



AUTORITA' PORTUALE
SALERNO

**PORTO COMMERCIALE DI SALERNO
LAVORI DI PROLUNGAMENTO DEL MOLO TRAPEZIO**

PROGETTO DEFINITIVO



ELABORATO :
Relazione Geologica e Geotecnica

Il R.U.P.
Ing. Elena Valentino

I Progettisti
2^ AREA - TECNICA

Arch. Corrado Olivieri Ing. Gianluigi Lalicata

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

data: GIUGNO 2013

Pratica **TE/59PC01**

Elaborato

C

INDICE

1 PREMESSA.....	2
2 DATI GEOLOGICI, MORFOLOGICI E IDROGEOLOGICI...2	
3 CARATTERISTICHE DEL SOTTOSUOLO.....4	
3.1 Ricostruzione Stratigrafica e Geologico-tecnica.....	4
3.2 Caratterizzazione Sismica	12
3.3 Problemi Geotecnici	15
OSSERVAZIONI CONCLUSIVE.....	16

A L L E G A T I :

- ❖ **Ubicazione area di indagine**
- ❖ **Ubicazione dei sondaggi utilizzati**

1 PREMESSA

L'autorità portuale di Salerno ha dato incarico al sottoscritto, Dott. Geol. Rosario Lambiase, di eseguire una relazione geologica per il progetto definitivo dei lavori di prolungamento del Molo Trapezio (prolungamento del Molo Trapezio Ponente di 130 m e del Molo Trapezio Levante di 130 m, banchina di testata 50 m).

Scopo della relazione è quello di:

- rilevare le condizioni geologiche e geomorfologiche generali delle aree interessate dagli interventi;
- inquadrare le proprietà meccaniche dei litotipi investigati;
- ottenere dati sulle caratteristiche delle falde freatiche, ove presenti;
- definire la categoria di suolo dei terreni presenti nella zona di intervento.

Per poter raggiungere gli obiettivi di cui sopra e definire il modello geologico dell'area oggetto di intervento, le proprietà fisico-meccaniche dei litotipi fondali e per ottenere dati sulle caratteristiche delle falde sotterranee sono state consultate le diverse indagini geognostiche presenti nella zona di studio.

Considerando le diverse indagini eseguite e messe a disposizione dello scrivente, non si ritiene opportuno eseguire ulteriori indagini di supporto. I dati di letteratura consentiranno di fornire al tecnico un quadro di informazioni il più esauriente possibile per un responsabile e corretto intervento di progettazione.

2 DATI GEOLOGICI, MORFOLOGICI E IDROGEOLOGICI.

L'area oggetto di studio è situata all'interno del Graben del golfo di Salerno che, costituisce un basso strutturale ad andamento antiappenninico, delimitato da faglie bordiere, originatosi tra il Miocene Superiore ed il Pleistocene Superiore.

Essa, da un punto di vista geologico – regionale rientra nel settore nord-occidentale del sistema morfo-strutturale della valle del Sele, che rappresenta un più esteso graben costiero delineatosi a seguito degli ultimi movimenti neotettonici strastensivi Pliocenici e ribassato verso il mar Tirreno secondo una

gradinata di faglie dirette immergenti verso il centro della piana ed il mare. Questa depressione strutturale, originatasi probabilmente già alla fine del Miocene, è stata colmata gradualmente, durante il Pliocene ed il Pleistocene, grazie all'apporto di materiale detritico alluvionale dei corsi d'acqua provenienti prevalentemente dai quadranti settentrionali i cui rilievi (M. Picentini), nel contempo, erano soggetti ad un energico sollevamento e ad un intenso smantellamento denudazionale.

A tali fasi tettoniche si deve lo smembramento del complesso calcareo dolomitico dei Monti Picentini che, creando zone più deboli, ha consentito l'instaurarsi dei principali corsi d'acqua. In particolare il fiume Irno, si snoda con andamento all'incirca nord-sud e segue il tracciato di una importante linea di frattura che si sviluppa verso nord dislocando la successione dolomitica triassica, e ponendola a contatto, a sud, con i depositi pliocenici. Il fiume Fuorni, invece si sviluppa con andamento nord-est sud-ovest, e dopo aver solcato, nella parte alta del suo corso, la formazione conglomeratica pliocenica sfocia nel Tirreno attraversando le alluvioni attuali e recenti.

Riferendoci alla zona urbanizzata, la città di Salerno si sviluppa prevalentemente su depositi alluvionali.

Ad nord di essa si rinvergono le successioni dolomitiche di piattaforma mentre ad est sono presenti blandi rilievi costituiti geologicamente da una formazione plio-pleistocenica nota come "Conglomerati di Salerno".

L'andamento morfologico, e di conseguenza la possibilità di sviluppo urbanistico della città, è stato fortemente condizionato dalla costituzione geologica del comprensorio il quale, infatti, presenta forti pendenze lungo i versanti litoidi della zona nord-ovest e dolci pendii nella parte orientale.

In questa zona gli agenti esogeni hanno modellato le formazioni conglomeratiche suddette generando una serie di lievi ondulazioni, solcate da modesti corsi d'acqua; tipiche forme rinvenibili in questi depositi sono, inoltre, le spianate di erosione legate ad antiche fasi di modellamento ed i versanti di faglia che le sospendono.

La stessa area urbanizzata conserva caratteristiche piano altimetriche dettate dalla peculiarità del substrato ed ha trovato maggiori sbocchi e nuovi insediamenti verso est e sud-est. Nel settore occidentale tali depositi alluvionali recenti, presenti verso valle, fanno passaggio a materiali grossolani a spigoli poco arrotondati che costituiscono le conoidi di raccordo con i rilievi carbonatici.

Da un punto di vista idrogeologico a grande scala è possibile discriminare, all'interno dei litotipi affioranti sul territorio comunale di Salerno, cinque complessi idrogeologici caratterizzati da diversi gradi di permeabilità come riportato di seguito:

PERMEABILITÀ MOLTO ELEVATA

- Complesso calcareo-dolomitico-marnoso, è formato dai terreni dell'Unità dei Monti Picentini – Taburno ed è caratterizzato da una permeabilità per fratturazione e carsismo di grado elevato nel membro calcareo, da una permeabilità per fratturazione di medio grado nel membro dolomitico e da una permeabilità di grado molto basso nei livelli marnosi e calcareo marnosi.

