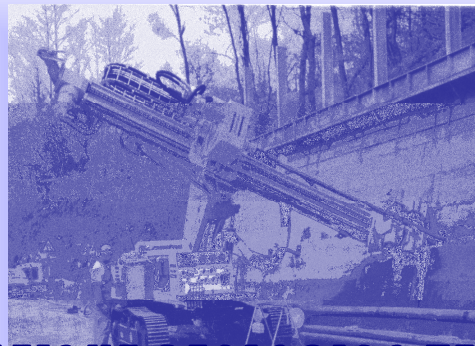


STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA - GEOLOGO DOTT. LUIGI CARBONE - VIALE ITALIA N. 42 - POLISTENA (RC)
Mail geologoluigicarbone@virgilio.it - C.F.: CRBLGU63H30H224A - P.IVA: 01135820809 - TEL. 0966940910 - 3407997101

COMUNE DI GIOIA TAURO

(Provincia di Reggio Calabria)



RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA

COMMITTENTE:

AUTORITA' DELLE DOGANE E DEI MONOPOLI
DI REGGIO CALABRIA

PROGETTO: Installazione di un'apparecchiatura
scanner per la scansione radiografica di
container e mezzi di trasporto da
destinare all'Ufficio Dogane di Gioia

IL GEOLOGO
DOTT. LUIGI CARBONE



INDICE

RELAZIONE GEOLOGICA

1- PREMESSA.....	PAG. 1
2 - LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA DELL'AREA IN ESAME.....	PAG. 2
3 - CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE.....	PAG. 5
4 – INQUADRAMENTO TETTONICO E SIMICO.....	PAG. 10
5 - INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	PAG. 14
6 – ASPETTI IDROLOGICI E IDROGEOLOGICI.....	PAG. 17
7 – CONFORMITA' DELL'INTERVENTO CON LE NORME DELPAI.....	PAG. 19
8 – INDAGINI GEOLOGICHE.....	PAG. 22
8.1 – PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE.....	PAG. 25
8.2 – INDAGINI MASW.....	PAG. 58
9 - LIQUEFAZIONE.....	PAG. 68
10 – MODELLO GEOLOGICO – TECNICO.....	PAG. 71
11 – FATTIBILITA' GEOLOGICA E CONCLUSIONI.....	PAG. 76

RELAZIONE GEOLOGICO TECNICO

1 - PREMESSA

Su incarico dell'Agenzia delle Dogane e dei Monopoli di Reggio Calabria è stato effettuato uno studio geologico all'interno dell'area portuale di Gioia Tauro, finalizzato alla **“Installazione di un'apparecchiatura scanner per la scansione radiografica di container e mezzi di trasporto da destinare all'Ufficio Dogane di Gioia Tauro”**.

Nell'area di intervento e nell'ambito circostante sono stati effettuati rilievi geologici ed indagini in maniera da ricostruire il modello geologico della zona.

Per la determinazione degli aspetti e delle problematiche geologiche nel territorio e nell'area di intervento, lo studio è stato impostato in maniera da:

- ricostruire i caratteri litologici, individuare la natura e la distribuzione spaziale dei terreni, il loro stato di alterazione e degradabilità, le caratteristiche stratigrafiche e strutturali del sottosuolo;
- individuare i lineamenti geomorfologici ed i processi morfogenetici dell'area, l'eventuale preesistenza di fenomeni di instabilità della zona, i dissesti in atto e potenziali e la loro tendenza evolutiva;
- definire lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea e valutare le interferenze con l'intervento di progetto;
- determinare gli aspetti geodinamici e la sismicità locale, ed accertare l'esistenza di elementi che, unitamente agli effetti topografici, influenzano la propagazione delle onde sismiche;

➤ eseguire indagini finalizzate alla ricostruzione del modello geologico del sottosuolo ed individuare le pericolosità geologiche del sito.

I risultati desunti sono riportati di seguito nel corso della relazione.

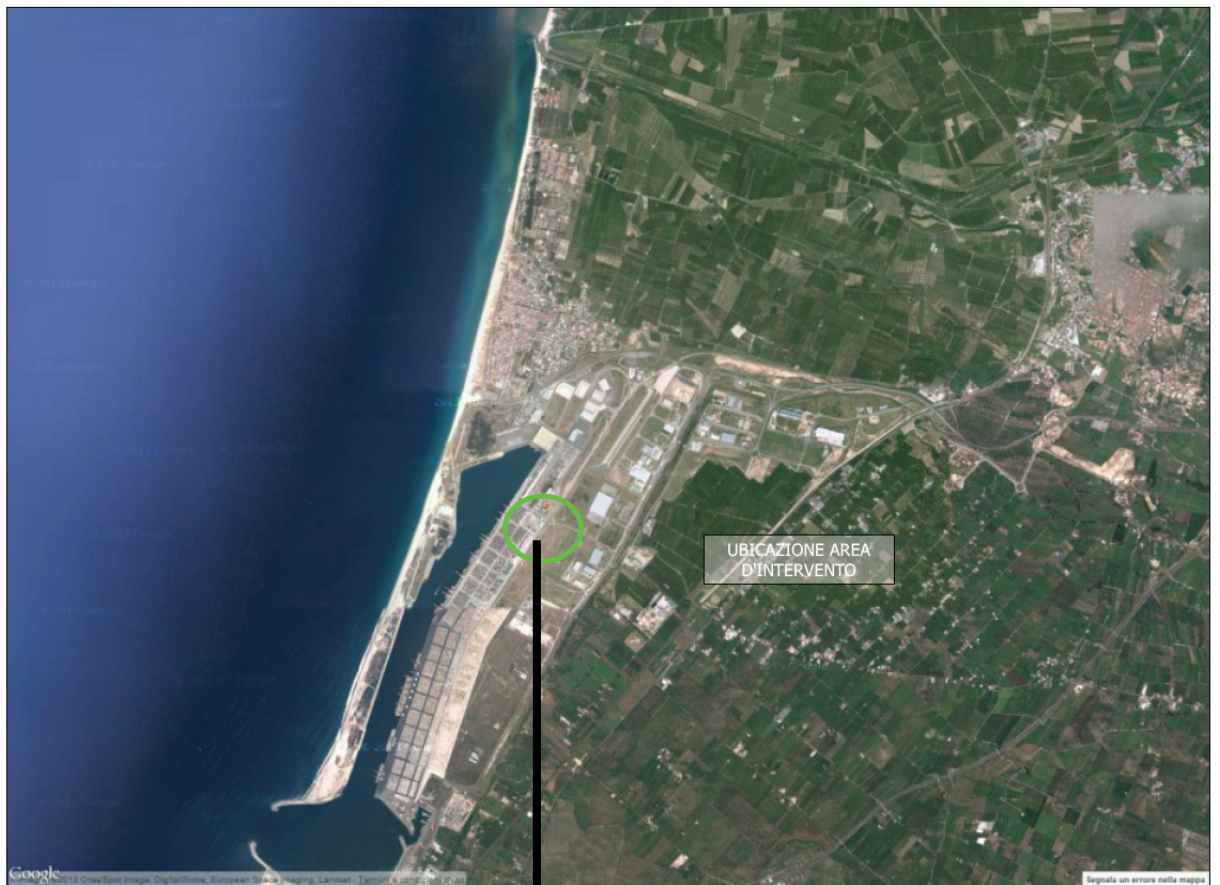
2 - LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA DELL'AREA IN ESAME

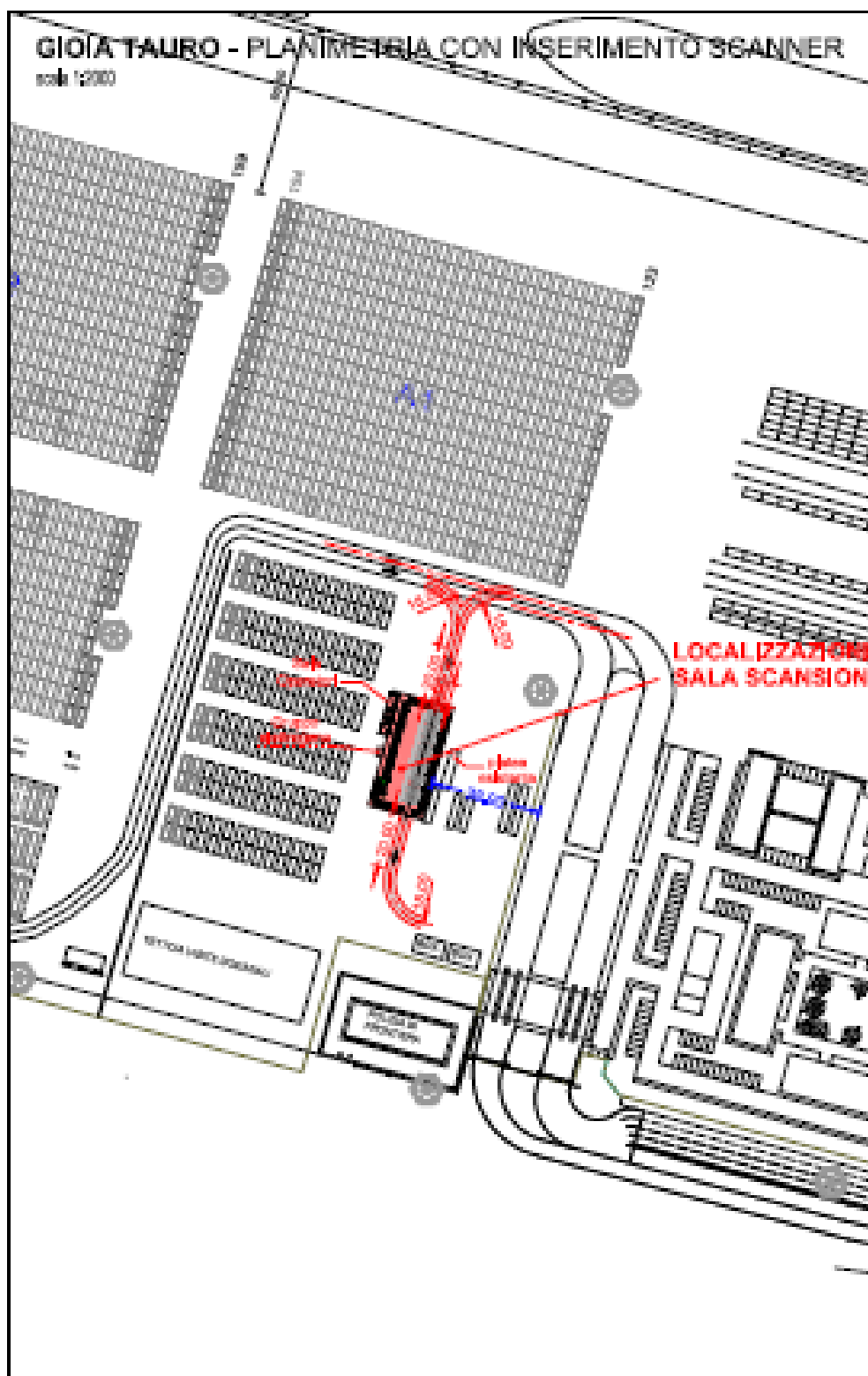
L'area di intervento ricade nell'area portuale di Gioia Tauro, lungo la fascia costiera a nord del Torrente Budello.

L'area è rappresentata nel Foglio 245 - II N.E. della Carta d'Italia dell'I.G.M., e si articola alla quota topografica di circa 4.00 metri s.l.m..

Per un riscontro ubicazionale del sito di costruzione e del suo ambito territoriale si rimanda alla planimetria allegata.

UBICAZIONE AREA D'INTERVENTO





3 - CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE

I rilievi geologici effettuati nella zona indagata, estesi in un contorno significativo rispetto all'area di intervento, hanno consentito di individuare di una serie di formazioni sedimentarie distinte, dalle più recenti alle più antiche, nelle seguenti unità litologiche:

- | | |
|-------------------------------------|-------------|
| • Dune e sabbie eoliche | Olocene |
| • Depositi alluvionali mobili | Olocene |
| • Depositi alluvionali stabilizzati | Olocene |
| • Conglomerati e sabbie | Pleistocene |
| • Argille ed argille siltose | Pliocene |

Le aree di affioramento dei terreni sono riportate nella Carta Geologica allegata.

OLOCENE

- **Dune e sabbie eoliche**

Si tratta di depositi di spiaggia e di retrospiaggia a morfologia dunare, distribuiti in maniera continua lungo la fascia litoranea di Gioia Tauro ed affioranti nell'area di intervento.

I terreni presentano una natura prevalentemente sabbiosa composta da una successione più o meno irregolare di strati di sabbie e sabbie siltose, che riflettono la natura dei litotipi che affiorano nella zona retrocostiera, della costa, dei caratteri morfologici ed idrologici dei corsi d'acqua che confluiscono in questa porzione di litorale.

La formazione, depositatasi in epoca calabrianica in un ambiente prossimo alla costa soggetto a continue e leggere variazioni del livello del mare, presenta una stratificazione non sempre visibile e presumibilmente prossima all'orizzontale.

Le sabbie hanno una natura generalmente quarzosa – feldspatica.

La permeabilità è elevata.

- **Depositi alluvionali mobili**

I depositi alluvionali mobili affiorano al di fuori dell'area di intervento, lungo gli alvei del Fiume Petrace, del Fosso Budello, del Fiume Mesima.

Si tratta di terreni eterogenei sia dal punto di vista granulometrico che compositivo, derivanti dalle abbondanti azioni di deposito dei detriti trasportati da parte dei bacini idrografici dall'entroterra verso l'area costiera.

La formazione litologicamente è composta prevalentemente da sabbie con ghiaie e ciottoli e, considerato il meccanismo di deposizione fluviale, è prevedibile l'esistenza di intercalazioni piano-parallele limoso-argillose localizzate a profondità variabili dal piano di campagna.

La loro struttura in lenti incrociate di tipo cross-bedding testimonia le divagazioni e le variazioni della capacità di trasporto delle antiche correnti deposizionali.

Visto l'ambiente formazionale, è anche possibile l'esistenza di veri e propri paleosuoli ed argille torbose inglobate.

- **Depositi alluvionali stabilizzati**

I depositi alluvionali stabilizzati sono distribuiti estesamente nelle pianure alluvionali costiere del Fiume Petrace e del Fiume Mesima.

Litologicamente si tratta di un complesso eterogeneo ed eterometrico, caratterizzato da sabbie a granulometria variabile con frazioni prevalentemente ghiaiose – ciottolose e livelli prevalentemente argillosi e limosi distribuiti a profondità variabili dal piano di

campagna.

Per quanto attiene ai caratteri geostutturali, considerando le modalità deposizionali di continue sovrapposizioni di detriti, le divagazioni e le variazioni di capacità idraulica delle antiche correnti idriche di trasporto, è prevedibile una disomogeneità non soltanto in senso verticale ma anche laterale dei terreni.

Nel suo complesso pertanto la struttura è caratterizzata da una serie di strati coalescenti, di modesta potenza, disposti in posizione suborizzontale o su piani leggermente inclinati.

L'anisotropia strutturale determina nel complesso variazioni locali del grado di permeabilità della formazione, con incrementi dalle trasmissività nelle porzioni più grossolane.

PLEISTOCENE

- **Conglomerati e sabbie**

In corrispondenza dell'area sommitale del terrazzo morfologico in cui ricade il centro abitato di Gioia Tauro, a quote topografiche dell'ordine dei 30.00 metri s.l.m., si presenta in affioramento un complesso litologico eterogeneo di età riferibile al Pleistocene, composto in prevalenza da sabbie e conglomerati con ciottoli di dimensioni variabili.

Nella parte superficiale è presente, con spessori variabili, una copertura eluviale e vegetale di colore bruno a composizione limosa ed argillosa.

La formazione si sviluppa con andamento suborizzontale e la sua origine è riconducibile a successive fasi di deposizione in epoche recenti di materiale detritico eroso nell'entroterra.

Tale complesso si trova allo stato incoerente e risulta facilmente erodibile particolarmente nelle zone a più elevata pendenza.

La permeabilità della formazione è medio – elevata per porosità.

PLIOCENE

- **Argille e argille siltose**

La formazione nell'ambito dell'area indagata affiora lungo la falesia che separa la pianura costiera dal terrazzo morfologico.

Si tratta di un complesso di argille, argille siltose e silts da grigie a bruno chiare stratificate in livelli sottili.

Il litotipo rappresenta un deposito di ambiente marino profondo e testimonia lo sprofondamento nel Pliocene Medio dell'antico bacino di sedimentazione.

Le condizioni di resistenza della formazione ai processi erosivi sono generalmente limitate e demandate, oltre che all'assetto strutturale in strati sottili, in maniera preponderante alla presenza delle acque che tendono a saturare tali terreni poco permeabili riducendo le loro resistenze geomeccaniche e particolarmente l'effetto della coesione.

CARTA GEOLOGICA



Legenda

FOGLIO 245 - II N.E.
della Carta d'Italia 1:25.000 dell'I.G.M.

- | | |
|---|--|
| <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #e0f0ff; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> <div>ac</div> </div> | Alluvioni mobili, ciottolose e sabbiose, dei letti fluviali; depositi di litorale. |
| <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #fff0e0; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> <div>af</div> </div> | Alluvioni fissate dalla vegetazione o artificialmente. |
| <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #e0ffe0; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> <div>a</div> </div> | Prodotti di soliflussione e dilavamento, talora misti a materiale alluvionale. |
| <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #fff0e0; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> <div>d₂</div> </div> | Dune e sabbie eoliche, mobili. |
| <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ffff00; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> <div>d₁</div> </div> | Dune e sabbie eoliche, stabilizzate. |

4 - INQUADRAMENTO TETTONICO E SISMICO

Lo studio dei caratteri tettonici e dell'area di Gioia Tauro ha avuto lo scopo di valutare le condizioni di pericolosità locale e la probabilità che il territorio possa essere in futuro interessato da forti terremoti, così come in passato è stato coinvolto da eventi sismici importanti.

Dal punto di vista sismico la zona indagata, così come in generale tutto il territorio calabrese, rappresenta una delle aree a più elevato rischio sismico di tutta la penisola italiana.

Questa condizione è sostenuta dai risultati di numerosi studi sismotettonici, e la sua validità appare evidente sulla base dei numerosi eventi sismici che hanno interessato la zona nel 1783, 1894, 1905, 1907 1978, considerando soltanto i 200 anni di storia più recente.

L'intensa sismicità si è manifestata nel corso degli anni con terremoti di magnitudo anche superiore a 7, legati a processi tettonici importanti, ancora in atto, che coinvolgono direttamente la zona e che si esplicano nella crosta terrestre fino a profondità di decine di chilometri.

Al di sotto dell'arco Calabro - Peloritano, infatti, esistono fratture importanti lungo le quali si realizza la collisione fra placche tettoniche, che hanno provocato in epoche passate una notevole evoluzione geodinamica alla quale è ricollegabile non soltanto la conformazione attuale dell'area ma anche quella dell'intera penisola.

Nella zona di Gioia Tauro lo studio delle condizioni paleogeografiche e tettoniche ha consentito di ricostruire i diversi ambienti che si sono succeduti e che hanno portato alla formazione dei terreni affioranti ed alla configurazione attuale dell'area.

- In epoca pliocenica la Piana di Gioia Tauro veniva interessata da un fenomeno di sprofondamento al di sotto del livello del mare mentre il nucleo centrale

dell'Aspromonte costituiva un rilievo insulare isolato.

