



CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA

DIREZIONE SVILUPPO ECONOMICO E SOCIALE

Servizio Edilizia

Piazzale Mazzini, 2

16122- GENOVA

INCARICO

**VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA E
PROGETTAZIONE DI FATTIBILITA' TECNICA ED
ECONOMICA I.P.S.E.O.A. MARCO POLO
SUCCURSALE DI VIA AGOSTINO SORACCO, 7
Comune di SAN COLOMBANO CERTENOLI
(SER.18.00010- CEA 268A)**

OGGETTO

RELAZIONE GEOLOGICA

ai sensi del Decreto M.I.T. del 17 gennaio 2018 (NTC 2018) e
della Circolare C.S.LL.PP del M.I.T. n.7 del 21 gennaio 2019
recante "Istruzioni per l'applicazione delle NTC 2018"

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO

SINGEO SRL - SOCIETA' DI INGEGNERIA

STUDIO DI GEOLOGIA ROMANELLI Dott.Geol. Stefano

STUDIO DI ARCHITETTURA MOTTOLA Dott.Arch. Laura

mandataria

mandante

mandante

CHIAVARI (GE) - Via Giuseppe Bontà 71/1-A

tel 0185-307745 / email info@singeo.it / PEC info@pec.singeo.it

CAPOGRUPPO



SCALA

varie

COMMESSA

2018_040

FASCICOLO

MP.G.TU.R00

00

10/05/19

1^ EMISSIONE

REV

DATA

DESCRIZIONE



Progettista e coordinatore R.T.

dott. ing. Cristiano RICCAMBONI

Collaboratore

Geologo incaricato

Visto: il Responsabile del Procedimento

dott. ing. Gianni MARCHINI

dott. ing. Tomaso LOLLI

dott. geol. Stefano ROMANELLI

REGIONE LIGURIA

(CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA)

COMUNE DI SAN COLOMBANO CERTENOLI

VALUTAZIONE VULNERABILITÀ SISMICA, INDAGINI
PRELIMINARI E PROGETTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICA
ED ECONOMICA DI INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO
DELL' "I.P.S.E.O.A. MARCO POLO" SITO IN VIA SORACCO
AGOSTINO, 7 COMUNE DI SAN COLOMBANO CERTENOLI,
FRAZ. DI CALVARI.

RELAZIONE GEOLOGICA

In ottemperanza al Decreto 17 gennaio 2018 – NTC 2018

IL COMMITTENTE: CITTÀ METROPOLITANA DI GENOVA
DIREZIONE SVILUPPO ECONOMICO E SOCIALE
SERVIZIO EDILIZIA
L.go F.Cattanei, 3 - 16147 Genova

**IL TECNICO
INCARICATO:** Geol. ROMANELLI STEFANO
Piazza S. Giovanni, 9/3
16043 CHIAVARI (GE)

INDICE E CAPITOLI

- 1. PREMESSE, INQUADRAMENTO NORMATIVO DELL'AREA E CARATTERIZZAZIONE AI SENSI DEL PIANO DI BACINO STRALCIO (D.L. 180/98) – TORRENTE LAVAGNA*
- 2. LINEAMENTI GELOGICI GENERALI: CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA PRELIMINARE.*
- 3. MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO: VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' DEL SITO E AZIONE SISMICA LOCALE.*
- 4. CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA (PREGRESSA E RECENTE) ED APPROFONDIMENTI ESEGUITI.*
- 5. MODELLAZIONE GEOLOGICA (S.L.) DEL SOTTOSUOLO E MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO*
- 6. MODELLO GEOTECNICO E GEOMECCANICO.*
- 7. CONCLUSIONI.*

ALLEGATI GRAFICI NEL TESTO

SCALA

<i>TAV. 1: COROGRAFIA</i>	<i>1:10.000</i>
<i>TAV. 2: STRALCIO DI CARTA GEOLOGICA - GEOMORFOLOGICA</i>	<i>1:5.000</i>
<i>TAV. 3: PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI</i>	<i>1:1.000</i>
<i>TAV. 4: STRATIGRAFIA SONDAGGI S1 ED S2</i>	
<i>TAV. 5: REPORT FOTOGRAFICO</i>	
<i>ALL.1: RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE ESEGUITE</i>	
<i>ALL.2: RESOCONTO DELLE OPERAZIONI DI SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO</i>	
<i>ALL.3: CERTIFICATI DELLE ANALISI DI LABORATORIO</i>	

**1. PREMESSE, INQUADRAMENTO NORMATIVO DELL'AREA E
CARATTERIZZAZIONE AI SENSI DEL PIANO DI BACINO STRALCIO (D.L.
180/98) – TORRENTE LAVAGNA.**

E' stato ricevuto incarico dalla Città Metropolitana di Genova di effettuare la "Valutazione della vulnerabilità sismica, con indagini preliminari e Progettazione di fattibilità tecnica ed economica di interventi di adeguamento sismico, in merito all'Istituto scolastico Marco Polo", sito in Via Soracco Agostino, 7 nel Comune di San Colombano Certenoli, in frazione Calvari.

L'indagine quindi, a seguito di sopralluogo conoscitivo e di contatti ed incontri con i Dirigenti della Città Metropolitana di Genova (C.M.G.), per definire le modalità di intervento, si è articolata nelle seguenti FAST:

- *Acquisizione presso gli Uffici della C.M.G. degli elaborati grafici progettuali relativi alla costruzione del fabbricato interessato;*
- *Acquisizione delle informazioni Geologiche presenti allegate al progetto realizzato e delle risultanze delle indagini pregresse ;*
- *Ricerche bibliografiche e cartografiche, e contestuali approfondimenti normativi dell'area (sismici, P.d.F., P.d.B.) ;*
- *Sopralluogo contestualmente alla ditta incaricata delle indagini, al fine di verificare l'accessibilità dei luoghi, le condizioni del sito e la fattibilità delle stesse;*
- *Rilievo geologico, geomorfologico, idrogeologico e geologico - applicativo di superficie, entro l'areale di specifico interesse ed al suo immediato intorno.*
- *Programmazione ed assistenza alla campagna geognostica effettuata;*
- *Disamina ed interpretazione comparata dei dati ottenuti.*
- *Successiva elaborazione di cartografie tematiche e della presente Relazione Geologica in ottemperanza alla vigente Legislazione (NTC 2018). .*

Gli OBIETTIVI perseguiti dallo studio sono stati:

- *Ricostruzione dell'Ambiente e del Modello Geologico S.L. della zona di intervento, ai sensi del Decreto 17 gennaio 2018 – NTC 2018;*
- *Inquadramento delle tematiche relative alla Pericolosità Geologica dell'area (cfr. Art. 6.2.1 NTC).*

- *Caratterizzazione e Modellazione Geologica del Sito;*
- *Elaborazione di un primo Modello Geotecnico e Geomeccanico (caratterizzazione geotecnica delle coperture sciolte e geomeccanica dell'ammasso roccioso) a supporto delle successive e più pertinenti valutazioni del Progettista geotecnico-strutturale incaricato (cfr. Art. 6.2.2 – Decreto 17 gennaio 2018 – NTC 2018).*
- *Formulazione di un Parere di Fattibilità Geologica circa gli interventi realizzati, e in merito a quelli eventualmente previsti per l'adeguamento sismico del fabbricato esistente, con l'individuazione di particolari suggerimenti a carattere Geologico-Applicativo per la più razionale progettazione di quanto previsto.*

La presente indagine, tra l'altro, ha la finalità di affrontare le tematiche geotecniche/geomeccaniche, in connessione al Decreto 17 gennaio 2018 – NTC 2018, nonché alla Circolare Esplicativa del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti - Consiglio superiore dei Lavori Pubblici - 21 gennaio 2019, n. 7, pubblicata sul supplemento ordinario n. 5 alla Gazzetta ufficiale n. 35 dell'11 febbraio 2019, recante "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018".

L'intervento, inoltre, ottempera alle Norme ad oggi vigenti inerenti il Piano di Bacino Stralcio Torrente Lavagna, all'interno del cui territorio si inserisce il contesto analizzato, alle Norme di PUC ed alla Classificazione Sismica del territorio Regionale Ligure, di cui alla D.G.R. n° 1362 del 19/11/2010, entrata in vigore lo 01/01/2011, nonché al recente aggiornamento della suddetta classificazione, di cui alla Delibera N. 216 del 17.03.2017, la quale inserisce il Comune di SAN COLOMBANO CERTENOLI in Zona sismica di classe 3 (ZONA 3 – bassa pericolosità).

La caratterizzazione dell'area dal p.to di vista delle tematiche sismiche sarà tuttavia oggetto del successivo Cap. 3.

In considerazione inoltre delle *Norme di Piano Stralcio "180" sull'Assetto Idrogeologico, riferite all'Autorità di Bacino del Torrente Lavagna*, (adottato con DCM n. 27 del 25/06/2015 dalla Città Metropolitana di Genova, subentrata alla Provincia ai sensi della legge n.56/2014, e approvato dal Consiglio Regionale, in qualità di organo dell'Autorità di Bacino ai sensi della L.R. n. 15/2015), possiamo definire per l'areale di studio la seguente classificazione, dalla quale non risulterebbero emergere particolari situazioni contrastanti la realizzabilità del progetto, in quanto la zona in esame ricade in:

- *Suscettività al Dissesto da molto bassa Pg0 (cfr. Carta della Suscettività al Dissesto – art. 16 c. 4 delle Norme di Attuazione).*

- *Classe di Rischio Geologico lieve o trascurabile R0 (cfr. Carta del Rischio geologico).*
- *area Non interessata da alcun dissesto in atto e/o quiescente (cfr. Carta della Franosità Reale).*
- *area non interferente con la fascia di rispetto fluviale, ma caratterizzata dalla presenza di un vicino reticolo idrografico (T. Lavagna), da una fascia di inondabilità di tipo C e da un Rischio Idraulico medio R2 (cfr. Carta del Reticolo Idrografico, Carta del Rischio Idraulico e Carta delle Fasce di Inondabilità).*
- *Zona Non soggetta al vincolo idrogeologico (L.R. 4/1999 e ss. mm.);*
- *Area contemplata nel tessuto urbano discontinuo;*
- *Zona caratterizzata da nuclei urbani, insed. Industriali, artigianali e commerciali, nella carta degli Elementi a Rischio;*

In relazione infine alle Norme Comunali, al P.d.F. ed al PTCP, possiamo definire per l'areale di studio la seguente classificazione:

- *Zona all'esterno della perimetrazione di cui al D. Lgs. 22.01.2004 n. 42, per i beni vincolati dal p.to di vista paesaggistico (bellezze di insieme);*
- *P.d.F. Zona ZEC;*
- *P.T.C.P. Assetto Insediativo Area IS-MA;*
- *P.T.C.P. Assetto Geomorfologico AG-MO-B;*
- *P.T.C.P. Assetto Vegetazionale COL-ISS-MA.*

Preso quindi atto del contesto territoriale in cui sorge il fabbricato oggetto di indagine, si può esprimere certamente che l'intervento così come realizzato, risulta conforme al complesso delle Norme vigenti sul territorio.

2. LINEAMENTI GELOGICI GENERALI: CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA PRELIMINARE.

Geologia e Geomorfologia

L'area in cui è ubicato il fabbricato, allo stato attuale, risulta pressoché pianeggiante, con una debolissima acclività verso valle, ovvero verso il corso del Torrente Lavagna: la stessa si sviluppa ad una quota di circa 50m s.l.m. e risulta inserita sul fondovalle di origine alluvionale (fluviale) nonché detritico pedecollinare, che si estende alla base dei rilievi presenti lungo

entrambe le sponde orografiche del Torrente Lavagna.

Le stesse alluvioni (costituite essenzialmente da ghiaie e da sabbie, subordinatamente da limi), in corrispondenza della piana suddetta, presentano una potenza generalmente plurimetrica (almeno 4/5mt), che maschera completamente il substrato roccioso profondo laddove, oltre ad una coltre di riporto rimaneggiata e superficiale sciolta, troviamo prevalentemente livelli sabbio – ghiaiosi e limosi, talvolta limo-argillosi.

Dette porzioni pianeggianti di territorio, su cui si sono impostate le recenti urbanizzazioni che si sviluppano lungo tutto il corso del T. Lavagna, risultano costituite infatti da terreni di riporto superficiali, da sedimenti di origine fluviale, e subordinatamente da coltri colluviali detritiche pedecollinari, trascinate a valle, per gravità ed in epoca storica, dagli episodi alluvionali e oramai interdigitatesi con le altre componenti sedimentologiche suddette.

La litologia delle porzioni costituenti gli orizzonti e i depositi individuati, così come dei rilievi morfologici ivi presenti, rispecchia certamente le Unità litostratigrafiche affioranti a scala locale in tale zona geografica, ovvero le Siltiti e le Argilliti scistose grigio-nerastre costituenti la Formazione della Val Lavagna, con intercalazioni di arenarie e marnoscisti siltosi: tali litologie infatti caratterizzano geologicamente anche le colline ed i rilievi retrostanti la suddetta piana alluvionale di fondovalle.

Formazione della Val Lavagna [ag-LVG] (Cretaceo sup. - Albiano):

Trattasi di argilliti scistose, più o meno siltose, per lo più grigio scure o nerastre, a volte varicolori, alternate ad arenarie e calcareniti fini con ossido di ferro e di manganese diffusi; presentano intercalazioni di calcari marnosi, calcari silicei, marne plumbee scistose (ardesie), nonché di scisti argillosi e arenaceo-marnosi zonati (cfr. Relazione Generale P.d.B.).

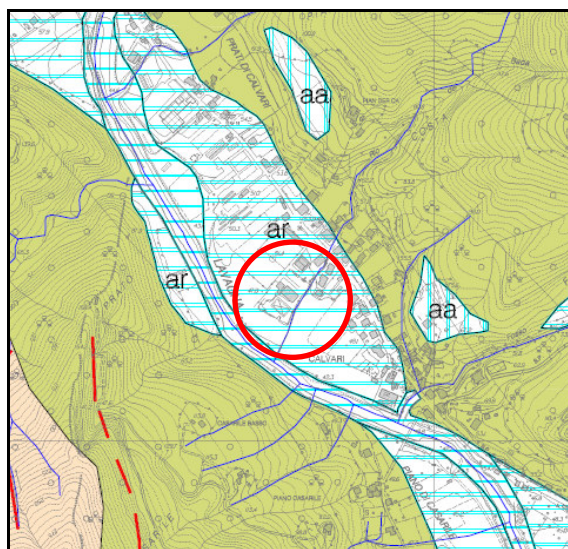


Fig.1: Carta Geologica allegata al P.d. Bacino Stralcio T. Lavagna

Come detto, si tratta della formazione rocciosa più diffusa nell'ambito del bacino, ed affiora con continuità lungo l'intero corso della vallata, a cavallo dell'asta fluviale principale (T. Lavagna).

Tuttavia, come già rilevato in precedenza, non è stato possibile rinvenire, nel corso dei sopralluoghi effettuati, affioramenti in sito del substrato roccioso, in quanto quest'ultimo, nella porzione di intervento, risulta mascherato da una potente coltre detritica superficiale: tuttavia informazioni relative all'ammasso roccioso profondo, alla sua profondità e condizioni di reperimento, si sono potute ottenere grazie alla campagna di indagine esperita, di cui si parlerà più ampiamente nel prosieguo della narrativa.

In effetti, in sito si riscontra la presenza dei suddetti depositi riconducibili appunto a diverse facies ambientali (in parte alluvionali eteropici, misti a riporti ed a coltri pedecollinari), che raggiungono spessori talvolta elevati, da qualche metro in corrispondenza della base del pendio, sino a circa 5/6 mt e presumibilmente anche oltre in talune porzioni di territorio, lungo il corso del Torrente Lavagna.

Idrogeologia

Riguardo all'idrogeologia dell'area, si può ipotizzare che i suddetti depositi alluvionali e detritici (fluviali e pedecollinari), almeno nelle componenti maggiormente grossolane, in relazione alla loro pervietà per porosità, siano sede di circolazioni idriche sotterranee, testimoniate tra l'altro dalla presenza locale di una falda idrica profonda in subalveo.

La stessa parrebbe infatti essere alimentata sia dalle circolazioni idriche del Torrente Lavagna ma ancor più dalle circolazioni provenienti dalla zona pedemontana, attraverso vene idriche originatesi lungo le fasce di interdigitazione tra i depositi detritici pedecollinari e i depositi alluvionali di fondovalle, ed ha favorito nel tempo la creazione di numerosi pozzi di derivazione idrica, distribuiti proprio in corrispondenza della fascia alluvionale.

Relativamente alla soggiacenza della falda stessa, sulla base di ricerche bibliografiche e sulla scorta delle indagini effettuate, si può infatti definire una profondità della falda idrica all'incirca tra i 3.5m ed i 4.00m dal p.c., in condizioni di scarsa piovosità, con direzione di deflusso preferenziale soprattutto NE - SW, mentre in condizioni di precipitazione più consistenti, ovvero in regime di piovosità nella norma, la stessa superficie piezometrica potrebbe attestarsi all'incirca a profondità di 2.50-3.0 m dal piano campagna rilevato.

Il tetto della superficie di falda, risulterebbe costituito da depositi granulari, permeabili per porosità, laddove la circolazione di acque dolci derivanti dagli apporti idrici sub-superficiali da monte e dalle precipitazioni meteoriche, risulta più consistente.

In sintesi, quindi:

- *i depositi alluvionali eterometrici individuati, caratterizzati da una permeabilità per porosità non omogenea, presentano condizioni di permeabilità, in relazione al loro contenuto in frazione granulare (sabbie e ghiaie), che variano tra il semipermeabile e lo scarsamente permeabile ($K = 10^{-4} / 10^{-5}$ c/sec.).*
- *il substrato profondo argilloscistoso (Val Lavagna), costituisce invece una porzione parzialmente permeabile per fratturazione/fessurazione, con le componenti argillose e scistose che infiltrandosi nelle fratture tendono a diminuire il grado di permeabilità della formazione, rendendola talvolta pressoché impermeabile.*

Riguardo inoltre alle circolazioni idriche sub-superficiali, possiamo asserire che:

- lungo i pendii esistenti laterali al corso del Torrente Lavagna, contestualmente a piogge intense e persistenti, è probabile si attivino circolazioni idriche temporanee (di entità proporzionata alla scala dell'evento meteorologico), impostate principalmente al passaggio coltre-substrato (per contrasto di permeabilità tra i due livelli).
- a tal proposito, l'entità delle circolazioni idriche profonde, che certamente alimentano la falda idrica subsuperficiale, che si attesta in zona all'incirca oltre i 3.50m di profondità, risulta strettamente dipendente dal regime pluviometrico e dunque è destinata a subire escursioni stagionali.
- le prove penetrometriche eseguite in sito, pur raggiungendo localmente profondità superiori ai 5m dal p.c., non hanno tuttavia denunciato particolari impregnazioni delle coperture sciolte attraversate ma solo una modesta umidità a partire dalle quote più profonde.

Modello Stratigrafico preliminare

In considerazione delle premesse si ora elaborate, confermate anche dalle indagini eseguite in sito, è possibile definire un modello geologico-stratigrafico preliminare a scala locale, così come richiesto dalla Normativa.

In particolare per l'areale di indagine si riscontra:

1) un primo orizzonte caratterizzato da riporto eterogeneo superficiale;

2) un livello caratterizzato da terreno naturale sciolto e privo di coesione, misto a riporti superficiali, con scheletro costituito da ghiaie e sabbie in abbondante matrice terroso/limosa;

3) una coltre alluvionale costituita da sabbie e subordinatamente ghiaietti, immersi in matrice limosa, privo di coesione;

4) un livello argilloso e limo/argilloso più compatto, dotato di coesione, a matrice legante abbondante con subordinato scheletro costituito da sabbie e ghiaie;

5) un orizzonte alluvionale profondo costituito da ciottoli sub-arrotondati e ghiaie con subordinata matrice legante, passante al cappello di alterazione del substrato roccioso sfatto;

6) infine un orizzonte compatto costituito dal substrato roccioso argillo-scistoso plumebeo, localmente fratturato e più sano via via in profondità

In sintesi, si può descrivere in sito la presenza di un sottosuolo mediamente caratterizzato superficialmente da una coltre sciolta e di riporto per il primo metro circa, poggiante su di un livello sabbio-ghiaioso, subordinatamente limoso, di chiara origine alluvionale più addensato in profondità (ciottoli e blocchi), profondo alcuni metri, poggiante a sua volta su un substrato roccioso argillitico/argilloscistoso mascherato dai suddetti depositi superficiali, non rinvenuto nell'area.

E' evidente che i depositi alluvioni suddetti, caratterizzati da successioni stratigrafiche diverse ed eterogenee, in relazione alle differenti facies deposizionali e agli ambientali di origine, caratterizzano l'intera area di fondovalle alluvionale della piana di San Colombano Certenoli, pur presentando localmente eteropie che possono anche determinare discordanti condizioni di reperibilità.

3. MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO: VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' DEL SITO E AZIONE SISMICA LOCALE.

La Classificazione Sismica del territorio Regionale Ligure, di cui alla precedente D.G.R. n° 1362 del 19/11/2010, entrata in vigore il 01/01/2011, che ha parzialmente riclassificato dal p.to di vista sismico alcuni Comuni del territorio ligure, nonché il recente aggiornamento della suddetta classificazione (Delibera G. R. N. 216 del 17.03.2017), inseriscono il **Comune di SAN COLOMBANO CERTENOLI** in **"ZONA sismica 3" (bassa pericolosità)**.

Ricadono in Zona 3 i Comuni o porzioni di essi per i quali $0,15g > a_g \geq 0,05g$, in relazione alla "pericolosità sismica" di base dell'area (cfr. NTC).

ZONA	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g)	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (ag/g)
3	$0,05g < a_g < 0,15g$	$0,05g < a_g < 0,15g$

Definizione della Pericolosità sismica di base del sito

Con l'entrata in vigore del DM 14 gennaio 2008 e successivamente delle NTC 2018, la definizione della Pericolosità sismica di base del sito si ottiene dalla valutazione delle caratteristiche geografiche della zona e di quelle temporali relative ai tempi di ritorno dell'evento sismico, mediante un approccio "*sito dipendente*", e attraverso la determinazione dei parametri sismici o "*effetti di sito*" propri della zona di specifico interesse.

Per "*effetti di sito*" si intendono quindi le componenti in grado di amplificare l'effetto sismico, quali le condizioni locali geologiche, topografiche, strutturali, stratigrafiche e geometriche dello stesso.

Le situazioni stratigrafiche e morfologiche, in cui le condizioni locali possono portare a una modificazione del segnale sismico in arrivo al sito su roccia sono essenzialmente tre:

- A) *i depositi costituiti da terreni stratificati di caratteristiche meccaniche diverse da quelle della roccia sottostante (effetti stratigrafici 1D) ;*
- B) *i depositi di valle con bordi e morfologie del substrato irregolari dove le onde sismiche possono subire fenomeni di rifrazione e riflessione con generazione all'interfaccia di onde superficiali e concentrazioni di energia (effetti di bordo 2D-3D);*
- C) *la sommità di rilievi collinari, creste, promontori costituiti da formazioni rocciose, profili di versanti, pendii, bordi di terrazzi (effetti topografici);*

Per la zona interessata dal progetto proposto, in considerazione degli *effetti di sito*, e delle particolari condizioni osservate per l'area stessa, **non si evidenziano situazioni particolarmente significative sotto il profilo dell'amplificazione sismica, se non fosse per la presenza di materiali prevalentemente sciolti posti sul substrato di riferimento, aventi presumibili caratteristiche meccaniche diverse da quelle della roccia sottostante.**

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione, è peraltro definita partendo proprio dalla "pericolosità sismica di base" del sito.

Pertanto quest'ultima va definita in base alla risposta sismica locale (azione sismica quale emerge in superficie a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, subite trasmettendosi dal substrato roccioso "rigido"), mediante specifiche analisi o alternativamente sulla base di un approccio semplificato che si basa sull'identificazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

Sulla base alle NTC, le caratteristiche che entrano in gioco nella valutazione della PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE, sono:

- *i valori di accelerazione orizzontale massima a_g ed i parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale;*
- *il fatto che dette misure siano effettuate in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);*
- *riguardo ai tempi si considerano diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.*

In definitiva, per quanto è stato possibile osservare sia sulla base dei sopralluoghi effettuati nonché dei saggi esperiti (prove penetrometriche), ed in ottemperanza alle NTC 2018, si forniscono quindi di seguito le caratterizzazioni riguardo ai parametri sismici dell'area, con particolare riferimento:

- **alle categorie di suolo fondazionale;**
- **alle condizioni topografiche del sito;**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, *l'effetto della risposta sismica locale (RSL)* si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 delle NTC 2018.

In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento ad 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 dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

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.

L'identificazione della categoria del sottosuolo, secondo le NTC 2018 basata sulla descrizione stratigrafica e sui valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s e quindi del profilo V_s , non può più essere definita invece sulla base del parametro NSPT30 per i terreni a grana grossa e Cu30per i terreni a grana fine, come previsto invece dalle NTC 2008.

Di conseguenza, essendo la classificazione del sottosuolo definita in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio (V_{Seq}) (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

hi : spessore dell'i-esimo strato (in m);

VS,i : velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato (in m/s);

N : numero di strati;

H : profondità del substrato SISMICO (in m), definito come quella formazione, costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

si ritiene plausibile definire la Velocità Equivalente ($V_{S, eq}$) misurandola alla quota di riferimento della profondità del substrato sismico, laddove abbiamo una $V_s > 800 \text{ m/sec}$, se questi non è più profondo di 30mt.

Per il caso considerato, i valori relativi alla ($V_{S, eq}$) per il sito, sono stati definiti sulla base di specifiche indagini sismiche, riportate in allegato alla presente Relazione, di cui ne costituiscono parte integrante (ALL.1).

