

Committente:

**Studio Tecnico**  
**Arch. Marco Martinelli**  
Via Cappellini, 16  
MILANO (MI)

**Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica sulle  
fondazioni ai sensi del P.S.C. Comunale e del D.M. 17.01.2018**  
**“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” a**  
**supporto di progetto di realizzazione di struttura ricettiva ed**  
**accessori posta all’incrocio Via Torino/Viale Bellini**

**Comune di Riccione (RN)**

Agosto 2020

Dott. Geol. Luca Arieni  
Ord. Geol. Reg. Lombardia n. 1169

Dott. Geol. Marco Canavesi  
Ord. Geol. Reg. Lombardia n. 1547



**abmgeo srl** - Società di Professionisti

Sede Legale: Via E. Filiberto, 2 - 20149 Milano (MI)  
Sede Operativa: Via Europa, 33 - 21040, Morazzone (VA) - Tel-Fax +39.332.462004 - info@abmgeo.it  
PEC: abmgeostp@legalmail.it - C.F./P.IVA 10991660969 - www.abmgeo.it

**E**  
COMUNE DI RICCIONE  
C\_H274 - AOO Riccione Registro PG  
COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE DIGITALE  
Protocollo N.0002558/2021 del 14/01/2021  
Firmatario: RICCARDO CESCHINA, LUCA ARIENI

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>1</b>
1.1	<i>PREMESSA GENERALE E SCOPO DEL LAVORO</i>	1
1.2	<i>RIFERIMENTI NORMATIVI</i>	2
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED ELEMENTI DI PROGETTO</b>	<b>4</b>
2.1	<i>VINCOLI E TUTELE DI NATURA GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA</i>	7
<b>3</b>	<b>INDAGINI E STUDI ESEGUITI</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO</b>	<b>10</b>
4.1	<i>ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO</i>	10
4.2	<i>IDROGEOLOGIA</i>	14
4.3	<i>VULNERABILITA' DELL'ACQUIFERO</i>	14
<b>5</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE</b>	<b>16</b>
5.1	<i>PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT</i>	16
5.1.1	<i>Modalità di esecuzione delle prove</i>	17
5.2	<i>PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH</i>	18
5.2.1	<i>Modalità di esecuzione delle prove</i>	18
5.3	<i>DESCRIZIONE DEGLI ORIZZONTI INDIVIDUATI</i>	19
5.4	<i>SONDAGGIO GEOGNOSTICO</i>	21
5.4.1	<i>Stratigrafia dei sondaggi</i>	22
5.4.2	<i>Standard Penetration Test in foro di sondaggio</i>	23
5.4.3	<i>Valutazione della permeabilità dei terreni</i>	25
5.5	<i>ANALISI DI LABORATORIO GEOTECNICO</i>	27

5.6	<i>SINTESI DEI RISULTATI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE</i>	30
5.7	<i>PARAMETRAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI</i>	30
<b>6</b>	<b>DETERMINAZIONE DELL’AZIONE SISMICA DI PROGETTO AI SENSI DELL’ OPCM 3274/2003 E DELLE DIRETTIVE REGIONALI</b>	<b>35</b>
6.1	<i>CARATTERIZZAZIONE GENERALE DELL’AZIONE SISMICA</i>	35
6.2	<i>RIFERIMENTI TECNICI E NORMATIVI</i>	36
6.2.1	<i>Categorie di suolo di fondazione</i>	36
6.2.2	<i>Zona sismica di appartenenza</i>	39
6.2.3	<i>Aree suscettibili di effetti locali</i>	41
<b>7</b>	<b>INDAGINE GEOFISICA DI TIPO SISMICO ATTIVO MASW</b>	<b>43</b>
7.1	<i>GENERALITÀ SUL METODO MASW</i>	43
7.2	<i>MODALITÀ ESECUTIVE MASW</i>	44
7.3	<i>INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI E PROFILO SISMICO VS30</i>	46
<b>8</b>	<b>DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO E DEL PERIODO DI RIFERIMENTO AL SITO</b>	<b>50</b>
8.1	<i>STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE</i>	51
<b>9</b>	<b>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E GENERALI SULLE OPERE IN PROGETTO</b>	<b>54</b>

**TAVOLE:**

Tav. 1: Ubicazione delle indagini geognostiche e sismiche alla scala 1:250  
(base rilievo topografico stato di fatto fornito dalla Committenza).

**APPENDICI:**

Appendice 1: Documentazione fotografica

Appendice 2: Schema tecnico attrezzatura CPT-DPSH

Appendice 3A: Diagrammi delle prove penetrometriche statiche

Appendice 3B: Diagrammi delle prove penetrometriche dinamiche

Appendice 4A: Stratigrafia sondaggio geognostico e foto cassette catalogatrici S1

*Appendice 4B: Stratigrafia sondaggio geognostico e foto cassette catalogatrici S2*

*Appendice 5: Prova di permeabilità di tipo Lefranc*

*Appendice 6: Analisi di laboratorio geotecnico*

*Appendice 7: Schema Tecnico sismografo GEODE Geometrics*

# 1 INTRODUZIONE

## 1.1 PREMESSA GENERALE E SCOPO DEL LAVORO

La presente relazione, redatto su incarico dello Studio Tecnico Arch. Martinelli con sede in Milano, ha per oggetto la caratterizzazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica di un'area sita in Comune di Riccione (Provincia di Rimini) in via Cellini, ove è previsto la realizzazione di una nuova struttura ricettiva oltre ad alcuni fabbricati accessori previa demolizione del fabbricato esistente.

In relazione alle modalità di attuazione del progetto ed alle caratteristiche delle opere che si prevedono è stata organizzata un'apposita serie di rilievi geologici e di indagini geognostiche e sismiche finalizzate alla ricostruzione del locale assetto litologico-stratigrafico e alla definizione delle caratteristiche tecniche dei materiali *in situ* onde procedere ad una valutazione delle interazioni fra terreno e opere.

La presente relazione costituisce la relazione geologica, geotecnica e sismica redatta in conformità a quanto stabilito dal **"Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni"** - D.M. 17.01.2018.

La presente relazione sarà così articolata:

- ✓ cenni sugli elementi di progetto;
- ✓ inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico di un intorno significativo rispetto alla zona di studio;
- ✓ illustrazione delle metodologie d'indagine geognostica utilizzate;
- ✓ descrizione delle caratteristiche litostratigrafiche dei terreni indagati;
- ✓ elaborazione dei risultati delle indagini geognostiche e valutazione delle caratteristiche tecniche dei materiali;
- ✓ illustrazione delle indagini geofisiche per la valutazione degli effetti sismici di sito;
- ✓ interpretazione e risultati delle indagini geofisiche per la definizione delle Vs;

- ✓ Individuazione della categoria di suolo di fondazione ai sensi del D.M. 17/01/2018 e dell'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 (suolo di fondazione tipo A-B-C-D-E);
- ✓ calcolo dei Fattori di amplificazione previsti da utilizzarsi per le verifiche di sicurezza geotecnica e strutturale (NTC 2018)
- ✓ definizione della capacità portante dei terreni indagati e dei cedimenti attesi;
- ✓ considerazioni conclusive.

Tale studio risulta finalizzato all'ottenimento del parere sugli strumenti urbanistici vigenti e sulla proposta di intervento presentata dalla Committenza con *"Manifestazione di interesse ai sensi dell'Art.4 della L.R: 24/2017 - Avviso 2019"*.

## 1.2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il seguente documento è stato elaborato sulla base delle indicazioni tecniche e direttive regolamentate dai seguenti indirizzi normativi:

- "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;
- "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- L. n. 77 del 24 giugno 2009: "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, recante interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici nella regione Abruzzo nel mese di aprile 2009 e ulteriori interventi urgenti di protezione civile" – entrata in vigore definitiva delle NTC (01/07/2009);
- Ordinanza n.3274 del 20 marzo 2003: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e relativi Allegati;
- Ordinanza PCM 3519 (28/04/2006): "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone (G.U. n.108 del 11/05/2006)";

- Delibera di Assemblea Legislativa n. 112 del 02/05/07 della Regione Emilia-Romagna *“Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell’art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 – Disciplina generale sulla tutela e l’uso del territorio”*
- L.R. 30 ottobre 2008, n.19 *“Norme per la riduzione del rischio sismico”*
- D.G.R. 1164 del 23/07/2018 *“Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia-Romagna”*
- Gestione delle funzioni in materia sismica. Aggiornamento al 27/03/2019

## 2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED ELEMENTI DI PROGETTO

Il territorio del Comune di Riccione ricade all'interno del Foglio 101 Rimini (I.G.M.I. in scala 1:100.000) nella porzione Nord-Occidentale ed all'interno del Foglio 109 Pesaro (I.G.M.I. in scala 1:100.000) nella porzione Sud-Orientale.

In particolare, come visualizzato nelle due seguenti figure, l'area d'intervento si inserisce nella porzione sud-orientale del territorio comunale non distante dal confine con il comune di Misano Adriatico (RN) in un contesto territoriale urbanizzato a circa 30 m dal litorale ad una quota assoluta di circa 1-2 metri s.l.m. Questa porzione di territorio è contraddistinta da un andamento planoaltimetrico di tipo pianeggiante debolmente degradante verso il mare.



*Figura 1: Estratto planimetrico del Comune di Riccione. Nel quadrato blu è evidenziato il lotto d'intervento.*



**Tavola 1**  
Planimetria dello stato di fatto alla scala 1:200  
(stralci elaborati forniti dalla Committenza)

Allo stato attuale il lotto di terreno è costituito da un ampio terreno di forma rettangolare compreso tra viale Bernini ad Ovest, via Torino a Nord e viale B. Cellini ad Est e occupa una superficie di circa 7.800 mq. Il lotto risulta occupato nella sua porzione settentrionale da un fabbricato sviluppato su un unico piano fuori terra di circa 1.100 mq circondato lateralmente da ampie superfici a parcheggio parzialmente rivestite da una pavimentazione in autobloccanti o da aree sterrate (zona Sud). L'area è catastalmente identificata a mappali 1604-2152-2153 Fg.13 della sezione Censuaria di Riccione.

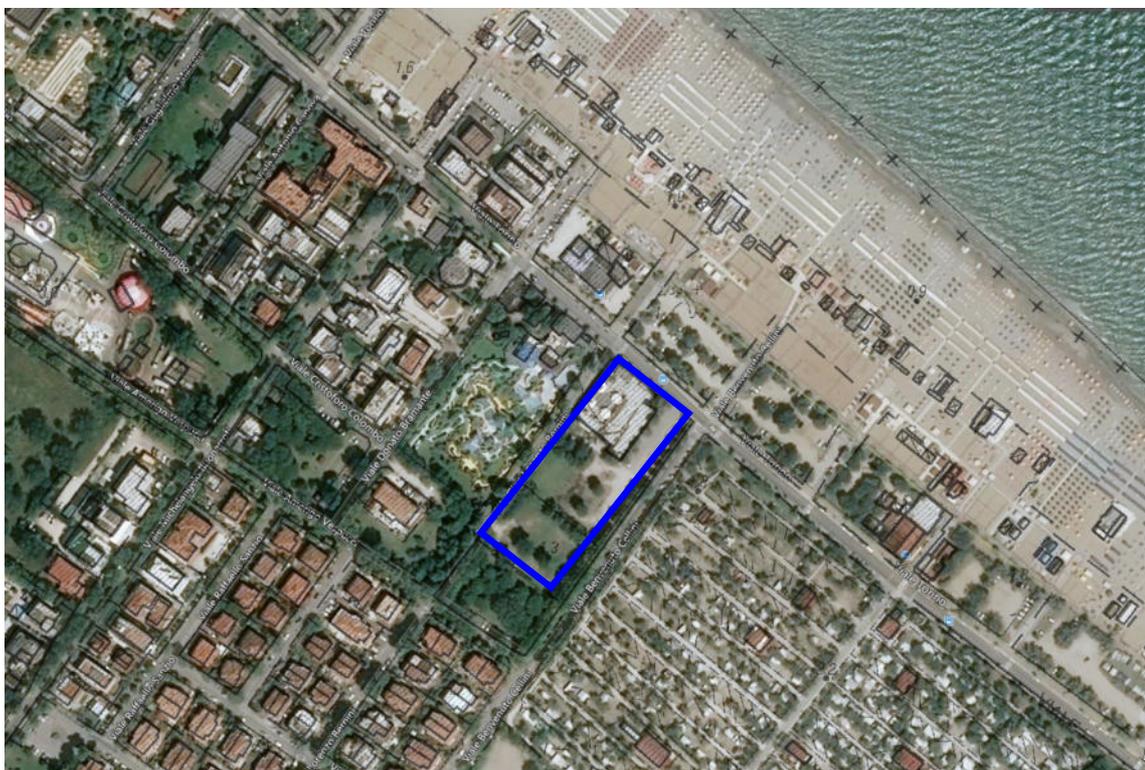
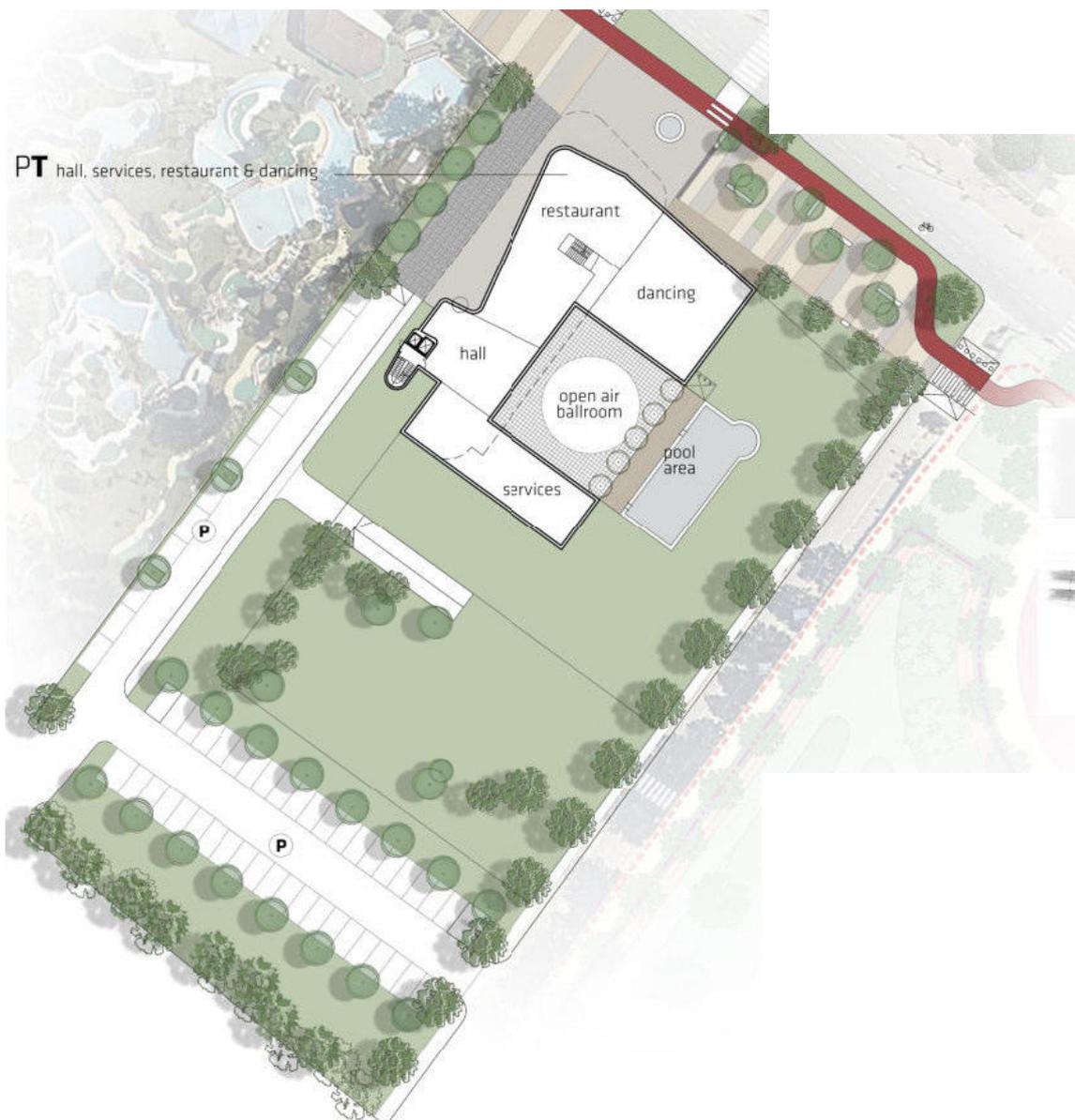


Figura 2: Estratto ortofoto dell'area di studio (da Geoportale Regione Emilia-Romagna).

Le opere in progetto in questa fase preliminare (come inserite all'interno della "Manifestazione di interesse ai sensi dell'art.4 della L.R. 24/2017 – Avviso 2019" presentata al Comune di Riccione), come riportato in dettaglio in Figure 3-4 (estratto elaborati progettuali forniti dalla Committenza), prevedono la realizzazione di una nuova struttura ricettiva sviluppata su un sedime complessivo

di circa 1.200 mq su n.5 piani fuori terra oltre ad un piano interrato adibito ad autorimesse. Il progetto preliminare prevede inoltre la realizzazione di alcune opere accessorie come una piscina interrata posta nella porzione est del fabbricato di aree a parcheggio e di una nuova area urbana lungo via Torino in diretta connessione con l'albergo ed il vicino minigolf che consenta un'intera riqualificazione di un isolato di cerniera del sistema dei percorsi pubblici.



*Figura 3: Estratto planimetria di progetto.*

## 2.1 VINCOLI E TUTELE DI NATURA GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

Per quanto riguarda eventuali vincoli di natura geologica, geomorfologica e sismica riportati all'interno degli allegati cartografici del PSC del comune di Riccione e del PTC provinciale, l'area di studio risulta posta esternamente a tutte le aree sottoposte a vincolo. Come riportato nella figura seguente, l'unico vincolo presente è quello individuato dalla disciplina di Piano Strutturale Comunale per cui tutto il territorio rientra all'interno delle aree in zona sismica.

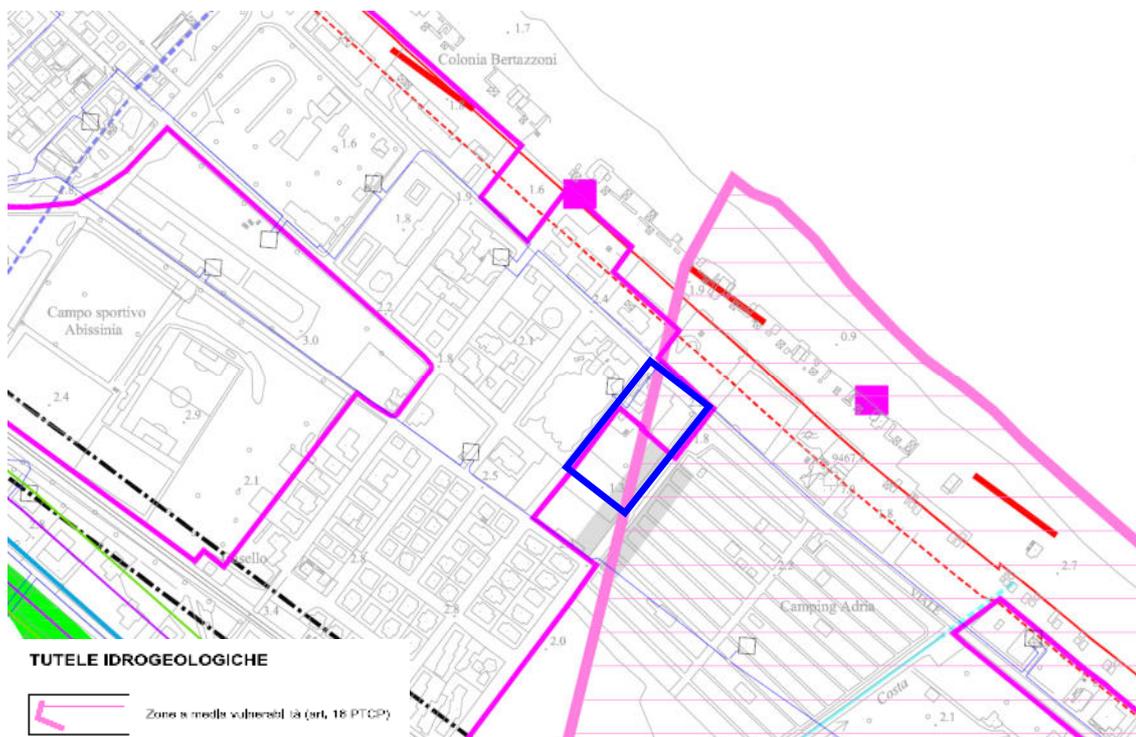


*Figura 4: Estratto Scheda dei vincoli del territorio comunale di Riccione. Tutto il territorio è compreso all'interno delle zone a rischio sismico.*

In queste aree inserite in zona sismica 2 a sismicità media, vige la normativa antisismica a livello nazionale (OPCM 3724/2003 e NTC2018) e regionale (L.R.

19/2008 e DGR 1435/2003) e le prescrizioni a livello provinciale PTCP Norme attuazione Art. 4.3) e comunale (PSC Norme di Attuazione Art. 2.5)

Dal punto di vista idrogeologica, la Tavola 1 “Tutele Idrogeologiche” del PSC comunale classifica inoltre l’area di studio come “Aree di ricarica indiretta della falda – ARI” (Art. 3.5) e “Zone a media vulnerabilità” individuata anche dall’Art. 16 del PTCP Provinciale, per la tutela e protezione delle acque sotterranee e superficiali. L’area, essendo posta nelle vicinanze del centro termale cittadino, è compresa all’interno delle “Aree di tutela della concessione” (Atto n. 58 Prot. Gen. n. 17695/C0301 del 27/03/2003).



*Figura 5: Estratto Tavola 1.2 – Tutele Geologiche e idrogeologiche e aree di rispetto delle infrastrutture ed attrezzature del PSC di Riccione (RN) L’area di studio nel quadrato blu, è compresa all’interno delle zone a media vulnerabilità (Art.16 PTCP).*

### 3 INDAGINI E STUDI ESEGUITI

In relazione agli obiettivi della presente relazione sono state previste e seguite queste procedure:

- ✓ raccolta e analisi dei dati di letteratura sull'assetto geologico e geomorfologico locale;
- ✓ esecuzione di sopralluoghi *in situ* finalizzati alla definizione dei principali lineamenti geologici dell'area;
- ✓ esecuzione di una campagna di indagini geotecniche articolata in n. **6 prove penetrometriche** (di cui 4 prove penetrometriche statiche CPT e n. 2 prove penetrometriche dinamiche DPSH) e n. **2 sondaggi geognostici** a carotaggio continuo per il riconoscimento litostratigrafico con prove SPT in foro per la caratterizzazione geotecnica dei terreni, analisi di laboratorio geotecnico e prova in foro tipo LeFranc per la determinazione delle caratteristiche di permeabilità;
- ✓ esecuzione di una campagna d'**indagini geofisiche** di tipo attivo con il metodo MASW;
- ✓ valutazione della risposta sismica dei terreni in termini di Velocità delle onde trasversali ( $V_s, eq$ ) e di Categoria di suolo;
- ✓ valutazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni;
- ✓ calcoli di capacità portante allo Stato Limite Ultimo in condizioni dinamiche ed allo Stato Limite di Esercizio;
- ✓ indicazioni progettuali sulla base delle problematiche evidenziate.

La relazione presentata è adeguatamente documentata con elaborati grafici e riprese fotografiche.

## 4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

In questa sezione, s'intende descrivere sinteticamente la situazione geologica ed idrogeologica locale, ai fini di definire le caratteristiche geologiche dell'area d'intervento.

### 4.1 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il territorio riccionese si colloca sulle ultime propaggini meridionali della Pianura Padana, che progressivamente tende a restringersi notevolmente sino a chiudersi completamente in corrispondenza del promontorio di Gabicce Monte, al confine con il territorio marchigiano. Quale ultima propaggine della Pianura Padana, si tratta di un paesaggio sostanzialmente pianeggiante, soprattutto in prossimità della costa. Nell'entroterra è delimitato dalle ultime pendici collinari dei retrostanti rilievi appenninici, a sua volta caratterizzate da una morfologia generalmente dolce ed ondulata per la presenza di plastiche litologie argillose.

Le caratteristiche geologiche del territorio comunale non risultano di particolare complessità; esso comprende infatti le ultime pendici collinari di età sostanzialmente Plio - Pleistocenica, le alluvioni continentali terrazzate della pianura (Pleistocene-Olocene) e i depositi costieri (Olocene-attuali).

Il territorio riccionese è caratterizzato per la parte collinare dai depositi di età Plio - Pleistocenica prevalentemente di natura argillosa (Formazione delle Argille Grigio - Azzurre). Tali depositi rappresentano il locale substrato formazionale su cui poggiano i sedimenti depositi dai corsi d'acqua, nel corso delle loro divagazioni, sedimenti limosi, sabbiosi e ghiaiosi di origine alluvionale. Verso mare questi sono interrotti da un gradino morfologico di alcuni metri di dislivello, falesia fossile o paleofalesia), a valle della quale sono presenti depositi sabbiosi di transizione di origine litorale, lagunare e marina.

Tali depositi costituiscono la piana costiera, estesa tra la falesia fossile e l'attuale linea di costa, che presenta una tipica morfologia generalmente

pianeggiante, caratterizzate da un'ampia piana sabbiosa e originata dall'interazione tra processi continentali (alluvionali) e marini (litorali). La serie marina, che ricopre in contatto discordante quella alluvionale (trasgressione Flandriana), è costituita da sabbie medie o medio-fini, generalmente ben classate, con laminazione a basso angolo cuneiforme o concavo - convessa, talora evidenziata da allineamenti di livelli di frustoli vegetali. Localmente si possono rinvenire alternanze sabbioso-limose e limo-argillose, che denotano un'elaborazione incompleta dei sedimenti di apporto alluvionale da parte del moto ondoso. Le strutture sedimentarie rivelano una situazione di media-elevata energia deposizionale, in ambienti di mare basso o litorale dominati dal moto ondoso e/o da correnti lungo costa. La presenza occasionale di ghiaie in livelli organizzati e con ciottoli ben arrotondati, denota sia la vicinanza di fonti d'apporto grossolano, sia elaborazione da parte delle correnti costiere e del moto ondoso.

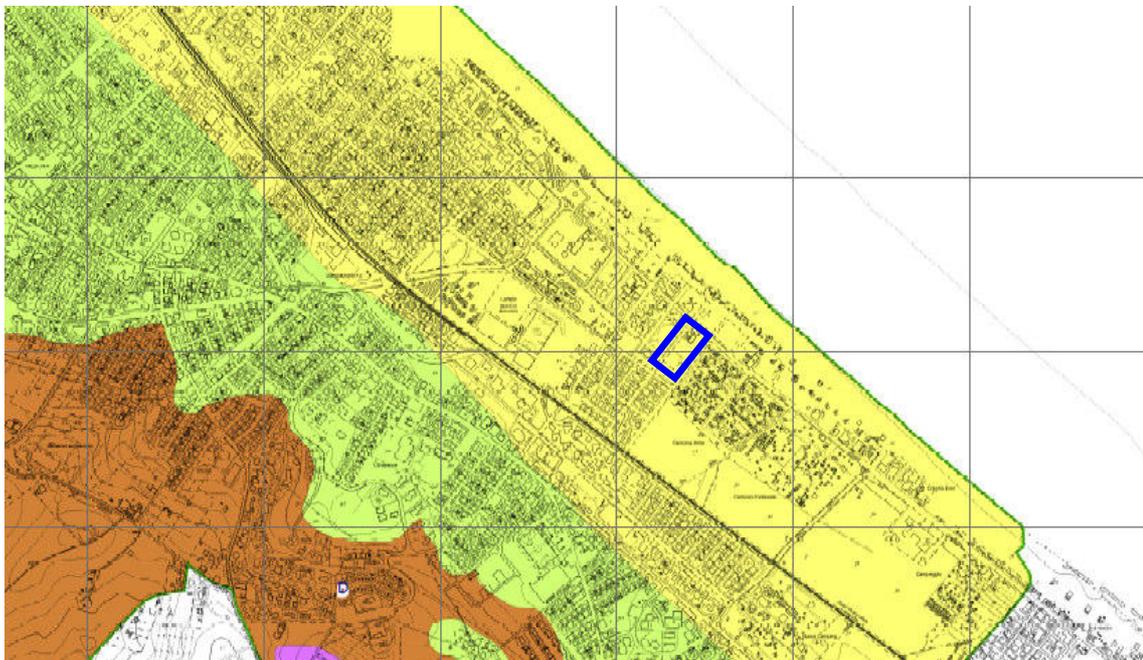
L'area in studio è rappresentata nella Carta Geologica d'Italia 1:100.000 (nel foglio 256 denominato Rimini) e nella Carta Geologica dell'Emilia-Romagna nelle sezioni 256160 denominata RICCIONE MARINA e 268010 denominata MISANO ADRIATICO.

Come riportato nella figura sottostante estratta dalla carta litologica dello Studio di Microzonazione sismica comunale, l'area di studio è compresa all'interno della zona definita come *"Macroarea litorale – zona litorale e costiera"* con sviluppo parallelo alla linea di costa per una lunghezza di circa 6300 e quota altimetrica compresa tra il livello del mare e circa 4 m s.l.m.

Dal punto di vista geologico l'area d'indagine ricade nel territorio di affioramento della formazione quaternaria denominata "a4s" (sabbie e ghiaie delle spiagge attuali) della Carta Geologica d'Italia. La serie marina che ricopre in contatto discordante quella alluvionale (trasgressione Flandriana) è costituita da sabbie medie o medio-fini, generalmente ben classate, con laminazione a basso angolo cuneiforme o concavo - convessa, talora evidenziata da allineamenti di livelli di frustoli vegetali. Localmente si possono rinvenire alternanze sabbioso-limose e limo-argillose, che denunciano un'elaborazione incompleta dei sedimenti di apporto alluvionale da parte del moto ondoso. Le strutture sedimentarie rivelano

una situazione di media-elevata energia deposizionale, in ambienti di mare basso o litorale dominati dal moto ondoso e/o da correnti lungo costa.

I terreni limo-argillosi e argillo-limosi sottostanti, talora alternati a sottili livelli limo-sabbiosi, sono originati dal trasporto ed accumulo alluvionale e si presentano come massivi o con deboli laminazioni e quindi con caratteri tipici di ambienti di piana inondabile e rotta d'argine. Il limite generale di affioramento delle sabbie marine a monte risulta essere compreso tra il tracciato della ferrovia e la statale Adriatica, con spessori variabili da pochi metri fino ad un massimo 7.00-8.00 m.t. in corrispondenza della zona di spiaggia.