- La fossa era delimitata e controllata nel settore orientale da importanti sistemi di faglie, profonde e sviluppate per decine di chilometri, le quali seguono l'allineamento Molochio – Cittanova – Cinquefrondi – Giffone e Laureana di Borrello – Acquaro.
- Tale situazione paleogeografica, pressochè costante sino al Pliocene Superiore, subiva a partire dal Pleistocene una inversione di tendenza con una nuova fase tettonica prevalentemente compressiva che portava sia il bacino di Gioia Tauro che l'Aspromonte in blocco ad un rapido sollevamento con conseguente regressione del mare ed emersione dei terreni marini precedentemente depositi.
- Mentre nella fase di sprofondamento si depositavano nell'area del Bacino sedimenti sabbiosi marini, entro i quali oggi si rinvencono testimonianze fossili, nella successiva fase di sollevamento la zona veniva ricolmata da materiali detritici continentali di tipo sabbioso, ciottoloso ed argilloso, abbondanti per la rapidità del sollevamento e del conseguente smantellamento delle rocce dell'Aspromonte.

Si tratta di formazioni geologiche molto recenti le quali durante i terremoti più importanti, nonostante il notevole spessore, non hanno avuto alcun effetto di smorzamento sulla trasmissione delle onde sismiche e anzi hanno amplificato le oscillazioni del suolo con conseguenti effetti locali devastanti.
- Dislocazioni tettoniche successive sono responsabili delle ulteriori faglie presenti nel territorio, sviluppate in direzione Palmi – Gioia Tauro e Gioia Tauro – Molochio, riportate nella “Carta delle grandi frane e delle deformazioni gravitative profonde di versante della Calabria” a cura del CNR – IRPI.
- Movimenti tettonici condizionano tutt'ora lo sviluppo del territorio e sono testimoniati sia dalla configurazione degli epicentri, che dimostra l'attività di molte strutture

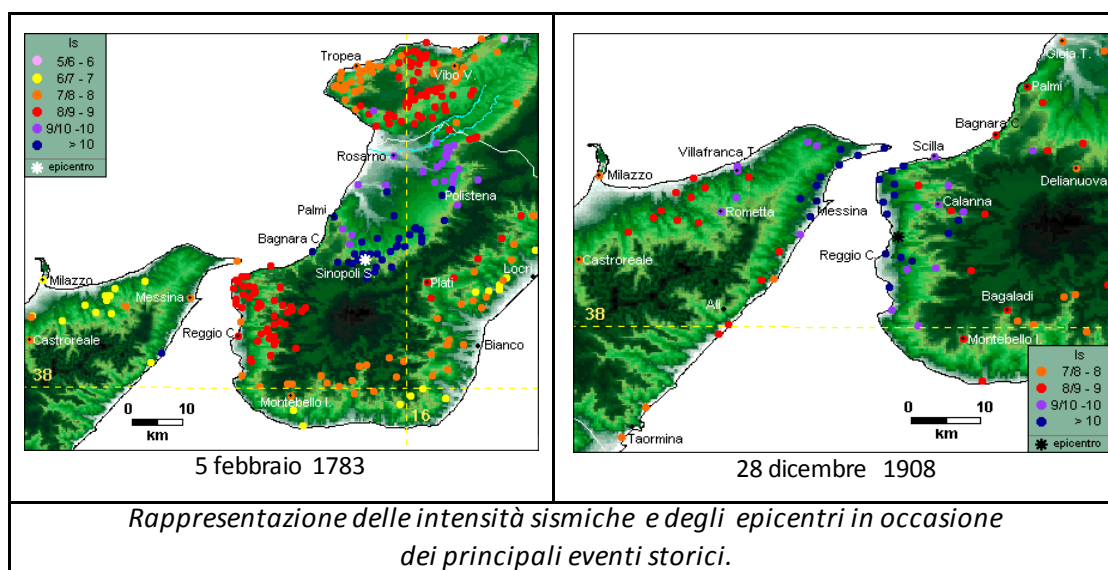
individuate in superficie, sia dalla intensa capacità erosiva delle acque lungo gli alvei conseguente ai processi di sollevamento.

Nell'ambito di tale inquadramento tettonico generale la zona di intervento si inserisce in un contesto non direttamente interessato da linee di faglia.

In ogni caso sulla base delle considerazioni espresse degli eventi sismici del passato, l'area va considerata a rischio sismico elevato, con possibilità di scuotimenti di altissima magnitudo prossimi al massimo grado della scala Mercalli.

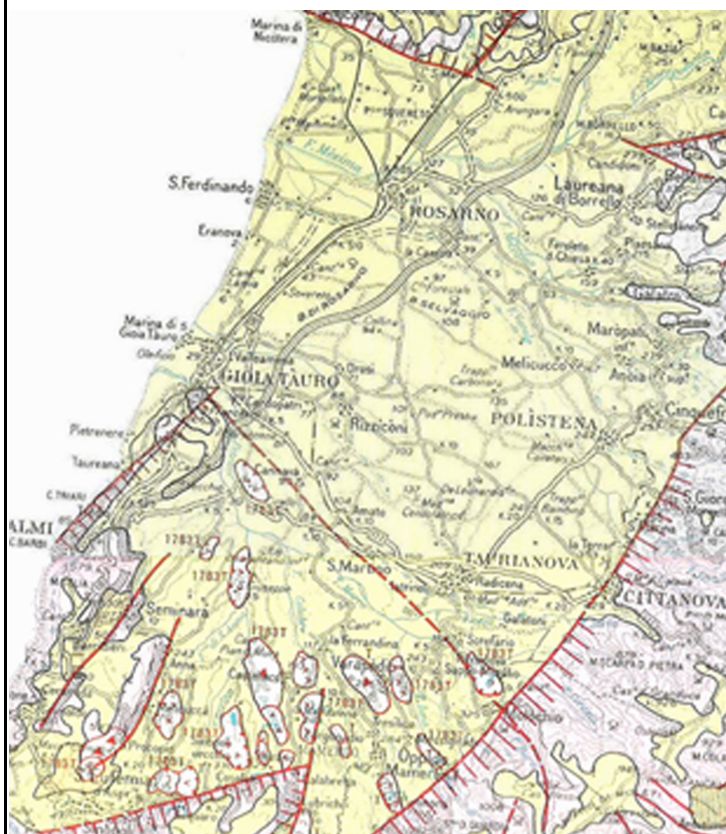
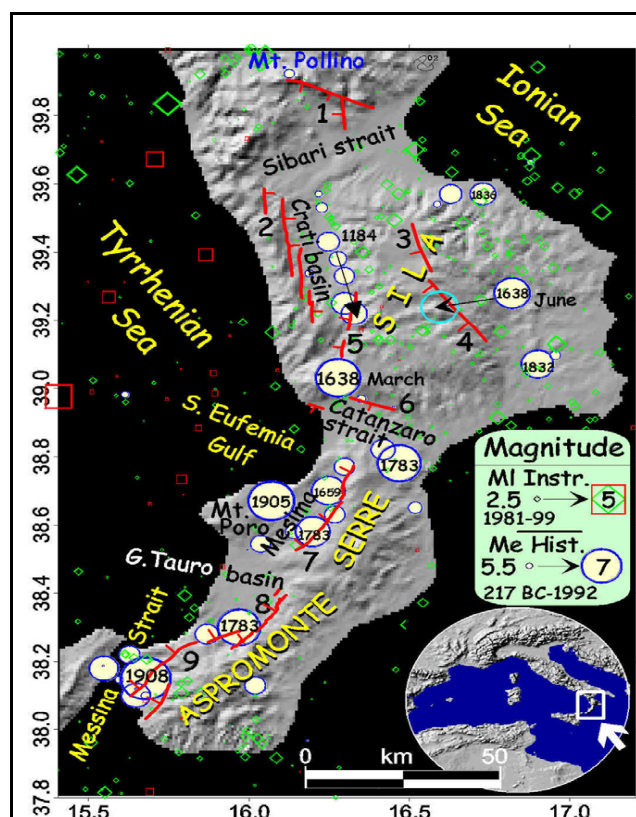
In prospettiva sismica nella zona costiera indagata, considerata la presenza di terreni di natura sabbiosa e di una falda superficiale, potrebbero verificarsi fenomeni di liquefazione, amplificazioni sismiche, onde anomale.

Di seguito sono riportate le mappe tettoniche e sismiche rappresentative dell'area in studio, indicanti le principali linee tettoniche, gli eventi sismici storici più significativi, le zone di epicentro e le intensità sismiche registrate.



L'attività sismica della regione è da attribuire a movimenti tettonici tutt'ora in atto quali tra l'altro, determinano un continuo sollevamento del rilievo aspromontano di 2-3 mm/anno ed uno sprofondamento o basculamento dei settori circostanti.

Tali movimenti avvengono in corrispondenza di faglie attive che attraversano la regione, alle quali possono ricondursi i più disastrosi eventi sismici storici.



Ubicazione delle faglie attive primarie note e dei principali terremoti della Calabria.

9, sistema delle faglie di Reggio Calabria responsabile del terremoto del 1908. 8, faglia di Cittanova, responsabile del terremoto del 1783. 7, sistema delle faglie delle Serre, responsabile del terremoto del 7 febbraio 1783. 4, faglia dei Laghi, responsabile del terremoto del 9 giugno 1638.

I cerchi indicano gli epicentri e la magnitudo dei terremoti distruttivi che hanno interessato la Calabria negli ultimi quattro secoli (da Galli et al., 2006).

In rosso sono rappresentate le faglie che delimitano la Piana di Gioia Tauro - Rosarno, riportate nella Carta delle Grandi Frane e delle deformazioni gravitative profonde – IRPI Calabria.



Fig. 3 - Schema tettonico della Sicilia nord-orientale e della Calabria meridionale e principali strutture presenti nell'off-shore tirrenico. In azzurro le linee sismiche pubblicate dal CNR di Bologna e in verde le linee sismiche CROP-Mare (per la legenda dei colori cf. fig. 1).
- Tectonic scheme of NE-Sicily, southern Calabria and of the Tyrrhenian off-shore. In blue the seismic lines published by the CNR-Bologna and in green the CROP-Mare seismic lines (for the legend of colors see fig. 1).

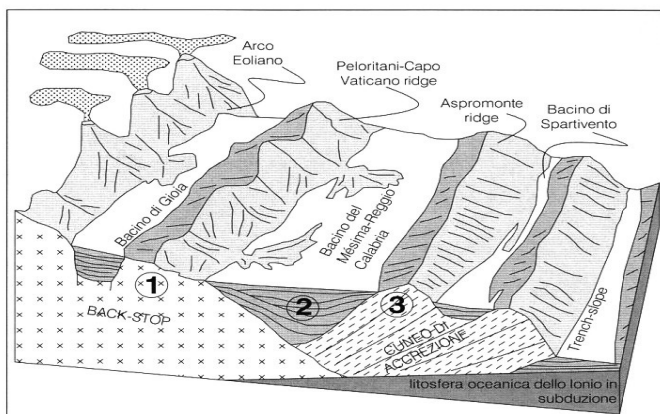


Fig. 5 - Block-diagram schematico che illustra l'assetto delle principali aree di sedimentazione in un forearc system. I numeri con il cerchietto indicano le morfostutture che si possono individuare all'interno del sistema: (1) back-stop e intra-arc basin; (2) forearc basin; (3) cuneo di accrezione.

- Schematic block-diagram that illustrates the principal areas of sedimentation in a forearc system. The numbers in brackets indicate the morphostructures that can be recognised within the system: (1) back-stop and intra-arc basin; (2) forearc basin; (3) accretionary wedge.

Trattandosi di una zona fortemente esposta ai terremoti, la stessa ricade in zona 1 definita dall'Ordinanza PCM 3274 del 20/3/2003, la quale prevede la suddivisione dell'intero territorio Nazionale in quattro zone (da 1 a 4 a livello decrescente di rischio), ciascuna contrassegnata da un intervallo di accelerazione orizzontale prevedibile nel bedrock, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Le accelerazioni orizzontali con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni per le due zone sono riportate in Tabella 1.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [a _g /g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a _g /g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25

Tabella 1 - Rappresentazione dei parametri sismici che caratterizzano le zone 1 e 2 (Ordinanza 3274 del 20/3/2003).

La normativa sismica vigente in campo nazionale (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008) prevede, all'interno delle diverse zone, la valutazione puntuale della pericolosità sismica, e la determinazione dell'azione sismica sia in relazione alle accelerazioni determinate dal moto del suolo di fondazione sia alle caratteristiche morfologiche del sito in cui l'opera si colloca.

Pertanto ogni ipotetico scenario sismico generale può aggravarsi localmente a causa di altri fattori quali fattori geologici e morfologici locali, attivazione o riattivazione di frane.

Sulla base di tali aspetti è stata effettuata, e riportata di seguito, la caratterizzazione del sito di intervento ed è stata determinata la categoria di sottosuolo, al fine di determinare l'influenza sismica sulle strutture e la vulnerabilità sismica dell'area indagata.

5 - INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area di progetto ricade nella fascia costiera dell'abitato di Gioia Tauro, nell'ambito della quale i confini morfologici generali corrispondono ad entità morfologiche significative e sono rappresentati a sud dal Fosso Budello, a nord dal Fiume Mesima, dal limite di battigia ad ovest e, nell'immediato entroterra, dal terrazzo sul quale ricade il centro abitato di Gioia Tauro.

Pur trattandosi in generale di un contesto a morfologia prevalentemente blanda, in esso è possibile individuare morfotipi importanti che rappresentano le peculiarità della zona e che sono descritti in dettaglio di seguito:

➤ Zona litoranea di spiaggia

La spiaggia si distribuisce in modo uniforme a valle dell'area portuale.

Verso sud la spiaggia è interrotta dal Torrente Budello.

In ogni caso la conformazione originaria della zona è stata modificata dai lavori di realizzazione del porto.

➤ Paleospiegia e pianura costiera

A monte dell'area interessata dall'intervento di progetto la morfologia è tipica di una paleospiegia che si estende nella porzione di territorio compresa tra la spiaggia vera e propria ed il piede di un'antica falesia che la separa dal terrazzo morfologico della Piana di Gioia Tauro.

Si tratta di un territorio ad andamento pianeggiante ed esteso per circa 1.000,00 metri, con quote comprese tra i 2.00 metri ed i 17.00 metri s.l.m., formatosi in epoca olocenica in seguito al sollevamento tettonico che ha determinato la regressione del mare.

Il paesaggio, originariamente caratterizzato da dune costiere, lagune ed acquitrini, barre deltizie, e da una estrema mobilità della foce del Fiume Petrace, negli anni successivi è stato rimodellato da opere di bonifica, di colmata delle depressioni acquitrinose, dall'utilizzazione agricola e dalla più recente utilizzazione urbanistica.

➤ Antica falesia

Verso est la pianura costiera precedentemente descritta si arresta bruscamente al piede di una scarpata molto acclive che costituisce un elemento di contrasto rispetto alla piatta morfologia del territorio adiacente.

Si tratta dell'antica falesia contro la quale si interrompeva il moto ondoso nelle fasi antecedenti il sollevamento della regione che determinava una conseguente regressione marina, e non è improbabile che possa corrispondere ad una antica linea di faglia.

L'allineamento topografico che la contraddistingue si sviluppa con andamento subparallelo all'attuale linea di costa e con carattere di continuità spaziale, solo localmente interrotta da piccole incisioni vallive particolarmente nella zona a nord del Fosso Budello.

➤ Terrazzo morfologico

Il terrazzo rappresenta elemento morfologico che assume una netta individualità nei confronti della adiacente pianura alluvionale e della paleospiaggia.

La sua estensione è elevata ed è determinata dal raccordarsi della spianata al territorio peneplanizzato della "Piana di Gioia Tauro e Rosarno".

Il margine del terrazzo che si affaccia al mare raggiunge quote dell'ordine dei 50,00 metri s.l.m. ed è occupato dall'abitato di Gioia Tauro.

Nell'ambito del terrazzo non si manifestano fenomeni erosivi mentre le zone di margine localmente sono soggette a fenomeni di arretramento dei versanti.

6 - ASPETTI IDROLOGICI ED IDROGEOLOGICI

Il reticolo idrografico della zona indagata è caratterizzato dai corsi d'acqua del **Fosso Budello** e del Fiume Mesima i cui alvei si localizzano rispettivamente a sud ed a nord dell'area di intervento, e da canali che attraversano la pianura costiera.

Il Fiume Mesima si addentra in maniera significativa nell'entroterra montuoso e riceve le acque di numerosi affluenti che scorrono sul contrafforte occidentale dell'Aspromonte e del massiccio delle Serre.

Il Fosso Budello, invece, interessa più propriamente la Piana di Gioia Tauro in tutto il suo sviluppo, e sottende un reticolo poco esteso che comprende tra i principali affluenti i torrenti Canciano, Lavina, Pelissa.

I corsi d'acqua, prima di essere sottoposti a regimentazione idraulica, hanno dato luogo a frequenti esondazioni nell'area costiera, nel tratto terminale ed alla foce, con consistenti depositi dei materiali trasportati.

Per quanto attiene allo schema idrogeologico, da quanto già delineato nella descrizione delle singole formazioni che costituiscono il territorio in esame e l'entroterra più immediato deriva che i litotipi si trovano in massima parte allo stato incoerente e sono generalmente permeabili o molto permeabili per porosità.

Ne deriva che i terreni della pianura costiera possono essere sede di circolazione idrica di acque sotterranee la cui alimentazione dipende sia dalla percolazione delle acque meteoriche direttamente ricadenti nella zona, sia dall'apporto sotterraneo da parte dei terreni e delle rocce affioranti nell'entroterra.

In corrispondenza del sito di intervento le indagini effettuate hanno permesso di riscontrare l'esistenza della falda idrica alla profondità di 5.80 metri dal piano campagna.

L'alimentazione della falda avviene sia per percolazione delle acque meteoriche attraverso le ghiaie e le sabbie che per filtrazione laterale di subalveo.

Il livello della falda può subire fluttuazioni sia determinate dal variare delle alimentazioni che dai variabili influssi delle acque del mare nei confronti della costa.

7 - CONFORMITA' DELL'INTERVENTO CON LE NORME DEL PAI

Al fine di valutare le condizioni di pericolosità dell'area in cui ricade l'intervento di progetto sono stati visionati gli elaborati cartografici del Piano di Assetto Idrogeologico della Calabria nei quali sono delineate le zone di rischio ricollegabili all'assetto geomorfologico, idraulico e di erosione costiera delle diverse zone della Calabria.

Il Piano, approvato dalla Regionale Calabria in data 28 dicembre 2001, per come sancito dall'art.1 delle Norme di Attuazione, ha valore di piano territoriale di settore e rappresenta quindi lo strumento conoscitivo, normativo e pianificatorio di azioni poste a salvaguardia della popolazione, degli insediamenti, delle infrastrutture e del suolo.

Il PAI si propone quindi di garantire al territorio adeguati livelli di sicurezza rispetto all'assetto geomorfologico, idraulico e di erosione costiera.

Per come desunto dagli elaborati cartografici e considerata la conformazione pianeggiante delle zone, l'ambito di intervento non presenta condizioni di rischio.