Di conseguenza, per il contesto analizzato sia avrà:

1) Categoria di sottosuolo (NTC 2018): **sottosuolo di fondazione: B**

categoria	descrizione
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, 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

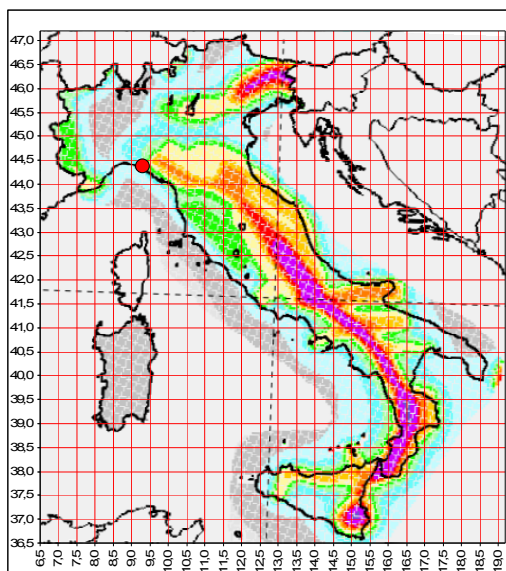
2) Condizioni topografiche (NTC 2018): **Categoria Topografica: T1**

categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$

Classificazione sismica e DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI SISMICI

SITO IN ESAME

- **Comune di SAN COLOMBANO CERTENOLI (GE)**
- **Latitudine: 44.3730**
- **Longitudine: 9.3120**



- **Tipologia di Costruzione 2): $V_n \geq 50$ anni**

	Tipi di costruzioni	Valori minimi di VN(anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

- **Classe d'uso della costruzione: Classe Cu III** : Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

VALUTAZIONE VULNERABILITÀ SISMICA, INDAGINI PRELIMINARI E PROGETTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Edificio CEA 268A - I.P.S.E.O.A. Polo Marco - Succursale - piani primo e secondo
Via Soracco Agostino, 7 - San Colombano Certenoli

Classi d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I:	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
Classe II:	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III:	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV:	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

➤ Coefficiente C_u : 1,5

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_u				
CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

- **Vita nominale della costruzione V_n = Vita Nominale di progetto = 50 anni**, ovvero il numero di anni di uso della struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria così come prevista in sede di progetto.
- **Periodo di riferimento per l'azione sismica V_R = $V_N \times C_u$**
 $V_R = 50 \times 1,5 \geq 75$ anni

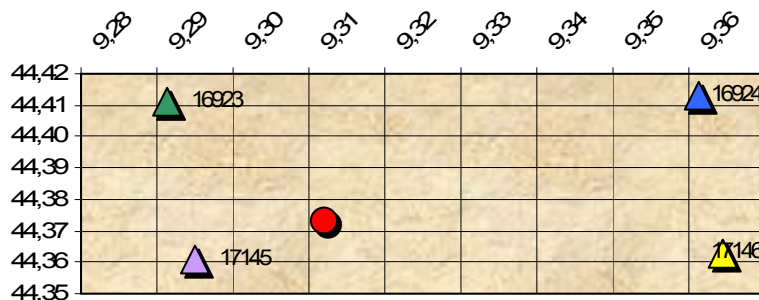
VALUTAZIONE VULNERABILITÀ SISMICA, INDAGINI PRELIMINARI E PROGETTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA



Edificio CEA 268A - I.P.S.E.O.A. Polo Marco - Succursale - piani primo e secondo
Via Soracco Agostino, 7 - San Colombano Certenoli

NODI DEL RETICOLO INTORNO AL SITO:

SITO	ID		LONG.(°)	LAT.(°)	(°)	DIST (Km)
Punto 1	17145		9,295	44,361	0,017	1,905
Punto 2	17146		9,365	44,363	0,039	4,326
Punto 3	16923		9,291	44,411	0,041	4,531
Punto 4	16924		9,361	44,413	0,053	5,922



Le condizioni di pericolosità del sito sono definite dalla media dei valori di accelerazione orizzontale massima a_g su suolo libero misurata sui 4 punti suddetti:

Media dei valori dei parametri dei 4 punti per la località in esame	T_R	a_g	F_0	T_c^*
	[anni]	[g/10]	[adm]	[s]
	30	0,337	2,50	0,21
	50	0,418	2,53	0,23
	72	0,492	2,50	0,25
	101	0,562	2,53	0,25
	140	0,638	2,53	0,27
	201	0,736	2,52	0,27
	475	1,035	2,49	0,29
	975	1,378	2,41	0,29
	2475	1,877	2,39	0,30

STRATEGIA DELLA PROGETTAZIONE:

I parametri di pericolosità sismica, indipendenti $A_g - F_o - T_c$, interpolati per i periodi di ritorno T_r associati a ciascuno stato limite saranno:

	OPERATIVITA'	DANNO	SALVAG. VITA	PREV. COLLASSO
	SLO	SLD	SLV	SLC
Probabilità di superamento (%) PVR	81%	63%	10%	5%
Tempi di ritorno T_r	45	75	712	1462
A_g (g) (g/10)	0.40	0.50	1,216	1,576
F_o	2.52	2.51	2.44	2.40
T_c^*	0.22	0.25	0.29	0.29

AZIONE DI PROGETTO:

Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti S_s e C_c valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_o e T_c^* relativi al sottosuolo di categoria A (Tab. 3.2.IV), nelle quali $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità e T_c^* è espresso in secondi.

Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_t riportati nella Tab. 3.2.V, in funzione delle categorie di sottosuolo e topografiche definite nel § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

In caso di categoria topografica T1, il valore massimo del coefficiente di amplificazione topografica in funzione dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento, risulta essere pari a $S_t=1$.

Sulla base quindi di quanto su enunciato, delle condizioni stratigrafiche e topografiche del sito, si avrà:

VALUTAZIONE VULNERABILITÀ SISMICA, INDAGINI PRELIMINARI E PROGETTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Edificio CEA 268A - I.P.S.E.O.A. Polo Marco - Succursale - piani primo e secondo
Via Soracco Agostino , 7 - San Colombano Certenoli

Categoria sottosuolo	St	Ss	S
B	1.0	1.20	1.20

Quindi il parametro S , ovvero il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente

$$S = Ss \times St, \text{ sarà pari ad } 1.20$$

Con:

- Ss coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.V);
- St coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab. 3.2.VI);

Spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale:

I valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale sono:

Categoria di sottosuolo	SS	TB	TC	TD
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Spettro di risposta elastico in spostamento delle componenti orizzontali:

I valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente orizzontale invece sono:

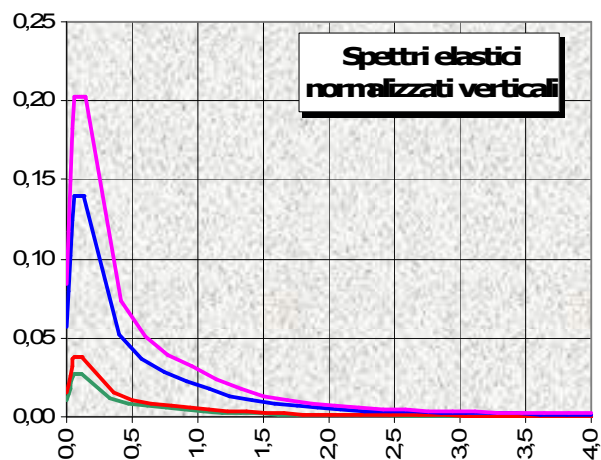
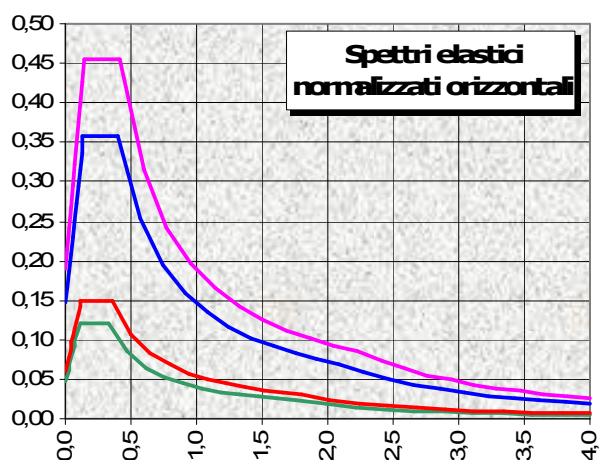
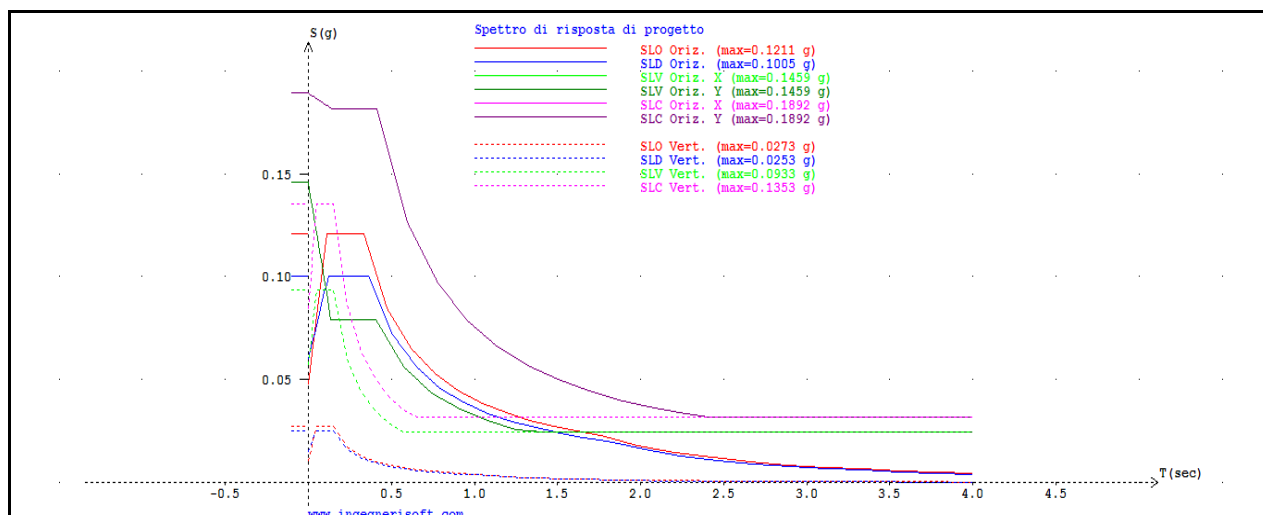
Categoria sottosuolo	TE [s]	TF [s]
A	4,5	10,0
B	5,0	10,0
C, D, E	6,0	10,0

I Valori dell'amplificazione sismica saranno quindi:

VALUTAZIONE VULNERABILITÀ SISMICA, INDAGINI PRELIMINARI E PROGETTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Edificio CEA 268A - I.P.S.E.O.A. Polo Marco - Succursale - piani primo e secondo
Via Soracco Agostino, 7 - San Colombano Certenoli

		Valori ricavati da a_{gr} , F_{Or} e T_c^*						
		S_s	C_c	S	T_B	T_c	T_D	F_v
		[adm]	[adm]	[adm]	[s]	[s]	[s]	[adm]
SLE	SLO	1,20	1,483	1,20	0,111	0,333	1,760	0,681
	SLD	1,20	1,453	1,20	0,121	0,362	1,800	0,758
SLU	SLV	1,20	1,411	1,20	0,136	0,407	2,086	1,151
	SLC	1,20	1,404	1,20	0,138	0,414	2,231	1,287



Suscettività alla Liquefazione dei depositi superficiali

Relativamente alla suscettibilità alla liquefazione delle coltri (intesa quest'ultima come "diminuzione di resistenza al taglio e/o di rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno" - cfr. All. 4 dell'O.P.C.M. n.3274 del 20 marzo 2003), la stessa può considerarsi nulla, dal momento che in sito non si è verificata la presenza di depositi sabbiosi monogranulari, in considerazione peraltro dell'assenza di acqua di falda immediatamente sotto-superficiali ovvero di condizioni di saturazione, e del fatto che gli ammassamenti fondazionali del corpo edilizio, presumibilmente, poggiano direttamente all'interno del substrato roccioso o su di un livello stratigrafico molto competente.

4. CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA (PREGRESSA E RECENTE) ED APPROFONDIMENTI GEOGNOSTICI ESEGUITI.

La *modellazione geologica e geologico-tecnica del sito*, sviluppata nei capitoli successivi secondo quanto richiesto dalla Normativa di riferimento (*Art. 6.2.1 del Decreto 17 gennaio 2018 – NTC 2018*) è stata redatta valutando in maniera comparata le risultanze stratigrafiche, geologiche s.l., idrogeologiche, geomorfologiche e di pericolosità del territorio, derivanti sia dalle ricerche bibliografiche esperite, che dalle campagne geognostiche di indagine predisposte sia in fase di fattibilità dell'intervento (pregresse), sia in fase di valutazione della vulnerabilità sismica dell'edificio (attuali), concordate con la Committenza ed i Progettisti.

4.1 INDAGINI PREGRESSE (1995)

In relazione alle indagini effettuate in fase pre-progettuale, realizzate dal collega Geologo Giacomo Canepa, si riporta di seguito una sintesi di quanto a suo tempo esperito:

- ☒ ***Esecuzione di n. 4 prove penetrometriche dinamiche medie continue effettuate con maglio da 30kg, le cui specifiche e risultanze sono rappresentate nella Relazione Geologica allegata all'Indagine Geologico tecnica del 11 agosto 1995.***

Le penetrometrie si erano "esaurite" alle seguenti profondità:

- - **2.80m** da p.c. nel corso della prova **T1**
- - **3.30m** da p.c. nel corso della prova **T2**
- - **3.60m** da p.c. nel corso della prova **T3**
- - **3.50m** da p.c. nel corso della prova **T4**

e tali profondità di rifiuto all'infissione erano state interpretate come il raggiungimento dell'orizzonte più superficiale ed alterato del substrato roccioso in posto, che oggi sappiamo invece essere ubicato più in profondità, grazie alle indagini effettuate dallo scrivente.

4.2 INDAGINI RECENTI (2019)

Come convenuto con la Committenza ed i Progettisti, al fine di una valutazione più precisa delle condizioni geologiche (s.l.) locali, finalizzate alla determinazione del grado di vulnerabilità del plesso scolastico "Marco Polo" di Calvari, si è ritenuto opportuno in questa fase effettuare una campagna geognostica maggiormente esaustiva, in considerazione della vulnerabilità e dell'interesse pubblico dell'edificio, ai fini di un approfondimento dell'area in termini sia stratigrafici che geotecnici/geomeccanici.

In particolare, tali indagini si sono articolate:

- ☒ ***nell'esecuzione di n. 2 sondaggi verticali a carotaggio continuo (S1 ed S2), approfonditi rispettivamente fino a -8.40 ed a -8.00m dal locale p.c., eseguiti dalla Ditta Borghi Drill nel mese di marzo 2019 e descritti all' ALL. 2;***
- ☒ ***nella messa in posto di n. 1 piezometro (in corrispondenza del sondaggio S1), al fine di individuare la soggiacenza della falda (profondità della piezometrica rispetto alla superficie topografica).***
- ☒ ***nel prelievo di un campione indisturbato (in corrispondenza del sondaggio S1), per le successive analisi classificative di laboratorio definite all'ALL.3: contenuto d'acqua, peso di volume, granulometrie e limiti di Atterberg, prove di taglio diretto CD.***
- ☒ ***nella realizzazione di n. 5 prove penetrometriche dinamiche DPSH (vedi Relazione allegata – ALL.1), condotte mediante una strumentazione pesante (DPSH - Dynamic Penetrometer Super Heavy) di produzione Paganì, eseguite dal geol. Francesco Valle di Savona;***
- ☒ ***Nella esecuzione di n. 1 prova sismica analizzata con metodologia Masw e di n. 2 prove sismiche analizzate congiuntamente con metodologia Masw e l'analisi dei microtremiti ambientali ottenuti acquisendo il rumore sismico ambientale attraverso un tromografo digitale (Tromino), anch'esse eseguite dal geol. Francesco Valle di Savona (ALL.1).***

Come detto, le risultanze complete dell'indagine geognostica effettuata sono riportate negli Allegati 1-2-3 alla presente Relazione Geologica, di cui costituiscono parte integrante e fondamentale.

In **sintesi**, gli approfondimenti stratigrafici, sismici e geotecnico/geomeccanici hanno sostanzialmente evidenziato la presenza di un ammasso roccioso più o meno sano a partire da

una profondità di circa -5.20/5.40m dal locale p.c., con caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso che sembrano migliorare con la profondità, sovrastato superficialmente dalle suddette coltri di copertura di origine alluvionale e detritico-colluviale.

L'ubicazione dei sondaggi S1 ed S2 e delle prove penetrometriche pesanti (cfr. TAV. 3) è stata dettata dalla necessità di ricostruire un profilo stratigrafico ed un Modello Geologico-Stratigrafico sufficientemente significativo della situazione in esame (onde ottemperare a quanto previsto dalle NTC 2018), nonché di poter disporre di punti di monitoraggio (piezometro) in grado di fornire importanti informazioni sulla presenza o meno di acque sottosuperficiali, che allo stato attuale si attestano a circa -3.50m dal p.c..

Inoltre lo stesso approfondimento di indagine sismica, proposto in allegato alla presente Relazione, oltre a confermare i dati stratigrafici desunti dai carotaggi effettuati, fornisce tra l'altro una stima del "range" dei valori della *Vs Equivalente per il sito considerato* (come richiesto dalla Normativa), che si attesta su valori di (V_s , eq) compresi tra 457m/s e 495m/s.

4.3 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO (S1 –S2)

A seguito della campagna di indagine suddetta, è stato possibile ricostruire con un certo dettaglio la stratigrafia relativa ai 2 sondaggi (le cui caratteristiche generali si ricorda sono riportate nell'allegata TAV. 4), i quali sono stati spinti sino alle profondità di -8.40m e -8.00m dal p.c., rispettivamente per il sondaggio S1 e per l'S2.

L'interpretazione complessiva dei sondaggi e delle prove penetrometriche, mostra una certa *eterogeneità stratigrafica verticale*, mentre *i livelli investigati possono essere tra loro correlati in senso orizzontale*: per una disamina maggiormente precisa degli stessi, si rimanda comunque alla Tav. 5) ed alla Relazione allegata in cui sono rappresentati i Diagrammi di infissione penetrometrica.

Per quanto attiene agli orizzonti più superficiali sciolti, la composizione esclusivamente sedimentaria dei clasti riconosciuti all'interno delle "carote", sia ghiaiosi che sabbiosi, è ascrivibile certamente alle litologie che caratterizzano l'area di studio ovvero essenzialmente porzioni scistose e argillitiche.

Riguardo al substrato roccioso più o meno sano, riscontrato a profondità concordanti sia nel corso del sondaggio S1 (-5.40m dal p.c.) che nel corso del sondaggio S2 (-5.20m dal p.c.), le condizioni di reperimento dello stesso risultano comunque scadenti nelle porzioni più superficiali, denunciando un intenso stato di alterazione e fratturazione profonda, un colore da grigio scuro-nerastro a grigio, con frequenti vene calcitiche nelle porzioni più sane (cfr. documentazione fotografica).

L'interpretazione dei sondaggi, come detto, mostra complessivamente una notevole

eterogeneità stratigrafica, soprattutto verticale, tale tuttavia da permettere l'identificazione di distinti e ben delineati livelli stratigrafici, facilmente verificabili e correlabili in entrambi i saggi, la cui descrizione è oggetto successivo del Paragrafo 5.2.

4.4 PROVE PENETROMETRICHE PESANTI DPSH

Come evidenziato nel corso delle premesse, al fine di verificare direttamente il grado di consistenza dei materiali sottosuperficiali, sono state effettuate in sito n. 5 prove penetrometriche dinamiche DPSH, condotte mediante una strumentazione pesante (DPSH - Dynamic Penetrometer Super Heavy) modello "Pagani TG 63-200", della quale si sintetizzano le caratteristiche principali:

- *Peso maglio: 63,5 kg*
- *Altezza di caduta maglio: 75 cm*
- *Lunghezza aste: 1,0 m*
- *Peso aste: 6,4 kg*
- *Area punta: 20 cmq*
- *Angolo apertura punta: 90°*

Le prove suddette consistono nell'introdurre nel terreno una punta a cono posta all'estremità di una batteria di aste mediante battitura alla testa dell'ultima asta da parte di un maglio di peso noto (63.5kg) che cade da un'altezza costante.

L'infissione avviene per tratti consecutivi di 20 cm misurando il numero di colpi (N20) necessari. La resistenza opposta dai terreni sciolti alla penetrazione della punta conica è funzione delle caratteristiche fisico - meccaniche dei terreni attraversati.

Pertanto, l'interpretazione degli istogrammi che ne derivano (numero di colpi/profondità) permette di ottenere oltre che la stratigrafia di massima anche informazioni puntuali sulle caratteristiche geotecniche dei terreni attraversati.

Per le risultanze complete delle indagini penetrometriche effettuate, si rimanda come detto all'Allegato 1 alla presente Relazione.

Tuttavia, sinteticamente, possiamo definire le profondità di indagine riferite alle diverse prove effettuate:

- **- 0.80m da p.c. nel corso della prova P1**
- **- 1.20m da p.c. nel corso della prova P1 BIS**
- **- 5.00m da p.c. nel corso della prova P2**
- **- 1.00m da p.c. nel corso della prova P3**
- **- 5.20m da p.c. nel corso della prova P3 BIS**

confermando che le profondità di rifiuto all'infissione, soprattutto per le prove P1bis, P2 e P3 bis, sono state interpretate, sulla base dei dati stratigrafici ricavati anche dai sondaggi geognostici S1 ed S2, con il reperimento di un orizzonte ciottoloso grossolano e di porzioni del cappellaccio sfatto di alterazione del substrato argilloscistoso, che la strumentazione penetrometrica non è stata in grado di superare.

L'esecuzione delle suddette prove penetrometriche sui materiali sciolti, è stata tuttavia condizionata dalla presenza di ciottoli, ghiaie e piccoli trovanti (ovvero, talvolta, relitti di strutture litologiche) *per cui risulta non sempre significativa ai fini di una caratterizzazione geotecnica degli orizzonti investigati.*

Inoltre i valori di N_{spt} medi ottenuti sono risultati generalmente diversificati, anche all'interno del medesimo livello stratigrafico, in relazione alla già citata *eterogeneità verticale ed orizzontale degli orizzonti stratigrafici individuati.*

Analogamente, i valori di angolo di attrito ricavati dalle correlazioni effettuate, più che dall'appartenenza ad un determinato livello stratigrafico, sono stati influenzati dal contenuto percentuale in "scheletro detritico": gli stessi sono risultati mediamente contenuti in un intervallo compreso tra i 30° e 35°, salvo riconoscere "picchi" corrispondenti ad "infissioni forzate" relative al reperimento di blocchi rocciosi grossolani, di piccoli trovanti o di porzioni del cappellaccio roccioso.

4.5 PIEZOMETRO

Come già riferito in precedenza, contestualmente all'esecuzione del sondaggio di monte **S1**, è stato messo in posto un tubo piezometrico fenestrato ($\varnothing = 2''$) spinto fino alla profondità di -8.40m dal locale p.c., al fine di individuare la profondità della superficie piezometrica e di monitorare in maniera continua le sue possibili oscillazioni nel tempo.

Lo stesso è stato collocato in corrispondenza della fascia di territorio (area a verde) posta frontalmente all'edificio scolastico, in corrispondenza dell'area di parcheggio autovetture, ed è stato dotato in superficie di capitello in elevazione dotato di lucchetto (lunghezza totale tratto tubo piezometrico 8.60m).

Le determinazioni piezometriche sin ora effettuate, le prime risalenti ai giorni dell'esecuzione dei saggi, le ultime invece nel mese di aprile 2019, riportano di una superficie freaticometrica oscillante tra i -3.50m (la prima) ed i -3.00m (l'ultima) dal p.c.

Le successive rilevazioni della falda idrica sotterranea saranno effettuate con cadenza semestrale.

5. MODELLAZIONE GEOLOGICA (S.L.) DEL SOTTOSUOLO E MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

Ai sensi delle NTC 2018, la modellazione geologica del sito e la definizione del Modello Geologico di Riferimento (MGR) sono elaborate valutando in maniera comparata le risultanze litologiche, stratigrafiche, strutturali, idrogeologiche, geomorfologiche e di pericolosità geologica del territorio, derivanti dalle ricerche cartografico- bibliografiche e da specifiche indagini e prove.

In tal senso, i rilievi geologici, geotecnici/geomeccanici e stratigrafici desunti dalla campagna geognostica completa eseguita in fase propedeutica alla valutazione della vulnerabilità sismica del fabbricato, sono stati reputati sufficienti a definire il modello geologico-stratigrafico del sito e ad elaborare un preliminare modello geologico-tecnico, sviluppato in modo da costituire utile elemento di riferimento per inquadrare i problemi geotecnici/geomeccanici del sito.

5.1 CARATTERIZZAZIONE TERRENI SCIOLTI E DELL'AMMASSO ROCCIOSO

La caratterizzazione geotecnica dei terreni sciolti e delle coltri superficiali, è stata resa possibile grazie alle valutazioni effettuate in sito ed alle considerazioni ricavate sia dalla bibliografia, che dalle indagini pregresse ed attuali, con particolare riferimento alle prove penetrometriche dinamiche pesanti DPSH, eseguite di recente.

La caratterizzazione geomeccanica di dettaglio dell'ammasso roccioso, invece, anch'essa effettuata attraverso le indagini esperite nella sua globalità e le osservazioni effettuate sulle "carote" prelevate dai sondaggi (analisi della matrice rocciosa e dei sistemi di discontinuità, valutazione delle condizioni idrogeologiche, dello stato tensionale e del grado di alterazione, ecc.), ha permesso di definire i parametri rappresentativi del substrato roccioso, che dovranno essere utilizzati dal Progettista come dato utile alla verifica del grado di vulnerabilità sismica del fabbricato.

