indagine eseguita, la profondità raggiunta, i prelievi e le prove in situ. La quota assoluta sul l.m.m., relativa ai singoli sondaggi e prove, è stata ricavata dalla cartografia di corredo al progetto.

Sondaggio	Quota (m s.l.m.m.)	Quota fondale (m dal l.m.m.)	Profondità dal p.c. (m)	S.P.T. (n°)	C.R. (n°)	Analisi di laboratorio
S1	2.10	-8.0	40.00	4	4	4
S1bis	2.10	-8.0	5.00	----	----	---
S2	1.60	-8.0	25.00	4	4	4
Totale			70.00	8	8	8

a) Perforazioni a carotaggio continuo

Le perforazioni sono state eseguite con la tecnica del carotaggio continuo (prelievo continuo di campioni rimaneggiati) mediante l'impiego di una sonda oleodinamica a rotazione CMV 600 (v. Foto 1 – 2 - 3). La profondità massima raggiunta è di 40 m che ha raggiunto la profondità massima di 40.0 m dal p.c. Per la stabilizzazione delle pareti del foro sono state usate tubazioni metalliche di rivestimento del diametro di Ø 127 mm. Il materiale estratto è stato depositato in apposite cassette catalogatrici.



Foto 1 – Postazione perforazione S1.



Foto 2 – Postazione perforazione S1bis.



Foto 3 – Postazione perforazione S2.

La successione dei materiali e dei terreni di natura antropica, fino alla profondità massima di 10.00 m dal p.c., costituisce il “corpo” della attuale banchina portuale e poggia, dopo un poco significativo livello di sabbie di litorale, su materiali granulari marini ad elementi di origine alluvionale e piroclastica.

I materiali litoidi di natura prevalente calcarea e calcarea-dolomitica, rinvenuti al di sotto della soletta di coronamento in c.l.s. con una percentuale di carotaggio bassa (<50 %) e con una RQD scadente (seppur del tutto indicativa non potendo essere riferita ad un ammasso roccioso), fanno ritenere che si tratta di grossi massi di scogliera. Il carotaggio di questi materiali si è rivelato particolarmente difficoltoso sia per la natura sia per le numerose discontinuità (associabili a vuoti) dell’orizzonte stratigrafico che conferivano alla perforazione un andamento a scatti.

I terreni granulari carotati possiedono un contenuto d’acqua costantemente elevato. Essi possono essere definiti: da umidi a saturi.

b) Prove S.P.T. (Standard Penetration Test)

La prova penetrometrica dinamica S.P.T. (Standard Penetration Test) consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di un campionatore standard “Raymond” (v. foto 4) infisso a partire dal fondo del foro di sondaggio. Essa viene eseguita a diverse profondità ed è funzione delle caratteristiche e del tipo di terreno.

Le prove S.P.T., con note e sperimentate correlazioni, consentono di misurare in sito (attraverso il numero di colpi N_{SPT}) la resistenza al taglio e lo stato di addensamento dei terreni granulari e di valutare la consistenza delle argille.

I valori di N_{spt} registrati nelle prove sono stati elaborati con il software "Dynamic Probing" della Geostru. In appendice (ALL. C) è riportato il report della stima dei parametri geotecnici (molto cautelativi) secondo alcuni autori.



Foto 4. – Prova S.P.T. in esecuzione

Nel corso dei sondaggi geognostici sono state eseguite prove S.P.T. (*Standard Penetration Test*) secondo le metodologie previste dalle seguenti norme:

- A.G.I.- Associazione Geotecnica Italiana (1977) - *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*;
- A.S.T.M.-D1586-67(74); D1586-84 - *Standard method for Penetration test and Split-Barrel Sampling of Soils*;
- ISSMFE Techn. Committee (1988) - *Standard Penetration Test (SPT): International Reference Test Procedure*.

Per la presenza di materiali lapidei, di riporto e detritici, rinvenuti nel corso dei sondaggi, è stato possibile eseguire complessivamente n° 8 prove S.P.T. che hanno comunque consentito di caratterizzare i principali orizzonti litostratigrafici del sottosuolo a profondità significative.

Nella seguente tabella sono sintetizzate le prove S.P.T. eseguite lungo le verticali d'indagine:

Sondag	Quota s.l.m.m	Litologia	Numero di prova SPT	Profondità (m) dalla quota banchina	Numero di colpi	Nspt
S1	+2.10	Sabbia con inclusi lapidei	1	14.00 - 14.45	2-4-6	10
		Sabbia con inclusi lapidei	2	16.50 – 16.95	3-5-5	10
		Sabbia limosa con elementi litici	3	20.00 -20.45	6-8-15	23
		Ghiaia sabbiosa	4	24.00 – 24.45	8-10-14	24
S2	+1.60	Sabbia con inclusi lapidei	1	10.00 - 10.45	8-7-1	8
		Sabbia	2	15.00 - 15.45	4-1-1	2
		Sabbia con sparsi litici	3	17.50 – 17.95	2-2-1	3
		Ghiaia sabbiosa	4	21.00 – 21.45	6-7-11	18

c) Prelievo Campioni Rimaneggiati (C.R.)

I campioni rimaneggiati (o disturbati) vengono ottenuti dal materiale estratto dalle prove SPT (campionatore con scarpa aperta) oppure prelevati dal terreno recuperato dal carotaggio rappresentativo del sottosuolo. In quest'ultimo caso nella scelta si ha cura di eliminare le parti di campione alterato dall'azione del carotiere (corteccia, parti "bruciate", tratti dilavati, ecc.).

Nel corso dei sondaggi eseguiti sono stati prelevati complessivamente n° 8 campioni rimaneggiati (C.R.). I materiali sono stati prelevati nei livelli significativi individuati nelle carote di perforazione e sottoposti ad esami di laboratorio per le analisi fisiche con la definizione della composizione granulometrica utile per la classificazione litotecnica dei terreni.

Le profondità di prelievo di tali campioni e i risultati delle analisi eseguite sono riassunte nella seguente tabella:

Sondag	Profondità (m) dalla quota banchina	Numero C.R.	Litologia
S1	10,50 ÷ 11,00	S1C1	Sabbia con ghiaia
	13,50 ÷ 14,00	S1C2	Sabbia limosa con ghiaia
	16,00 ÷ 16,50	S1C3	Sabbia debolmente limosa e ghiaiosa
	19,00 ÷ 19,50	S1C4	Sabbia con limo ghiaiosa
S2	9,00 ÷ 9,50	S2C1	Sabbia con ghiaia debolmente limosa
	13,50 ÷ 14,00	S2C2	Sabbia debolmente limosa
	19,30 ÷ 19,70	S2C3	Ghiaia sabbiosa debolmente limosa
	20,00 ÷ 20,50	S2C4	Ghiaia con sabbia limosa

La composizione granulometrica dei terreni è alquanto variabile in relazione alla maggiore o minore percentuale delle frazioni sabbiosa limosa e ghiaiosa. La frazione ghiaiosa è rappresentata da clasti calcarei, litici e da pomici frequentemente alterate.

d) Indagine sismica

Per la definizione delle caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi presenti e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 17 gennaio 2018) sono state utilizzate le indagini geosismiche fatte eseguire nel corso di precedenti accertamenti (cfr. §1.1) all'interno della stessa area portuale (cfr. ALL. A - Tav. 1).

Nello specifico, lungo il tratto mediano del molo di sopraflutto è stato effettuato, nell'anno 2012, un profilo sismico (Foto 5) tipo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves).



Foto 5 – Prospezione sismica MASW in corrispondenza dell'area progettuale lungo il molo i sopraflutto del porto.

La prospezione sismica MASW presenta le seguenti caratteristiche delle fasi di acquisizione relative allo stendimento geofonico messo in opera:

Prospezione sismica	Lunghezza complessiva dello stendimento (m)	Offset e spacing (m)	Direzione
MASW n.1	37.50	1.50	N 300° E

3.2 Risultati delle indagini

Caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche

In accordo con la geologia dei luoghi, le perforazioni, dopo strutture e terreni antropici, hanno confermato la presenza di prodotti di spiaggia sottomarina, ricoprenti o intervallati da piroclastiti rimaneggiate ed elementi litoidi prevalentemente calcarei (cfr. § 2.) ed il relativo assetto stratigrafico. Si tratta essenzialmente di tipologie di terreni di natura litologica granulare che si susseguono secondo spessori e profondità variabili da zona a zona.

Utilizzando i dati stratigrafici ottenuti, operando le opportune correlazioni, è stato possibile ricostruire lo schema litostratigrafico di riferimento per l'area d'interesse. La sezione stratigrafica ricostruita è riportata in appendice "ALL.A - TAV.2".

La caratterizzazione geomeccanica del sottosuolo è stata basata sui risultati delle prove penetrometriche dinamiche S.P.T. (Standard Penetration Test) eseguite.

I risultati delle SPT, ritenuti significativi per l'intera area d'interesse vista l'uniformità geolitostratigrafica, è caratteristico di un sottosuolo costituito da materiali incoerenti granulari ai quali corrispondono, generalmente, qualità molto variabili ma crescenti verso le maggiori profondità.

La composizione granulometrica dei terreni è alquanto variabile in relazione alla maggiore o minore percentuale di frazioni sabbiosa, limosa o ghiaiosa. La frazione ghiaiosa è costituita essenzialmente da elementi calcarei, litici e pomici (alterate).

SITO 1 – Molo di sopraflutto

I Sondaggi eseguiti hanno come riferimento la quota banchina (+2.10 m) con fondale a circa -8.0 m. Le perforazioni hanno raggiunto la profondità massima di 40.00 m interessando circa 30.0 metri di sedimento naturale al di sotto della struttura portuale.

Sondaggio S1 e S1bis:

1. Calcestruzzo con elementi a spigoli vivi. Spessori variabili tra 2.30 (S1) e 2.70 m (S1bis);
2. Blocchi e frammenti calcarei (scogli). Spessori variabili tra 2.70 (S1) e 2.30 m (S1bis). Profondità raggiunta 5.00;
3. Terreni eterogenei di riporto – Riempimento banchina. Pietrisco e pietrame in prevalenza calcareo in matrice sabbiosa. Spessore di circa 5.10. Profondità raggiunta 10.10 m;
4. Sabbia di litorale variamente frammista ad elementi calcarei. Colore grigio. Spessore

circa 8.40 m. Profondità raggiunta 18.5 m;

5. Materiale di origine piroclastica. Colore grigio. Spessore di circa 2.00 m;
6. Sabbia stratificata a pomici e ghiaia poligenica verso il basso prevalente. Spessori variabili da 7.20 m. Profondità raggiunta 27.60 m;
7. Sabbia fina di colore nerastro con rari resti di lamellibranchi e sparsi clasti calcarei. Verso il basso passa a limo argilloso grigio con lamellibranchi, gasteropodi e tracce di sostanze organiche. Spessore di circa 7.20 m. Profondità raggiunta 34.80 m;
8. Sabbia da sottile a grossolana grigiasta con sparsi elementi calcarei. Presente fino alla massima profondità di perforazione (40.00 m).

I terreni carotati, con contenuto d'acqua elevato (da molto umidi a saturi) posseggono uno stato d'addensamento nel complesso discreto che migliora con la profondità.