PERMEABILITÀ MEDIA

- Complesso alluvionale: comprendente depositi alluvionali in senso stretto, sabbie dunari e depositi lagunari. Tale complesso è caratterizzato da una permeabilità per porosità variabile in relazione alla granulometria dei depositi.

PERMEABILITÀ MEDIO-BASSA

-Complesso arenaceo-conglomeratico: comprendente arenarie, conglomerati e tufo litoide. Questo complesso è caratterizzato da una permeabilità per porosità di grado basso nelle piroclastiti e media nelle fasce detritiche.

PERMEABILITÀ BASSA

-Complesso dei terreni a prevalente componente limo-argillosa: comprendente coperture eluvio-colluviali, detrito di falda, tufi incoerenti, argille. È il complesso formato dai terreni flyschoidi dell'Unità di Villamaina e delle Argille vari colori, nonché dai conglomerati di Salerno e di Eboli ed è caratterizzato da una permeabilità di grado molto basso.

3 CARATTERISTICHE DEL SOTTOSUOLO

3.1 Ricostruzione Stratigrafica e Geologico-tecnica.

Considerando l'intervento a farsi e la mole di dati disponibile, lo scrivente non ha richiesto ulteriori indagini di dettaglio. Ha ritenuto opportuno riportare le caratteristiche dei sondaggi geognostici siglati come S034W- S035-S036W- S037 realizzati nella zona di intervento e una ricostruzione di massima delle

variazioni laterali delle proprietà geotecniche di tutta l'area del porto commerciale (fig. 2, 3, 4 e 5): su ciascuna carta il riquadro in rosso circoscrive l'area oggetto di intervento.

Per meglio evidenziare i rapporti stratigrafici e le discontinuità geotecniche anche in profondità si riporta in figura e una sezione tipo.

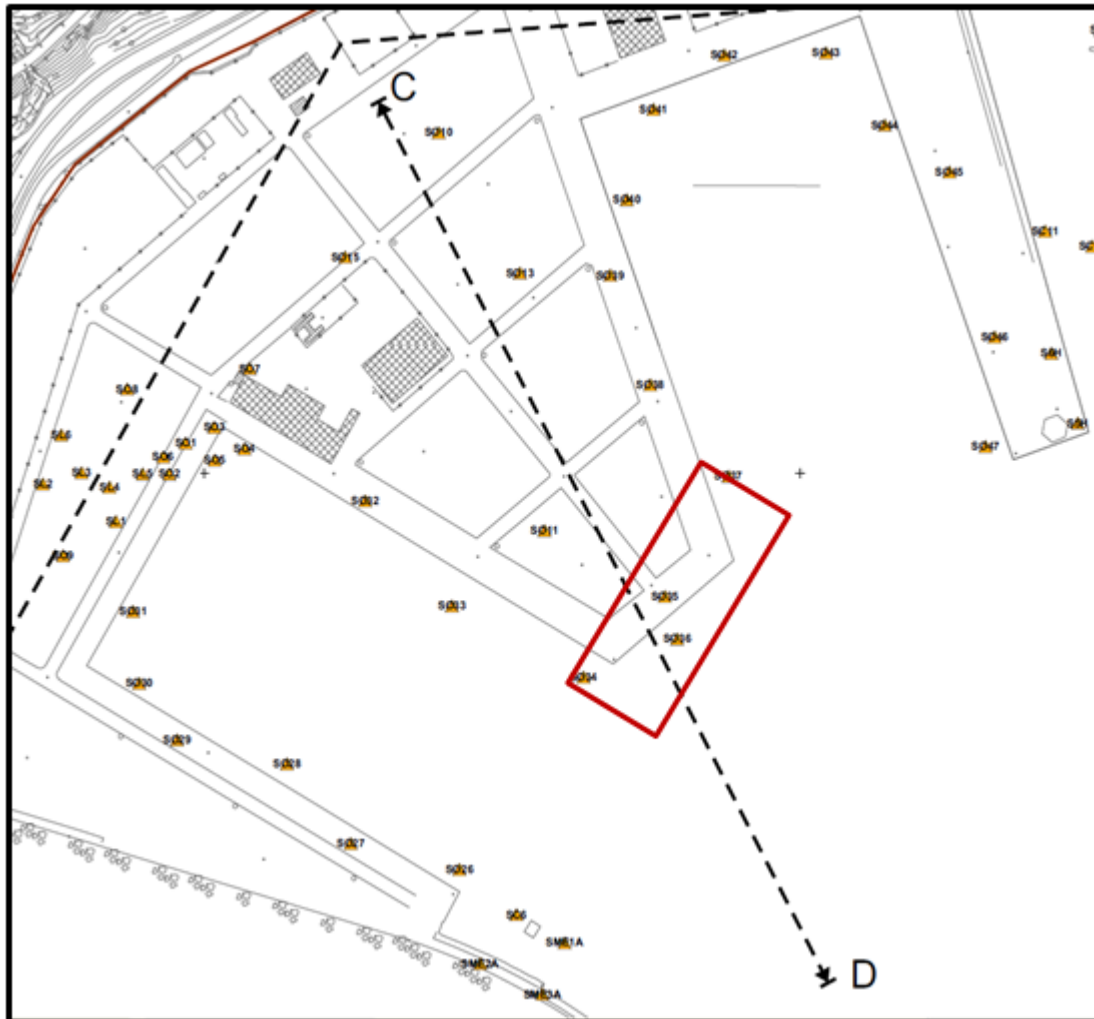


Figura 1: Sovrapposizione dei diversi sondaggi geognostici presenti in letteratura e l'intervento a farsi. (v.di testo)