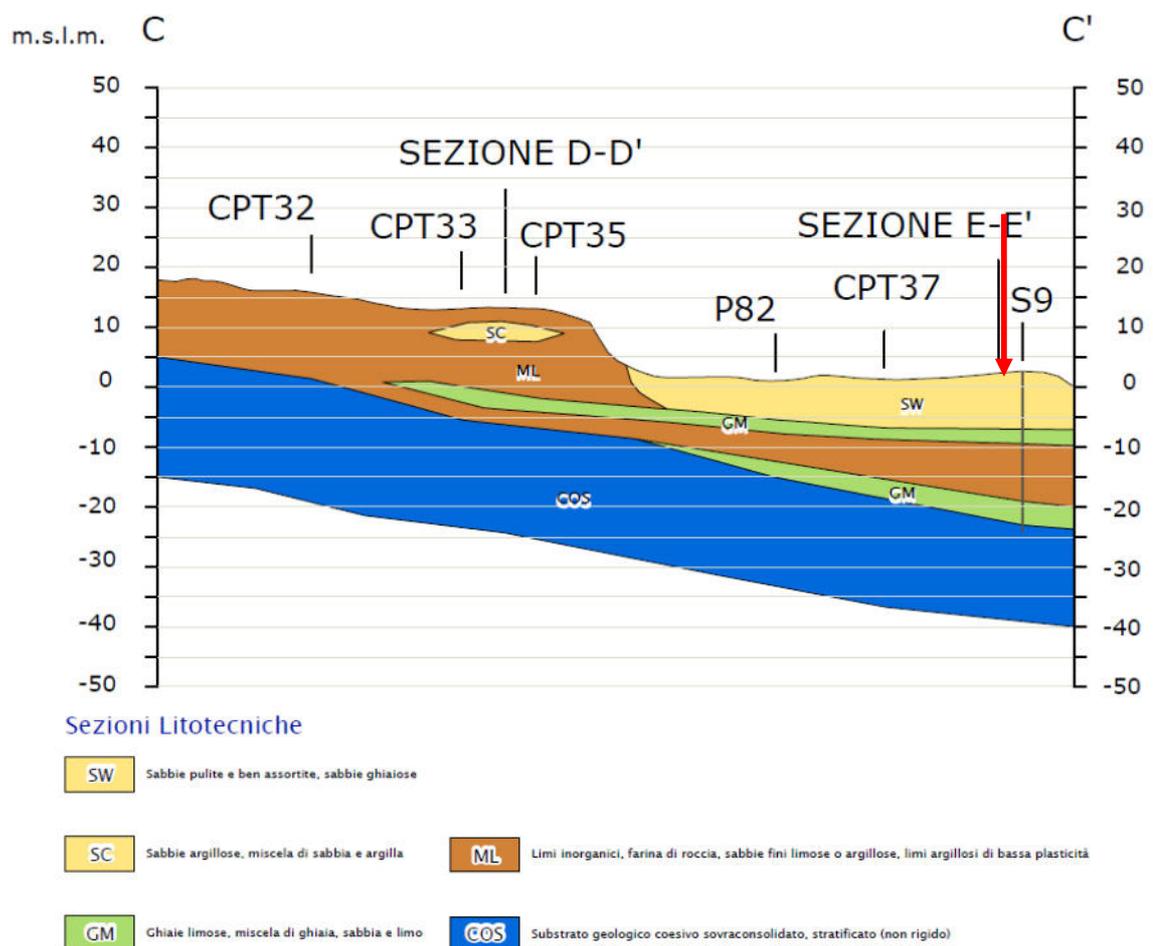
### Classi litologiche

A	Depositi prevalentemente sabbiosi e ghiaiosi di piana costiera
B	Depositi alluvionali costituiti da sabbie e limi prevalenti
C	Depositi alluvionali costituiti da argille e limi prevalenti
D	Depositi formazionali costituiti da marne, argille e argille-limose con rare intercalazioni sabbiose (Pliocene Medio-Superiore)

*Figura 6: Estratto carta litologica alla scala 1:10.000 dello studio di Microzonazione sismica del comune di Riccione (RN) L'area di studio nel quadrato blu, è compresa all'interno della zona a depositi sabbiosi di piana costiera.*

L'area di studio, come confermato dalle indagini geognostiche in sito appositamente eseguite, è infatti caratterizzata da depositi sabbiosi (sabbie medie e fini) localmente alternate a limi sabbiosi organizzati in sequenze negative.

Come individuato all'interno dei sondaggi geognostici che hanno raggiunto la profondità di 20 m da p.c. e dalle sezioni geologico-geotecniche a corredo del PSC (sezione C-C' nella figura seguente), al di sotto dei depositi sabbiosi sono presenti terreni di natura prevalentemente argillosa e argilloso-limosa con alcuni livelli a componente ghiaiosa a circa 8-10 m di profondità.



*Figura 7: Estratto Sezioni litotecniche alla scala 1:10.000 dello studio di Microzonazione sismica del comune di Riccione (RN) L'area di studio è individuata dalla freccia rossa.*

## 4.2 IDROGEOLOGIA

Relativamente alle acque sotterranee, l'assetto idrogeologico dell'area in esame è ovviamente in stretta correlazione con il livello del mare.

Il livello idrico è infatti solitamente prossimo al piano di campagna e questo è da mettere in relazione all'acquifero superficiale insediato nello strato sabbioso permeabile al di sopra di orizzonti argillosi a bassa permeabilità.

Nel prisma sabbioso litorale si presenta un diretto contatto laterale tra acque dolci e salate di origine marina, dando luogo ad un'interfaccia di transizione salmastra con caratteristiche variabile, in funzione delle condizioni meteorologiche, idrografiche, mareali e di emungimento antropico.

L'andamento delle isofreatiche risulta quindi sostanzialmente regolare e subparallelo e le linee di alimentazione/drenaggio sotterraneo corrispondono sostanzialmente agli assi fluviali dei corsi d'acqua esistenti.

## 4.3 VULNERABILITA' DELL'ACQUIFERO

La vulnerabilità dell'acquifero è un parametro che stabilisce la propensione dell'acquifero stesso a lasciarsi raggiungere e contaminare da un potenziale inquinante proveniente dalla superficie o già presente in acque sotterranee circolanti. Da ciò si deduce che alcuni dei parametri principali da considerare per la valutazione della vulnerabilità sono:

- caratteristiche litologiche dell'acquifero e degli orizzonti soprastanti;
- presenza di una copertura impermeabile in superficie;
- soggiacenza della falda libera rispetto al piano campagna.

Inoltre, bisogna aggiungere che in linea di principio non è possibile effettuare una valutazione completa della vulnerabilità idrogeologica di un sito prescindendo dalla presenza o meno in superficie di attività antropiche potenzialmente inquinanti, o da vettori privilegiati di trasporto di inquinanti, quali corsi d'acqua inquinati o fognature.

Per quanto riguarda la vulnerabilità dell'acquifero in cui si trova l'area in esame, va ricordato che la litologia naturale prevalente è rappresentata da depositi

sciolti grossolani con buon grado di permeabilità. L'area oggetto di studio appartiene quindi ad una zona con basso grado di protezione della prima falda.

La sintesi degli elementi sopradescritti determina per la falda principale un elevato/alto grado di vulnerabilità intrinseca ai fenomeni di inquinamento eventualmente presenti in superficie o nel primo sottosuolo. Da queste considerazioni deriva la vulnerabilità complessiva dell'acquifero alla contaminazione è classificabile alta/elevata così come riportato all'interno della Tavola 1.2 della carta di vulnerabilità dello studio geologico comunale (figura 5).

## 5 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

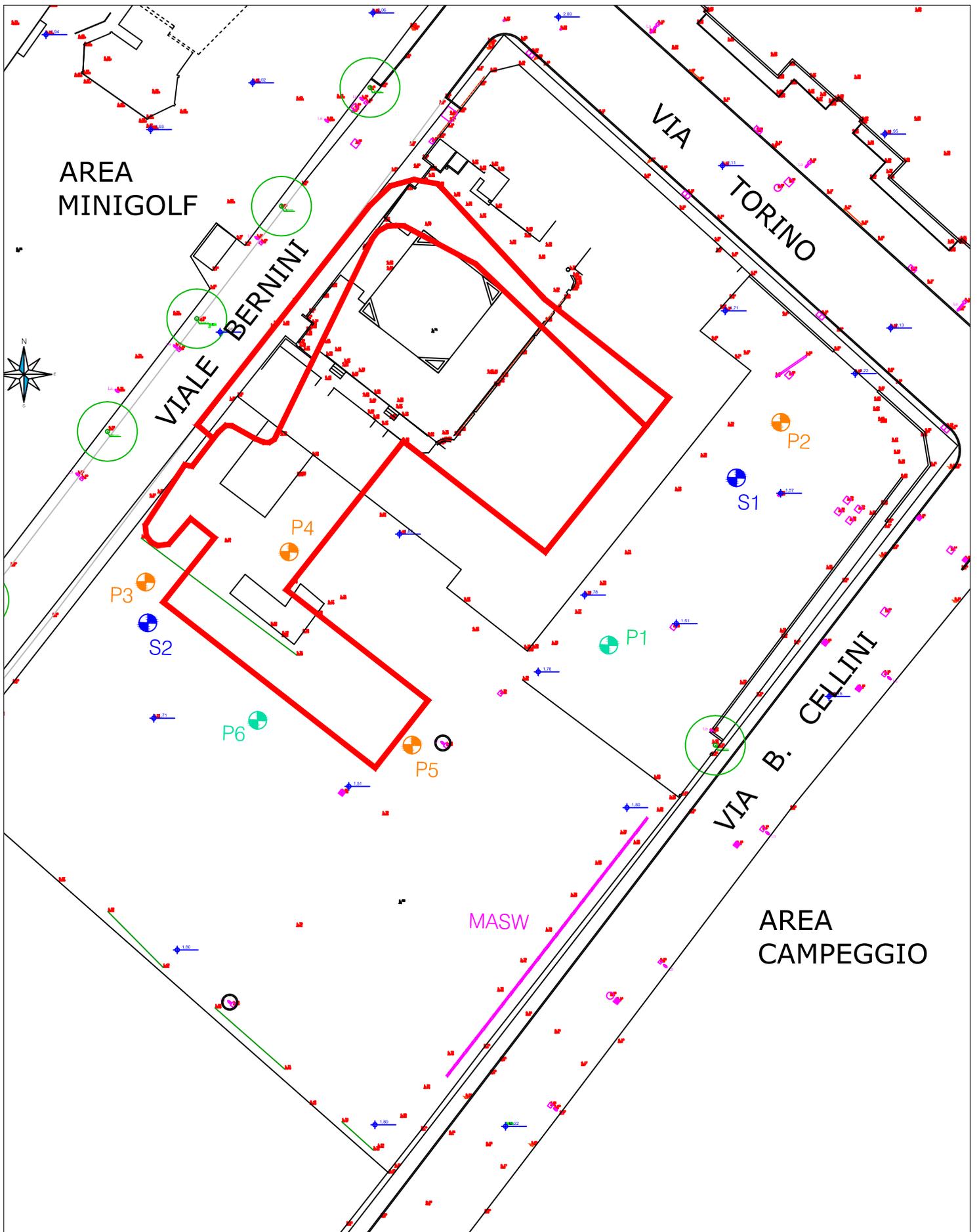
Per la caratterizzazione geotecnica e litostratigrafica dei terreni sono stati eseguiti n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo eseguito sotto la diretta supervisione degli scriventi spinti ciascuno fino alla profondità di 20 m e n. 6 prove penetrometriche statiche CPT o dinamiche DPSH spinte fino a rifiuto all'avanzamento delle aste. Per meglio caratterizzare i parametri geotecnici dei terreni sono state eseguite n. 10 prove S.P.T. (Standard Penetration Test) all'interno dei fori di sondaggio (cfr. documentazione fotografica in Appendice 1). Le indagini in sito sono state eseguite all'interno del lotto oggetto di intervento così come riportato in **Tavola 1**.

Inoltre, è stata eseguita anche un'indagine sismica con metodo MASW lungo uno stendimento di lunghezza pari a 33 m (Array L1) posta anch'esso in all'interno dell'area oggetto d'intervento. L'ubicazione delle prove in sito, in relazione alle necessità di delineare lo schema geotecnico generale, è stata predisposta in base alle indicazioni fornite dalla committenza, compatibilmente con la loro accessibilità. In particolare, in relazione alla presenza di alcune porzioni con superfici pavimentate e alle difficoltà di ancoraggio per alcune tipologie di indagini sono state eseguite n. 4 prove penetrometriche statiche CPT con lo scopo di meglio caratterizzare i terreni a principale comportamento coesivo (limi e argille) e n. 2 prove penetrometriche dinamiche DPSH per la caratterizzazione geotecnica dei terreni incoerenti (sabbie e ghiaie).

Nelle giornate del 09/07/2020 (sondaggio S1, prove penetrometriche e indagine sismica) e del 10/07/2020 (sondaggio geognostico S2) si è proceduto all'esecuzione di tutte le indagini in sito oltre ai rilievi dei principali elementi geologici e geomorfologici esistenti nell'area.

### 5.1 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT

Le indagini geognostiche per la caratterizzazione geotecnica dell'area interessata dalla proposta d'intervento sono state eseguite con penetrometro tipo



## Tavola 2

Ubicazione delle indagini geognostiche alla scala 1:200  
*(stralcio elaborati forniti dalla Committenza)*

TG 63/200 KN della ditta Pagani motorizzato e cingolato per la realizzazione sia di prove penetrometriche statiche che prove penetrometriche dinamiche.

Le caratteristiche tecniche del penetrometro corrispondono alla nuova categoria di standard internazionale e sono descritte in appendice 2.

### **5.1.1 Modalità di esecuzione delle prove**

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ( $v = 2$  cm/sec). La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), opportunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta. Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di manometri, collegati al martinetto mediante una testa di misura idraulica. La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale: punta/manicotto tipo "Begemann".

Una cella di carico, che rileva gli sforzi di infissione, è montata all'interno di un'unità rimovibile, chiamata "selettore", che preme alternativamente sull'asta interna e su quella esterna. Durante la fase di spinta le aste sono azionate automaticamente da un comando idraulico. L'operatore deve solamente controllare i movimenti di spinta per l'infissione delle aste. I valori acquisiti dalla cella di carico sono visualizzati sul display di una Sistema Acquisizione Automatico (qualora presente) o sui manometri.

Le letture di campagna durante l'infissione sono le seguenti:

- Lettura alla punta LP = prima lettura di campagna durante l'infissione relativa all'infissione della sola punta
- Lettura laterale LT = seconda lettura di campagna relativa all'infissione della punta+manicotto
- Lettura totale LLTT = terza lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (tale lettura non sempre viene rilevata in quanto non è influente metodologicamente ai fini interpretativi)

I risultati delle prove (cfr. **Appendice 3A**) vengono diagrammati in funzione della profondità ed elaborati analiticamente per individuare livelli a caratteristiche geotecniche omogenee, eventualmente correlabili tra le diverse prove.

I dati di uscita principali sono RP (Resistenza alla punta) e RL (Resistenza laterale o fs, attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) che il programma calcola automaticamente; inoltre viene calcolato il Rapporto RP/RL (Rapporto Begemann 1965) e il Rapporto RL/RP (Rapporto Schmertmann 1978 – FR %).

Il programma elabora quindi i dati di resistenza alla punta e laterale fs con le opportune correzioni dovute alla normalizzazione (con la tensione litostatica e con la pressione dei pori). Robertson definisce infine il valore caratteristico del Ic (Indice di tipo dello strato) e Contenuto in materiale fine FC % (cioè la percentuale di contenuto argilloso < 2 micron).

## 5.2 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH

Le indagini geognostiche per la caratterizzazione geotecnica dell'area interessata dalla proposta d'intervento sono state eseguite con lo stesso penetrometro dinamico tipo TG 63/200 KN della ditta Pagani (cfr. appendice 2) utilizzato per le prove statiche. Questa tipologia di indagine è stata scelta in alcuni punti del piazzale dove sono state eseguite le prove in corrispondenza dei punti di prova dove non sono emerse problematiche per l'infissione delle trivelle per le prove statiche.

### 5.2.1 Modalità di esecuzione delle prove

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infissione nel terreno di una punta conica metallica lungo la direzione del filo a piombo, posta all'estremità di un'asta di acciaio prolungabile con l'aggiunta di aste in successione; l'infissione avviene in seguito alla caduta di un maglio con procedura standardizzata (→ peso = 73,5 Kg; altezza di caduta = 75 cm per le DPSH) direttamente sulla testa di battuta.

La procedura si ripete per ogni tratto prestabilito fino al raggiungimento della profondità prevista.

La resistenza del terreno è funzione inversa della penetrazione per ciascun colpo e diretta del numero di colpi necessari alla penetrazione per un tratto prefissato.

Secondo la tipologia di prova utilizzata nella presente indagine è stato registrato il numero di colpi necessari per l'infissione delle aste nel terreno ogni 30 cm per le DPSH e fino alla profondità di fine prova.

I risultati delle prove (cfr. **Appendice 3B**) vengono diagrammati in funzione della profondità ed elaborati analiticamente per individuare livelli a caratteristiche geotecniche omogenee, eventualmente correlabili tra le diverse prove.

*Il numero di colpi necessari alla penetrazione (SCPT) ricavato dalle prove penetrometriche dinamiche è stato considerato pari al 67% del numero di colpi equivalente della prova penetrometrica standardizzata S.P.T. (Standard Penetration Test) in foro di sondaggio, che, date le numerose correlazioni esistenti in letteratura sia sperimentali che basate su casi reali, rappresenta il termine fondamentale di confronto al fine di stabilire i valori dei relativi parametri geotecnici.*

### 5.3 DESCRIZIONE DEGLI ORIZZONTI INDIVIDUATI

Per permettere una caratterizzazione omogenea dei terreni in profondità, le verticali di prova sono state eseguite in prossimità del posizionamento delle principali strutture portanti delle opere in progetto, in modo da fornire indicazioni geotecniche a carattere puntuale da utilizzarsi per il dimensionamento delle opere.

Come si può osservare dai grafici (cfr. Appendice 3A e Appendice 3B) le resistenze ed il numero dei colpi risultano mediamente variabili in relazione al differente stato di addensamento dei terreni attraversati; a quote superficiali, al di sotto del primo livello costituito da materiale di addensato rimaneggiato, l'assenza di orizzonti ad elevato numero di colpi e la resistenza d'attrito sulle aste osservata in corso d'esecuzione delle prove permette di ipotizzare la presenza di litologie abbastanza omogenee con prevalenze sabbiose, mentre più in profondità si passa variabile alla presenza di depositi con stato di addensamento più consistente

caratteristici di depositi argilloso-limosi consolidati e ghiaiosi. Nella seguente tabella 5.1 è riportata la suddivisione in orizzonti omogenei per ciascuna prova.

<b>Livello</b>	<b>P2</b>	<b><math>q_{C_{med}}</math> (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>P3</b>	<b><math>q_{C_{med}}</math> (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>R</b>	Da 0.00 a 0.60 m	<b>42.47</b>	Da 0.00 a 0.60 m	<b>86.14</b>
<b>A</b>	Da 0.60 a 5.80 m	<b>77.05</b>	Da 0.60 a 5.40 m	<b>82.12</b>
<b>B1</b>	Da 5.80 a 6.80 m	<b>25.91</b>	Da 5.40 a 7.20 m	<b>36.35</b>
<b>B2</b>	Da 6.80 a 9.0 m	<b>21.89</b>	Da 7.20 a 9.80 m	<b>27.52</b>
<b>C</b>	Da 9.0 a 9.40 m (fine prova)	<b>157.33</b>	Da 9.80 a 10.0 m (fine prova)	<b>216.38</b>

***Tabella 5.1: Interpretazione delle prove penetrometriche statiche P2 e P3***

<b>Livello</b>	<b>P4</b>	<b><math>q_{C_{med}}</math> (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>P5</b>	<b><math>q_{C_{med}}</math> (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>R</b>	Da 0.00 a 0.40 m	<b>104.14</b>	Da 0.00 a 0.40 m	<b>75.14</b>
<b>A</b>	Da 0.40 a 5.80 m	<b>87.38</b>	Da 0.60 a 6.0 m	<b>77.95</b>
<b>B1</b>	Da 5.80 a 7.20 m	<b>19.83</b>	Da 6.0 a 7.20 m	<b>19.28</b>
<b>B2</b>	Da 7.20 a 8.20 m	<b>26.73</b>	Da 7.20 a 8.80 m	<b>37.57</b>
<b>C</b>	Da 8.20 a 9.0 m (fine prova)	<b>268.74</b>	Da 8.80 a 9.20 m (fine prova)	<b>295.03</b>

***Tabella 5.1: Interpretazione delle prove penetrometriche statiche P4 e P5***

<i>Livello</i>	<i>P1</i>	<i>N<sub>spt</sub> medio</i>	<i>P6</i>	<i>N<sub>spt</sub> medio</i>
R	Da 0.00 a 0.40 m	13	Da 0.00 a 0.60 m	21
A	Da 0.40 a 6.20 m	8	Da 0.60 a 6.0 m	10
B1	Da 6.20 a 7.40 m	5	Da 6.0 a 7.40 m	5
B2	Da 7.40 a 9.60 m	27	Da 7.40 a 8.60 m	14
C	Da 9.60 a 10.80 m (fine prova)	48	Da 8.60 a 9.0 m (fine prova)	61

*Tabella 5.1: Interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche P1 e P6*

## 5.4 SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Al fine di ottenere informazioni sulla litologia, sulla stratigrafia e sulle caratteristiche superficiale geotecniche dei terreni interessati dalla proposta d'intervento sono stati realizzati n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, sotto la diretta supervisione degli scriventi, utilizzando una sonda ATLAS 13F4 con sottocarro cingolato. Tale macchina è dotata di coppia di 13.000 Nm e spinta/tiro di 13.000 kg. La trasmissione avviene idraulicamente ed è costituita da un motore a scoppio, un serbatoio di olio idraulico e varie pompe idrauliche azionate dal motore stesso. Questa porta l'olio in pressione e tramite tubi in gomma armata e distributori lo invia ai vari organi utilizzatori (testa di rotopercolazione, argano, morse, svita aste, stabilizzatori, ecc.).

I sondaggi geognostici S1 e S2 (le cui ubicazioni sono riportate in tavola 1, mentre per le stratigrafie si veda l'appendice 4) sono stati eseguiti a carotaggio continuo con un diametro finale di perforazione di 127 mm (rivestimento 152 mm) ed hanno raggiunto la profondità di 20.0 m da p.c.

Nel corso della perforazione dei sondaggi sono state eseguite n. 10 SPT in foro a differenti profondità per meglio definire le caratteristiche geotecniche dei terreni attraversati. Le informazioni qui descritte, unitamente alla descrizione litologica delle carote estratte ed alle riprese fotografiche delle cassette catalogatrici sono sintetizzate in Appendice 4A (sondaggio S1) e Appendice 4B (sondaggio S2).

#### **5.4.1 Stratigrafia dei sondaggi**

Dal punto di vista litostratigrafico, la situazione appare contraddistinta da una successione di orizzonti da semicoesivi a granulari. L'interpretazione dei dati ottenuti dall'analisi delle stratigrafie dei sondaggi hanno quindi permesso di individuare diversi orizzonti aventi caratteristiche litologiche omogenee e, in base a ciò, di realizzare un modello schematico dell'assetto locale. La stratigrafia riassuntiva, ottenuta correlando i sondaggi geognostici con le altre indagini in sito eseguite (prove penetrometriche e indagini sismica MASW) a supporto della presente relazione e raggruppando orizzonti a litologia omogenea, è così sintetizzabile:

- ✓ UNITÀ R: è costituita da terreno materiale rimaneggiato addensato posto al di sotto della pavimentazione esistente con uno spessore di circa 50 cm;
- ✓ UNITÀ A: è costituita da un orizzonte di terreno naturale omogeneo prevalentemente sabbioso sciolto (sabbie medie e fini) con frammenti di gusci presente fino alla profondità variabile compresa tra circa 5.50 e 6.00 m da p.c.;
- ✓ UNITÀ B: è costituita da un livello dello spessore complessivo di circa 3 metri costituito da argille sabbiose passanti ad argille e argille limose da poco a ben addensate con media plasticità; in particolare la subunità più superficiale (unità B1) presente fino a circa 7.50 m da pc. è costituita da argille sabbiose grigie poco addensate mentre la subunità sottostante (Unità B2) dello spessore di circa 1.50 m è costituita da argille limose addensate;
- ✓ UNITÀ C: è costituita da un orizzonte di materiale granulare a comportamento incoerente caratterizzato da ghiaie sabbiose in matrice sabbioso-limosa addensate dello spessore variabile compreso tra 1 m

(sondaggio S2) e massimo 2.70 m (sondaggio S2): questo orizzonte costituisce l'ultima unità riconosciuta all'interno delle prove penetrometriche;

- ✓ UNITÀ D: è costituita da un orizzonte di depositi argillosi e argilloso-limosi mediamente consolidati dello spessore medio di circa 4 m;
- ✓ UNITÀ E: è costituita da un orizzonte di modesto spessore di depositi a prevalente componente sabbioso-argillosa presente fino alla profondità media di circa 17 m da p.c. e stato di addensamento medio-basso;
- ✓ UNITÀ F: è l'ultima unità identificata nei sondaggi, con un aumento notevole della frazione argillosa verso il basso; l'orizzonte è infatti costituito da argille compatte debolmente limose di colore verdastro e segna il passaggio al sottostante substrato roccioso a profondità superiore a 20 m.

#### **5.4.2 Standard Penetration Test in foro di sondaggio**

Al fine di ottenere informazioni sui parametri geotecnici dei terreni attraversati sono state realizzate n. 9 prove SPT in foro a diverse profondità.

La prova SPT in foro di sondaggio consiste nella infissione a percussione, secondo una procedura standardizzata, di un campionatore a pareti grosse nel fondo di un foro di sondaggio e nella registrazione dei colpi necessari per una penetrazione di 30 cm (Nspt). Il dispositivo di battitura ha un peso totale non superiore ai 115 kg con un peso del maglio di circa 63.5 kg. La prova si esegue infiggendo inizialmente a fondo foro il campionatore per 150 mm, al fine di oltrepassare il tratto di terreno rimaneggiato dalle precedenti operazioni di perforazione a rotazione. Dopo il primo tratto di 150 mm (i cui valori vengono scartati in fase di elaborazione dati), si infigge il campionatore per due tratti consecutivi, ognuno di 150 mm, annotando il numero di colpi necessari alla penetrazione.

Nella tabella di seguito è riportato il numero dei colpi registrati alle diverse profondità per ogni sondaggio alle quali è stata effettuata la prova SPT:

N° sondaggio	Profondità di esecuzione SPT	Tipologia prova	N. colpi /150 mm
S1	3.0 – 3.45 m	Punta aperta	3-8-13
	9.00 – 9.45 m	Punta aperta	4-18-25
	12.0 – 12.45 m	Punta aperta	4-5-8
	15.0 – 15.45 m	Punta aperta	8-12-15
	18.0 – 18.45 m	Punta aperta	6-7-10
S2	6.00 – 6.45 m	Punta chiusa	2-3-2
	10.50 – 10.95 m	Punta chiusa	35-38-39
	12.0 – 12.45 m	Punta chiusa	3-6-9
	13.50 – 13.95 m	Punta chiusa	5-9-12

**Tabella 5.2: Prove Standard Penetration Test nei fori di sondaggio S1 e S2**

I valori di  $N_{SPT}$ , ricavati dalla somma dei numeri di colpi  $N_2$  ed  $N_3$  (gli ultimi 30 cm), sono stati normalizzati per tener conto dell'influenza della pressione del terreno sovrastante, riferendoli ad un valore unitario della pressione verticale efficace ( $\sigma' = 1 \text{ kg/cm}^2$ ) mediante l'espressione:

$$N_{SPT} = C_N N_{spt(2+3)}$$

dove:

$N_{SPT}$  = numero di colpi N riferito ad un valore unitario  $\sigma'$ ;

$N_{spt(2+3)}$  = numero di colpi secondo la prova S.P.T.  $N_2 + N_3$ ;

$C_N$  = coefficiente di correlazione dipendente dal valore di  $\sigma'$ .

Il coefficiente di correlazione  $C_N$  è stato calcolato secondo la formula di Liao e Whitman (1986):

$$C_N = \left( \frac{\sigma'_0}{\sigma'_{v0}} \right)^{0.5}$$

dove:

$\sigma'_0$  è la pressione litostatica di riferimento, assunta pari a 100 kPa;  
 $\sigma'_{v0}$  è la pressione verticale efficace alla quota della prova.

I valori normalizzati vengono riassunti nella seguente tabella:

<i>Livello</i>	<i>Profondità medie da p.c.</i>	<i>N<sub>spt medio</sub></i>
Unità A	Da 0.40 a 6.0 m	18
Unità B1	Da 6.0 a 7.50 m	5
Unità C	Da 10.0a 11.50 m	37
Unità D	Da 11.50 a 15.0 m	9
Unità E	Da 15.0 a 17.0 m	15
Unità F	Da 17.0 a 20.0 m	9

***Tabella 5.3: valori di N<sub>spt</sub> normalizzati***

### **5.4.3 Valutazione della permeabilità dei terreni**

Per la caratterizzazione idrogeologica ai fini della verifica delle condizioni di drenaggio nell'area interessata dalle opere in progetto e valutare le caratteristiche di conducibilità del primo sottosuolo nell'area in cui è inserito il progetto sono state realizzate n. 2 prove di permeabilità all'interno di ciascun foro di sondaggio con metodo Lefranc a carico idraulico variabile, finalizzata alla definizione della permeabilità dei terreni.

La prova di permeabilità in terreni sciolti del tipo Lefranc viene eseguita in fase di avanzamento della perforazione in terreni non rocciosi sia in falda che fuori falda; in quest'ultimo caso solo dopo avere saturato con acqua il terreno. La prova, utilizzata per misurare la conducibilità idraulica del terreno, viene eseguita registrando gli assorbimenti di acqua in un tratto di foro predeterminato a seguito dell'immissione iniziale della stessa in corrispondenza del tratto di rivestimento sporgente dal piano campagna. In questo caso, con presenza di terreni a

conducibilità non elevata, è stata eseguita una prova a carico idraulico variabile, cioè con abbassamento del livello dell'acqua nel foro dopo l'immissione iniziale.

Le modalità esecutive sono state le seguenti:

- perforazioni con carotiere fino alla quota di prova;
- rivestimento del foro fino alla quota raggiunta dalla perforazione, senza uso di fluido di circolazione almeno negli ultimi 100 cm di infissione;
- sollevamento della batteria di rivestimento di 50 cm, con solo tiro della sonda o comunque senza fluido di circolazione,
- misura ripetuta più volte del livello d'acqua nel foro;
- immissione continua di acqua pulita nel foro per almeno 30 minuti primi e riempimento con acqua fino alla estremità del rivestimento sporgente rispetto a piano campagna di 50 cm;
- esecuzione della prova, secondo il metodo indicato dal geologo incaricato sotto forma di lettura del livello dell'acqua all'interno del foro (senza ulteriori immissioni) ad intervalli di tempo predefiniti dall'inizio dell'abbassamento, fino all'esaurimento del medesimo o al raggiungimento del livello di falda.

I risultati della prova di permeabilità di tipo Lefranc a carico variabile sono riassunti nella tabella di seguito riportata e sintetizzati nello schema di Appendice 5 (documentazione di prova con: informazioni generali, schema geometrico della prova, livello di falda, eventuale tempo di saturazione, portata a regime, tempi/abbassamenti). Nella seguente tabella riportata la conducibilità idraulica calcolata nella seguente tabella, permettendo un confronto critico dei risultati:

<i>Prova</i>	<i>Tratto di prova</i>	<i>Litologia</i>	<i>Unità geotecnica</i>	<i>Permeabilità (m/s)</i>
<i>LFT1 (sondaggio S2)</i>	<i>2.50-3.00 m</i>	<i>Sabbie medie e fini</i>	<i>A</i>	<i>2.39 x 10<sup>-5</sup></i>

**Tabella 5.4: Valori di permeabilità ricavati da diversi tratti di prova**

In base ai dati utili riportati in tabella, la conducibilità idraulica individuata e calcolata mediante i diversi metodi per prove di permeabilità Lefranc a carico variabile è pari a circa  $2.4 \times 10^{-5}$  m/s, permettendo di assegnare ai terreni una permeabilità media, tipica dei depositi rinvenuti in fase di sondaggio.

## 5.5 ANALISI DI LABORATORIO GEOTECNICO

Per la caratterizzazione litologico-tecnica è stata in primo luogo presa in considerazione la ricostruzione della successione stratigrafica a seguito dell'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo sopra descritti.

In base alla successione riportata, si è scelto di prelevare n. 5 campioni rimaneggiati rappresentativi degli intervalli maggiormente significativi, da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico sotto forma di analisi granulometriche per vagliatura e sedimentazione, aerometrie, prove di taglio diretto, determinazione LL/LP:

- campione S1A rappresentativo dell'intervallo fra 8.50 e 9.00 metri da p.c. del sondaggio S1 (UNITA' B2);
- campione S1B rappresentativo dell'intervallo fra 10.50 e 11.00 metri da p.c. del sondaggio S1 (UNITA' C);
- campione S1D rappresentativo dell'intervallo fra 12.10 e 12.50 metri da p.c. del sondaggio S1 (UNITA' D);
- campione S2A rappresentativo dell'intervallo fra 6.50 e 7.00 metri da p.c. del sondaggio S2 (UNITA' B1);
- campione S2C rappresentativo dell'intervallo fra 9.00 e 9.50 metri da p.c. del sondaggio S2 (UNITA' B2).

I campioni sono stati prelevati dagli scriventi direttamente dalle cassette di sondaggio e consegnati in data 15/07/2020 al laboratorio certificato ALTAIR S.r.l. di Cinisello Balsamo (MI). Il laboratorio risulta accreditato ai sensi della Norma UNI EN ISO 9001:2015.