Poiché nel caso di studio il substrato roccioso è rappresentato da una successione argilloscistosa e argillitica, caratterizzata dall'alternanza di litotipi a diverso comportamento reologico (da fragile a duttile) ed interessata da stress tettonico-strutturali significativi, con formazione di pervasivi e fitti piani di scistosità, si è fatto ricorso alla Classificazione GSI, sviluppata da Hoek E. nel 1994 e perfezionata da Marinos P. & Hoek E. nelle pubblicazioni del 2000 e 2002.

Tale sistema classificativo combina i dati relativi all'assetto lito-strutturale dell'ammasso roccioso con quelli relativi ai sistemi di discontinuità che lo suddividono, per arrivare all'elaborazione di un valore indice GSI (Geological Strength Index), funzionale alla valutazione accurata delle caratteristiche di resistenza e di deformabilità dell'ammasso stesso (j, c, E), con

riferimento ad una curva di rottura non lineare (criterio di rottura di Hoek-Brown).

La valutazione dell'indice GSI, nella sua forma più recente, è affidata all'utilizzo di un grafico dove le caratteristiche lito-strutturali dell'ammasso, in termini di grado di fratturazione e disturbo tettonico, sono intercorrelate con le caratteristiche delle superfici di discontinuità in termini di rugosità, alterazione e riempimento delle fratture.

Le peculiari caratteristiche petrografiche dell'ammasso roccioso possono portare all'eliminazione automatica di alcune combinazioni esistenti nel grafico GSI.

Per facilitare l'utilizzo della carta generale, Marinou P. & Hoek E. (2002) hanno proposto specifiche carte per alcuni dei litotipi più facilmente riscontrabili in natura ed in cui è indicato il più probabile campo di appartenenza del valore di GSI.

In relazione alla scelta classificativa operata dallo scrivente, occorre ricordare come nel caso di "ammassi rocciosi deboli", il sistema classificativo RMR di Bieniawski Z. (1989), al contrario del GSI, tenda a sovrastimare le proprietà meccaniche e di resistenza, senza tenere conto delle caratteristiche di deformabilità.

Infatti, mentre in formazioni litoidi compatte e resistenti le superfici di discontinuità sistematiche costituiscono i piani di debolezza che regolano il comportamento meccanico dell'ammasso roccioso (condizionando la resistenza del complesso, i meccanismi, le zone di deformazione e di rottura), in complessi litologici teneri la differenza di resistenza tra matrice rocciosa e discontinuità può non essere molto importante e la matrice può controllare il comportamento dell'intero ammasso.

Occorre inoltre sottolineare come la presenza nell'ammasso roccioso di singole discontinuità di scala più ampia rispetto alle famiglie sistematiche (marcati contatti litologici, piani di faglia, superfici di sovrascorrimento, ecc.) possono controllare il comportamento meccanico più delle famiglie sistematiche stesse.

In particolare, le valutazioni sui valori dell'indice GSI caratteristici dell'ammasso roccioso investigato sono state condotte mediante software RocLab (Rock mass strength analysis using the Hoek-Brown failure criterion – Rocscience Inc. – 2002).

La distinzione in seno all'ammasso roccioso di due distinte situazioni geomeccaniche limite, una relativa a condizioni favorevoli riferibili agli orizzonti stratificati / laminati, l'altra relativa a condizioni sfavorevoli riferibili agli orizzonti brecciati / frizionati, ha consentito di ottenere il seguente "range" di variabilità dei valori dell'indice GSI:

	CONDIZIONI FAVOREVOLI ORIZZONTI STRATIFICATI - LAMINATI	CONDIZIONI SFAVOREVOLI ORIZZONTI BRECCIATI - FRIZIONATI
VALORE GSI	45	30

5.2 INTERPRETAZIONE GEOLOGICO-STRATIGRAFICA – SINTESI DELLE UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE

A sintesi delle informazioni esposte nei paragrafi precedenti, vengono di seguito sintetizzate le principali distinzioni stratigrafiche interpretative risultanti dalle indagini esperite.

Infatti da un punto di vista tessiturale e compositivo, sempre sulla base delle indagini effettuate, è possibile distinguere i seguenti orizzonti stratigrafici:

- **Liv. S):** primo orizzonte caratterizzato da riporto eterogeneo superficiale: riporti detritici sciolti in parte di origine antropica (frammenti edilizi, residui di mattoni), in parte naturali (ghiaie e piccoli blocchi rocciosi) inclusi in matrice terrosa, di colore grigio e grigio-marroncino.
- **Liv. A):** livello caratterizzato da terreno naturale sciolto e privo di coesione, con locali riporti, caratterizzato da uno scheletro abbondante costituito da ghiaie, ciottoli spigolosi e sabbie, in subordinata matrice terroso/limosa, colore marrone;
- **Liv B):** livello argilloso e argilloso/sabbioso di bassa plasticità, più compatto, dotato di coesione, a matrice legante abbondante (argilla) con subordinato scheletro costituito da sabbie e ghiaietti: trattasi del livello stratigrafico all'interno del quale è stato prelevato il campione indisturbato Ci1 nel corso del sondaggio S1, alla profondità di -3.60/-4.00m dal p.c., costituito da argilla sabbiosa di bassa plasticità;
- **Liv. C):** orizzonte alluvionale profondo sciolto e grossolano, assimilabile ad una breccia, costituito da ciottoli sub-arrotondati argilloscisti e ghiaie con matrice legante quasi assente, con relitti di strutture ("cappello" di alterazione del substrato roccioso sfatto);
- **Liv. D):** orizzonte compatto costituito dal substrato roccioso argillo-scistoso plumbeo, di colore grigio scuro, localmente fratturato e più sano via via in profondità, con frequenti vene calcitiche e superfici di discontinuità inclinate, all'interno delle quali si sviluppano le circolazioni idriche sub-superficiali.

6. MODELLO GEOTECNICO E GEOMECCANICO

Nel presente capitolo si intende fornire una stima dei parametri fisici e meccanici dei terreni investigati sulla base delle risultanze derivanti dalle indagini geognostiche esperite, al fine di proporre il Modello Geotecnico/Geomeccanico così come richiesto dalla normativa (NTC 2018).

Lo stesso va comunque inteso come uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisicomeccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo, finalizzato all'analisi quantitativa di uno specifico problema geotecnico.

Di seguito viene quindi proposta l'analisi geotecnica dei terreni sciolti e l'analisi geomeccanica dell'ammasso roccioso, con la proposizione del "range" di Parametri Fisico-Meccanici caratteristici (V_k) determinati per ciascuna Unità Litostratigrafica distinta nel modello geologico.

Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro per ogni stato limite considerato.

6.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Mediante l'elaborazione dei dati penetrometrici (Software Dynamic Probing – GeoStru S.A.S.) e ricorrendo alla correlazione di Vannelli F. & Benassi E. del 1983 (cfr. Cestari F., 1996) dai valori di NDM30(10) sono stati ricavati i valori di NSPT.

L'analisi di questi ultimi ha permesso di condurre preliminari valutazioni di natura geotecnica sugli orizzonti sciolti, affidandosi alle più conosciute correlazioni utilizzate in bibliografia.

In tal senso occorre precisare che:

Il PESO DI VOLUME SECCO è stato preliminarmente determinato ricorrendo alla correlazione di Meyerhof et altri, valida per materiali come quelli in oggetto.

Per quanto attiene alla COESIONE EFFICACE, i dati in possesso permettono di assimilare gli orizzonti superficiali sciolti Liv. S) e Liv. A) , nonché il Liv. C) rinvenibile in profondità, precedentemente e stratigraficamente distinti, a depositi sostanzialmente incoerenti con valori di $C'=0$ kpa, mentre per l'orizzonte Liv. B) (livello argilloso e argilloso/sabbioso di bassa plasticità) è stata valutata la presenza di una modesta coesione efficace media.

Tenendo conto delle peculiari caratteristiche composizionali/tessiturali dei depositi sciolti

investigati e dei limiti di applicabilità delle succitate correlazioni, secondo lo Scrivente la correlazione di Shioi-Fukuni (1982) appare la più indicata ai fini della valutazione dell'ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE per gli orizzonti sciolti superficiali.

Si intende quindi di seguito fornire una parametrizzazione geotecnica MEDIA dei livelli stratigrafici superficiali sciolti, in relazione ai loro Valori caratteristici (V_k) = Valori Medi (V_m):

Orizzonte 1) = LIV. S)

- primo orizzonte caratterizzato da riporto eterogeneo superficiale: riporti detritici sciolti in parte di origine antropica (frammenti edilizi, residui di mattoni), in parte naturali (ghiaie e piccoli blocchi rocciosi) inclusi in matrice terrosa, di colore grigio e grigio-marroncino.

<i>Peso di volume medio</i>	$\gamma = 16-17 \text{ KN/mc}$
<i>Peso di volume saturo</i>	$\gamma_{sat} = 17-18 \text{ KN/mc}$
<i>Coesione efficace media C'</i>	$C' = 0 \text{ kPa}$
<i>Angolo di attrito efficace</i>	$\varphi' = \text{minimo pari a } 28^\circ - \text{max. pari a } 30^\circ$
<i>Densità Relativa DR</i>	40-45 %
<i>Modulo Edometrico</i>	110-120 Kg/cm ²

Orizzonte 2) = LIV. A)

- livello caratterizzato da terreno naturale sciolto e privo di coesione, con locali riporti, caratterizzato da uno scheletro abbondante costituito da ghiaie, ciottoli spigolosi e sabbie, in subordinata matrice terroso/limosa, colore marrone:

<i>Peso di volume medio</i>	$\gamma = 15-17 \text{ KN/mc}$
<i>Peso di volume saturo</i>	$\gamma_{sat} = 18-19 \text{ KN/mc}$
<i>Coesione efficace media C'</i>	$C' = 0 \text{ kPa}$
<i>Angolo di attrito efficace</i>	$\varphi' = \text{minimo pari a } 24^\circ - \text{max. pari a } 26^\circ$
<i>Densità Relativa DR</i>	25-35 %
<i>Modulo Edometrico</i>	60-80 Kg/cm ²

Orizzonte 3) = LIV. B)

- livello argilloso e argilloso/sabbioso di bassa plasticità, più compatto, dotato di coesione, a matrice legante abbondante (argilla) con subordinato scheletro costituito da sabbie e ghiaietti:

<i>Peso di volume medio</i>	$\gamma = 16-17 \text{ KN/mc}$
<i>Peso di volume saturo</i>	$\gamma_{sat} = 19-20 \text{ KN/mc}$
<i>Coesione efficace media C'</i>	$C' = 0.50-100 \text{ kPa}$
<i>Angolo di attrito efficace</i>	$\varphi' = \text{minimo pari a } 30^\circ - \text{max. } 32^\circ$
<i>Densità Relativa DR</i>	40-50 %
<i>Modulo Edometrico</i>	100-150 Kg/cm ²

Orizzonte 4) = LIV. C)

- orizzonte alluvionale profondo sciolto e grossolano, assimilabile ad una breccia, costituito da ciottoli sub-arrotondati argilloscisti e ghiaie con matrice legante quasi assente, con relitti di strutture ("cappello" di alterazione del substrato roccioso sfatto);

<i>Peso di volume medio</i>	$\gamma = 21-22 \text{ KN/mc}$
<i>Peso di volume saturo</i>	$\gamma_{sat} = 22-23 \text{ KN/mc}$
<i>Coesione efficace media C'</i>	$C' = 0 \text{ kPa}$
<i>Angolo di attrito efficace</i>	$\varphi' = \text{minimo pari a } 32^\circ - \text{max. } 33^\circ$
<i>Densità Relativa DR</i>	100 %
<i>Modulo Edometrico</i>	300-350 Kg/cm ²

6.2 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA

Orizzonte 5) = LIV. D)

- orizzonte compatto costituito dal substrato roccioso argillo-scistoso plumebeo, di colore grigio scuro, localmente fratturato e più sano via via in profondità, con frequenti vene calcitiche e superfici di discontinuità inclinate, all'interno delle quali si sviluppano le circolazioni idriche sub-superficiali.

La sua classificazione media è stata ottenuta attraverso le indicazioni rinvenute nel corso dei sondaggi, non essendo stati riscontrate emergenze rocciose del substrato durante i sopralluoghi.

Per lo stesso, in considerazione dell'importanza che acquisisce per il fatto che corrisponde quasi certamente al livello di impostazione dei sistemi fondazionali del fabbricato e di ammortamento dei micropali realizzati più recentemente, si ritiene proponibile la seguente parametrizzazione geomeccanica media, ricavata dalla **Classificazione di Bieniawski (1989)** - cfr *Raccomandazioni ISRM sulle metodologie per la descrizione quantitativa delle discontinuità nelle masse rocciose*.

Il metodo di Bieniawski (1989) si basa sul rilievo di sei parametri ad ognuno dei quali è assegnato un peso:

- *R1: Resistenza a Compressione Uniassiale della Roccia Intatta;*
- *R2: Indice RQD (Rock Quality Designation Index);*
- *R3: Spaziatura delle Discontinuità;*
- *R4: Condizioni delle Discontinuità;*
- *R5: Condizioni Idrauliche;*
- *R6: Orientamento delle Discontinuità.*

La classificazione definisce due valori dell'indice RMR:

$$\text{RMR}_{\text{base}} = R1 + R2 + R3 + R4 + R5 = \mathbf{57} = \mathbf{AMMASSO ROCCIOSO DISCRETO}$$

$$\text{RMR}_{\text{corretto}} = R1 + R2 + R3 + R4 + R5 + R6 = \mathbf{50}$$

Classi di Qualità dell'Ammasso Roccioso	VALORI				
<i>RMR</i>	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
<i>Classe</i>	I	II	III	IV	V
<i>Descrizione</i>	Ottima	Buona	Discreta	Scadente	Molto scadente
<i>Coesione (KPa)</i>	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 200
<i>Angolo d'attrito (°)</i>	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

I parametri di resistenza e di elasticità sono dedotti dall' RMR_{base} :

- *Coesione in termini di Tensioni Efficaci:*

$$\mathbf{c' = 5 \cdot \text{RMR}_{\text{base}} \quad (\text{KPa}) = 5 \times 57 = 285 \text{ KPa;}}$$

- *Angolo d'Attrito in termini di Tensioni Efficaci:*

$$\phi' = 5 + \text{RMR}_{\text{base}}/2 \text{ (}^\circ\text{)} = 57/2 + 5 = 33^\circ/34^\circ$$

➤ Modulo di Deformabilità:

□ Relazione di Bieniawski (1978)

$$E_d = 2 \text{ RMR}_{\text{base}} - 100 \quad (\text{Gpa}) \quad \text{con } \text{RMR}_{\text{base}} > 50$$

$$E_d = 2 \times 57 - 100 = 14 \text{ GPa}$$

➤ La classificazione dell'ammasso roccioso sarà quindi:

<i>Peso di volume medio</i>	<i>Roccia fratturata: 22-23 KN/mc</i> <i>Roccia Sana: 23-24 KN/mc</i>
<i>Coesione (C)</i>	<i>(C = 270/280 KPa)</i>
<i>Angolo di attrito interno (ϕ')</i>	<i>$\phi' = \text{minimo pari a } 33^\circ\text{-}34^\circ$</i>
<i>Resistenza a compressione uniassiale (Mpa)</i>	<i>100 < Qu < 150 MPa</i>
<i>Qa Carico ammissibile stimato</i>	<i>0.25 < Qa < 0.28 MPa</i>
<i>RQD (Rock Quality Designation)</i>	<i>Da 50% a 60%</i>
<i>Qualità dell'ammasso roccioso</i>	<i>Discreta (classe III)</i>

I valori della coesione sono stati riportati in parentesi perché indicativi e da non considerarsi nei calcoli di stabilità; infatti lungo le fratture normali alla stratificazione a franappoggio con labbra non a contatto può verificarsi il valore $c = 0$, quantomeno nei livelli più superficiali ove sono presenti giunti di trazione.

La parametrizzazione geomeccanica sin qui fornita riguardo l'ammasso roccioso, risulta espressa in termini di resistenza di picco, senza che quindi si sia attivato un rilassamento litologico e/o stress intrinsecamente all'ammasso lungo i giunti di strato e lungo le discontinuità.

Valori caratteristici (V_k)

Applicando quanto contenuto nelle istruzioni del C.S.LL.PP. si sono assunti quali *valori caratteristici delle condizioni attuali gli stessi valori medi: $V_m = V_k$.*

Infatti, come riportato nel C. 6.2.2 del C.S.LL.PP, “*appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti*”.

Valori di progetto (Vd)

Infine i valori di progetto di C' , Q_u e φ' da adottare nel calcolo, si ottengono dai valori caratteristici per combinazioni dividendo gli stessi per un coefficiente riduttivo parziale secondo quanto indicato nell'Eurocodice 7, nel precedente D.M. 14/01/2008 e nell'aggiornamento delle Norme Tecniche di cui al Decreto 17.01.2018 (NTC 2018).

I valori di progetto (Vd) si conseguono infatti tramite le seguenti formule:

- $\tan \varphi' d = \tan \varphi' k / 1,25$
- $C' d = C' k / 1,25$
- $C_{ud} = C_{uk} / 1,4$
- $Q_{ud} = Q_{uk} / 1,6$ (resistenza a compressione uniassiale).

Substrato roccioso – valori di progetto

<i>Coesione C</i>	<i>($C = 216-224$ KPa)</i>
<i>Angolo di attrito interno \varnothing (d)</i>	<i>φ (d) = minimo pari a $26^\circ-28^\circ$</i>
<i>Res. a compressione uniassiale</i>	<i>$Q_{ud} = 63-93$ MPa</i>

7. CONCLUSIONI

Sulla scorta delle considerazioni sin qui formulate, preso atto dell'intervento a suo tempo realizzato e delle condizioni geologiche (s.l.) della porzione di territorio in cui lo stesso è sorto, si può certamente affermare che, per quanto di competenza strettamente geologica, il progetto di realizzazione del fabbricato è parso assolutamente compatibile con le caratteristiche geologiche, stratigrafiche, idrogeologiche, sismiche, nonché geotecnico/geomeccaniche della zona di indagine.

Lo stesso edificio, tra l'altro, a seguito dei sopralluoghi effettuati dallo scrivente, non presenta segni tangibili di dissesto, quindi si presume che lo stesso, almeno nella sua struttura originaria, sia stato costruito “a regola d'arte”.

Dal presente elaborato, quindi, i Progettisti incaricati della valutazione della vulnerabilità

VALUTAZIONE VULNERABILITÀ SISMICA, INDAGINI PRELIMINARI E PROGETTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA



Edificio CEA 268A - I.P.S.E.O.A. Polo Marco - Succursale - piani primo e secondo
Via Soracco Agostino , 7 - San Colombano Certenoli

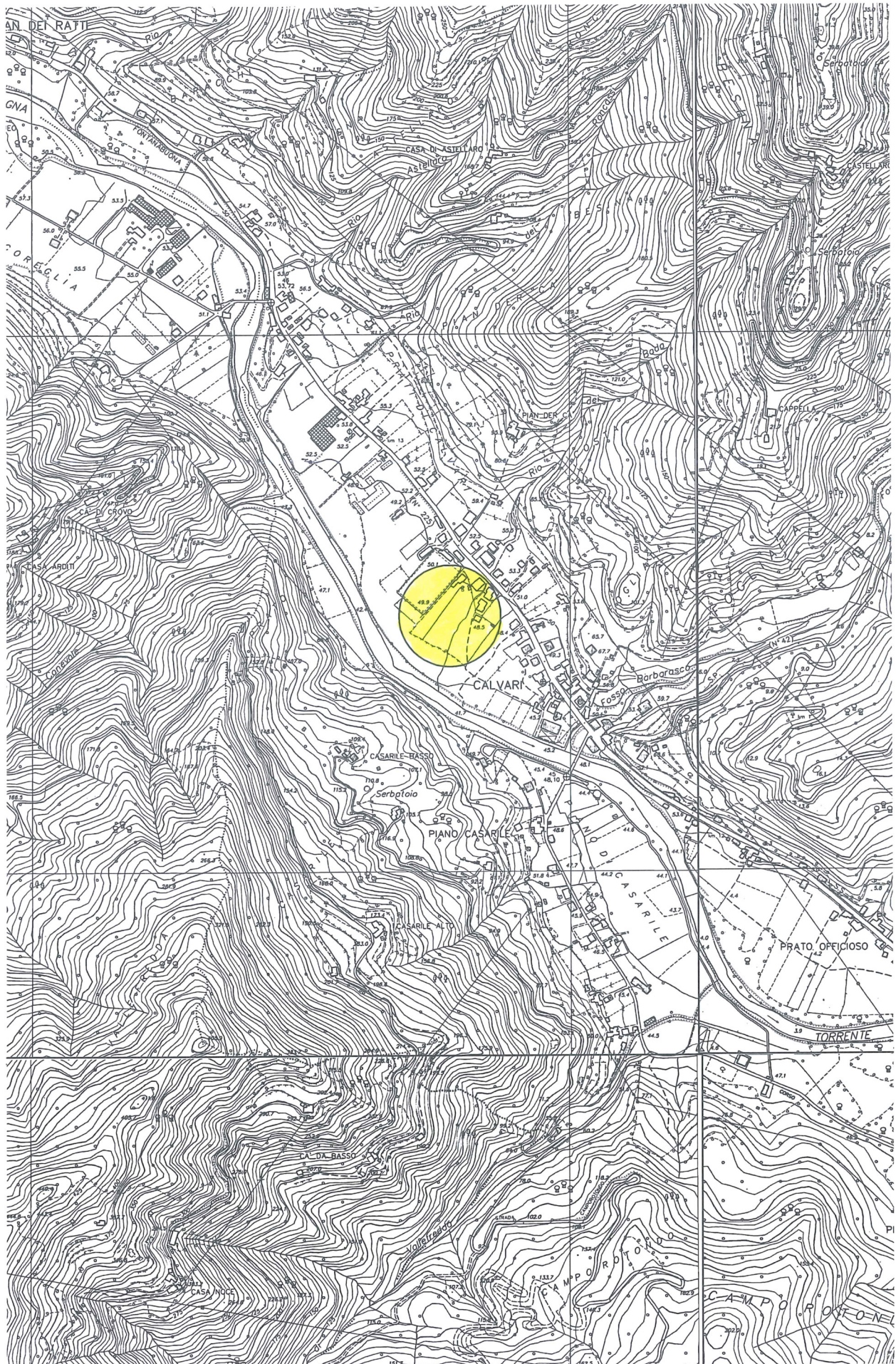
sismica dell'edificio scolastico, cui si esprime la massima disponibilità per un'ulteriore assistenza alle successive fasi di lavoro, potranno attingere tutte le informazioni geologico/stratigrafiche e sismiche necessarie alla verifica delle condizioni di vulnerabilità del plesso scolastico.