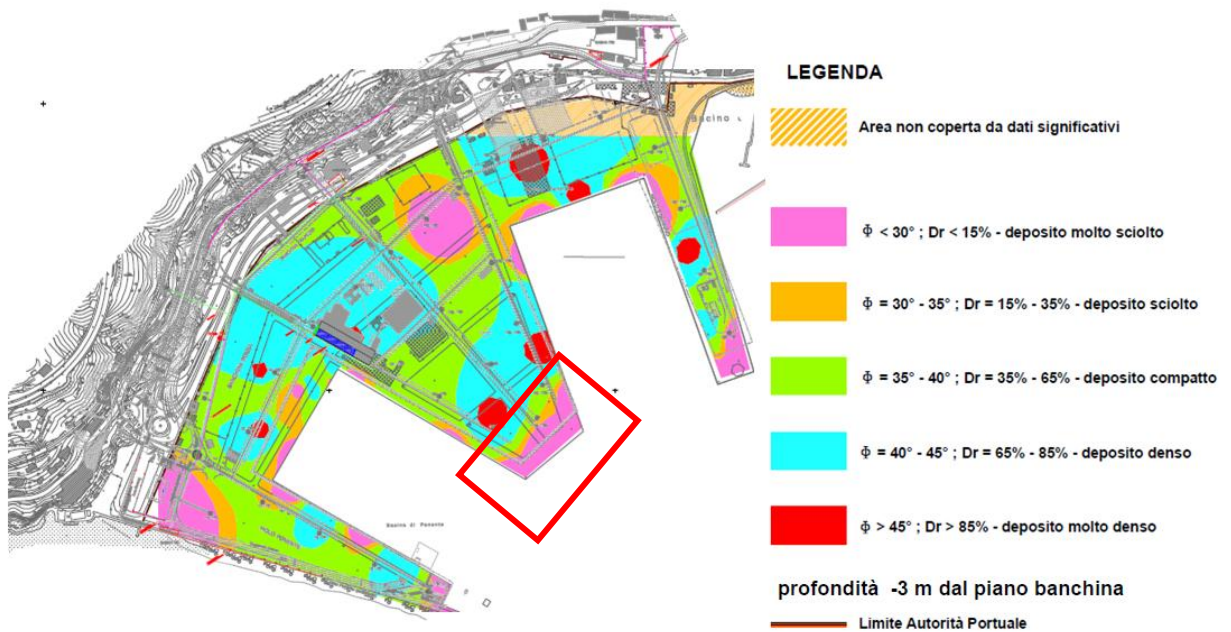


Figura 2: Andamento delle proprietà meccaniche delle litologie presenti fino a 3m dal piano banchina (v.di testo)

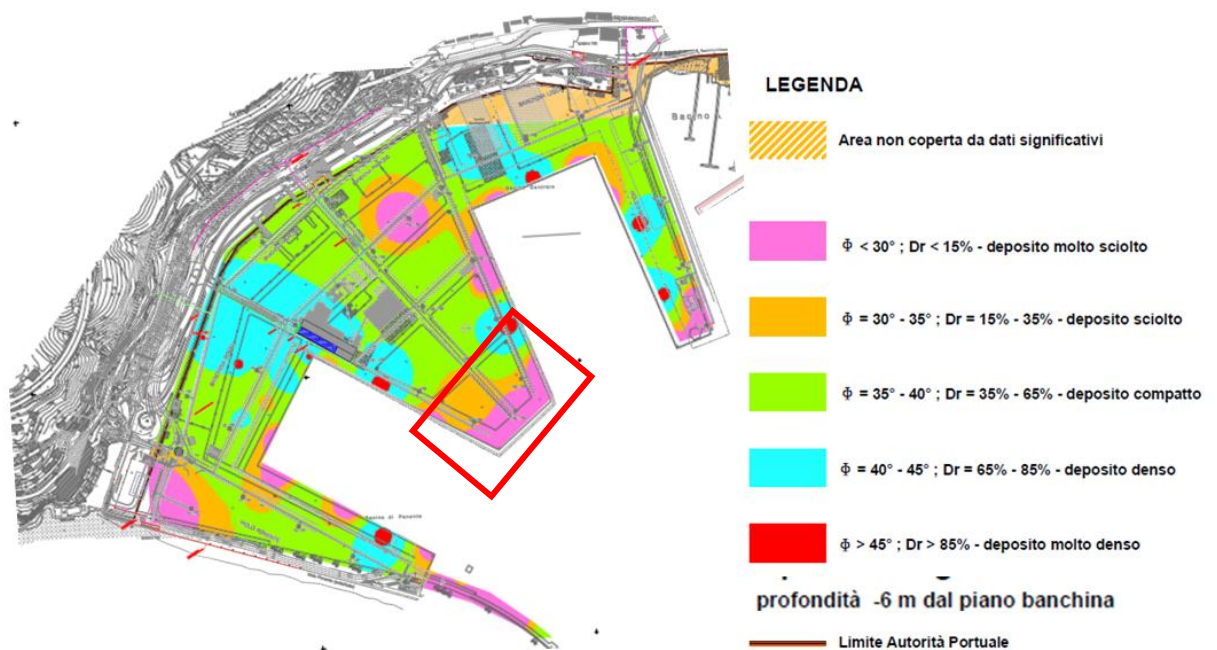


Figura 3: Andamento delle proprietà meccaniche delle litologie presenti fino a 6m dal piano banchina (v.di testo)

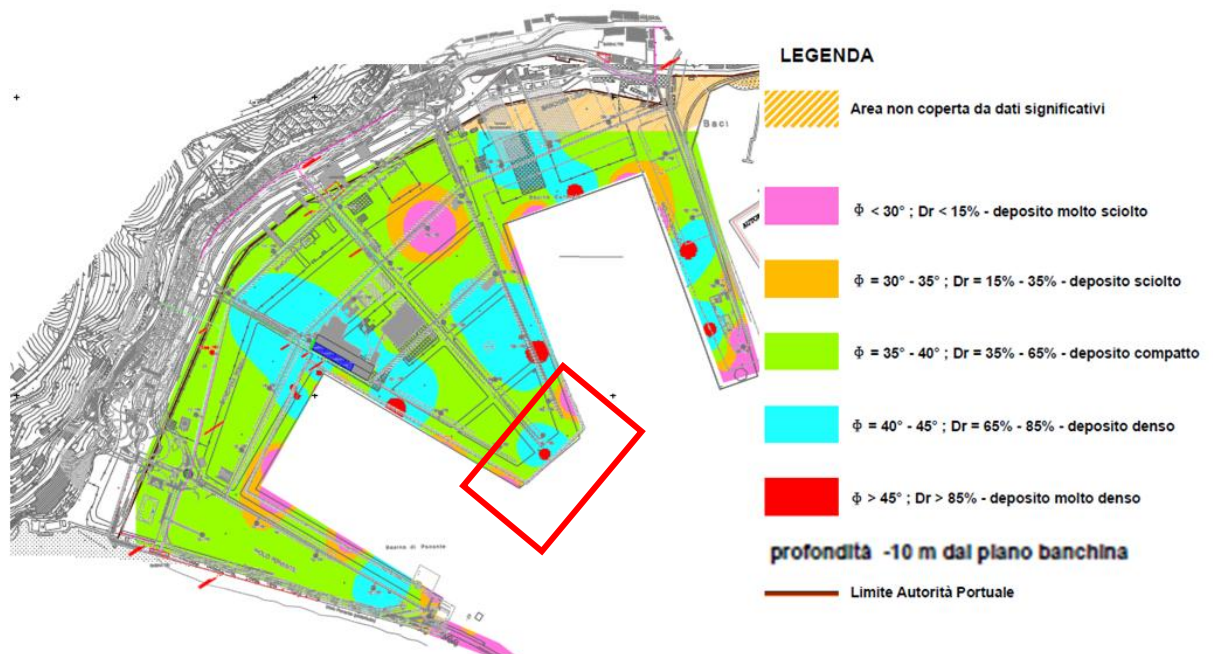


Figura 4: Andamento delle proprietà meccaniche delle litologie presenti fino a 10m dal piano banchina (v.di testo)