Si sottolinea che il sondaggio S1bis, eseguito esclusivamente per avere dati sulla struttura di banchina, ha evidenziato esclusivamente i materiali indicati con i punti 1. e 2. ovvero dopo il coronamento in c.l.s si rinvergono, fino alla profondità di 5.00 m, terreni di riporto eterogenei.

Le prove SPT e le analisi eseguite consentono di attribuire ai terreni precedentemente elencati le seguenti caratteristiche geotecniche:

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
Strato 1	10	14,45	46,7	88,74	52,81	38,25
Strato 2	10	16,95	46,7	88,74	52,27	38,25
Strato 3	23	20,45	57,09	100	53,92	49,72
Strato 4	24	24,45	57,77	100	53,47	50,48

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza a falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerh of 1956	Meyerh of (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerh of (1965)	Schmert mann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (R. B.S)	Japanes e National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
Strato 1	10	14,45	12,5	30,57	23,57	31,5	28,51	34,6	40,42	30-32	28,69	30,75	28,08	30,81
Strato 2	10	16,95	12,5	30,57	23,57	31,5	28,16	34,6	40,42	30-32	28,69	30,75	27,99	30,81
Strato 3	23	20,45	19	32,43	25,43	33,32	28,25	36,77	42	30-32	31,88	32,7	29,4	34,49
Strato 4	24	24,45	19,5	32,57	25,57	33,46	27,89	36,92	42	30-32	32,1	32,85	29,34	34,75

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	10	14,45	12,5	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 2	10	16,95	12,5	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 3	23	20,45	19	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 4	24	24,45	19,5	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
Strato 1	10	14,45	12,5	Meyerhof ed altri	1,81
Strato 2	10	16,95	12,5	Meyerhof ed altri	1,81
Strato 3	23	20,45	19	Meyerhof ed altri	1,97
Strato 4	24	24,45	19,5	Meyerhof ed altri	1,98

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
Strato 1	10	14,45	12,5	75,00	53,14	88,75	93,75
Strato 2	10	16,95	12,5	75,00	53,14	88,75	93,75
Strato 3	23	20,45	19	114,00	66,49	134,90	122,74
Strato 4	24	24,45	19,5	117,00	67,52	138,45	124,97

Si fa osservare che la prova eseguita nei terreni di riporto (strato 1) ha raggiunto valori di N_{spt} relativamente elevati (N_{spt} 10) per il tipo di materiale. Si ritiene che ciò non dipenda dall'effettivo grado di addensamento, o consistenza, ma dalla presenza dei numerosi clasti eterometrici tipici dei terreni di riporto che possono alterare l'avanzamento del campionatore e quindi non essere completamente rappresentativa delle effettive caratteristiche geomeccaniche dei terreni citati.

Quindi, tenuto in debita considerazione quanto affermato, la valutazione che si ricava è che i terreni investigati, indipendentemente dal fatto che siano stati o meno rimaneggiati nel tempo, migliorano le proprie caratteristiche con l'aumento della profondità. Fino a circa -16/-17 m sono risultano afferenti al campo dei terreni "poco addensati" ai quali si può attribuire una densità relativa (D_r) di 38-39 (Skempton 1986) ed un angolo di resistenza al taglio (ϕ) di $28^\circ \div 30^\circ$ (Shioi-Fukuni 1982 -JAPANESE NATIONAL RAILWAY). Fino a circa 25 m afferiscono prevalentemente ai terreni "moderatamente addensati" con D_r 49÷50 e ϕ di $31^\circ \div 32^\circ$ (Shioi-Fukuni 1982 -J.N.R.).

I risultati delle granulometrie eseguite hanno confermato che il sottosuolo è costituito essenzialmente da terreni attinenti alla classe delle "sabbie" più o meno ghiaiose e limose (sabbia 53-86 %, ghiaia 6-32 %, limo 4-26 %, argilla 0.5-3 %,).

Il coefficiente di uniformità ($U = D_{60}/D_{10}$), ricavabile dalle curve granulometriche (cfr ALL. B), risulta compreso tra 5.2 e 36.0. Circa il 50% dei campioni esaminati ricadono nel campo delle "sabbie uniformi" ($U < 10$). Queste caratteristiche sono specifiche dei livelli superficiali del fondale marino e di livelli, poco potenti, tra le profondità di 16.0÷18.0 m.

SITO 2 – Molo di sottoflutto

Il Sondaggio eseguito ha come riferimento la quota banchina (+1.60 m) con fondale a circa -5.0 m. La perforazione ha raggiunto la profondità massima di 25.00 m interessando 20.0 metri di sedimento al di sotto della quota del molo.

Sondaggio S2:

1. Calcestruzzo con elementi a spigoli vivi ricoperto da 0.30 m di basolo vulcanico. Spessore complessivo di circa 1.50 m;
2. Blocchi calcarei (scogliera). Spessore di 6.00 m. Profondità raggiunta 8.00 m;
3. Sabbia di litorale variamente frammista ad elementi calcarei. Colore grigio. Spessore circa 2.50 m. Profondità raggiunta 10.5 m;
4. Sabbia grigio scuro con pomici e ghiaia poligenica sparsa. Spessore 8.10 m. Profondità raggiunta 18.60 m;
5. Ghiaia calcarea sub-arrotondata in matrice sabbiosa, localmente limosa, più o meno abbondante con esigui livelli di resti organici. Spessore di circa 7.00 m. Profondità raggiunta 25.00 m.

I terreni carotati, con contenuto d'acqua elevato (da molto umidi a saturi) posseggono uno stato d'addensamento e/o consistenza nel complesso discreto che migliora con la profondità.

Per la descrizione di dettaglio si rimanda alle schede stratigrafiche in appendice "ALL. B - Relazione tecnica".

Le prove SPT e le analisi eseguite consentono di attribuire ai terreni precedentemente elencati le seguenti caratteristiche geotecniche:

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
Strato 1	8	10,45	44,74	85,12	53,44	36,21
Strato 2	2	15,45	37,95	73,18	50,4	29,58
Strato 3	3	17,95	39,2	75,3	50,19	30,74
Strato 4	18	21,45	53,48	100	52,99	45,66

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (R.B.S.)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
Strato 1	8	10,45	11,5	30,29	23,29	31,22	29,11	34,23	39,92	<30	28,13	30,45	27,91	30,17
Strato 2	2	15,45	8,5	29,43	22,43	30,38	27,9	33,09	0	<30	26,29	29,55	26,62	28,04
Strato 3	3	17,95	9	29,57	22,57	30,52	27,64	33,29	0	<30	26,62	29,7	26,75	28,42
Strato 4	18	21,45	16,5	31,71	24,71	32,62	27,97	35,97	42	30-32	30,73	31,95	28,85	33,17

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	8	10,45	11,5	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 2	2	15,45	8,5	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
Strato 3	3	17,95	9	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
Strato 4	18	21,45	16,5	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	8	10,45	11,5	Meyerhof ed altri	1,78
Strato 2	2	15,45	8,5	Meyerhof ed altri	1,68
Strato 3	3	17,95	9	Meyerhof ed altri	1,70
Strato 4	18	21,45	16,5	Meyerhof ed altri	1,92

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
Strato 1	8	10,45	11,5	69,00	51,09	81,65	89,29
Strato 2	2	15,45	8,5	---	44,92	60,35	75,91
Strato 3	3	17,95	9	---	45,95	63,90	78,14
Strato 4	18	21,45	16,5	99,00	61,36	117,15	111,59

La valutazione che si ricava è che i terreni investigati complessivamente migliorano le proprie caratteristiche con l'aumento della profondità. In particolare i primi 2.0 m di fondale (al di sotto della scogliera) fino a circa -10.0/-11.0 m risultano "poco addensati" con $Dr = 29\div 36$ e $\phi = 30^\circ$ (Shioi-Fukuni 1982 -J.N.R.). Fino a circa -18/-19 m sono generalmente afferenti al campo dei terreni "sciolti" ai quali si può attribuire una densità relativa (Dr) di 29-31% (Skempton 1986) ed un angolo di resistenza al taglio (ϕ) di $26^\circ\div 27^\circ$ (Shioi-Fukuni 1982 -ROAD BRIDGE SPECIFICATION). Fino a circa 25 m afferiscono prevalentemente ai terreni "moderatamente addensati" con $Dr > 45\%$ e ϕ di 32° (Shioi-Fukuni 1982 -J.N.R.). A profondità superiori i terreni, di natura clastica molto grossolana, non si prestano a tale tipo d'indagine.

I risultati delle granulometrie eseguite hanno confermato che il sottosuolo è costituito essenzialmente da terreni afferenti alla classe delle "sabbie ghiaiose" più o meno limose (sabbia 18-90 %, ghiaia 32-74 %, limo 5-12 %, argilla 1-2 %,).

Il coefficiente di uniformità ($U = D_{60}/D_{10}$), ricavabile dalle curve granulometriche (cfr All. B), risulta compreso tra 6.0 e 77.0. Il 25% dei campioni esaminati ricadono nel campo delle "sabbie uniformi"

($U < 10$). Queste caratteristiche sono specifiche dei livelli presenti nei sedimenti tra le profondità di 10.0÷15 m.

Caratteristiche sismiche

L'indagine sismica MASW descritta in precedenza, fornisce i seguenti valori di V_s per i sismostrati riscontrati nel sottosuolo fino alla profondità di circa 35.0 m dal p.c..

Sismostrato	Profondità (m)	V_s (m/s) acquisizione n.1	V_s (m/s) acquisizione n.2
S1	0.0 – 1.2	513	504
S2	1.2 – 2.8	549	532
S3	2.8 – 4.7	647	629
S4	4.7 – 7.1	526	505
S5	7.1 – 10.1	565	556
S6	10.1 – 13.9	312	326
S7	13.9 – 18.6	494	500
S8	18.6 – 24.5	531	508
S9	24.5 – 31.8	469	467
S10	31.8 – 34.8	348	380

Il sottosuolo investigato, in accordo con i dati litostratigrafici conosciuti, può essere suddiviso in due orizzonti principali sismicamente "omogenei":

- Il primo orizzonte è rappresentato dalla struttura del molo con uno spessore medio di circa 10.0 m e velocità delle onde trasversali (con valori maggiori di quelli registrati nei livelli naturali sottostanti) compresi tra 504 e 647 m/sec;
- Il secondo orizzonte è costituito da depositi sabbioso-limoso-ghiaioso con spessore di circa 25.0 m caratterizzato da valori delle onde V_s inferiori a 500 m/sec (sabbie addensate).

Il sismostrato (S6), caratterizzato da medio-bassi valori di V_s (312-326 m/sec), individua, verosimilmente, lo "scanno d'imbasamento" dell'opera portuale che viene realizzato per ripartire il carico e ridurre la pressione sul fondale.

RISPOSTA SISMICA LOCALE: METODO PREVISTO NTC DEL DM 17.01.2018

Alla luce della nuova normativa in vigore (D.M. 17/01/2018) l'indagine sismica MASW effettuata, considerando la sismostratigrafia fino alla profondità di 30m (0m-30m) dal p.c., fornisce risultati che collocano i terreni investigati nella **categoria B** (tab. 2). Questa categoria deriva, come da normativa, dalla relazione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti fino ad individuare il bedrock sismico o qualora non individuato nei primi 30 metri di profondità al di sotto del piano fondale.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Annessi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tab. 2 -Categorie Suoli di fondazione (D.M. 17 gennaio 2018).