Campione	Tipologia campione	Prove di laboratorio eseguite
<b>Campione S1A</b> [8.50-9.00 m]	Campione rimaneggiato da sondaggio	Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione (ASTM D2487-D422-D6913) Limiti di consistenza (ASTM D4318)
<b>Campione S1B</b> [10.50-11.00 m]	Campione rimaneggiato da sondaggio	Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione (ASTM D2487-D422-D6913)
<b>Campione S1D</b> [12.10-12.50 m]	Campione rimaneggiato da sondaggio	Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione (ASTM D2487-D422-D6913) Prova di taglio diretto (ASTM D3080)
<b>Campione S2A</b> [6.50-7.00 m]	Campione rimaneggiato da sondaggio	Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione (ASTM D2487-D422-D6913) Limiti di consistenza (ASTM D4318)
<b>Campione S2C</b> [9.00-9.50 m]	Campione rimaneggiato da sondaggio	Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione (ASTM D2487-D422-D6913) Prova di taglio diretto (ASTM D3080)

**Tabella 5.5: Riassunto prove di laboratorio eseguite**

I risultati delle analisi di laboratorio geotecnica i cui certificati sono riportati in **Appendice 6**, sono riassunti nella tabella di seguito riportata:

CAMPIONE	Profondità	% GRANULOMETRICA				LIMITI DI ATTERBERG			CLASS. ASTM
		G	S	L	A	LL	LP	lp	
S1A	8.50-9.00 m (UNITA' B2);	0.47	26.2	36.13	37.2	40	21	19	CL o OL
S1B	10.5-11.0 m (UNITA' C)	52.76	30.03	7.21	10.0	-	-	-	GC GM GC- GM
S2A	6.50-7.00 m (UNITA' B1)	0.51	27.77	39.02	32.69	35	19	16	CL o OL

***Tabella 5.6: Classificazione per mezzo dell'analisi granulometrica per vagliatura e sedimentazione***

I risultati delle Prova di taglio diretto (ASTM D3080) sono riassunti nel seguito.

#### Campione S1D [12.10-12.50 m]

Spezzone di carota dell'UNITÀ D, costituita da depositi argillosi e argilloso-limosi mediamente consolidati

Coazione  $c'$  picco: 17.41 Kpa

Angolo d'attrito di picco: 10.28°

#### Campione S2C [9.00-9.50 m]

Spezzone di carota dell'Unità B2 costituita da argille limose addensate

Coazione  $c'$  picco: 14.83 Kpa

Angolo d'attrito di picco: 10.87°

## 5.6 SINTESI DEI RISULTATI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

I risultati delle prove penetrometriche, integrati con i dati di un'attenta analisi delle condizioni geologiche e geomorfologiche nelle immediate vicinanze dell'area dove sorgeranno le strutture in progetto e con le caratteristiche litostratigrafiche riconosciute dal sondaggio geognostico a carotaggio continuo, consentono di individuare schematicamente alcuni orizzonti a caratteristiche geologico-tecniche omogenee (dal piano di esecuzione delle prove):

L'interpretazione dei dati così ottenuti permette quindi di individuare diversi orizzonti aventi caratteristiche tecniche sostanzialmente omogenee e, in base a ciò, di realizzare un modello schematico dell'assetto locale che costituisce il termine di confronto fondamentale per la caratterizzazione geologico-technica.

## 5.7 PARAMETRAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Tramite correlazioni empiriche (cfr. fig. 5- fig. 6) e mediante il numero medio di colpi alla penetrazione per ciascun livello sono stati stimati i parametri

geotecnici fondamentali successivamente utilizzati per il calcolo dei carichi ammissibili e dei cedimenti indotti.

A questo scopo i terreni sono stati considerati:

- Unità R-A-C-E: uniformemente a comportamento prevalentemente incoerente, come descritto al paragrafo precedente, non considerando il contributo della coesione;
- Unità B1-B2-D: a comportamento misto incoerente/coesivo con parametri attribuiti proporzionalmente e/o da prove di taglio diretto;
- Unità F: a comportamento tipicamente coesivo.

Per consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica dei livelli individuati sono stati presi in considerazione i seguenti parametri, basandosi su metodi di correlazione ben noti in letteratura:

$N_{spt}$  = numero di colpi standardizzato secondo la prova S.P.T.;

$\gamma$  = peso di volume naturale, stimato;

#### PER TERRENI INCOERENTI

$D_r$  = densità relativa, secondo la relazione di Gibbs & Holtz (fig. 5.7):

$$D_r = 21 \cdot \sqrt{\frac{N_{SPT}}{\sigma_v + 0,7}}$$

$\phi$  = angolo di attrito interno, secondo le relazioni di Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (fig. 5.8):

$$\phi = 21.2 + 2.7 \cdot \sqrt{N_{SPT}}$$

$E$  = modulo di Young, calcolato secondo le espressioni di Schmertmann (1978), valida per terreni sabbiosi:

$$E = 2.5 \cdot R_p$$

#### PER TERRENI COESIVI

$C_u$  = Coesione non drenata, calcolata secondo le espressioni di Sanglerat (1982), valida per argille limose-sabbiose poco coerenti:

$$C_u = 0.067 \cdot N_{SPT}$$

$E_2$  = modulo di Young, calcolato secondo le espressioni di Schmertmann (1978), valida per limi coerenti e limi argillosi:

$$E = 7.46 + 0.517 \cdot N_{SPT}$$

In base alle precedenti considerazioni, si sono ottenuti, per ciascun livello, i parametri riportati nella seguente tabella:

Unità	N <sub>SPT</sub>	γ (g/cm <sup>3</sup> )	Terreni incoerenti			Terreni coesivi
			D <sub>r</sub> (%)	φ (°)	E (Kg/cmq)	C <sub>u</sub> (Kg/cmq)
R	11-25	1.70-1.75	45-53	26.5-27.5	100-170	
A	8-15	1.70-1.75	26-38	28-30	97-150	
B1	4-6	1.60-1.65	15-18	9-11	35-53	0.67
B2	12-22	1.75-1.85	30-41	10-12	52-100	0.13-0.15
C	30-50	1.80-2.00	57-65	35-37	240-300	
D	8-12	1.80-1.85	30-35	10-12	100-120	0.16-0.18
E	15-20	1.90-2.10	40-45	32-36	150-180	
F	8-10	1.80-1.85			120-150	2.00-2.10

***Tabella 5.1: Parametri geotecnici fondamentali delle unità individuate***

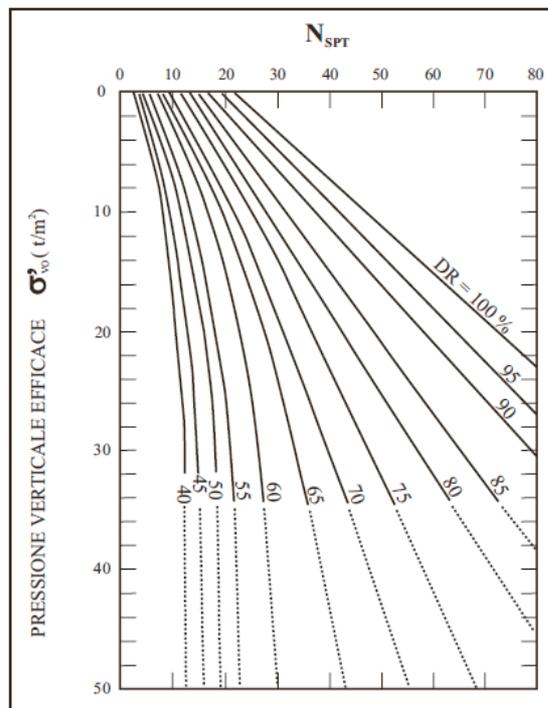


Figura 5.7: Relazione  $N_{SPT}$  e Densità relativa ( $D_R$ ) delle sabbie (Gibbs-Holtz, 1957)

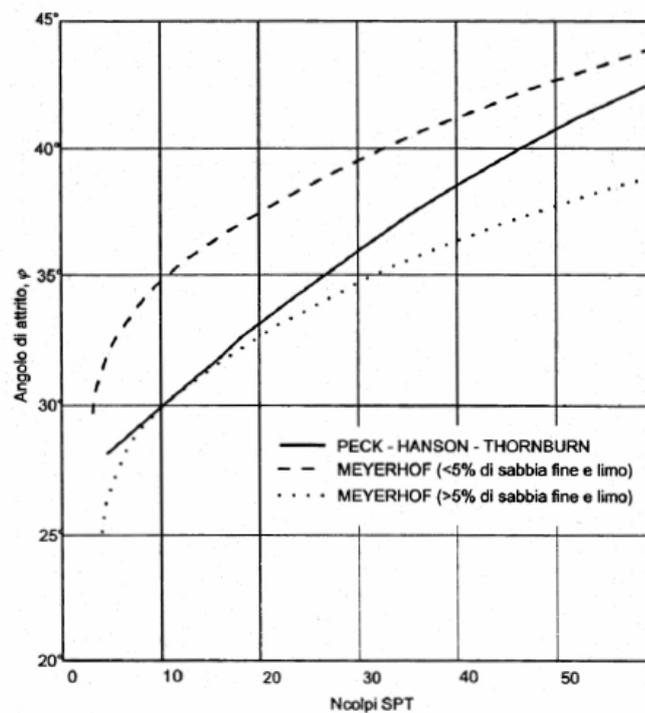


Figura 5.8: Correlazione fra  $N_{SPT}$  e angolo di attrito secondo i metodi di Peck-Hanson-Thornburn e Meyerhof

## 6 DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO AI SENSI DELL'OPCM 3274/2003 E DELLE DIRETTIVE REGIONALI

### 6.1 CARATTERIZZAZIONE GENERALE DELL'AZIONE SISMICA

Come accennato precedentemente, sia l'Ordinanza 3274 che le norme tecniche allegate al D.M. 17.01.2018, disciplinano la progettazione di opere di fondazione e di sostegno dei terreni soggetti ad azioni sismiche, individuando i requisiti cui devono soddisfare i siti di costruzione ed i terreni di fondazione in presenza di tali azioni, sia per edifici di interesse pubblico che privato.

L'ordinanza e le nuove norme tecniche inoltre hanno portato ad un allineamento del sistema normativo in fatto di costruzione antisismica al sistema dei codici europei (EuroCode 8), aggiornando le norme contenute nel D.M. del 16 Gennaio 1996, abbandonando il metodo delle "Tensioni Ammissibili" (TA) ed adottando il metodo degli stati limite (SL).

Rispetto all'analisi alle TA, che considera solo il comportamento elastico, il caso sismico richiede l'attento esame del comportamento delle strutture soggette a sollecitazioni che comportano il superamento della fase elastica; infatti le strutture dispongono di una riserva di capacità in grado di assolvere la loro funzione anche al di là del limite elastico, che viene misurata attraverso la definizione del parametro di duttilità della struttura (fattore  $q$ ).

La filosofia introdotta dalle nuove norme è legata ad un criterio prestazionale, ovvero il sistema edificio deve soddisfare requisiti minimi di sicurezza rispetto agli stati limite di funzionalità e collasso in caso di eventi sismici. In linea di principio il sistema deve garantire una prestazione "buona" per terremoti probabili, nel senso che devono essere soddisfatti requisiti più stringenti come per esempio assenza di danni strutturali e conservazione della funzionalità del sistema, che potrebbero identificarsi come "stato limite di danno" (SLD); al contrario, per il terremoto poco probabile o severo, si richiede che il sistema garantisca una

prestazione “sufficiente”, nel senso che devono essere soddisfatti requisiti meno vincolanti, che potrebbero identificarsi come “stato limite ultimo” (SLU), come per esempio collassi parziali o interruzioni temporanee della funzionalità del sistema.

L’azione sismica sulle costruzioni è generata dal moto non uniforme del terreno per effetto della propagazione delle onde sismiche. Il moto sismico eccita la struttura provocandone la risposta dinamica, che va verificata e controllata negli aspetti di sicurezza e di prestazioni attese.

## 6.2 RIFERIMENTI TECNICI E NORMATIVI

L’aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, unitamente alla normativa sismica nazionale, OPCM 3274/2003 e successive modificazioni, con l’Allegato 2 “*Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l’adeguamento sismico degli edifici*” disciplinano la progettazione e la costruzione di nuovi edifici soggetti ad azioni sismiche, nonché la valutazione della sicurezza e gli interventi di adeguamento su edifici esistenti, con lo scopo di assicurare, in caso di evento sismico, la protezione della vita umana, la limitazione dei danni e il funzionamento delle strutture essenziali agli interventi di protezione civile.

Relativamente ai requisiti di sicurezza e ed ai criteri di verifica (cap. 2.4 “*Prescrizioni relative ai terreni di fondazione*”) l’OPCM 3274/2003 prescrive che lo scopo delle indagini necessarie per la determinazione dell’azione sismica di progetto nel sito di costruzione è anche quello di classificare il terreno in una delle categorie di suolo di fondazione definite al cap. 3.1 “*Categorie di suolo di fondazione*”.

### 6.2.1 *Categorie di suolo di fondazione*

Il modello di riferimento per la descrizione del moto sismico in un punto della superficie del suolo è costituito dallo spettro di risposta elastico. Il moto orizzontale è considerato composto da due componenti ortogonali indipendenti, caratterizzate dallo stesso spettro di risposta. La componente verticale del moto sismico si considera rappresentata da uno spettro di risposta elastico diverso da

quello delle componenti orizzontali. Lo spettro di risposta elastico è costituito da una forma spettrale (spettro normalizzato), considerata indipendente dal livello di sismicità, moltiplicata per il valore della accelerazione massima ( $a_g$ ) del terreno che caratterizza il sito.

Pertanto, ai fini della definizione della azione sismica di progetto, l'OPCM 3274/2003 ha introdotto le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono a partire dal piano di posa delle fondazioni):

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

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel paragrafo 7.11.3 delle NTC. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tabella precedente, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ .

I valori di  $V_s$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

dove  $H_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio  $V_s$  (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$  %) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti al di sotto del piano di fondazione fino al substrato.  $H$  identificata invece la profondità del substrato definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

L'assegnazione della categoria di suolo costituisce l'aspetto principale nella definizione dell'azione sismica in quanto definisce le condizioni litologiche e morfologiche proprie dell'area in esame, in grado di modificare l'intensità delle onde sismiche generate dalla sorgente che si propagano verso la superficie (fattore di amplificazione litologico e/o morfologico).

Vista l'importanza di questo aspetto l'area in cui è inserito il progetto in studio è stata classificata sulla base del valore delle  $V_{s30}$ , misurato direttamente in sito attraverso un'apposita indagine geofisica di tipo sismico attivo MASW (le correlazioni esistenti in letteratura tra  $V_s$  e  $N_{spt}$  o tra  $V_s$  e CPT sono di tipo empirico e presentano un medio-basso grado di affidabilità; inoltre è necessario raggiungere con le indagini geognostiche profondità almeno di 30 m per ottenere i valori di  $N_{spt}$  e CPT).

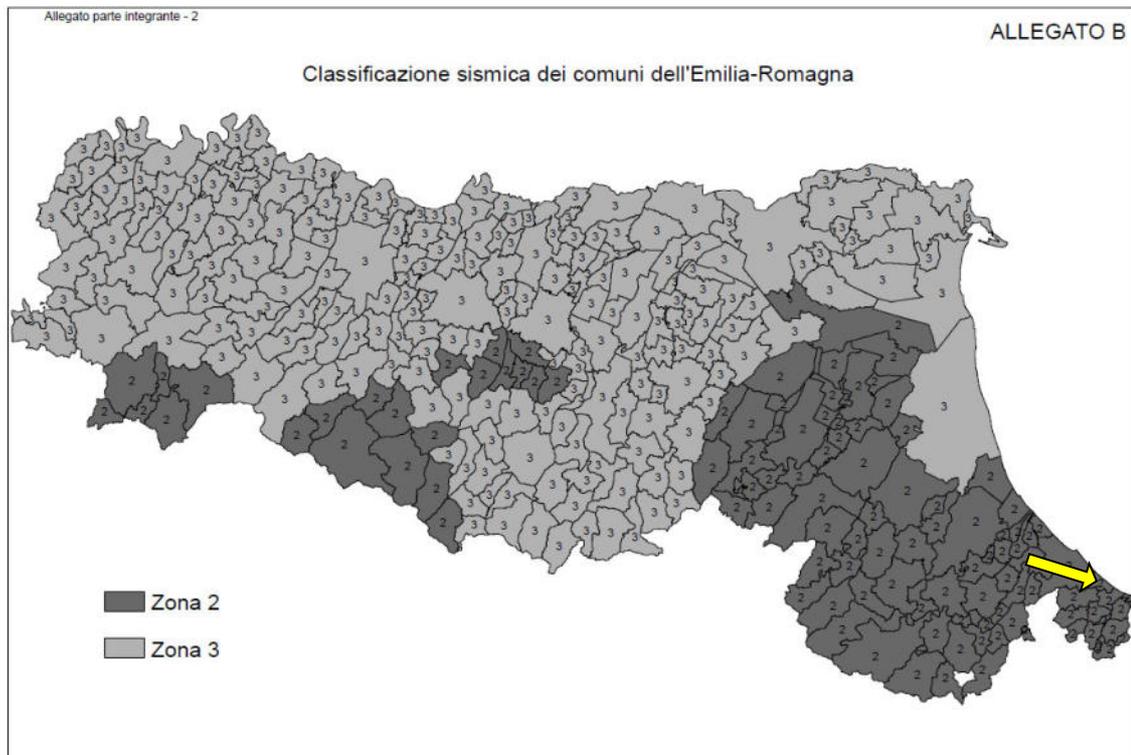
### 6.2.2 Zona sismica di appartenenza

L'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 ha aggiornato la normativa sismica previgente con l'attribuzione, alle diverse località del territorio nazionale, di un valore di scuotimento sismico di riferimento, espresso in termini di incremento dell'accelerazione al suolo.

Il territorio del comune di Riccione secondo la nuova classificazione appartiene alla zona Z2 caratterizzata dal valore di "accelerazione sismica di picco al suolo" (PGA: Peak Ground Acceleration)  $0,15g < a_g \leq 0,20g$  ( $g=9.81 \text{ m/s}^2$ ). Più in dettaglio, per il Comune di Riccione, in base ad una griglia di calcolo con spaziatura  $0.05^\circ$  long. - lat. dei valori di accelerazione a diversi periodi di ritorno calcolati per l'intero territorio nazionale (rif. *Università degli Studi di Urbino - Istituto di Geologia Applicata, Progetto di Pericolosità sismica del territorio nazionale: Spettri a pericolosità uniforme attesi a ciascun capoluogo comunale con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, ca. 475 anni di periodo di ritorno*), i valori di picco di accelerazione su suolo rigido, riferiti direttamente alle coordinate del centro-capoluogo, sono:

<b>PGA</b> <b>picco di accelerazione (in g)</b>	<b>PGV</b> <b>velocità (in cm/sec)</b>
0.188	2.12

La Regione Emilia-Romagna, con D.g.r. n. 1164 del 23 luglio 2003, ha approvato l'aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei Comuni dell'Emilia-Romagna, disposta con propria deliberazione n. 1435 del 2003 ed ha successivamente aggiornato la classificazione sismica dei comuni per la quale, il Comune di Riccione ricade in Zona 2 con valori minimi di accelerazione al suolo, come evidenziato nella seguente figura 10.



*Figura 10: Nuova classificazione sismica dei comuni dell'Emilia-Romagna in seguito alla D.G.R. 23/07/2018 n. 1164*

A completamento si riportano alcune valutazioni relative al comune di Riccione provenienti da studi di pericolosità sismica del territorio nazionale. In particolare, si riporta in figura 11 la mappa dei valori dell'accelerazione orizzontale massima (PGA) che ha la probabilità del 10% di essere superata almeno una volta nei prossimi 50 anni. Da questa figura si ricava che il territorio di Riccione risulta contraddistinto da un valore di PGA compreso tra 0.175 e 0.200 (elaborazione INGV, 2004 e 2006).

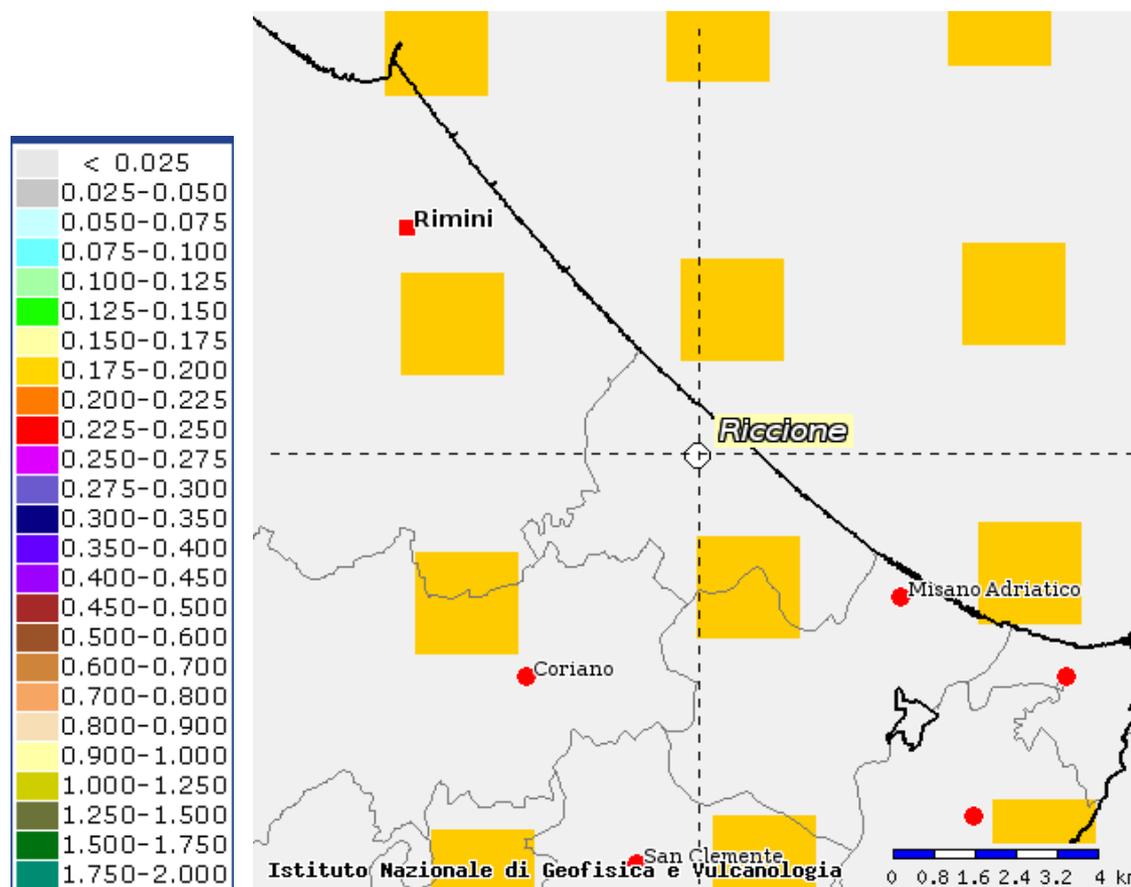
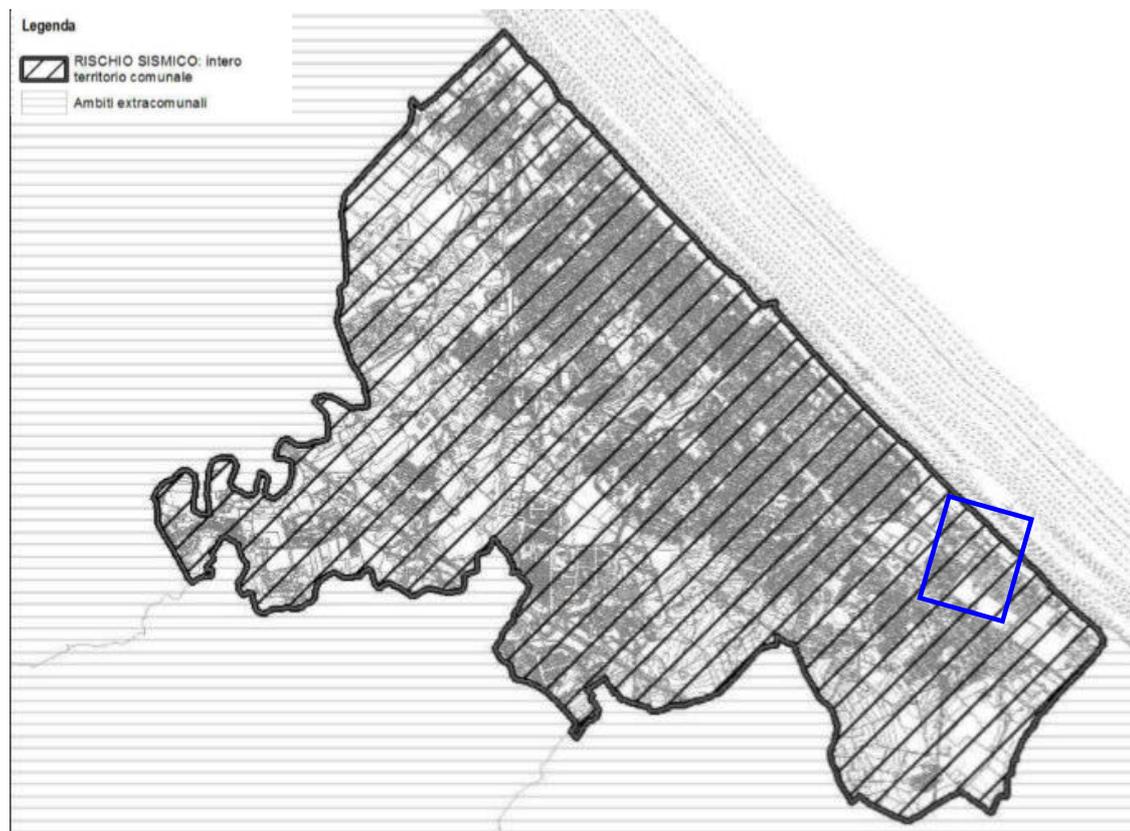


Figura 11: valori di PGA espressi come frazione di g con il 10% di eccedenza nei prossimi 50 anni relativi al Comune di Riccione (elaborazione INGV/2006).

### 6.2.3 Aree suscettibili di effetti locali

Nel quadro generale della pericolosità sismica del territorio comunale di Riccione, come espresso nel capitolo precedente, in relazione alle condizioni locali dettate da determinate situazioni stratigrafiche che possono portare ad un'amplificazione e a una modificazione dell'accelerazione sismica, sostanzialmente confermate nel corso del presente studio, l'area di studio rientra in una zona SISMICA 2 a sismicità media, come evidenziato dalla figura seguente.



*Figura 6.1: Estratto Scheda dei vincoli del territorio comunale di Riccione. Tutto il territorio è compreso all'interno delle zone a rischio sismico.*

## 7 INDAGINE GEOFISICA DI TIPO SISMICO ATTIVO MASW

Le tecniche correntemente utilizzate (Down-Hole, Cross-Hole, MASW, SASW) per la stima delle velocità delle onde di taglio allo scopo di caratterizzare un sito sotto il profilo della risposta sismica sono normalmente onerose e complesse per poter essere utilizzate come indagini di routine per la classificazione dei profili stratigrafici dei primi 30 m dei suoli di fondazione, soprattutto per progettazioni di opere di scarsa o modesta entità e concentrate in aree di proprietà poco estese.

Contrariamente, la tecnica di sismica MASW (Multi-Channel Analysis of Surface Waves) utilizzata a supporto della presente relazione risulta molto utile per determinare velocemente ed economicamente l'andamento della velocità media delle onde di taglio nei primi trenta metri di profondità ( $V_{s30}$ ) e quindi la categoria del suolo di fondazione in base al DPCM 3274 del 20 marzo 2003; inoltre, tale metodologia è anche usata per analisi di liquefazione, determinazione del profilo del terreno, mappatura del substrato, stima degli stati tensionali dei materiali costituenti il sottofondo e determinazione di anomalie sotterranee.

In particolare, per gli scopi specifici della presente relazione sono state effettuate un totale di n. 6 registrazioni lungo n. 1 stendimento, all'interno dell'area in esame, come riportate cartograficamente in **Tavola 1** (ubicazione delle indagini in sito).

### 7.1 GENERALITÀ SUL METODO MASW

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) 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 della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Il metodo di indagine MASW utilizzato, a differenza della metodologia Re.Mi., è definito "attivo" (Zywicki, 1999; Park e Miller, 2006; Roma, 2006).

Nel “metodo attivo” le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica). Lo scopo della prova consiste nel determinare il profilo di rigidità del sito (velocità delle onde di taglio  $S$ ) tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di superficie di Rayleigh ( $V_R$ ) ed un successivo processo di inversione. Si suppone che il volume di terreno, interessato dalle indagini sia stratificato orizzontalmente e che all’interno di ogni strato il comportamento del terreno si possa considerare elastico, omogeneo ed isotropo.

L’analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la stessa strumentazione (GEODE Geometrics a 12 canali - cfr. appendice 5) utilizzata per la prospezione sismica a rifrazione tramite metodologia MASW con la disposizione sul terreno secondo un array lineare da 12 geofoni con spaziatura pari a 3 m.

## 7.2 MODALITA’ ESECUTIVE MASW

Conformemente alle direttive tecniche ed alle normative vigenti in campo sismico, per la ricostruzione del profilo stratigrafico dei primi 35 m dei suoli di fondazione e, conseguentemente, per la definizione della velocità media delle onde di taglio nei primi trenta metri di profondità ( $V_{s30}$ ) è stato realizzato n. 1 stendimento di 12 geofoni equispaziati di 3 m, per una lunghezza complessiva di 33m (Array L1).

Ciascuna registrazione corrispondente ad una energizzazione tramite massa battente (per un totale di n. 6 file acquisiti) è stata condotta per un periodo di ascolto di 2 s ed un passo di campionamento di 0.125 ms. Allo scopo di registrare tutti i segnali in arrivo non è stato pre-impostato nessun filtro in frequenza.

Nell’esecuzione della prova MASW attiva è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piastra metallica. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di stacking). La sorgente è stata posta ad una distanza di 0.2 e 1.50 m dal primo geofono.

L'elaborazione è stata effettuata tramite un software dedicato (GEOSTRU EasyMasw®) in grado di gestire le fasi di preparazione analisi, modellizzazione e restituzione finale. Nella fase iniziale vengono sommate e analizzate le tracce acquisite calcolando successivamente la curva di dispersione, visualizzata tramite diagramma frequenza-velocità di fase con appropriata scala cromatica dell'ampiezza.

Utilizzando la curva di dispersione si procede ad individuare la curva delle velocità di fase apparente del modo fondamentale e, ove possibile dei modi superiori.

La fase di inversione prevede una modellizzazione monodimensionale che consente di determinare un profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  in funzione della profondità. L'elaborazione avviene tramite l'applicazione di procedimenti di calcolo e algoritmi genetici di inversione (global-search methods) che gestiscono all'interno di uno spazio di ricerca, modelli caratterizzati da parametri  $V_s$  e spessore degli strati. Altri parametri considerati dal modello di calcolo sono il coefficiente di Poisson e la velocità delle onde di volume ( $V_p$ ) che, con lo spessore degli strati e relative  $V_s$ , possono essere modificati anche manualmente.

Tramite interazioni successive si ottiene un modello di inversione in grado di far coincidere con la migliore approssimazione possibile la curva di dispersione elaborata nella fase precedente e quella modellizzata.