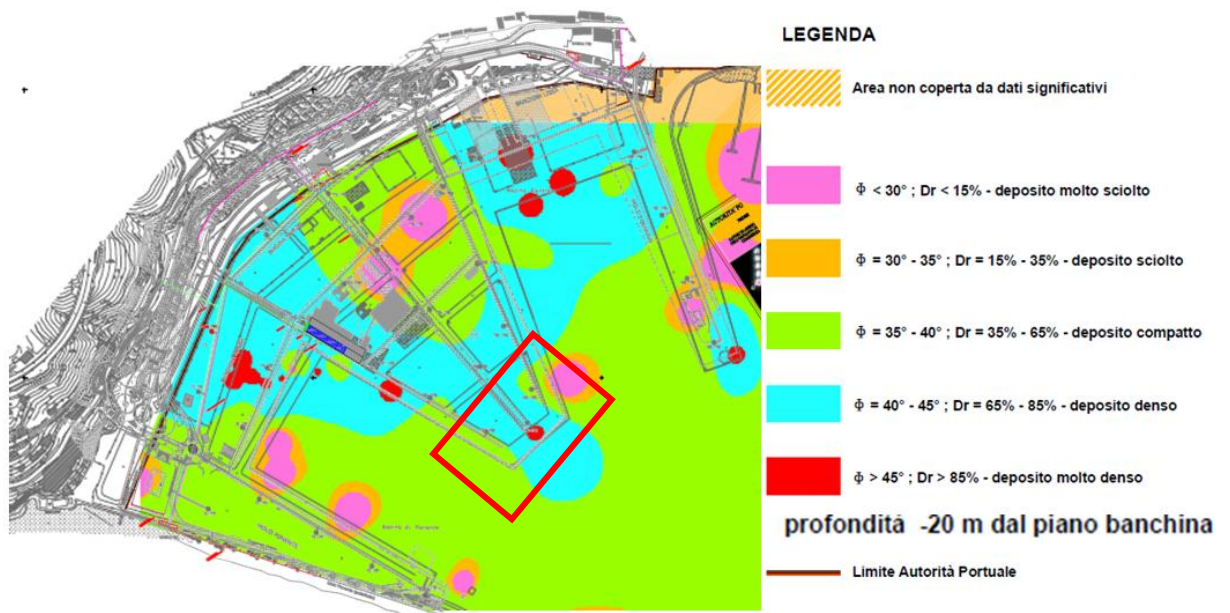


Figura 5: Andamento delle proprietà meccaniche delle litologie presenti fino a 20m dal piano banchina (v.di testo)

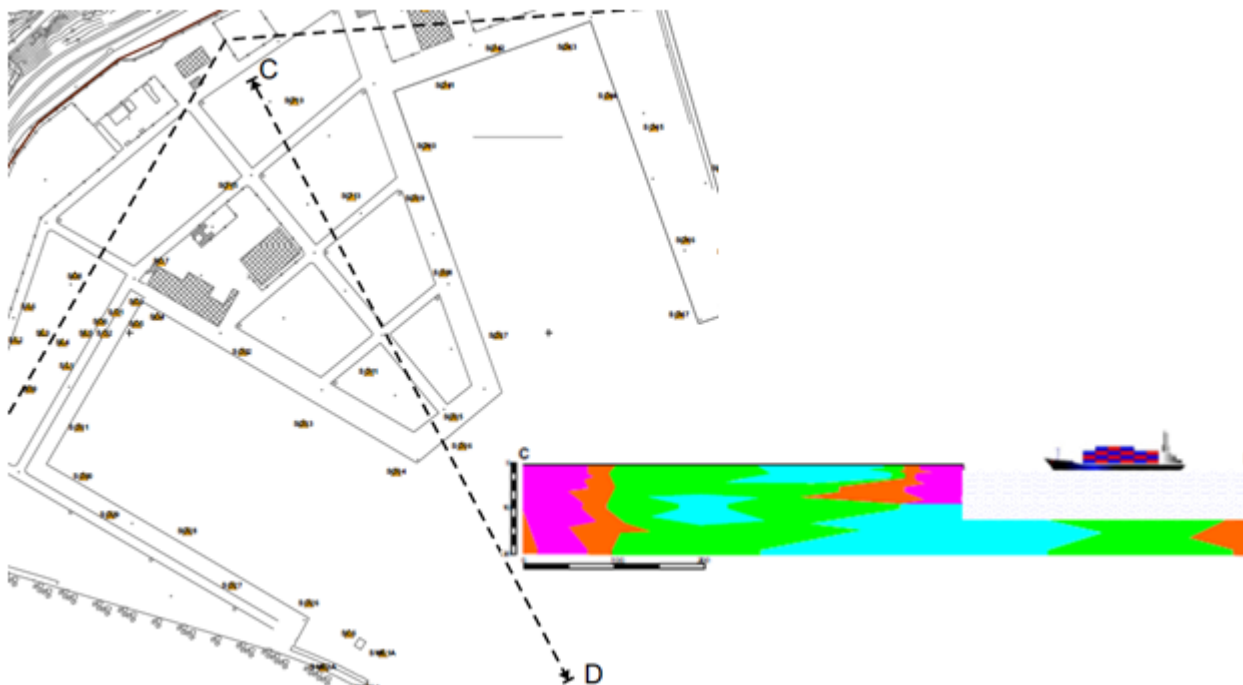


Figura 6: Sezione geotecniche dell'area di intervento.

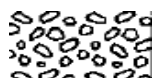
Come riportato in allegato, la stratigrafia ricostruita a ridosso dei sondaggi ubicati secondo quanto riportato in fig. 1, presenta le seguenti litologie:



Massetto di calcestruzzo di spessore misurato, ove presente pari a 0,40m;



Riparto poligenico, etero metrico con sabbia e ghiaia di spessore dove presente 0,60m. Le caratteristiche geomeccaniche di tali litologie sono rappresentate dal colore rosso delle figure da 2 a 6.