Riassumendo I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata sul molo di sopraflutto permettono di definire la categoria di suolo del sito, che risulta posto nella categoria B, con valori di Vs30 calcolati pari a:

Prospezione sismica	$V_{S\ 0-30}$ (m/s)
MASW n. 1	[484÷ 487]

La Categoria topografica è T1 (Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$).

4. MODELLO GEOLOGICO LOCALE

Il Porto di Cetara, in posizione prossima alla falesia calcareo-dolomitica, ricade al margine occidentale del centro urbano (fig. 1). Esso, essenzialmente, è composto da una articolata banchina di riva, da un molo di sopraflutto, un piccolo molo di sottoflutto e moli secondari. La quota delle banchine è variabile tra a +1.0 / +2.1 m s.l.m.. La relativa area marino-portuale possiede una morfologia di origine antropica, pianeggiante, determinata dai lavori di rimodellamento della linea di costa (che qui andava a formare un promontorio roccioso con scarpata) con riempimento e livellamento di materiali di riporto.

Il basamento roccioso, in facies carbonatica, è presente a partire da profondità pluri-decаметrica, al di sotto di una coltre di terreni di materiali incoerenti di origine marina, continentale, piroclastica e antropica.

Tali depositi sono formati da termini prevalentemente sabbiosi, sabbioso-ghiaiosi a tratti debolmente pelitici con locali livelli caratterizzati da frammenti di conchiglie e resti organici. Lo spessore complessivo di tali depositi può raggiungere e superare anche i 30-40 metri.

La giacitura dei litotipi descritti, generalmente, risulta essere estremamente variabile sia in senso laterale sia in senso verticale.

Dal punto di vista idrogeologico, lungo la costa le aree di colmata e di riporto sono caratterizzate da una elevata permeabilità per porosità interstiziale (detriti grossolani);

4.1 Caratteri litostratigrafici locali

In accordo con la geologia dei luoghi, i sondaggi geognostici eseguiti nell'area (fig. 2 – TAV. 1) hanno confermato quanto in precedenza commentato, ed in linea generale il relativo assetto stratigrafico. Il sottosuolo, al di sotto delle strutture del molo (conglomerato cementizio, massi calcarei) è costituito essenzialmente da depositi di spiaggia sommersa, alluvionali e marini sottoposti a riporti antropici recenti. Si tratta schematicamente di sei litotipi a natura granulare ad elementi litoidi che si rinvengono secondo spessori e profondità variabili.

In particolare i sondaggi meccanici eseguiti hanno consentito di definire nell'area indagata, al di sotto delle strutture portuali, i seguenti orizzonti litostratigrafici:

1. Sabbia di litorale variamente frammista ad elementi calcarei. Colore grigio. Spessore circa 8.40 m. Profondità raggiunta 18.5 m;
2. Materiale di origine piroclastica. Colore grigio. Spessore di circa 2.00 m;
3. Sabbia stratificata a pomici (alterate) e ghiaia poligenica verso il basso prevalente. Spessori variabili da 7.20 m. Profondità raggiunta 27.60 m;
4. Sabbia fine di colore nerastro con resti di lamellibranchi e sparsi clasti calcarei. Verso il basso passa a limo argilloso grigio con lamellibranchi e gasteropodi e tracce di sostanze organiche. Spessore di circa 7.20 m. Profondità raggiunta 34.80 m;
5. Sabbia grossolana grigiastra con sparsi elementi poligenici.
6. Ghiaia calcarea sub-arrotondata in matrice sabbiosa, localmente limosa, più o meno abbondante con esigui livelli di resti organici.

Nella sequenza descritta, procedendo verso la costa, i livelli piroclastici si riducono fino a sparire mentre si intercetta il litotipo **6**, che costituisce, molto verosimilmente, la copertura del substrato litoide.

L'uniformità litostratigrafia del sottosuolo nell'area investigata è ben evidenziata dalla correlazione tra i sondaggi rappresentata nell'allegato A – Tav. 2.

4.2 Struttura geotecnica del sottosuolo

La caratterizzazione geotecnica dei terreni presenti nel sottosuolo in corrispondenza dell'area che contiene il Sito 1 e il Sito 2 d'interesse progettuale si basa sul complesso dei risultati ottenuti dalle indagini geognostiche, in precedenza commentate (v. § 3.1.1) e dai dati disponibili in letteratura scientifica.

Prima di procedere alla caratterizzazione, si ritiene utile riassumere le caratteristiche litostratigrafiche dei terreni in studio: Essi si compongono, nel complesso, di un unico litotipo stratoide di natura granulare di "miscela" di sabbia, silt e ghiaia nelle più diverse percentuali. Questi materiali poggiano, a profondità di 30÷40 m, sulla sottostante formazione litoide (Calcaredolomitico) affiorante diffusamente nella falesia limitrofa.

In sintesi, alla luce delle indagini eseguite, è possibile suddividere il sottosuolo dei siti in studio (fino ad una profondità non inferiore a 30 m dal p.c.) in depositi sovrapposti. Schematicamente, dall'alto verso il basso, l'area marino-portuale è caratterizzata dalle seguenti strutture e unità litologiche:

1. Strutture, materiali e terreni antropici:

B) masso di coronamento cementizio;

Mc) massi calcarei (scogli);

Tr) materiale di riporto (riempimento di banchina, tout-venant, etc.);

2. Terreni granulari naturali:

Sp) sabbia detritica di litorale;

Ps) sabbia di origine piroclastica (ceneri e pomici);

Ls) limo sabbioso-argilloso

SG) sabbia e ghiaia di natura carbonatica.

I terreni descritti spesso sono intervallati da livelli e lenti di spessore centimetrico costituite da sabbie e/o limo con sostanza organica, generalmente ininfluenti dal punto di vista della caratterizzazione geotecnica sia per discontinuità sia per spessore.

Escludendo dalla discussione geotecnica i materiali lapidei (**B**, **Mc**) risulta che, in base alle caratteristiche tecniche dei materiali e litotipi elencati, il sottosuolo può essere suddiviso in orizzonti geotecnici omogenei sovrapposti (cfr. All. A.: Tavv. 3/4 – Struttura geotecnica del sottosuolo).

Si precisa che il materiale (**Tr**), è costituito da riporto eterogeneo che costituisce il riempimento della banchina portuale. Per questo tipo di terreno le caratteristiche geotecniche non sono di facile

determinazione; esse variano da punto a punto presentando una casuale alternanza sia laterale che verticale di materiali con dimensioni, granulometria e stato d'addensamento variabili. Talora risultano scadenti o molto scadenti quando sono presenti resti organici o vegetali. Nel caso specifico la valutazione che si ricava, anche in funzione delle evidenze emerse dalle perforazioni e dalle prove, è che essi possiedono caratteristiche geomeccaniche complessivamente discrete. Pertanto possono essere considerati come terreni poco addensati ai quali si può attribuire una densità relativa (D_r) tra 35÷40, un angolo di attrito interno (φ) tra 27° e 30° ed un peso dell'unità di volume tra 1.60 e 1.80 kg/cm³.

Sito 1 (molo di sopraflutto – Sondaggio S1; Sondaggio S1bis)

ORIZZONTE 1: E' costituito da materiali antropici eterogenei incoerenti e da sabbie limose con elementi ghiaiosi. Con spessore di circa 13.0 m, presenta un addensamento basso in lieve aumento con la profondità, elevata porosità e contenuto d'acqua. Per i terreni di stretto interesse si può ritenere, cautelativamente, che abbiano un peso dell'unità di volume tra 1.7-1.8 t/m³; L'angolo di attrito è variabile tra 28°÷30°; La coesione, è da considerarsi pari a zero.

ORIZZONTE 2: Risulta costituito da sabbia (localmente di origine piroclastica) con elementi ghiaiosi litoidi e pumicei; Si rinvengono fino alla profondità di circa 28.0 m dal p.c.. Sono caratterizzati da un addensamento moderato che aumenta con la profondità. A questi terreni, cautelativamente si può ritenere che abbiano un peso dell'unità di volume pari a 1.8-1.9 t/m³; L'angolo di attrito è compreso tra 31°÷32°; La coesione, con valori anche apprezzabili quando umificato ($C = 0.0\div 0.1$ kg/cm²), è da considerarsi pari a zero.

Nella tabella seguente è riportata una sintesi dei i valori geotecnici medi, cautelativi, attribuibili ai vari orizzonti litotecnici del sottosuolo:

SOTTOSUOLO ORIZZONTE geotecnico Stato di addensamento	Profondità (m) dal p.c.	γ (t/m ³)	φ	C (kg/cm ²)	Eed (kg/cm ²)	ρ
ORIZZONTE 1: sabbia limosa, limo sabbioso con ghiaia. Poco addensato	5.0 18.5	1.70	30°	0.0	53	0.4
ORIZZONTE 2: sabbia limosa debolmente ghiaiosa. Mediamente addensato	18.5 28.0	1.80	31°	0.0	67	0.3

Legenda: γ =peso dell'unità di volume; γ_{sat} =peso dell'unità di volume saturo; φ =angolo d'attrito interno; C=coesione; Ed=modulo edometrico; ρ =modulo di Poisson.

Sito 2 (molo di sottoflutto – Sondaggio S2)

ORIZZONTE 1: E' costituito, in superficie, da sabbie con elementi ghiaiosi calcarei. Con spessore medio di circa 2.0 m, generalmente presenta un addensamento medio-basso con elevata porosità e contenuto d'acqua. Per i terreni di stretto interesse si può ritenere che abbiano un peso dell'unità di volume pari a 1.8 t/m³; L'angolo di attrito è pari a 30°; La coesione è da considerarsi pari a zero.

ORIZZONTE 2: Risulta costituito da sabbia (localmente di origine piroclastica) con elementi ghiaiosi litoidi e pumicei alterati; Si rinvengono fino alla profondità di circa 19.0 m dal p.c.. Lo stato

di addensamento risulta basso che aumenta con la profondità. A questi terreni si può ritenere che abbiano un peso dell'unità di volume pari a 1.7-1.8 t/m³; L'angolo di attrito è pari a 27°; La coesione, con valori anche apprezzabili quando umificato ($C = 0.0 \div 0.1 \text{ kg/cm}^2$), è da considerarsi pari a zero.

ORIZZONTE 3: E' costituito da elementi ghiaiosi litoidi in matrice sabbiosa più o meno prevalente; Si rinvencono fino alla profondità massima investigata di circa 25.0 m dal p.c.. Sono caratterizzati da un addensamento medio-alto. A questi terreni, cautelativamente, si può ritenere che abbiano un peso dell'unità di volume pari a 1.8-1.9 t/m³; L'angolo di attrito è compreso tra 31°÷32°; La coesione è da considerarsi pari a zero.

Nella tabella seguente è riportata una sintesi dei i valori geotecnici medi, cautelativi, attribuibili ai vari orizzonti litotecnici del sottosuolo nel sito d'interesse progettuale:

SOTTOSUOLO ORIZZONTE geotecnico Stato di addensamento	Profondità (m) dal p.c.	γ (t/m ³)	φ	C (kg/cm ²)	Eed (kg/cm ²)	ρ
ORIZZONTE 1: sabbia limosa, limo sabbioso con ghiaia. Poco addensato	8.0 10.5	1.80	30°	0.0	51	0.3
ORIZZONTE 2: sabbia limosa debolmente ghiaiosa. Sciolto	10.5 18.5	1.70	27°	0.0	45	0.35
ORIZZONTE 3: sabbia ghiaiosa Moderatamente addensata	18.5 25.0	1.90	31°	0.0	61	0.3

Legenda: γ =peso dell'unità di volume; γ_{sat} =peso dell'unità di volume saturo; φ =angolo d'attrito interno; C=coesione; Ed=modulo edometrico; ρ =modulo di Poisson.