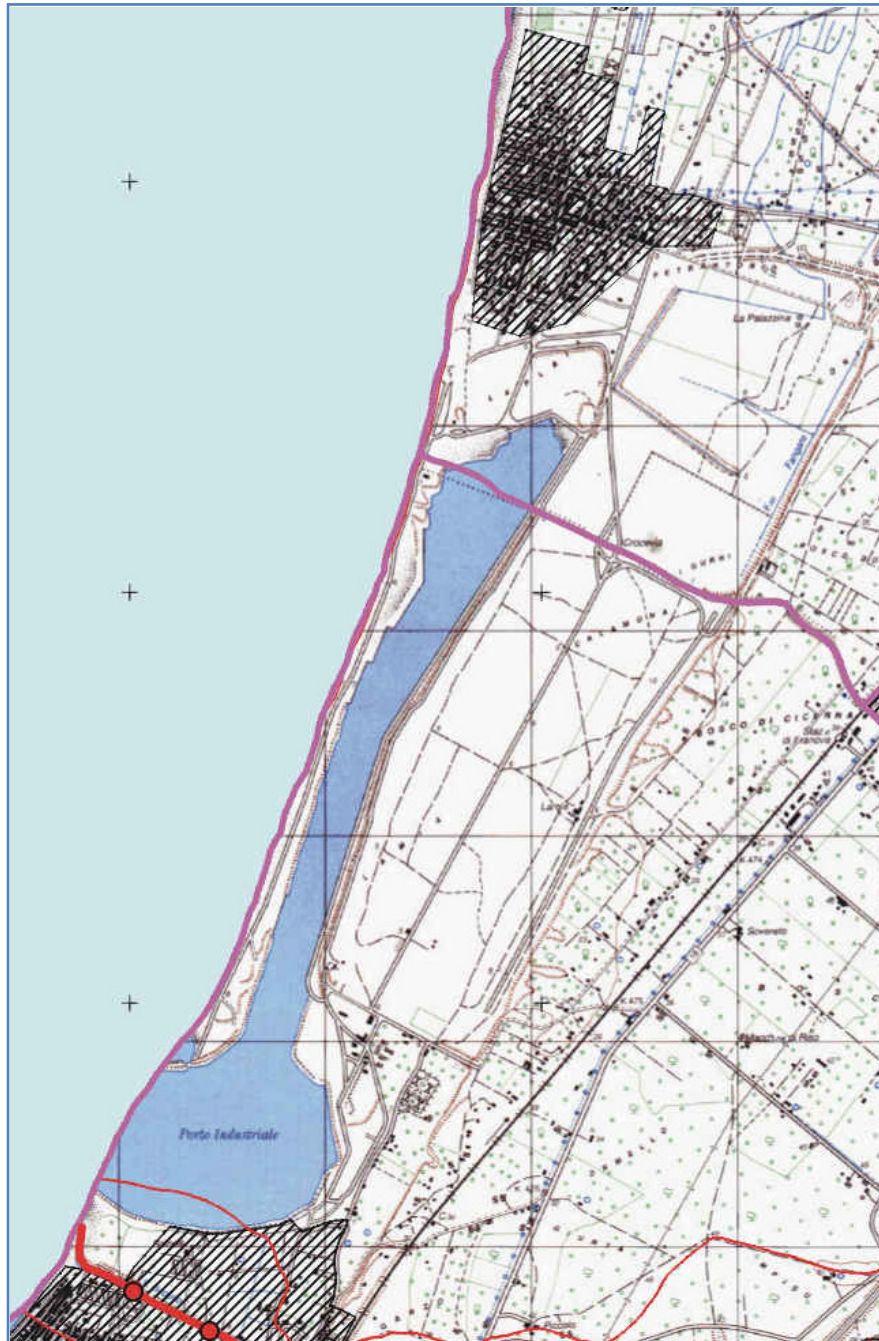
Nella zona infatti sono del tutto assenti aree a rischio idraulico o frana, mentre ambiti a rischio idraulico sono individuati lungo il Torrente Budello che in epoche passate e recenti ha dato luogo a fenomeni di piena ed esondazioni delle aree circostanti.

Tali zone a rischio idraulico in ogni caso si mantengono ad elevata distanza dal sito di intervento.

Per quanto attiene all'erosione costiera e come si evince dall'elaborato cartografico allegato, la linea di riva si trova in condizioni di avanzamento in corrispondenza del porto di Gioia Tauro.

Sulla base di tutti gli aspetti rilevati ne deriva l'opera di progetto si colloca al di fuori di aree a rischio perimetrate nel PAI, in un ambito non interessato da rischio idraulico nè rischio erosione costiera o frane, e pertanto non sottoposto a vincoli o a misure di salvaguardia.

PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO



RISCHIO IDRAULICO



EVOLUZIONE LINEA DI RIVA



Legenda

	Arretramento della spiaggia
	Valore medio dell'erosione (mt)
	Lunghezza del tratto eroso
	Avanzamento della spiaggia
	Aree erose
	Focus erosivi con picchi di erosione media > 50m. nel periodo 1956-1998
	Punto di possibile crisi
	Limiti Comunali

8 – INDAGINI GEOLOGICHE

Il modello geologico dell'area prevista per l'installazione dell'apparecchiatura scanner è stato ricostruito mediante l'esecuzione di rilievi ed indagini geologiche in sito, le quali hanno consentito di:

- definire l'assetto litostratigrafico dei terreni del sottosuolo;
- valutare le proprietà fisico – meccaniche dei lititipi riscontrati;
- determinare i principali parametri geotecnici dei complessi litologici;
- individuare la presenza di falde acquifere;
- determinare la categoria di sottosuolo e l'amplificazione stratigrafica in prospettiva sismica.

Le indagini sono consistite nell'esecuzione di n. 4 prove penetrometriche dinamiche e n° 1 prova sismica di tipo masw.

L'ubicazione delle indagini è riportata nella cartografia allegata.

Di seguito si riportano i risultati desunti dalle singole prove.



CARTA UBICAZIONE INDAGINI



Legenda

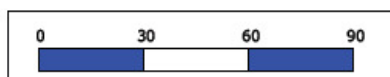
indagine masw



Prove penetrometriche



Google Satellite



8.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

Nell'area di intervento sono state effettuate n° 4 prove penetrometriche dinamiche, distribuite ai vertici dell'area di intervento in maniera da ricostruire l'assetto del sottosuolo per tutta la zona di costruzione, così come indicato nella Carta Ubicazione Indagini allegata.

Le indagini hanno consentito di indagare la natura dei terreni e la loro resistenza dinamica sino alla profondità massima di 9.80 metri dal piano campagna (P2).

Per l'indagine si è utilizzato il penetrometro dinamico PAGANI TG 30 – 20 munito di carro semovente 4X4, con maglio (30 Kg) ad altezza di caduta costante (20 cm) e punta conica standard ($A = 10 \text{ cm}^2$).

Nel corso della prova è stato misurato il numero di colpi necessario all'affondamento delle aste penetrometriche (2.4 Kg/ml) di tratti successivi di 10 cm.

L'elaborazione della prova, l'interpretazione e la visualizzazione grafica dei dati registrati ha consentito di determinare le caratteristiche di resistenza dinamica dei terreni attraversati e di ricostruire un'immagine in continuo su un istogramma che permette il raffronto sulle resistenze dei vari livelli e sulle caratteristiche litologiche del sottosuolo.

PROVA PENETROMETRICA N° 1

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
 Prova eseguita in data 27/06/2013
 Profondità prova 9,80 mt
 Quota 4,00 mt
 Falda rilevata

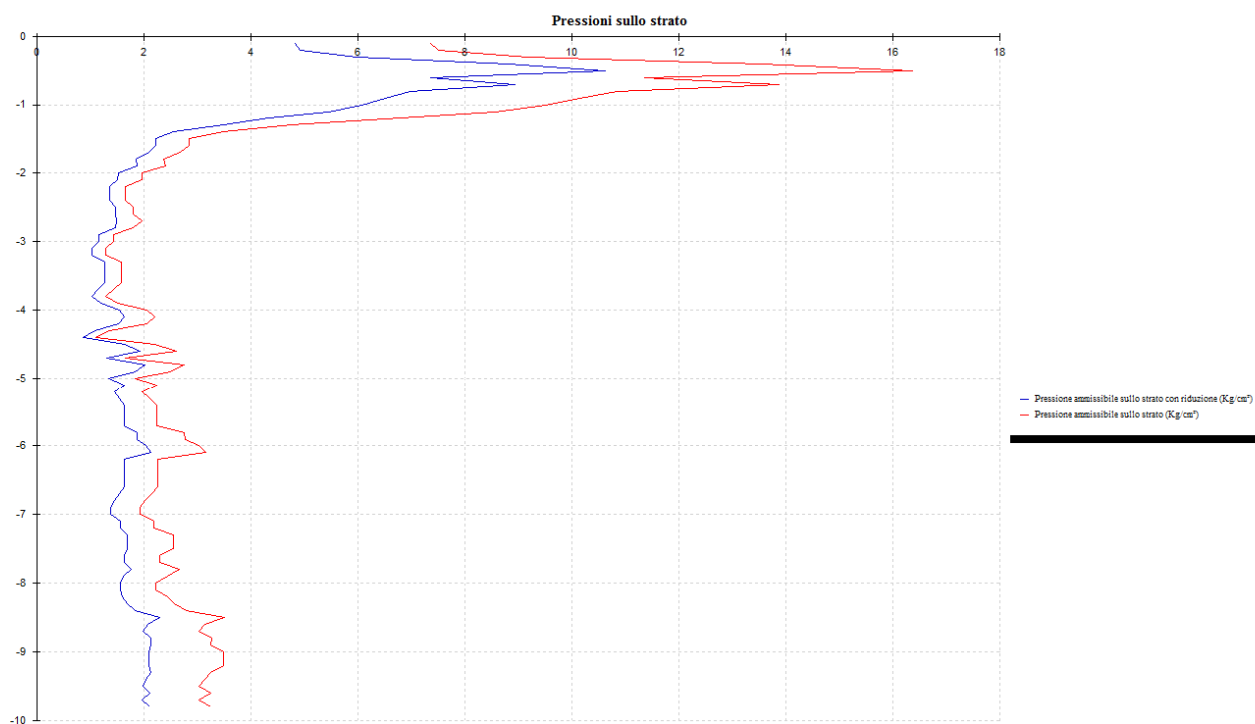
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	44	0,657	96,48	146,94	4,82	7,35
0,20	45	0,655	98,38	150,28	4,92	7,51
0,30	55	0,653	119,88	183,67	5,99	9,18
0,40	81	0,651	176,03	270,50	8,80	13,53
0,50	98	0,649	212,36	327,27	10,62	16,36
0,60	68	0,647	146,93	227,09	7,35	11,35
0,70	83	0,645	178,82	277,18	8,94	13,86
0,80	65	0,643	139,65	217,07	6,98	10,85
0,90	64	0,642	130,11	202,82	6,51	10,14
1,00	60	0,640	121,64	190,14	6,08	9,51
1,10	54	0,638	109,18	171,13	5,46	8,56
1,20	43	0,636	86,70	136,27	4,34	6,81
1,30	30	0,735	69,83	95,07	3,49	4,75
1,40	22	0,733	51,09	69,72	2,55	3,49
1,50	18	0,781	44,56	57,04	2,23	2,85
1,60	18	0,780	44,47	57,04	2,22	2,85
1,70	17	0,778	41,91	53,87	2,10	2,69
1,80	15	0,776	36,90	47,54	1,85	2,38
1,90	16	0,775	37,37	48,24	1,87	2,41
2,00	13	0,773	30,31	39,20	1,52	1,96
2,10	13	0,772	30,25	39,20	1,51	1,96
2,20	11	0,820	27,20	33,17	1,36	1,66
2,30	11	0,819	27,15	33,17	1,36	1,66
2,40	11	0,817	27,10	33,17	1,36	1,66
2,50	12	0,816	29,51	36,18	1,48	1,81
2,60	12	0,814	29,46	36,18	1,47	1,81
2,70	13	0,763	29,90	39,20	1,49	1,96
2,80	12	0,811	29,36	36,18	1,47	1,81
2,90	10	0,810	23,29	28,75	1,16	1,44
3,00	10	0,809	23,25	28,75	1,16	1,44
3,10	9	0,807	20,89	25,88	1,04	1,29
3,20	9	0,806	20,86	25,88	1,04	1,29
3,30	11	0,805	25,45	31,63	1,27	1,58
3,40	11	0,803	25,41	31,63	1,27	1,58
3,50	11	0,802	25,37	31,63	1,27	1,58
3,60	11	0,801	25,33	31,63	1,27	1,58
3,70	10	0,800	22,99	28,75	1,15	1,44
3,80	9	0,798	20,66	25,88	1,03	1,29
3,90	11	0,797	24,10	30,23	1,20	1,51
4,00	15	0,746	30,75	41,22	1,54	2,06
4,10	16	0,745	32,75	43,97	1,64	2,20
4,20	15	0,744	30,66	41,22	1,53	2,06

Studio di geologia tecnica – geol. Dott. Carbone Luigi - Viale Italia n. 42, Polistena (RC)
 tel. 0966940910 – 3407997101 mail :geologoluigicarbone@virgilio.it

4,30	10	0,793	21,78	27,48	1,09	1,37
4,40	8	0,791	17,40	21,98	0,87	1,10
4,50	16	0,740	32,55	43,97	1,63	2,20
4,60	19	0,739	38,60	52,21	1,93	2,61
4,70	12	0,788	25,99	32,98	1,30	1,65
4,80	20	0,737	40,51	54,96	2,03	2,75
4,90	19	0,736	36,80	50,00	1,84	2,50
5,00	14	0,735	27,08	36,84	1,35	1,84
5,10	17	0,734	32,84	44,74	1,64	2,24
5,20	15	0,733	28,93	39,47	1,45	1,97
5,30	16	0,732	30,82	42,11	1,54	2,11
5,40	17	0,731	32,70	44,74	1,64	2,24
5,50	17	0,730	32,66	44,74	1,63	2,24
5,60	17	0,729	32,62	44,74	1,63	2,24
5,70	17	0,728	32,58	44,74	1,63	2,24
5,80	21	0,677	37,43	55,26	1,87	2,76
5,90	22	0,676	37,57	55,54	1,88	2,78
6,00	24	0,675	40,93	60,59	2,05	3,03
6,10	25	0,675	42,58	63,11	2,13	3,16
6,20	18	0,724	32,89	45,44	1,64	2,27
6,30	18	0,723	32,85	45,44	1,64	2,27
6,40	18	0,722	32,81	45,44	1,64	2,27
6,50	18	0,721	32,77	45,44	1,64	2,27
6,60	18	0,720	32,73	45,44	1,64	2,27
6,70	17	0,720	30,88	42,92	1,54	2,15
6,80	16	0,719	29,03	40,39	1,45	2,02
6,90	16	0,718	27,87	38,81	1,39	1,94
7,00	16	0,717	27,84	38,81	1,39	1,94
7,10	18	0,716	31,28	43,67	1,56	2,18
7,20	18	0,716	31,25	43,67	1,56	2,18
7,30	21	0,665	33,87	50,94	1,69	2,55
7,40	21	0,664	33,83	50,94	1,69	2,55
7,50	21	0,663	33,80	50,94	1,69	2,55
7,60	19	0,713	32,85	46,09	1,64	2,30
7,70	19	0,712	32,82	46,09	1,64	2,30
7,80	22	0,661	35,29	53,37	1,76	2,67
7,90	21	0,661	32,39	49,03	1,62	2,45
8,00	19	0,710	31,49	44,36	1,57	2,22
8,10	19	0,709	31,46	44,36	1,57	2,22
8,20	21	0,659	32,29	49,03	1,61	2,45
8,30	22	0,658	33,79	51,36	1,69	2,57
8,40	24	0,657	36,83	56,03	1,84	2,80
8,50	30	0,657	45,99	70,04	2,30	3,50
8,60	27	0,656	41,35	63,04	2,07	3,15
8,70	26	0,655	39,78	60,70	1,99	3,04
8,80	28	0,655	42,80	65,37	2,14	3,27
8,90	29	0,654	42,68	65,25	2,13	3,26
9,00	31	0,603	42,09	69,75	2,10	3,49
9,10	31	0,603	42,05	69,75	2,10	3,49
9,20	31	0,602	42,01	69,75	2,10	3,49
9,30	29	0,652	42,52	65,25	2,13	3,26
9,40	28	0,651	41,02	63,00	2,05	3,15
9,50	27	0,651	39,52	60,75	1,98	3,04
9,60	29	0,650	42,41	65,25	2,12	3,26
9,70	27	0,649	39,45	60,75	1,97	3,04
9,80	29	0,649	42,34	65,25	2,12	3,26

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturato (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
1,3	62,17	204,04	Incoerente	2,24	2,5	0,15	0,75	46,81	terreno di riporto
4,4	12,6	37,31	Incoerente	1,72	1,92	0,56	0,77	9,66	sabbie e sabbie con limo
8	18,31	46,36	Incoerente	1,86	1,95	1,16	0,79	14,39	sabbie
9,8	27,11	61,93	Incoerente	1,96	1,97	1,45	0,79	21,5	sabbie e sabbie con ghiaie



PROVA PENETROMETRICA N° 2

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10)(Medium)
 Prova eseguita in data 27/06/2013
 Profondità prova 9,80 mt
 Quota 4,00 mt
 Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