Breccia calcarea in matrice, ove presente, limoso sabbiosa di spessore massimo misurato pari a 13 m. Le caratteristiche geomeccaniche di tali litologie sono rappresentate dal colore rosso delle figure da 2 a 6.



Sabbia fine mediamente addensata con piccoli inclusi litici e resti di bivalvi; lo spessore massimo misurato è pari a 21m. Le caratteristiche geomeccaniche di tali litologie sono rappresentate dal colore verde delle figure da 2 a 6;



Sabbia fine addensata con inclusi litici di varie dimensioni e di spessore massimo misurato pari a 11m. Le caratteristiche geomeccaniche di tali litologie sono rappresentate dal colore celeste delle figure da 2 a 6.

Fatta eccezione per la zona a ridosso del sondaggio siglato come S04, i terreni presenti sono caratterizzati essenzialmente da sabbie. Come riportato nelle figure 8-9, è possibile asserire che nella zona di Trapezio ponente (fig. 8), le variazioni laterali rappresentate dalla presenza di intercalazioni di livelli più o meno argillosi e /o da clasti lapidei, sono sicuramente più significative rispetto a quanto presente nella zona centrale (fig. 9).

Infine, come definito in altre relazioni eseguite dallo scrivente, al di sotto di questo livello è presente il bedrock calcareo, rinvenuto non in tutti i sondaggi consultati e con morfologia particolarmente articolata soprattutto nella parte Sud.

Infatti, la pendenza di tale bedrock, stimata considerando i dati relativi ad altri sondaggi siglati come SC2 e SC3, è pari a 1.81° (fig. 7) per cui, nella zona prossima alla parte finale del molo ed in corrispondenza della prova SC4, il bedrock dovrebbe essere presente ad una profondità non inferiore a 33m. Questo sondaggio, spinto fino ad una profondità di 40 m, non ha intercettato tale litologia, per cui la pendenza è maggiore.

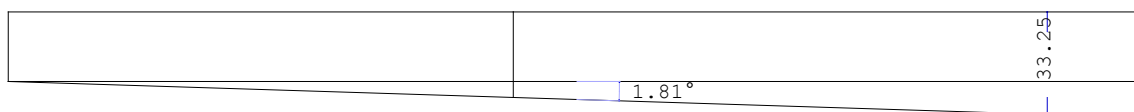


Figura 7 Schema utilizzato per stimare la pendenza del bedrock calcareo (v.di testo).

Infine, per rendere più semplice il confronto e la discontinuità sia laterale che in profondità delle litologie presenti, in figura 8 è riportata tale variazione.

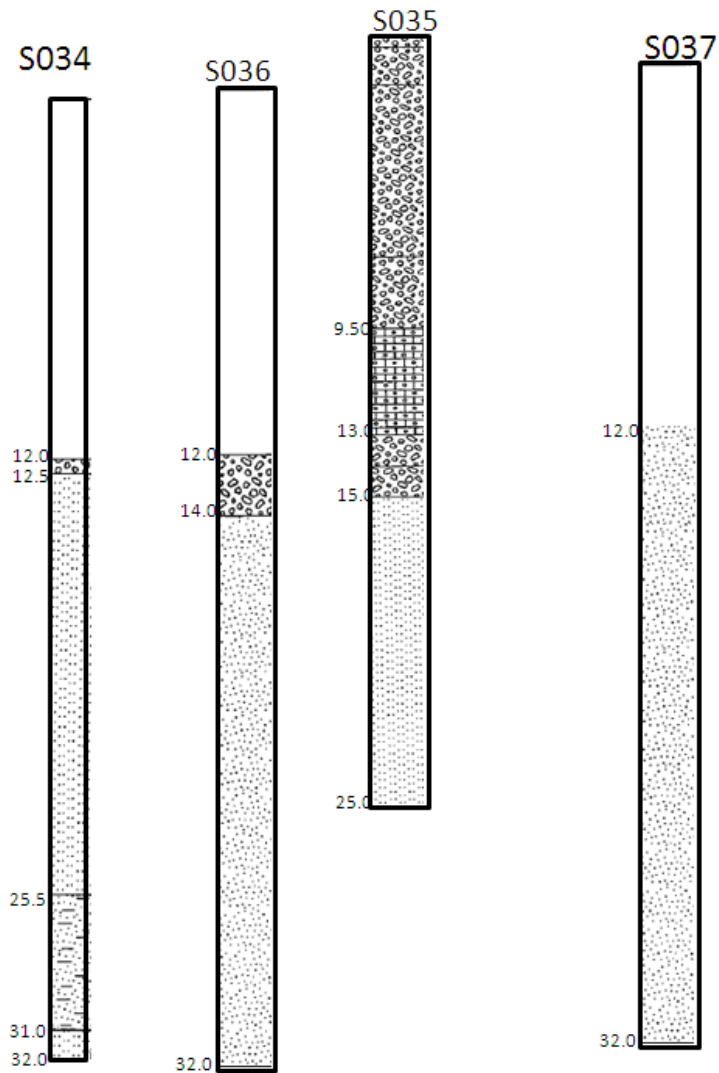


Figura 8: Schema dei sondaggi utilizzati nella relazione rappresentativo delle variazioni litologiche sia in verticale che in profondità della zona di indagine.

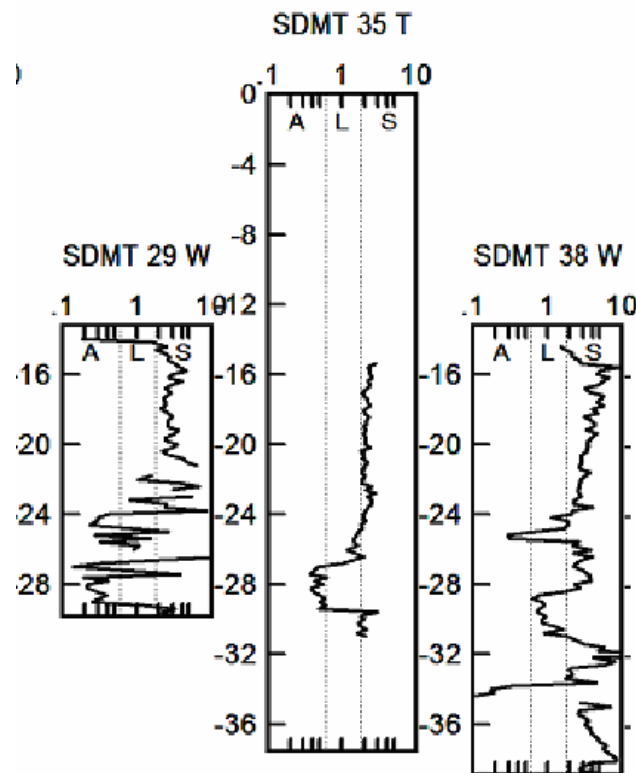


Figura 9: Confronti tra diverse prove per definire lo strato presente al di sopra del bedrock calcareo considerando l'andamento dell'indice del materiale lungo la parte a ponente del Molo Trapezio (v.di testo)