4.3 FENOMENI DI LIQUEFAZIONE IN CONDIZIONI SISMICHE

I siti presso i quali verranno realizzate le opere di progetto devono essere stabili nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Secondo il "Criterio di Youd & Perkins", i depositi recenti delle zone costiere, tipici dell'area in esame, sono caratterizzati da una vulnerabilità alla liquefazione da moderata ad alta.

In particolare, dall'analisi delle successioni stratigrafiche emerse dai sondaggi eseguiti, si evince che nel sottosuolo sono presenti terreni incoerenti saturi a profondità tecnicamente significativa. Pertanto è opportuno ricordare che in occasioni di eventi sismici terreni granulari saturi d'acqua (in massima parte sabbie ed alcune categorie di limi), con coefficiente di uniformità (U) inferiore a 10, con densità relativa D_r inferiore al 75% e resistenza penetrometrica dinamica N'_{spt} inferiore a 25 colpi (tale valore è però in funzione dell'accelerazione sismica in superficie), possono essere soggetti a perdita di resistenza al taglio tali da raggiungere condizioni di fluidità (cioè quando le pressioni totali esercitate dall'acqua interstiziale eguagliano gli sforzi totali esercitati attraverso lo scheletro solido).

Relativamente ai siti d'interesse progettuale il rischio di liquefazione non può essere scartato a priori per la presenza di terreni con basso coefficiente di uniformità ($U < 10$), poco addensati e elevato grado di saturazione, in particolare tra le profondità dal p.c. di 10.0÷16.0 m (Sito 1) e 10.0÷14.0 m (Sito 2).

Altresì, dall'applicazione del metodo di Robertson e Wride 1997 – C.N.R. – GNDT, correlato alle prove SPT eseguite (cfr. § 3.2), si ottengono valori del coefficiente di sicurezza (F_s) inferiori ad 1 per i depositi entro la profondità di circa 10-15 m dalla quota p.c..

I terreni sottostanti hanno valide caratteristiche geotecniche (granulometricamente grossolani e assortiti o con un contributo non nullo della coesione dovuto all'abbondanza di matrice fine) per cui la probabilità di liquefazione diviene poco significativa tanto che secondo le NTC del D.M. 14/01/2018 essa può essere omessa.

5. CONCLUSIONI

Nei precedenti paragrafi, dopo un cenno dei principali lineamenti geologici, sono state commentate le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche del settore marino-costiero dove ricade il porto turistico di Cetara. Attraverso lo studio dei dati disponibili e dai risultati delle indagini geognostiche eseguite in corrispondenza del molo di sopraflutto e di sottoflutto è stato possibile definire il modello geologico-tecnico in base al quale si può affermare che:

- L'area marino-costiera in cui ricadono i siti d'interesse progettuale (moli di sopraflutto e sottoflutto) è ubicata nel porto di Cetara in destra orografica al torrente Cetus fino alla batimetrica di circa -8.0 m;
- per il suo assetto morfologico, sufficientemente lontana dalla falesia costiera, non è soggetta a fenomeni gravitativi d'instabilità;
- da un punto di vista litologico, i terreni di sedime delle strutture portuali sono costituiti da materiale alluvionale e marino, di natura essenzialmente calcareo-dolomitico, secondariamente di origine piroclastica;
- i locali depositi sono costituiti da "miscele" di sabbia, ghiaia e limo nelle più diverse proporzioni tra loro (sabbia ghiaiosa, sabbia limosa, limo sabbioso con ghiaia, ecc);
- il sottosuolo, fino ad una profondità di oltre 30 m, può essere schematizzato in orizzonti geotecnici con caratteristiche da mediocri a buone passando da terreni superficiali poco addensati e/o debolmente coesivi (assimilabili a sabbie e limo), a terreni moderatamente addensati (assimilabili a sabbie ghiaiose);
- il comune di Cetara rientra in una zona sismica di 2° categoria (grado di sismicità $S = 9$), così come confermato dalla delibera di G.R.C. n°5447 del 07.11.2002, ed il valore di accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico da prendere a riferimento è $ag/g = 0.25$ (con $g =$ accelerazione di gravità);
- per i terreni in sito, congiuntamente con le caratteristiche geomorfologiche le litologie presenti e la stima del Vs_{30} , è possibile indicare la categoria di suolo **B** ed una categoria topografica **T1** (D.M. 17/01/2018).

In fine dall'analisi delle generali condizioni geologico – tecniche si può affermare che l'area d'interesse progettuale è inserita in un contesto morfologico stabile, con un sottosuolo caratterizzato da terreni con qualità geotecniche e sismiche competenti ai fini ingegneristici. Inoltre il "livello di pericolosità geologica" dell'area risulta praticamente nullo atteso che non si riscontrano anomalie e situazioni di pericolo a carattere geologico e che siffatto livello rimarrà tale anche dopo la realizzazione dei manufatti in progetto.

Pozzuoli, giugno 2021

Dott. Geol. Federico TARALLO



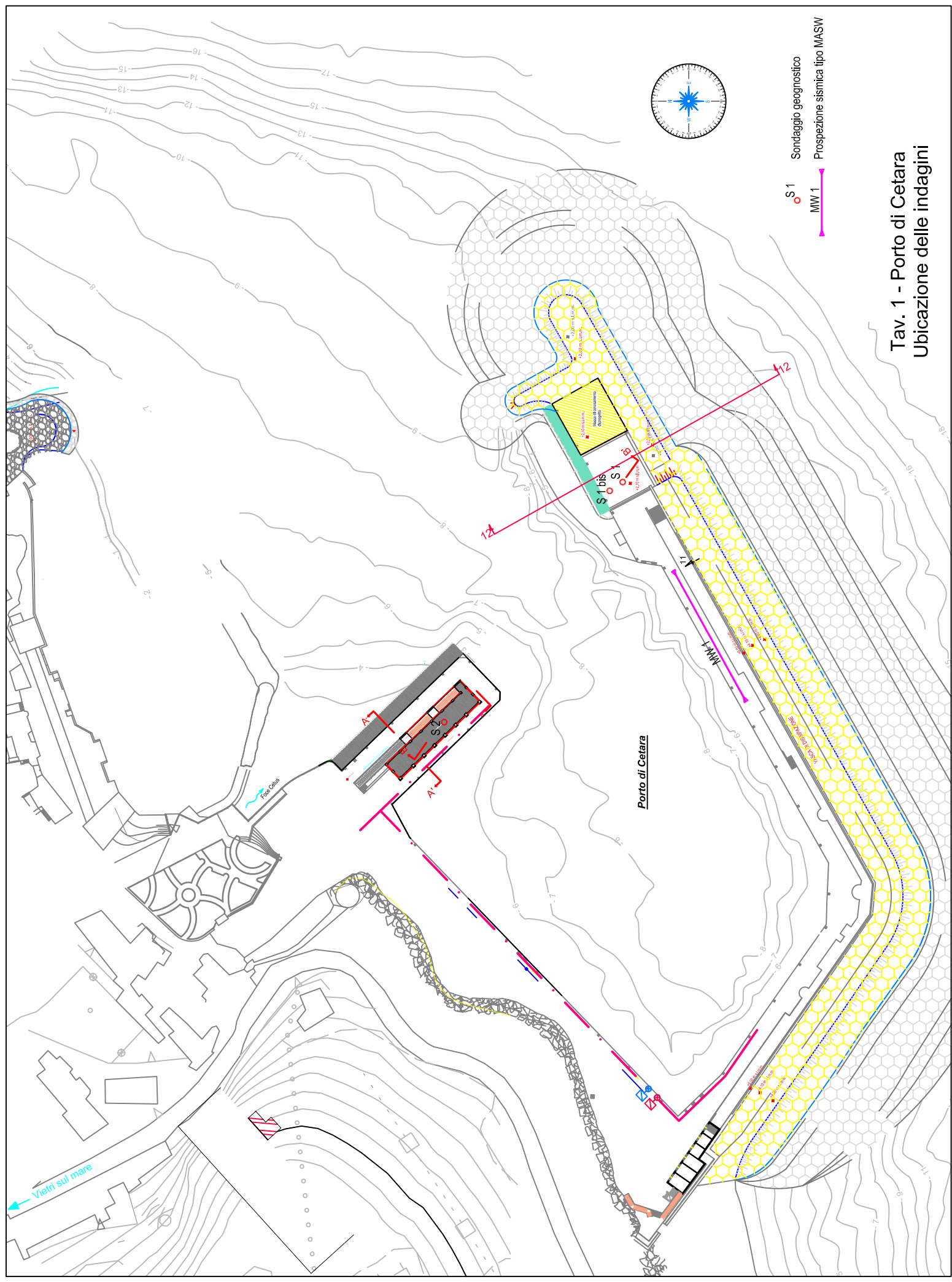
ALLEGATO "A"