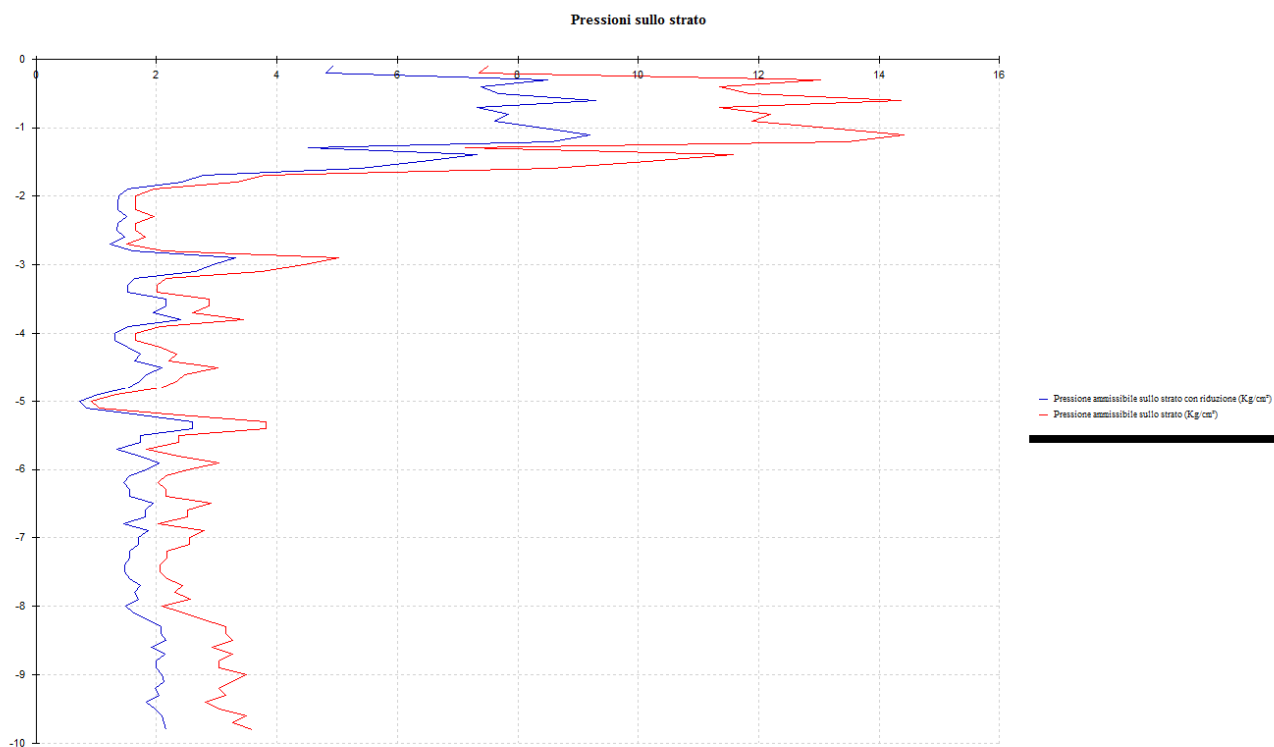
Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	45	0,657	98,67	150,28	4,93	7,51
0,20	44	0,655	96,19	146,94	4,81	7,35
0,30	78	0,653	170,01	260,48	8,50	13,02
0,40	68	0,651	147,78	227,09	7,39	11,35
0,50	71	0,649	153,85	237,11	7,69	11,86
0,60	86	0,647	185,82	287,20	9,29	14,36
0,70	68	0,645	146,51	227,09	7,33	11,35
0,80	73	0,643	156,84	243,78	7,84	12,19
0,90	75	0,642	152,48	237,68	7,62	11,88
1,00	83	0,640	168,27	263,03	8,41	13,15
1,10	91	0,638	183,99	288,38	9,20	14,42
1,20	85	0,636	171,39	269,37	8,57	13,47
1,30	45	0,635	90,49	142,61	4,52	7,13
1,40	73	0,633	146,41	231,34	7,32	11,57
1,50	64	0,631	128,02	202,82	6,40	10,14
1,60	54	0,630	107,73	171,13	5,39	8,56
1,70	24	0,728	55,36	76,06	2,77	3,80
1,80	21	0,726	48,34	66,55	2,42	3,33
1,90	13	0,775	30,37	39,20	1,52	1,96
2,00	11	0,823	27,30	33,17	1,37	1,66
2,10	11	0,822	27,25	33,17	1,36	1,66
2,20	11	0,820	27,20	33,17	1,36	1,66
2,30	13	0,769	30,13	39,20	1,51	1,96
2,40	11	0,817	27,10	33,17	1,36	1,66
2,50	11	0,816	27,05	33,17	1,35	1,66
2,60	12	0,814	29,46	36,18	1,47	1,81
2,70	10	0,813	24,51	30,15	1,23	1,51
2,80	14	0,761	32,14	42,21	1,61	2,11
2,90	35	0,660	66,43	100,64	3,32	5,03
3,00	31	0,659	58,71	89,14	2,94	4,46
3,10	26	0,707	52,88	74,76	2,64	3,74
3,20	15	0,756	32,61	43,13	1,63	2,16
3,30	14	0,755	30,38	40,26	1,52	2,01
3,40	14	0,753	30,33	40,26	1,52	2,01
3,50	20	0,752	43,25	57,51	2,16	2,88
3,60	20	0,751	43,18	57,51	2,16	2,88
3,70	18	0,750	38,80	51,76	1,94	2,59
3,80	24	0,698	48,20	69,01	2,41	3,45

Studio di geologia tecnica – geol. Dott. Carbone Luigi - Viale Italia n. 42, Polistena (RC)
 tel. 0966940910 – 3407997101 mail :geologoluigicarbone@virgilio.it

3,90	15	0,747	30,80	41,22	1,54	2,06
4,00	12	0,796	26,25	32,98	1,31	1,65
4,10	12	0,795	26,21	32,98	1,31	1,65
4,20	15	0,744	30,66	41,22	1,53	2,06
4,30	17	0,743	34,69	46,72	1,73	2,34
4,40	16	0,741	32,60	43,97	1,63	2,20
4,50	22	0,690	41,74	60,46	2,09	3,02
4,60	18	0,739	36,57	49,47	1,83	2,47
4,70	17	0,738	34,49	46,72	1,72	2,34
4,80	15	0,737	30,38	41,22	1,52	2,06
4,90	10	0,786	20,69	26,32	1,03	1,32
5,00	7	0,785	14,46	18,42	0,72	0,92
5,10	8	0,784	16,51	21,05	0,83	1,05
5,20	18	0,733	34,72	47,37	1,74	2,37
5,30	29	0,682	52,05	76,32	2,60	3,82
5,40	29	0,681	51,97	76,32	2,60	3,82
5,50	18	0,730	34,58	47,37	1,73	2,37
5,60	18	0,729	34,54	47,37	1,73	2,37
5,70	14	0,728	26,83	36,84	1,34	1,84
5,80	18	0,727	34,45	47,37	1,72	2,37
5,90	24	0,676	40,98	60,59	2,05	3,03
6,00	20	0,725	36,63	50,49	1,83	2,52
6,10	17	0,725	31,10	42,92	1,55	2,15
6,20	16	0,724	29,23	40,39	1,46	2,02
6,30	17	0,723	31,02	42,92	1,55	2,15
6,40	17	0,722	30,99	42,92	1,55	2,15
6,50	23	0,671	38,97	58,06	1,95	2,90
6,60	20	0,720	36,37	50,49	1,82	2,52
6,70	20	0,720	36,33	50,49	1,82	2,52
6,80	16	0,719	29,03	40,39	1,45	2,02
6,90	23	0,668	37,27	55,80	1,86	2,79
7,00	21	0,667	33,99	50,94	1,70	2,55
7,10	21	0,666	33,95	50,94	1,70	2,55
7,20	18	0,716	31,25	43,67	1,56	2,18
7,30	18	0,715	31,22	43,67	1,56	2,18
7,40	17	0,714	29,45	41,24	1,47	2,06
7,50	17	0,713	29,42	41,24	1,47	2,06
7,60	18	0,713	31,12	43,67	1,56	2,18
7,70	20	0,712	34,54	48,52	1,73	2,43
7,80	19	0,711	32,78	46,09	1,64	2,30
7,90	22	0,661	33,93	51,36	1,70	2,57
8,00	18	0,710	29,83	42,02	1,49	2,10
8,10	21	0,659	32,32	49,03	1,62	2,45
8,20	24	0,659	36,90	56,03	1,85	2,80
8,30	27	0,658	41,47	63,04	2,07	3,15
8,40	27	0,657	41,43	63,04	2,07	3,15
8,50	28	0,657	42,92	65,37	2,15	3,27
8,60	25	0,656	38,29	58,37	1,91	2,92
8,70	28	0,655	42,84	65,37	2,14	3,27
8,80	26	0,655	39,74	60,70	1,99	3,04
8,90	27	0,654	39,74	60,75	1,99	3,04
9,00	31	0,603	42,09	69,75	2,10	3,49
9,10	29	0,653	42,60	65,25	2,13	3,26
9,20	27	0,652	39,63	60,75	1,98	3,04
9,30	28	0,652	41,06	63,00	2,05	3,15
9,40	25	0,651	36,62	56,25	1,83	2,81
9,50	27	0,651	39,52	60,75	1,98	3,04
9,60	31	0,600	41,85	69,75	2,09	3,49
9,70	29	0,649	42,37	65,25	2,12	3,26
9,80	32	0,599	43,11	72,00	2,16	3,60

Studio di geologia tecnica – geol. Dott. Carbone Luigi - Viale Italia n. 42, Polistena (RC)
tel. 0966940910 – 3407997101 mail :geologoluigicarbhone@virgilio.it

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturato (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
1,6	68,94	224,15	Incoerente	2,24	2,5	0,18	0,75	51,91	terreno di riporto
2,7	13,45	41,2	Incoerente	1,74	1,92	0,45	0,77	10,32	sabbie e sabbie con limi
3	26,67	77,33	Incoerente	2,0	2,4	0,58	0,77	20,46	sabbie e sabbie con ghiaie
5,1	8,33	21,93	Incoerente	1,6	1,9	0,96	0,78	6,48	sabbie a sabbie limose
8,1	19,57	48,89	Incoerente	1,89	1,95	1,21	0,79	15,38	sabbie
9,8	27,71	63,26		0,0	0,0	1,27	0,79	21,97	sabbie e sabbie con ghiaie



PROVA PENETROMETRICA N° 3

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10)(Medium)
 Prova eseguita in data 27/06/2013
 Profondità prova 9,30 mt
 Quota 4,00 mt
 Falda rilevata

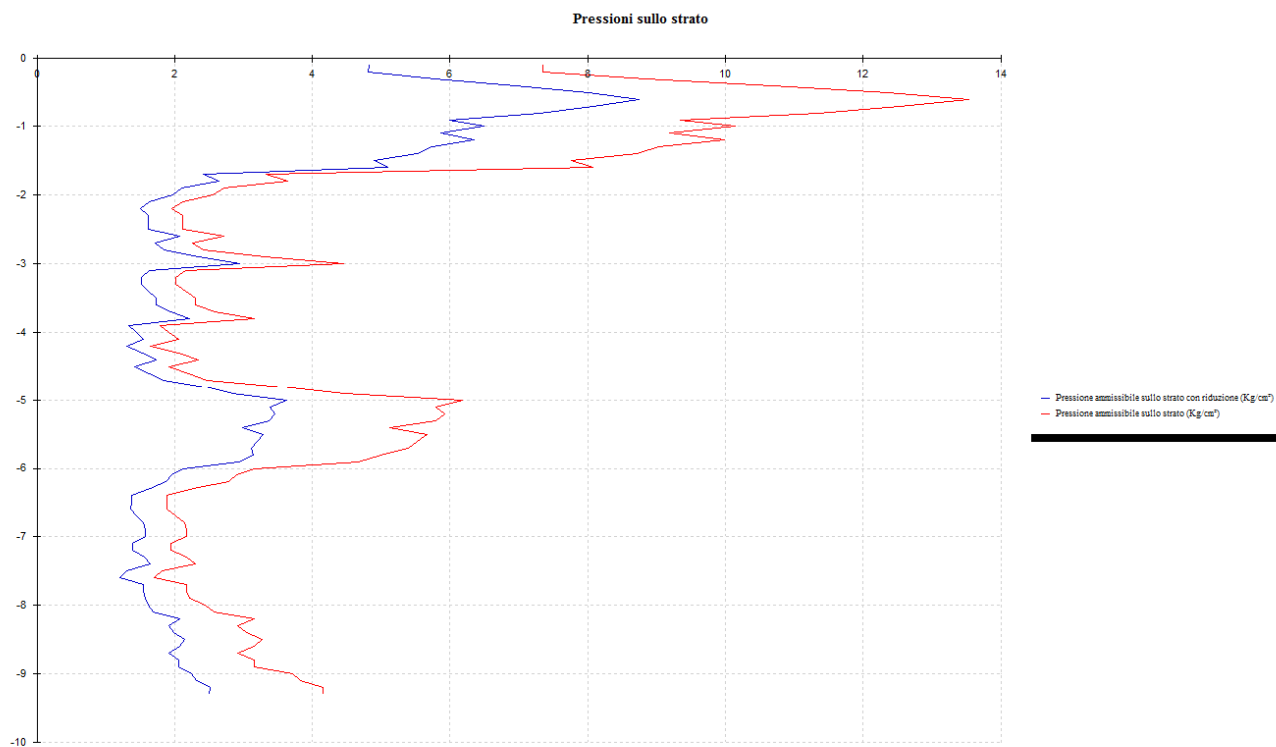
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	44	0,657	96,48	146,94	4,82	7,35
0,20	44	0,655	96,19	146,94	4,81	7,35
0,30	53	0,653	115,52	176,99	5,78	8,85
0,40	64	0,651	139,09	213,73	6,95	10,69
0,50	74	0,649	160,35	247,12	8,02	12,36
0,60	81	0,647	175,02	270,50	8,75	13,53
0,70	75	0,645	161,59	250,46	8,08	12,52
0,80	68	0,643	146,09	227,09	7,30	11,35
0,90	59	0,642	119,95	186,97	6,00	9,35
1,00	64	0,640	129,75	202,82	6,49	10,14
1,10	58	0,638	117,27	183,80	5,86	9,19
1,20	63	0,636	127,03	199,65	6,35	9,98
1,30	57	0,635	114,62	180,63	5,73	9,03
1,40	55	0,633	110,31	174,30	5,52	8,71
1,50	49	0,631	98,01	155,28	4,90	7,76
1,60	51	0,630	101,75	161,62	5,09	8,08
1,70	21	0,728	48,44	66,55	2,42	3,33
1,80	23	0,726	52,94	72,89	2,65	3,64
1,90	18	0,775	42,05	54,27	2,10	2,71
2,00	17	0,773	39,63	51,26	1,98	2,56
2,10	14	0,772	32,57	42,21	1,63	2,11
2,20	13	0,770	30,19	39,20	1,51	1,96
2,30	14	0,769	32,44	42,21	1,62	2,11
2,40	14	0,767	32,38	42,21	1,62	2,11
2,50	14	0,766	32,32	42,21	1,62	2,11
2,60	18	0,764	41,48	54,27	2,07	2,71
2,70	15	0,763	34,50	45,23	1,72	2,26
2,80	16	0,761	36,73	48,24	1,84	2,41
2,90	23	0,710	46,96	66,13	2,35	3,31
3,00	31	0,659	58,71	89,14	2,94	4,46
3,10	15	0,757	32,66	43,13	1,63	2,16
3,20	14	0,756	30,43	40,26	1,52	2,01
3,30	14	0,755	30,38	40,26	1,52	2,01
3,40	15	0,753	32,49	43,13	1,62	2,16
3,50	16	0,752	34,60	46,01	1,73	2,30
3,60	16	0,751	34,54	46,01	1,73	2,30
3,70	18	0,750	38,80	51,76	1,94	2,59
3,80	22	0,698	44,18	63,26	2,21	3,16
3,90	13	0,747	26,69	35,73	1,33	1,79
4,00	14	0,746	28,70	38,47	1,44	1,92

Studio di geologia tecnica – geol. Dott. Carbone Luigi - Viale Italia n. 42, Polistena (RC)
 tel. 0966940910 – 3407997101 mail :geologoluigicarbonate@virgilio.it

4,10	15	0,745	30,70	41,22	1,54	2,06
4,20	12	0,794	26,17	32,98	1,31	1,65
4,30	15	0,743	30,61	41,22	1,53	2,06
4,40	17	0,741	34,64	46,72	1,73	2,34
4,50	14	0,740	28,48	38,47	1,42	1,92
4,60	16	0,739	32,50	43,97	1,63	2,20
4,70	18	0,738	36,51	49,47	1,83	2,47
4,80	26	0,687	49,09	71,45	2,45	3,57
4,90	34	0,636	56,91	89,47	2,85	4,47
5,00	47	0,585	72,36	123,68	3,62	6,18
5,10	44	0,584	67,62	115,79	3,38	5,79
5,20	45	0,583	69,04	118,42	3,45	5,92
5,30	44	0,582	67,39	115,79	3,37	5,79
5,40	39	0,581	59,63	102,63	2,98	5,13
5,50	43	0,580	65,64	113,16	3,28	5,66
5,60	42	0,579	64,01	110,53	3,20	5,53
5,70	41	0,578	62,38	107,89	3,12	5,39
5,80	38	0,627	62,73	100,00	3,14	5,00
5,90	37	0,626	58,51	93,41	2,93	4,67
6,00	25	0,675	42,63	63,11	2,13	3,16
6,10	23	0,675	39,17	58,06	1,96	2,90
6,20	22	0,674	37,42	55,54	1,87	2,78
6,30	18	0,723	32,85	45,44	1,64	2,27
6,40	15	0,722	27,34	37,87	1,37	1,89
6,50	15	0,721	27,31	37,87	1,37	1,89
6,60	15	0,720	27,28	37,87	1,36	1,89
6,70	16	0,720	29,06	40,39	1,45	2,02
6,80	17	0,719	30,85	42,92	1,54	2,15
6,90	18	0,718	31,35	43,67	1,57	2,18
7,00	18	0,717	31,32	43,67	1,57	2,18
7,10	16	0,716	27,81	38,81	1,39	1,94
7,20	16	0,716	27,78	38,81	1,39	1,94
7,30	18	0,715	31,22	43,67	1,56	2,18
7,40	19	0,714	32,92	46,09	1,65	2,30
7,50	15	0,713	25,96	36,39	1,30	1,82
7,60	14	0,713	24,21	33,96	1,21	1,70
7,70	18	0,712	31,09	43,67	1,55	2,18
7,80	18	0,711	31,06	43,67	1,55	2,18
7,90	19	0,711	31,52	44,36	1,58	2,22
8,00	21	0,660	32,35	49,03	1,62	2,45
8,10	22	0,659	33,86	51,36	1,69	2,57
8,20	27	0,659	41,51	63,04	2,08	3,15
8,30	25	0,658	38,40	58,37	1,92	2,92
8,40	26	0,657	39,90	60,70	1,99	3,04
8,50	28	0,657	42,92	65,37	2,15	3,27
8,60	27	0,656	41,35	63,04	2,07	3,15
8,70	25	0,655	38,25	58,37	1,91	2,92
8,80	27	0,655	41,27	63,04	2,06	3,15
8,90	28	0,654	41,21	63,00	2,06	3,15
9,00	33	0,603	44,81	74,25	2,24	3,71
9,10	34	0,603	46,12	76,50	2,31	3,83
9,20	37	0,602	50,14	83,25	2,51	4,16
9,30	37	0,602	50,09	83,25	2,50	4,16

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
1,6	61	198,53	Incoerente	2,23	2,5	0,18	0,76	46,42	terreno di riporto
4,5	16,59	48,44	Incoerente	1,81	1,93	0,62	0,76	12,62	sabbie e sabbie limose
6,2	34,35	90,14	Incoerente	2,09	2,5	1,06	0,76	26,14	sabbie
8,1	17,26	42,08	Incoerente	1,85	1,94	1,3	0,76	13,13	sabbie e sabbie limose
9,3	29,5	67,68	Incoerente	1,97	1,97	1,45	0,76	22,45	sabbie e sabbie con ghiaie



PROVA PENETROMETRICA N° 4

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10)(Medium)
 Prova eseguita in data 27/06/2013
 Profondità prova 5,70 mt
 Quota 4,00 mt
 Falda non rilevata