Chiavari, lì 06.05.2019

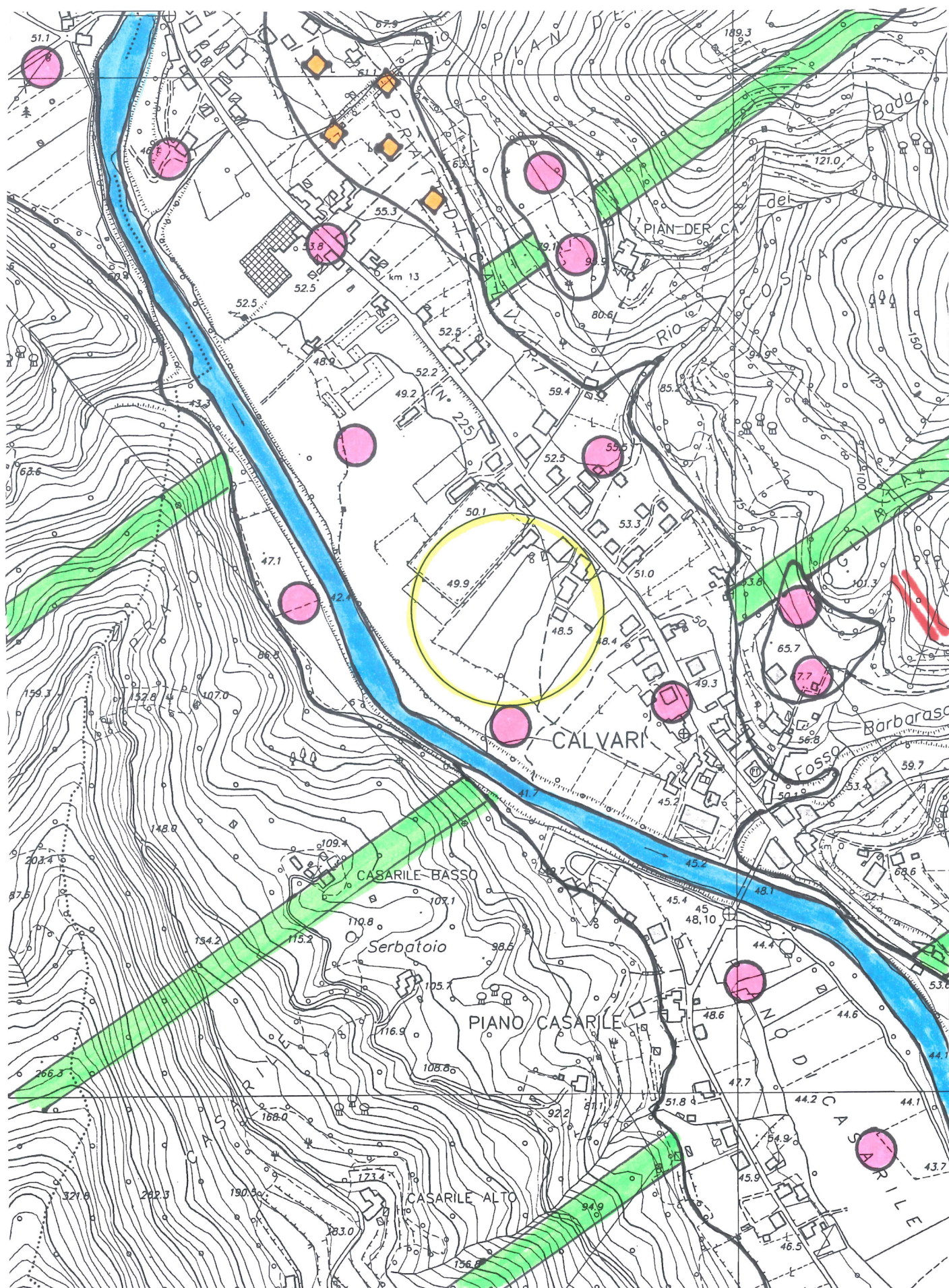
dott. Geol. Stefano ROMANELLI



TAV.1: COROGRAFIA 1:10.000



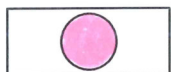
TAV.2: STRALCIO DI CARTA GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA 1:5.000



LEGENDA



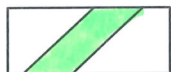
**DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI - MOBILI
CORSO DEL TORRENTE LAVAGNA**



**DEPOSITI ALLUVIONALI ETEROPICI DI ORIGINE FLUVIALE,
(T. LAVAGNA) VARIAMENTE POTENTI, TERRAZZATI RECENTI
ED ANTICHI, LOCALMENTE MISTI A COLTRI DETRITICHE
ELUVIO-COLLUVIALI**



**COLTRI DETRITICHE COLLUVIALI SCIOLTE
DELLA FASCIA PEDEMONTANA**



**FORMAZIONE DELLA VAL LAVAGNA (ARGILLOSCISTI),
GENERALMENTE SUBAFFIORANTE, CON DEPOSITI DETRITICI
ELUVIO-COLLUVIALI SUPERFICIALI DA 1 A 3M CIRCA,
E LOCALMENTE AFFIORANTE**

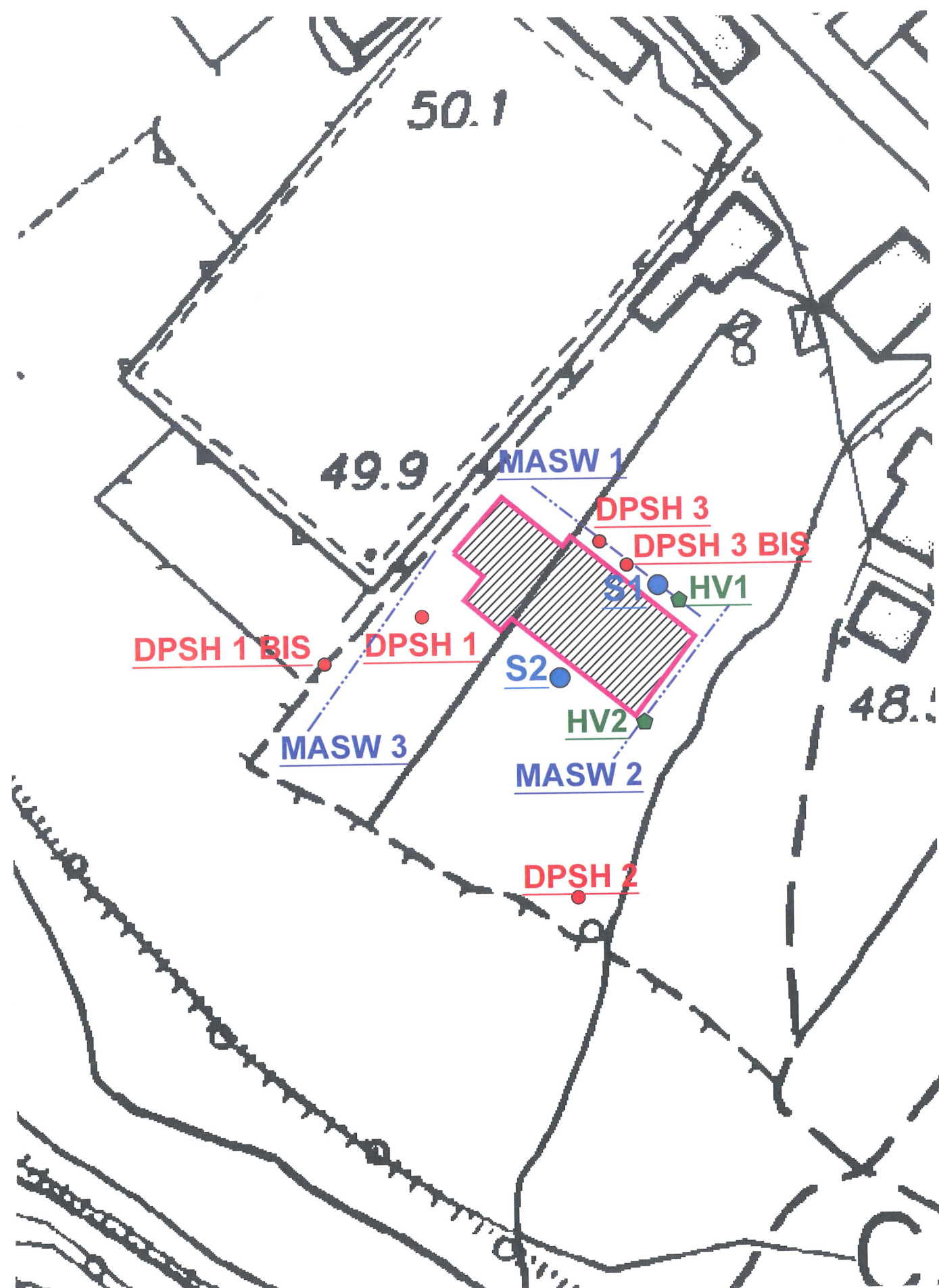


TENDENZA GIACITURALE A SCALA DI VERSANTE



AREA DI INTERVENTO

TAV.3: PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI 1:1.000



TAV. 4:
STRATIGRAFIA SONDAGGI S1 ED S2

SONDAGGIO S1

SCALA 1:50

LOCALITA': COMUNE DI SAN COLOMBANO CERTENOLI

COMMITTENTE: CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA - INTERPRETAZIONE: GEOL. ROMANELLI S.

FALDA (ultima misura)	FORO (Φ=127 mm)	PROFONDITA'	COLONNA STRATIGRAFICA	RQD (%)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	prof. SPT	Nspt	MODULO EDMETRICO DA Nspt	COESIONE NON DRENATA Cu	CAMPIONI INDISTURBATI GRANULOMETRIA (%)			
										GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
INSTALLAZIONE PIEZOMETRO	RIVESTITO			20 40 60 80	terreno vegetale sciolto ed areato								
		1,00			materiale di riporto eterometrico di colore grigio, costituito da blocchi rocciosi e ghiaie inclusi in matrice terrosa, sciolto e privo di coesione, con presenza di residui edilizi								
		2,00			terreno naturale sciolto e privo di coesione, con scheletro costituito da ghiaie e ciottoli spigolosi in abbondante matrice terrosa, colore marrone								
		3,00											
		4,00											
					livello di argille sabbiose di bassa plasticità, molto compatte, costituite da una matrice finelimoso/argillosa e da uno scheletro medio finecon inclusi piccoli elementi lapidei, di colore marroncino								
					livello argilloso e limo argilloso molto compatto, a matrice abbondante e subordinato scheletro (ghiaie e ciottoli), di colore grigio plumbeo								
					orizzonte detritico sciolto (sfatto) da medio a grossolano, costituito da uno scheletro formato da sabbie e ghiaie fino a ciottoli, e scarsa matrice, colore grigio chiaro								
					ciottoli sub-arrotondati e talvolta spigolosi, senza matrice legante, origine alluvionale								
		5,00			cappellaccio di alterazione del substrato roccioso molto fratturato, con ciottoli spigolosi e sacche eluviali incluse								
		6,00			substrato roccioso argillitico ed argilloscistoso, colore grigio scuro, localmente fratturato con frequenti vene calcitiche								
		7,00											
		8,00											
		8,40											
		9,00											
		10,00											
		11,00											
		12,00											

SONDAGGIO S2

SCALA 1:50

LOCALITA': COMUNE DI SAN COLOMBANO CERTENOLI

COMMITTENTE: CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA - INTERPRETAZIONE: GEOL. ROMANELLI S.

FALDA (ultima misura)	FORO (Φ=127 mm)	PROFONDITA'	COLONNA STRATIGRAFICA	RQD (%)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	prof. SPT	Nspt	MODULO EDMETRICO DA Nspt	COESIONE NON DRENATA Cu	CAMPIONI INDISTURBATI			
										GRANULOMETRIA (%)			
										GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA

RIVESTITO		1,00			pavimentazione								
		2,00		materiale di riporto eterometrico di colore grigio, costituito da blocchi rocciosi (ciottoli angolosi) e ghiaie, inclusi in matrice sciolta terrosa, sciolto e privo di coesione, con presenza di residui edilizi									
		3,00		livello di argille sabbiose di bassa plasticità, molto compatte, costituite da una matrice finelimoso/argillosa e da uno scheletro medio finecon inclusi piccoli elementi lapidei, di colore marroncino									
		4,00		terreno naturale sciolto e privo di coesione,con scheletro costituito da ghiaie e ciottoli spigolosi in abbondante matrice terrosa, colore marrone									
		5,00		trovante roccioso ed elementi lapidei subarrotondati di chiara origine alluvionale									
		6,00		orizzonte detritico sciolto sfatto da medio a grossolano, costituito da sabbie abbondanti,subordinate ghiaie, con inclusi ciottoli, di colore grigio									
		7,00		ciottoli sub-arrotondati e talvolta spigolosi, senza matrice legante, origine alluvionale									
		8,00		cappellaccio di alterazione del substrato roccioso molto fratturato, con ciottoli spigolosi e sacche eluviali incluse									
		9,00		substrato roccioso argillitico ed argilloscistoso, colore grigio scuro, localmente fratturato con frequenti vene calcitiche									
		10,00											
		11,00											
		12,00											

TAV. 5: REPORT FOTOGRAFICO

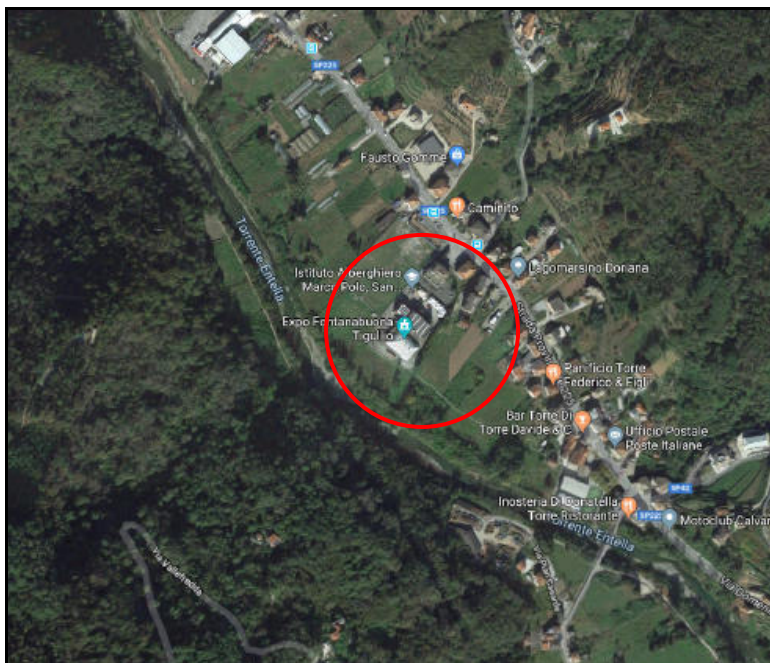


FOTO 1: ORTOFOTO DELL'AREA DI INDAGINE



FOTO 2: UBICAZIONE DEL SONDAGGIO S1

VALUTAZIONE VULNERABILITÀ SISMICA, INDAGINI PRELIMINARI E PROGETTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA



Città Metropolitana
di Genova

Edificio CEA 268A - I.P.S.E.O.A. Polo Marco - Succursale - piani primo e secondo
Via Soracco Agostino , 7 - San Colombano Certenoli

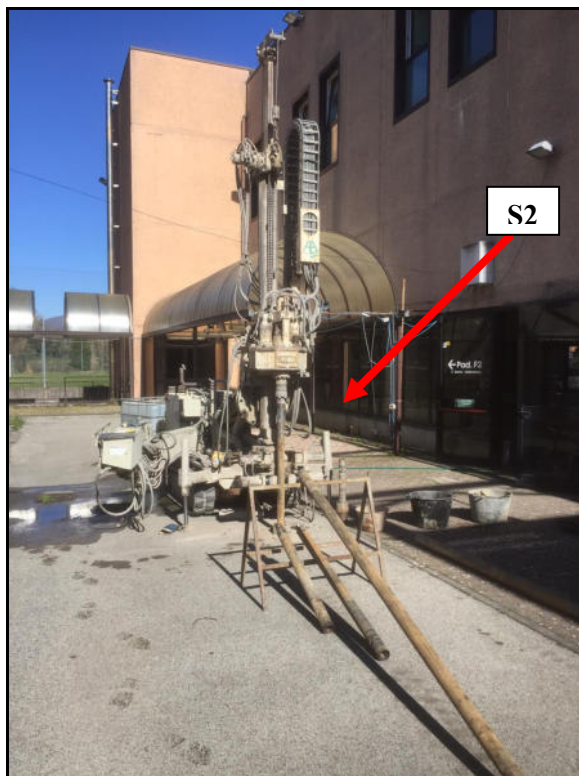


FOTO 3: UBICAZIONE DEL SONDAGGIO S2



FOTO 4: UBICAZIONE DELLA PROVA PENETROMETRICA DPSH 1BIS

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO “SINGEO + GEOL.ROMANELLI + ARCH.MOTTOLA”

Via G. Bontà, 71/1A - 16043 CHIAVARI (GE) - Tel./Fax 0185 307745 - e-mail: info@singeo.it – PEC:
info@pec.singeo.it

VALUTAZIONE VULNERABILITÀ SISMICA, INDAGINI PRELIMINARI E PROGETTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA



Edificio CEA 268A - I.P.S.E.O.A. Polo Marco - Succursale - piani primo e secondo
Via Soracco Agostino , 7 - San Colombano Certenoli



FOTO 5: UBICAZIONE DELLA PROVA PENETROMETRICA DPSH 3



FOTO 6: UBICAZIONE DELLA PROVA PENETROMETRICA DPSH 1

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO “SINGEO + GEOL.ROMANELLI + ARCH.MOTTOLA”

Via G. Bontà, 71/1A - 16043 CHIAVARI (GE) - Tel./Fax 0185 307745 - e-mail: info@singeo.it – PEC:
info@pec.singeo.it

VALUTAZIONE VULNERABILITÀ SISMICA, INDAGINI PRELIMINARI E PROGETTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA



Edificio CEA 268A - I.P.S.E.O.A. Polo Marco - Succursale - piani primo e secondo
Via Soracco Agostino , 7 - San Colombano Certenoli



FOTO 7: STENDIMENTO SISMICO MASW 2



**FOTO 8: INDAGINE HV2 , REALIZZATA CON STRUMENTAZIONE “TROMINO”,
IN CORRISPONDENZA DEL SONDAGGIO S1 ATTREZZATO CON PIEZOMETRO**

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO “SINGEO + GEOL.ROMANELLI + ARCH.MOTTOLA”

VALUTAZIONE VULNERABILITÀ SISMICA, INDAGINI PRELIMINARI E PROGETTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA



Città Metropolitana
di Genova

Edificio CEA 268A - I.P.S.E.O.A. Polo Marco - Succursale - piani primo e secondo
Via Soracco Agostino, 7 - San Colombano Certenoli



FOTO 9: SONDAGGIO S1 – PROFONDITA' P.C. -5.00M



FOTO 10: SONDAGGIO S1 – PROFONDITA' 5.00M -8.40M

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO “SINGEO + GEOL.ROMANELLI + ARCH.MOTTOLA”

Via G. Bontà, 71/1A - 16043 CHIAVARI (GE) - Tel./Fax 0185 307745 - e-mail: info@singeo.it – PEC:
info@pec.singeo.it

VALUTAZIONE VULNERABILITÀ SISMICA, INDAGINI PRELIMINARI E PROGETTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA



Edificio CEA 268A - I.P.S.E.O.A. Polo Marco - Succursale - piani primo e secondo
Via Soracco Agostino , 7 - San Colombano Certenoli



FOTO 11: SONDAGGIO S2- PROFONDITA' P.C. -5.00M



FOTO 12: SONDAGGIO S2 – PROFONDITA' 5.00M -8.00M

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO “SINGEO + GEOL.ROMANELLI + ARCH.MOTTOLA”

Via G. Bontà, 71/1A - 16043 CHIAVARI (GE) - Tel./Fax 0185 307745 - e-mail: info@singeo.it – PEC:
info@pec.singeo.it

ALL.1:
RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E
SISMICHE ESEGUITE

**INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE RELATIVE
ALLA VALUTAZIONE DI VULNERABILITA' SISMICA
DELL'ISTITUTO SCOLASTICO MARCO POLO –
SUCCURSALE DI CALVARI NEL COMUNE DI SAN
COLOMBANO CERTENOLI (GE)**

Savona, Marzo 2019

Dott. Geol. Francesco Valle



INCARICO ED UBICAZIONE

Le presente relazione, redatta dal sottoscritto dott. Geol. Francesco Valle, iscritto al n° 409 dell'Albo Professionale dell'Ordine Regionale dei Geologi della Liguria, riferisce sulle risultanze delle indagini geognostiche e sismiche eseguite sui terreni pertinenti l'Istituto Scolastico Marco Polo, succursale di Calvari, nel Comune di San Colombano Certenoli (GE), al fine della valutazione sulla sua vulnerabilità sismica (vedi anche TAVV.1 e 2).



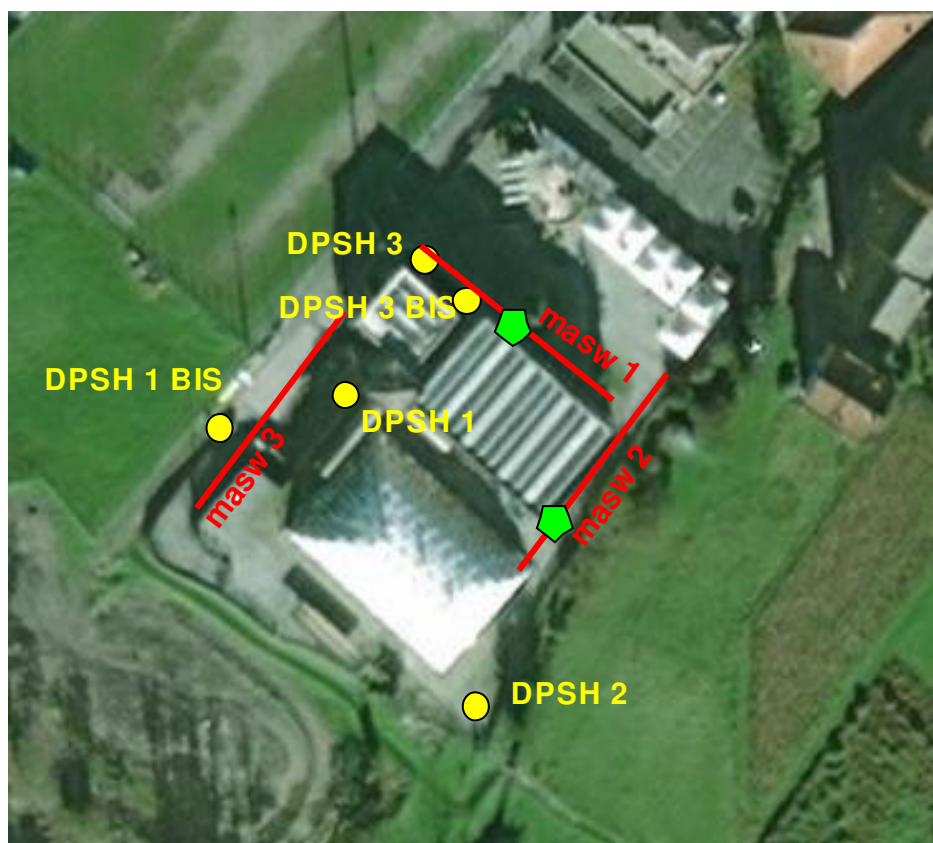
Tav. 1. Localizzazione aree di indagine (da Google Maps non in scala).



Tav. 2. Localizzazione aree di indagine (CTR non in scala).

INDAGINE GEOGNOSTICA

Sono state eseguite cinque prove penetrometriche dinamiche pesanti, una prova sismica analizzata con metodologia Masw e due prove sismiche analizzate congiuntamente con metodologia Masw e l'analisi dei microtrempi ambientali ottenuti acquisendo il rumore sismico ambientale attraverso un tomografo digitale (vedi risultanze ALL.1 e 2).



Tav. 3. Localizzazione delle prove penetrometriche e delle indagini sismiche.

Prove penetrometriche dinamiche DPSH

Per verificare direttamente il grado di consistenza dei materiali sono state eseguite n. 5 prove penetrometriche dinamiche DPSH (vedi n dettaglio ALL.1), condotte mediante una strumentazione pesante (DPSH - Dynamic Penetrometer Super Heavy) di produzione Pagani, della quale si sintetizzano le caratteristiche principali:

Peso maglio:	63,5 kg
Altezza di caduta maglio:	75 cm
Lunghezza aste:	1,0 m
Peso aste:	6,4 kg
Area punta:	20 cmq
Angolo apertura punta:	90°

Le prove consistono nell'introdurre nel terreno una punta a cono posta all'estremità di una batteria di aste mediante battitura alla testa dell'ultima asta da parte di un maglio di peso noto che cade da un'altezza costante. L'infissione avviene per tratti consecutivi di 20 cm misurando il numero di colpi (N20) necessari. La resistenza opposta dai terreni sciolti alla penetrazione della punta conica è funzione delle caratteristiche fisico - meccaniche dei terreni attraversati. Pertanto, l'interpretazione dell'istogramma (numero di colpi/profondità) permette di ottenere oltre che la stratigrafia di massima anche informazioni puntuali sulle caratteristiche geotecniche dei terreni attraversati.

Metodo MASW

La metodologia Masw è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione, cioè sono onde la cui velocità dipende dalla frequenza.

L'analisi MASW può essere ricondotta in quattro fasi: la prima prevede la trasformazione delle serie temporali nel dominio frequenza f – numero d'onda K , la seconda nell'individuazione delle coppie f - k cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale) consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano V_{fase} (m/sec) – frequenza (lentezza (s/m) – frequenza (Hz), la terza nel calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio Vs e di compressione Vp, la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, la quarta nella modifica della curva teorica fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo.

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale.

In particolare, in merito all'analisi multicanale delle onde sismiche superficiali (MASW), è consistita nella registrazione simultanea tramite 24 geofoni (frequenza propria di 4.5 Hz), distanziati di 1.5 m, di una vibrazione prodotta da una sorgente sismica impulsiva (martello da 10 kg), sistemata agli estremi dell'allineamento ad 1.5m di distanza dal primo ricevitore (vedere gli allegati per dettagli sui parametri utilizzati).

Per la registrazione è stato utilizzato un sismografo Dolang DBS280 della "Dolang Geophysical" a 24 canali digitali a 24 bit.

I risultati che si ottengono da un'indagine di questo tipo sono la velocità media delle onde di taglio calcolata tramite un codice di calcolo e la stratigrafia di massima del suolo.

L'elaborazione delle risultanze delle prove è stata effettuata attraverso lo specifico programma d'interpretazione "MASW" di Vitantonio Roma.

Nell'area in oggetto è stata effettuata una stesa sismica elaborata unicamente con metodologia Masw, denominata Masw 3 (vedi in dettaglio risultati ALL.2).

Analisi sismica congiunta MASW ed a stazione singola passiva

E' stata effettuata un'elaborazione congiunta con il software "Grilla" della "Micromed" utilizzando sia dati ottenuti dalle prove Masw (Masw 1 e Masw 2, eseguite mediante un sismografo Dolang DBS280 della "Dolang Geophysical" a 24 canali digitali a 24 bit) sia l'analisi dei microtremori ambientali ottenuti acquisendo il rumore sismico ambientale attraverso un tromografo digitale (sondaggi sismici passivi mediante Tromino), grossomodo posizionato al centro delle stese.

Tale tecnica, in sintesi, mette in relazione le variazioni del rapporto alle varie frequenze tra la componente orizzontale e verticale dei microtremori ambientali registrati, con le variazioni litostratigrafiche del sottosuolo al di sotto del punto di misura.

Le risultanze delle elaborazioni sono ampiamente dettagliate in allegato (ALL.2).