TAV. 1 - Ubicazione delle indagini

TAV. 2 – Schema litostratigrafico del sottosuolo

TAV. 3 – Sito 1: Struttura geotecnica del sottosuolo

TAV. 4 – Sito 2: Struttura geotecnica del sottosuolo



Tav. 1 - Porto di Cetara
Ubicazione delle indagini

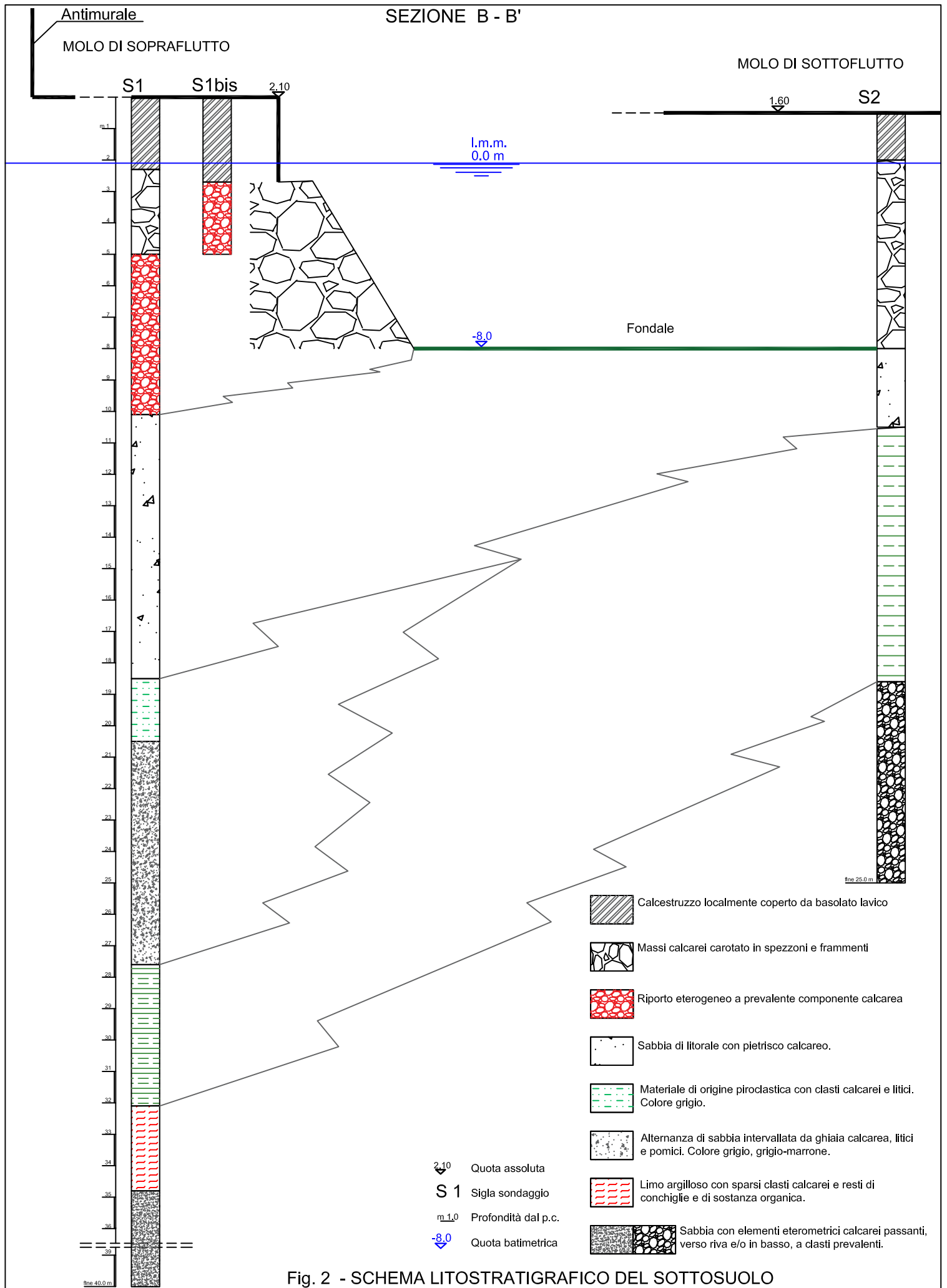
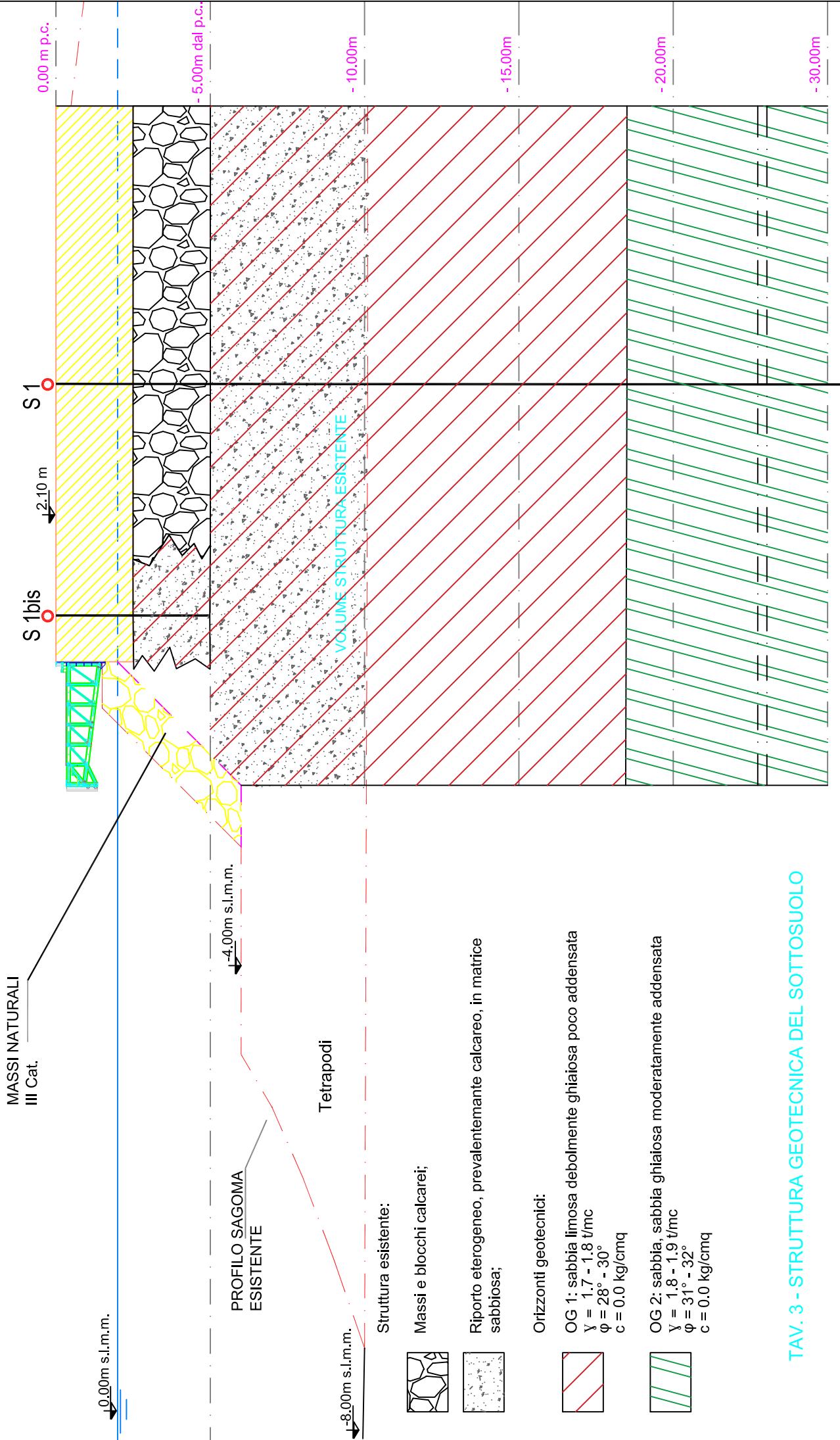


Fig. 2 - SCHEMA LITOSTRATIGRAFICO DEL SOTTOSUOLO

MOLO DI SOPRAFLUTTO

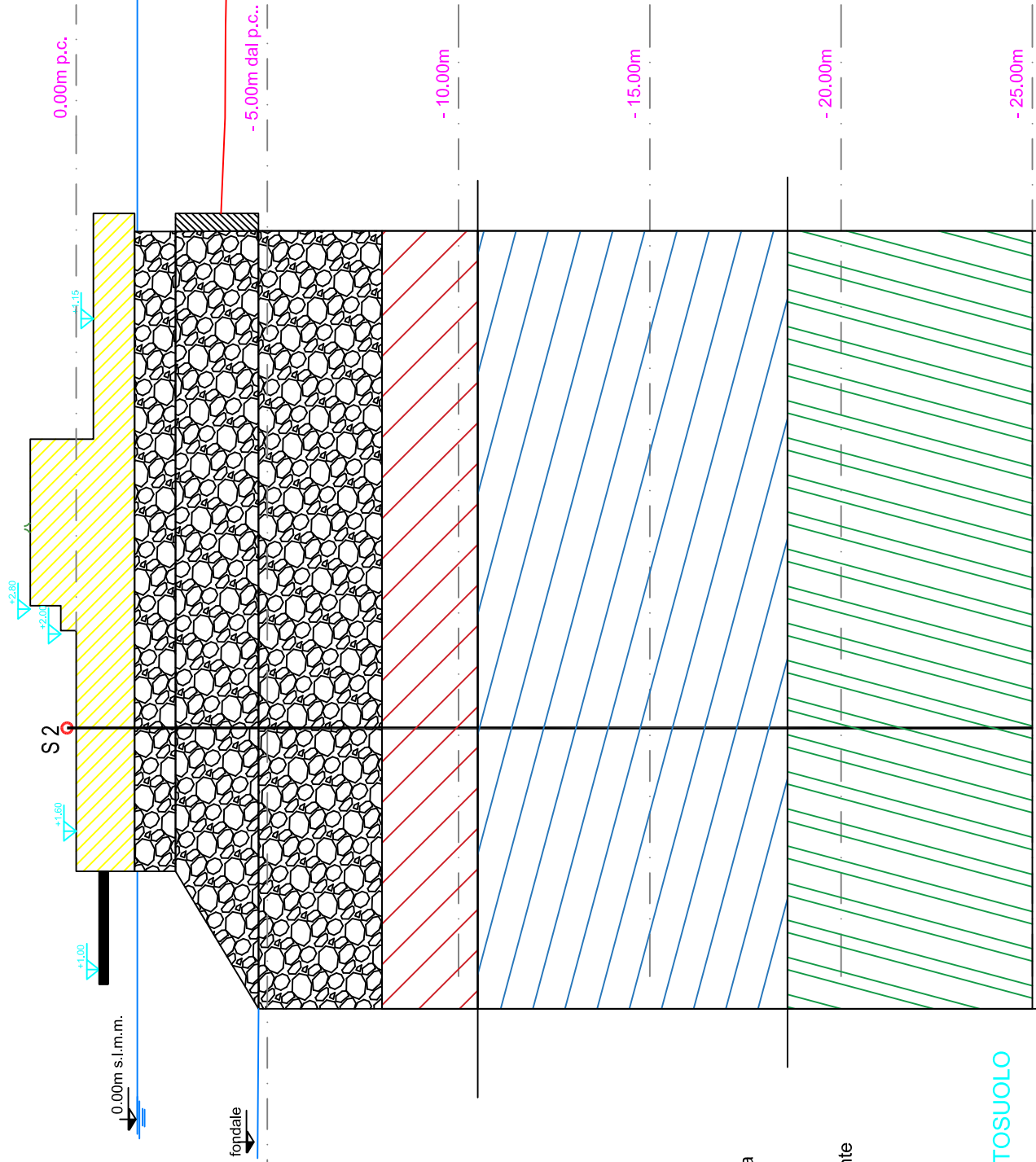
Sezione N° 12



TAV. 3 - STRUTTURA GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO

MOLO DI SOTTOFLUTTO

Sezione N° A A'



0.00m s.l.m.m.

fondale

Struttura esistente:



Massi e blocchi calcarei

Orizzonti geotecnici:

OG 1: sabbia con ghiaia poco addensata

$$\gamma = 1.8 \text{ t/mc}$$

$$\phi = 30^\circ$$

$$c = 0.0 \text{ kg/cm}^2$$

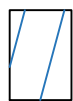


OG 2: sabbia limosa con ghiaia sparsa sciolta

$$\gamma = 1.7 - 1.8 \text{ t/mc}$$

$$\phi = 27^\circ$$

$$c = 0.0 \text{ kg/cm}^2$$



OG 3: sabbia, sabbia ghiaiosa da moderatamente addensata ad addensata

$$\gamma = 1.9 \text{ t/mc}$$

$$\phi = 31^\circ - 32^\circ$$

$$c = 0.0 \text{ kg/cm}^2$$



TAV.4- STRUTTURA GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO

ALL. B: FASCICOLO DELLE INDAGINI – RELAZIONE TECNICA

SONDAGGI MECCANICI

PROVE PENETROMETRICHE SPT

ANALISI DI LABORATORIO
– SCHEDE GRANULOMETRICHE



ISOGEA S.r.l.