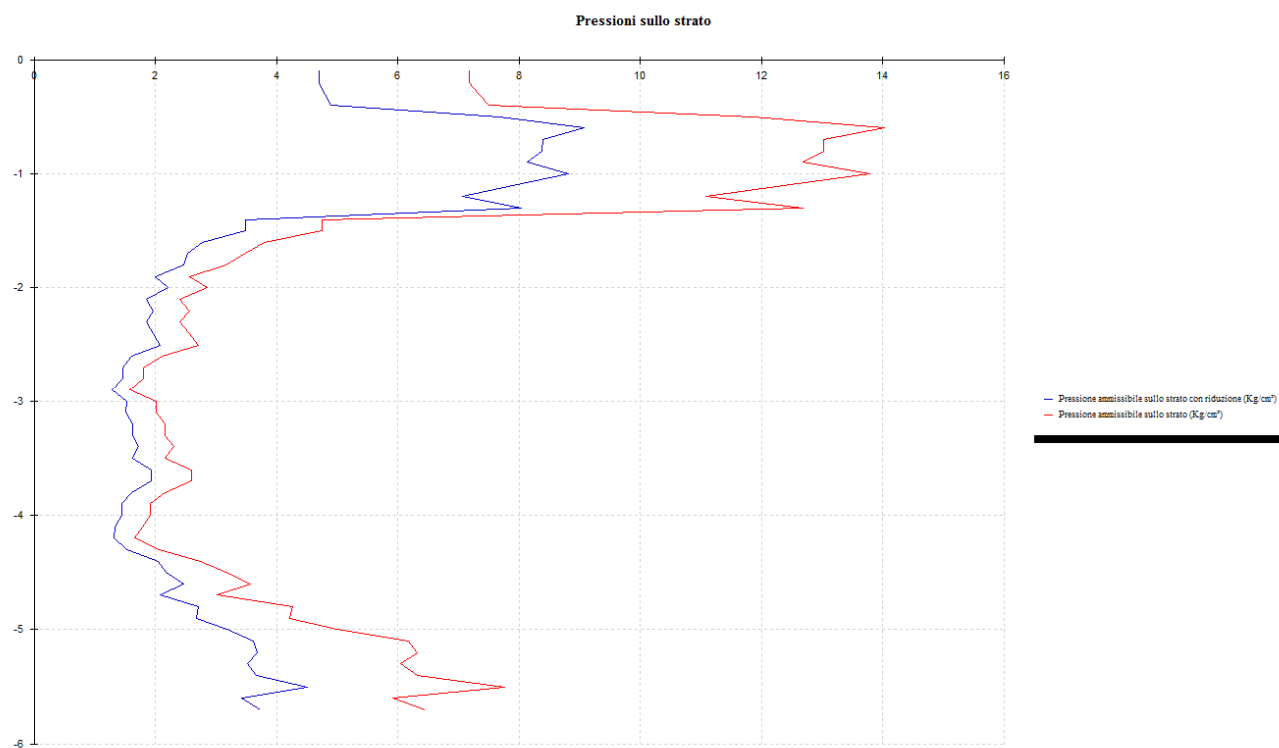
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	43	0,657	94,29	143,60	4,71	7,18
0,20	43	0,655	94,00	143,60	4,70	7,18
0,30	44	0,653	95,91	146,94	4,80	7,35
0,40	45	0,651	97,80	150,28	4,89	7,51
0,50	71	0,649	153,85	237,11	7,69	11,86
0,60	84	0,647	181,50	280,52	9,07	14,03
0,70	78	0,645	168,05	260,48	8,40	13,02
0,80	78	0,643	167,58	260,48	8,38	13,02
0,90	80	0,642	162,64	253,52	8,13	12,68
1,00	87	0,640	176,38	275,70	8,82	13,79
1,10	78	0,638	157,70	247,18	7,89	12,36
1,20	70	0,636	141,14	221,83	7,06	11,09
1,30	80	0,635	160,87	253,52	8,04	12,68
1,40	30	0,733	69,67	95,07	3,48	4,75
1,50	30	0,731	69,52	95,07	3,48	4,75
1,60	24	0,730	55,49	76,06	2,77	3,80
1,70	22	0,728	50,75	69,72	2,54	3,49
1,80	20	0,776	49,20	63,38	2,46	3,17
1,90	17	0,775	39,71	51,26	1,99	2,56
2,00	19	0,773	44,29	57,29	2,21	2,86
2,10	16	0,772	37,23	48,24	1,86	2,41
2,20	17	0,770	39,47	51,26	1,97	2,56
2,30	16	0,769	37,08	48,24	1,85	2,41
2,40	17	0,767	39,32	51,26	1,97	2,56
2,50	18	0,766	41,55	54,27	2,08	2,71
2,60	14	0,764	32,26	42,21	1,61	2,11
2,70	12	0,813	29,41	36,18	1,47	1,81
2,80	12	0,811	29,36	36,18	1,47	1,81
2,90	11	0,810	25,62	31,63	1,28	1,58
3,00	14	0,759	30,54	40,26	1,53	2,01
3,10	14	0,757	30,49	40,26	1,52	2,01
3,20	15	0,756	32,61	43,13	1,63	2,16
3,30	15	0,755	32,55	43,13	1,63	2,16
3,40	16	0,753	34,66	46,01	1,73	2,30
3,50	15	0,752	32,44	43,13	1,62	2,16
3,60	18	0,751	38,86	51,76	1,94	2,59
3,70	18	0,750	38,80	51,76	1,94	2,59
3,80	15	0,748	32,28	43,13	1,61	2,16
3,90	14	0,747	28,75	38,47	1,44	1,92

Studio di geologia tecnica – geol. Dott. Carbone Luigi - Viale Italia n. 42, Polistena (RC)
 tel. 0966940910 – 3407997101 mail :geologoluigicarbone@virgilio.it

4,00	14	0,746	28,70	38,47	1,44	1,92
4,10	13	0,745	26,61	35,73	1,33	1,79
4,20	12	0,794	26,17	32,98	1,31	1,65
4,30	15	0,743	30,61	41,22	1,53	2,06
4,40	20	0,741	40,75	54,96	2,04	2,75
4,50	23	0,690	43,63	63,21	2,18	3,16
4,60	26	0,689	49,25	71,45	2,46	3,57
4,70	22	0,688	41,60	60,46	2,08	3,02
4,80	31	0,637	54,28	85,19	2,71	4,26
4,90	32	0,636	53,56	84,21	2,68	4,21
5,00	38	0,635	63,50	100,00	3,18	5,00
5,10	47	0,584	72,23	123,68	3,61	6,18
5,20	48	0,583	73,64	126,32	3,68	6,32
5,30	46	0,582	70,45	121,05	3,52	6,05
5,40	48	0,581	73,39	126,32	3,67	6,32
5,50	59	0,580	90,07	155,26	4,50	7,76
5,60	45	0,579	68,58	118,42	3,43	5,92
5,70	49	0,578	74,56	128,95	3,73	6,45

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturato (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
1,6	58,53	191,02	Incoerente	2,22	2,5	0,18	0,75	44,07	terreno di riporto
4,3	15,42	45,24	Incoerente	1,79	1,93	0,6	0,77	11,83	sabbie e sabbie con limi
5,6	37,31	99,27	Incoerente	2,13	2,5	0,98	0,78	29,03	sabbie e sabbie con ghiaie



8.1.1 INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI DELLE PROVE PENETROMETRICHE

➤ **Resistenza dinamica e ricostruzione litostratigrafica**

La registrazione del numero di colpi penetrometrici durante la prova ha permesso il calcolo della resistenza dinamica dei terreni all'infissione pari a:

$$R_d = \frac{M^2 * h}{A * e (M + nP)} * Chi$$

con:

M = peso del maglio30 Kg

h = altezza di caduta costante M20 cm

A = sezione della punta conica a perdere10 cmq

e = con N corrispondente al numero di colpi.....10/N

per ogni approfondimento di 10 cm

P = peso delle aste penetrometriche2.4 Kg/ml

n = numero delle aste infisse,

Chi = coefficiente caratteristico del penetrometro DMP 30 - 20 PAGANI,
funzione del numero di aste infisse.

Il numero di colpi penetrometrici registrato, correlato in maniera indiretta con la natura dei terreni, ha consentito la ricostruzione della successione litostratigrafica così come indicato di seguito.

PROVA PENETROMETRICA N° 1

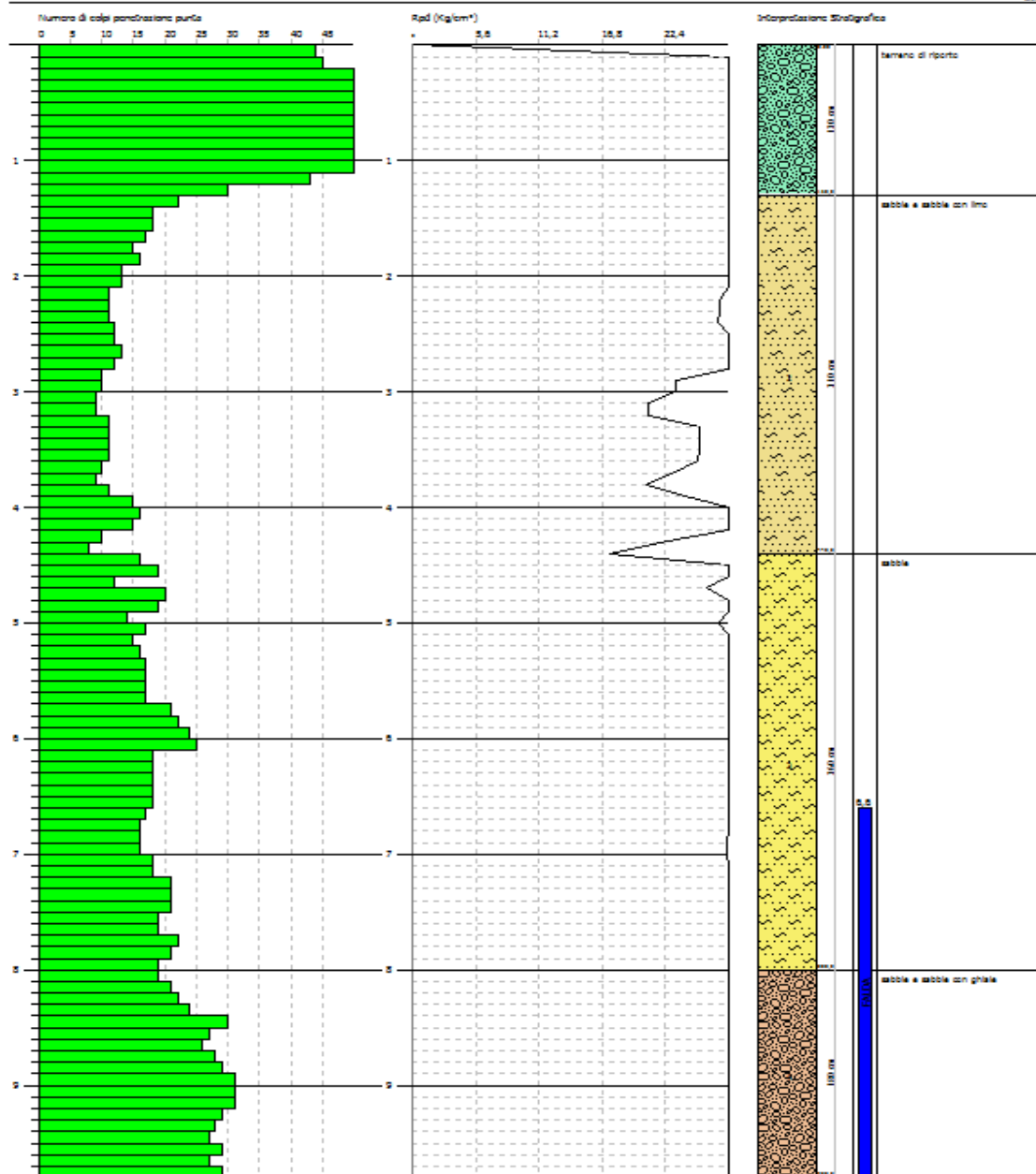
geologo dott. Luigi Carbone
Viale Italia n. 42
89024 Polistena RC ITALY
www.geostru.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°1
Strumento utilizzato: CPM (DUSO 10) (Medium)

Committente: Agenzia delle Dogane
Cantiere: Gole Taurino
Località: Porto

Data: 27/06/2012

Scala: 1:40



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

Studio di geologia tecnica – geol. Dott. Carbone Luigi - Viale Italia n. 42, Polistena (RC)
tel. 0966940910 – 3407997101 mail :geologoluigicarbone@virgilio.it

PROVA PENETROMETRICA N° 2

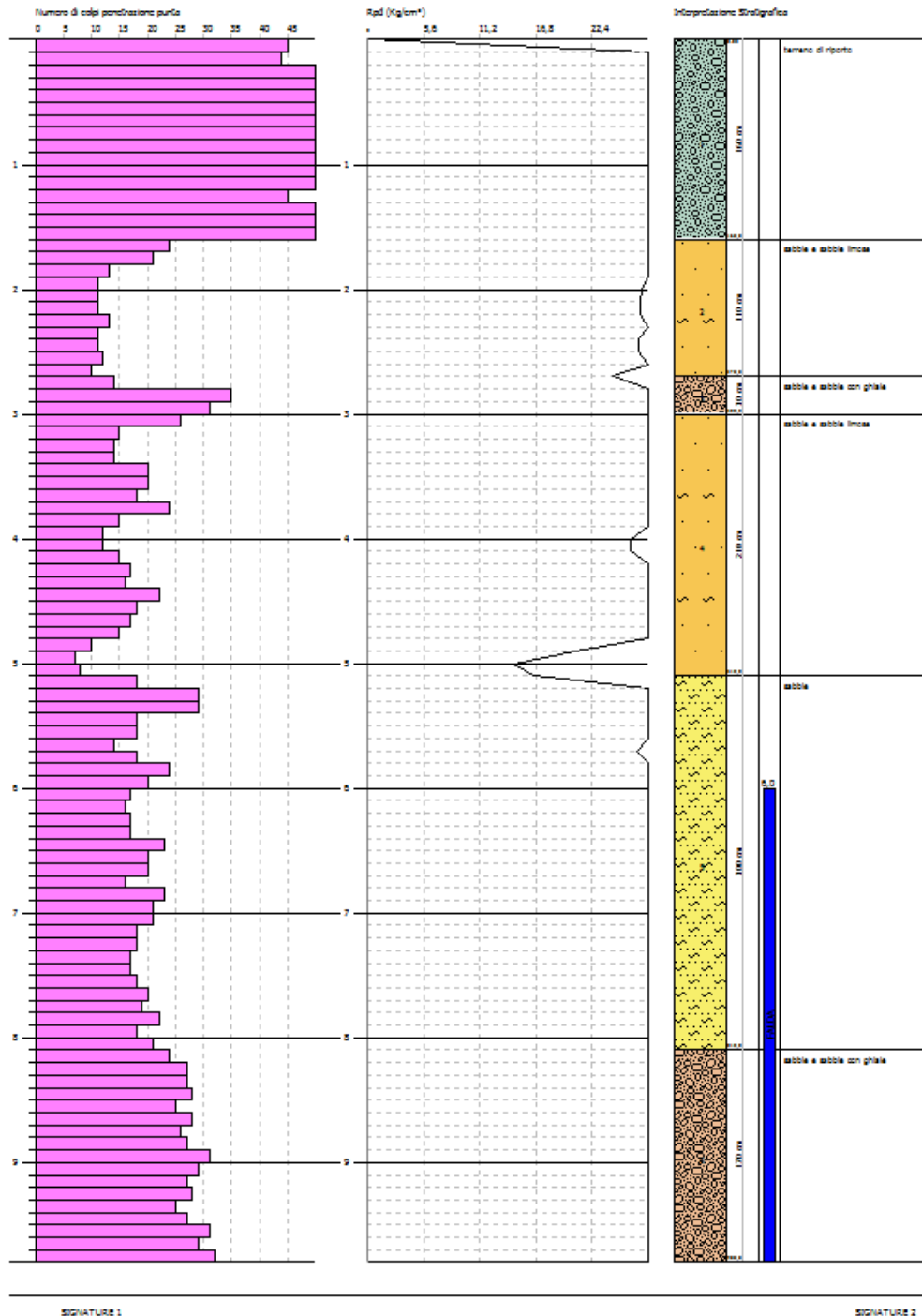
geologo dott. Luigi Carbone
Viale Italia n. 42
59034 Polistena (RC) ITALY
www.geoluigi.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°2
Strumento utilizzato: DPM (DUSO 10) (Medium)

Committente: Agenzia delle Opere
Cantieri: Gola Taurus
Località: Porto

Data: 27/05/2012

Scala 1:40



Studio di geologia tecnica – geol. Dott. Carbone Luigi - Viale Italia n. 42, Polistena (RC)
tel. 0966940910 – 3407997101 mail :geologoluigicarbone@virgilio.it

PROVA PENETROMETRICA N° 3

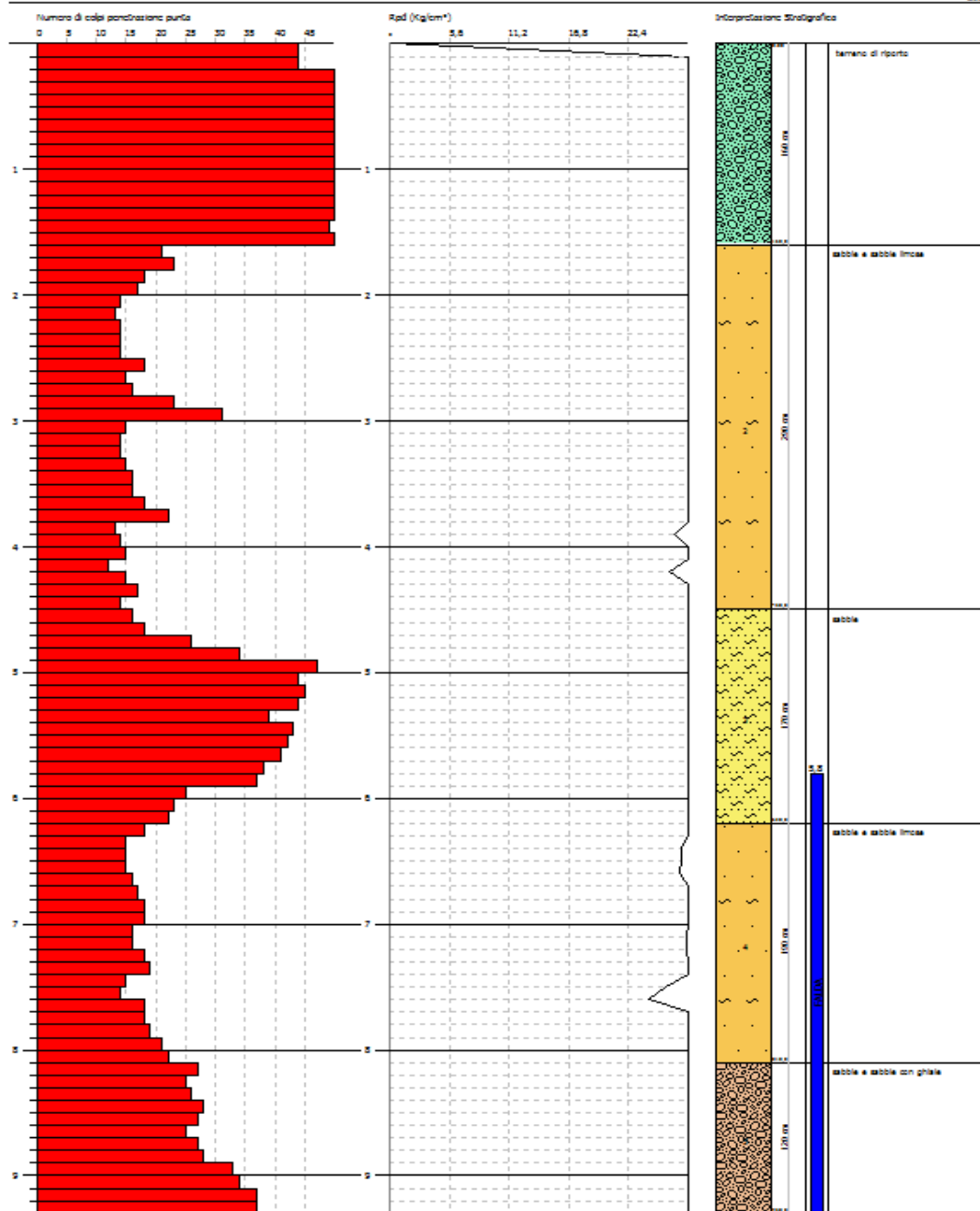
geologo dott. Luigi Carbone
Viale Italia n. 42
89024 Polistena (RC) ITALY
www.geositu.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N° 3
Strumento utilizzato: QPM (DIN 51 40) (Medium)