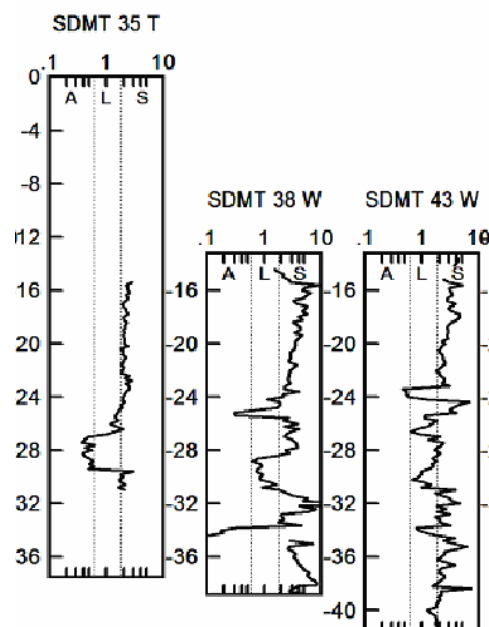


Figura 10: Confronti tra diverse prove per definire lo strato presente al di sopra del bedrock calcareo considerando l'andamento dell'indice del materiale lungo la parte centrale del Molo Trapezio (v.di testo)

Oltre a quanto già riportato nelle figg. 2-6 relativamente alle proprietà geotecniche dei terreni, le prove SDTM (figg. 9 e 10), hanno consentito di stimare i seguenti parametri:

materiale di riporto presentano un valore di γ_k pari a 19.0 kN/m³, un $\phi'_k = 35^\circ$, $c'_k = 0$ ed un modulo edometrico pari a 35.00 MPa;

basamento in ghiaia costituito da elementi clastici centimetraci subarrotondati e più rari clasti decimetrici, da materiale di riporto costituito da pezzame carbonatico di dimensioni da centimetriche a decimetriche in matrice sabbiosa grossolana di colore grigio e dal materiale al piede dei cassoni in cls esistenti hanno un valore di: $\gamma_k = 19.0$ kN/m³, $\phi'_k = 38^\circ$, $c'_k = 0$ ed un modulo edometrico pari 50.00 MPa;

formazione sabbiosa rinvenuta ad una profondità compresa tra 10.00m a -19.40/-22.40m s.l.m si correla un valore di $\gamma_k = 19.0$ kN/m³, $\phi'_k = 33^\circ$, $c'_k = 0$ ed un modulo edometrico pari 25.00 MPa. ed infine al materiale roccioso essenzialmente di natura calcarea un $\gamma_k = 24.0$ kN/m³, $\phi'_{k,eq.} = 40^\circ$, $c'_{k,eq.} = 30$ kN/m² ed $E_{med} = 5000.00$ MPa.

3.2 Caratterizzazione Sismica

Per quanto concerne la caratterizzazione sismica è stata utilizzata una prova sismica di tipo masw eseguita in area prossima a quella di intervento. Di seguito si riportano i sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione della prova (fig. 10), il grafico di dispersione con la curva del moto fondamentale (fig. 11) e il grafico mostrante il profilo di Vs30 e la tabella utilizzata per il calcolo di Vs30 (fig. 12). Come si evince dalla tabella il parametro Vs30 è pari a 306 m/s, che consente di classificare il suolo alla categoria di tipo C. L'analisi delle prove STDM riportate in figura 14, stimano la stessa categoria di suolo.