Indagini, monitoraggio e prove geologiche, geotecniche,
geofisiche, strutturali, chimiche, ambientali - Qualità - Sicurezza

Relazione Tecnica



Indagini geognostiche

Lavori: *Realizzazione di infrastrutture e servizi nel porto turistico di Cetara;*

Località: *Cetara (SA);*

Committente: *Comune di Cetara.*





ISOGEA S.r.l.

Indagini, monitoraggio e prove geologiche, geotecniche,
geologiche, strutturali, chimiche, ambientali - Qualità - Sicurezza

INDICE

0. PREMESSA.....	3
1. SONDAGGI GEOGNOSTICI.....	3
1.1 - Standard Penetration Test	4
1.2 - Prelievo di Campioni Rimaneggiati.....	5
APPENDICE A1 - DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	
APPENDICE A2 - STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI	
APPENDICE A3 - CERTIFICATI DELLE ANALISI GRANULOMETRICHE	



0. PREMESSA

Su incarico ricevuto dal Comune di Cetara, la scrivente ISOGEA S.r.l. ha eseguito, una campagna di indagini portando a termine le seguenti attività:

- N. 3 sondaggi geognostici;
 - N. 8 prelievi di campioni rimaneggiati;
 - N. 8 prove penetrometriche tipo S.P.T.;
- N. 8 analisi granulometriche sui campioni prelevati.

La documentazione fotografica è consegnata nell'*Appendice A1*, nell'*Appendice A2* sono inserite le stratigrafie dei sondaggi mentre nell'*Appendice A3* sono inseriti i certificati delle analisi granulometriche.

1. SONDAGGI GEOGNOSTICI

Sono stati realizzati 3 sondaggi con andamento verticale per ricostruire la successione stratigrafica dei terreni fino alla profondità di 40 metri sul molo di sopraflutto e di 25,00 metri sul molo di sottoflutto. Per tali operazioni è stata utilizzata una sonda oleodinamica a rotazione CMV 600; la campionatura continua rimaneggiata, è stata prelevata con carotiere semplice avente diametro \varnothing 101mm e spinto in profondità da aste con filettatura tronco conica del diametro esterno di \varnothing 76mm; l'avanzamento è proceduto a secco e con bassa velocità di rotazione in modo da disturbare quanto meno possibile i terreni, con circolazione di acqua nei tratti iniziali per superare lo strato di calcestruzzo.

Nei tratti in cui le pareti del foro tendevano a franare l'avanzamento ha richiesto l'utilizzo di tubi di rivestimento metallici aventi diametro \varnothing 127mm. La campionatura continua prelevata è stata sistemata in apposite cassette catalogatrici in plastica, munite di scomparti divisori e coperchio apribile a cerniera; sui bordi sono state indicate le profondità di prelievo delle carote.

Le cassette, dopo l'ultimazione di ciascun sondaggio, sono state fotografate e conservate in locale sul molo indicato dalla committenza.

Sondaggio	Prof. (m)	Incl. (°)	SPT (n.)	Campioni Rimaneggiati	Rivestimento \varnothing 127mm (m)	Installazioni (m)	Cassette (n.)
S1	40,00	Verticale (0°)	4	4	39,00	/	8



Sondaggio	Prof. (m)	Incl. (°)	SPT (n.)	Campioni Rimaneggiati	Rivestimento Ø127mm (m)	Installazioni (m)	Cassette (n.)
S1bis	5,00	Verticale (0°)	0	0	3,00	/	1
S2	25,00	Verticale (0°)	4	4	24,00	/	5
	70,00		8	8	66,00		14

Tabella 1– Riepilogo sondaggio

1.1 - Standard Penetration Test

La prova S.P.T. viene eseguita nei fori di sondaggio, facendo penetrare a percussione nel terreno un campionatore, montato all'estremità di una batteria di aste cave, per il tramite di una massa battente di peso ed altezza di caduta standardizzate.

Analogamente si opera per la prova con punta chiusa soltanto che, al posto del campionatore Raymond, si adopera una punta conica (angolo di apertura pari a 60°).

Nel caso in questione le prove sono state eseguite a **Punta Aperta**.

La misura consiste nel rilevare il numero di colpi (rispettivamente N_1 , N_2 e N_3) necessari per infiggere il campionatore o la punta chiusa, per tre tratti successivi di 15 cm ciascuno.

La resistenza penetrometrica è caratterizzata dal numero di colpi N_{SPT} o $N = (N_2 + N_3)$ richiesti per l'attraversamento degli ultimi due tratti, per complessivi 30 cm.

È da rilevare che, la prova penetrometrica dinamica può ritenersi conclusa in presenza di una delle seguenti condizioni:

- $N_1 > 50$ e non è superato il primo tratto di 15 cm;
- $N_2 + N_3 > 100$ e non si oltrepassano gli ultimi 30 cm.

I risultati delle prove sono riassunti nella seguente tabella:

N°	Prova	Profondità	N° colpi	Nspt	Tipo	Descrizione
1.	S1 SPT1	14,00 ÷ 14,45	2 - 4 - 6	10	Punta Aperta	Sabbia grigio scuro con sparsi litici calcarei e frequenti millimetrici
2.	S1 SPT2	16,50 ÷ 16,95	3 - 5 - 5	10	Punta Aperta	Sabbia grigio scuro con sparsi litici calcarei e frequenti millimetrici
3.	S1 SPT3	20,00 ÷ 20,45	6 - 8 - 15	23	Punta Aperta	Sabbia limosa con pomici bianche e clasti lavici millimetrici
4.	S1 SPT4	24,00 ÷ 24,45	8 - 10 - 14	24	Punta Aperta	Clasti calcarei arrotondati ($D_{max}=0,5cm$) in scarsa matrice sabbiosa



N°	Prova	Profondità	N° colpi	Nspt	Tipo	Descrizione
5.	S2 SPT1	10,00 ÷ 10,45	8 - 7 - 1	8	Punta Aperta	Sabbia grigia con sparsi litici calcarei (Dmax=2cm) a spigoli vivi
6.	S2 SPT2	15,00 ÷ 15,45	4 - 1 - 1	2	Punta Aperta	Sabbia grigio scuro con sparsi litici calcarei arrotondati e frequenti millimetrici
7.	S2 SPT3	17,50 ÷ 17,95	2 - 2 - 1	3	Punta Aperta	Sabbia grigio scuro con sparsi litici calcarei arrotondati e frequenti millimetrici
8.	S2 SPT4	21,00 ÷ 21,45	6 - 7 - 11	18	Punta Aperta	Clasti calcarei subarrotondati in abbondante matrice sabbiosa grigio scuro

Tabella 2 – Riepilogo prove SPT

1.2 - Prelievo di Campioni Rimaneggiati

Nel corso dei sondaggi, sono stati prelevati 8 Campioni Rimaneggiati direttamente dalle cassette catalogatrici per le analisi granulometriche.

Le profondità di prelievo di tali campioni e i risultati delle analisi eseguite sono riassunte nella seguente tabella:

Campione	Tipo	Profondità	Granulometria
S1C1	Rimaneggiato	10,50 ÷ 11,00	Sabbia con ghiaia
S1C2	Rimaneggiato	13,50 ÷ 14,00	Sabbia limosa e ghiaiosa
S1C3	Rimaneggiato	16,00 ÷ 16,50	Sabbia debolmente limosa e ghiaiosa
S1C4	Rimaneggiato	19,00 ÷ 19,50	Sabbia con limo ghiaiosa
S2C1	Rimaneggiato	9,00 ÷ 9,50	Sabbia con ghiaia debolmente limosa
S2C2	Rimaneggiato	13,50 ÷ 14,00	Sabbia debolmente limosa
S2C3	Rimaneggiato	19,30 ÷ 19,70	Ghiaia sabbiosa debolmente limosa
S2C4	Rimaneggiato	20,00 ÷ 20,50	Ghiaia con sabbia limosa

Tabella 3 – Riepilogo Campioni Rimaneggiati

I corrispondenti certificati geotecnici sono inseriti in **Appendice A3**.

Scafati, 21/04/2021

Isogea S.r.l.





ISOGEA S.r.l.

Indagini, monitoraggio e prove geologiche, geotecniche,
geofisiche, strutturali, chimiche, ambientali - Qualità - Sicurezza

APPENDICE A1

Documentazione Fotografica



ISOGEA S.r.l.

Indagini, monitoraggio e prove geologiche, geotecniche,
geofisiche, strutturali, chimiche, ambientali - Qualità - Sicurezza



Foto 1: Sondaggio S1 postazione



Foto 2: Sondaggio S1 Cassetta C1



ISOGEA S.r.l.

Indagini, monitoraggio e prove geologiche, geotecniche,
geofisiche, strutturali, chimiche, ambientali - Qualità - Sicurezza



Foto 3: Sondaggio S1 Cassetta C2



Foto 4: Sondaggio S1 Cassetta C3



ISOGEA S.r.l.

Indagini, monitoraggio e prove geologiche, geotecniche,
geofisiche, strutturali, chimiche, ambientali - Qualità - Sicurezza



Foto 5: Sondaggio S1 Cassetta C4



Foto 6: Sondaggio S1 Cassetta C5



ISOGEA S.r.l.

Indagini, monitoraggio e prove geologiche, geotecniche,
geofisiche, strutturali, chimiche, ambientali - Qualità - Sicurezza



Foto 7: Sondaggio S1 Cassetta C6



Foto 8: Sondaggio S1 Cassetta C7



ISOGEA S.r.l.

Indagini, monitoraggio e prove geologiche, geotecniche,
geofisiche, strutturali, chimiche, ambientali - Qualità - Sicurezza



Foto 9: Sondaggio S1 Cassetta C8



Foto 10: Sondaggio S1bis Postazione



ISOGEA S.r.l.

Indagini, monitoraggio e prove geologiche, geotecniche,
geofisiche, strutturali, chimiche, ambientali - Qualità - Sicurezza



Foto 11: Sondaggio S1bis Cassetta C1



Foto 12: Sondaggio S2 Postazione



ISOGEA S.r.l.

Indagini, monitoraggio e prove geologiche, geotecniche,
geofisiche, strutturali, chimiche, ambientali - Qualità - Sicurezza



Foto 13: Sondaggio S2 Cassetta C1



Foto 14: Sondaggio S2 Cassetta C2



ISOGEA S.r.l.

Indagini, monitoraggio e prove geologiche, geotecniche,
geofisiche, strutturali, chimiche, ambientali - Qualità - Sicurezza



Foto 15: Sondaggio S2 Cassetta C3



Foto 16: Sondaggio S2 Cassetta C4



ISOGEA S.r.l.

Indagini, monitoraggio e prove geologiche, geotecniche,
geofisiche, strutturali, chimiche, ambientali - Qualità - Sicurezza



Foto 19: Deposito cassette



Foto 20: Glycymeris Glycymeris



ISOGEA S.r.l.