Committente: Agenzia delle Dogane
Cantiere: Gola Tauro
Località: Porto

Data: 27/04/2012

Scala 1:40



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

Studio di geologia tecnica – geol. Dott. Carbone Luigi - Viale Italia n. 42, Polistena (RC)
tel. 0966940910 – 3407997101 mail :geologoluigicarbone@virgilio.it

PROVA PENETROMETRICA N° 4

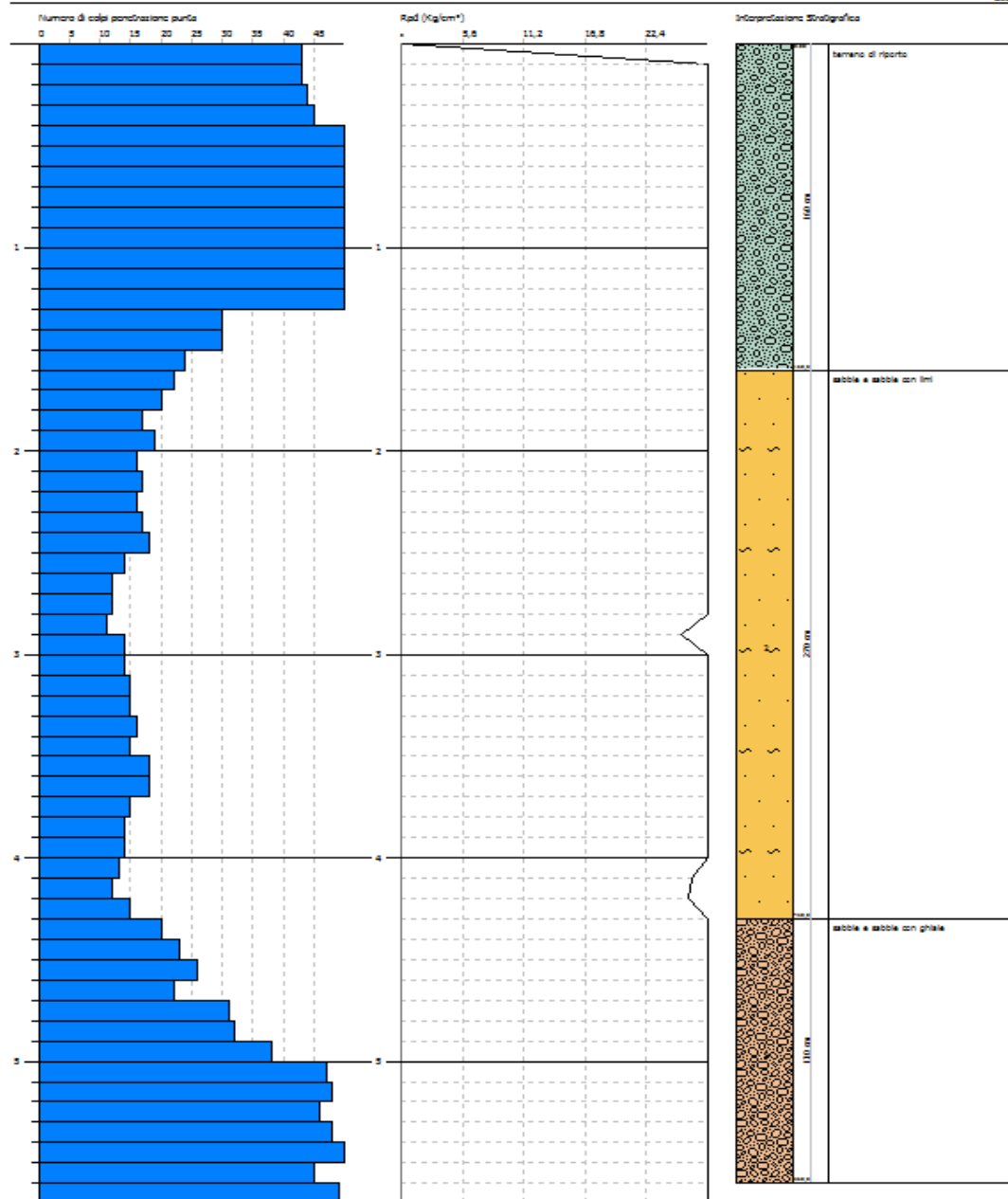
geologo dott. Luigi Carbone
Viale Italia n. 42
59034 Polistena (RC) ITALY
www.geositu.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°4
Strumento utilizzato: DPM (DUSSO 10) (Medium)

Committente: Agenzia delle Dogane
Cantiera: Gola Tauro
Località: Porto

Data: 27/06/2012

Scala 1:25



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

STRATIGRAFIA PROVA PENETROMETRICA P1

Metri	Litologia
0,00 – 1,30	Sabbie e sabbie con ghiaie
1,30 – 4,40	Sabbie con limo
4,40 – 8,00	Sabbia e limo
8,00 – 9,80	Ghiaia e sabbia

In corrispondenza della prova si è rilevata la presenza della falda alla profondità di 6,50 metri dal p.c..

STRATIGRAFIA PROVA PENETROMETRICA P2

Metri	Litologia
0,00 – 1,60	Terreno di riporto
1,60 – 2,70	Sabbie e sabbie con limi
2,70 – 3,00	Sabbie e sabbie con ghiaie
3,00 – 5,10	Sabbie e sabbie con limi
5,10 – 8,10	Sabbie
8,10 – 9,80	Sabbie e sabbie con ghiaie

In corrispondenza della prova si è rilevata la presenza della falda alla profondità di 6,00 metri dal p.c..

STRATIGRAFIA PROVA PENETROMETRICA P3

Metri	Litologia
0,00 – 1,60	Terreno di riporto
1,60 – 4,50	Sabbie e sabbie limose
4,50 – 6,20	Sabbie
6,20 – 8,10	Sabbie e sabbie limose
8,10 – 9,30	Sabbie e sabbie con ghiaie

In corrispondenza della prova si è rilevata la presenza della falda alla profondità di 5,80 metri dal p.c..

STRATIGRAFIA PROVA PENETROMETRICA P4

Metri	Litologia
0,00 – 1,60	Terreno di riporto
1,60 – 4,30	Sabbie e sabbie con limi
4,30 – 5,70	Sabbie e sabbie con ghiaie

In corrispondenza della prova non si è rilevata la presenza della falda acquifera.

Gli elaborati delle prove penetrometriche allegati contengono:

- *Gli istogrammi dei numeri di colpi penetrometrici registrati sino alla massima profondità di indagine;*
- *Le colonne stratigrafiche ricostruite per orizzonti omogenei di resistenza;*
- *Le correlazioni grafiche Numero di colpi penetrometrici – Resistenza dinamica;*
- *La tabella dei valori di resistenza dinamica e pressione ammissibile.*

➤ **Consistenza dei terreni e parametri geotecnici**

Le prove penetrometriche dinamiche continue forniscono, in relazione alla resistenza dinamica ed al numero di colpi registrato, i valori di consistenza dei terreni attraversati.

Sulla base delle esperienze condotte sui terreni esiste una corrispondenza fra il numero di colpi N ottenuto con il penetrometro dinamico per infissioni di 10 cm, ed il numero di colpi N registrato con prove penetrometriche dinamiche di tipo S.P.T. per infissioni di 30 cm.

Risulta cioè :

$$0,7 - 0,8 N_{SPT (30)} < N_{TG 30-20 (10)} < 1,2 N_{SPT (30)}$$

Tale correlazione ha consentito di ricavare i valori qualitativi della consistenza dei terreni secondo la tabella riportata di seguito:

Consistenza	Molto sciolti	Sciolti	Mediamente addensati	Addensati	Molto addensati
Colpi penetrometrici N ₁₀	< 4	4 - 10	10 - 35	35 - 60	60
SPT N ₃₀	< 4	4 - 10	10 - 30	30 - 50	> 50

Per i terreni incoerenti il valore di colpi penetrometrici N_{10} compreso tra 0–4 indica un deposito molto sciolto; tra 4–10 sciolto; tra 10–35, mediamente addensato; tra 35 – 60, addensato e > 60 molto addensato.

Ne deriva che i terreni riscontrati nel corso delle prove penetrometriche risultano variabili da sciolti a mediamente addensati, così come riportato di seguito:

PROVA PENETROMETRICA P1			
Metri	Litologia	NSPT	Consistenza
0,00 – 1,30	Sabbie e sabbie con ghiaie	46.81	Addensate
1,30 – 4,40	Sabbie con limo	9.66	Sciolte
4,40 – 8,00	Sabbia e limo	14.39	Mediamente addensate
8,00 – 9,80	Ghiaia e sabbia	18.25	Mediamente addensate

PROVA PENETROMETRICA P2			
Metri	Litologia	NSPT	Consistenza
0,00 – 1,60	Terreno di riporto	51.91	Addensate
1,60 – 2,70	Sabbie e sabbie con limi	10.32	Sciolte
2,70 – 3,00	Sabbie e sabbie con ghiaie	20.46	Mediamente addensate
3,00 – 5,10	Sabbie e sabbie con limi	6.48	Sciolte
5,10 – 8,10	Sabbie	15.38	Mediamente addensate
8,10 – 9,80	Sabbie e sabbie con ghiaie	21.97	Mediamente addensate

PROVA PENETROMETRICA P3			
Metri		NSPT	
0,00 – 1,60	Terreno di riporto	46.42	Addensate
1,60 – 4,50	Sabbie e sabbie limose	12.62	Da sciolte a mediamente addensate
4,50 – 6,20	Sabbie	26.14	Mediamente addensate
6,20 – 8,10	Sabbie e sabbie limose	13.13	Mediamente addensate
8,10 – 9,30	Sabbie e sabbie con ghiaie	22.45	Mediamente addensate

PROVA PENETROMETRICA P4			
Metri		NSPT	
0,00 – 1,60	Terreno di riporto	44.07	Addensato
1,60 – 4,30	Sabbie e sabbie con limi	11.83	Da sciolte a mediamente addensate
4,30 – 5,70	Sabbie e sabbie con ghiaie	29.03	Mediamente addensate

Le indagini penetrometriche effettuate hanno consentito di ricavare, utilizzando i metodi già descritti per l'elaborazione delle prove SPT, i principali parametri geotecnici dei terreni indagati, riportati nelle tabelle allegate di seguito:

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PENETROMETRICA N° 1

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - terreno di riporto	46,81	1,30	46,81	Gibbs & Holtz 1957	77,99
[2] - sabbie e sabbie con limo	9,66	4,40	9,66	Gibbs & Holtz 1957	29,76
[3] - sabbie	14,39	8,00	14,39	Gibbs & Holtz 1957	30,2
[4] - sabbie e sabbie con ghiaie	21,5	9,80	18,25	Gibbs & Holtz 1957	35,44

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - terreno di riporto	46,81	1,30	46,81	Japanese National Railway	41,04
[2] - sabbie e sabbie con limo	9,66	4,40	9,66	Shioi-Fukuni (1982)	27,04
[3] - sabbie	14,39	8,00	14,39	Japanese National Railway	31,32
[4] - sabbie e sabbie con ghiaie	21,5	9,80	18,25	Japanese National Railway	32,47

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
[1] - terreno di riporto	46,81	1,30	46,81	Bowles (1982) Sabbia Media	309,05
[2] - sabbie e sabbie con limo	9,66	4,40	9,66	Bowles (1982) Sabbia Media	---
[3] - sabbie	14,39	8,00	14,39	Bowles (1982) Sabbia Media	146,95
[4] - sabbie e sabbie con ghiaie	21,5	9,80	18,25	Bowles (1982) Sabbia Media	166,25

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
[1] - terreno di riporto	46,81	1,30	46,81	Menzenbach e Malcev	246,77
[2] - sabbie e sabbie con limo	9,66	4,40	9,66	Menzenbach e Malcev	72,2
[3] - sabbie	14,39	8,00	14,39	Menzenbach e Malcev	88,94
[4] - sabbie e sabbie con ghiaie	21,5	9,80	18,25	Menzenbach e Malcev	119,39

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - terreno di riporto	46,81	1,30	46,81	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
[2] - sabbie e sabbie con limo	9,66	4,40	9,66	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] - sabbie	14,39	8,00	14,39	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] - sabbie e sabbie con ghiaie	21,5	9,80	18,25	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
[1] - terreno di riporto	46,81	1,30	46,81	Meyerhof ed altri	2,23
[2] - sabbie e sabbie con limo	9,66	4,40	9,66	Meyerhof ed altri	1,72
[3] - sabbie	14,39	8,00	14,39	Meyerhof ed altri	1,86
[4] - sabbie e sabbie con ghiaie	21,5	9,80	18,25	Meyerhof ed altri	1,96

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
[1] - terreno di riporto	46,81	1,30	46,81	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50
[2] - sabbie e sabbie con limo	9,66	4,40	9,66	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,92
[3] - sabbie	14,39	8,00	14,39	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,95
[4] - sabbie e sabbie con ghiaie	21,5	9,80	18,25	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,97

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - terreno di riporto	46,81	1,30	46,81	(A.G.I.)	0,26
[2] - sabbie e sabbie con limo	9,66	4,40	9,66	(A.G.I.)	0,33
[3] - sabbie	14,39	8,00	14,39	(A.G.I.)	0,33
[4] - sabbie e sabbie con ghiaie	21,5	9,80	18,25	(A.G.I.)	0,32

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PENETROMETRICA N° 2

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - terreno di riporto	51,91	1,60	51,91	Gibbs & Holtz 1957	80,13
[2] - sabbie e sabbie con limi	10,32	2,70	10,32	Gibbs & Holtz 1957	32,72
[3] - sabbie e sabbie con ghiaie	20,46	3,00	20,46	Gibbs & Holtz 1957	45,65
[4] - sabbie a sabbie con limi	13,31	4,80	13,31	Gibbs & Holtz 1957	33,21
[5] - sabbie	6,48	5,10	6,48	Gibbs & Holtz 1957	17,42
[6] – sabbie e sabbie con ghiaie	15,38	8,10	15,38	Gibbs & Holtz 1957	30,96

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - terreno di riporto	51,91	1,60	51,91	Japanese National Railway	42,57
[2] - sabbie e sabbie con limi	10,32	2,70	10,32	Shioi-Fukuni (1982)	27,44
[3] - sabbie e sabbie con ghiaie	20,46	3,00	20,46	Japanese National Railway	33,14
[4] - sabbie a sabbie con limi	13,31	4,80	13,31	Japanese National Railway	30,99
[5] - sabbie	6,48	5,10	6,48	Shioi-Fukuni (1982)	24,86
[6] – sabbie e sabbie con ghiaie	15,38	8,10	15,38	Japanese National Railway	31,61

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
[1] - terreno di riporto	51,91	1,60	51,91	Bowles (1982) Sabbia Media	334,55
[2] - sabbie e sabbie con limi	10,32	2,70	10,32	Bowles (1982) Sabbia Media	126,60
[3] - sabbie e sabbie con ghiaie	20,46	3,00	20,46	Bowles (1982) Sabbia Media	177,30
[4] - sabbie a sabbie con limi	13,31	4,80	13,31	Bowles (1982) Sabbia Media	141,55
[5] - sabbie	6,48	5,10	6,48	Bowles (1982) Sabbia Media	---
[6] – sabbie e sabbie con ghiaie	15,38	8,10	15,38	Bowles (1982) Sabbia Media	151,90

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
[1] - terreno di riporto	51,91	1,60	51,91	Menzenbach e Malcev	269,52
[2] - sabbie e sabbie con limi	10,32	2,70	10,32	Menzenbach e Malcev	74,53
[3] - sabbie e sabbie con ghiaie	20,46	3,00	20,46	Menzenbach e Malcev	129,25
[4] - sabbie a sabbie con limi	13,31	4,80	13,31	Menzenbach e Malcev	97,36
[5] - sabbie	6,48	5,10	6,48	Menzenbach e Malcev	60,94
[6] – sabbie e sabbie con ghiaie	15,38	8,10	15,38	Menzenbach e Malcev	106,59

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - terreno di riporto	51,91	1,60	51,91	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
[2] - sabbie e sabbie con limi	10,32	2,70	10,32	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - sabbie e sabbie con ghiaie	20,46	3,00	20,46	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] - sabbie a sabbie con limi	13,31	4,80	13,31	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[5] - sabbie	6,48	5,10	6,48	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[6] – sabbie e sabbie con ghiaie	15,38	8,10	15,38	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
[1] - terreno di riporto	51,91	1,60	51,91	Meyerhof ed altri	2,24
[2] - sabbie e sabbie con limi	10,32	2,70	10,32	Meyerhof ed altri	1,74
[3] - sabbie e sabbie con ghiaie	20,46	3,00	20,46	Meyerhof ed altri	2,00
[4] - sabbie a sabbie con limi	13,31	4,80	13,31	Meyerhof ed altri	1,83
[5] - sabbie	6,48	5,10	6,48	Meyerhof ed altri	1,60
[6] – sabbie e sabbie con ghiaie	15,38	8,10	15,38	Meyerhof ed altri	1,89

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
[1] - terreno di riporto	51,91	1,60	51,91	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50
[2] - sabbie e sabbie con limi	10,32	2,70	10,32	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,92
[3] - sabbie e sabbie con ghiaie	20,46	3,00	20,46	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,40
[4] - sabbie a sabbie con limi	13,31	4,80	13,31	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,94
[5] - sabbie	6,48	5,10	6,48	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90
[6] – sabbie e sabbie con ghiaie	15,38	8,10	15,38	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,95

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - terreno di riporto	51,91	1,60	51,91	(A.G.I.)	0,25
[2] - sabbie e sabbie con limi	10,32	2,70	10,32	(A.G.I.)	0,33
[3] - sabbie e sabbie con ghiaie	20,46	3,00	20,46	(A.G.I.)	0,31
[4] - sabbie a sabbie con limi	13,31	4,80	13,31	(A.G.I.)	0,33
[5] - sabbie	6,48	5,10	6,48	(A.G.I.)	0,34
[6] – sabbie e sabbie con ghiaie	15,38	8,10	15,38	(A.G.I.)	0,32

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PENETROMETRICA N° 3

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - terreno di riporto	46,42	1,60	46,42	Gibbs & Holtz 1957	76,72
[2] - sabbie e sabbie limose	12,62	4,50	12,62	Gibbs & Holtz 1957	34,3
[3] - sabbie	26,14	6,20	26,14	Gibbs & Holtz 1957	44,24
[4] - sabbie e sabbie limose	13,13	8,10	13,13	Gibbs & Holtz 1957	26,94
[5] - sabbie e sabbie con ghiaie	22,45	9,30	18,725	Gibbs & Holtz 1957	36,4

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - terreno di riporto	46,42	1,60	46,42	Japanese National Railway	40,93
[2] - sabbie e sabbie limose	12,62	4,50	12,62	Shioi-Fukuni (1982)	28,76
[3] - sabbie	26,14	6,20	26,14	Japanese National Railway	34,84
[4] - sabbie e sabbie limose	13,13	8,10	13,13	Shioi-Fukuni (1982)	29,03
[5] - sabbie e sabbie con ghiaie	22,45	9,30	18,725	Japanese National Railway	32,62

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
[1] - terreno di riporto	46,42	1,60	46,42	Bowles (1982) Sabbia Media	307,10
[2] - sabbie e sabbie limose	12,62	4,50	12,62	Bowles (1982) Sabbia Media	138,10
[3] - sabbie	26,14	6,20	26,14	Bowles (1982) Sabbia Media	205,70
[4] - sabbie e sabbie limose	13,13	8,10	13,13	Bowles (1982) Sabbia Media	140,65
[5] - sabbie e sabbie con ghiaie	22,45	9,30	18,725	Bowles (1982) Sabbia Media	168,62