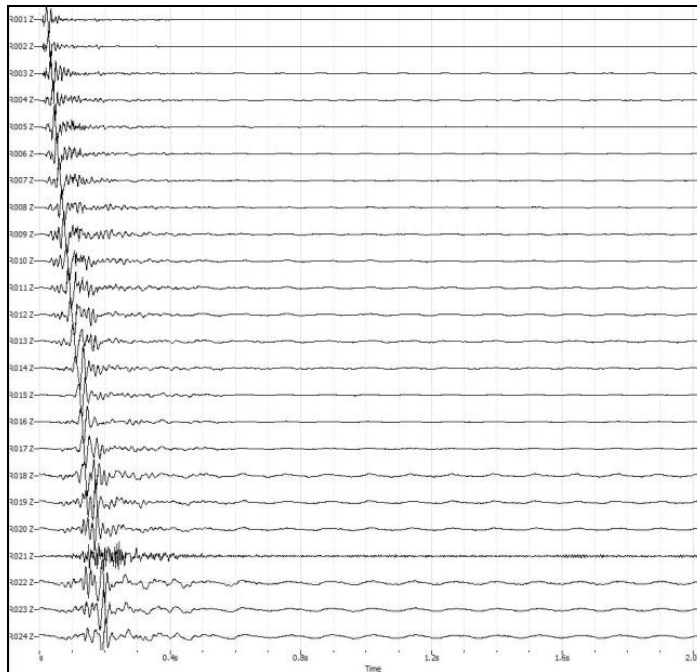


Figura 11: Sismogramma acquisito

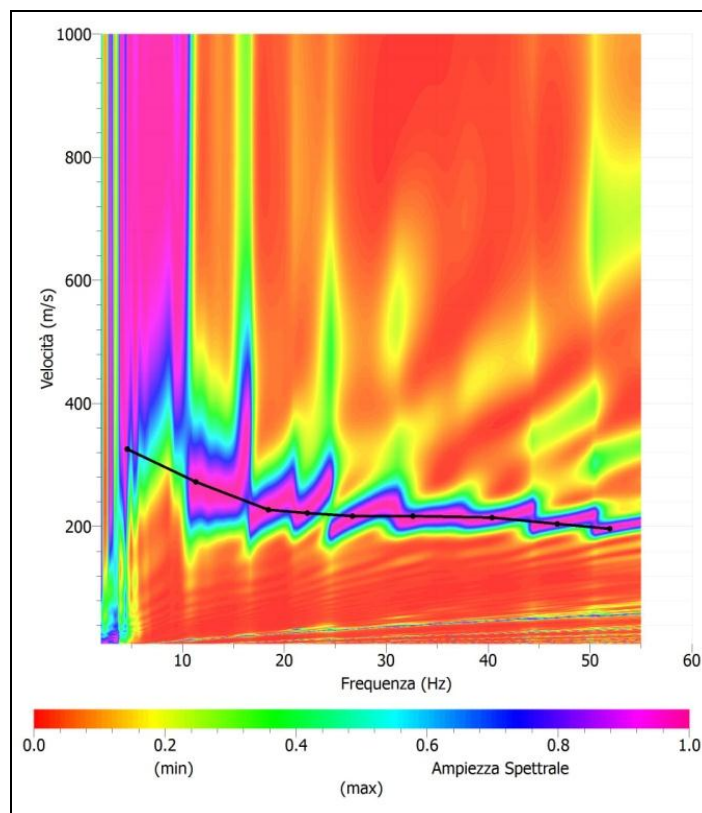


Figura 12: Grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale.

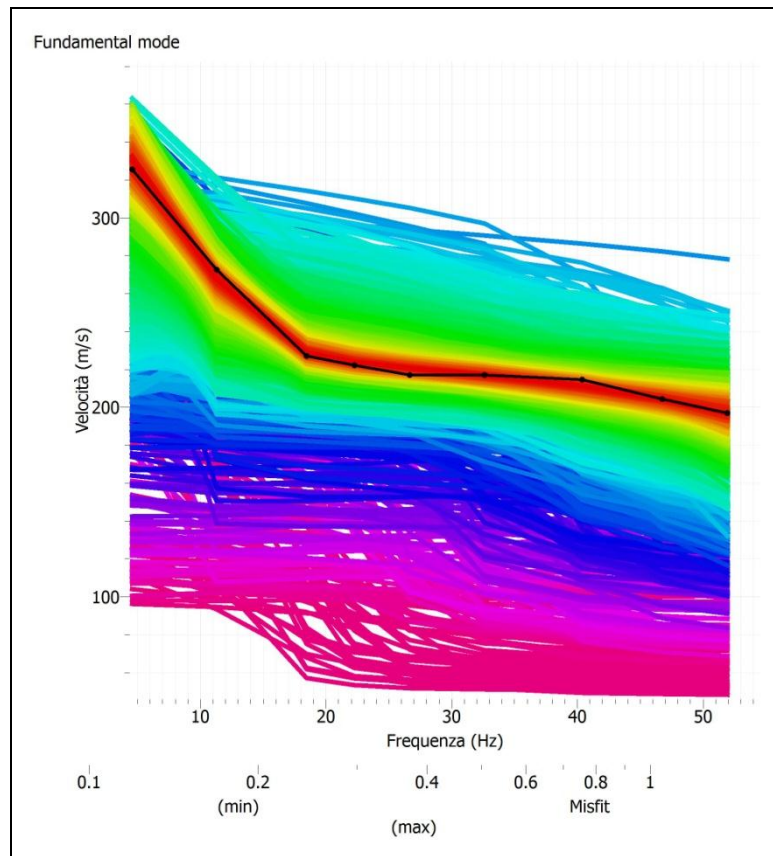


Figura 13: confronto tra la curva teorica e la curva sperimentale acquisita.

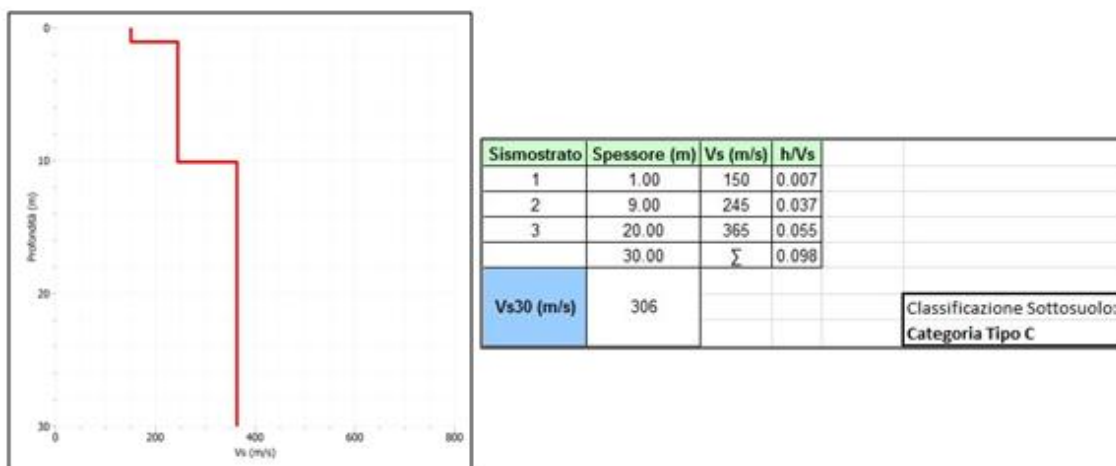


Figura 14: profilo di Vs30 e la tabella utilizzata per il calcolo di Vs30.

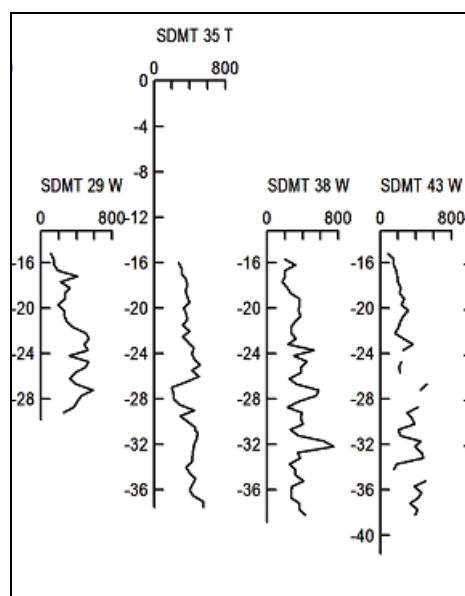


Figura 15: Andamento delle velocità delle onde di Taglio misurate in m/s.

3.3 Problemi Geotecnici

Nelle valutazioni da svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità. La scelta di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici può essere dettata anche solo dalle caratteristiche dei terreni; basti pensare, ad esempio, all'effetto delle discontinuità sul valore operativo della resistenza non drenata.