Indagini, monitoraggio e prove geologiche, geotecniche,
geofisiche, strutturali, chimiche, ambientali - Qualità - Sicurezza

APPENDICE A2

Stratigrafie dei Sondaggi

**ISOGEA S.r.l.**

Indagini, monitoraggio e prove geologiche, geotecniche, geofisiche, strutturali, chimiche, ambientali - Qualità - Sicurezza

SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Committente :	Comune di Cetara	Quota (m s.l.m.):	
Località:	Porto di Cetara (SA)	P.C.	1,70
Lavori:	Realizzazione di Infrastrutture e Servizi nel Porto Turistico di Cetara	Fondo foro	-38,30
Sondaggio n°:	S1	Tipo perforazione:	a carotaggio continuo
Data:	Inizio h 08.45 07/04/2021 Fine h 13.45 08/04/2021	Tipo carotiere:	semplice Ø101mm
Coordinate:	40°38'42,29"N 14°42'12,16"E	Macchina perforatrice:	CMV 600

STRATIGRAFIA

profondità dal p.c. (m)	potenza (m)	Descrizione Litologica	Simbologia	Rivestimento e quota falda	Campioni Indisturb. Rimaneg. e Carote Rappresentative	Strumentazione installata	Prove in foro	Percentuale di Carotaggio (%)
1,70								
1,45								0,00
1,20								0,25
0,95								0,50
0,70								0,75
0,45								1,00
0,20								1,25
-0,05								1,50
-0,30								1,75
-0,55	2,30	2,30						2,00
-0,80								2,25
-1,05								2,50
-1,30								2,75
-1,55								3,00
-1,80								3,25
-2,05								3,50
-2,30								3,75
-2,55								4,00
-2,80								4,25
-3,05								4,50
-3,30	5,00	2,70						4,75
-3,55								5,00
-3,80								5,25
-4,05								5,50
-4,30								5,75
-4,55								6,00
-4,80								6,25
-5,05								6,50
-5,30								6,75
-5,55								7,00
-5,80								7,25
-6,05								7,50
-6,30								7,75
-6,55								8,00
-6,80								8,25
-7,05								8,50
-7,30								8,75
-7,55								9,00
-7,80								9,25
-8,05								9,50
-8,30	10,10	5,10						9,75
-8,55								10,00
-8,80								10,25
-9,05								10,50
-9,30								10,75
-9,55								11,00
-9,80								11,25
-10,05								11,50
-10,30								11,75
-10,55	13,00	2,90						12,00
-10,80								12,25
-11,05								12,50
-11,30								12,75
-11,55								13,00
-11,80								13,25
-12,05								13,50
-12,30								13,75
-12,55								14,00
-12,80								14,25
-13,05								14,50
-13,30								14,75
-13,55								15,00
-13,80								15,25
-14,05								15,50
-14,30								15,75
-14,55								16,00
-14,80								16,25
-15,05								16,50
-15,30								16,75
-15,55								17,00
-15,80								17,25
-16,05								17,50
-16,30								17,75
-16,55								18,00
-16,80	18,50	5,50						18,25
-17,05								18,50
-17,30								18,75
-17,55								19,00
-17,80								19,25
-18,05								19,50
-18,30								19,75
								20,00

**ISOGEA S.r.l.**

Ingegneria, Progettazione e Servizi in Geologia, Geotecnica, Geofisica, Sismologia, Idrogeologia, Cartografia - CAD/CAM - GIS

SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Committente : Comune di Cetara	Quota (m s.l.m.):	
Località: Porto di Cetara (SA)	P.C.	1,70
Lavori: Realizzazione di Infrastrutture e Servizi nel Porto Turistico di Cetara	Fondo foro	-38,30
Sondaggio n°: S1	Tipo perforazione: a carotaggio continuo	
Data: Inizio h 08.45 07/04/2021 Fine h 13.45 08/04/2021	Tipo carotiere: semplice Ø101mm	
Coordinate: 40°38'42,29"N 14°42'12,16"E	Macchina perforatrice: CMV 600	

STRATIGRAFIA			Simbologia	Rivestimento e quota falda	Campioni Indisturb. Rimaneg. e Carote Rappresentative	Strumentazione e installata	Prove in foro	Percentuale di Carotaggio (%)
profondità dal p.c. (m)	potenza (m)	Descrizione Litologica						
-18,30								20,00
-18,55							S.P.T. 3	20,25
-18,80	20,50	2,00					(20,00-20,45)	20,50
-19,05							(6-8-15)	20,75
-19,30								21,00
-19,55								21,25
-19,80								21,50
-20,05								21,75
-20,30								22,00
-20,55								22,25
-20,80	22,60	2,10						22,50
-21,05								22,75
-21,30								23,00
-21,55								23,25
-21,80	23,70	1,10						23,50
-22,05	24,00	0,30						23,75
-22,30								24,00
-22,55							S.P.T. 4	24,25
-22,80	24,50	0,50					(24,00-24,45)	24,50
-23,05							(8-10-14)	24,75
-23,30								25,00
-23,55								25,25
-23,80								25,50
-24,05								25,75
-24,30								26,00
-24,55								26,25
-24,80								26,50
-25,05								26,75
-25,30								27,00
-25,55								27,25
-25,80	27,60	3,10						27,50
-26,05								27,75
-26,30								28,00
-26,55								28,25
-26,80								28,50
-27,05								28,75
-27,30								29,00
-27,55								29,25
-27,80								29,50
-28,05								29,75
-28,30								30,00
-28,55								30,25
-28,80								30,50
-29,05								30,75
-29,30								31,00
-29,55								31,25
-29,80								31,50
-30,05								31,75
-30,30	32,10	4,50						32,00
-30,55								32,25
-30,80								32,50
-31,05								32,75
-31,30								33,00
-31,55								33,25
-31,80								33,50
-32,05								33,75
-32,30								34,00
-32,55								34,25
-32,80								34,50
-33,05	34,80	2,70						34,75
-33,30								35,00
-33,55								35,25
-33,80								35,50
-34,05								35,75
-34,30								36,00
-34,55								36,25
-34,80								36,50
-35,05								36,75
-35,30								37,00
-35,55								37,25
-35,80								37,50
-36,05								37,75
-36,30								38,00
-36,55								38,25
-36,80								38,50
-37,05								38,75
-37,30								39,00
-37,55								39,25
-37,80								39,50
-38,05								39,75
-38,30	40,00	5,20						40,00

**ISOGEA S.r.l.**

Indagini, monitoraggio e prove geologiche, geotecniche, geofisiche, strutturali, chimiche, ambientali - Qualità - Sicurezza

SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Committente :	Comune di Cetara	Quota (m s.l.m.):	
Località:	Porto di Cetara (SA)	P.C.	1,70
Lavori:	Realizzazione di Infrastrutture e Servizi nel Porto Turistico di Cetara	Fondo foro	-3,30
Sondaggio n°:	S1bis	Tipo perforazione:	a carotaggio continuo
Data:	Inizio h 14.15 08/04/2021 Fine h 16.10 08/04/2021	Tipo carotiere:	semplice Ø101mm
Coordinate:	40°38'42,41"N 14°42'11,93"E	Macchina perforatrice:	CMV 600

STRATIGRAFIA

profondità dal p.c. (m)	potenza (m)	Descrizione Litologica	Simbologia	Rivestimento e quota falda	Campioni Indisturb. Rimaneq. e Carote Rappresentative	Strumentazione installata	Prove in foro	Percentuale di Carotaggio (%)
1,70								0,00
1,45		Calcestruzzo con inerti calcarei a spigoli vivi (Dmax=2cm) a fine strato inerti di 3-4cm; si preleva in carote (Lmax=36cm), spezzoni di carota (Smax=8cm) e dischetti (Smax=3cm); a 10cm rete elettrosaldata Ø8mm.		Ø127 3,00m				0,25
1,20								0,50
0,95								0,75
0,70								1,00
0,45								1,25
0,20								1,50
-0,05								1,75
-0,30								2,00
-0,55								2,25
-0,80								2,50
-1,05	2,70	2,70						2,75
-1,30		Materiale di riporto eterogeneo costituito da abbondanti clasti calcarei (Dmax=5cm) e frequenti frammenti di calcestruzzo.						3,00
-1,55								3,25
-1,80								3,50
-2,05								3,75
-2,30								4,00
-2,55								4,25
-2,80								4,50
-3,05								4,75
-3,30								5,00
-3,55	5,00							2,70
-3,80							5,50	
-4,05							5,75	
-4,30							6,00	
-4,55							6,25	
-4,80							6,50	
-5,05							6,75	
-5,30							7,00	
-5,55							7,25	
-5,80							7,50	
-6,05							7,75	
-6,30							8,00	
-6,55							8,25	
-6,80							8,50	
-7,05							8,75	
-7,30							9,00	
-7,55							9,25	
-7,80							9,50	
-8,05							9,75	
-8,30							10,00	
-8,55							10,25	
-8,80							10,50	
-9,05							10,75	
-9,30							11,00	
-9,55							11,25	
-9,80							11,50	
-10,05							11,75	
-10,30							12,00	
-10,55							12,25	
-10,80							12,50	
-11,05							12,75	
-11,30							13,00	
-11,55							13,25	
-11,80							13,50	
-12,05							13,75	
-12,30							14,00	
-12,55							14,25	
-12,80							14,50	
-13,05							14,75	
-13,30							15,00	
-13,55							15,25	
-13,80							15,50	
-14,05							15,75	
-14,30							16,00	
-14,55							16,25	
-14,80							16,50	
-15,05							16,75	
-15,30							17,00	
-15,55							17,25	
-15,80							17,50	
-16,05							17,75	
-16,30							18,00	
-16,55							18,25	
-16,80							18,50	
-17,05							18,75	
-17,30							19,00	
-17,55							19,25	
-17,80							19,50	
-18,05							19,75	
-18,30							20,00	

**ISOGEA S.r.l.**Indagini, monitoraggio e prove geologiche, geotecniche,
geofisiche, strutturali, chimiche, ambientali - Qualità - Sicurezza**SONDAGGIO GEOGNOSTICO**

Committente : Comune di Cetara	Quota (m s.l.m.):	
Località: Porto di Cetara (SA)	P.C.	1,20
Lavori: Realizzazione di Infrastrutture e Servizi nel Porto Turistico di Cetara	Fondo foro	-23,80
Sondaggio n°: S2	Tipo perforazione: a carotaggio continuo	
Data: Inizio h 08.40 09/04/2021 Fine h 15,10 09/04/2021	Tipo carotiere: semplice Ø101mm	
Coordinate: 40°38'44,18"N 14°42'08,58"E	Macchina perforatrice: CMV 600	