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
[1] - terreno di riporto	46,42	1,60	46,42	Menzenbach e Malcev	245,03
[2] - sabbie e sabbie limose	12,62	4,50	12,62	Menzenbach e Malcev	82,67
[3] - sabbie	26,14	6,20	26,14	Menzenbach e Malcev	154,58
[4] - sabbie e sabbie limose	13,13	8,10	13,13	Menzenbach e Malcev	84,48
[5] - sabbie e sabbie con ghiaie	22,45	9,30	18,725	Menzenbach e Malcev	121,51

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - terreno di riporto	46,42	1,60	46,42	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
[2] - sabbie e sabbie limose	12,62	4,50	12,62	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - sabbie	26,14	6,20	26,14	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] - sabbie e sabbie limose	13,13	8,10	13,13	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[5] - sabbie e sabbie con ghiaie	22,45	9,30	18,725	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
[1] - terreno di riporto	46,42	1,60	46,42	Meyerhof ed altri	2,23
[2] - sabbie e sabbie limose	12,62	4,50	12,62	Meyerhof ed altri	1,81
[3] - sabbie	26,14	6,20	26,14	Meyerhof ed altri	2,09
[4] - sabbie e sabbie limose	13,13	8,10	13,13	Meyerhof ed altri	1,83
[5] - sabbie e sabbie con ghiaie	22,45	9,30	18,725	Meyerhof ed altri	1,97

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
[1] - terreno di riporto	46,42	1,60	46,42	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50
[2] - sabbie e sabbie limose	12,62	4,50	12,62	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,93
[3] - sabbie	26,14	6,20	26,14	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50
[4] - sabbie e sabbie limose	13,13	8,10	13,13	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,94
[5] - sabbie e sabbie con ghiaie	22,45	9,30	18,725	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,97

Studio di geologia tecnica – geol. Dott. Carbone Luigi - Viale Italia n. 42, Polistena (RC)
tel. 0966940910 – 3407997101 mail :geologoluigicarbhone@virgilio.it

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - terreno di riporto	46,42	1,60	46,42	(A.G.I.)	0,26
[2] - sabbie e sabbie limose	12,62	4,50	12,62	(A.G.I.)	0,33
[3] - sabbie	26,14	6,20	26,14	(A.G.I.)	0,3
[4] - sabbie e sabbie limose	13,13	8,10	13,13	(A.G.I.)	0,33
[5] - sabbie e sabbie con ghiaie	22,45	9,30	18,725	(A.G.I.)	0,32

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PENETROMETRICA N° 4**TERRENI INCOERENTI**

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - terreno di riporto	44,07	1,60	44,07	Gibbs & Holtz 1957	75,18
[2] - sabbie e sabbie con limi	11,83	4,30	11,83	Gibbs & Holtz 1957	33,29
[3] - sabbie e sabbie con ghiaie	29,03	5,60	29,03	Gibbs & Holtz 1957	47,81

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - terreno di riporto	44,07	1,60	44,07	Japanese National Railway	40,22
[2] - sabbie e sabbie con limi	11,83	4,30	11,83	Shioi-Fukuni (1982)	28,32
[3] - sabbie e sabbie con ghiaie	29,03	5,60	29,03	Japanese National Railway	35,71

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
[1] - terreno di riporto	44,07	1,60	44,07	Bowles (1982) Sabbia Media	295,35
[2] - sabbie e sabbie con limi	11,83	4,30	11,83	Bowles (1982) Sabbia Media	134,15
[3] - sabbie e sabbie con ghiaie	29,03	5,60	29,03	Bowles (1982) Sabbia Media	220,15

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
[1] - terreno di riporto	44,07	1,60	44,07	Menzenbach e Malcev	234,55
[2] - sabbie e sabbie con limi	11,83	4,30	11,83	Menzenbach e Malcev	79,88
[3] - sabbie e sabbie con ghiaie	29,03	5,60	29,03	Menzenbach e Malcev	167,47

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - terreno di riporto	44,07	1,60	44,07	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
[2] - sabbie e sabbie con limi	11,83	4,30	11,83	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE E ADDENSATO
[3] - sabbie e sabbie con ghiaie	29,03	5,60	29,03	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE E ADDENSATO

Studio di geologia tecnica – geol. Dott. Carbone Luigi - Viale Italia n. 42, Polistena (RC)
tel. 0966940910 – 3407997101 mail :geologoluigicarbone@virgilio.it

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
[1] - terreno di riporto	44,07	1,60	44,07	Meyerhof ed altri	2,22
[2] - sabbie e sabbie con limi	11,83	4,30	11,83	Meyerhof ed altri	1,79
[3] - sabbie e sabbie con ghiaie	29,03	5,60	29,03	Meyerhof ed altri	2,13

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
[1] - terreno di riporto	44,07	1,60	44,07	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50
[2] - sabbie e sabbie con limi	11,83	4,30	11,83	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,93
[3] - sabbie e sabbie con ghiaie	29,03	5,60	29,03	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - terreno di riporto	44,07	1,60	44,07	(A.G.I.)	0,27
[2] - sabbie e sabbie con limi	11,83	4,30	11,83	(A.G.I.)	0,33
[3] - sabbie e sabbie con ghiaie	29,03	5,60	29,03	(A.G.I.)	0,3

8.2 - INDAGINE MASW

Nell'area di intervento è stata effettuata un' indagine sismica a rifrazione con metodologia *Multichannel Analysis Of Surface Waves* (MASW), allo scopo di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde sismiche di taglio sino alla profondità di 30.00 metri (V_{s30}) e determinare il valore dell'amplificazione sismica locale in presenza di scuotimenti.

Il modello sismico individuato costituisce l'aspetto fondamentale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazione di natura litologica).

Di seguito sono descritte le modalità di esecuzione delle misure sperimentali e l'interpretazione geofisica delle stesse.

➤ Descrizione del metodo di analisi

La prova MASW permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio delle propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Il metodo utilizzato nel presente studio è quello di tipo attivo, in cui le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da una serie di ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

Il metodo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte di sottosuolo fino a circa 30.00 metri dal p.c..

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da 24 geofoni con spaziatura di 1.00 metro.

Nell'esecuzione della prova MASW è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza battente da 8 Kg battente su piattello metallico.

La sorgente è stata posta ad una distanza di 2.00 metri dal primo geofono.

➤ Elaborazione dei dati

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati analizzati trasformando i segnali registrati in uno spettro bidimensionale "*phase velocity–frequency*" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica.

Sullo spettro di frequenza è stato eseguito un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una velocità di fase per una determinata frequenza.

L'ultimo passo, successivo alla definizione della curva di dispersione, si è ottenuto mediante un processo d'inversione che ha consentito di ricostruire un modello sismico del sottosuolo, rappresentativo dell'area investigata, costituito da un profilo verticale delle velocità delle onde trasversali (V_s).

Le velocità di fase delle onde di Rayleigh (V_r), in un mezzo omogeneo, sono legate a quelle di volume dalla seguente relazione:

$$V_r^6 - 8V_s^2 V_r^4 + (24 - 16 V_s^2 / V_p^2) V_s^4 V_r^2 + (16 V_s^6 / V_p^6 - 1) V_s^6 = 0$$

In un mezzo non omogeneo le velocità delle onde di volume (V_p e V_s) variano con la profondità.

Le velocità di fase delle onde di Rayleigh mostrano velocità differenti per differenti valori di frequenza e sono fortemente legate ai valori delle velocità delle onde trasversali.

Ciò consente di passare da modelli frequenza/velocità di fase delle onde di Rayleigh a modelli monodimensionali V_s /profondità.

Gli elaborati sismici allegati di seguito contengono:

- lo spettro frequenze/velocità di fase;
- la curva di dispersione della velocità di fase delle onde R in relazione alla frequenza;
- il profilo delle Vs al centro dello stendimento fino alla massima profondità di indagine;
- il profilo delle Vp al centro dello stendimento fino alla massima profondità di indagine;
- la sezione sismostratigrafica con i valori di Vs per orizzonti omogenei di velocità.

Dall'elaborazione dei dati registrati si è ricostruito il modello sismico del sottosuolo ed è stata definita la categoria di sottosuolo utilizzando il parametro delle V_{s30} .

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti dall'elaborazione.

➤ **INDAGINE MASW**

MODELLO MEDIO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE				
Strato	Spessore (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Profondità (m)
1	1.60	330	808	1.60
2	2.80	195	647	4.40
3	7.50	274	671	11.90
4	10.00	370	906	21.90
5	8.10	670	1393	30.00

I dati elaborati indicano, al di sotto del terreno di riporto, la presenza di un deposito caratterizzato da più sismostrati a caratteristiche di rigidezza variabili e crescenti con la profondità.

Le velocità sismiche sino alla profondità di 11.90 metri dal p.c. si mantengono con valori $V_s < 300$ (m/s), indicanti depositi da sciolti a mediamente addensati.

Da 11.90 metri dal p.c. a 21.90 metri dal p.c. le velocità sismiche risultano con valori $300 \text{ (m/s)} < V_s < 400 \text{ (m/s)}$, riconducibili ad un deposito nel quale migliorano le caratteristiche dinamiche e di rigidezza.

A maggiori profondità sono presenti terreni a comportamento rigido e con parametri elastici più elevati sino alla profondità di 30.00 metri dal p.c., caratterizzati da valori di $V_s = 670$ (m/s).

A partire dal modello sismico monodimensionale è stato possibile calcolare il valore delle V_{s30} che rappresenta la “velocità equivalente” di propagazione entro 30 metri di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle V_{s30} si è fatto riferimento all’espressione riportata nel D.M. 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato i – esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata e considerando la profondità dal piano campagna, si è ottenuto il seguente valore di V_{s30} :

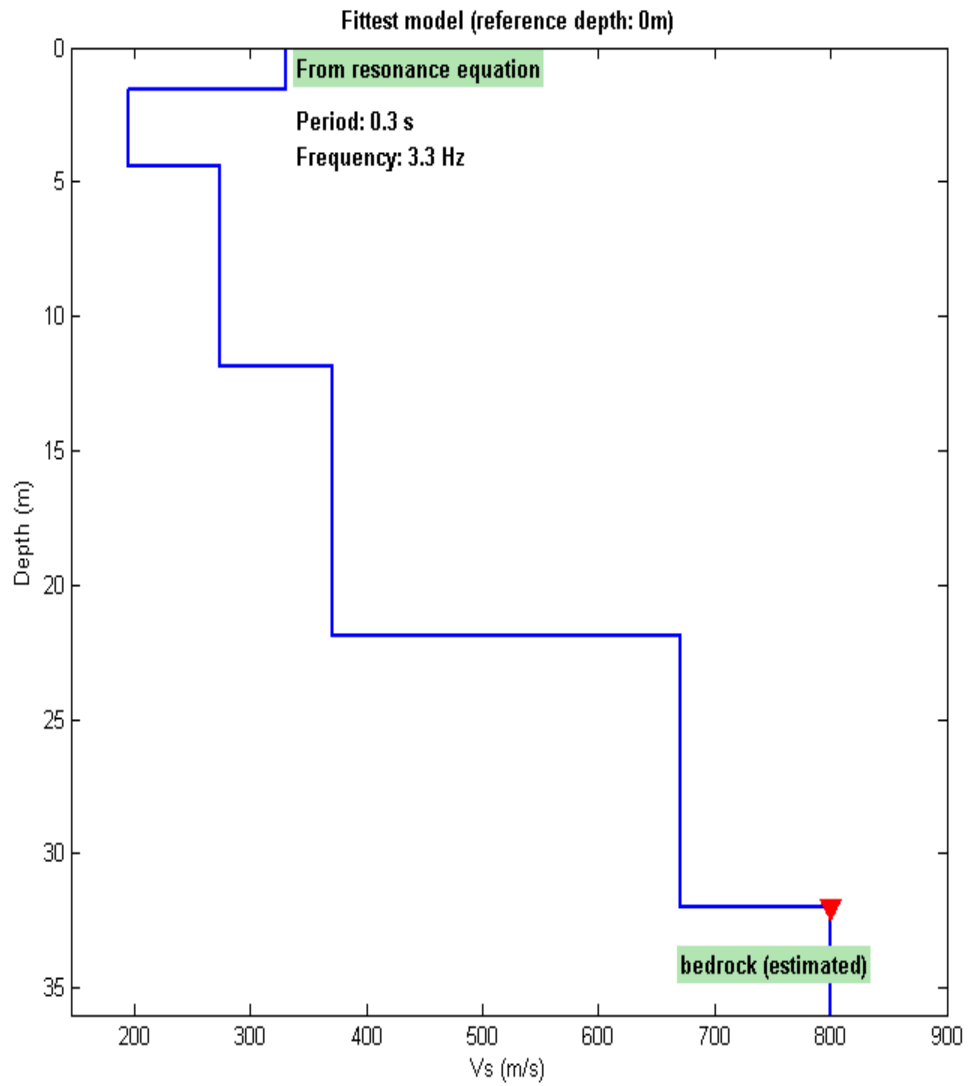
$$V_{s30} = 350 \text{ m/s}$$

Considerato l’assetto stratigrafico il modello definito corrisponde alla **Categoria di sottosuolo di fondazione di tipo C**, secondo la tabella seguente, previo riscontro del potenziale di liquefazione dei terreni di sottofondo.

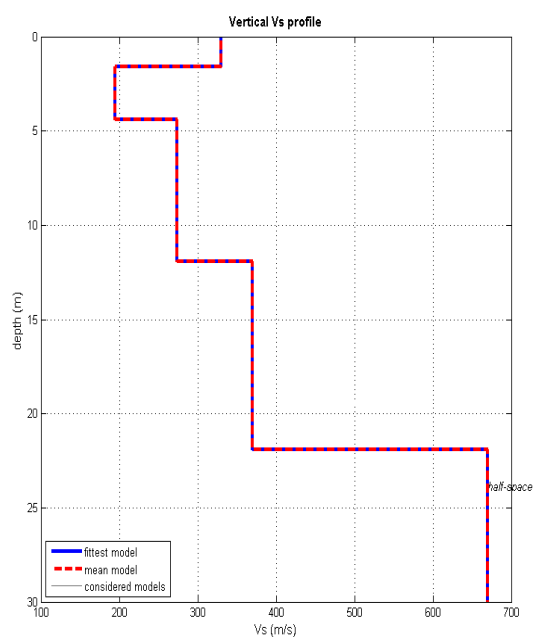
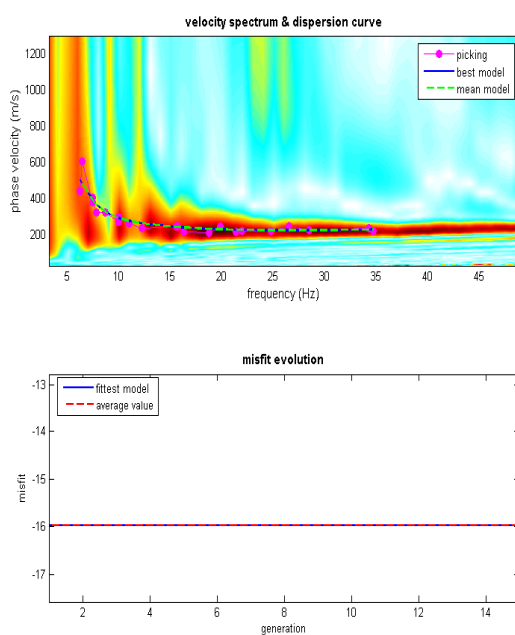
CATEGORIA	PROFILO STRATIGRAFICO
A	<u>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</u> caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s , eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 metri.
B	<u>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o di terreni a grana fina molto consistenti</u> con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $Cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<u>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti</u> con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < Cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<u>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</u> con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $Cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 metri</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < Cu_{30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 metri di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 metri di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Per quanto attiene alle locali amplificazioni riconsegnabili alle condizioni morfologiche locali, l'area di intervento si colloca in un'area con ridotte acclività e pertanto l'amplificazione topografica locale è pari a $S_T = 1,0$.

PROFILO DELLE VELOCITA' ONDE S



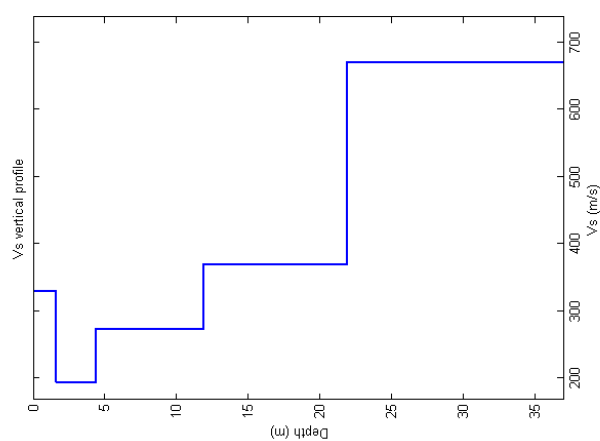
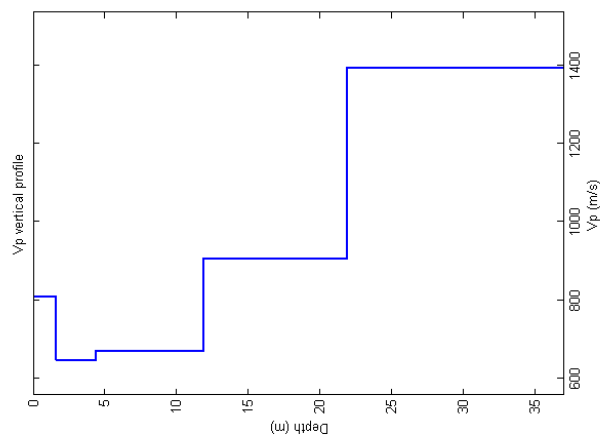
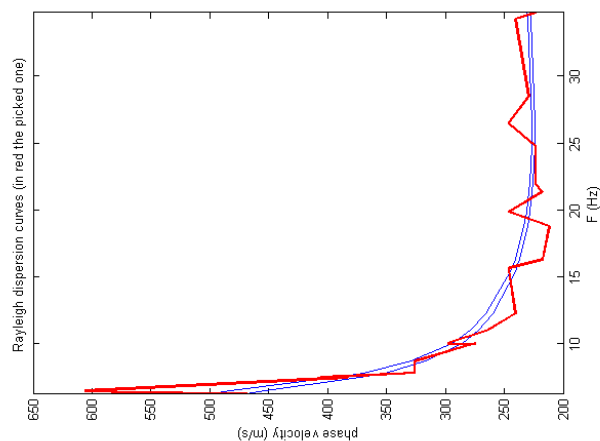
SPETTRO DI VELOCITA' - PROFILO DELLE VELOCITA' ONDE S