Savona, Marzo 2019

Dott. Geol. Francesco Valle



ALLEGATI:

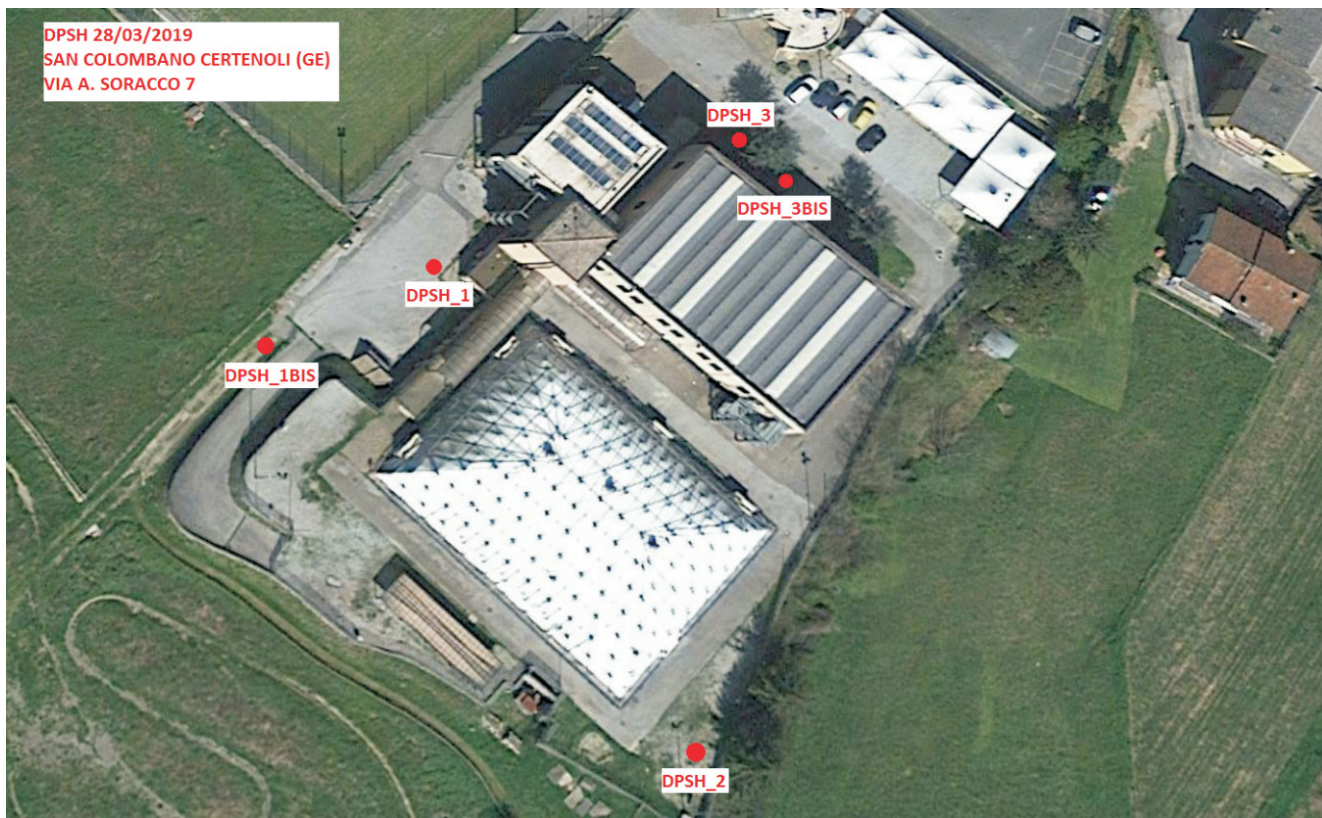
- 1 – PROVE IN SITO: PENETROMETRIE PESANTI - Risultanze
- 2 – PROVE IN SITO: SISMICHE - Risultanze



PROVE PENETROMETRICHE - Risultanze

ALL.

1



PROVE PENETROMETRICHE - Ubicazione

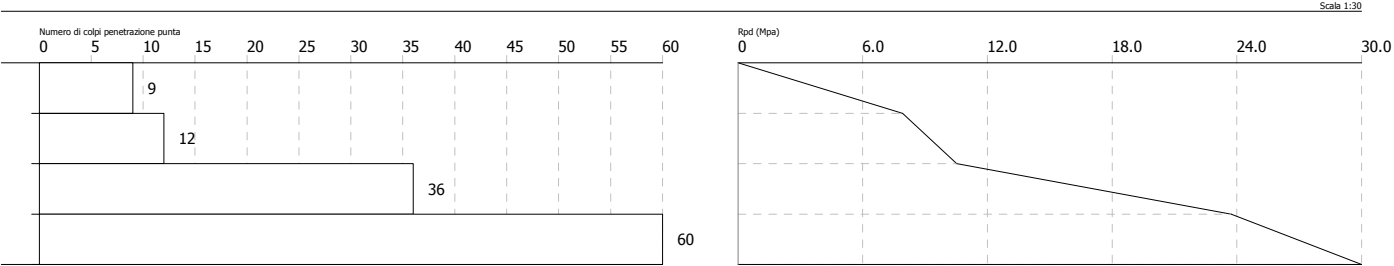
ALL.

1

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Comune di San Colombano
Cantiere: Verifica sismica
Località: San Colombano Certenoli (GE)

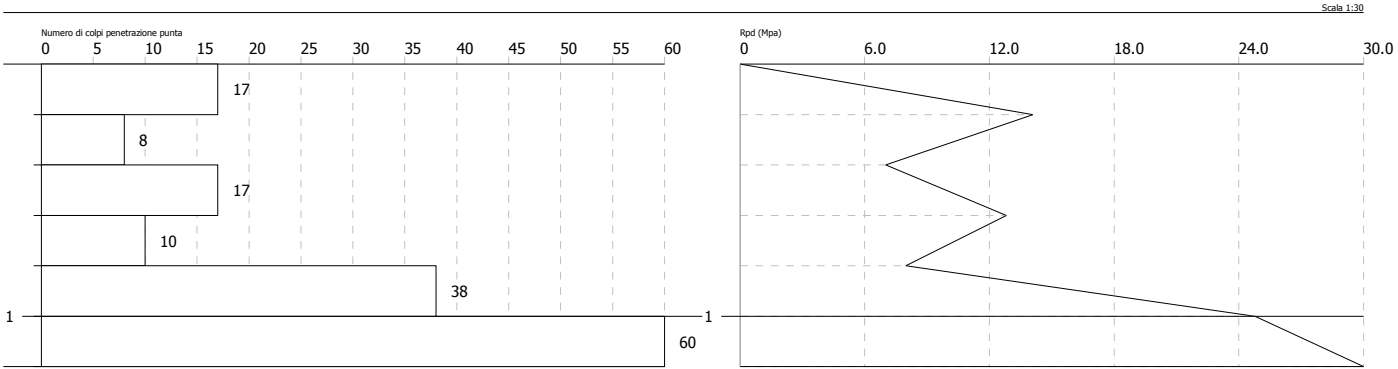
Data: 28-03-2019



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1 BIS
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Comune di San Colombano
Cantiere: Verifica sismica
Località: San Colombano Certenoli (GE)

Data: 28-03-2019

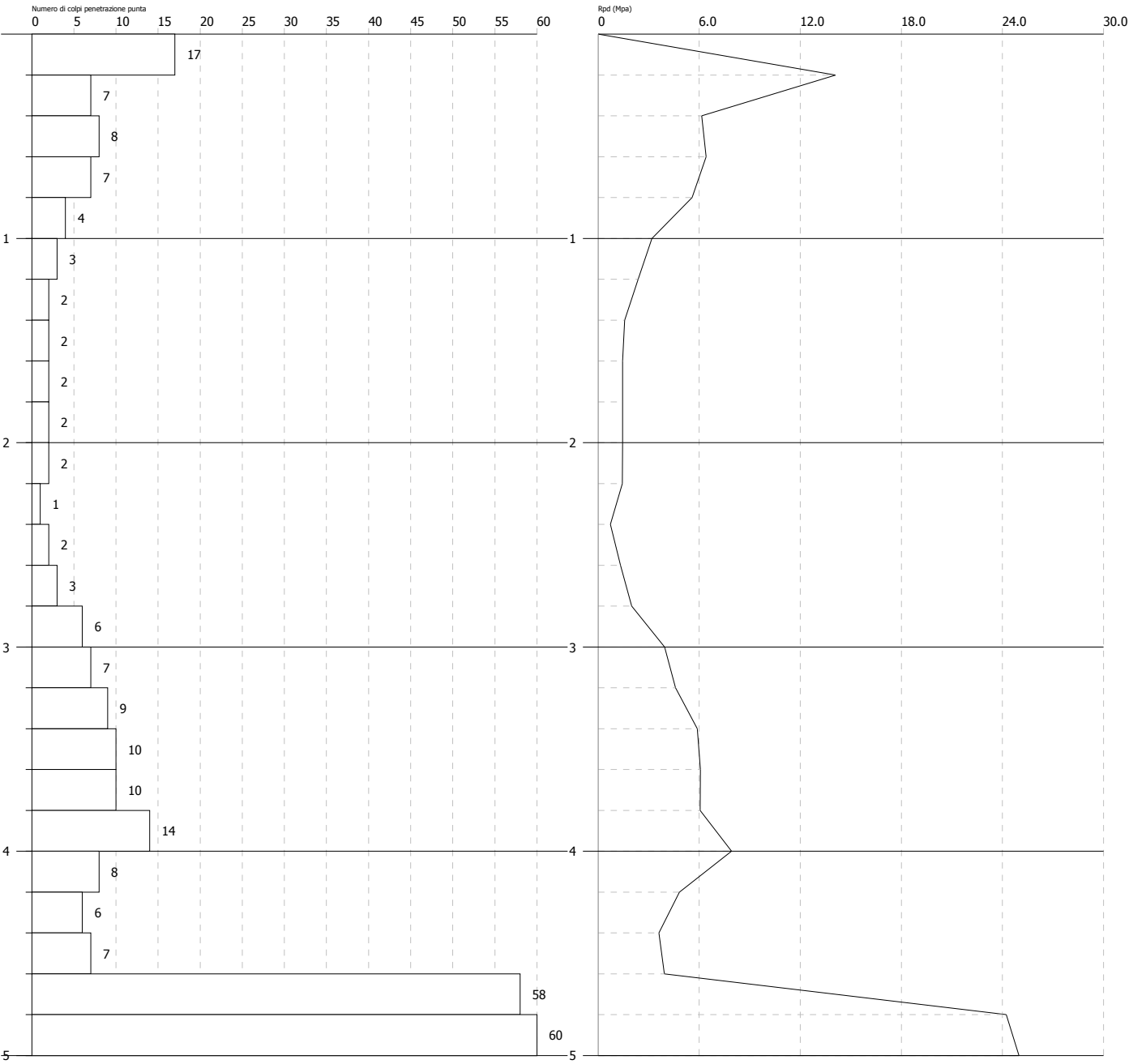


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Comune di San Colombano
Cantiere: Verifica sismica
Località: San Colombano Certenoli (GE)

Data: 28-03-2019

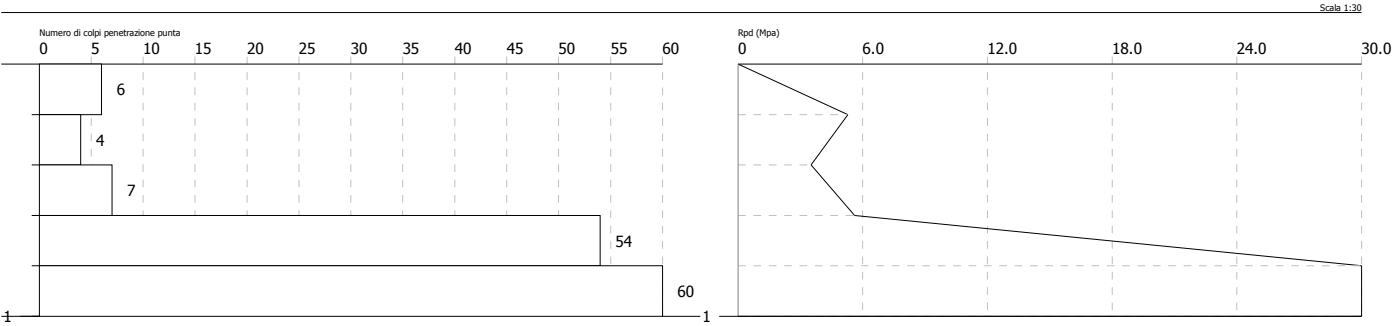
Scala 1:20



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Comune di San Colombano
Cantiere: Verifica sismica
Località: San Colombano Certenoli (GE)

Data: 28-03-2019

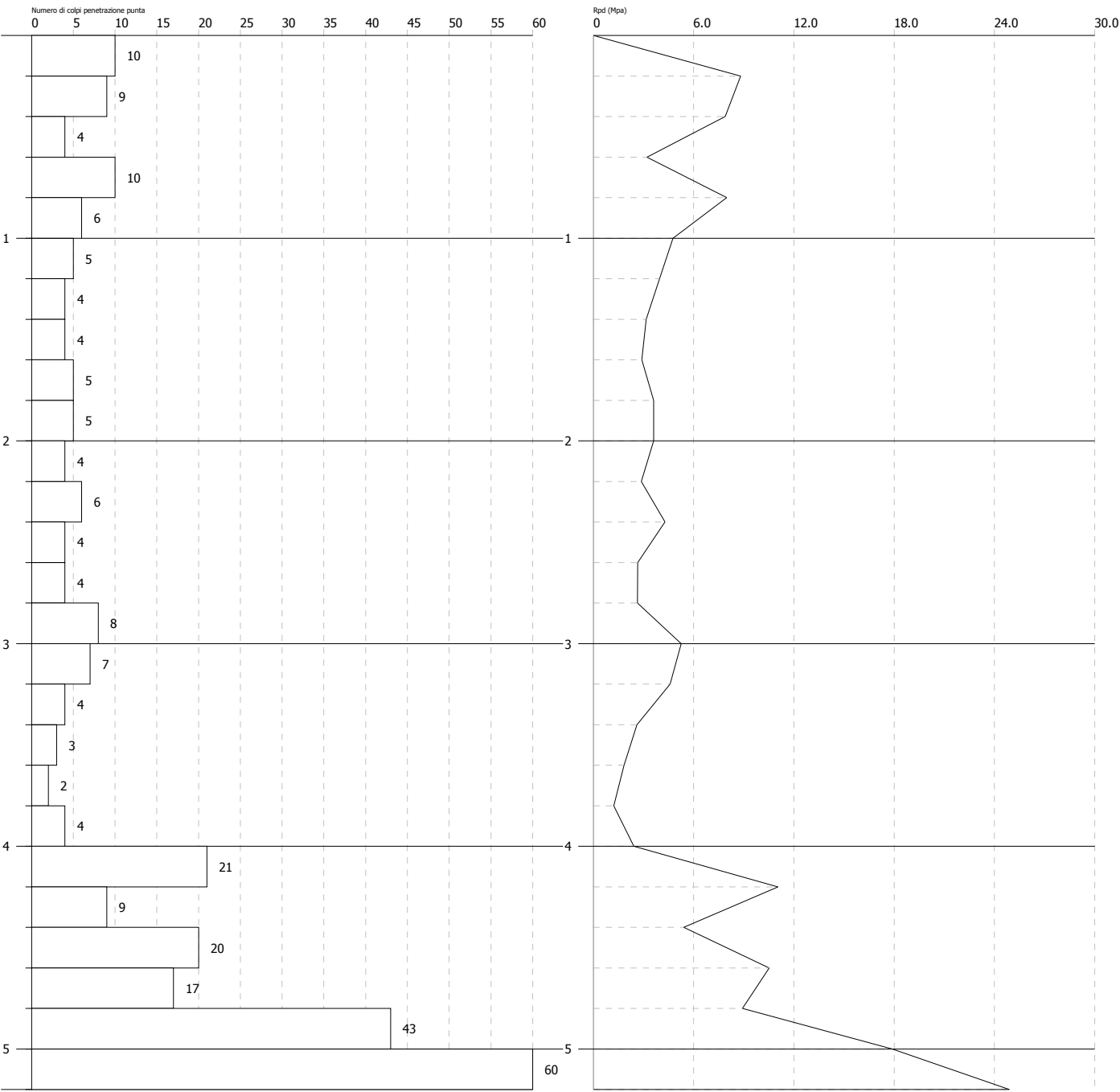


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3 BIS
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Comune di San Colombano
Cantiere: Verifica sismica
Località: San Colombano Certenoli (GE)

Data: 28-03-2019

Scala 1:30



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Comune di San Colombano Cantiere: Verifica sismica Località: San Colombano Certenoli (GE)	
--	--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,489
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 28/03/2019
 Profondità prova ,80 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

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	9	0,855	7,93	9,27	396,28	463,69
0,40	12	0,851	10,52	12,36	525,99	618,25
0,60	36	0,697	23,73	34,05	1186,48	1702,26
0,80	60	0,643	36,50	56,74	1825,20	2837,10

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
------------------	------	----------	------	-------------------	------------------------------	-------------------------------------	-------------------------	------------------------------	------	-------------

PROVA ... Nr.1 BIS

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 28/03/2019
 Profondità prova 1,20 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

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	17	0,805	14,09	17,52	704,74	875,85
0,40	8	0,851	7,01	8,24	350,66	412,17
0,60	17	0,797	12,81	16,08	640,67	803,84
0,80	10	0,843	7,98	9,46	398,77	472,85
1,00	38	0,690	24,79	35,94	1239,37	1796,83
1,20	60	0,636	36,10	56,74	1805,15	2837,10

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
------------------	------	----------	------	-------------------	------------------------------	-------------------------------------	-------------------------	------------------------------	------	-------------

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 28/03/2019
 Profondità prova 5,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

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	17	0,805	14,09	17,52	704,74	875,85
0,40	7	0,851	6,14	7,21	306,83	360,64
0,60	8	0,847	6,41	7,57	320,40	378,28
0,80	7	0,843	5,58	6,62	279,14	330,99
1,00	4	0,840	3,18	3,78	158,83	189,14
1,20	3	0,836	2,37	2,84	118,63	141,85
1,40	2	0,833	1,58	1,89	78,76	94,57
1,60	2	0,830	1,45	1,75	72,49	87,39
1,80	2	0,826	1,44	1,75	72,21	87,39
2,00	2	0,823	1,44	1,75	71,93	87,39
2,20	2	0,820	1,43	1,75	71,67	87,39
2,40	1	0,817	0,71	0,87	35,70	43,69
2,60	2	0,814	1,32	1,62	66,13	81,22
2,80	3	0,811	1,98	2,44	98,85	121,82
3,00	6	0,809	3,94	4,87	197,03	243,65
3,20	7	0,806	4,58	5,69	229,11	284,25
3,40	9	0,803	5,87	7,31	293,62	365,47
3,60	10	0,801	6,08	7,59	303,77	379,30
3,80	10	0,798	6,06	7,59	302,84	379,30
4,00	14	0,746	7,92	10,62	396,15	531,02
4,20	8	0,794	4,82	6,07	240,84	303,44
4,40	6	0,791	3,60	4,55	180,11	227,58
4,60	7	0,789	3,93	4,98	196,58	249,08
4,80	58	0,587	24,23	41,28	1211,67	2063,82
5,00	60	0,585	24,98	42,70	1249,02	2134,98

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tension e efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizi one
------------------	------	----------	------	-------------------	------------------------------	-------------------------------------	--------------------------	------------------------------	------	--------------

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 28/03/2019
 Profondità prova 1,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

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	6	0,855	5,28	6,18	264,19	309,12
0,40	4	0,851	3,51	4,12	175,33	206,08
0,60	7	0,847	5,61	6,62	280,35	330,99
0,80	54	0,643	32,85	51,07	1642,68	2553,39
1,00	60	0,640	36,30	56,74	1815,05	2837,10

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
------------------	------	----------	------	-------------------	------------------------------	-------------------------------------	-------------------------	------------------------------	------	-------------

PROVA ... Nr.3 BIS

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 28/03/2019
 Profondità prova 5,20 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

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	9	0,851	7,89	9,27	394,49	463,69
0,60	4	0,847	3,20	3,78	160,20	189,14
0,80	10	0,843	7,98	9,46	398,77	472,85
1,00	6	0,840	4,76	5,67	238,25	283,71
1,20	5	0,836	3,95	4,73	197,71	236,42
1,40	4	0,833	3,15	3,78	157,53	189,14
1,60	4	0,830	2,90	3,50	144,98	174,77
1,80	5	0,826	3,61	4,37	180,52	218,46
2,00	5	0,823	3,60	4,37	179,84	218,46
2,20	4	0,820	2,87	3,50	143,33	174,77
2,40	6	0,817	4,28	5,24	214,22	262,16

2,60	4	0,814	2,65	3,25	132,26	162,43
2,80	4	0,811	2,64	3,25	131,80	162,43
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	4	0,803	2,61	3,25	130,50	162,43
3,60	3	0,801	1,82	2,28	91,13	113,79
3,80	2	0,798	1,21	1,52	60,57	75,86
4,00	4	0,796	2,42	3,03	120,77	151,72
4,20	21	0,694	11,05	15,93	552,55	796,52
4,40	9	0,791	5,40	6,83	270,17	341,37
4,60	20	0,739	10,52	14,23	526,09	711,66
4,80	17	0,737	8,92	12,10	445,88	604,91
5,00	43	0,585	17,90	30,60	895,13	1530,07
5,20	60	0,583	24,89	42,70	1244,71	2134,98

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tension e efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizi one
------------------	------	----------	------	-------------------	------------------------------	-------------------------------------	--------------------------	------------------------------	------	--------------



Indagine congiunta tra metodo MASW e H/V – Stese MASW 1 e 2

Per produrre un profilo sismo-stratigrafico con il metodo H/V è indispensabile conoscere la profondità del riflettore principale oppure il profilo V_s ottenuto da una prova MASW.

Nella prova MASW, alla presenza di un riflettore importante caratterizzato da elevata rigidità, l'energia prodotta da una sorgente convenzionale superficiale rimane quasi tutta confinata nel mezzo tenero, rimanendo poca energia disponibile per caratterizzare le velocità di propagazione delle onde sismiche nel mezzo rigido.

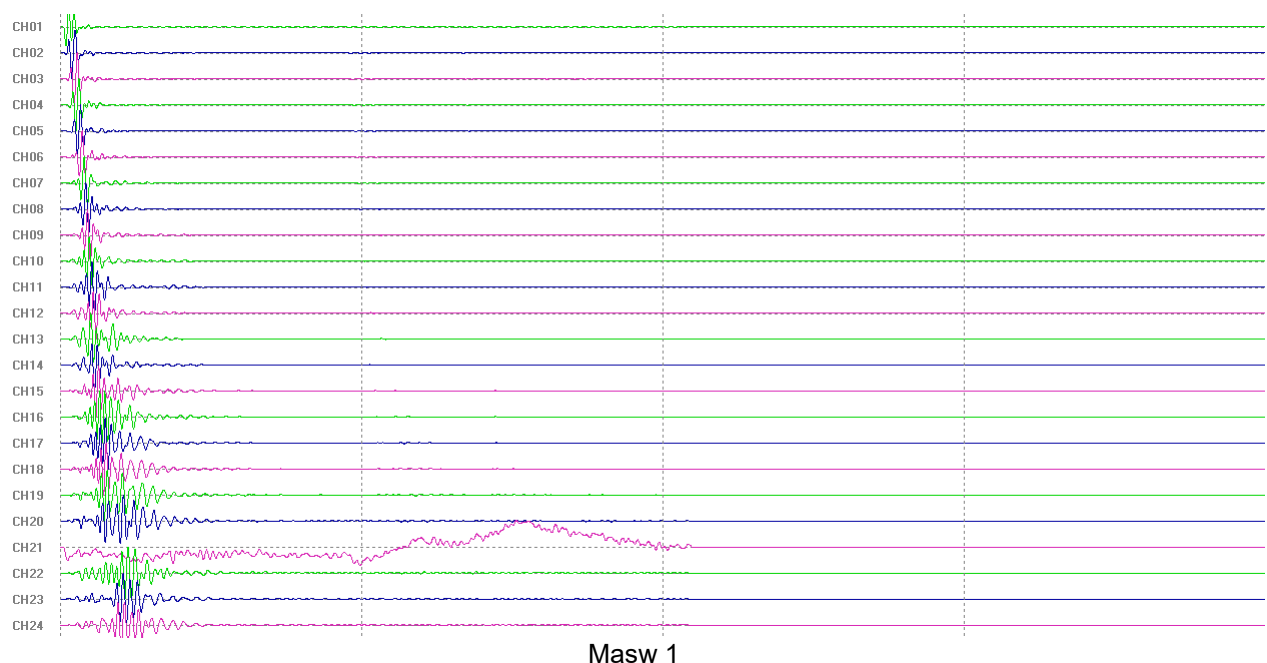
Conseguentemente, l'analisi congiunta tra metodo MASW e H/V si rivela ideale, poiché la prova MASW fornisce il vincolo per la tecnica H/V, che permette di ottenere profili V_s a profondità maggiori di quelle raggiungibili con la sola MASW.

L'elaborazione è stata eseguita con il software *Grilla* della Moho s.r.l.

Metodo MASW

L'analisi multicanale delle onde sismiche superficiali (MASW) è consistita nella registrazione simultanea tramite 24 geofoni (frequenza propria di 4.5 Hz), distanziati di 1.5 m, di una vibrazione prodotta da una sorgente sismica impulsiva (martello da 10 kg), sistemata agli estremi dell'allineamento a 1.5 m di distanza dal ricevitore (vedere l'allegato per dettagli sui parametri utilizzati).

Figura 1 mostra i sismogrammi della componente verticale delle onde di Rayleigh.



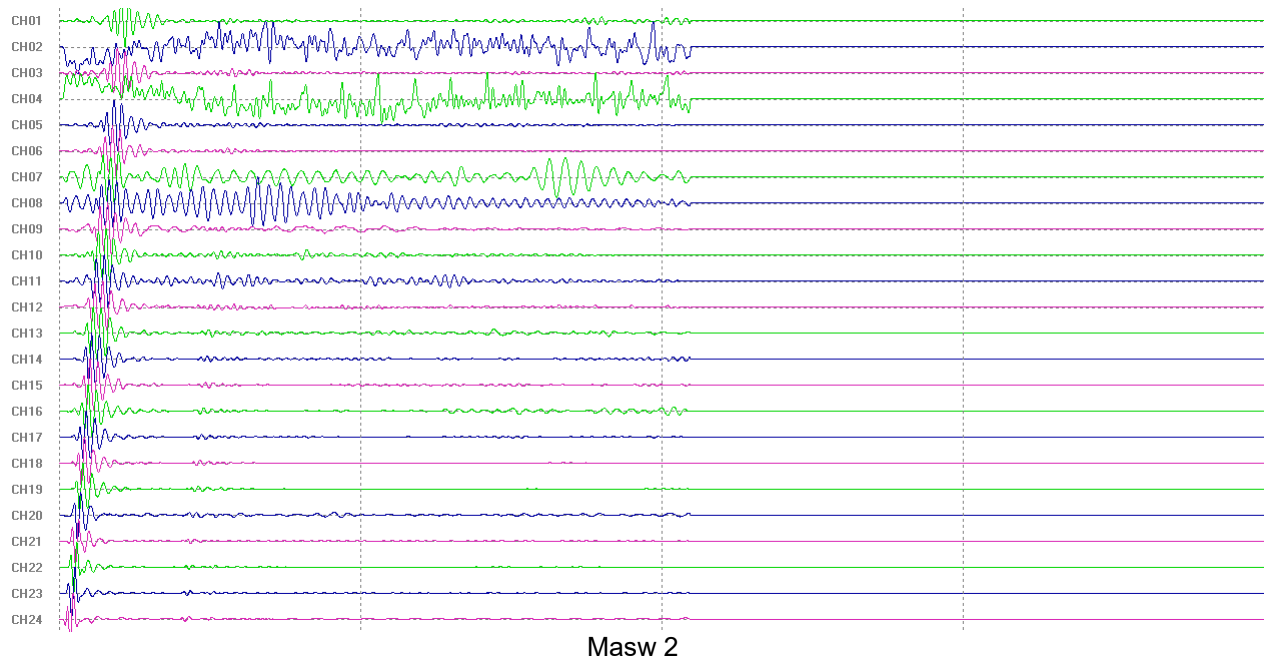


Fig. 1. Sismogrammi (in ordinata i canali e in ascissa il tempo in secondi – intervallo 1 s).