STRATIGRAFIA			Simbologia	Rivestimento e quota falda	Campioni Indisturb. Rimaneg. e Carote Rappresentative	Strumentazione installata	Prove in foro	Percentuale di Carotaggio (%)
profondità dal p.c. (m)	potenza (m)	Descrizione Litologica						
1,20								0,00
0,95	0,30	0,30						0,25
0,70								0,50
0,45								0,75
0,20								1,00
-0,05	1,50	1,20						1,25
-0,30								1,50
-0,55								1,75
-0,80								2,00
-1,05								2,25
-1,30								2,50
-1,55								2,75
-1,80								3,00
-2,05								3,25
-2,30								3,50
-2,55								3,75
-2,80								4,00
-3,05								4,25
-3,30								4,50
-3,55								4,75
-3,80								5,00
-4,05								5,25
-4,30								5,50
-4,55								5,75
-4,80								6,00
-5,05								6,25
-5,30								6,50
-5,55								6,75
-5,80								7,00
-6,05								7,25
-6,30								7,50
-6,55								7,75
-6,80	8,00	6,50			C.R.1 (9,00-9,50)		S.P.T. 1 (10,00-10,45) (8-7-1)	8,00
-7,05								8,25
-7,30								8,50
-7,55								8,75
-7,80								9,00
-8,05								9,25
-8,30								9,50
-8,55								9,75
-8,80								10,00
-9,05	10,50	2,50						10,25
-9,30								10,50
-9,55								10,75
-9,80								11,00
-10,05								11,25
-10,30								11,50
-10,55								11,75
-10,80								12,00
-11,05								12,25
-11,30								12,50
-11,55								12,75
-11,80								13,00
-12,05								13,25
-12,30								13,50
-12,55								13,75
-12,80								14,00
-13,05								14,25
-13,30								14,50
-13,55								14,75
-13,80								15,00
-14,05								15,25
-14,30								15,50
-14,55								15,75
-14,80								16,00
-15,05								16,25
-15,30								16,50
-15,55								16,75
-15,80								17,00
-16,05								17,25
-16,30								17,50
-16,55								17,75
-16,80								18,00
-17,05	18,60	8,10						18,25
-17,30								18,50
-17,55								18,75
-17,80								19,00
-18,05								19,25
-18,30	19,80				C.R.3 (19,30-19,70)		S.P.T. 2 (15,00-15,45) (4-1-1)	19,50
-18,55								19,75
-18,80								20,00

**ISOGEA S.r.l.**

Ingegneria, Progettazione e Servizi Geologici, Speleologici, Ambientali, Strutturali, Sismologici, Cartografici - C.A.B. - Bologna

SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Committente : Comune di Cetara	Quota (m s.l.m.):	
Località: Porto di Cetara (SA)	P.C.	1,20
Lavori: Realizzazione di Infrastrutture e Servizi nel Porto Turistico di Cetara	Fondo foro	-23,80
Sondaggio n°: S2	Tipo perforazione: a carotaggio continuo	
Data: Inizio h 08.40 09/04/2021 Fine h 15,10 09/04/2021	Tipo carotiere: semplice Ø101mm	
Coordinate: 40°38'44,18"N 14°42'08,58"E	Macchina perforatrice: CMV 600	

		STRATIGRAFIA		Simbologia	Rivestimento e quota falda	Campioni Indisturb. Rimaneg. e Carote Rappresentative	Strumentazioni e installata	Prove in foro	Percentuale di Carotaggio (%)
profondità dal p.c. (m)	potenza (m)	Descrizione Litologica							
-18,80									20,00
-19,05			Clasti calcarei (Dmax=3cm) a spigoli subarrotondati in matrice sabbiosa di colore ocra.		C.R.4 (20,00-20,50)			S.P.T. 4 (21,00-21,45) (6-7-11)	20,25
-19,30		20,50							
-19,55	20,90	1,10							20,75
-20,05									21,00
-20,30									21,25
-20,55			21,50						
-20,80			21,75						
-21,05			22,00						
-21,30			22,25						
-21,55			22,50						
-21,80			22,75						
-22,05			23,00						
-22,30			23,25						
-22,55			23,50						
-22,80	24,00	3,10	Clasti calcarei a spigoli subarrotondati (Dmax=2,5cm) in abbondante matrice sabbioso limosa di colore grigiastro scuro.		Ø127 24,00m				23,75
-23,05			24,00						
-23,30			24,25						
-23,55			24,50						
-23,80	25,00	1,00	Clasti calcarei arrotondati (Dmax=0,5cm) in scarsa matrice sabbiosa.						24,75
-24,05									25,00
-24,30									25,25
-24,55									25,50
-24,80									25,75
-25,05									26,00
-25,30									26,25
-25,55									26,50
-25,80									26,75
-26,05									27,00
-26,30									27,25
-26,55									27,50
-26,80									27,75
-27,05									28,00
-27,30									28,25
-27,55									28,50
-27,80									28,75
-28,05									29,00
-28,30									29,25
-28,55									29,50
-28,80									29,75
-29,05									30,00
-29,30									30,25
-29,55									30,50
-29,80									30,75
-30,05									31,00
-30,30									31,25
-30,55									31,50
-30,80									31,75
-31,05									32,00
-31,30									32,25
-31,55									32,50
-31,80									32,75
-32,05									33,00
-32,30									33,25
-32,55									33,50
-32,80									33,75
-33,05									34,00
-33,30									34,25
-33,55									34,50
-33,80									34,75
-34,05									35,00
-34,30									35,25
-34,55									35,50
-34,80									35,75
-35,05									36,00
-35,30									36,25
-35,55									36,50
-35,80									36,75
-36,05									37,00
-36,30									37,25
-36,55									37,50
-36,80									37,75
-37,05									38,00
-37,30									38,25
-37,55									38,50
-37,80									38,75
-38,05									39,00
-38,30									39,25
-38,55									39,50
-38,80									39,75
									40,00



ISOGEA S.r.l.

Indagini, monitoraggio e prove geologiche, geotecniche,
geofisiche, strutturali, chimiche, ambientali - Qualità - Sicurezza

APPENDICE A3

Certificati delle Analisi Granulometriche

ALLEGATO "C": REPORT DELLA STIMA DEI
PARAMETRI GEOTECNICI

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt}. Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

- M = peso massa battente;
- M' = peso aste;
- H = altezza di caduta;
- A = area base punta conica;
- δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

- R_{pd} = resistenza dinamica punta (area A);
- e = infissione media per colpo (δ/ N);
- M = peso massa battente (altezza caduta H);
- P = peso totale aste e sistema battuta.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*. Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici

determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immersione $d = 1$ mt..

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

N_{spt} corretto = $15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)

Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).

Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.

De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .

Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).

Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.

Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.

Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose .

Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.

Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.

Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie D_r viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Meyerhof (1957).

Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buisman-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa $\gamma = 2,65$ t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 ($N_{spt} = 0$) a 1,99 ($N_{spt} = 95$)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss 1978-1981 . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/sec)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_0)

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Sondaggio S1

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Falda rilevata

PROVE SPT IN FORO
 23/04/2021

Profondità (m)	Nr. Colpi
14,15	2
14,30	4
14,45	6
16,65	3
16,80	5
16,95	5
20,15	6
20,30	8
20,45	15
24,15	8
24,30	10
24,45	14

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
Strato 1	10	14,45	46,7	88,74	52,81	38,25
Strato 2	10	16,95	46,7	88,74	52,27	38,25
Strato 3	23	20,45	57,09	100	53,92	49,72
Strato 4	24	24,45	57,77	100	53,47	50,48

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
Strato 1	10	14,45	12,5	30,57	23,57	31,5	28,51	34,6	40,42	30-32	28,69	30,75	28,08	30,81
Strato 2	10	16,95	12,5	30,57	23,57	31,5	28,16	34,6	40,42	30-32	28,69	30,75	27,99	30,81
Strato 3	23	20,45	19	32,43	25,43	33,32	28,25	36,77	42	30-32	31,88	32,7	29,4	34,49
Strato 4	24	24,45	19,5	32,57	25,57	33,46	27,89	36,92	42	30-32	32,1	32,85	29,34	34,75

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
Strato 1	10	14,45	12,5	252,36	100,00	148,20	273,75	137,50
Strato 2	10	16,95	12,5	252,36	100,00	148,20	273,75	137,50
Strato 3	23	20,45	19	311,13	152,00	224,90	322,50	170,00
Strato 4	24	24,45	19,5	315,20	156,00	230,80	326,25	172,50

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
Strato 1	10	14,45	12,5	75,00	53,14	88,75	93,75
Strato 2	10	16,95	12,5	75,00	53,14	88,75	93,75
Strato 3	23	20,45	19	114,00	66,49	134,90	122,74
Strato 4	24	24,45	19,5	117,00	67,52	138,45	124,97

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	10	14,45	12,5	Classificazione A.G.I.	POCO ADDENSATO

				1977	
Strato 2	10	16,95	12,5	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 3	23	20,45	19	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 4	24	24,45	19,5	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
Strato 1	10	14,45	12,5	Meyerhof ed altri	1,81
Strato 2	10	16,95	12,5	Meyerhof ed altri	1,81
Strato 3	23	20,45	19	Meyerhof ed altri	1,97
Strato 4	24	24,45	19,5	Meyerhof ed altri	1,98

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	10	14,45	12,5	(A.G.I.)	0,33
Strato 2	10	16,95	12,5	(A.G.I.)	0,33
Strato 3	23	20,45	19	(A.G.I.)	0,32
Strato 4	24	24,45	19,5	(A.G.I.)	0,32

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Velocità onde m/s
Strato 1	10	14,45	12,5	0
Strato 2	10	16,95	12,5	0
Strato 3	23	20,45	19	0
Strato 4	24	24,45	19,5	0

Sondaggio S2

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Falda rilevata

PROVE SPT IN FORO
 23/04/2021

Profondità (m)	Nr. Colpi
10,15	8
10,30	7
10,45	1
15,15	4
15,30	1
15,45	1
17,65	2
17,80	2
17,95	1
21,15	6
21,30	7
21,45	11

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
Strato 1	8	10,45	44,74	85,12	53,44	36,21
Strato 2	2	15,45	37,95	73,18	50,4	29,58
Strato 3	3	17,95	39,2	75,3	50,19	30,74
Strato 4	18	21,45	53,48	100	52,99	45,66

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
Strato 1	8	10,45	11,5	30,29	23,29	31,22	29,11	34,23	39,92	<30	28,13	30,45	27,91	30,17
Strato 2	2	15,45	8,5	29,43	22,43	30,38	27,9	33,09	0	<30	26,29	29,55	26,62	28,04
Strato 3	3	17,95	9	29,57	22,57	30,52	27,64	33,29	0	<30	26,62	29,7	26,75	28,42
Strato 4	18	21,45	16,5	31,71	24,71	32,62	27,97	35,97	42	30-32	30,73	31,95	28,85	33,17

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Mennebach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
Strato 1	8	10,45	11,5	242,06	92,00	136,40	266,25	132,50
Strato 2	2	15,45	8,5	---	68,00	101,00	---	---
Strato 3	3	17,95	9	---	72,00	106,90	---	---
Strato 4	18	21,45	16,5	289,94	132,00	195,40	303,75	157,50

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
Strato 1	8	10,45	11,5	69,00	51,09	81,65	89,29
Strato 2	2	15,45	8,5	---	44,92	60,35	75,91
Strato 3	3	17,95	9	---	45,95	63,90	78,14
Strato 4	18	21,45	16,5	99,00	61,36	117,15	111,59

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	8	10,45	11,5	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 2	2	15,45	8,5	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
Strato 3	3	17,95	9	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
Strato 4	18	21,45	16,5	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
Strato 1	8	10,45	11,5	Meyerhof ed altri	1,78
Strato 2	2	15,45	8,5	Meyerhof ed altri	1,68
Strato 3	3	17,95	9	Meyerhof ed altri	1,70
Strato 4	18	21,45	16,5	Meyerhof ed altri	1,92

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	8	10,45	11,5	(A.G.I.)	0,33
Strato 2	2	15,45	8,5	(A.G.I.)	0,34
Strato 3	3	17,95	9	(A.G.I.)	0,34
Strato 4	18	21,45	16,5	(A.G.I.)	0,32

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Velocità onde m/s
Strato 1	8	10,45	11,5	186,51
Strato 2	2	15,45	8,5	160,35
Strato 3	3	17,95	9	165
Strato 4	18	21,45	16,5	223,41