In definitiva l'elaborazione del software EasyMasw è del tutto paragonabile a quella utilizzata dal software ReMi per l'analisi delle tracce acquisite tramite metodologia passiva. L'elaborazione prevede infatti tre passi:

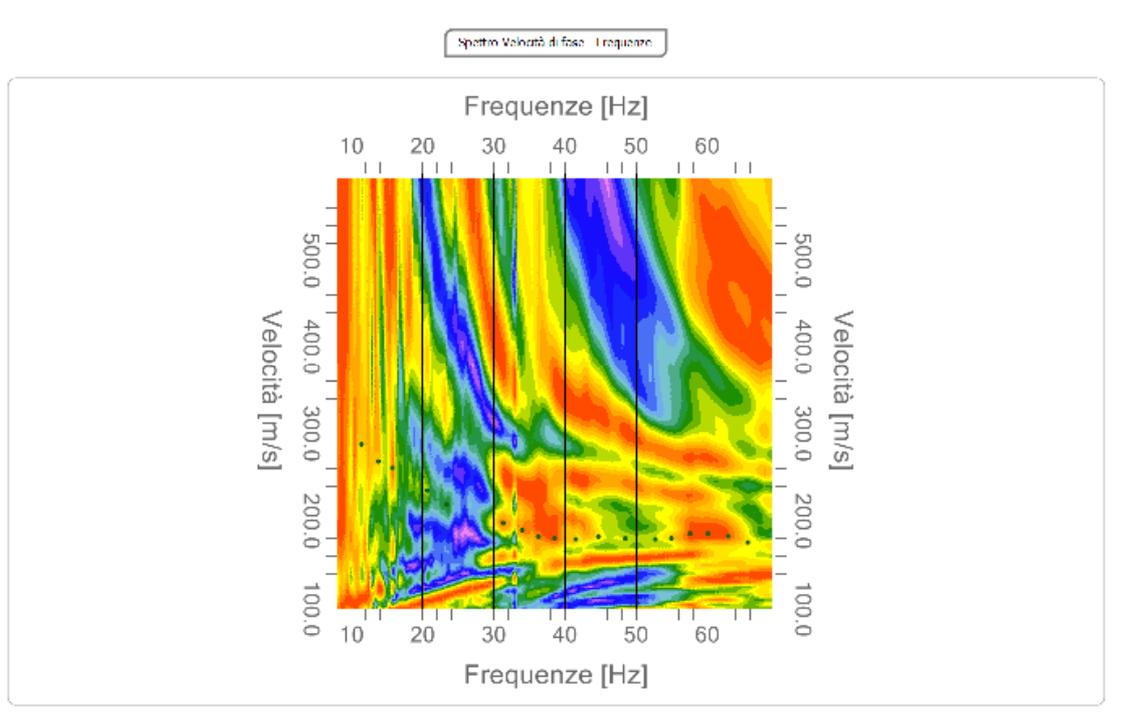
- Analisi Spettrale di Velocità
- Picking della Dispersione delle Velocità di fase delle onde di Rayleigh
- Modellazione della Velocità delle Onde di Taglio

Una volta ottenuta la modellazione più confacente ai dati sperimentali, il profilo stratigrafico in termini di  $V_s$  permette la determinazione delle  $V_s$  medie relative ai primi 30-35 m di profondità.

### 7.3 INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI E PROFILO SISMICO VS30

In relazione alle condizioni logistiche nel sito di indagine è stato possibile acquisire n. 1 Array lineare della lunghezza di 33 m disposto come identificato in tavola 1.

La sommatoria delle registrazioni effettuate ha permesso di ricostruire un'analisi spettrale di velocità, i cui risultati sono riportati in figura 7.1 (Array L1), e, conseguentemente, di effettuare un'operazione di picking della dispersione delle Velocità di fase delle onde di Rayleigh, anch'essa evidenziata nella figura sottostante, che costituisce la curva di dispersione sperimentale.



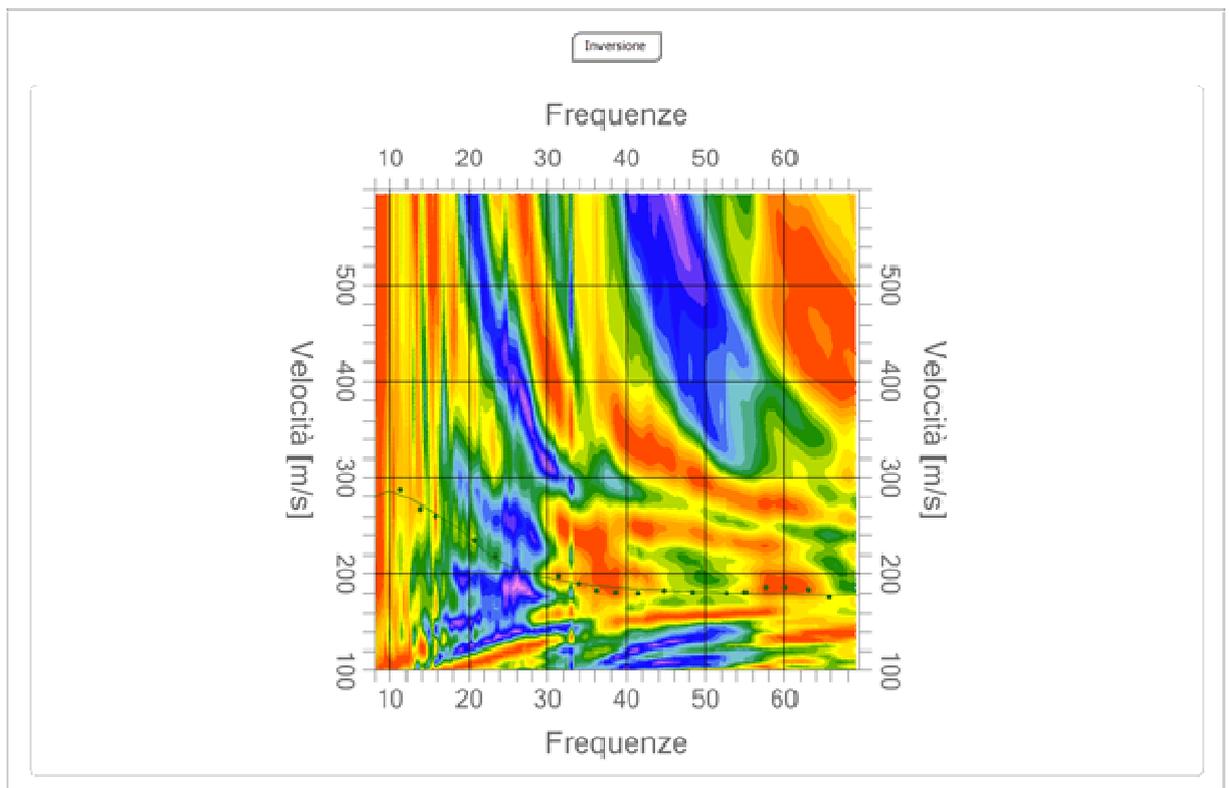
*Figura 7.1: Array L1- operazione di picking della dispersione delle velocità di fase*

Una volta definita la curva di dispersione sperimentale nel dominio f-k si è proceduto alla modellizzazione teorica attraverso la procedura di inversione.

I valori ottenuti di dispersione della velocità di fase attraverso la procedura di inversione sono stati quindi rappresentati nella Figura 7.2 (Array L1), sovrapposti

al successivo risultato della modellazione per l'analisi di velocità delle onde di taglio.

Come visibile dai grafici in figura 11, la sovrapposizione tra il picking della velocità di fase (valori misurati) ed il risultato del processo di inversione e modellizzazione (valori calcolati, linea verde) permettono di validare la procedura di calcolo ed il modello stesso.

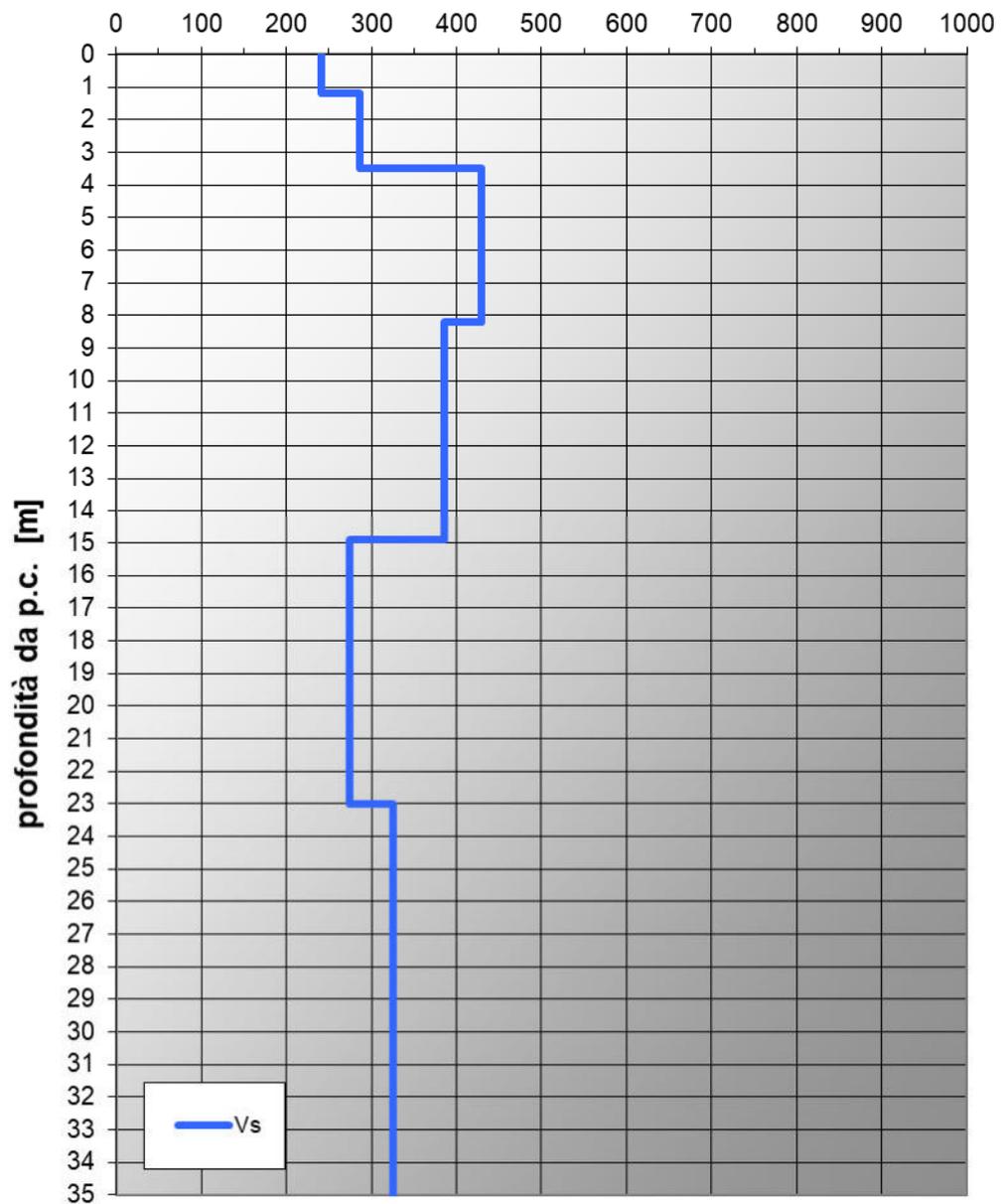


*Figura 7.2 Array L1- operazione di inversione della curva di dispersione sperimentale*

La curva di dispersione calcolata ha quindi consentito di ricostruire un modello di velocità delle onde trasversali come riprodotto nella seguente Figura 7.3 (Array L1).

Vp, Vs [m/s]

**RICCIONE (RN) - VIA BERNINI**



*Figura 7.3: ricostruzione del modello di velocità a seguito del processo di inversione*

Il modello di velocità che meglio si adatta ai valori di picking permette di evidenziare una successione di strati a diversa Velocità delle onde trasversali  $V_s$ , come riportato sinteticamente nella seguente tabella 7.1:

Strato	Profondità letto strato (m)	Velocità onde trasversali $V_s$ (m/s)
1	-1.20	242.0
2	-3.50	287.0
3	-8.20	429.0
4	-14.90	385.0
5	-23.0	274.0
5	-35.0	325.0

**Tabella 7.1: Modello di velocità array L1**

Tale modello concorda con buona approssimazione con la suddivisione in unità geotecniche omogenee riconosciuta a seguito delle indagini geognostiche (sondaggio geognostico) e con la stratigrafia dei pozzi posti nelle vicinanze dell'area di indagine: la sezione MASW eseguita è contraddistinta da un primo orizzonte a bassa velocità (terreno riporto e/o terreno sciolto) e da successivi orizzonti con caratteristiche litologiche e di addensamento assimilabili alle velocità di onde trasversali rilevate. La profondità massima raggiunta dalle indagini geofisiche in sito è stata di circa 35 m.

## 8 DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO E DEL PERIODO DI RIFERIMENTO AL SITO

A questo punto, noti i valori di  $V_s$  fino a 35 m di profondità, può essere effettuato il calcolo della velocità media di propagazione delle onde di taglio  $S$  riferita ai 30 m sotto le strutture fondazionali, con l'espressione:

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

Il valore  $V_{s30}$  calcolato va riferito alle diverse quote di progetto, per le quali la quota di riferimento per i 30 m sono differenti, come riportato nelle seguenti tabelle.

Similmente il periodo caratteristico del sito, una volta noto il profilo sismo-stratigrafico locale, può essere calcolato a partire dalla seguente equazione:

$$T = \frac{4 \cdot \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \cdot h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

dove  $h_i$  e  $V_{s_i}$  sono lo spessore e la velocità dello strato  $i$ -esimo del profilo fino all'ipotetico raggiungimento del substrato rigido ( $V_s > 800$  m/s).

Utilizzando il modello di velocità ricostruito sulla base dell'indagine sismica appositamente realizzata nell'area si ottengono i valori del periodo proprio del sito. Nelle tabelle seguenti è possibile valutare la variazione delle velocità  $V_{s30}$  e del periodo  $T$  in funzione della variazione della profondità di fondazione.

Valori di Vs30 Array L1		
Quota di riferimento (m da p.c.)	Vs 30 di riferimento (m/sec)	Periodo di riferimento (T - sec)
-31.00 m	328.31	0.356
-32.00 m	330.25	0.354
-33.00 m	331.74	0.353
-34.00 m	331.12	0.354
-35.00 m	328,42	0.357

Pertanto è possibile assegnare al sito in esame un valore complessivo di  $V_{s30}$  compreso tra 328.31 m/s (quote più superficiali, - 1 m da p.c.) e 328.42 m/s (quote d'appoggio più profonde, - 5 m da p.c.), cui corrispondono periodi di riferimento al sito T compresi tra 0.356 e 0.357.

Tali valori, ai sensi dell'OPCM 3274/03 ed in base alla classificazione di cui al paragrafo 3.2.2 delle NTC 2018, permettono di classificare il suolo di fondazione del sito in studio, a tutte le quote, come appartenente alla **CATEGORIA C** - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s*".

## 8.1 STABILITA' NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

Il sito di intervento presso il quale è ubicato il manufatto in progetto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate (rif. paragrafo 7.11.3.4 delle NTC 2018). Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

Per liquefazione si intende un processo di accumulo della pressione del fluido interstiziale che causa in un terreno non coesivo (sabbia, sabbie limose non plastiche) saturo diminuzione della resistenza e/o rigidità al taglio a seguito dello scuotimento sismico, potendo dar luogo a deformazioni permanenti significative. La liquefazione consiste quindi in una diminuzione della resistenza del terreno, a seguito del raggiungimento della condizione di fluidità. La perdita totale della resistenza viene raggiunta quando la pressione dell'acqua che riempie gli interstizi arriva a uguagliare la pressione di confinamento, rendendo nulle le tensioni efficaci trasmesse attraverso le particelle solide. Una volta che il terremoto ha innescato il processo di liquefazione, la massa del suolo resta in movimento fino a che non raggiunge una nuova condizione di stabilità.

In base al paragrafo 7.11.3.4.2 del Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni", la verifica di stabilità alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. 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;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 8.1 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c^* < 3,5$  ed in Figura 8.1 (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

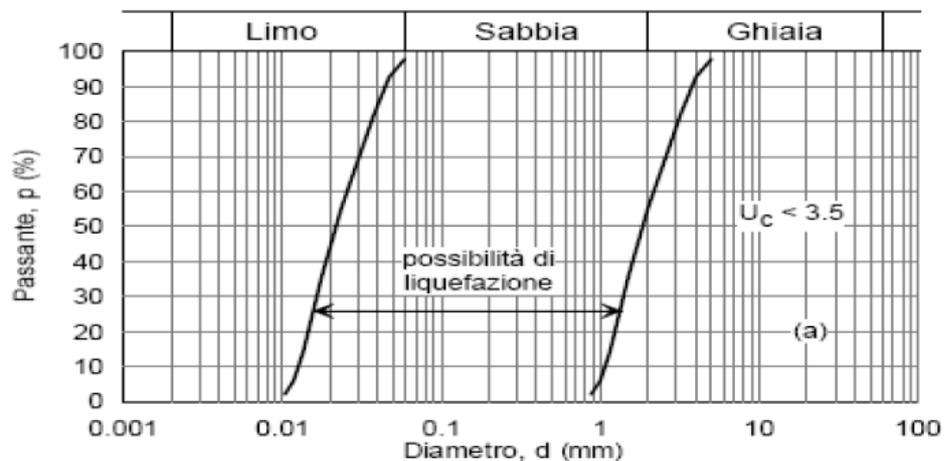


Figura 8.1 - Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Nell'ambito dell'area oggetto di studio, dalle indagini eseguite si evince che il sottosuolo dell'area in esame è infatti caratterizzata da depositi sabbiosi (sabbie medie e fini) e al di sotto terreni di natura prevalentemente argillosa e argilloso-limosa con alcuni livelli a componente ghiaiosa a circa 8-10 m di profondità, fino al tetto del substrato coesivo sovraconsolidato a circa 20-25 m di profondità.

Tali litologie, attraverso il metodo di valutazione sopra descritto (punti 3-4), portano ad escludere per la zona in studio la possibilità del verificarsi di fenomeni di liquefazione o addensamento in caso di sisma essenzialmente per i fusi granulometrici (compresi solo per brevi tratto nella curva di valutazione di figura 8.1) che per i numeri di colpi  $N_{spt}$  e per la presenza di un substrato sovraconsolidato a circa 20-25 m di profondità.

In ogni caso, in base alle considerazioni di cui sopra, si consiglia comunque nel caso di utilizzo di fondazioni superficiali di asportare e/o addensare con mezzi meccanici i limitati spessori francamente sabbiosi potenzialmente liquefacibili, impostando le strutture di fondazione a profondità leggermente superiori, o in alternativa di utilizzare fondazioni di tipo indiretto su pali.

## 9 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E GENERALI SULLE OPERE IN PROGETTO

In relazione a quanto evidenziato nei capitoli precedenti si possono formulare alcune considerazioni di carattere generale. In particolare, relativamente alle tipologie fondazionali, si conclude quanto segue:

- le strutture e le profondità fondazionali previste dovranno soddisfare le caratteristiche riportate ai capitoli precedenti; in alternativa dovrà essere aggiornata la verifica di S.L.U. e S.L.E.;
- nel caso di appoggio eterogeneo in corrispondenza della transizione tra diverse unità geotecniche è consigliabile l'esecuzione di sottofondi strutturali (in misto granulare o magrone o cls) per garantire un appoggio uniforme ed una distribuzione dei carichi migliore;
- in relazione alla *possibilità di appoggi fondazionali a quote differenti e/o di diversa tipologia*, sarà necessario eseguire valutazioni puntuali dei cedimenti attesi (sia a breve che a lungo termine) ed adottare soluzioni progettuali adeguate all'eventuale assorbimento dei cedimenti differenziali (strutture flessibili, giunti di dilatazione fra porzioni di edificio fondate a quote e/o con tipologie differenti, etc.);
- il piano di posa delle fondazioni dovrà essere regolarizzato, asportando ad esempio blocchi sporgenti e riempiendo i relativi vuoti con materiale granulare opportunamente compattato (*bonifica statica a portanza*);
- andrà verificata in corso d'opera la presenza di eventuali livelli organici e/o di materiale visibilmente non addensato, i quali andranno asportati o, se l'operazione non risulta possibile, compattati in sito;

Infine, a tutela del locale assetto geomorfologico ed idrogeologico, sarà necessario prendere in considerazione i seguenti aspetti:

- Prevedere, per le aree non interessate dalle coperture, l'utilizzo di materiali drenanti in modo da non alterare le attuali condizioni di infiltrazione e

deflusso delle acque sotterranee e di conseguenza l'equilibrio idrogeologico dell'area;

- rispetto alle prescrizioni a carattere idrogeologico si raccomanda di prestare attenzione allo sversamento di liquidi potenzialmente inquinanti nel terreno.

Relativamente alle modalità di esecuzione degli sbancamenti sarà necessario porre particolare attenzione ai seguenti aspetti:

- per **opere di scavo il cui fronte superi 1.5 m di altezza**, in corrispondenza delle quali si ha il passaggio o la sosta anche temporanea delle maestranze, allo scopo di garantire le necessarie condizioni di sicurezza in corso d'opera, si consiglia di provvedere ad opportuni contenimenti e/o a ridurre gli angoli di scarpa degli scavi fino ai valori massimi compatibili con i valori di attrito interno in tabella 6.1 e quelli riportati al capitolo 10;
- eventuali acque di filtrazione in corso di sbancamento dovranno essere opportunamente intercettate ed evacuate nelle reti di smaltimento esistenti;
- In ogni caso, le pareti di scavo non armate andranno protette dalla circolazione diretta delle acque meteoriche con adeguati presidi antiersosivi (p. es. teli PVC);
- particolare attenzione andrà posta nel corso delle attività di scavo in adiacenza ad eventuali edifici e manufatti esistenti.
- dovrà essere vietato il sovraccarico presso i cigli di scavo evitando accumuli non necessari di materiali.

## **Appendice 1**

# **DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



*Figura 1: Panoramica verso Nord-Est del piazzale in autobloccanti nell'area di intervento*



*Figura 2: Panoramica verso Sud-Ovest del piazzale in autobloccanti nell'area di intervento*



*Figura 3: Esecuzione della prova penetrometrica dinamica P1*



*Figura 4: Esecuzione della prova penetrometrica statica P2*



*Figura 5: Esecuzione sondaggio geognostico S1*



*Figura 6: Esecuzione prova SPT in corrispondenza del sondaggio S2*



*Figure 7, 8 e 9: Stendimento sismico MASW e particolari della strumentazione utilizzata per l'indagine sismica*

## **Appendice 2**

### **SCHEMA DELL'ATTREZZATURA DI PROVA CPT-DPSH**

**PENETROMETRO DINAMICO IN USO : TG 63-100 EMLC**

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

**CARATTERISTICHE TECNICHE : TG 63-100 EMLC**

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 0,63 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 51,00 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20 43 cm <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 3,90 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 6,31 kg
PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA	P1 = 0,40 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,30$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(30) → Relativo ad un avanzamento di 30 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	SI
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A $\delta$ ) = 7,77 kg/cm <sup>2</sup> ( prova SPT : Qspt = 7,83 kg/cm <sup>2</sup> )
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{sp^t} = 0,992$ ( teoricamente : Nspt = $\beta_t$ N )

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

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

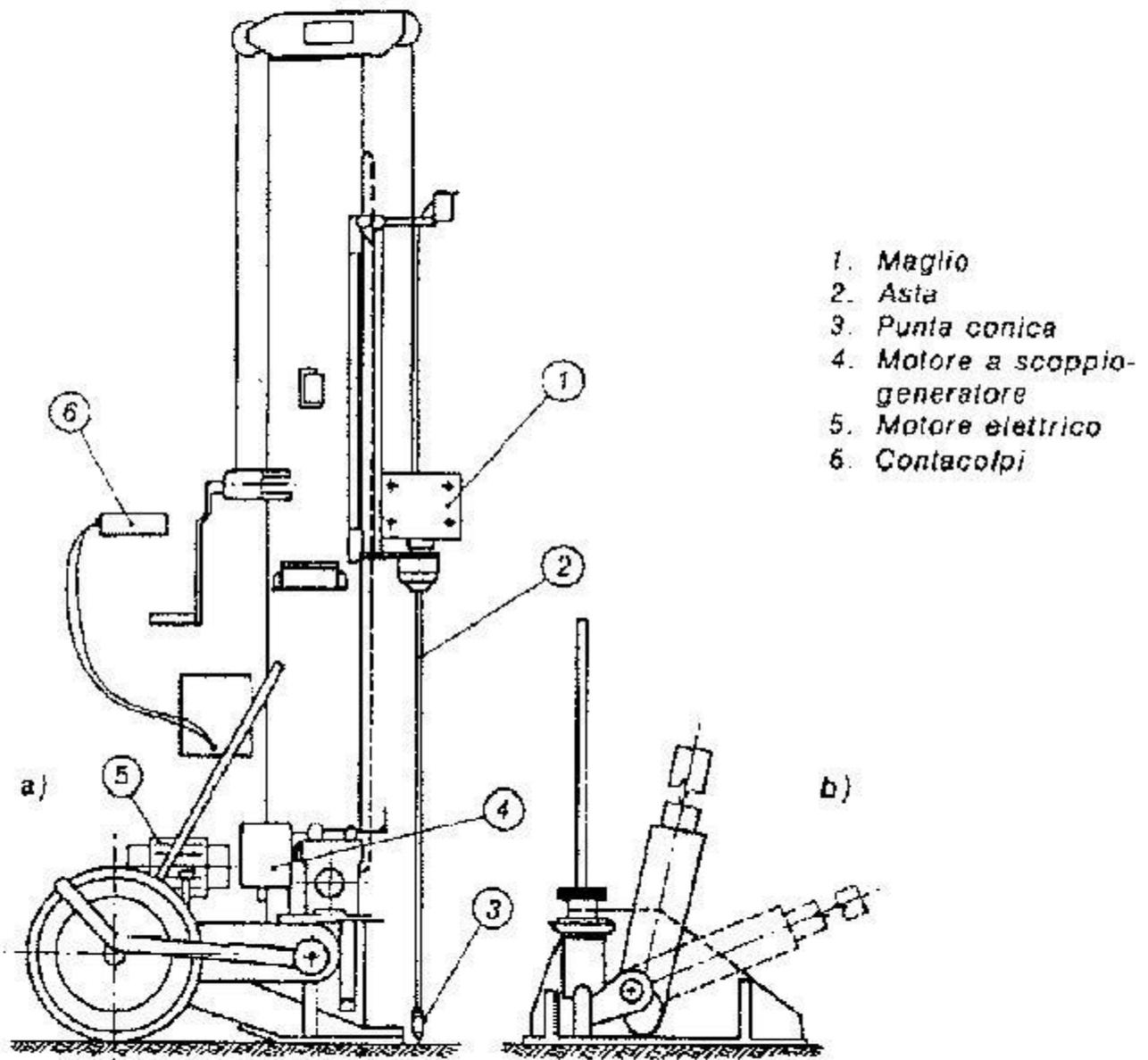
Rpd = resistenza dinamica punta [ area A]  
e = infissione per colpo =  $\delta / N$

M = peso massa battente (altezza caduta H)  
P = peso totale aste e sistema battuta

**UNITA' di MISURA (conversioni)**

1 kg/cm<sup>2</sup> ≈ 0.098067 MPa  
1 MPa = 1 MN/m<sup>2</sup> = 10.197 kg/cm<sup>2</sup>  
1 bar = 1.0197 kg/cm<sup>2</sup> = 0.1 MPa  
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

## SCHEMA DELL'ATTREZZATURA DI PROVA



## **Appendice 3A**

# **DIAGRAMMI DELLE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE**

**PROVA ...CPT2**

Strumento utilizzato... PAGANI TG 63 (200 kN)  
Prova eseguita in data 09/07/2020  
Profondità prova 9.60 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	32.00	49.00	32.14	0.933	34.4	2.9
0.40	29.00	43.00	29.14	2.2	13.2	7.5
0.60	51.00	84.00	51.14	2.0	25.6	3.9
0.80	90.00	120.00	90.14	2.067	43.6	2.3
1.00	54.00	85.00	54.14	1.133	47.8	2.1
1.20	98.00	115.00	98.28	3.667	26.8	3.7
1.40	80.00	135.00	80.28	3.533	22.7	4.4
1.60	102.00	155.00	102.28	5.533	18.5	5.4
1.80	77.00	160.00	77.28	3.333	23.2	4.3
2.00	125.00	175.00	125.28	2.4	52.2	1.9
2.20	114.00	150.00	114.41	1.6	71.5	1.4
2.40	115.00	139.00	115.41	2.667	43.3	2.3
2.60	83.00	123.00	83.41	1.267	65.8	1.5
2.80	85.00	104.00	85.41	2.0	42.7	2.3
3.00	65.00	95.00	65.41	0.8	81.8	1.2
3.20	77.00	89.00	77.55	1.4	55.4	1.8
3.40	80.00	101.00	80.55	1.067	75.5	1.3
3.60	74.00	90.00	74.55	1.0	74.6	1.3
3.80	59.00	74.00	59.55	1.933	30.8	3.2
4.00	55.00	84.00	55.55	1.333	41.7	2.4
4.20	70.00	90.00	70.69	1.067	66.3	1.5
4.40	50.00	66.00	50.69	0.667	76.0	1.3
4.60	53.00	63.00	53.69	0.267	201.1	0.5
4.80	59.00	63.00	59.69	1.333	44.8	2.2
5.00	10.00	30.00	10.69	0.533	20.1	5.0
5.20	56.00	64.00	56.83	1.0	56.8	1.8
5.40	36.00	51.00	36.83	0.933	39.5	2.5
5.60	40.00	54.00	40.83	0.8	51.0	2.0
5.80	59.00	71.00	59.83	0.733	81.6	1.2
6.00	12.00	23.00	12.83	0.667	19.2	5.2
6.20	7.00	17.00	7.97	0.4	19.9	5.0
6.40	11.00	17.00	11.97	0.533	22.5	4.5
6.60	11.00	19.00	11.97	0.533	22.5	4.5
6.80	8.00	16.00	8.97	0.2	44.9	2.2
7.00	20.00	23.00	20.97	1.4	15.0	6.7
7.20	22.00	43.00	23.10	0.467	49.5	2.0
7.40	15.00	22.00	16.10	0.733	22.0	4.6
7.60	11.00	22.00	12.10	0.4	30.3	3.3
7.80	12.00	18.00	13.10	0.467	28.1	3.6
8.00	11.00	18.00	12.10	0.133	91.0	1.1
8.20	20.00	22.00	21.24	0.6	35.4	2.8
8.40	15.00	24.00	16.24	0.667	24.3	4.1
8.60	18.00	28.00	19.24	0.667	28.8	3.5
8.80	20.00	30.00	21.24	1.067	19.9	5.0
9.00	17.00	33.00	18.24	2.533	7.2	13.9
9.20	200.00	238.00	201.38	5.333	37.8	2.6
9.40	236.00	316.00	237.38	6.933	34.2	2.9
9.60	316.00	420.00	317.38	0.0		0.0

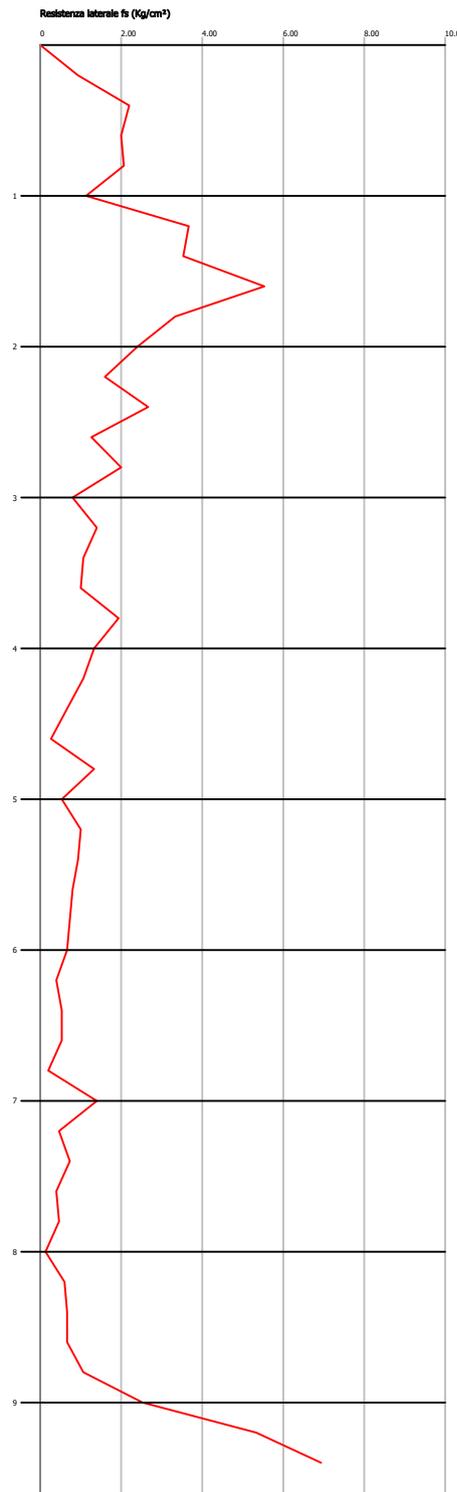
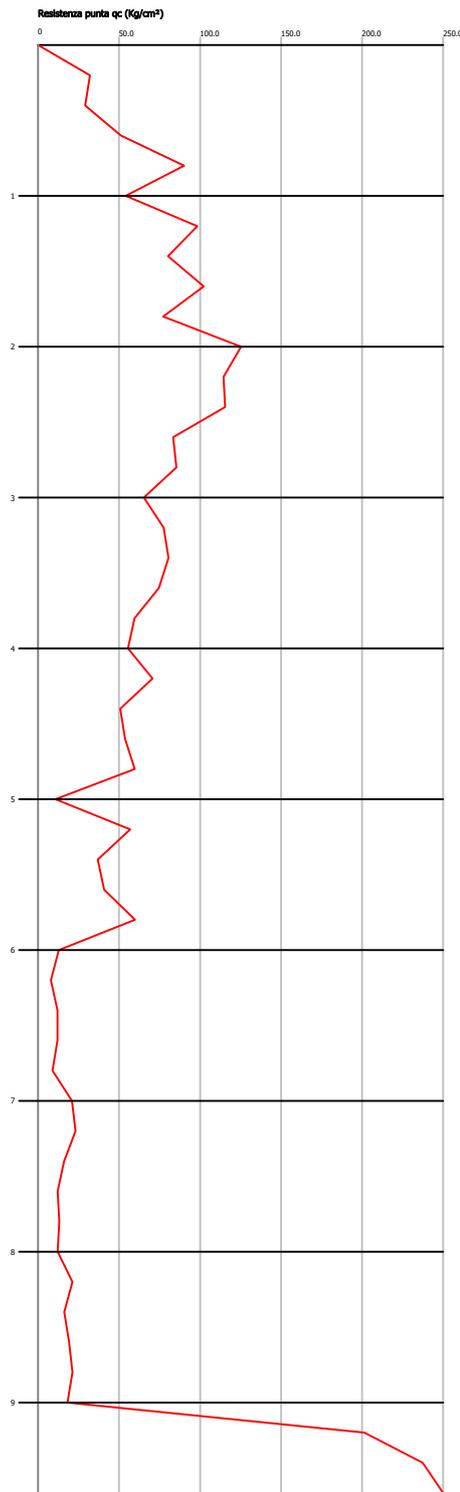
**Probe CPT - Cone Penetration CPT2**  
**Strumento utilizzato... PAGANI TG 63 (200 kN)**  
**Diagramma Resistenze qc fs**

Committente :  
ABMGEO  
Cantiere : VIA BERNINI  
Località : RICCIONE (RM)

Data :09/07/2020

Scala 1:50

Profondità



**Interpretazione Stratigrafica (Schmertmann 1978)**

0.00	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
10.0	Argilla inorganica molto compatta
40.0	3 Argille sabbiose e limose
60.0	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
80.0	5 Sabbie
100.0	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
120.0	Argille sabbiose e limose
160.0	7 Sabbie addensate o cementate
180.0	8 Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
220.0	10 Sabbie
240.0	11 Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
260.0	Sabbie
300.0	12 Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
360.0	14 Sabbie
400.0	15 Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
480.0	16 Argilla inorganica compatta
500.0	17 Sabbie
520.0	18 Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
540.0	19 Sabbie
580.0	20 Argilla inorganica compatta
600.0	21 Argilla inorganica di media consistenza
620.0	Argilla inorganica compatta
660.0	22 Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
680.0	23 Argilla inorganica molto compatta
700.0	25 Sabbie
720.0	26 Argilla inorganica compatta
740.0	Argille sabbiose e limose
780.0	27 Sabbie Sciolte
800.0	28 Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
820.0	30 Argilla inorganica compatta
840.0	31 Argille sabbiose e limose
860.0	Argilla inorganica molto compatta
900.0	32 Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi

**ABMGEO S.R.L.****VIA BERNINI  
RICCIONE  
(RM)****GEOTE s.r.l.**  
Geologia Territorio AmbienteAZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY**PROVA ... CPT3**

Strumento utilizzato...

PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data

09/07/2020

Profondità prova

10.00 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	92.00	135.00	92.14	2.8	32.9	3.0
0.40	70.00	112.00	70.14	2.867	24.5	4.1
0.60	97.00	140.00	97.14	2.8	34.7	2.9
0.80	98.00	140.00	98.14	2.133	46.0	2.2
1.00	90.00	122.00	90.14	3.4	26.5	3.8
1.20	80.00	131.00	80.28	2.0	40.1	2.5
1.40	80.00	110.00	80.28	1.867	43.0	2.3
1.60	98.00	126.00	98.28	2.6	37.8	2.6
1.80	123.00	162.00	123.28	1.733	71.1	1.4
2.00	128.00	154.00	128.28	1.533	83.7	1.2
2.20	112.00	135.00	112.41	1.667	67.4	1.5
2.40	97.00	122.00	97.41	1.6	60.9	1.6
2.60	86.00	110.00	86.41	1.8	48.0	2.1
2.80	63.00	90.00	63.41	1.333	47.6	2.1
3.00	64.00	84.00	64.41	0.333	193.4	0.5
3.20	85.00	90.00	85.55	1.4	61.1	1.6
3.40	60.00	81.00	60.55	1.0	60.6	1.7
3.60	57.00	72.00	57.55	1.467	39.2	2.5
3.80	68.00	90.00	68.55	2.533	27.1	3.7
4.00	31.00	69.00	31.55	1.333	23.7	4.2
4.20	54.00	74.00	54.69	1.8	30.4	3.3
4.40	48.00	75.00	48.69	1.933	25.2	4.0
4.60	41.00	70.00	41.69	1.667	25.0	4.0
4.80	45.00	70.00	45.69	1.533	29.8	3.4
5.00	71.00	94.00	71.69	0.333	215.3	0.5
5.20	71.00	76.00	71.83	0.933	77.0	1.3
5.40	25.00	39.00	25.83	0.533	48.5	2.1
5.60	7.00	15.00	7.83	2.333	3.4	29.8
5.80	18.00	53.00	18.83	0.667	28.2	3.5
6.00	90.00	100.00	90.83	0.8	113.5	0.9
6.20	38.00	50.00	38.97	1.467	26.6	3.8
6.40	9.00	31.00	9.97	0.733	13.6	7.4
6.60	65.00	76.00	65.97	1.267	52.1	1.9
6.80	14.00	33.00	14.97	0.667	22.4	4.5
7.00	8.00	18.00	8.97	0.667	13.4	7.4
7.20	8.00	18.00	9.10	0.733	12.4	8.1
7.40	17.00	28.00	18.10	0.933	19.4	5.2
7.60	18.00	32.00	19.10	0.867	22.0	4.5
7.80	17.00	30.00	18.10	0.933	19.4	5.2
8.00	16.00	30.00	17.10	0.867	19.7	5.1
8.20	18.00	31.00	19.24	1.867	10.3	9.7
8.40	22.00	50.00	23.24	1.267	18.3	5.5
8.60	17.00	36.00	18.24	1.0	18.2	5.5
8.80	24.00	39.00	25.24	1.4	18.0	5.5
9.00	26.00	47.00	27.24	1.4	19.5	5.1
9.20	27.00	48.00	28.38	1.533	18.5	5.4
9.40	27.00	50.00	28.38	1.533	18.5	5.4
9.60	29.00	52.00	30.38	3.333	9.1	11.0
9.80	32.00	82.00	33.38	9.333	3.6	28.0
10.00	210.00	350.00	211.38	0.0		0.0

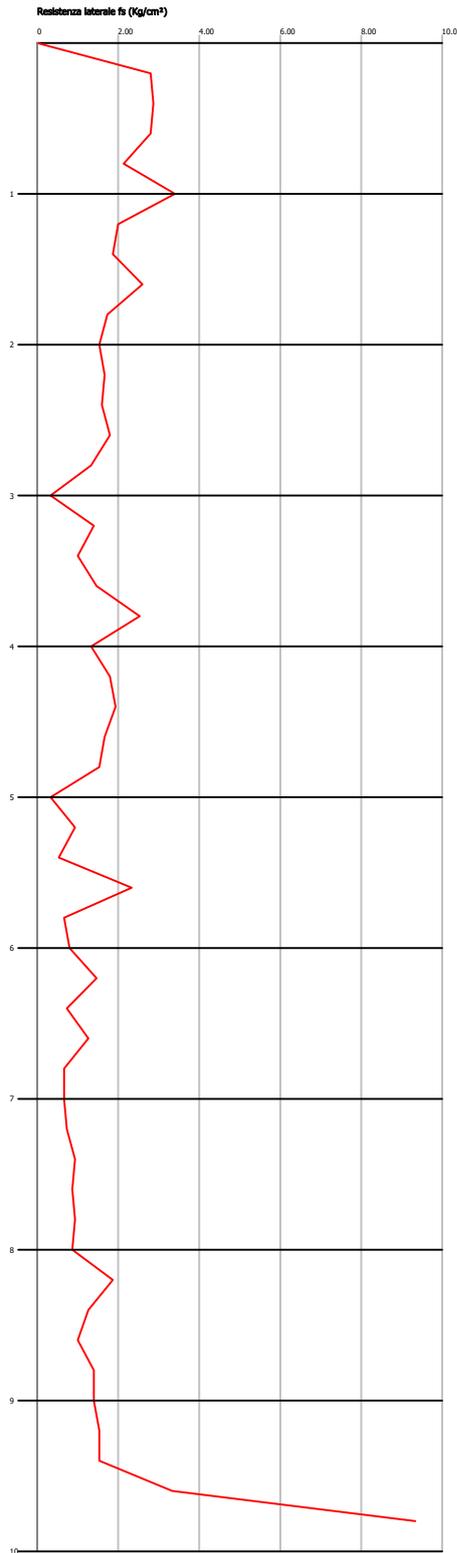
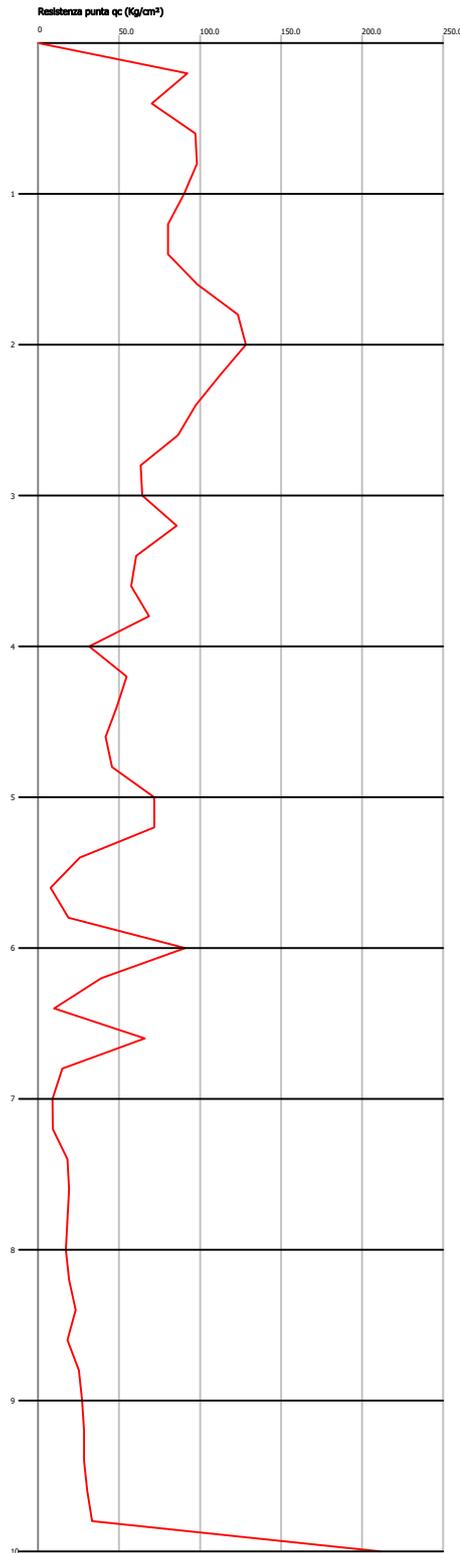
**Probe CPT - Cone Penetration CPT3**  
**Strumento utilizzato... PAGANI TG 63 (200 kN)**  
**Diagramma Resistenze qc fs**

Committente :  
ABMGE0  
Cantiere : VIA BERNINI  
Località : RICCIONE (RM)

Data :09/07/2020

Scala 1:50

Profondità



Interpretazione Stratigrafica (Schmertmann 1978)	
0.00	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
20.0	
2	Argille sabbiose e limose
40.0	
4	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
60.0	
4	Sabbie addensate o cementate
80.0	
5	Sabbie
100.0	
4	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
120.0	
7	Argille sabbiose e limose
140.0	
4	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
160.0	
9	Argille sabbiose e limose
180.0	
10	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
200.0	
11	Sabbie
220.0	
12	Argille organiche e terreni misti
240.0	
13	Argille sabbiose e limose
260.0	
14	Sabbie
280.0	
15	Argille sabbiose e limose
300.0	
16	Argille organiche e terreni misti
320.0	
17	Sabbie
340.0	
18	Argilla inorganica compatta
360.0	
19	Argille organiche e terreni misti
380.0	
20	Argilla inorganica compatta
400.0	
21	Argilla inorganica molto compatta
420.0	
22	
440.0	
23	
460.0	
24	
480.0	
25	
500.0	

**PROVA ... CPT4**

Strumento utilizzato... PAGANI TG 63 (200 kN)  
Prova eseguita in data 09/07/2020  
Profondità prova 9.00 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	130.00	150.00	130.14	3.133	41.5	2.4
0.40	68.00	115.00	68.14	4.067	16.8	6.0
0.60	69.00	130.00	69.14	1.867	37.0	2.7
0.80	90.00	118.00	90.14	2.0	45.1	2.2
1.00	100.00	130.00	100.14	2.0	50.1	2.0
1.20	108.00	138.00	108.28	3.6	30.1	3.3
1.40	100.00	154.00	100.28	2.667	37.6	2.7
1.60	140.00	180.00	140.28	3.2	43.8	2.3
1.80	160.00	208.00	160.28	1.933	82.9	1.2
2.00	145.00	174.00	145.28	2.0	72.6	1.4
2.20	106.00	136.00	106.41	1.667	63.8	1.6
2.40	96.00	121.00	96.41	2.267	42.5	2.4
2.60	98.00	132.00	98.41	0.933	105.5	0.9
2.80	98.00	112.00	98.41	1.467	67.1	1.5
3.00	91.00	113.00	91.41	2.8	32.6	3.1
3.20	78.00	120.00	78.55	1.333	58.9	1.7
3.40	85.00	105.00	85.55	0.8	106.9	0.9
3.60	90.00	102.00	90.55	1.067	84.9	1.2
3.80	86.00	102.00	86.55	1.067	81.1	1.2
4.00	54.00	70.00	54.55	1.667	32.7	3.1
4.20	50.00	75.00	50.69	1.2	42.2	2.4
4.40	50.00	68.00	50.69	2.0	25.3	3.9
4.60	50.00	80.00	50.69	1.067	47.5	2.1
4.80	54.00	70.00	54.69	1.067	51.3	2.0
5.00	74.00	90.00	74.69	3.0	24.9	4.0
5.20	40.00	85.00	40.83	0.867	47.1	2.1
5.40	19.00	32.00	19.83	2.267	8.7	11.4
5.60	40.00	74.00	40.83	0.8	51.0	2.0
5.80	54.00	66.00	54.83	0.333	164.7	0.6
6.00	26.00	31.00	26.83	1.267	21.2	4.7
6.20	5.00	24.00	5.97	1.933	3.1	32.4
6.40	23.00	52.00	23.97	0.533	45.0	2.2
6.60	7.00	15.00	7.97	0.533	15.0	6.7
6.80	4.00	12.00	4.97	0.267	18.6	5.4
7.00	4.00	8.00	4.97	0.2	24.9	4.0
7.20	28.00	31.00	29.10	1.2	24.3	4.1
7.40	18.00	36.00	19.10	1.0	19.1	5.2
7.60	18.00	33.00	19.10	0.6	31.8	3.1
7.80	19.00	28.00	20.10	0.733	27.4	3.6
8.00	19.00	30.00	20.10	1.0	20.1	5.0
8.20	29.00	44.00	30.24	4.667	6.5	15.4
8.40	150.00	220.00	151.24	2.0	75.6	1.3
8.60	220.00	250.00	221.24	2.667	83.0	1.2
8.80	330.00	370.00	331.24	4.667	71.0	1.4
9.00	350.00	420.00	351.24	0.0		0.0

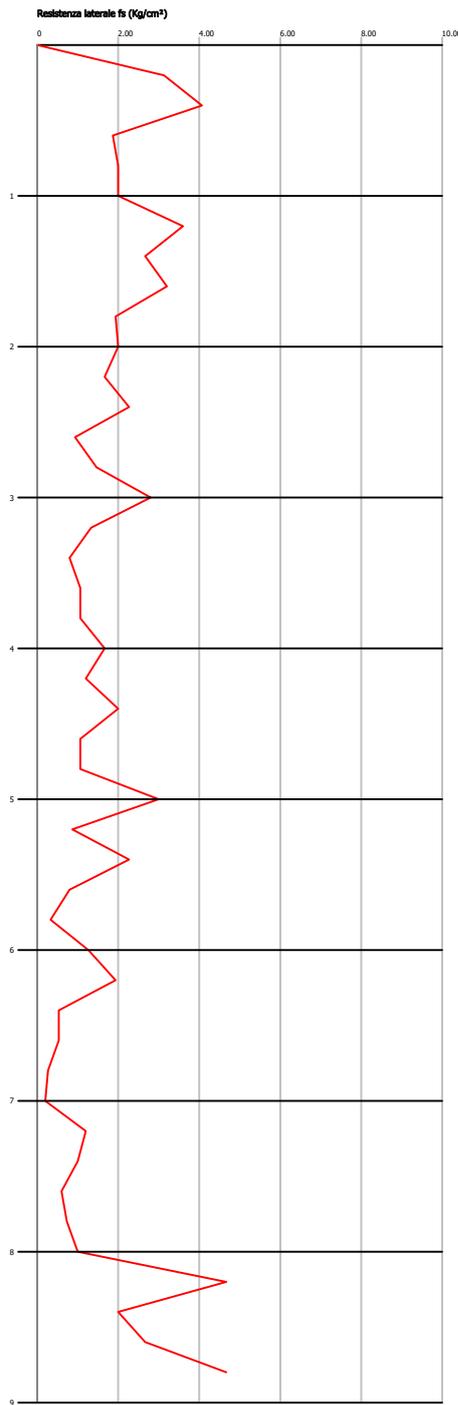
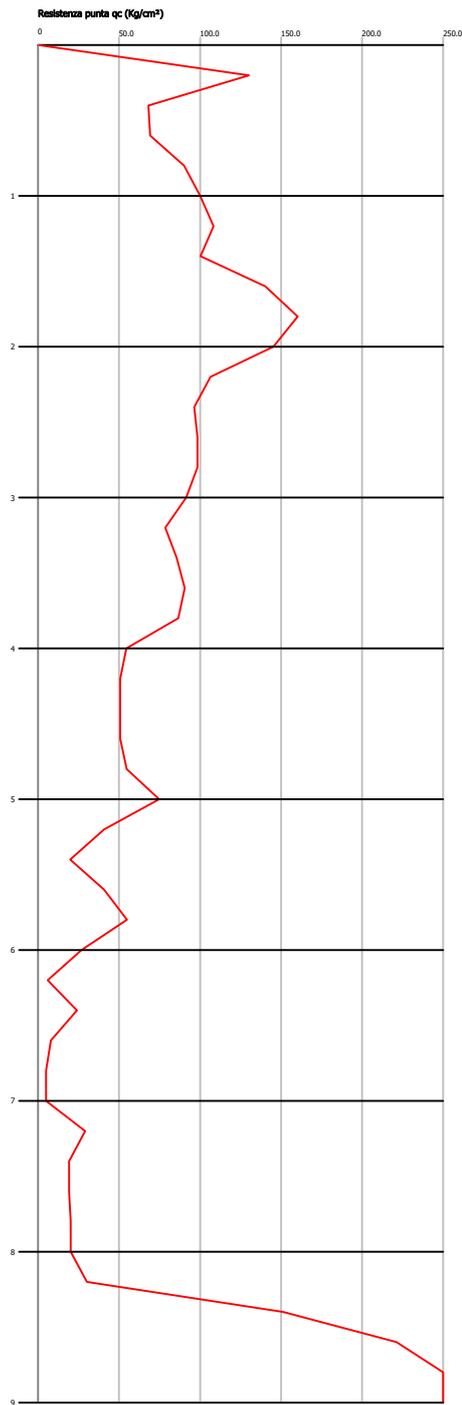
**Probe CPT - Cone Penetration CPT4**  
**Strumento utilizzato... PAGANI TG 63 (200 kN)**  
**Diagramma Resistenze qc fs**

Committente :  
ABMGEO  
Cantiere : VIA BERNINI  
Località : RICCIONE (RM)

Data :09/07/2020

Scala 1:50

Profondità



Interpretazione Stratigrafica (Schmertmann 1978)	
0.00	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
20.00	
2	Argille sabbiose e limose
40.00	
4	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
80.00	
4	Sabbie addensate o cementate
100.00	
6	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
160.00	
6	Sabbie addensate o cementate
220.00	
8	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
240.00	
8	Sabbie addensate o cementate
280.00	
5	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
300.00	
10	Sabbie
380.00	
10	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
420.00	
12	Argille sabbiose e limose
450.00	
13	Sabbie
480.00	
14	Argille sabbiose e limose
500.00	
15	Sabbie
530.00	
16	Argilla inorganica molto compatta
550.00	
17	Sabbie
580.00	
18	Argille sabbiose e limose
600.00	
19	Argille organiche e terreni misti
620.00	
20	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
650.00	
21	Argille organiche e terreni misti
680.00	
22	Argilla inorganica tenera
700.00	
23	Argille sabbiose e limose
720.00	
24	Argilla inorganica molto compatta
750.00	
25	Argille sabbiose e limose
780.00	
26	Argilla inorganica molto compatta
820.00	
27	Sabbie addensate o cementate
860.00	

**ABMGEO S.R.L.**

**VIA BERNINI  
RICCIONE  
(RM)**



**GEOTE s.r.l.**  
Geologia Territorio Ambiente

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2015  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

**PROVA ... CPT5**

Strumento utilizzato...

PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data

09/07/2020

Profondità prova

9.20 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	80.00	111.00	80.14	2.8	28.6	3.5
0.40	60.00	102.00	60.14	1.933	31.1	3.2
0.60	59.00	88.00	59.14	1.067	55.4	1.8
0.80	85.00	101.00	85.14	1.667	51.1	2.0
1.00	96.00	121.00	96.14	3.0	32.0	3.1
1.20	87.00	132.00	87.28	1.667	52.4	1.9
1.40	97.00	122.00	97.28	2.333	41.7	2.4
1.60	125.00	160.00	125.28	3.667	34.2	2.9
1.80	120.00	175.00	120.28	2.8	43.0	2.3
2.00	100.00	142.00	100.28	2.733	36.7	2.7
2.20	99.00	140.00	99.41	2.2	45.2	2.2
2.40	91.00	124.00	91.41	1.6	57.1	1.8
2.60	66.00	90.00	66.41	1.067	62.2	1.6
2.80	66.00	82.00	66.41	0.6	110.7	0.9
3.00	53.00	62.00	53.41	1.4	38.2	2.6
3.20	66.00	87.00	66.55	2.467	27.0	3.7
3.40	73.00	110.00	73.55	1.133	64.9	1.5
3.60	75.00	92.00	75.55	0.533	141.7	0.7
3.80	60.00	68.00	60.55	1.0	60.6	1.7
4.00	48.00	63.00	48.55	0.533	91.1	1.1
4.20	44.00	52.00	44.69	1.267	35.3	2.8
4.40	45.00	64.00	45.69	2.333	19.6	5.1
4.60	45.00	80.00	45.69	1.133	40.3	2.5
4.80	49.00	66.00	49.69	0.867	57.3	1.7
5.00	60.00	73.00	60.69	0.8	75.9	1.3
5.20	67.00	79.00	67.83	1.0	67.8	1.5
5.40	65.00	80.00	65.83	1.667	39.5	2.5
5.60	64.00	89.00	64.83	1.733	37.4	2.7
5.80	64.00	90.00	64.83	0.4	162.1	0.6
6.00	35.00	41.00	35.83	1.0	35.8	2.8
6.20	9.00	24.00	9.97	0.333	29.9	3.3
6.40	19.00	24.00	19.97	0.867	23.0	4.3
6.60	6.00	19.00	6.97	0.333	20.9	4.8
6.80	5.00	10.00	5.97	0.333	17.9	5.6
7.00	6.00	11.00	6.97	0.733	9.5	10.5
7.20	20.00	31.00	21.10	0.667	31.6	3.2
7.40	22.00	32.00	23.10	1.267	18.2	5.5
7.60	21.00	40.00	22.10	2.0	11.1	9.0
7.80	24.00	54.00	25.10	1.2	20.9	4.8
8.00	22.00	40.00	23.10	1.0	23.1	4.3
8.20	75.00	90.00	76.24	3.267	23.3	4.3
8.40	36.00	85.00	37.24	2.0	18.6	5.4
8.60	300.00	330.00	301.24	2.0	150.6	0.7
8.80	130.00	160.00	131.24	4.733	27.7	3.6
9.00	351.00	422.00	352.24	4.467	78.9	1.3
9.20	374.00	441.00	375.38	0.0		0.0

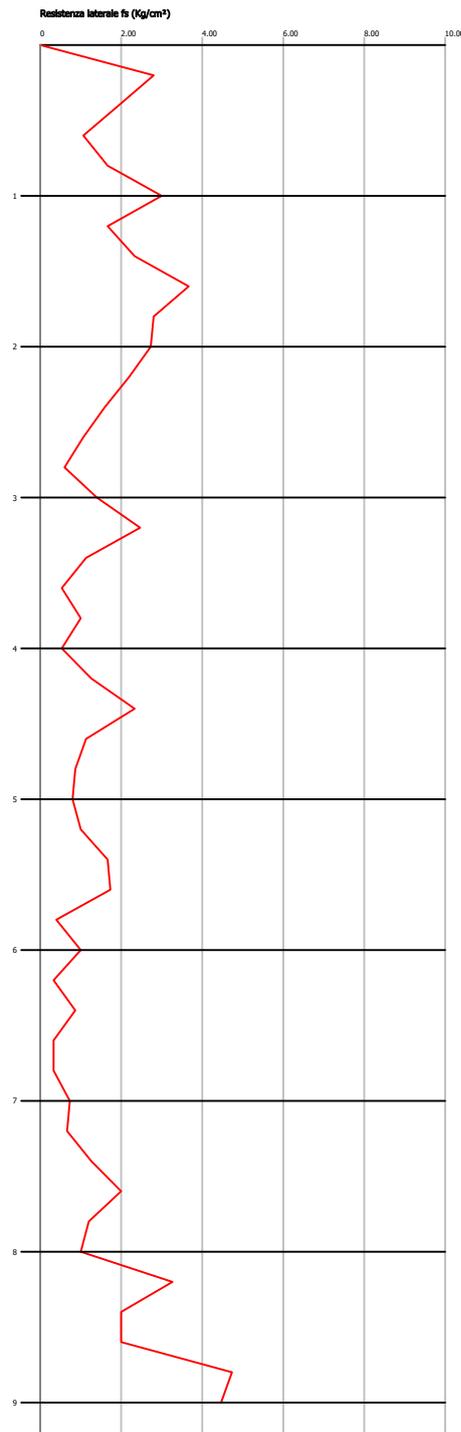
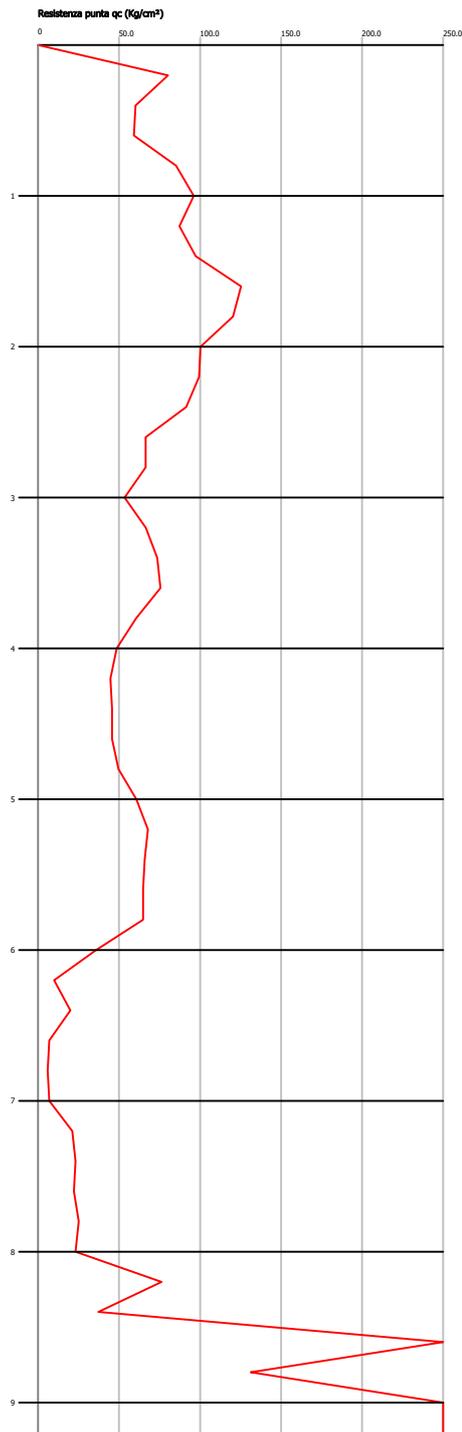
**Probe CPT - Cone Penetration CPT5**  
**Strumento utilizzato... PAGANI TG 63 (200 kN)**  
**Diagramma Resistenze qc fs**

Committente :  
ABMGEO  
Cantiere : VIA BERNINI  
Località : RICCIONE (RM)

Data :09/07/2020

Scala 1:50

Profondità



Interpretazione Stratigrafica (Schmertmann 1978)	
0.00 - 40.0	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
40.0 - 80.0	Sabbie
80.0 - 100.0	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
100.0 - 120.0	Sabbie
120.0 - 220.0	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
220.0 - 280.0	Sabbie
280.0 - 350.0	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
350.0 - 400.0	Sabbie
400.0 - 450.0	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
450.0 - 460.0	Argille sabbiose e limose
460.0 - 530.0	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
530.0 - 550.0	Sabbie
550.0 - 650.0	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
650.0 - 660.0	Sabbie
660.0 - 680.0	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
680.0 - 690.0	Argille sabbiose e limose
690.0 - 720.0	Argilla inorganica di media consistenza
720.0 - 730.0	Argille organiche e terreni misti
730.0 - 790.0	Argille sabbiose e limose
790.0 - 830.0	Argilla inorganica molto compatta
830.0 - 850.0	Argille sabbiose e limose
850.0 - 860.0	Argilla inorganica molto compatta
860.0 - 880.0	Sabbie addensate o cementate
880.0 - 890.0	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
890.0 - 920.0	Sabbie addensate o cementate

## **Appendice 3B**

# **DIAGRAMMI DELLE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**

## PROVA ... DPSHI

Strumento utilizzato...

DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data

09/07/2020

Profondità prova

10.80 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.20	10	0.855	8.81	10.30	440.31	515.21
0.40	8	0.851	7.01	8.24	350.66	412.17
0.60	6	0.847	4.81	5.67	240.30	283.71
0.80	6	0.843	4.79	5.67	239.26	283.71
1.00	6	0.840	4.76	5.67	238.25	283.71
1.20	6	0.836	4.75	5.67	237.26	283.71
1.40	7	0.833	5.51	6.62	275.67	330.99
1.60	10	0.830	7.25	8.74	362.45	436.93
1.80	9	0.826	6.50	7.86	324.94	393.23
2.00	8	0.823	5.75	6.99	287.74	349.54
2.20	8	0.820	5.73	6.99	286.67	349.54
2.40	13	0.767	8.71	11.36	435.74	568.01
2.60	10	0.814	6.61	8.12	330.65	406.08
2.80	12	0.811	7.91	9.75	395.40	487.29
3.00	4	0.809	2.63	3.25	131.35	162.43
3.20	4	0.806	2.62	3.25	130.92	162.43
3.40	3	0.803	1.96	2.44	97.87	121.82
3.60	5	0.801	3.04	3.79	151.88	189.65
3.80	3	0.798	1.82	2.28	90.85	113.79
4.00	4	0.796	2.42	3.03	120.77	151.72
4.20	3	0.794	1.81	2.28	90.31	113.79
4.40	4	0.791	2.40	3.03	120.08	151.72
4.60	4	0.789	2.25	2.85	112.33	142.33
4.80	6	0.787	3.36	4.27	168.04	213.50
5.00	5	0.785	2.79	3.56	139.67	177.92
5.20	4	0.783	2.23	2.85	111.45	142.33
5.40	3	0.781	1.67	2.13	83.38	106.75
5.60	3	0.779	1.57	2.01	78.33	100.53
5.80	5	0.777	2.60	3.35	130.23	167.55
6.00	6	0.775	3.12	4.02	155.92	201.06
6.20	6	0.774	3.11	4.02	155.56	201.06
6.40	3	0.772	1.55	2.01	77.61	100.53
6.60	2	0.770	0.98	1.27	48.79	63.33
6.80	2	0.769	0.97	1.27	48.68	63.33
7.00	4	0.767	1.94	2.53	97.17	126.66
7.20	5	0.766	2.42	3.17	121.22	158.32
7.40	5	0.764	2.42	3.17	120.98	158.32
7.60	14	0.713	5.99	8.40	299.46	420.18
7.80	22	0.661	8.73	13.21	436.63	660.28
8.00	21	0.660	8.32	12.61	415.92	630.26
8.20	18	0.709	7.66	10.80	382.79	540.23
8.40	15	0.707	6.37	9.00	318.40	450.19
8.60	21	0.656	7.86	11.98	392.93	599.01
8.80	21	0.655	7.84	11.98	392.18	599.01
9.00	19	0.703	7.63	10.84	381.26	541.96
9.20	21	0.652	7.81	11.98	390.72	599.01
9.40	14	0.701	5.60	7.99	279.98	399.34
9.60	16	0.700	6.09	8.70	304.35	434.82
9.80	31	0.599	10.09	16.85	504.48	842.46
10.00	35	0.598	11.37	19.02	568.51	951.17
10.20	25	0.647	8.79	13.59	439.30	679.41

<b>ABMGEO SRL</b>	<b>VIA BERNINI RICCIONE (RM)</b>	 <b>GEOTEIA s.r.l.</b> Geologia Territorio Ambiente
-------------------	--------------------------------------	---

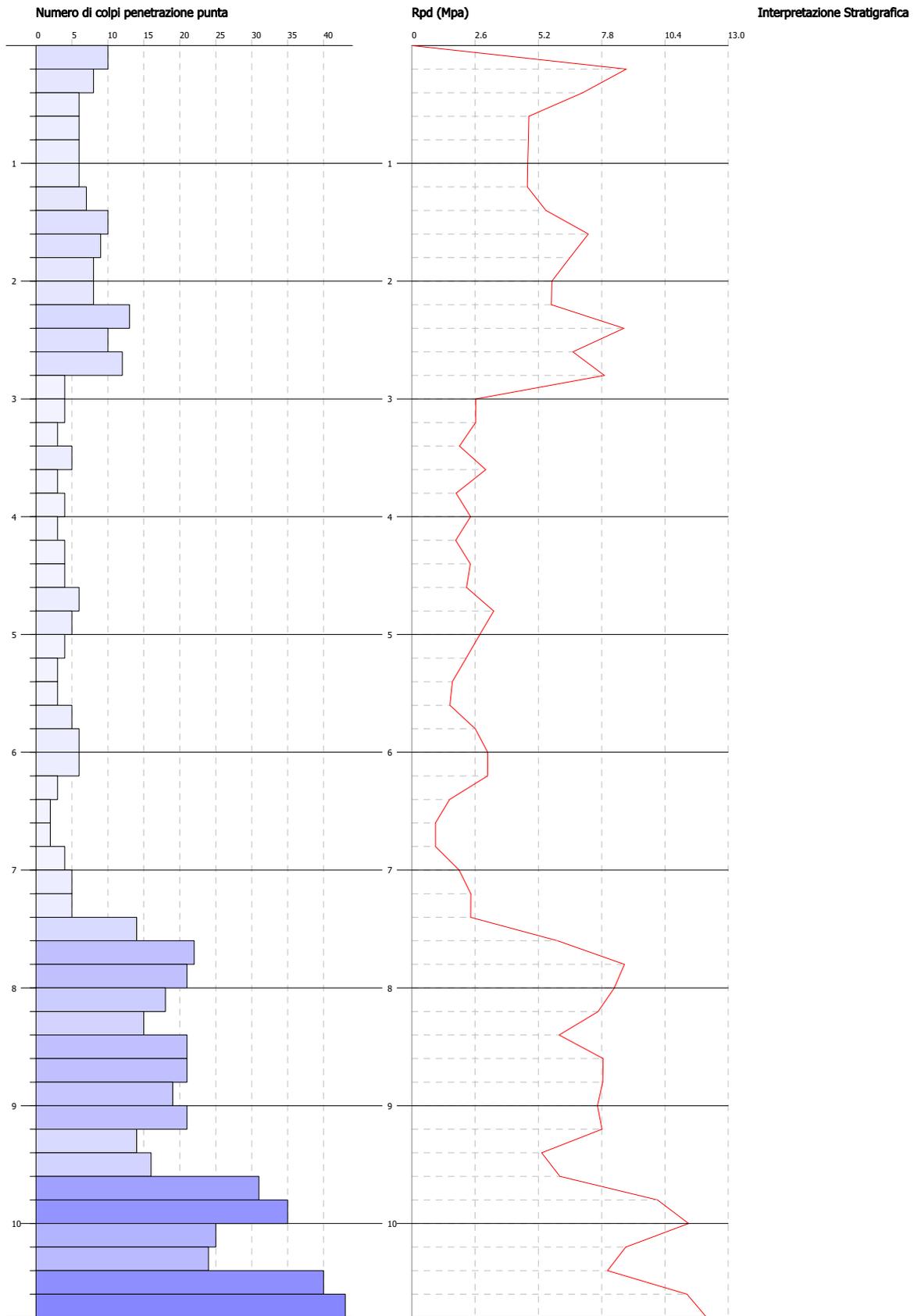
<b>10.40</b>	<b>24</b>	0.646	8.42	13.04	421.03	652.23
<b>10.60</b>	<b>40</b>	0.544	11.30	20.76	565.14	1038.00
<b>10.80</b>	<b>43</b>	0.543	12.13	22.32	606.34	1115.85

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH1**  
**Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : ABMGEO  
Cantiere : VIA BERNINI  
Località : RICCIONE (RM)

Data :09/07/2020

Scala 1:50



**PROVA ... DPSH6**

Strumento utilizzato...

DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data

09/07/2020

Profondità prova

9.00 mt

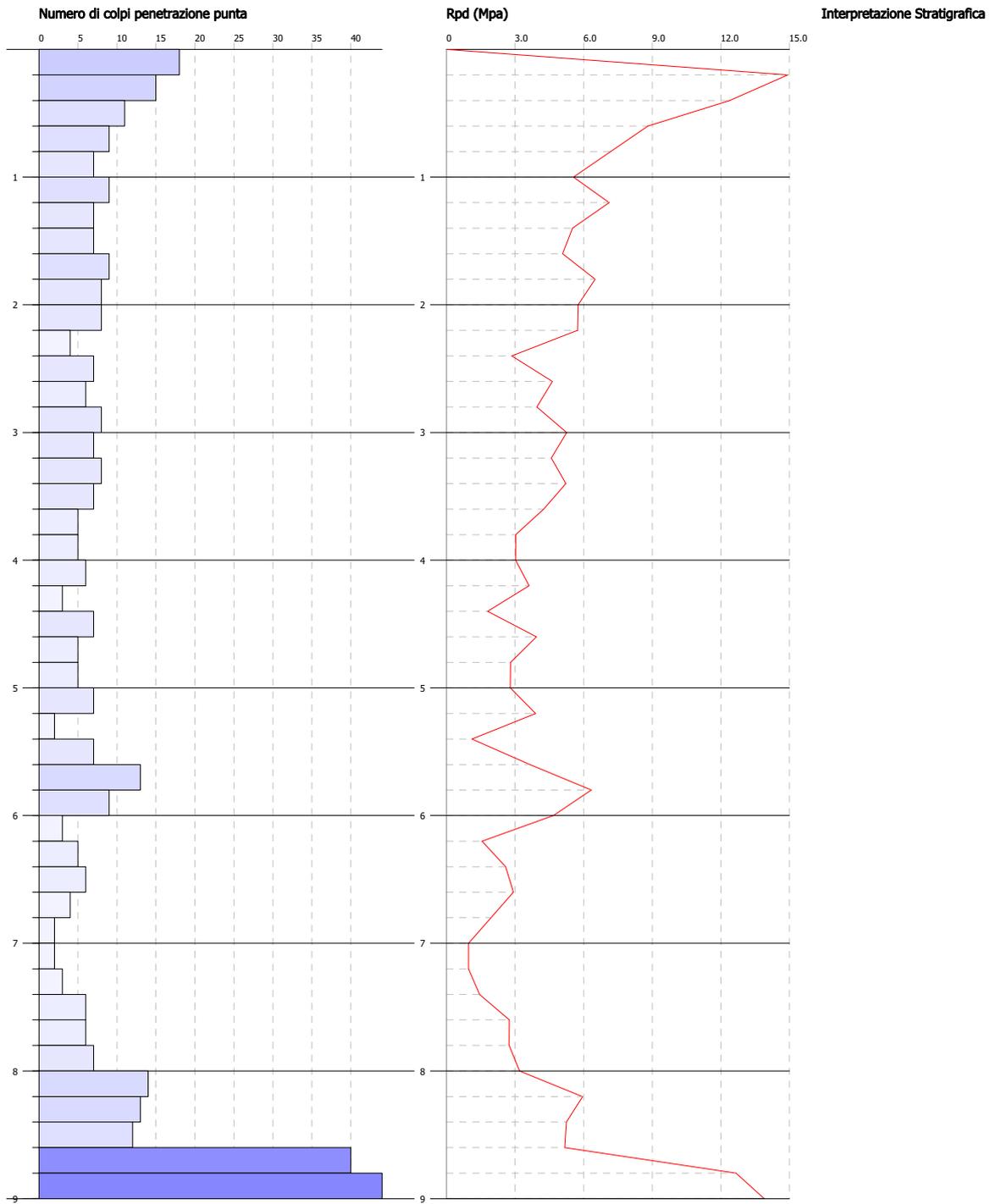
Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.20	18	0.805	14.92	18.55	746.19	927.37
0.40	15	0.801	12.38	15.46	618.84	772.81
0.60	11	0.847	8.81	10.40	440.56	520.13
0.80	9	0.843	7.18	8.51	358.89	425.56
1.00	7	0.840	5.56	6.62	277.95	330.99
1.20	9	0.836	7.12	8.51	355.88	425.56
1.40	7	0.833	5.51	6.62	275.67	330.99
1.60	7	0.830	5.07	6.12	253.72	305.85
1.80	9	0.826	6.50	7.86	324.94	393.23
2.00	8	0.823	5.75	6.99	287.74	349.54
2.20	8	0.820	5.73	6.99	286.67	349.54
2.40	4	0.817	2.86	3.50	142.81	174.77
2.60	7	0.814	4.63	5.69	231.45	284.25
2.80	6	0.811	3.95	4.87	197.70	243.65
3.00	8	0.809	5.25	6.50	262.71	324.86
3.20	7	0.806	4.58	5.69	229.11	284.25
3.40	8	0.803	5.22	6.50	261.00	324.86
3.60	7	0.801	4.25	5.31	212.64	265.51
3.80	5	0.798	3.03	3.79	151.42	189.65
4.00	5	0.796	3.02	3.79	150.96	189.65
4.20	6	0.794	3.61	4.55	180.63	227.58
4.40	3	0.791	1.80	2.28	90.06	113.79
4.60	7	0.789	3.93	4.98	196.58	249.08
4.80	5	0.787	2.80	3.56	140.04	177.92
5.00	5	0.785	2.79	3.56	139.67	177.92
5.20	7	0.783	3.90	4.98	195.03	249.08
5.40	2	0.781	1.11	1.42	55.58	71.17
5.60	7	0.779	3.66	4.69	182.76	234.57
5.80	13	0.727	6.34	8.71	316.82	435.63
6.00	9	0.775	4.68	6.03	233.87	301.59
6.20	3	0.774	1.56	2.01	77.78	100.53
6.40	5	0.772	2.59	3.35	129.35	167.55
6.60	6	0.770	2.93	3.80	146.36	189.99
6.80	4	0.769	1.95	2.53	97.37	126.66
7.00	2	0.767	0.97	1.27	48.58	63.33
7.20	2	0.766	0.97	1.27	48.49	63.33
7.40	3	0.764	1.45	1.90	72.59	94.99
7.60	6	0.763	2.75	3.60	137.34	180.08
7.80	6	0.761	2.74	3.60	137.09	180.08
8.00	7	0.760	3.19	4.20	159.65	210.09
8.20	14	0.709	5.95	8.40	297.72	420.18
8.40	13	0.707	5.52	7.80	275.94	390.16
8.60	12	0.756	5.18	6.85	258.76	342.29
8.80	40	0.555	12.66	22.82	632.91	1140.96
9.00	44	0.553	13.89	25.10	694.66	1255.06

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH6**  
**Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : ABMGEO  
Cantiere : VIA BERNINI  
Località : RICCIONE (RM)

Data :09/07/2020

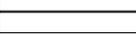
Scala 1:50



## **Appendice 4a**

# **STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO S1 E FOTO CASSETTE CATALOGATRICI**

Committente		Cantiere Riccione (RN) - incrocio Via Torino / Viale Bellini		Profondità raggiunta - 20.0 m da p.c.
Inizio/Fine Esecuzione 09/07/2020	Sondaggio S1	Tipo Carotaggio Continuo	Tipo Sonda	

Scala	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T.	Campioni	Falda	Unità geotecnica
		Pavimentazione in autobloccanti.	0.20				
		Terreno rimaneggiato ben addensato sabbioso con poca ghiaia sparsa. Sono presenti anche frammenti di laterizi e frustoli vegetali.	0.60				R
1		Sabbie sciolte da medie a fini, pulite e poco addensate, di colore nocciola.				1.20	0.60
2							
3		Sabbie da medie a fini con qualche raro clasto e ciottolo. Sono presenti anche frammenti di gusci calcarei, di colore grigio-nocciola.	3.00	3-8-13			
4				3.00 PA			
5		Sabbie fini debolmente limose, di colore grigio-nocciola, con aumento della frazione più fine verso il basso.	5.00				
6		Argille grigie plastiche, addensate, con venature nerastre.	6.00				A
7		Sabbie argillose grigio-nerastre con frammenti di gusci, organiche e poco addensate.	6.70				6.00
8		Argille limose, di colore grigio verdastre, ben addensate e poco plastiche.	7.00				
9		Sabbie argillose e argille sabbiose debolmente coesive e poco plastiche, ben addensate, con poca ghiaia sparsa e clasti arrotondati fino a 1 cm.	7.80				
10		Argille limose grigie con venature marroni-arancioni, ben addensate e poco plastiche.	9.00	4-18-25		8.50	
11		Ghiaie di colore nocciola, in abbondante matrice sabbioso-argillosa, con clasti ben arrotondati e piatti, di diametro da 1 cm fino a 3-4 cm, con diametro medio di 1 cm.	9.40			9.00	B
12						10.50	
13		Argille limose di colore verdastro con venature arancioni, mediamente addensate e coesive. Verso il fondo aumenta la frazione limoso-sabbiosa.	12.10	4-5-8		11.00	
14		Argille limose di colore da nocciola a verdastro con venature marroni, poco plastiche e ben addensate.	13.00			12.10	C
15		Argille limoso-sabbiose, di colore nocciola con venature grigie mediamente addensate e poco plastiche.	14.10			12.50	12.10
16		Argille limose di colore da nocciola a verdastro con venature marroni, poco plastiche e ben addensate.	15.00	8-12-15			D
17		Da sabbie argillose ad argille debolmente sabbiose di colore verde-grigio con venature marroni-arancioni, meno compatte del livello precedente.	17.00				15.00
18		Argille debolmente limose di colore verdastro con venature arancioni-marroni, molto compatte, da mediamente a poco plastiche.		6-7-10			E
19				18.00 PA			17.00
20			20.00				F
							20.00

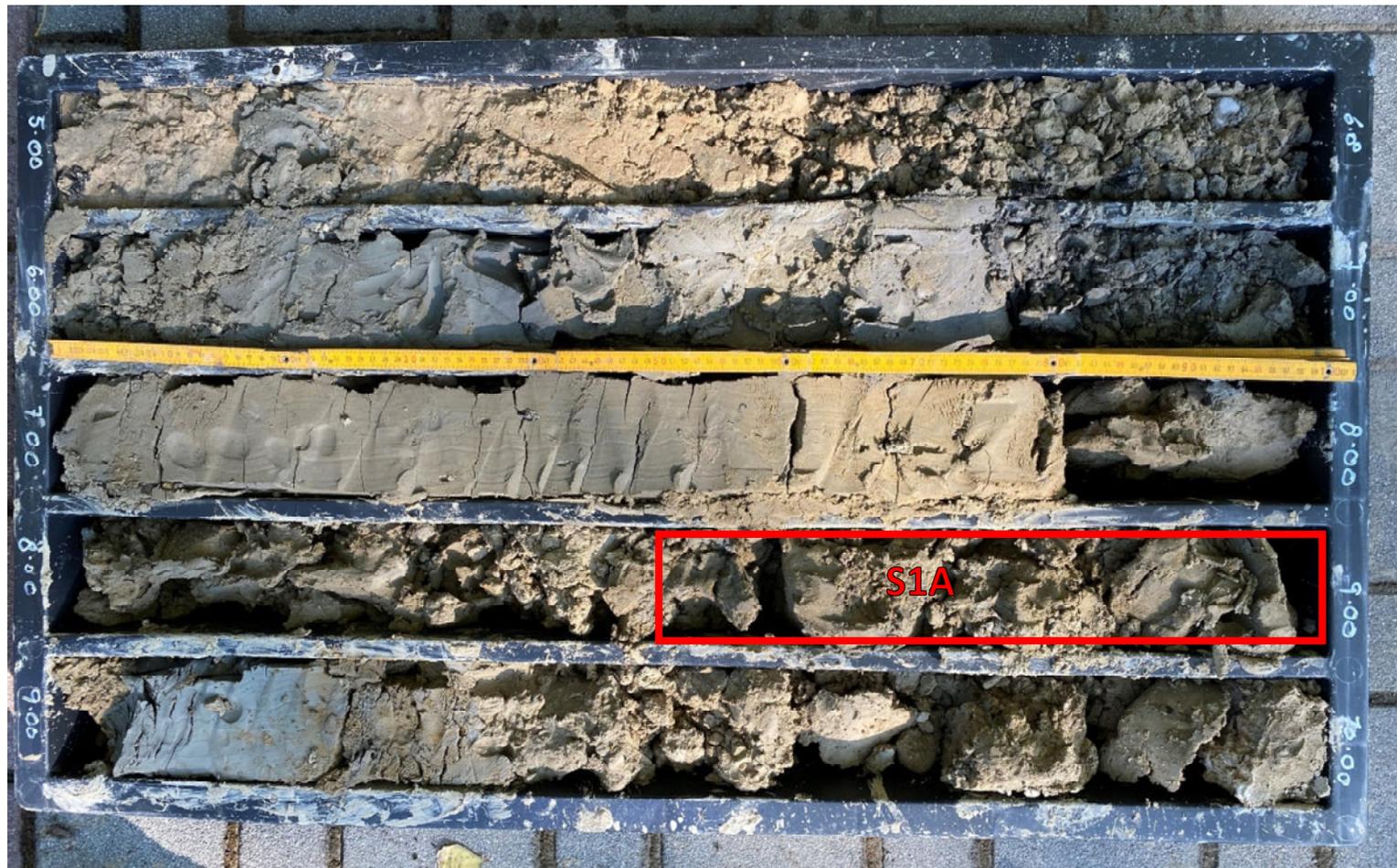
Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT  
 Prove SPT:PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa  
 Carotaggio:Continuo

Responsabile

**SONDAGGIO S1 - CASSETTA CATALOGATRICE N.1 (0 - 5 M)**



**SONDAGGIO S1 - CASSETTA CATALOGATRICE N.2 (5 – 10 M)**



**SONDAGGIO S1 - CASSETTA CATALOGATRICE N.3 (10 – 15 M)**



**SONDAGGIO S1 - CASSETTA CATALOGATRICE N.4 (15 - 20 M)**



## **Appendice 4b**

# **STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO S2 E FOTO CASSETTE CATALOGATRICI**

Committente		Cantiere Riccione (RN) - incrocio Via Torino / Viale Bellini		Profondità raggiunta - 20.0 m da p.c.
Inizio/Fine Esecuzione 10/07/2020	Sondaggio S2	Tipo Carotaggio Continuo	Tipo Sonda	

Scala	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T.	Campioni	Falda	Unità geotecnica
		Terreno di riporto/rimaneggiato di colore marrone scuro, sabbioso con qualche ciottolo e apparati radicali, ben addensati.	0.50				R 0.50
1		Sabbie sciolte pulite da medie a fini, di colore nocciola. Andando in profondità diminuisce la granulometria delle sabbie.				1.20	
2			2.30				
3		Sabbie fini debolmente limose con qualche guscio di conchiglia e qualche ciottolo piccolo, di colore nocciola. La frazione limosa aumenta negli ultimi 20 cm.					
4			4.00				
5		Sabbie molto fini, sciolte, debolmente limose, di colore nocciola.					
6			6.00	2-3-2 6.00 PC		6.50 R	A 6.00
7		Argille sabbiose di colore grigio, poco addensate e mediamente plastiche.				7.00	
8			8.00				B1 8.00
9		Argille di colore grigio poco addensate, molto plastiche.	8.50				
		Argille limose grigie con venature marroni-arancioni. Ben addensate e poco plastiche.				9.00 R	B2 8.00
10		Ghiaie di colore grigio con abbondante matrice sabbioso-limosa. I ciottoli si presentano arrotondati e piatti da pochi mm a 4-5 cm.	9.70			9.50	C 9.70
			10.50	35-38-39 10.50 PC			
11		Argille debolmente sabbiose di colore grigio-nocciola, addensate e plastiche.					
			11.40				
12		Argille e argille limose di colore grigio-nocciola con intercalazioni argilloso-sabbiose; mediamente addensate da plastiche a poco plastiche.		3-6-9 12.00 PC			
13				5-9-12 13.50 PC			
14							
15			15.50				D 15.50
16		Sabbie argillose di colore nocciola con venature grigio-arancioni, poco coesive.					
			16.50				
17		Sabbie limoso-argillose sciolte, di colore nocciola, dal comportamento misto granulare-coesivo.					
			17.50				E 17.50
18		Argille limose debolmente sabbiose, di colore grigio-nocciola, mediamente plastiche.					
			18.60				
19		Argille grigio-verdastre ben addensate e compatte, da mediamente a poco plastiche.					
			20.00				F 20.00

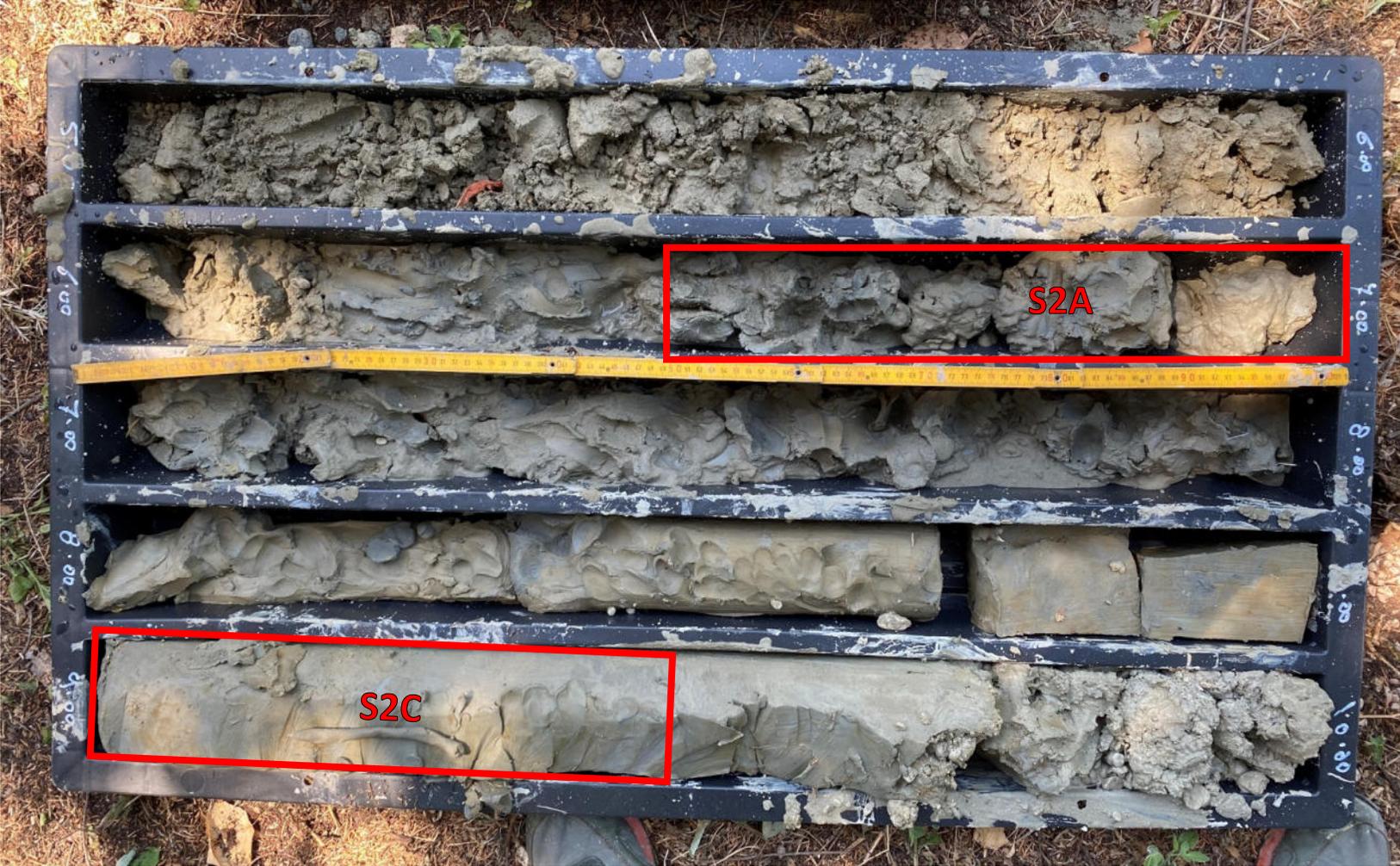
Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT  
 Prove SPT:PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa  
 Carotaggio:Continuo

Responsabile

**SONDAGGIO S2 - CASSETTA CATALOGATRICE N.1 (0 - 5 M)**



**SONDAGGIO S2 - CASSETTA CATALOGATRICE N.2 (5 - 10 M)**



**SONDAGGIO S2 - CASSETTA CATALOGATRICE N.3 (10 – 15 M)**



**SONDAGGIO S2 - CASSETTA CATALOGATRICE N.4 (15 - 20 M)**



## **Appendice 5**

# **PROVA DI PERMEABILITÀ DI TIPO LEFRANC**

**COMMITTENTE:**  
CANTIERE  
DESCRIZIONE  
SONDAGGIO N. 2

Riccione (RN) - via Bernini  
Prova in foro a carico variabile per immissione  
PROVA N. PP1 - Sondaggio S2



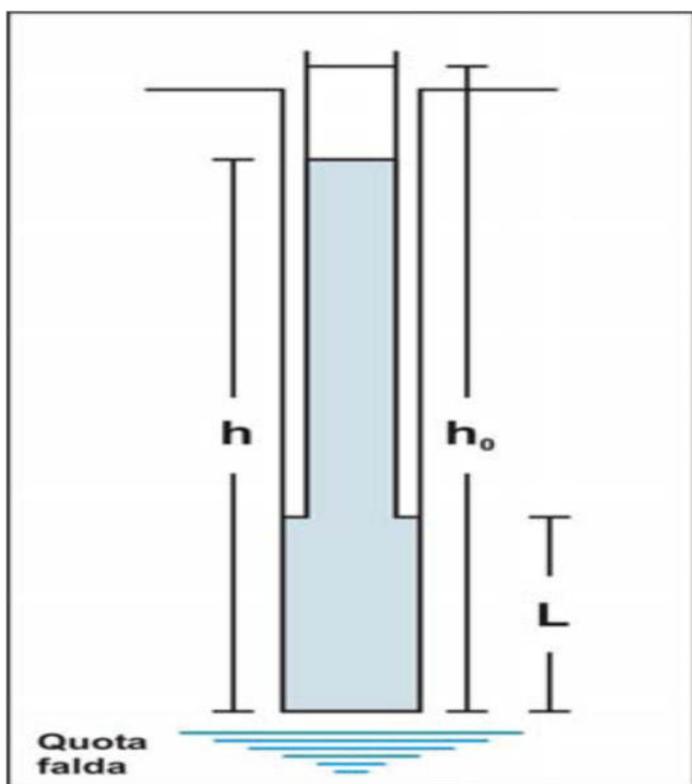
## PROVA DI PERMEABILITÀ DI LEFRANC

		U.m.
Diametro del tratto di foro in prova	152	mm
Profondità del foro da testa tubo	3,00	m
Profondità rivestimento da p.c.	2,50	m
Spessore tratto interessato dalla prova (L)	0,50	m
Altezza testa tubo sopra il piano di campagna	0,40	m
Livello d'acqua rispetto alla testa tubo ( $h_0$ )	1,7	m
Livello statico della falda rispetto alla testa tubo ( $h_i$ )	0	m

data 09/07/2020

ora inizio prova 10.30

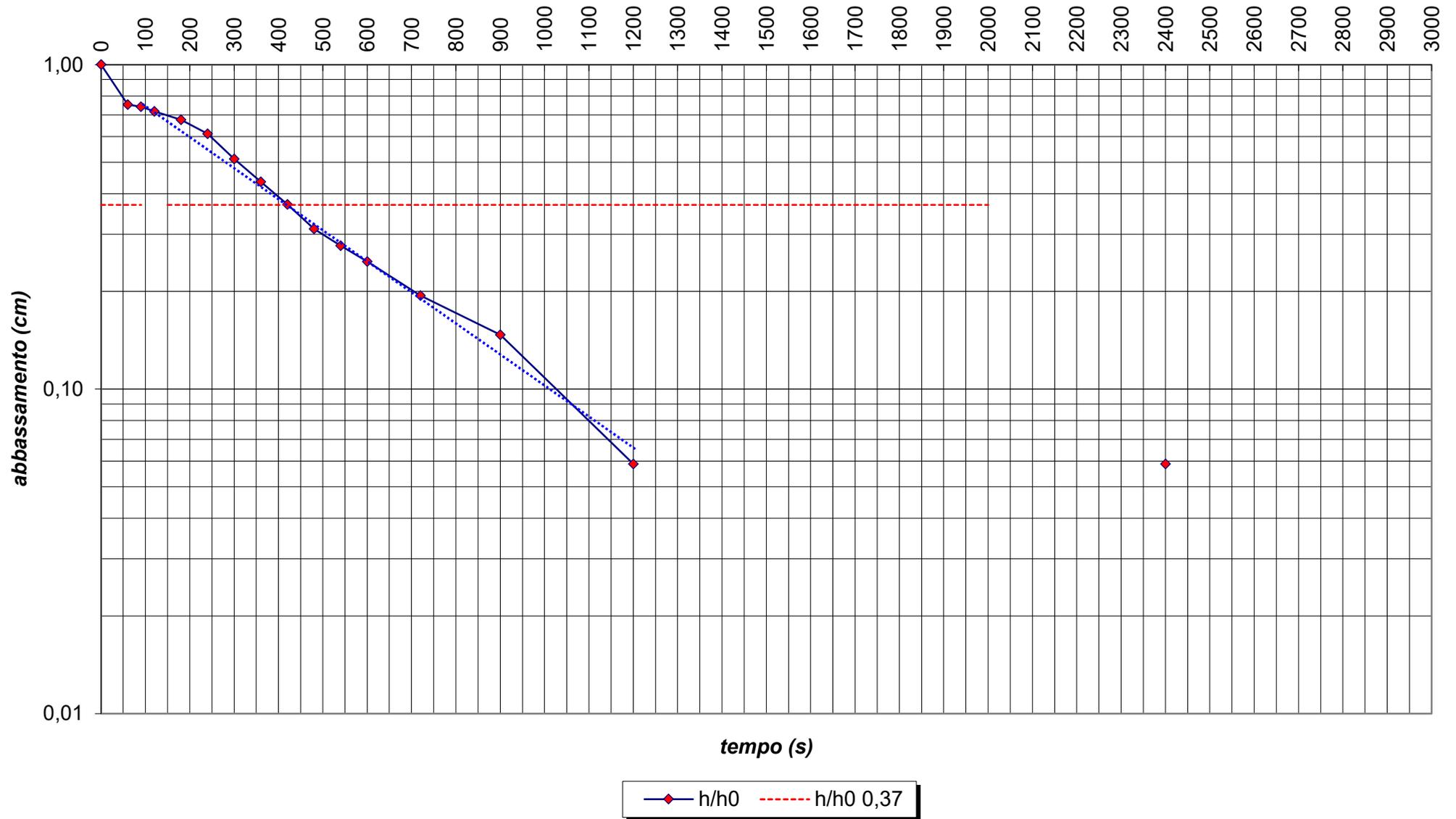
t [sec]	$W_f$ [m]	$h (h_0 - W_f)$	$h/h_0$
0	0,0	1,700	1,000
60	0,420	1,280	0,753
90	0,440	1,260	0,741
120	0,480	1,220	0,718
180	0,550	1,150	0,676
240	0,660	1,040	0,612
300	0,830	0,870	0,512
360	0,960	0,740	0,435
420	1,070	0,630	0,371
480	1,170	0,530	0,312
540	1,230	0,470	0,276
600	1,280	0,420	0,247
720	1,370	0,330	0,194
900	1,450	0,250	0,147
1200	1,600	0,100	0,059
1500	1,720	-0,020	-0,012
1650	1,770	-0,070	-0,041
1800	1,820	-0,120	-0,071
2400	1,600	0,100	0,059



$$K_v = A/(F \cdot T)$$

Area della sezione trasversale del rivestimento	<b>A</b>	0,018	$m^2$
Fattore di forma	<b>F</b>	2,05	m
Tempo di riequilibrio	<b>T</b>	370	sec
Coefficiente di permeabilità	<b><math>K_v</math></b>	2,393E-05	m/sec

**Riccione (RN) - via Bernini**  
**Prova in foro a carico variabile per immissione**  
**PROVA N. PP1 - Sondaggio S2**  
quota prova - 2,50 m da p.c.