In Fig. 2 è mostrato lo spettro di velocità di fase dell'onda di Rayleigh. Il software preleva automaticamente l'ampiezza massima per ogni frequenza definendo la curva di dispersione.

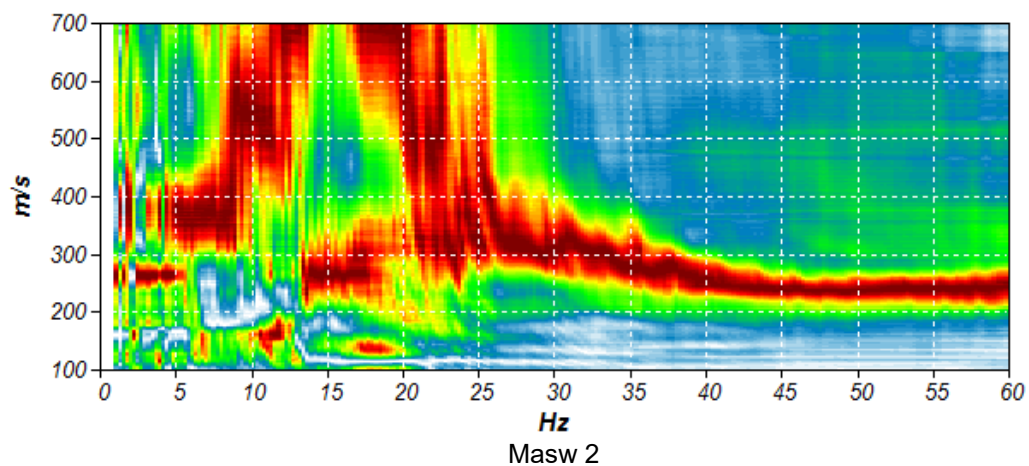
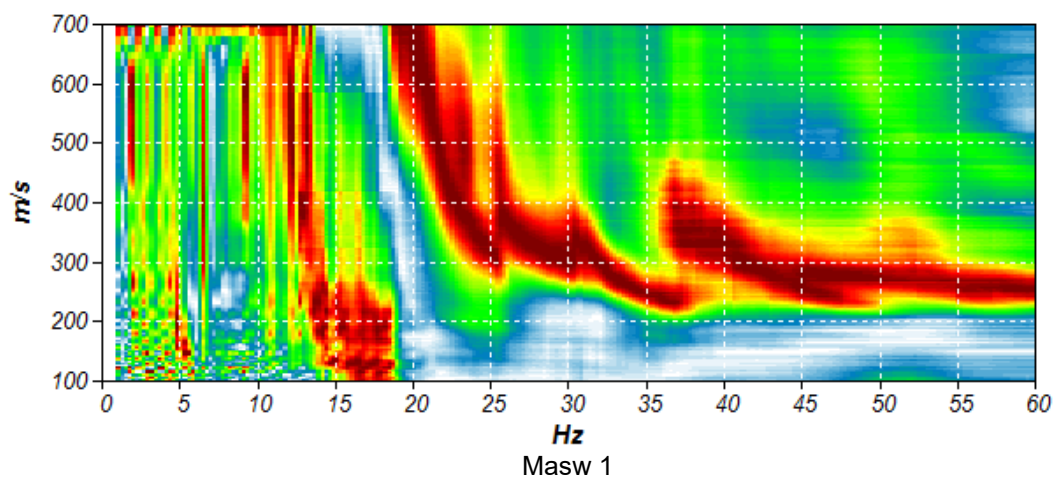


Fig. 2. Spettro di velocità di fase dell'onda di Rayleigh.

Metodo H/V

Si basa sullo studio dei rapporti di ampiezza che, nelle diverse frequenze di vibrazione (rapporti spettrali), esistono tra il rumore sismico ambientale (microtremore) misurato sul piano orizzontale (H) e quello lungo la verticale (V).

I risultati che si possono ottenere da un'indagine di questo tipo sono la velocità media delle onde di taglio calcolata tramite un codice di calcolo e la stratigrafia di massima del suolo.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale modello Tromino®Zero della Moho s.r.l. È costituito essenzialmente da tre velocimetri orientati secondo le direzioni N-S, E-W e verticale, rispettivamente ortogonali tra loro. La strumentazione opera nell'intervallo di frequenze tra 0.1 e 128 Hz, consentendo di ottenere un'elevata risoluzione. I dati del moto del terreno, dopo essere stati amplificati e digitalizzati, vengono memorizzati su una memoria interna digitale.

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

a) le curve H/V ricavate con i seguenti parametri:

- larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
- lisciamiento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
- rimozione nelle finestre di eventuali transienti ancora presenti.

b) le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto, ottenute dopo analisi con gli stessi parametri del punto (a).

La scheda in esteso, secondo le linee guida del progetto europeo Sesame, è riportata in Allegato. I criteri di significatività consistono nella valutazione dell'attendibilità statistica della curva H/V e nella valutazione della chiarezza del picco H/V.

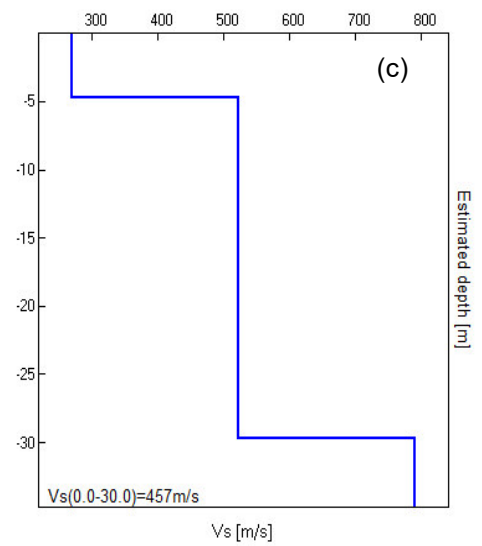
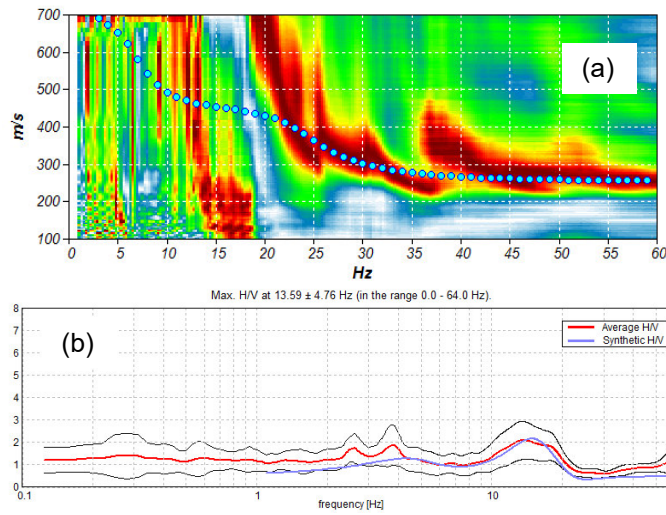
Le curve H/V sono curve sperimentali che rappresentano il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali (riferite alle componenti verticale e orizzontali del moto) in funzione della frequenza.

I picchi della curva H/V presenti a una data frequenza possono essere più o meno evidenti e interpretabili a seconda dell'entità del contrasto d'impedenza sismica tra il substrato rigido e lo strato più superficiale di copertura.

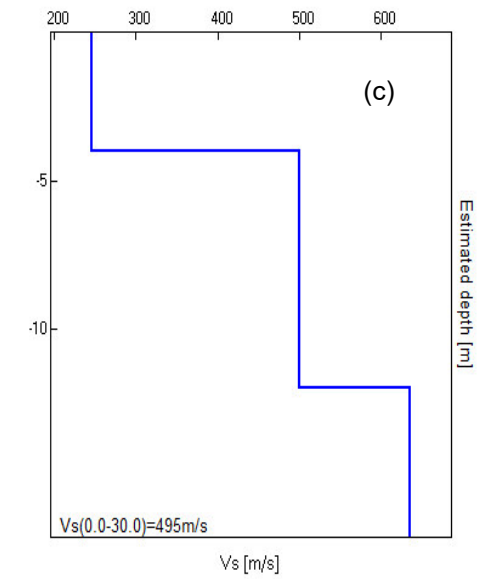
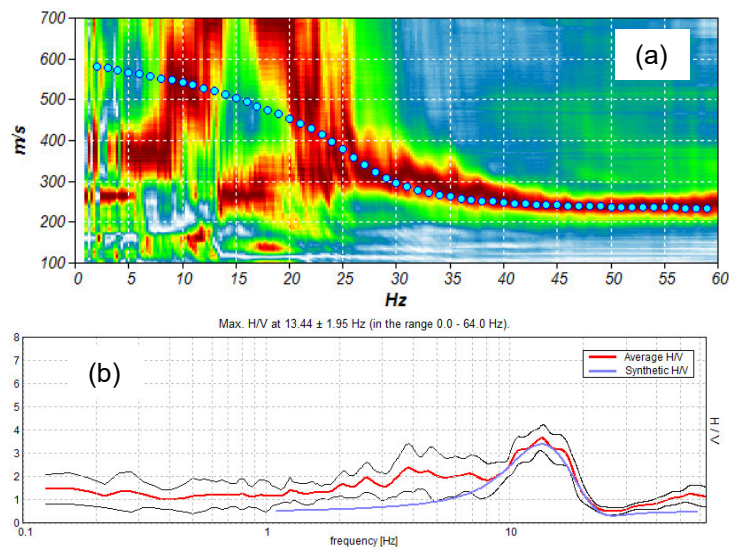
Risultato

L'analisi congiunta è mostrata in Fig. 3, dove sono riportati gli spettri di velocità di fase dell'onda di Rayleigh derivanti dalla prova MASW e la curva H/V sperimentale.

Usando un approccio di tipo diretto, basato sulla simulazione del campo di onde di superficie in sistemi a strati piani e paralleli, la sovrapposizione delle curve sperimentali, ottenute con le due prove (MASW e metodo H/V) con quella calcolata dal modello, ha fornito il profilo di V_s mostrato in Fig. 3c per il sito d'indagine.



Sito 1



Sito 2

Fig. 3. (a) spettri di velocità dell'onda di Rayleigh e modo fondamentale della curva di dispersione teorica ottenuta dal modello di sottosuolo (c); (b) curva media H/V sperimentale (rosso) con deviazione standard (curva nera sottile) e sintetica (blu) calcolata dal modello di sottosuolo (c); (c) modello di sottosuolo in termini di V_s derivato dall'analisi congiunta della prova MASW e del metodo H/V.

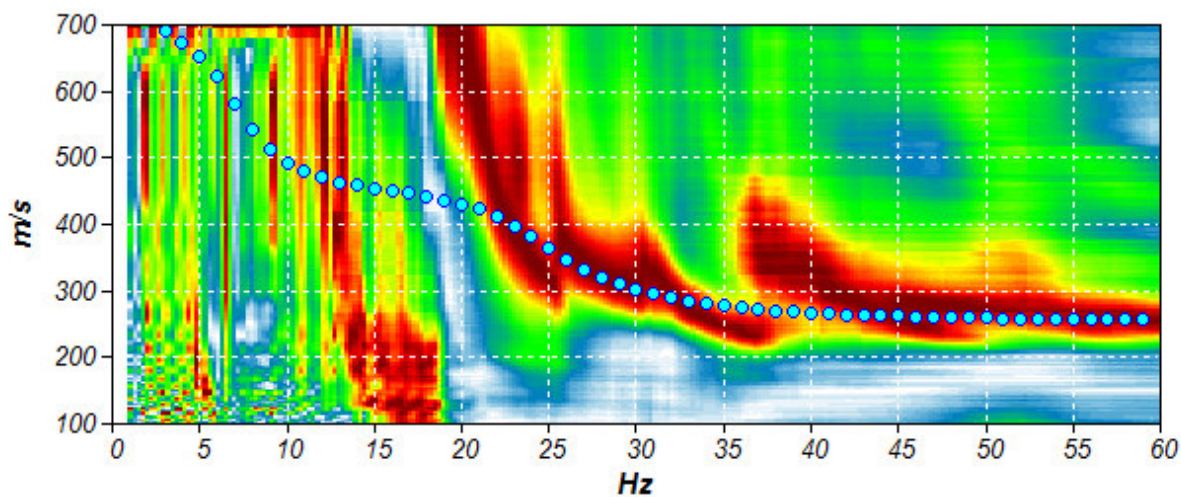
MASW 1 (file 1001.seg)



Foto scattata presso il primo geofono

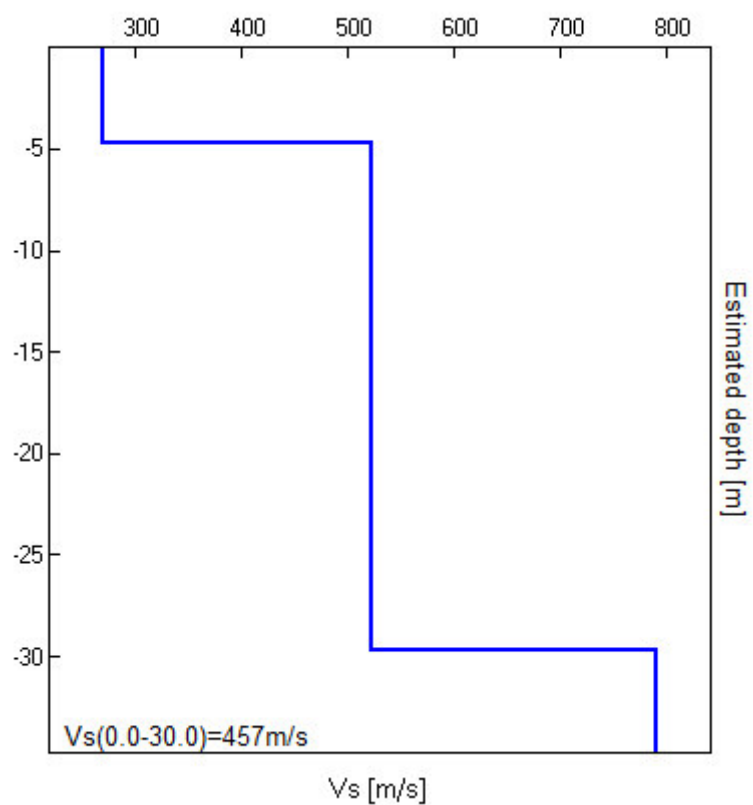
Start recording: 29/03/19 16:05:47 End recording: 29/03/19 16:21:47
 Trace length: 0h16'00". Analyzed 94% trace (manual window selection)
 Sampling rate: 128 Hz
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Array geometry (x): 0.0 1.5 3.0 4.5 6.0 7.5 9.0 10.5 12.0 13.5 15.0 16.5 18.0 19.5 21.0 22.5 24.0 25.5
 27.0 28.5 30.0 31.5 33.0 34.5 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
4.70	4.70	270	0.40
29.70	25.00	522	0.35
inf.	inf.	790	0.35

Vs eq = 457 m/s



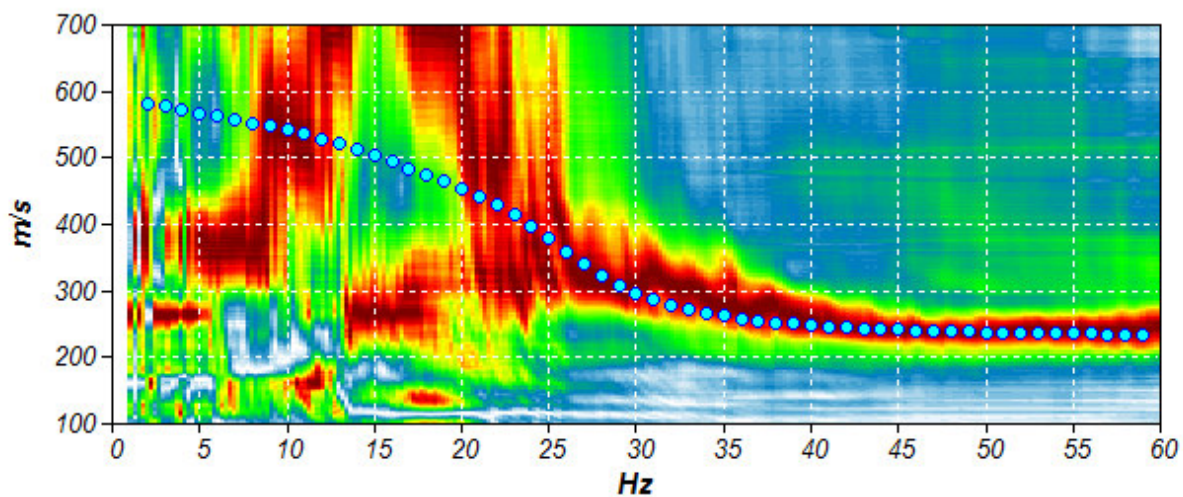
MASW 2 (file 1004.seg)



Foto scattata presso il primo geofono

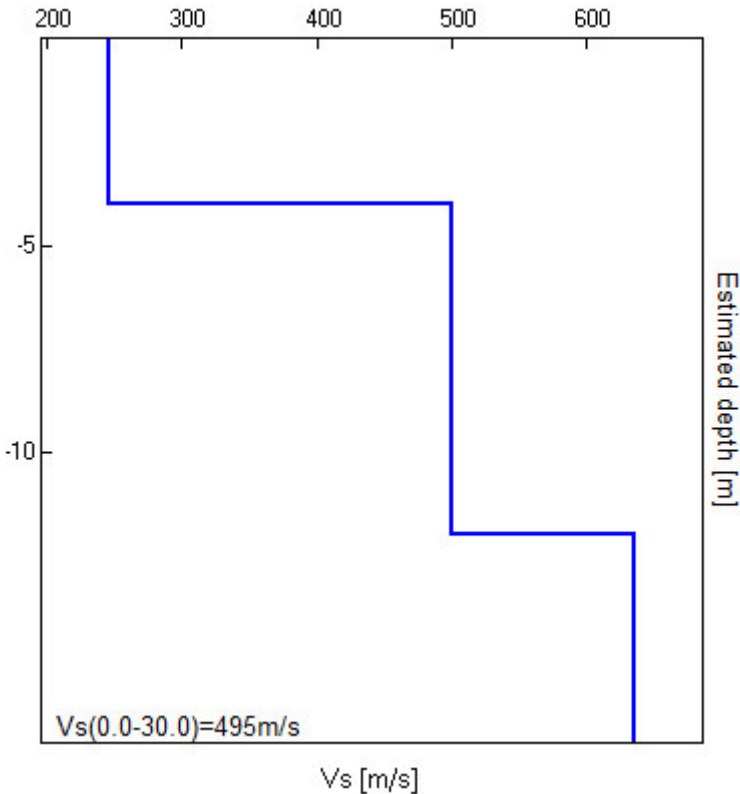
Start recording: 29/03/19 15:07:31 End recording: 29/03/19 15:07:33
Trace length: 0h00'02". Analyzed 42% trace (manual window selection)
Sampling rate: 977 Hz
Channel labels: CH01 ; CH02 ; CH03 ; CH04 ; CH05 ; CH06 ; CH07 ;
CH08 ; CH09 ; CH10 ; CH11 ; CH12 ; CH13 ; CH14 ; CH15 ;
CH16 ; CH17 ; CH18 ; CH19 ; CH20 ; CH21 ; CH22 ; CH23 ;
CH24
Array geometry (x): 0.0 1.5 3.0 4.5 6.0 7.5 9.0 10.5 12.0 13.5 15.0 16.5 18.0 19.5 21.0 22.5 24.0 25.5
27.0 28.5 30.0 31.5 33.0 34.5 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
4.00	4.00	246	0.40
12.00	8.00	500	0.35
inf.	inf.	635	0.35

Vs eq = 495 m/s



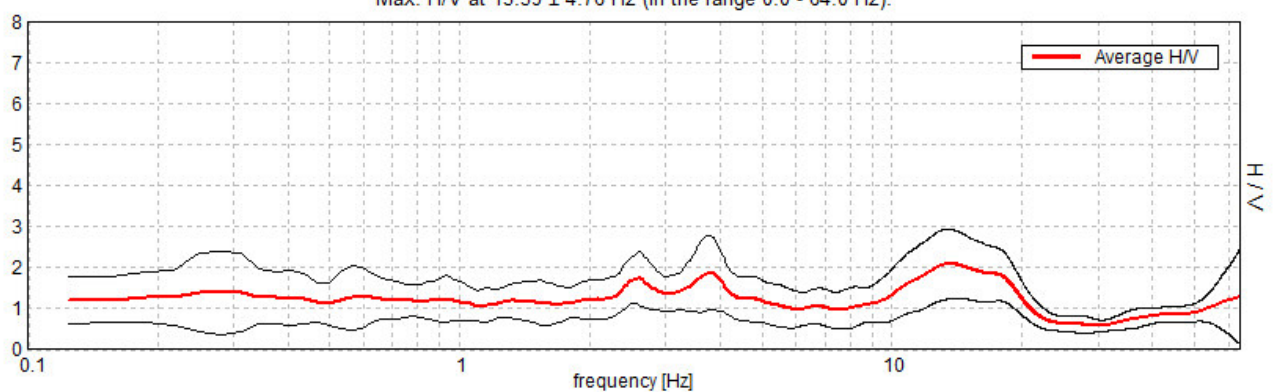
HV1

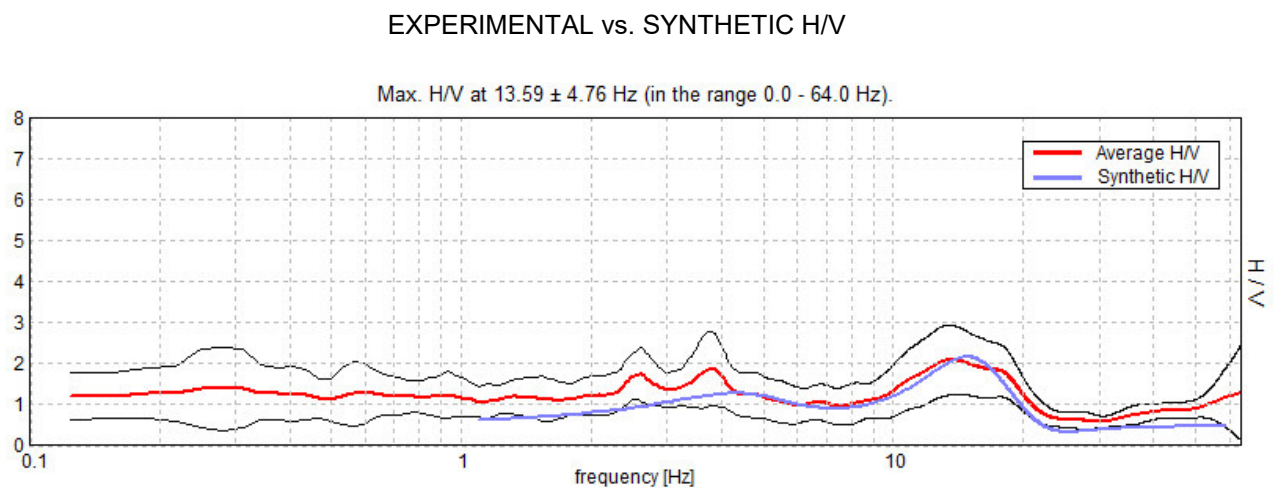
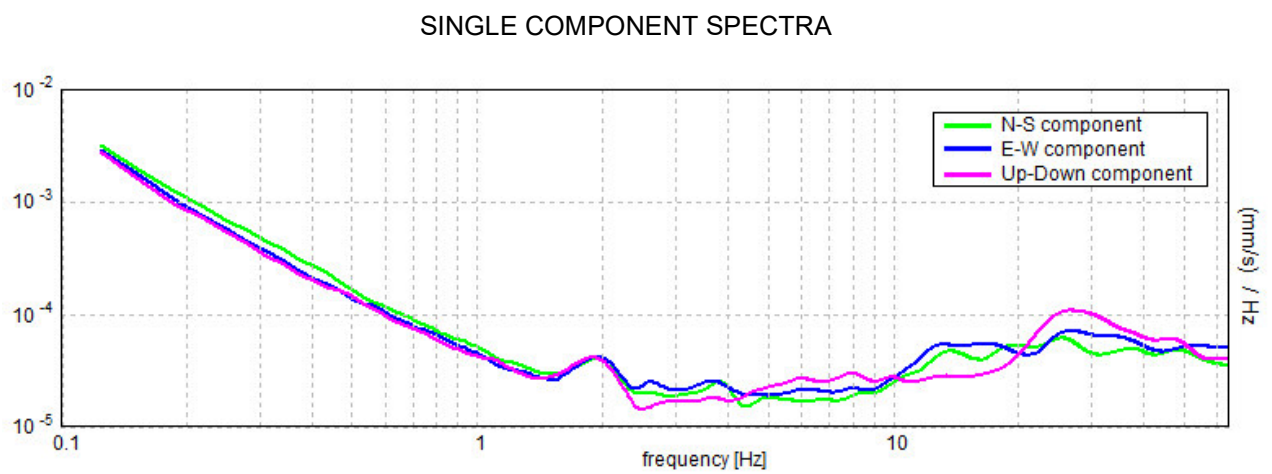
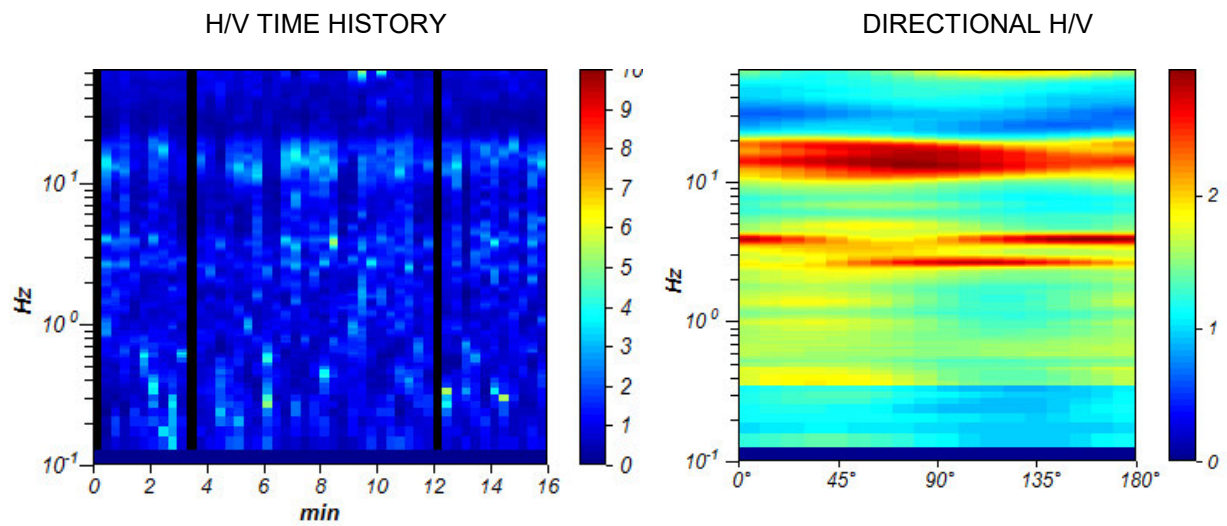