Considerando che da dati di letteratura le misure eseguite per definire il peso specifico delle litologie presenti e interessate dall'intervento a farsi sono compresi tra $19.45 \div 21.18 \text{ KN/m}^3$ si suggerisce di utilizzare il valore più basso.

OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

Sulla scorta del rilevamento geologico, delle indagini geognostiche eseguite in sito ed in laboratorio e delle elaborazioni su esposte si è giunti alle seguenti determinazioni:

- L'area oggetto di studio, è parte integrante di un contesto morfologico del tutto antropizzato ed essenzialmente sub pianeggiante. Pertanto non sono stati rilevati fenomeni significativi di movimenti gravitativi in atto, per cui risulta che essa è stabile.

- L'area in oggetto ricade, in zona di seconda categoria con coefficiente di intensità sismica pari a 0.07; pertanto si è analizzato la probabilità della suscettibilità alla liquefazione dei terreni investigati. Come è noto, però, perché esista tale pericolo, occorre che siano verificate contemporaneamente le seguenti condizioni:
 - terreni saturi immersi in falda;
 - granulometria uniforme nel campo delle sabbie medio fini;
 - pressione litostatica ridotta;
 - stato di addensamento sciolto;
 - scossa sismica di notevole intensità.

Perché si verifichi il fenomeno della liquefazione è necessario che siano verificate tutte le condizioni su riportate. Nel caso in esame i terreni investigati, fatta eccezione per la presenza dell'acqua nei primi metri dal p.c. e per la presenza di strati sciolti, non presentano tutte le condizioni su riportate per cui sono da escludersi rischi dovuti alla liquefazione.

- Le caratteristiche geotecniche dei terreni sono dettagliatamente descritte nei paragrafi 3.1-3.2-3.3;

- Lo studio dei parametri sismici delle litologie presenti e la stima del Vs30, ha consentito di ascrivere i terreni presenti nella zona oggetto di intervento, alla categoria di terreno tipo **C**;
- La valutazione della pericolosità sismica, secondo quanto presente in letteratura, considerando i terreni campiti come categoria C, un periodo di ritorno di 475 anni e un coefficiente di suolo pari a 1.500, stima uno spostamento massimo del suolo per il terremoto di progetto pari a 0,0047 m e una velocità massima del suolo corrispondente ad un valore di 0,0148 m/s.

Tanto per incarico ricevuto.

Salerno, giugno 2013

Il tecnico incaricato

Dott. Geol. Lambiase Rosario

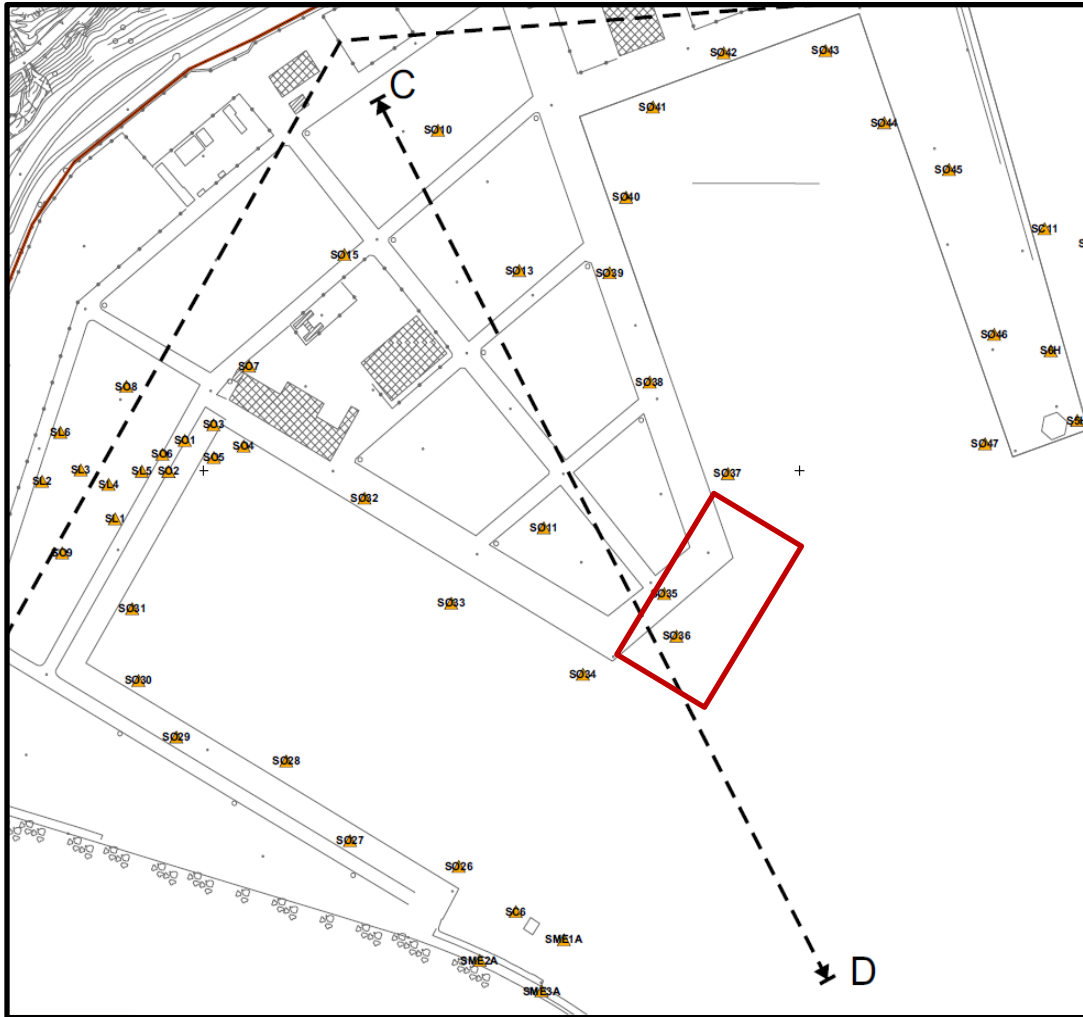


A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Rosario Lambiase", written over the bottom part of the professional stamp.

Il tecnico collaboratore

Dott. Geol. Soldovieri Maria Grazia

Ubicazione area di intervento



Ubicazione dei diversi sondaggi e prove utilizzati per la caratterizzazione geologico-tecnica