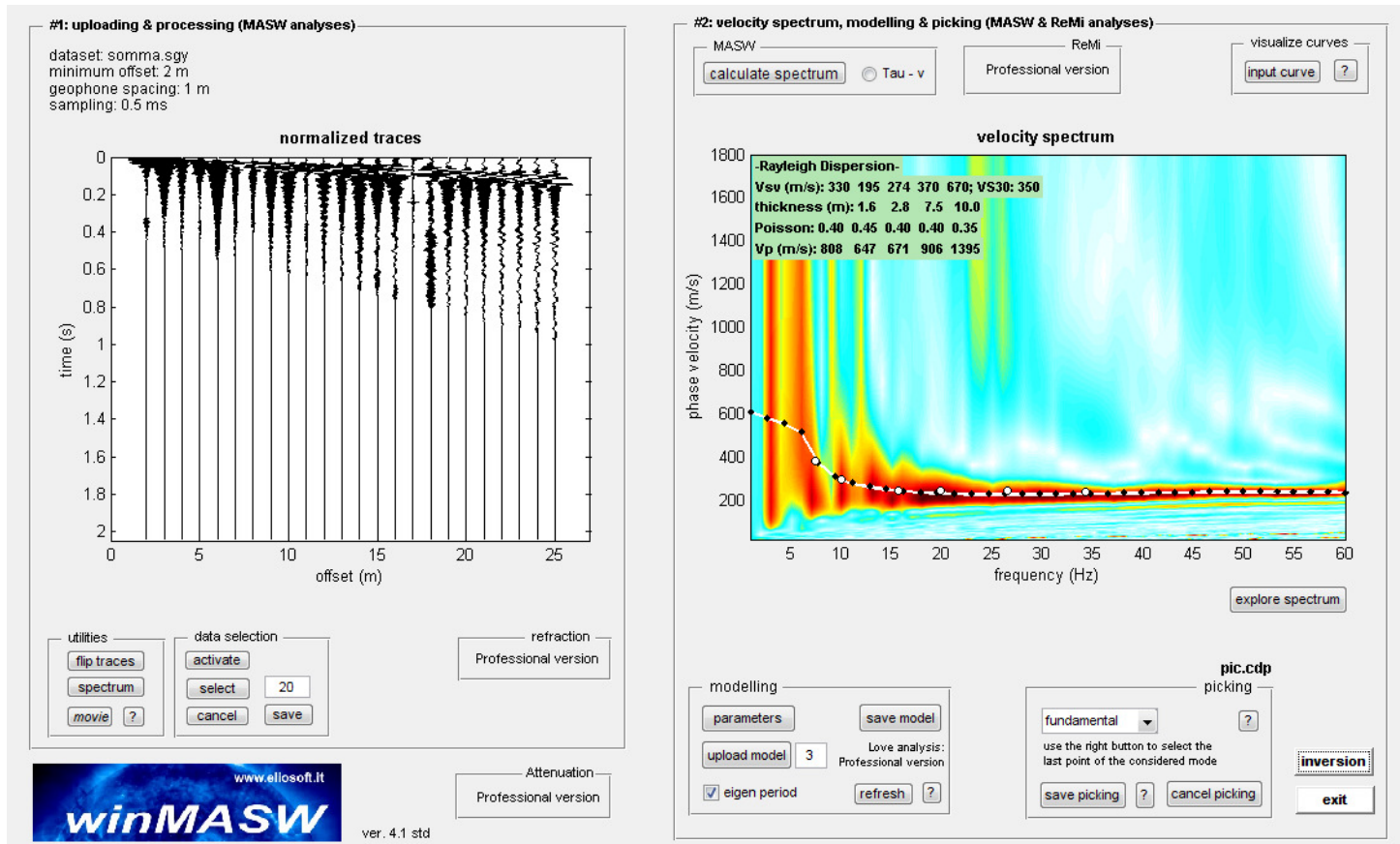
dataset: somma.sgy
dispersion curve: pic.cdp
VS30 (best model): 350 m/s
VS30 (mean model): 350 m/s

PROFILO DELLE VELOCITA' ONDE S – ONDE P

CURVA DI DISPERSIONE DI RAYLEIGH

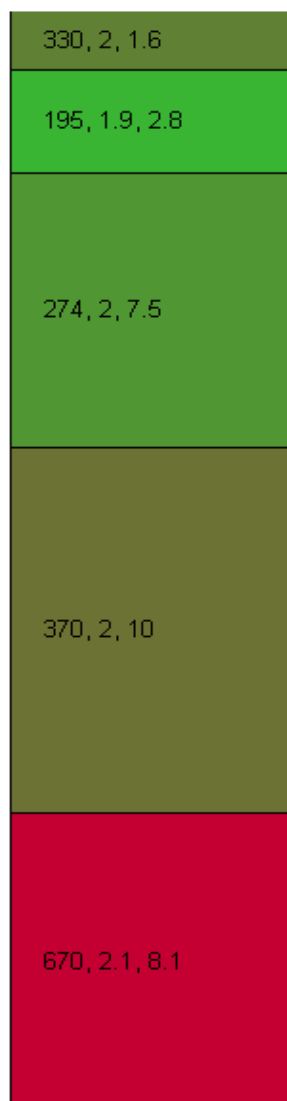


SISMOGRAMMA E SPETTRO DI VELOCITA'



MODELLO SISMICO DEL SITO - SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA

Velocità delle onde sismiche Vs – Densità dei terreni – Spessore degli strati



<i>Vs</i>	<i>density</i>	<i>thickness</i>
(m/s)	(gr/cm ³)	(m)

9 - LIQUEFAZIONE

Per liquefazione si intende la “diminuzione di resistenza al taglio e/o rigidità, causata dall’aumento di pressione interstiziale, in un terreno saturo, non coesivo, durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative con l’annullamento degli sforzi efficaci nel terreno stesso”.

Il fenomeno può verificarsi nei primi 15 metri di profondità dal piano campagna, nei depositi sabbiosi a densità inferiore alla densità critica, a granulometria rientrante nel fuso granulometrico critico ed in presenza di falda, specie quando i terreni risultano confinati all’interno di strati impermeabili che impediscono la dispersione rapida delle sovrappressioni neutre indotte dalle sollecitazioni cicliche.

In terreni granulari incoerenti la resistenza al taglio su un piano di possibile scorrimento corrisponde al prodotto dello sforzo normale agente su tale piano per l'angolo di resistenza al taglio, per cui è esprimibile con la relazione di Coulomb :

$$\tau_f = \sigma * \operatorname{tg} \varphi$$

Quando il terreno è saturo d'acqua, applicando il principio degli sforzi efficaci, l'equazione va posta in termini di pressioni effettive, per cui diventa

$$\tau_f = (\sigma - u) * \operatorname{tg} \varphi'$$

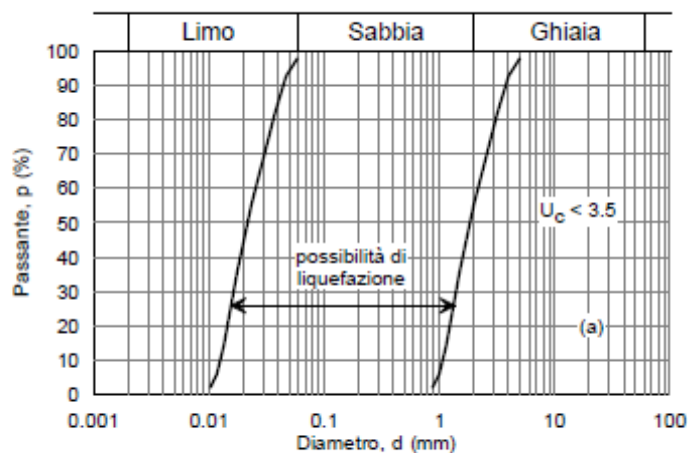
dove u = pressione interstiziale; $\sigma - u$ = pressione effettiva.

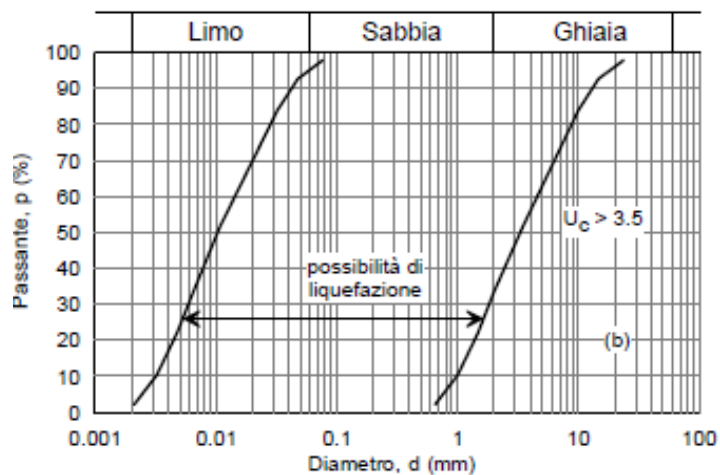
Quando $\sigma - u$ si annulla, la resistenza al taglio tende a zero, e anche se non sempre tale condizione produce la fluidificazione del terreno, tuttavia è assai probabile che la perdita di resistenza produca quel cambiamento di stato fisico definito "liquefazione".

A tale proposito le NTC 2008 prevedono *“Deve essere verificata la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità del piano campagna ed il terreno di fondazione comprende lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda”* ma la verifica può

essere omessa quando si manifesta almeno una delle seguenti circostanze:

- *eventi sismici attesi di magnitudo $M < 5$;*
- *accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0.1 \cdot g$;*
- *profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per un piano di campagna sub orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;*
- *depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$, dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;*
- *distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle sottostanti figure nel caso di terreni con coefficienti di uniformità $U_c < 3,5$ e nel caso di terreni con coefficienti di uniformità $U_c > 3,5$."*





Nel caso in esame, considerando prevedibile il verificarsi di terremoti con magnitudo $M > 5$ ed accelerazioni superiori $0.1 g$, vista la natura sabbiosa dei terreni e lo stato di addensamento caratterizzato da $(N1)_{60} < 30$, e considerando la presenza della falda superficiale, andrà valutato il potenziale di liquefazione dei terreni verificando inoltre, mediante analisi granulometriche, se la curva granulometrica delle sabbie sciolte rientra all'interno del fuso critico.

10 - MODELLO GEOLOGICO – TECNICO

La correlazione tra i dati desunti dalle indagini penetrometriche ha consentito di ricostruire il modello geologico dell'area di intervento.

I terreni, riscontrati, seppur nella loro eterogeneità, sono stati distinti in tre complessi differenti, distinti in:

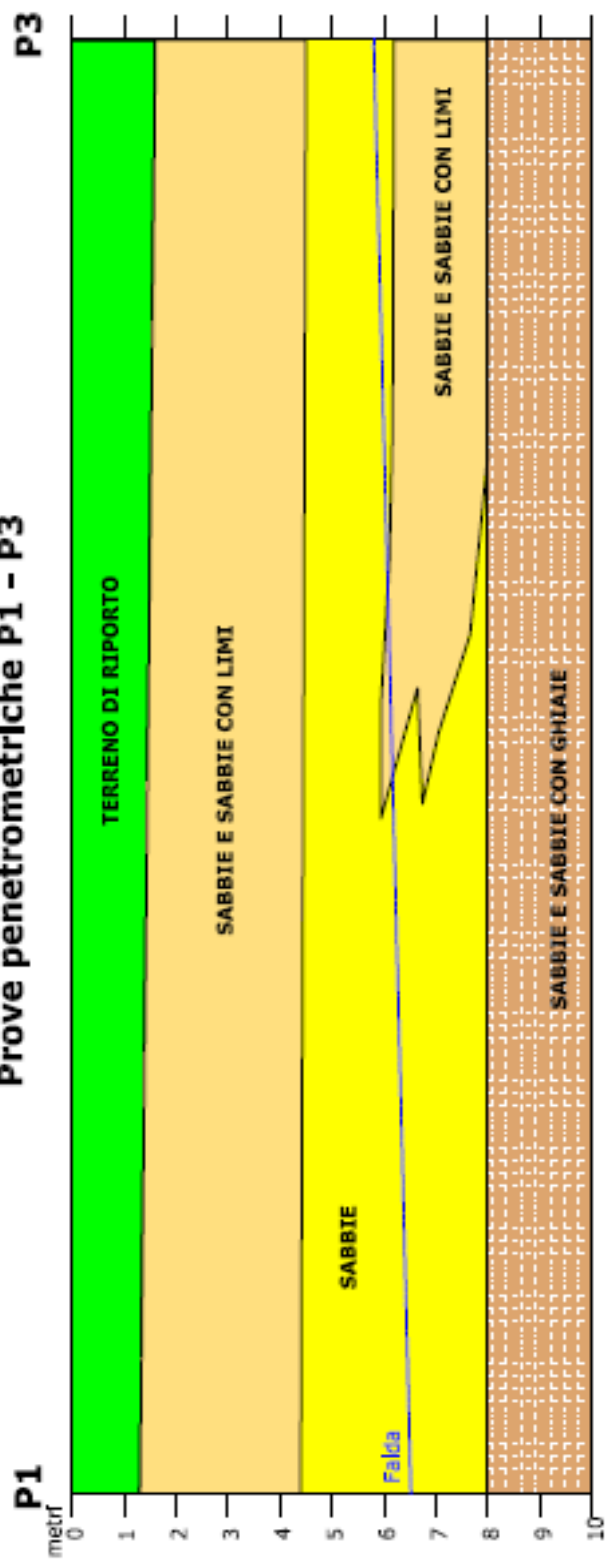
- **Terreno di riporto** che si rinviene sino alla profondità di 1.60 metri dal p.c. e si riscontra in tutte le prove penetrometriche effettuate.
- **Sabbie e sabbie con limi**, da sciolte a mediamente addensate, riscontrate sino ad una profondità massima di 8.00 metri dal p.c.
- **Sabbie e sabbie con ghiaie**, caratterizzate da un maggior grado di resistenza, presenti sino alla profondità massima raggiunta dalle prove penetrometriche (9.80 m dal p.c.).

La falda è stata rilevata alle profondità di 5.80 metri dal p.c. (P3), 6.00 metri dal p.c. (P2), 6.50 metri dal p.c. (P1).

Di seguito si allega la correlazione stratigrafica tra le prove penetrometriche P1-P3 e P2-P4.

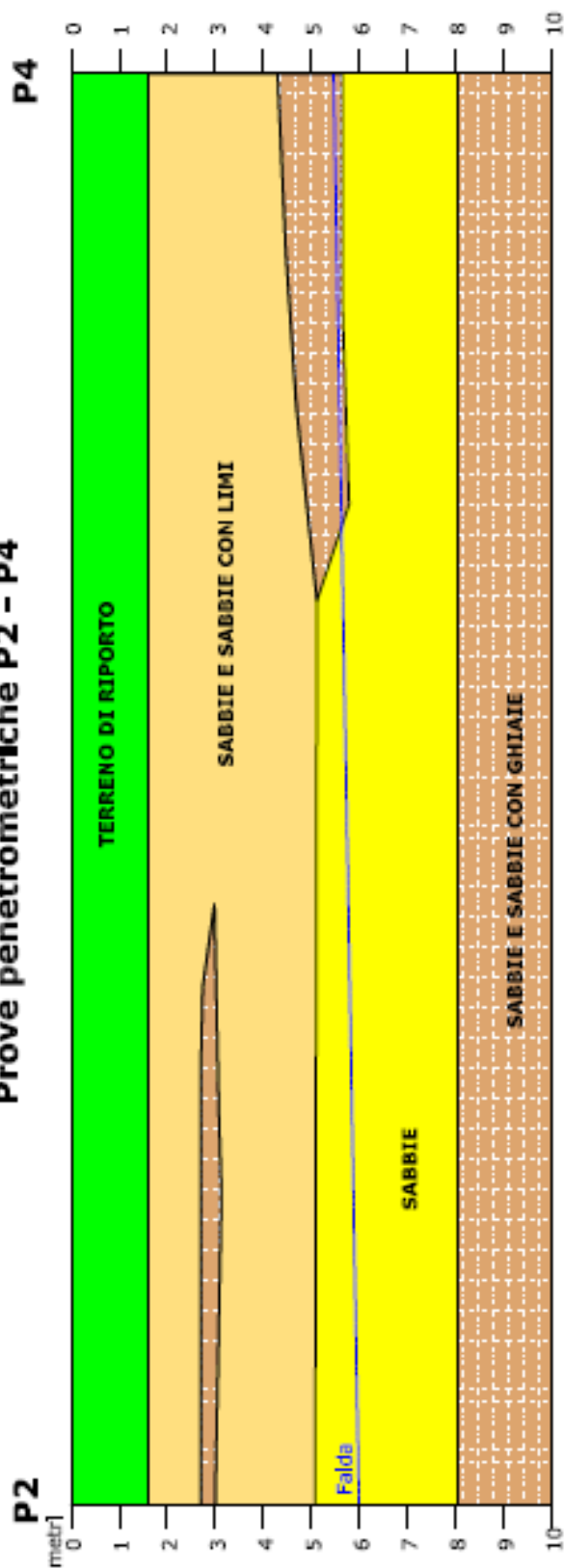
CORRELAZIONE LITOSTRATIGRAFICA

Prove penetrometriche P1 - P3



CORRELAZIONE LITOSTRATIGRAFICA

Prove penetrometriche P2 - P4



I complessi litologici individuati nel corso delle prove penetrometriche sono risultati caratterizzati da parametri geotecnici che rientrano nei seguenti campi di variabilità:

angolo di resistenza al taglio ϕ (°)			
Descrizione	Valore minimo	Valore massimo	Valore medio
Sabbie e sabbie con limi	25	34	29.5
Sabbie e sabbie con ghiaie	32	35	33.5

peso di volume γ (t/m ³)			
Descrizione	Valore minimo	Valore massimo	Valore medio
Sabbie e sabbie con limi	1.60	2.00	1.80
Sabbie e sabbie con ghiaie	1.96	2.13	2.00

peso di volume saturo (t/m ³)			
Descrizione	Valore minimo	Valore massimo	Valore medio
Sabbie e sabbie con limi	1.90	2.50	2.20
Sabbie e sabbie con ghiaie	1.97	2.50	2.23

coesione efficace C' (kPa)			
Descrizione	Valore minimo	Valore massimo	Valore medio
Sabbie e sabbie con limi	0.00	0.00	0.00
Sabbie e sabbie con ghiaie	0.00	0.00	0.00

Per come desunto dall'indagine masw, la formazione delle sabbie e sabbie con ghiaie in profondità risulta maggiormente addensata.

Dalla profondità di 11.90 metri dal p.c. sino a 21.90 metri dal p.c. le velocità sismiche risultano con valori $300 \text{ (m/s)} < V_s < 400 \text{ (m/s)}$, riconducibili ad un deposito nel quale migliorano le caratteristiche dinamiche e di rigidità.

Dai 21.90 metri dal p.c. ai 30.00 metri dal p.c. sono presenti terreni a comportamento rigido, caratterizzati da valori di $V_s = 670 \text{ (m/s)}$.

11 - FATTIBILITA' GEOLOGICA E CONCLUSIONI

Lo studio geologico effettuato è stato finalizzato alla installazione di un'apparecchiatura scanner per la scansione radiografica di container e mezzi di trasporto da destinare all'Ufficio Dogane di Gioia Tauro.

Nella zona di intervento i rilievi geologici e le indagini hanno consentito di pervenire alla ricostruzione del modello geologico ed alla caratterizzazione geotecnica del sottosuolo.

Lo studio è stato impostato su indagini di superficie e prove in sito, sufficientemente estese per chiarire le peculiarità dell'area di intervento.

Sulla base di quanto desunto si può esprimere un positivo parere di fattibilità geologica per l'intervento previsto.

All'atto delle indagini la falda acquifera è stata rilevata alla profondità minima di 5.80; in ogni caso sono possibili oscillazioni e risalite del livello freatico.

Considerato che il terreno di fondazione comprende lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda e vista la sismicità della zona, in fase di progettazione esecutiva andranno effettuate ulteriori indagini (sondaggi a rotazione e prove di laboratorio) al fine di verificare e calcolare il potenziale di liquefazione dei terreni.

il geologo

dott. Luigi Carbone