Start recording: 29/03/19 16:05:47 End recording: 29/03/19 16:21:47
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Trace length: 0h16'00". Analyzed 94% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

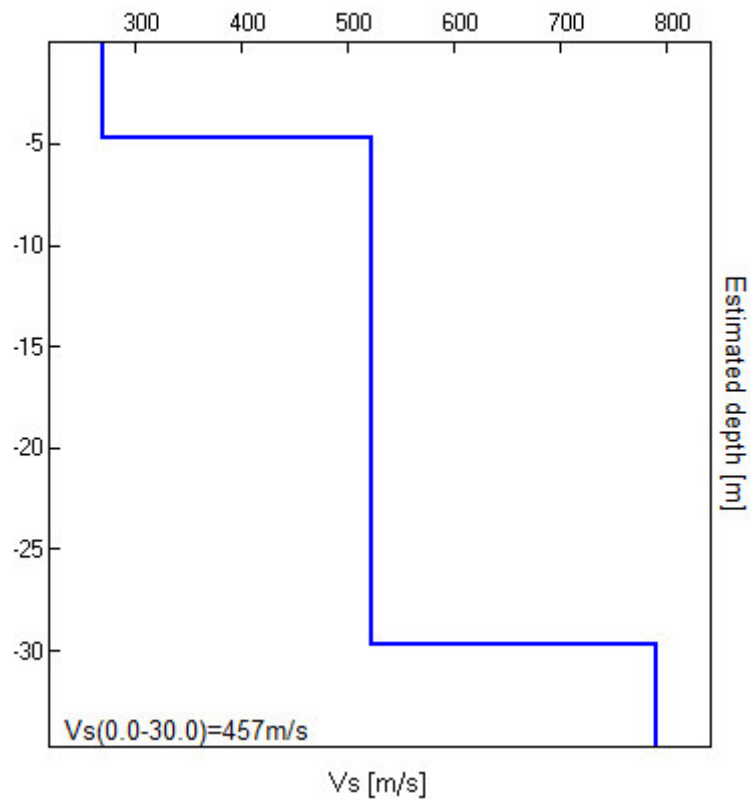
Max. H/V at 13.59 ± 4.76 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).





Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
4.70	4.70	270	0.40
29.70	25.00	522	0.35
inf.	inf.	790	0.35

Vs eq = 457 m/s



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 13.59 ± 4.76 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	13.59 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	12234.4 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 654 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	8.188 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	20.75 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.09 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.34999 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$4.75763 < 0.67969$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.8478 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency

σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

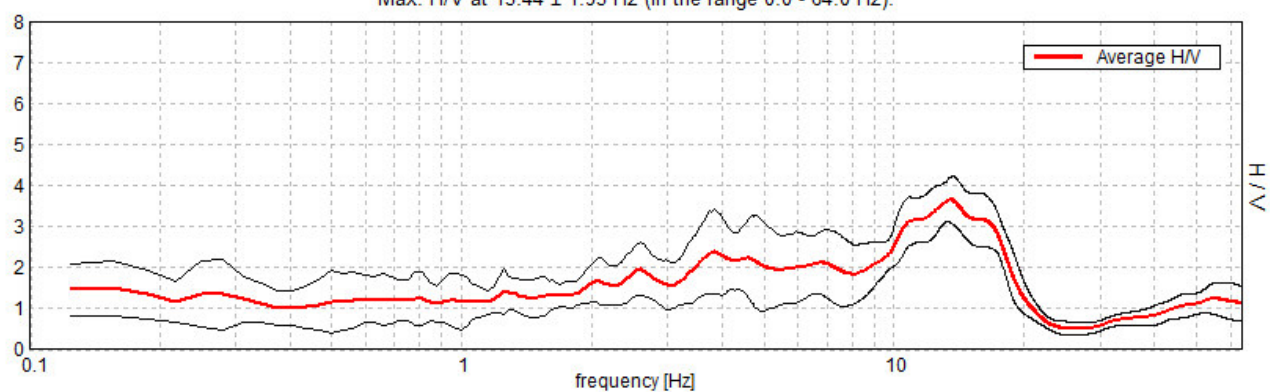
HV2

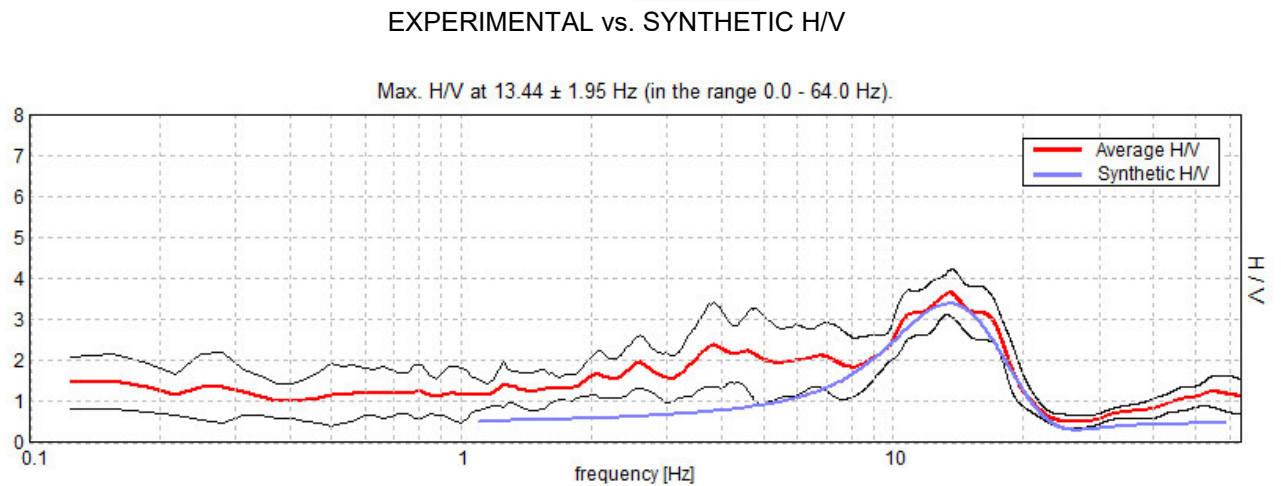
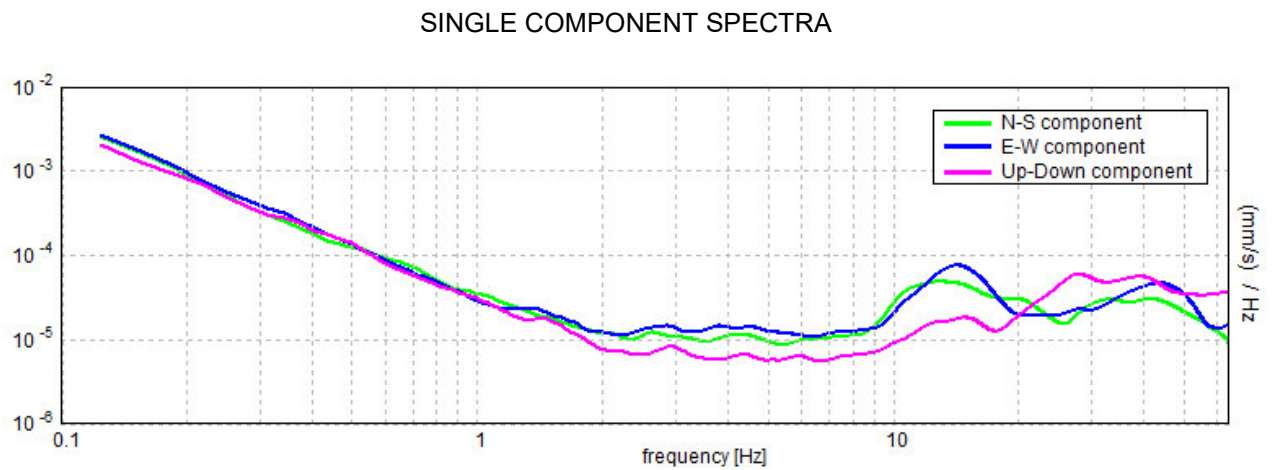
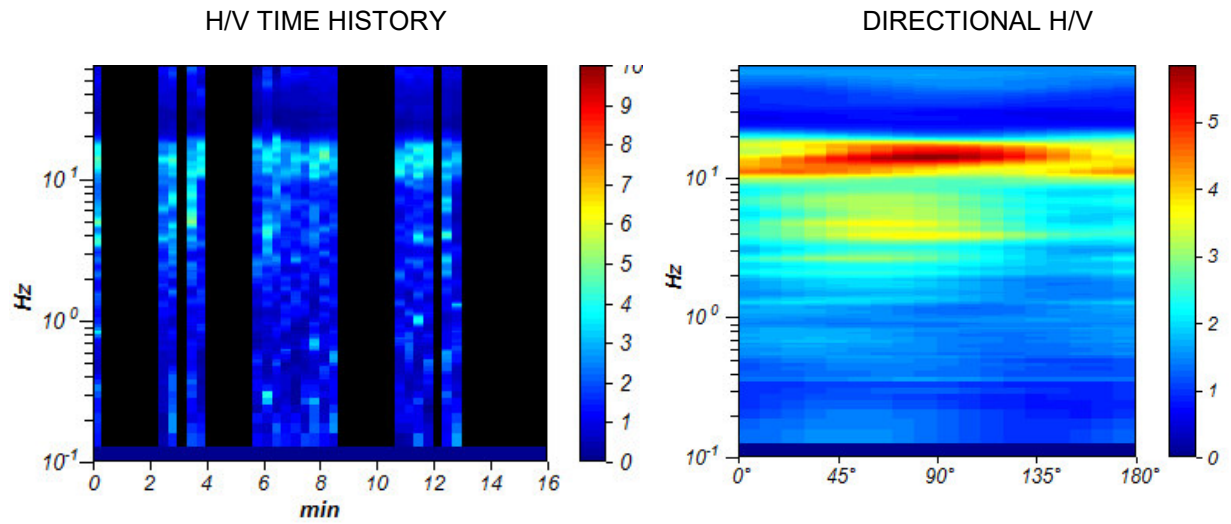


Start recording: 29/03/19 16:39:35 End recording: 29/03/19 16:55:35
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Trace length: 0h16'00". Analyzed 42% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

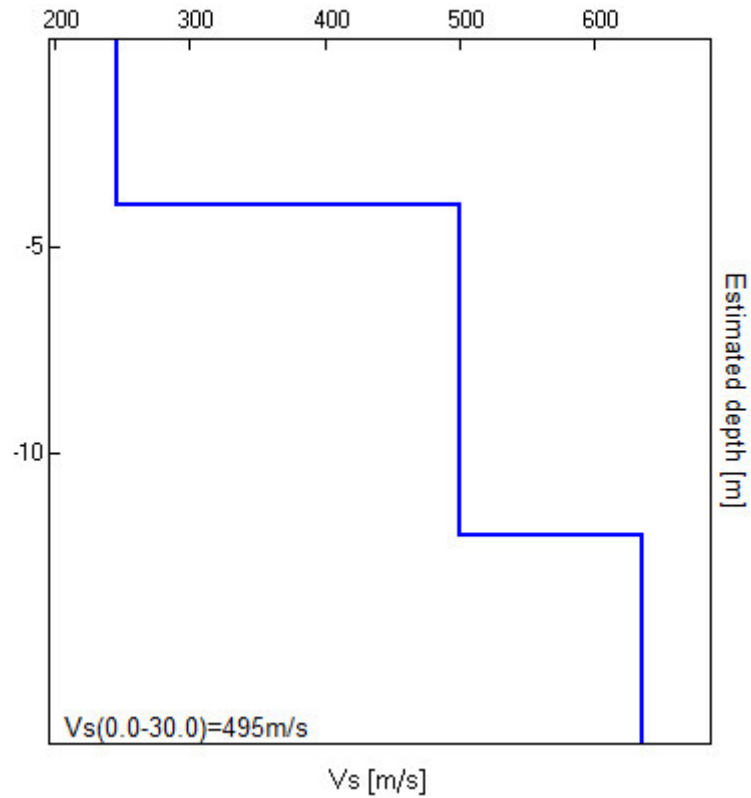
Max. H/V at 13.44 ± 1.95 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).





Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
4.00	4.00	246	0.40
12.00	8.00	500	0.35
inf.	inf.	635	0.35

Vs eq = 495 m/s



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 13.44 ± 1.95 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	13.44 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	5375.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 646 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	18.844 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.64 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.14496 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.94788 < 0.67188$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5441 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency

σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Risultati delle analisi MASW 3



Sito: Istituto Scolastico Marco Polo – Calvari – San Colombano Certenoli
Data: Marzo 2019

Redatto da MASW
(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....24
Distanza tra i sensori:.....0m
Numero di campioni temporali2048
Passo temporale di acquisizione 1.024ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 2096.13ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

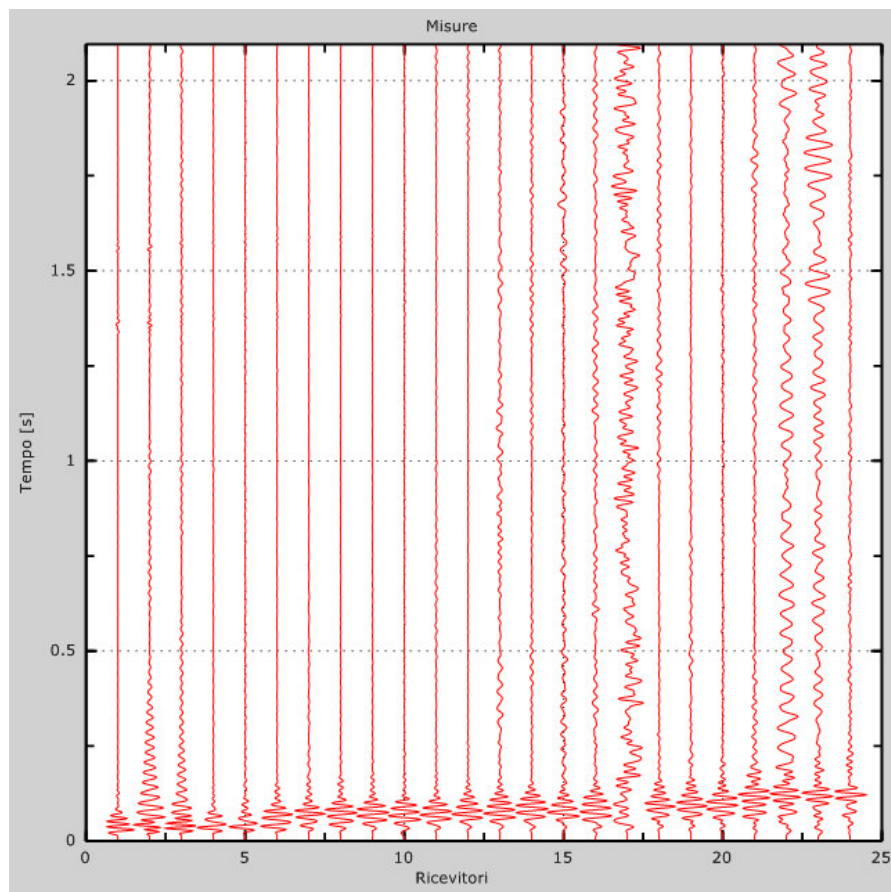


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 70Hz
Frequenza iniziale 20Hz

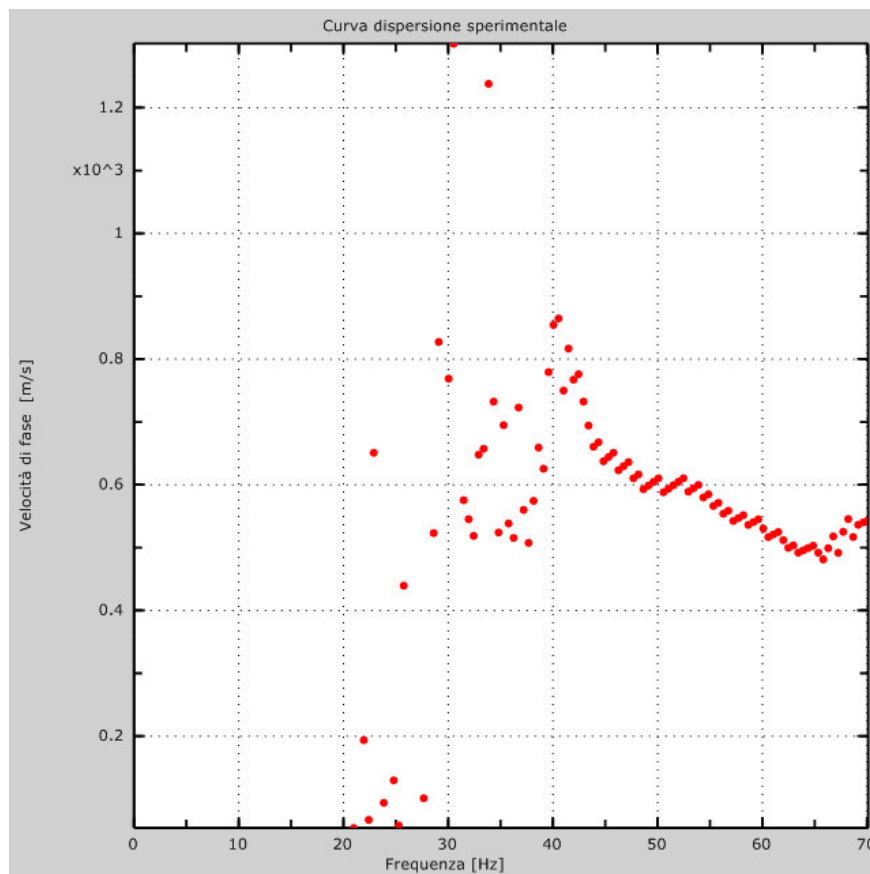


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
41.639	816.306	771.395	861.217
44.1774	671.592	631.671	711.513
50.5235	621.69	591.749	651.631
59.5666	556.818	536.858	576.779
70.1169	546.838	516.897	576.779

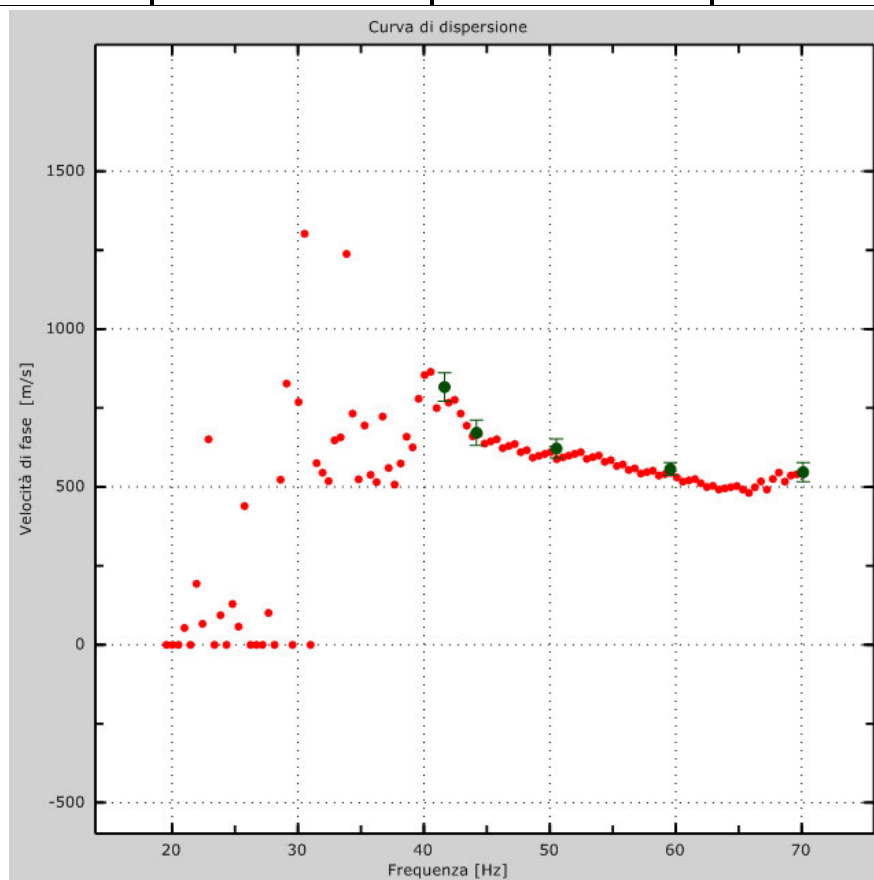


Figura 3: Curva di dispersione

4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio)	6
Spaziatura ricevitori	1m
Numero ricevitori.....	24
Numero modi	1

Strato 1

h [m].....	2
z [m].....	-2
Densità [kg/m ³].....	1800
Poisson	0.35
Vs fin.[m/s]	545

Strato 2

h [m].....	3
z [m].....	-5
Densità [kg/m ³].....	2000
Poisson	0.3
Vs fin.[m/s]	550

Strato 3

h [m].....	3
z [m].....	-8
Densità [kg/m ³].....	2100
Poisson	0.3
Vs fin.[m/s]	900

Strato 4

h [m].....	4
z [m].....	-12
Densità [kg/m ³].....	2200
Poisson	0.25
Vs fin.[m/s]	900

Strato 5

h [m].....	4
z [m].....	-16
Densità [kg/m ³].....	2300
Poisson	0.25
Vs fin.[m/s]	900

Strato 6

h [m].....0
z [m].....-∞
Densità [kg/m³].....2400
Poisson0.25
Vs fin.[m/s]900

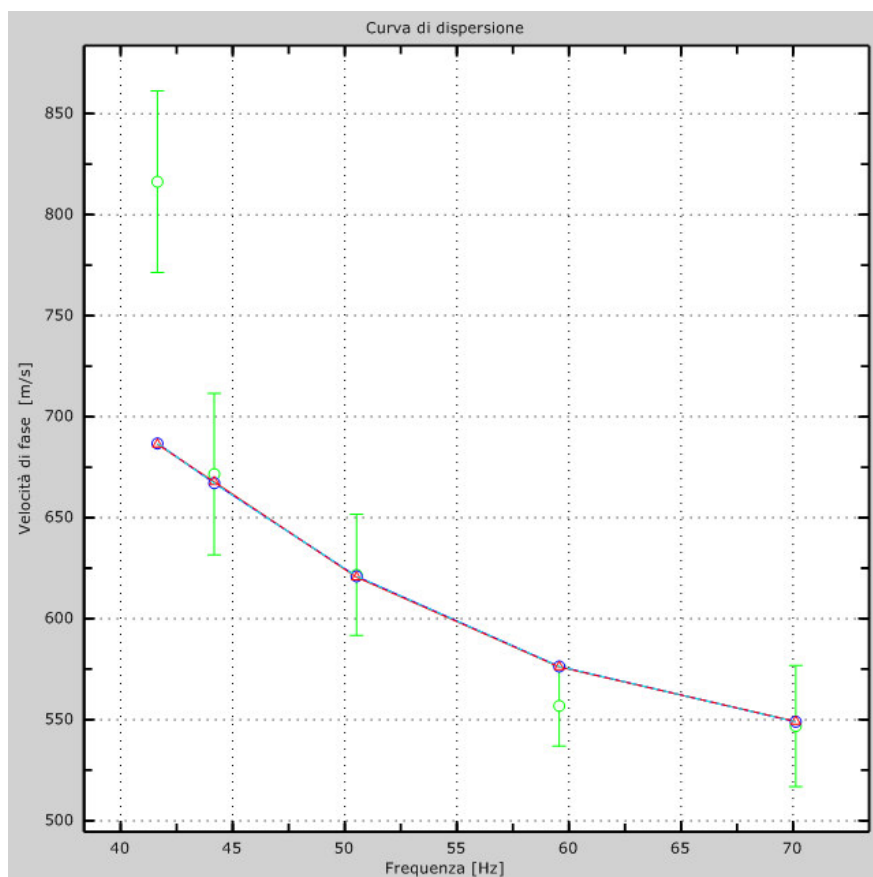


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

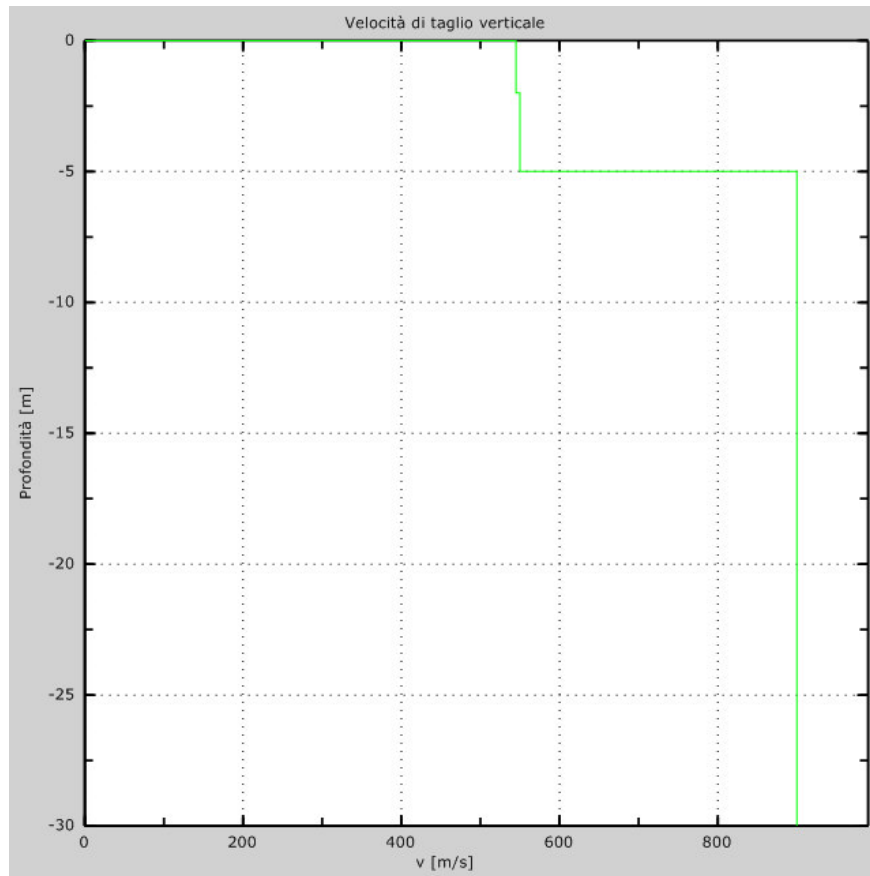


Figura 5: Profilo Vs numerico

5 - Risultati finali

Piano di riferimento $z=0$ [m].....0

V_{seq} [m/s].....548

Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).

Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.

Le caratteristiche meccaniche degli strati migliorano gradualmente con la profondità

Tipo di suolo B

Tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s

ALL.2:
RESOCONTO DELLE OPERAZIONI DI SONDAGGIO A
CAROTAGGIO CONTINUO

COMMITTENTE: SINGEO S.R.L.

CANTIERE: I.P.S.E.O.A. POLO MARCO
Via Soracco A., 7 - San Colombano Certenoli (GE)

SONDAGGIO N.: S1

DATA INIZIO: 21/03/2019 **DATA FINE:** 21/03/2019

[illegible]

RIVESTIMENTI				
	DA m	A m	DIAM.	SCARPA
	P.C.	5,50	140,00	widia

PROVE PERMEABILITA'				
N.	TIPO	DA m	A m	NOTE

[illegible]

CAMPIONI INDISTURBATI				
N.	DA m	A m	CAMPION.	NOTE
1	3,60	4,00	Shelby	-

[illegible]

PIEZOMETRO					
	DIAM.	CIECO	MICROFES.	L tot	CAPITELLO
	2"	0,00	8,60	8,60	in elevazione con lucchetto

INCLINOMETRO			
	DIAM.	L tot	CAPITELLO

CASSETTE CATALOGATRICI N.	02
SONDA IMPIEGATA	BERETTA T46

NOTE:

[illegible]

VIA SELASCHI, 35/I
16040 LEIVI (GE)
Tel. 0185 370.875 Fax 0185 371.875

COMMITTENTE: SINGEO S.R.L.

CANTIERE: I.P.S.E.O.A. POLO MARCO
Via Soracco A., 7 - San Colombano Certenoli (GE)

SONDAGGIO N.: S2

DATA INIZIO: 22/03/2019 **DATA FINE:** 22/03/2019

[illegible]

RIVESTIMENTI				
	DA m	A m	DIAM.	SCARPA
	P.C.	5,00	140,00	widia

PROVE PERMEABILITA'				
N.	TIPO	DA m	A m	NOTE

[illegible]

CAMPIONI INDISTURBATI				
N.	DA m	A m	CAMPION.	NOTE

[illegible]

PIEZOMETRO					
	DIAM.	CIECO	MICROFES.	L tot	CAPITELLO

INCLINOMETRO			
	DIAM.	L tot	CAPITELLO

CASSETTE CATALOGATRICI N.	02
SONDA IMPIEGATA	BERETTA T46

NOTE: *Matrice umida da -3.00 m.*

[illegible]

SINGEO S.R.L.
I.P.S.E.O.A. POLO MARCO – VIA SORACCO A., 7 – S. COLOMBANO CERT. (GE)
SONDAGGIO S1



Foto 1: Postazione di sondaggio



Foto 2: Cassetta catalogatrice 1 - da P.C. a 5,00 m

SINGEO S.R.L.
I.P.S.E.O.A. POLO MARCO – VIA SORACCO A., 7 – S. COLOMBANO CERT. (GE)
SONDAGGIO S1



Foto 3: Cassetta catalogatrice 2 - da 5,00 a 8,40 m



Foto 4: Finitura testa piezometro

SINGEO S.R.L.
I.P.S.E.O.A. POLO MARCO – VIA SORACCO A., 7 – S. COLOMBANO CERT. (GE)
SONDAGGIO S2



Foto 1: Postazione di sondaggio



Foto 2: Cassetta catalogatrice 1 - da P.C. a 5,00 m

SINGEO S.R.L.
I.P.S.E.O.A. POLO MARCO – VIA SORACCO A., 7 – S. COLOMBANO CERT. (GE)
SONDAGGIO S2

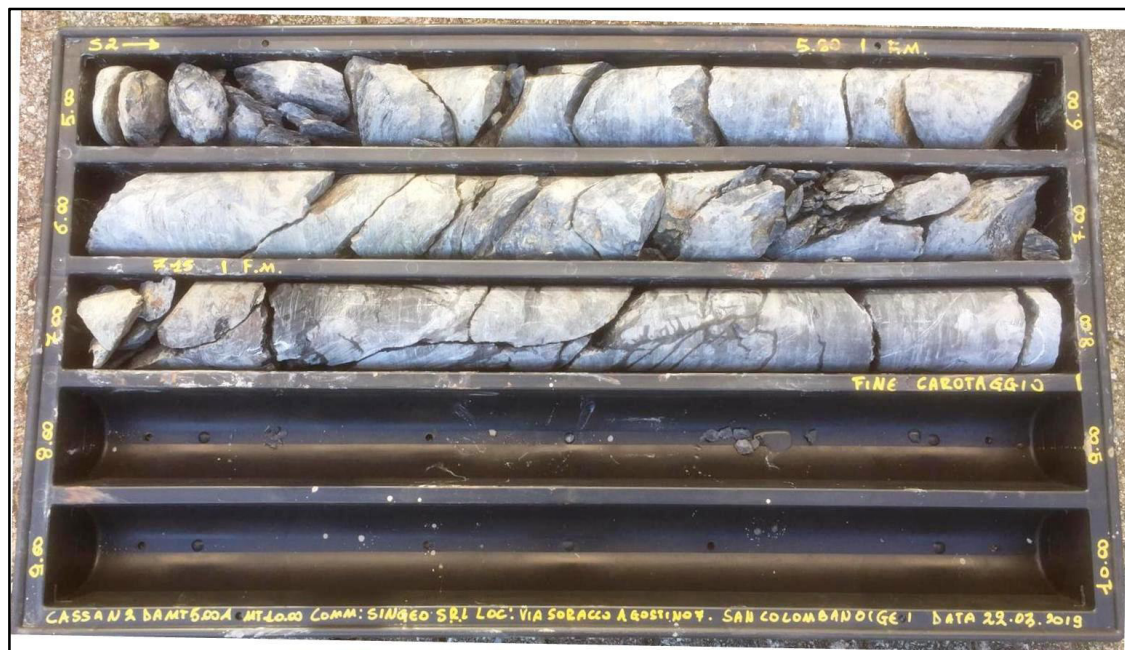


Foto 3: Cassetta catalogatrice 2 - da 5,00 a 8,00 m

ALL.3:
CERTIFICATI DELLE ANALISI DI LABORATORIO

RAPPORTO DI PROVA n. 19038-01

Verbale di accettazione N. 19038 del 02/04/2019

Data di emissione: 09/04/2019

Cliente: BORGHI DRILL SRL

Cantiere: I.P.S.E.O.A. POLO MARCO - Via Soracco, 7 - San Colombano Certenoli (GE)

Genova, 09/04/2019

Paolo Brasey
(Direttore del laboratorio)

a RINA company

RINA Consulting - GET S.r.l.

Società soggetta a direzione e coordinamento amministrativo e finanziario del socio unico RINA Consulting S.p.A.

Via Albisola, 64-66 - 16162 Genova

Tel. +39 010 6506644 - Fax +39 010 6591896 - www.rinaconsulting.org - rinaconsulting@rina.org

C.F. / P. IVA 01650450990 - REA GE 425381 - Cap. Soc. € 25.000,00 i.v.

Sede legale: Via S. Nazaro, 19 - 16145 Genova (GE)

CONTENUTO NATURALE IN ACQUA - ASTM D2216-10

Cliente : BORGHI DRILL SRL
 Località : I.P.S.E.O.A. POLO MARCO - Via Soracco, 7 - San Colombano Certenoli (GE)
 Identificazione Campione : Ci1
 Profondità (m) : 3.60 - 4.00 Data Ricevimento : 02/04/2019
 Tipo Campione : Indisturbato Data Esecuzione Prova : 04/04/2019
 Descrizione del Materiale : Argilla sabbiosa di bassa plasticità

Peso lordo umido	(g)	831.04
Peso lordo secco	(g)	728.96
Peso tara	(g)	308.37
Peso netto secco	(g)	420.59
Peso acqua	(g)	102.08
Contenuto in acqua	(%)	24.3

Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey
 Sperimentatore : Dott. Geol. Cristiano Pastore

Note :

ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO - ASTM D422-63

Cliente : BORGHI DRILL SRL
 Località : I.P.S.E.O.A. POLO MARCO - Via Soracco, 7 - San Colombano Certenoli (GE)
 Identificazione Campione : Ci1
 Profondità (m) : 3.60 - 4.00
 Tipo Campione : Indisturbato
 Descrizione del Materiale : Argilla sabbiosa di bassa plasticità

Data Ricevimento : 02/04/2019
 Data Esecuzione Prova : 08/04/2019
 Class. U.S.C.S. : CL

DATI GRANULOMETRICI

Ciottoli (%)	0.00
Ghiaia (%)	3.23
Sabbia (%)	43.16
Limo (%)	40.58
Argilla (%)	13.03
Fini (%)	53.61
D. max (mm)	7.5

ALTRI PARAMETRI

D ₉₀ (mm)	2.543
D ₆₀ (mm)	0.118
D ₅₀ (mm)	0.060
D ₃₀ (mm)	0.017
D ₁₀ (mm)	0.004
C _c	0.61
C _u	29.78

GHIAIA E SABBIA

Forma : angolare
 Durezza : dura e resistente

Note:

-

-

SETACCIATURA

D (mm)	Pass (%)
125.00	100.00
100.00	100.00
90.00	100.00
75.00	100.00
50.80	100.00
38.10	100.00
25.40	100.00
19.00	100.00
12.70	100.00

SETACCIATURA

D (mm)	Pass (%)
9.50	100.00
4.75	96.77
2.00	87.40
0.85	80.13
0.425	74.76
0.250	69.88
0.180	65.51
0.125	60.80
0.075	53.61

SEDIMENTAZIONE

D (mm)	Pass (%)
0.0366	42.36
0.0236	35.67
0.0140	26.76
0.0100	22.30
0.0071	17.84
0.0051	13.38
0.0037	8.92
0.0026	4.46
0.0015	2.23



Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey
 Sperimentatore : Dott. Geol. Andrea Botti

LIMITI DI ATTERBERG - ASTM D4318-10

Cliente : BORGHI DRILL SRL
 Località : I.P.S.E.O.A. POLO MARCO - Via Soracco, 7 - San Colombano Certenoli (GE)
 Identificazione Campione : Ci1
 Profondità (m) : 3.60 - 4.00
 Tipo Campione : Indisturbato
 Descrizione del Materiale : Argilla sabbiosa di bassa plasticità

Data Ricevimento : 02/04/2019
 Data Esecuzione Prova : 08/04/2019
 Class. U.S.C.S. : CL

LIMITE LIQUIDO (MULTIPOINT)

Numero di colpi	(#)	34	24	15
Peso lordo umido	(g)	60.36	54.21	46.97
Peso lordo secco	(g)	51.30	46.72	41.43
Tara	(g)	26.13	26.40	26.64
Peso netto secco	(g)	25.17	20.32	14.79
Peso acqua	(g)	9.06	7.49	5.54
Contenuto acqua	(%)	36.0	36.9	37.5

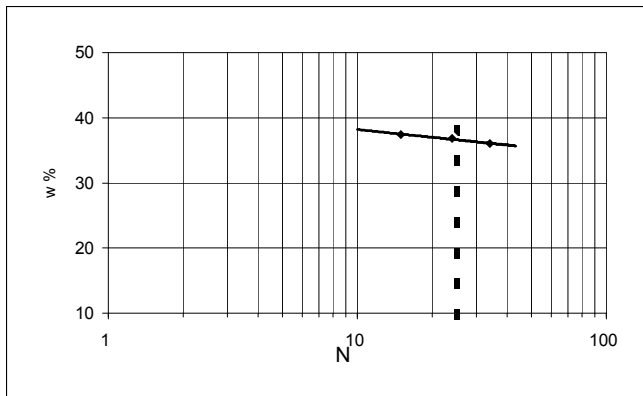
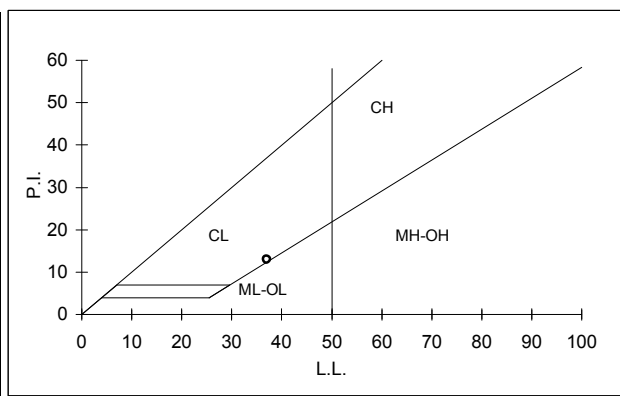
w % (per N=25) 37.0

LIMITE PLASTICO

Peso lordo umido	(g)	32.02	32.25
Peso lordo secco	(g)	30.96	31.12
Tara	(g)	26.45	26.38
Peso netto secco	(g)	4.51	4.74
Peso acqua	(g)	1.06	1.13
Contenuto acqua	(%)	23.5	23.8

w % medio 23.7

LIMITE DI LIQUIDITA' 37
LIMITE DI PLASTICITA' 24
INDICE PLASTICITA' 13

DETERMINAZIONE LIMITE LIQUIDO**CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE**

Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey
 Sperimentatore : Dott. Geol. Andrea Botti

DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME - ASTM D7263-09

Cliente :	BORGHI DRILL SRL		
Località :	I.P.S.E.O.A. POLO MARCO - Via Soracco, 7 - San Colombano Certenoli (GE)		
Identificazione Campione :	Ci1		
Profondità (m) :	3.60 - 4.00		Data Ricevimento : 02/04/2019
Tipo Campione :	Indisturbato		Data Esecuzione Prova : 04/04/2019
Descrizione del Materiale :	Argilla sabbiosa di bassa plasticità		

Geometria della sezione del provino : circolare

Diametro	(cm)	8.42
Altezza	(cm)	11.12
Peso lordo	(g)	1278.20
Peso tara	(g)	0.00
Peso netto	(g)	1278.20
Volume	(cm ³)	619.18
Peso di volume	(kN/m³)	20.25

Direttore Tecnico :	Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore :	Dott. Geol. Cristiano Pastore

Note :

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - ASTM D3080-11*Test eseguito in scatola di Casagrande, con provino immerso, a sezione circolare*

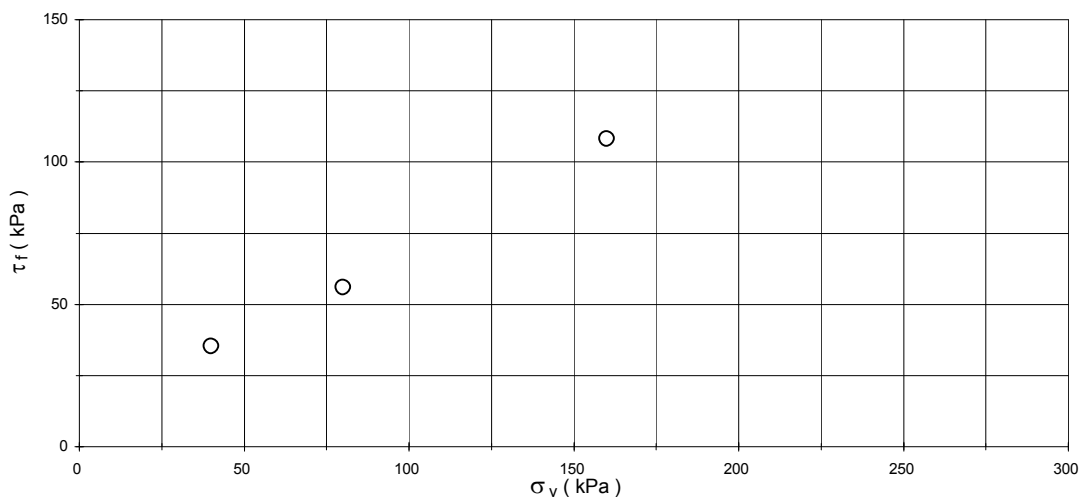
Cliente :	BORGHI DRILL SRL		
Località :	I.P.S.E.O.A. POLO MARCO - Via Soracco, 7 - San Colombano Certenoli (GE)		
Id. Campione :	Ci1		
Profondità (m) :	3.60 - 4.00		
Tipo del campione :	indisturbato	Data Ricevimento :	02/04/2019
Descrizione :	Argilla sabbiosa di bassa plasticità	Data Prova :	04/04/2019

CONDIZIONI INIZIALI

		Provino 1	Provino 2	Provino 3
H	(cm)	2.31	2.31	2.31
D	(cm)	6.00	6.00	6.00
γ_t	(kN/m ³)	20.26	20.21	20.23
W_i	(%)	24.3	24.4	24.0
γ_d	(kN/m ³)	16.30	16.25	16.32
G_s	(-) (stimato)	2.65	2.65	2.65

ROTTURA

		Provino 1	Provino 2	Provino 3
Velocità di avanzamento	(mm/min)	0.005	0.005	0.005
σ_v	(kPa)	40	80	160
ΔH_c	(mm)	0.45	0.88	1.16
ΔH_f	(mm)	0.42	0.37	0.34
d_h	(mm)	2.12	2.87	3.93
τ_f	(kPa)	35.2	56.1	108.3
W_f	(%)	24.5	25.9	26.3
γ_{df}	(kN/m ³)	15.76	15.42	15.32



Note :

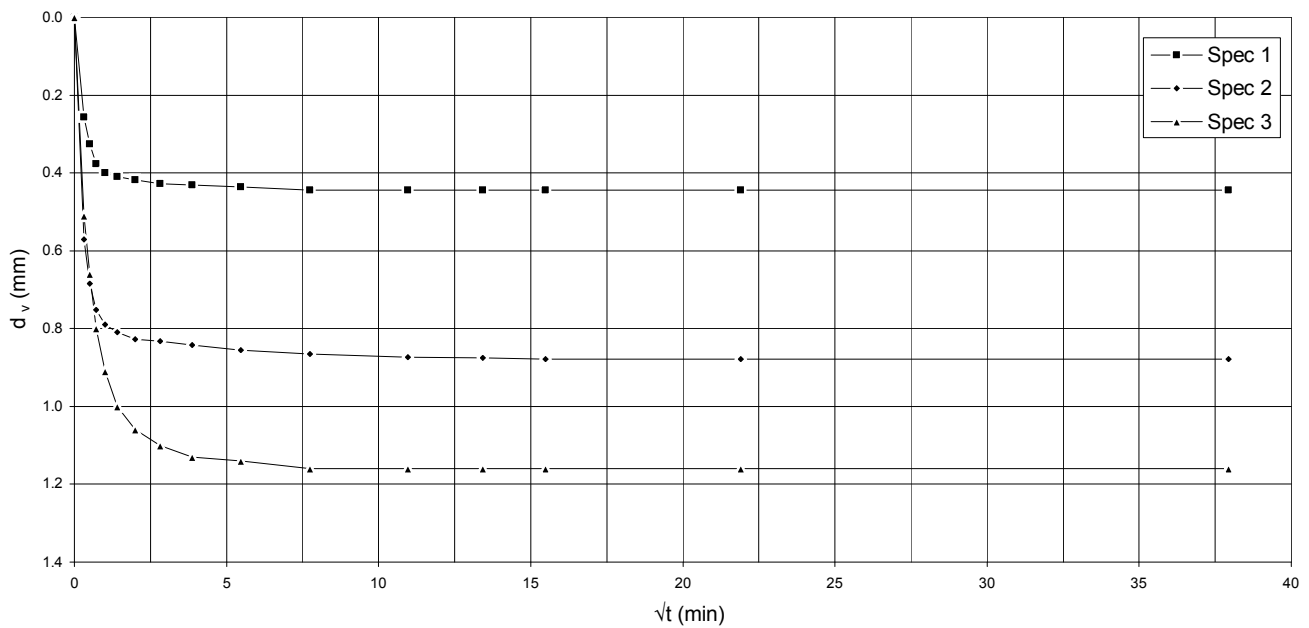
Direttore tecnico :	Dott. Geol. Paolo Brasey	Operatore :	Dott. Geol. Cristiano Pastore
---------------------	--------------------------	-------------	-------------------------------

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - ASTM D3080-11

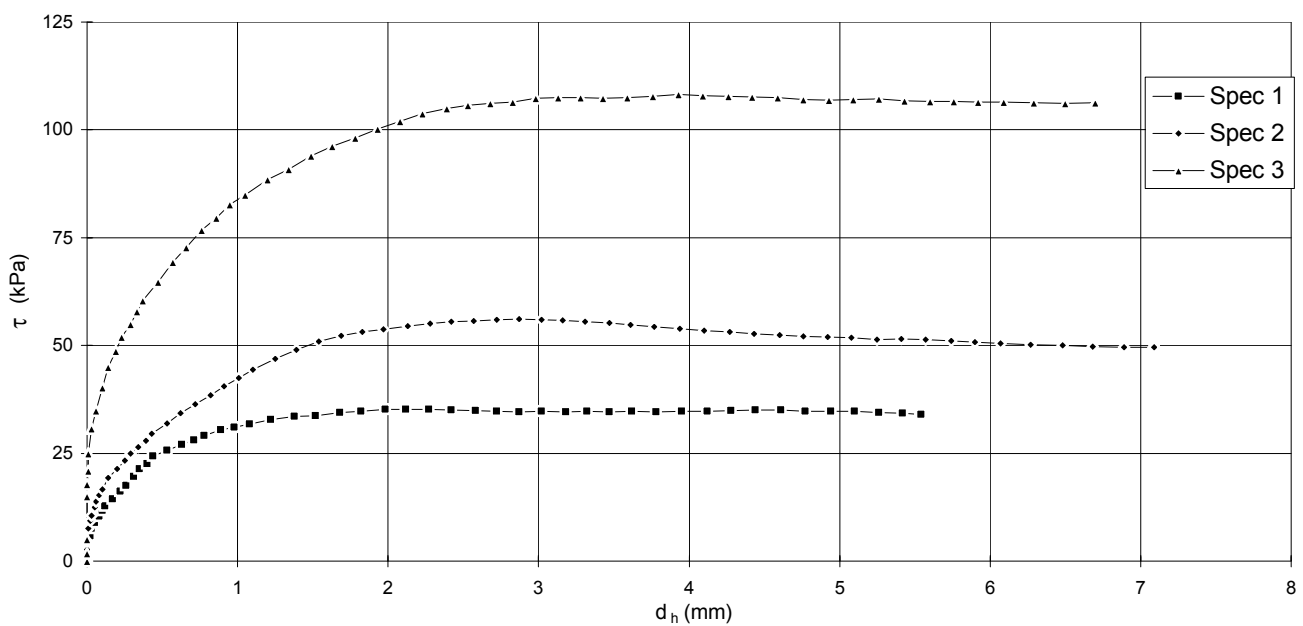
Test eseguito in scatola di Casagrande, con provino immerso, a sezione circolare

Cliente : BORGHI DRILL SRL
 Località : I.P.S.E.O.A. POLO MARCO - Via Soracco, 7 - San Colombano Certenoli (GE)
 Id. Campione : Ci1
 Profondità (m) : 3.60 - 4.00

FASE DI CONSOLIDAZIONE



FASE DI TAGLIO



Direttore tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey

Operatore : Dott. Geol. Cristiano Pastore