## **Appendice 6**

# **ANALISI DI LABORATORIO GEOTECNICO**



<b>Certificato n. 1567 del 10/08/2020</b>	<b>Accettazione n. 2617 del 15/07/2020</b>
---	--

<b>SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE (ASTM D2487-D422-D6913)</b>	data inizio prova	03/02/2020	data fine prova	12/02/2020
<b>LIMITI DI CONSISTENZA (ASTM D4318)</b>	data inizio prova	03/02/2020	data fine prova	17/02/2020

COMMITTENTE:	ABMGEO SRL		
COMMESSA:	-		
LOCALITA':	RICCIONE		
SONDAGGIO :	S1	CAMPIONE:	A IN CLASSE Q3
		PROFONDITA' :	8,50-9,00 m

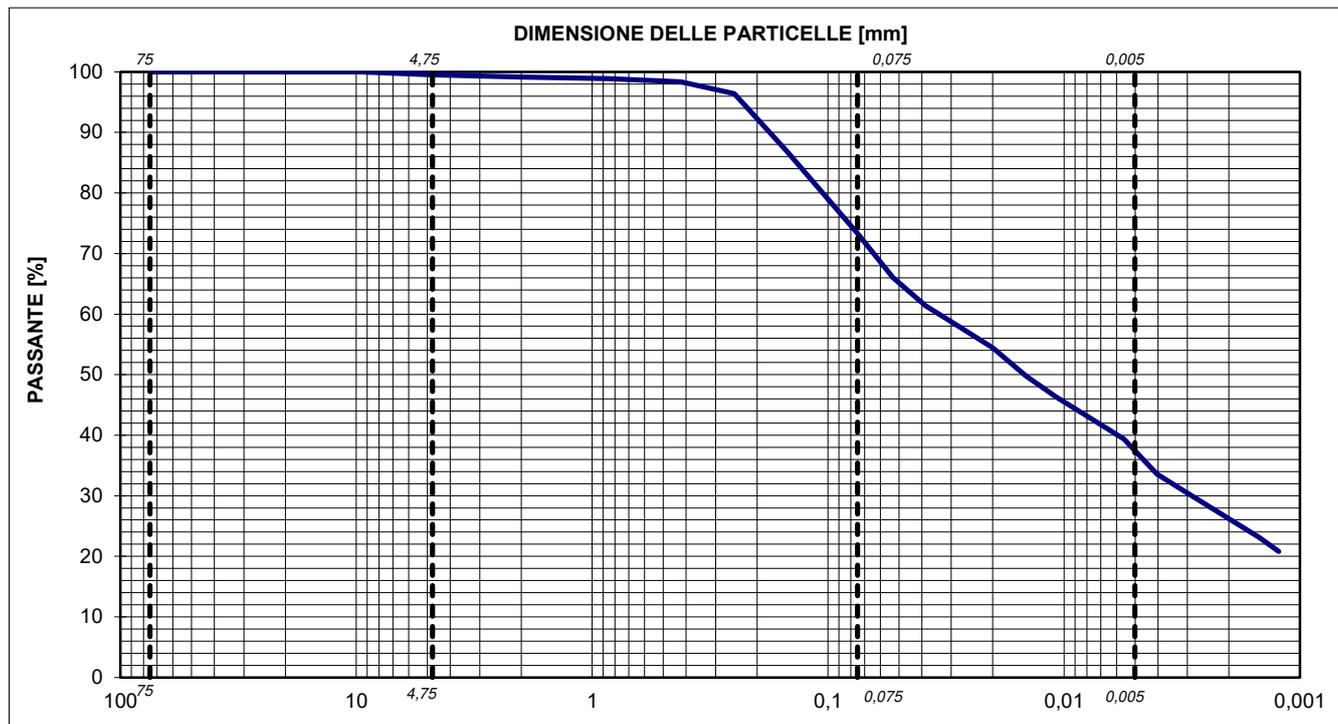
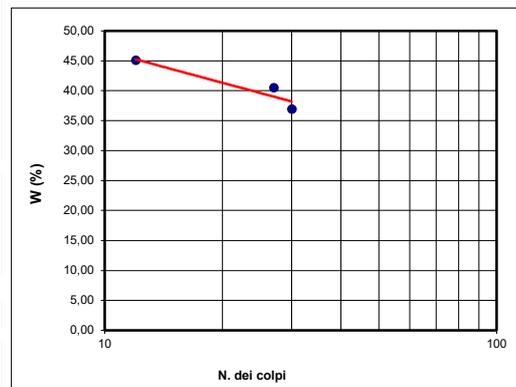
ANALISI PER SETACCIATURA			
Peso iniziale	539,93	g	
Diametro massimo	10	mm	
Diametro minimo	5	mm	
Contenuto d'acqua	-	%	
	mm	Set. in- No.	Percentuale passante
Passante	75,0	3	100,00 %
Passante	50,8	2	100,00 %
Passante	38,1	1 1/2	100,00 %
Passante	25,4	1	100,00 %
Passante	19,0	3/4	100,00 %
Passante	9,5	3/8	100,00 %
Passante	4,75	No. 4	99,53 %
Passante	2,0	No. 10	99,12 %
Passante	0,850	No. 20	98,88 %
Passante	0,425	No. 40	98,37 %
Passante	0,254	No. 60	96,38 %
Passante	0,150	No. 100	86,99 %
Passante	0,075	No. 200	73,33 %

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE			
Peso iniziale	50	g	
Diametro massimo	0,075	mm	
	Diametro	u.m.	
		Percentuale	
	0,0531	mm	66,02 %
	0,0386	mm	61,38 %
	0,0278	mm	57,90 %
	0,0200	mm	54,43 %
	0,0145	mm	49,79 %
	0,0108	mm	46,31 %
	0,0077	mm	42,83 %
	0,0056	mm	39,35 %
	0,0040	mm	33,55 %
	0,0029	mm	30,07 %
	0,0021	mm	26,59 %
	0,0015	mm	23,12 %
	0,0012	mm	20,80 %

LIMITI DI CONSISTENZA					
Limite Liquido (WL)	40	%			
Limite Plastico (WP)	21	%			
Indice di Plasticità (IP)	19	%			
Indice di Consistenza (IC)	-	%			
	Tara (g)	Peso umido (g)	Peso secco (g)	Umidità (%)	N. dei colpi
LL	23,06	49,61	41,36	45,08	12
	22,82	54,68	45,50	40,48	27
	22,77	48,48	41,55	36,90	30
LP	23,08	27,27	26,53	21,45	-
	22,37	28,12	27,13	20,80	-

Ghiaia g	(19-75)	0,00	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	0,47	%
Sabbia g	(2-4,75)	0,41	%
Sabbia m	(0,425-2)	0,75	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	25,04	%
Limo+argilla	(< 0,075)	73,33	%
Limo	(0,005-0,075)	36,13	%
Argilla	(< 0,005)	37,20	%

ASTM CLASSIFICATION	
CL o OL	-
AASHTO M 145-82	
	-
gs	Mg/mc
CU	- -
CC	- -





<b>Certificato n. 1569 del 10/08/2020</b>	<b>Accettazione n. 2617 del 15/07/2020</b>
---	--

<b>SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE (ASTM D2487-D422-D6913)</b>	data inizio prova <b>03/02/2020</b>	data fine prova <b>12/02/2020</b>
--	-------------------------------------	-----------------------------------

COMMITTENTE:	ABMGEO SRL		
COMMESSA:	-		
LOCALITA':	RICCIONE		
SONDAGGIO :	S1	CAMPIONE:	B IN CLASSE Q3
		PROFONDITA' :	10,50-11,00 m

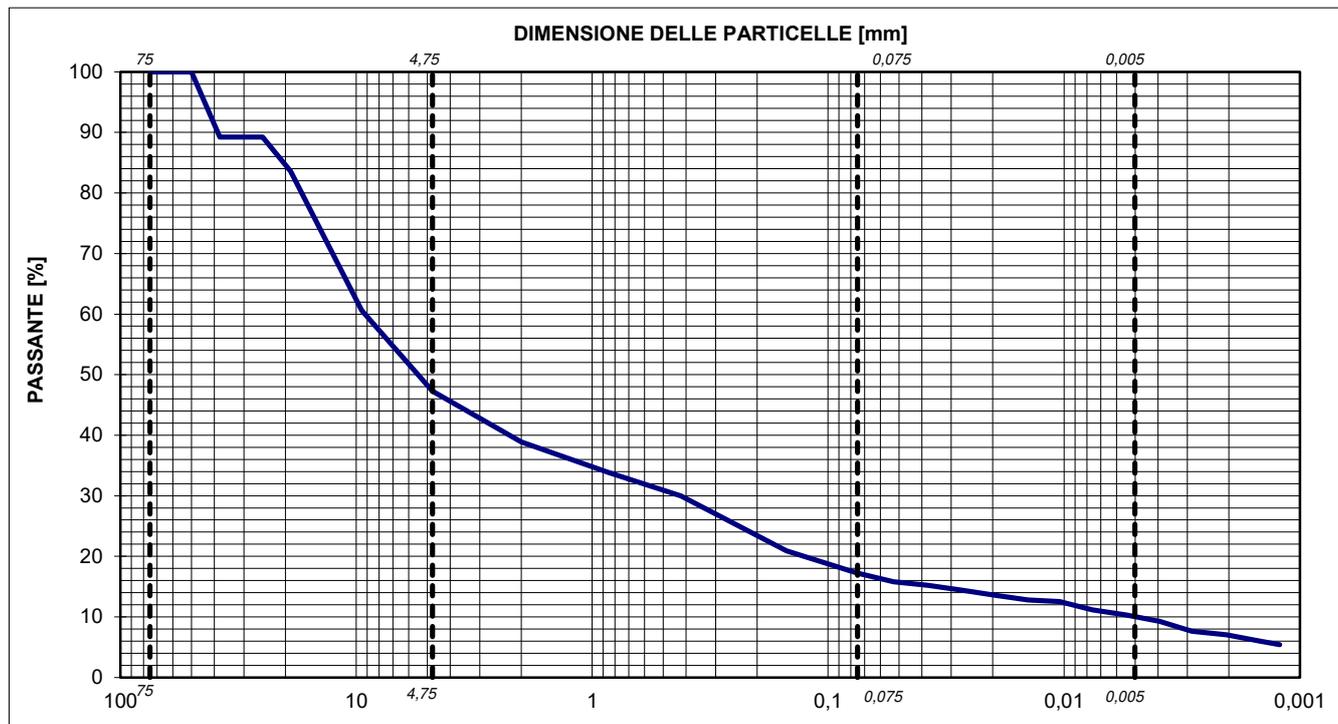
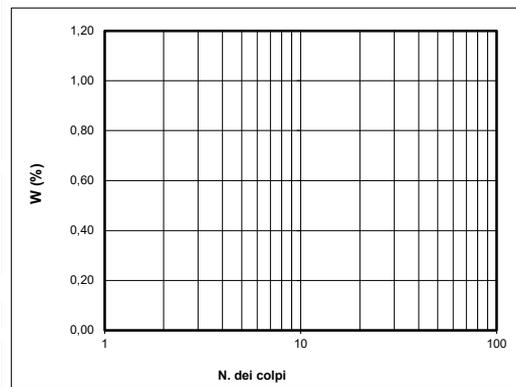
ANALISI PER SETACCIATURA			
Peso iniziale	1304,5	g	
Diametro massimo	60	mm	
Diametro minimo	35	mm	
Contenuto d'acqua	-	%	
	mm	Set. in- No.	Percentuale passante
Passante	75,0	3	100,00 %
Passante	50,8	2	100,00 %
Passante	38,1	1 1/2	89,22 %
Passante	25,4	1	89,22 %
Passante	19,0	3/4	83,57 %
Passante	9,5	3/8	60,59 %
Passante	4,75	No. 4	47,24 %
Passante	2,0	No. 10	38,91 %
Passante	0,850	No. 20	33,82 %
Passante	0,425	No. 40	29,98 %
Passante	0,254	No. 60	25,37 %
Passante	0,150	No. 100	20,91 %
Passante	0,075	No. 200	17,21 %

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE			
Peso iniziale	50	g	
Diametro massimo	0,075	mm	
Diametro	u.m.	Percentuale	
0,0527	mm	15,77 %	
0,0378	mm	15,23 %	
0,0273	mm	14,41 %	
0,0197	mm	13,59 %	
0,0142	mm	12,78 %	
0,0104	mm	12,50 %	
0,0076	mm	11,14 %	
0,0054	mm	10,33 %	
0,0039	mm	9,24 %	
0,0029	mm	7,60 %	
0,0020	mm	7,06 %	
0,0015	mm	5,97 %	
0,0012	mm	5,43 %	

LIMITI DI CONSISTENZA					
Limite Liquido (WL)					%
Limite Plastico (WP)					%
Indice di Plasticità (IP)					%
Indice di Consistenza (IC)					%
	Tara (g)	Peso umido (g)	Peso secco (g)	Umidità (%)	N. dei colpi
LL					
LP					

Ghiaia g	(19-75)	16,43	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	36,33	%
Sabbia g	(2-4,75)	8,33	%
Sabbia m	(0,425-2)	8,93	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	12,77	%
Limo+argilla	(< 0,075)	17,21	%
Limo	(0,005-0,075)	7,21	%
Argilla	(< 0,005)	10,00	%

ASTM CLASSIFICATION		
GC	GM	GC-GM
<b>AASHTO M 145-82</b>		
-		
gs	-	Mg/mc
CU	-	-
CC	-	-





<b>Certificato 1571</b>	<b>del 10/08/2020</b>	<b>Accettazione 2617</b>	<b>del 15/07/2020</b>
-------------------------	-----------------------	--------------------------	-----------------------

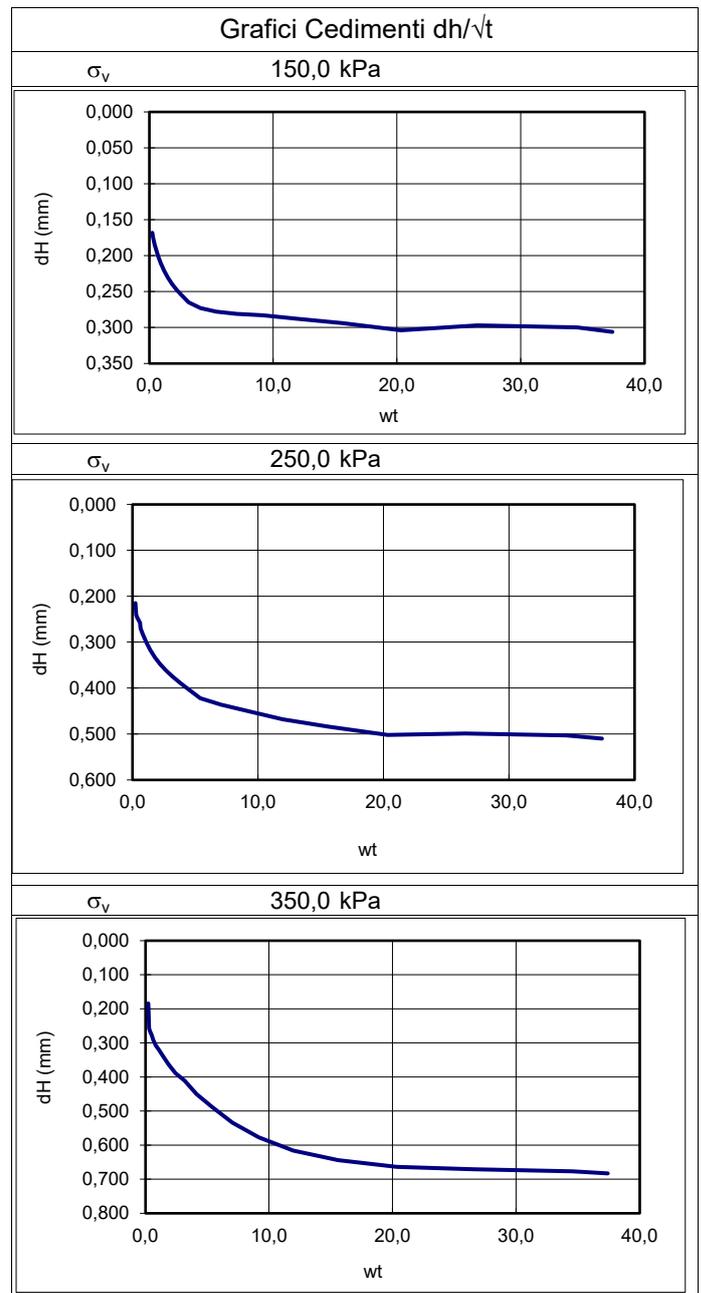
**PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)**

data inizio prova	16/07/2020	data fine prova	01/08/2020
-------------------	------------	-----------------	------------

COMMITTENTE:	ABMGEO SRL
COMMESSA:	-
LOCALITA':	RICCIONE
CAMPIONE:	S1
SONDAGGIO:	D IN CLASSE Q3
PROFONDITA':	12,10-12,50 m

Dati Provini		$\sigma_v$ (kPa)	$\sigma_v$ (kPa)	$\sigma_v$ (kPa)
		150,0	250,0	350,0
Sezione provino	mmq	28293,19	28293,19	28293,19
Altezza iniziale	mm	19,76	19,76	19,76
Altezza finale	mm	19,33	18,54	18,85
Peso tara 1	Mg	4,48E-05	4,48E-05	4,48E-05
Tara + p. umido iniziale	Mg	1,55E-04	1,55E-04	1,55E-04
Peso tara 2	Mg	5,43E-05	4,61E-05	5,59E-05
Tara + p. umido finale	Mg	1,66E-04	1,59E-04	1,65E-04
Tara + p. provino secco	Mg	1,46E-04	1,38E-04	1,47E-04
Peso di volume iniziale	Mg/mc	1,98	1,97	1,97
Peso di volume finale	Mg/mc	2,04	2,15	2,05
Peso di volume secco	Mg/mc	1,64	1,65	1,64
Contenuto acqua iniziale	%	20,16	19,10	20,14
Contenuto acqua finale	%	21,36	22,01	19,49
Saturazione iniziale	%	84,86	81,17	83,72
Saturazione finale	%	95,15	100,00	91,76
Indice dei vuoti iniziale	-	0,64	0,63	0,65
Indice dei vuoti finale	-	0,61	0,53	0,57
Peso vol. secco finale	Mg/mc	1,68	1,76	1,72
Altezza fine consolidazione	mm	19,45	19,25	19,07
Valore $t_{100}$	min	9,10	13,40	18,60

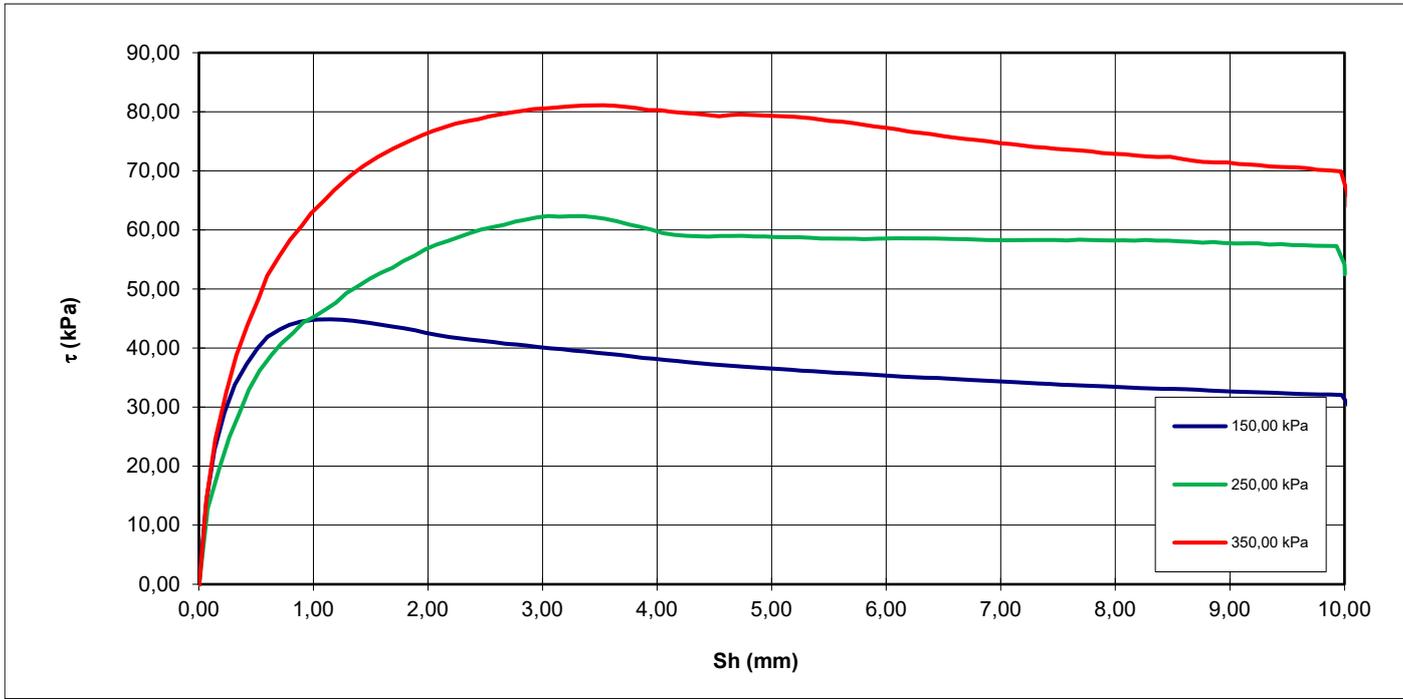
Lecture Tempi - Cedimenti		$\sigma_v$ (KpA)	$\sigma_v$ (KpA)	$\sigma_v$ (KpA)
		150,0	250,0	350,0
[min]	lettura	dH	dH	dH
	n.	[mm]	[mm]	[mm]
0,05	1	0,00	0,00	0,00
0,09	2	0,18	0,24	0,26
0,15	3	0,18	0,25	0,27
0,25	4	0,19	0,26	0,28
0,42	5	0,20	0,27	0,29
0,71	6	0,21	0,28	0,31
1,21	7	0,22	0,30	0,32
2,06	8	0,23	0,32	0,34
3,49	9	0,24	0,34	0,36
5,93	10	0,25	0,36	0,39
10,08	11	0,27	0,37	0,41
17,14	12	0,27	0,40	0,45
29,13	13	0,28	0,42	0,49
49,53	14	0,28	0,44	0,53
84,19	15	0,28	0,45	0,58
143,12	16	0,29	0,47	0,62
243,31	17	0,29	0,48	0,64
413,62	18	0,30	0,50	0,66
703,16	19	0,30	0,50	0,67
1195,36	20	0,30	0,50	0,68
1399,21	21	0,31	0,51	0,68



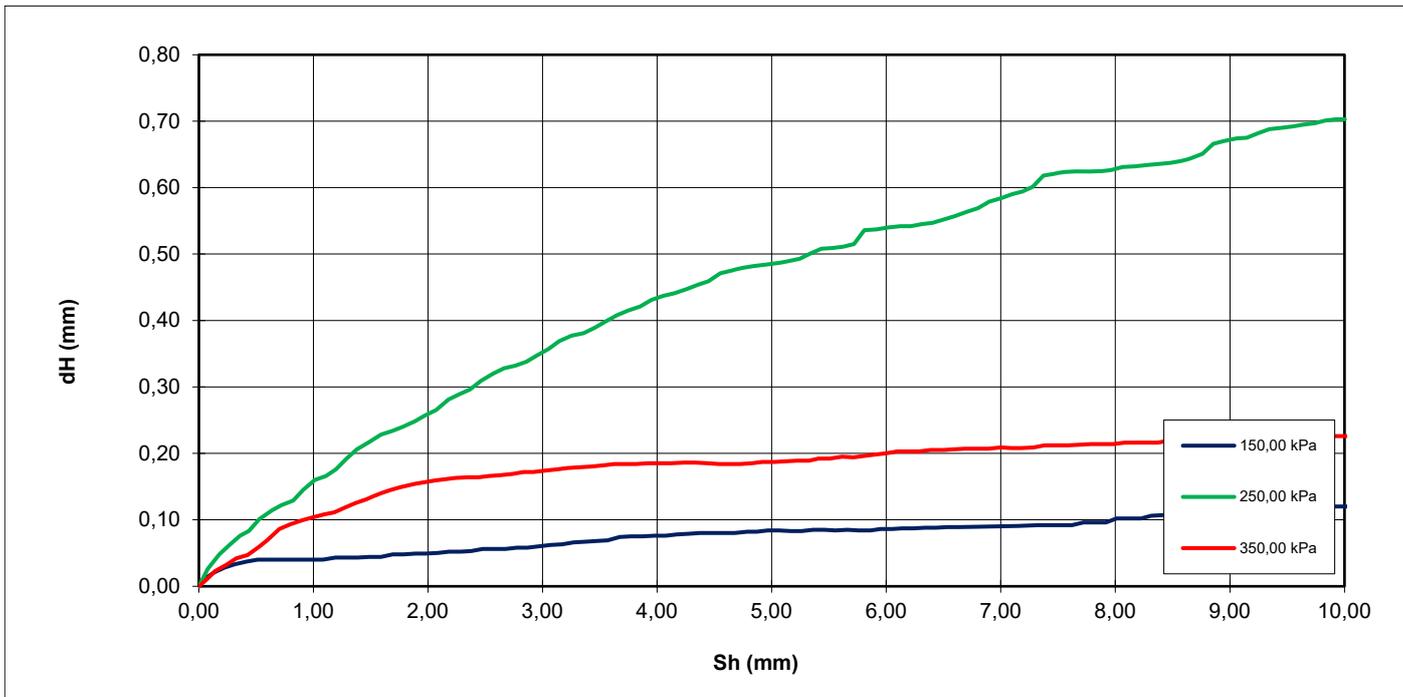


<b>Certificato 1571</b>	<b>del 10/08/2020</b>	<b>Accettazione 2617</b>	<b>del 15/07/2020</b>
-------------------------	-----------------------	--------------------------	-----------------------

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO FASE DI ROTTURA**  
**GRAFICO (t Sh) ASTM D3080**



**PROVA DI TAGLIO DIRETTO FASE DI ROTTURA**  
**GRAFICI (deformazione verticale/scorrimento orizzontale) ASTM D3080**





<b>Certificato 1571</b>	<b>del 10/08/2020</b>	<b>Accettazione 2617</b>	<b>del 15/07/2020</b>
-------------------------	-----------------------	--------------------------	-----------------------

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO FASE DI ROTTURA ' - DATI SPERIMENTALI**

dt (min)	150,00 kPa				250,00 kPa				350,00 kPa			
	$\sigma_v$ Sh (mm)	dH (mm)	F (N)	$\tau$ (kPa)	$\sigma_v$ Sh (mm)	dH (mm)	F (N)	$\tau$ (kPa)	$\sigma_v$ Sh (mm)	dH (mm)	F (N)	$\tau$ (kPa)
0	0,00	0,00	-0,23	-0,08	0,00	0,00	-1,10	-0,39	0,00	0,00	-2,50	-0,88
10	0,07	0,01	40,28	14,24	0,08	0,03	36,30	12,83	0,07	0,01	40,60	14,35
20	0,14	0,02	64,45	22,78	0,18	0,05	55,50	19,62	0,14	0,02	69,40	24,53
30	0,22	0,03	82,23	29,06	0,27	0,06	70,60	24,95	0,24	0,03	91,90	32,48
40	0,31	0,03	95,53	33,77	0,36	0,08	82,70	29,23	0,33	0,04	109,50	38,70
50	0,42	0,04	105,49	37,28	0,44	0,08	93,10	32,91	0,43	0,05	124,40	43,97
60	0,51	0,04	113,09	39,97	0,53	0,10	102,20	36,12	0,52	0,06	137,00	48,42
70	0,60	0,04	118,48	41,88	0,64	0,11	110,00	38,88	0,60	0,07	147,70	52,20
80	0,71	0,04	121,98	43,11	0,72	0,12	115,30	40,75	0,70	0,09	157,20	55,56
90	0,79	0,04	124,26	43,92	0,82	0,13	120,40	42,55	0,80	0,09	165,00	58,32
100	0,89	0,04	125,78	44,46	0,91	0,15	125,40	44,32	0,90	0,10	171,70	60,69
110	0,99	0,04	126,62	44,75	1,01	0,16	128,30	45,35	0,98	0,10	177,70	62,81
120	1,08	0,04	126,84	44,83	1,11	0,17	131,70	46,55	1,09	0,11	183,60	64,89
130	1,19	0,04	126,77	44,81	1,20	0,18	134,90	47,68	1,18	0,11	188,80	66,73
140	1,29	0,04	126,62	44,75	1,29	0,19	139,50	49,31	1,27	0,12	193,20	68,28
150	1,39	0,04	126,01	44,54	1,38	0,21	142,40	50,33	1,37	0,13	197,50	69,80
160	1,49	0,04	125,17	44,24	1,49	0,22	146,20	51,67	1,47	0,13	201,40	71,18
170	1,59	0,04	124,41	43,97	1,59	0,23	149,20	52,73	1,56	0,14	204,60	72,31
180	1,69	0,05	123,35	43,60	1,69	0,23	151,60	53,58	1,66	0,14	207,70	73,41
190	1,79	0,05	122,66	43,35	1,78	0,24	154,70	54,68	1,76	0,15	210,30	74,33
200	1,89	0,05	121,60	42,98	1,88	0,25	157,40	55,63	1,86	0,15	212,80	75,21
210	1,98	0,05	120,38	42,55	1,97	0,26	160,30	56,66	1,95	0,16	215,20	76,06
220	2,09	0,05	119,32	42,17	2,07	0,27	162,60	57,47	2,05	0,16	217,20	76,77
230	2,18	0,05	118,41	41,85	2,18	0,28	164,50	58,14	2,15	0,16	219,10	77,44
240	2,29	0,05	117,72	41,61	2,27	0,29	166,40	58,81	2,24	0,16	220,70	78,00
250	2,38	0,05	117,12	41,39	2,37	0,30	168,20	59,45	2,35	0,16	221,90	78,43
260	2,48	0,06	116,58	41,21	2,46	0,31	169,90	60,05	2,44	0,16	222,80	78,75
270	2,58	0,06	115,98	40,99	2,57	0,32	171,10	60,47	2,53	0,17	224,10	79,21
280	2,68	0,06	115,22	40,72	2,66	0,33	172,20	60,86	2,63	0,17	225,10	79,56
290	2,78	0,06	114,84	40,59	2,76	0,33	173,70	61,39	2,74	0,17	226,10	79,91
300	2,87	0,06	114,30	40,40	2,86	0,34	174,70	61,75	2,84	0,17	226,90	80,20
310	2,96	0,06	113,62	40,16	2,95	0,35	175,70	62,10	2,92	0,17	227,60	80,44
320	3,07	0,06	113,01	39,94	3,05	0,36	176,40	62,35	3,03	0,17	228,00	80,58
330	3,17	0,06	112,63	39,81	3,15	0,37	176,10	62,24	3,13	0,18	228,50	80,76
340	3,27	0,07	111,95	39,57	3,25	0,38	176,30	62,31	3,22	0,18	228,80	80,87
350	3,37	0,07	111,57	39,43	3,36	0,38	176,30	62,31	3,33	0,18	229,30	81,04
360	3,48	0,07	110,88	39,19	3,46	0,39	175,80	62,14	3,42	0,18	229,40	81,08
370	3,57	0,07	110,43	39,03	3,55	0,40	175,10	61,89	3,53	0,18	229,50	81,11
380	3,67	0,07	109,82	38,81	3,65	0,41	173,90	61,46	3,63	0,18	229,20	81,01
390	3,77	0,08	109,14	38,57	3,75	0,42	172,40	60,93	3,71	0,18	228,80	80,87
400	3,88	0,08	108,38	38,30	3,85	0,42	171,20	60,51	3,82	0,18	228,20	80,66
410	3,98	0,08	108,00	38,17	3,95	0,43	169,90	60,05	3,92	0,19	227,20	80,30
420	4,08	0,08	107,39	37,96	4,05	0,44	168,20	59,45	4,03	0,19	227,10	80,27
430	4,17	0,08	106,93	37,79	4,15	0,44	167,40	59,17	4,12	0,19	226,30	79,98
440	4,27	0,08	106,40	37,61	4,25	0,45	166,90	58,99	4,23	0,19	225,80	79,81
450	4,38	0,08	105,79	37,39	4,36	0,45	166,70	58,92	4,33	0,19	225,40	79,67
460	4,47	0,08	105,34	37,23	4,45	0,46	166,50	58,85	4,44	0,19	224,80	79,45
470	4,58	0,08	104,88	37,07	4,55	0,47	166,80	58,95	4,54	0,18	224,20	79,24
480	4,68	0,08	104,50	36,93	4,65	0,48	166,80	58,95	4,64	0,18	224,80	79,45
490	4,79	0,08	104,12	36,80	4,74	0,48	166,90	58,99	4,73	0,18	225,00	79,52
500	4,87	0,08	103,82	36,69	4,85	0,48	166,60	58,88	4,83	0,19	224,80	79,45
510	4,97	0,08	103,44	36,56	4,94	0,48	166,60	58,88	4,92	0,19	224,60	79,38
520	5,06	0,08	103,13	36,45	5,04	0,49	166,30	58,78	5,02	0,19	224,40	79,31
530	5,17	0,08	102,75	36,32	5,14	0,49	166,20	58,74	5,12	0,19	224,10	79,21
540	5,26	0,08	102,30	36,16	5,25	0,49	166,20	58,74	5,22	0,19	223,80	79,10
550	5,36	0,09	102,07	36,08	5,33	0,50	166,00	58,67	5,33	0,19	223,40	78,96
560	5,46	0,09	101,69	35,94	5,43	0,51	165,60	58,53	5,41	0,19	222,70	78,71
570	5,56	0,08	101,31	35,81	5,53	0,51	165,60	58,53	5,51	0,19	222,00	78,46
580	5,66	0,09	101,08	35,73	5,62	0,51	165,50	58,49	5,62	0,20	221,60	78,32
590	5,76	0,08	100,78	35,62	5,72	0,52	165,50	58,49	5,71	0,19	220,90	78,08
600	5,86	0,08	100,55	35,54	5,81	0,54	165,30	58,42	5,80	0,20	220,10	77,79
610	5,95	0,09	100,09	35,38	5,92	0,54	165,50	58,49	5,90	0,20	219,30	77,51
620	6,05	0,09	99,86	35,30	6,02	0,54	165,50	58,49	6,00	0,20	218,70	77,30
630	6,14	0,09	99,41	35,13	6,12	0,54	165,80	58,60	6,10	0,20	217,90	77,02







<b>Certificato n. 1568 del 10/08/2020</b>	<b>Accettazione n. 2617 del 15/07/2020</b>
---	--

<b>SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE (ASTM D2487-D422-D6913)</b>	data inizio prova	03/02/2020	data fine prova	12/02/2020
<b>LIMITI DI CONSISTENZA (ASTM D4318)</b>	data inizio prova	03/02/2020	data fine prova	17/02/2020

COMMITTENTE:	ABMGEO SRL		
COMMESSA:	-		
LOCALITA':	RICCIONE		
SONDAGGIO :	S2	CAMPIONE:	A IN CLASSE Q3
		PROFONDITA' :	6,50-7,00 m

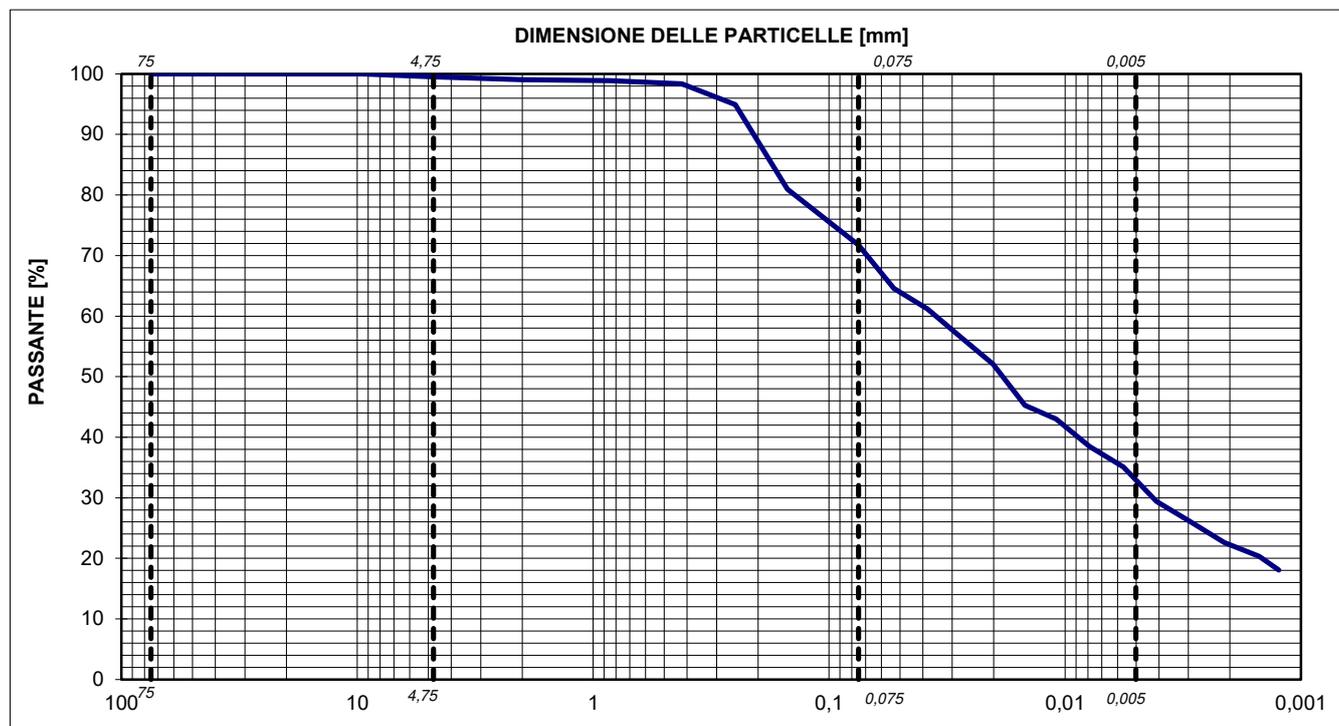
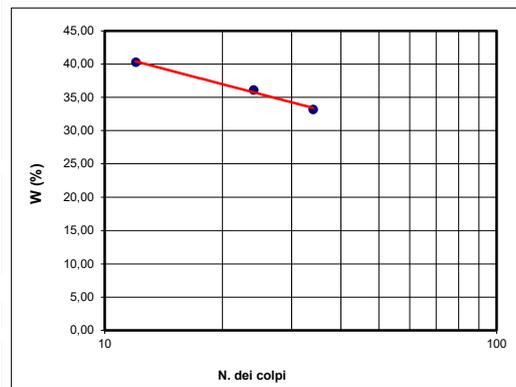
ANALISI PER SETACCIATURA			
Peso iniziale	589,22	g	
Diametro massimo	15	mm	
Diametro minimo	5	mm	
Contenuto d'acqua	-	%	
	mm	Set. in- No.	Percentuale passante
Passante	75,0	3	100,00 %
Passante	50,8	2	100,00 %
Passante	38,1	1 1/2	100,00 %
Passante	25,4	1	100,00 %
Passante	19,0	3/4	100,00 %
Passante	9,5	3/8	100,00 %
Passante	4,75	No. 4	99,49 %
Passante	2,0	No. 10	99,05 %
Passante	0,850	No. 20	98,86 %
Passante	0,425	No. 40	98,36 %
Passante	0,254	No. 60	94,90 %
Passante	0,150	No. 100	80,97 %
Passante	0,075	No. 200	71,71 %

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE		
Peso iniziale	50	g
Diametro massimo	0,075	mm
Diametro	u.m.	Percentuale
0,0531	mm	64,56 %
0,0383	mm	61,16 %
0,0278	mm	56,63 %
0,0202	mm	52,09 %
0,0148	mm	45,29 %
0,0109	mm	43,02 %
0,0079	mm	38,48 %
0,0057	mm	35,08 %
0,0041	mm	29,41 %
0,0029	mm	26,01 %
0,0021	mm	22,61 %
0,0015	mm	20,34 %
0,0012	mm	18,07 %

LIMITI DI CONSISTENZA					
Limite Liquido (WL)	35	%			
Limite Plastico (WP)	19	%			
Indice di Plasticità (IP)	16	%			
Indice di Consistenza (IC)	-	%			
	Tara (g)	Peso umido (g)	Peso secco (g)	Umidità (%)	N. dei colpi
LL	23,03	55,79	46,38	40,30	12
	22,95	49,12	42,18	36,09	24
	23,18	56,77	48,40	33,19	34
LP	22,59	32,78	31,13	19,32	-
	22,23	30,66	29,31	19,07	-

Ghiaia g	(19-75)	0,00	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	0,51	%
Sabbia g	(2-4,75)	0,44	%
Sabbia m	(0,425-2)	0,68	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	26,65	%
Limo+argilla	(< 0,075)	71,71	%
Limo	(0,005-0,075)	39,02	%
Argilla	(< 0,005)	32,69	%

ASTM CLASSIFICATION	
CL o OL	-
AASHTO M 145-82	
	-
gs	Mg/mc
CU	- -
CC	- -





<b>Certificato 1570</b>	<b>del 10/08/2020</b>	<b>Accettazione 2617</b>	<b>del 15/07/2020</b>
-------------------------	-----------------------	--------------------------	-----------------------

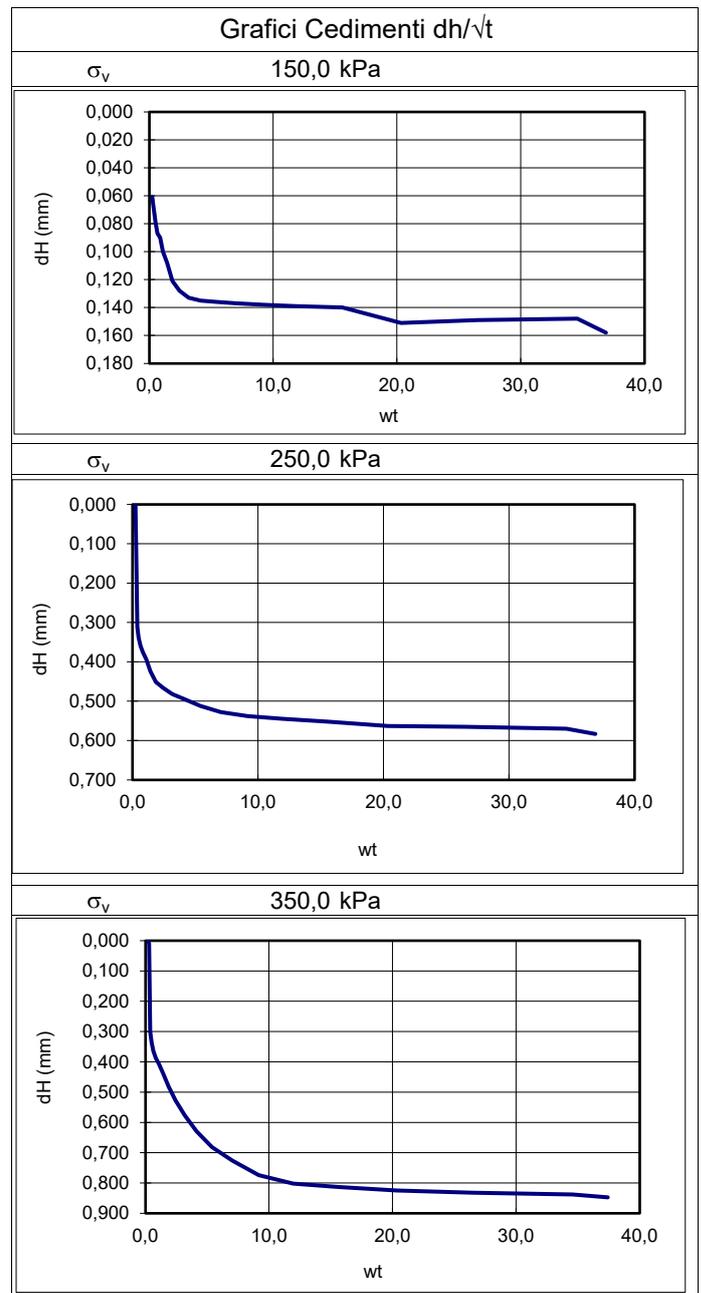
**PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)**

data inizio prova	16/07/2020	data fine prova	01/08/2020
-------------------	------------	-----------------	------------

COMMITTENTE:	ABMGEO SRL
COMMESSA:	-
LOCALITA':	RICCIONE
CAMPIONE:	S2
SONDAGGIO:	C IN CLASSE Q3
PROFONDITA':	9,00-9,50 m

Dati Provini		$\sigma_v$ (kPa)	$\sigma_v$ (kPa)	$\sigma_v$ (kPa)
		150,0	250,0	350,0
Sezione provino	mmq	28293,19	28293,19	28293,19
Altezza iniziale	mm	19,76	19,76	19,76
Altezza finale	mm	19,59	18,98	18,71
Peso tara 1	Mg	4,47E-05	4,47E-05	4,47E-05
Tara + p. umido iniziale	Mg	1,54E-04	1,50E-04	1,51E-04
Peso tara 2	Mg	5,35E-05	4,87E-05	5,15E-05
Tara + p. umido finale	Mg	1,60E-04	1,55E-04	1,60E-04
Tara + p. provino secco	Mg	1,41E-04	1,36E-04	1,39E-04
Peso di volume iniziale	Mg/mc	1,95	1,89	1,90
Peso di volume finale	Mg/mc	1,93	1,98	2,05
Peso di volume secco	Mg/mc	1,57	1,57	1,57
Contenuto acqua iniziale	%	23,86	20,43	20,94
Contenuto acqua finale	%	21,50	21,19	23,53
Saturazione iniziale	%	89,97	76,50	78,54
Saturazione finale	%	82,74	87,54	100,00
Indice dei vuoti iniziale	-	0,72	0,72	0,72
Indice dei vuoti finale	-	0,70	0,65	0,63
Peso vol. secco finale	Mg/mc	1,59	1,63	1,66
Altezza fine consolidazione	mm	19,60	19,17	18,91
Valore $t_{100}$	min	3,10	5,40	9,20

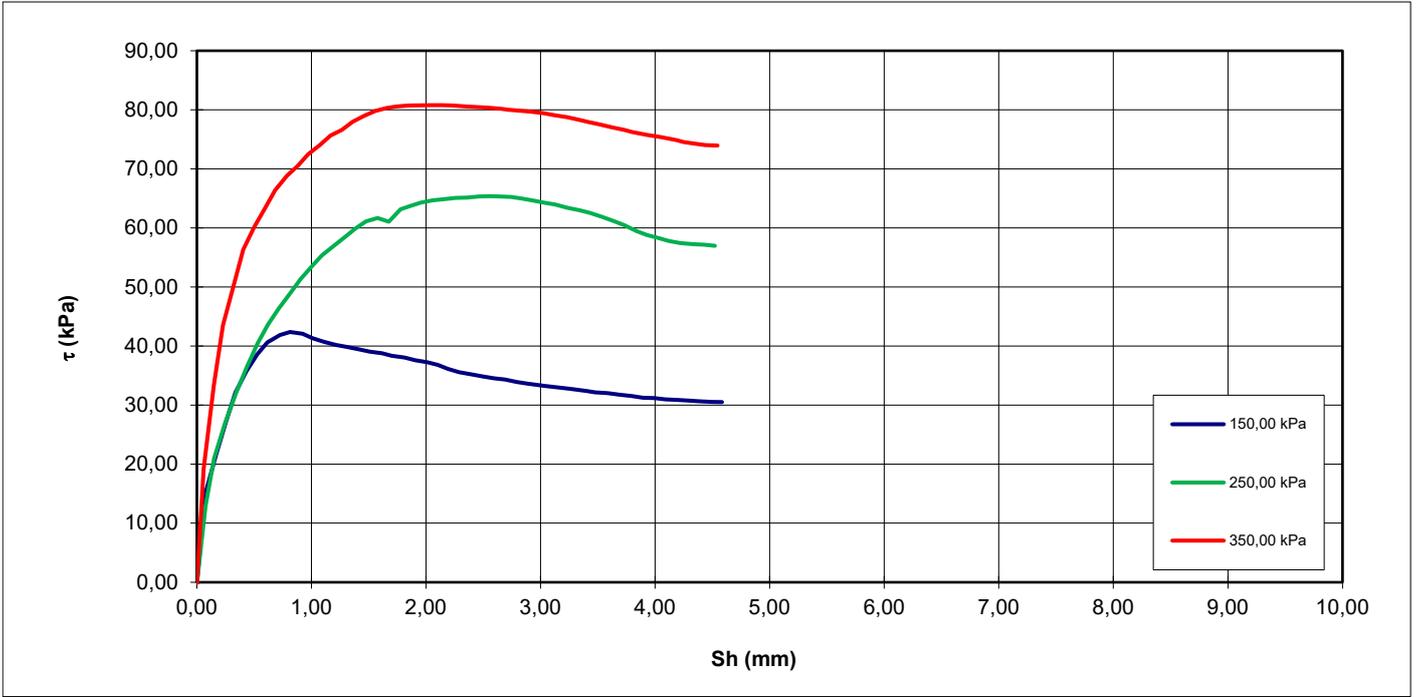
Lecture Tempi - Cedimenti		$\sigma_v$ (KpA)	$\sigma_v$ (KpA)	$\sigma_v$ (KpA)
		150,0	250,0	350,0
[min]	lettura	dH	dH	dH
	n.	[mm]	[mm]	[mm]
0,05	1	0,00	0,00	0,00
0,09	2	0,07	0,12	0,01
0,15	3	0,07	0,31	0,30
0,25	4	0,08	0,34	0,34
0,42	5	0,09	0,36	0,37
0,76	6	0,09	0,38	0,39
1,21	7	0,10	0,39	0,41
2,05	8	0,11	0,42	0,44
3,49	9	0,12	0,45	0,48
5,93	10	0,13	0,47	0,53
10,08	11	0,13	0,48	0,58
17,14	12	0,14	0,50	0,63
29,13	13	0,14	0,51	0,68
49,52	14	0,14	0,53	0,73
84,19	15	0,14	0,54	0,77
143,12	16	0,14	0,55	0,80
243,31	17	0,14	0,55	0,81
413,62	18	0,15	0,56	0,83
703,16	19	0,15	0,57	0,83
1195,37	20	0,15	0,57	0,84
1360,37	21	0,16	0,58	0,85



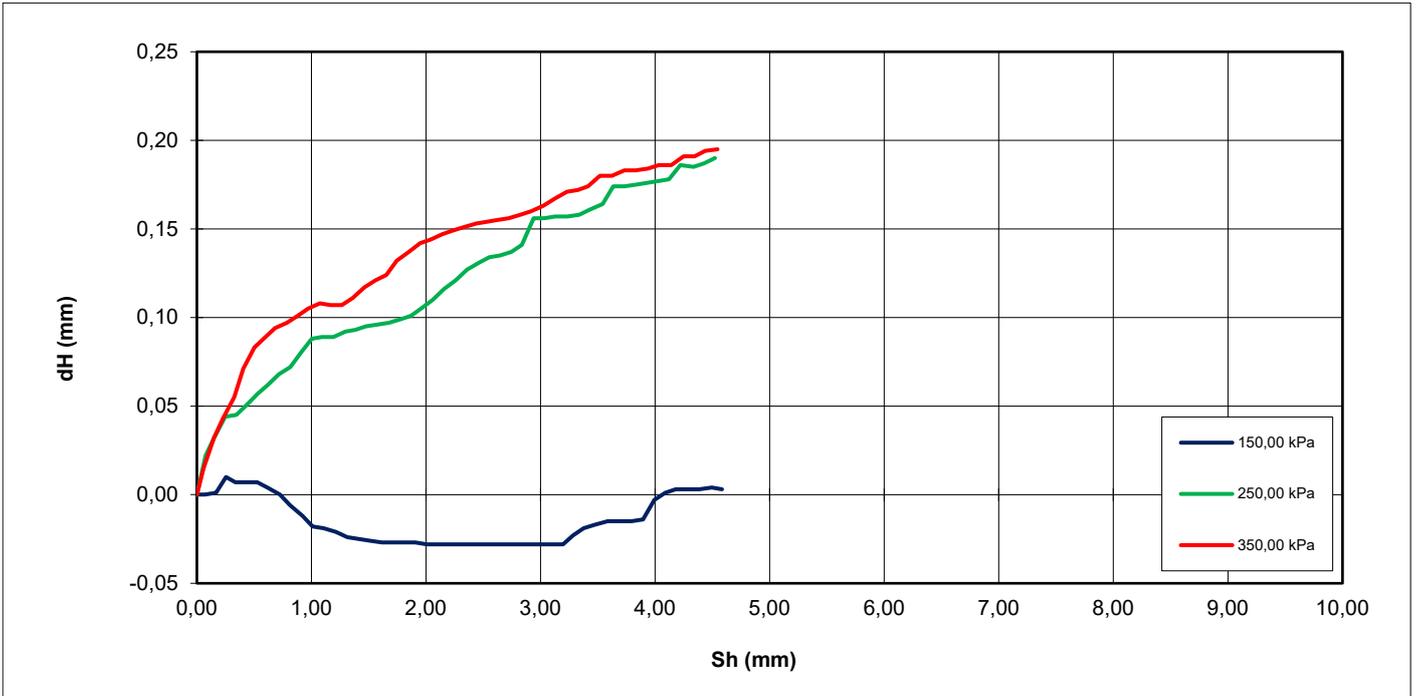


<b>Certificato 1570</b>	<b>del 10/08/2020</b>	<b>Accettazione 2617</b>	<b>del 15/07/2020</b>
-------------------------	-----------------------	--------------------------	-----------------------

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO FASE DI ROTTURA**  
*GRAFICO (t Sh) ASTM D3080*



**PROVA DI TAGLIO DIRETTO FASE DI ROTTURA**  
*GRAFICI (deformazione verticale/scorrimento orizzontale) ASTM D3080*









## **Appendice 7**

# **SCHEMA TECNICO SISMOGRAFO GEODE Geometrics**



## Geode Ultra-Light Exploration Seismograph

Multi-purpose seismic recorder: refraction, reflection, earthquake monitoring, VSP, blast and vibration measurements, marine surveys, sub-bottom profiling and continuous recording

Light-weight (8 lb/3.6 kg), in-field modules connect to the Ethernet port on your laptop for easy, instant interfacing

Available with 3 to 24 channels per box; connect more boxes to build low cost distributed systems up to 1000 channels

Data transmitted from Geode to host computer digitally, reducing long, expensive analog cables

24-bit dynamic range, low distortion and built-in geophone and line testing , noise monitor

20 kHz bandwidth provides ultra-high resolution or low frequencies for earthquake monitoring

Standby low-power means light batteries, long life

Powerful built-in no-charge applications software gives quick answers:

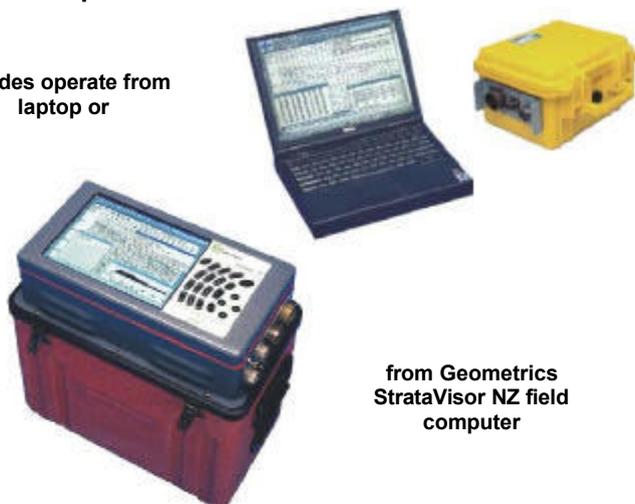
Model problems before going to the field

Pick breaks on site and view travel-time curves on site for optimum shot positioning

Display an in-field preliminary cross section to see what you might have missed

Undertake a comprehensive analysis back at the office and easily compare results with several interpretation methods

Geodes operate from laptop or



from Geometrics  
StrataVisor NZ field  
computer



The new 24-bit Geode seismic recorder is the most versatile and flexible seismograph available today. Small and lightweight enough to throw in your suitcase for an evaluation survey. Expands instantly for full-scale 2-D and 3-D surveys at a cost your accountant will love. And when you are not using the Geode for reflection, refraction downhole or tomography surveys, use it for monitoring earthquakes, quarry blasts or vibration from heavy equipment. The Geode will even do sub-bottom profiling or record data continuously.

For light-duty applications, you can use your laptop to view, record and process your data. In harsh conditions, control your Geodes with Geometrics' StrataVisor™ NZ/C series computers and seismographs. You can connect Geodes together to build systems over 1000 channels on multiple lines. Geodes are shock-proof, dust-proof, submersible and withstand extreme temperatures.

Geode modules deploy right in the field close to your geophones to improve signal quality and reduce cable costs. Data are transmitted digitally using industrystandard Ethernet eliminating expensive, hard to configure interface cards. Geodes can even be installed on your office network.





## Specifications:

**Configurations:** 3, 6, 8, 12, 16 or 24 channels in weatherproof field deployable Geode module. Geode is operated from either Windows 98/NT4/ME/W2K/XP based laptop<sup>1</sup> or by Geometrics' ruggedized StrataVisor NZ field computer/seismograph. Basic operating software controls one Geode and can be optionally expanded to control multiple Geodes, do marine surveying, continuous recording, repeaters, sub-bottom profiling, VSP, GPS synchronization, blast and vibration monitoring and surveillance.

**A/D Conversion:** 24 bit result using Crystal Semiconductor sigma-delta converters and Geometrics proprietary over sampling.

**Dynamic Range:** 144 dB (system), 110 dB (instantaneous, measured) at 2 ms, 24 dB.

**Distortion:** 0.0005% @ 2 ms, 1.75 to 208 Hz.

**Bandwidth:** 1.75 Hz to 20 kHz. 0.6 and DC low frequency option available.

**Common Mode Rejection:** > 100dB at <= 100 Hz, 36 dB.

**Crosstalk:** -125 dB at 23.5 Hz, 24 dB, 2 ms.

**Noise Floor:** 0.20 uV, RFI at 2 ms, 36 dB, 1.75 to 208 Hz.

**Stacking Trigger Accuracy:** 1/32 of sample interval.

**Maximum Input Signal:** 2.8V PP, 0 dB.

**Input Impedance:** 20 kOhm, 0.02 uF.

**Preamplifier Gains:** Standard factory configuration is 24 and 36 db, selectable in software. Optionally, can be jumpered for software selectable 12 and 24 dB or can be jumpered in four channel blocks as a single fixed gain of 0 dB for high-voltage devices.

**Anti-alias Filters:** -3 dB at 83% of Nyquist frequency, down 90 dB.

### Acquisition and Display Filters:

Low Cut: OUT, 10, 15, 25, 35, 50, 70, 100, 140, 200, 280, 400 Hz, 24 or 48 dB/octave, Butterworth.

Notch: 50, 60, 150, 180 Hz and OUT, with the 50 dB rejection bandwidth 2% of center frequency.

High Cut: OUT, 32, 64, 125, 250, 500 or 1000 Hz, 24 or 48 dB/octave.

**Sample Interval:** 0.02, 0.03125, 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, 16.0 ms.

**Correlation:** Optional high-speed hardware correlator available in each Geode for fast cycle time with vibrators and pseudo-random (MiniSosie) sources<sup>2</sup>. Correlates 16K record, unlimited channels in under 1 sec.

**Record Length:** 16,384 samples standard, 65,536 samples optional.

**Pre-trigger Data:** Up to full record length.

**Delay:** 0 to 100 sec in steps of 1 sample interval.

**Data Transmission:** Uses Ethernet transmission standard over CAT 5 copper or multimode fiber-optic cable. Distance between boxes: CAT 5 cable up to 0.25 km; fiber-optic cable up to 1.5 km.

**Intelligent Self-Trigger:** Earthquake, blasting and vibration monitoring.

**Continuous Recording:** Available for vibration monitoring.

**Auxiliary Channels:** All Geode channels can be programmed as either AUX or DATA. Fixed data and aux channels available in StrataVisor NZ.

**Roll Along:** Built-in, no external roll box required.

**Line Testing:** Real time noise monitor displays real-time output from geophones. Optional geophone pulse test helps identify bad geophones and shorted or broken cables.

**Instrument Tests:** Optional built-in daily, weekly and monthly testing available. External laboratory quality test system available to measure noise, crosstalk, dynamic range, gain similarity and trigger accuracy to factory specification.

**Data Formats:** SEG-2 standard. SEG-D and SEG-Y also available.

### System Software:

Basic operating software includes full compliment of acquisition, display, plotting, filtering and storage features.

Other functions available as options to control multiple Geodes, add additional preamp gains, high-speed correlation, expanded record length, tape writing, geophone pulse test, expanded test and diagnostics, roll along capability, marine surveying, sub-bottom profiling, blast and vibration monitoring, continuous recording and surveillance.

### Bundled Applications Software:

SIPQC delay time refraction software from Rimrock Geophysics  
SeisImager refraction modeling and analysis software from OYO  
WinSeis-Lite reflection processing software from Kansas G. S. SIPQC  
and SeisImager are configured for preliminary in-field analysis and require connection to instrument to run. Full desktop versions of these packages are available either from Geometrics.

**Data Storage:** Stores data locally in SEG2 on laptop/PC media. Drivers available for tape/disk storage in SEG2/D/Y.

**Plotters:** Drives a variety of Windows<sup>TM</sup> compatible printers including Printrex 4, 8 and 12 inch plotters. Consult factory.

**Triggering:** Positive, negative or contact closure, software adjustable threshold. Will self-trigger on continuous data using threshold detecting STA/LTA-like algorithm.

**Power:** Requires 12V external battery. Uses 0.65 W/channel during acquisition, sleep mode reduces power consumption by 70% while in standby.

**Environmental:** -30 to 70 degrees C. Waterproof and submersible. Withstands a 1 m drop onto concrete on 6 sides and 8 corners. Passes MIL810E/F vibration.

**Physical:** 10"L x 12"W x 7"D (25.4cm L x 30.5cmW x 17.75cmD). Weighs 8 lb. (3.6 kg). Uses waterproof Bendix 61 pin connector for geophone input.

**Operating System:** Windows 98/ME/NT4/W2K/XP.

**Warranty:** Three year standard, extended warranty available.

1- **Most laptop computers are NOT field devices.** They are easily damaged by harsh treatment or exposure to extreme environments Geometrics StrataVisor NZ/Cs designed to operate in harsh conditions for extended periods and should be used with the Geode for surveys where reliability is important.

### Optional Built-In Test

#### Functions Digital:

- ? CPU diagnostics
- ? Internal network test
- ? Digital functions
- ? Battery Warning Instrument:
- ? Noise
- ? DC Offset
- ? Gain Accuracy
- ? Gain and Phase Similarity
- ? Distortion
- ? Crossfeed
- ? Bandwidth
- ? Timing Accuracy Line:
- ? Noise
- ? Geophone similarity
- ? Disconnected phones

