Committente:

# *Comune di San Colombano Certenoli*

***Città Metropolitana di Genova***

Oggetto:

# Interventi di mitigazione del rischio idraulico e idrogeologico del torrente Lavagna in loc. Calvari, demolizione e ricostruzione del Ponte "Rachele Lagomarsino", raccordi con la viabilità esistente

## *PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA-ECONOMICA*

Titolo elaborato:

## RELAZIONE GEOLOGICA,
## RAPPORTO SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

*(documento redatto da Dott. Geol. Denjs Tassisto)*


Studi e progetto idraulico:

Ing. Riccardo Giammarini

**STUDIOELB Ingegneri Associati**

Corso Torino 17/6 sc.A - 16129 Genova Tel. 010.5740568 - fax : 010.4211059
e-mail: inge@studioelb.it - PEC: studio@pec.studioelb.it - C.F. e P. I.V.A.: 01933110999

Progetto strutturale:

Ing. Marino Monteverde

Via Scaruglia 39 - 16040 San Colombano Certenoli (GE) Tel. 0185.358630
e-mail: studio@monteverdemarino.191.it


| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| 0 | 14.10.2024 | RG | RG | MM-RG | |
| Revisione | Data | Redatto da: | Verificato da: | Approvato da: | Descrizione |

| | | |
|---|---|---|
| Data:<br>R03.00_Rel-geologica | Scala:<br>- | B48 PF **R03** |

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA - Dott. Geol. Denjs Tassisto
Ordine dei Geologi della Liguria
Piazza Nicoloso, 8/11 - 16036 Recco (Ge)
Vicolo S. Croce 1 - 19015 - Levanto (Sp)
Tel: 0185.75606 - geologia.tassisto@gmail.com
P.Iva: 01795900990 – C.F.: TSSDJS75C25C621R

## COMUNE DI SAN COLOMBANO CERTENOLI

## CITTA METROPOLITANA DI GENOVA

# "MESSA IN SICUREZZA DEL TERRITORIO LOC. CALVARI. ALLARGAMENTO DELLE SEZIONI DI DEFLUSSO DEL TORRENTE LAVAGNA E RIFACIMENTO PONTE STRADALE".

**Committente:**

## COMUNE DI SAN COLOMBANO CERTENOLI

# RELAZIONE GEOLOGICA
# sulle indagini geognostiche

versione 0.1 data: 09.09.2021 contiene: elaborazione dati geognostici
modello geologico di sottosuolo

Geol. Denjs Tassisto




*Geologia Tecnica ed Ambientale - Geologia Applicata all'Ingegneria Civile*
*Consulenza, programmazione, assistenza indagini geognostiche, prove geotecniche in situ*
*Geologia applicata alla difesa del suolo, analisi di stabilità dei pendii, studi idrogeologici*
*Pianificazione territoriale – Microzonazione sismica - GIS*

*Si allegano al testo:*

*stratigrafie dei sondaggi*
*planimetria geologica e delle indagini 1:700*
*sezioni geologiche interpretative 1:200*
*stratigrafie pozzetti con escavatore*

*Si veda per ulteriori dettagli:*
*REPORT DITTA M3D SRL*

## 1. PREMESSA

Il sottoscritto è stato incaricato dal Comune di San Colombano Certenoli di fornire l'**assistenza geologica propedeutica alla progettazione definitiva ed esecutiva dei lavori di "messa in sicurezza del territorio loc. Calvari. Allargamento delle sezioni di deflusso del torrente Lavagna e rifacimento ponte stradale".**

**CUP: G47H19002350002**

Il presente studio, è stato redatto in conformità alle normative vigenti e con lo scopo di definire le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche del sito di intervento e valutare le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti.

Sotto il profilo normativo gli aspetti di maggior rilievo per la compatibilità dell'intervento riguardano l'assetto idraulico, tematica per la quale si rimanda ai tecnici incaricati per ogni approfondimento.

Il programma delle indagini geognostiche e geofisiche è stato condiviso tra tutti i tecnici ed avvallato dalla committenza.

Il presente report ha lo scopo di fornire le prime valutazioni geologiche per coadiuvare la progettazione delle strutture, e contiene una stima del modello geologico di sottosuolo.

La relazione geologica completa sarà redatta una volta individuate le scelte progettuali definitive e forniti gli elaborati progettuali finali.

Il programma di indagini ha previsto :

- n.3 stese sismiche a rifrazione elaborate in tomografia
- n.2 stese sismiche MASW
- n.5 sondaggi a carotaggio continuo ( corredati da prove SPT in foro e prelievo di campioni per analisi di laboratorio geotecnico)
- pozzetti con escavatore a scopo di caratterizzazione dei materiali di scavo.

## 2. INDAGINI

Il compendio degli esiti delle indagini eseguite è riportato nell'allegato report della Ditta M3D srl.

### 2.1. CONSIDERAZIONI GENERALI

I terreni interessati dalle opere a progetto sono prevalentemente costituiti da depositi alluvionali del T. Lavagna, mediamente di natura granulare grossolana, anche con ciottoli di discrete dimensioni.

In sponda sinistra l'attacco del ponte è in corrispondenza di un rilevato di natura antropica, costituito da materiale di riporto per uno spessore di circa 8 m, sovrapposto appunto ai depositi alluvionali, che prevedono mediamente un fuso granulometrico con le classi della ghiaia e della sabbia, miscelati a frazione limosa-argillosa.

La natura dei depositi non ha consentito un campionamento "indisturbato" dei materiali, che sono stati prelevati in cassetta o direttamente durante le manovre di estrusione dal carotiere, con le maggiori cautele possibili atte a contenerne al massimo il rimaneggiamento.

I depositi alluvionali, ancorché localmente presentino lievi variazioni del colore o nella dimensione dei ciottoli e nella percentuale o natura di materiale fine, sono stati considerati come un unico livello stratigrafico-geotecnico.

Prima di pervenire al substrato si incontra un sottile orizzonte che vede la commistione dei materiali alluvionali con la parte corticale superiore del basamento, ridotta in scaglie o talmente alterata e fratturata da risultare un detrito in matrice argillosa. Questo sottile livello di transizione è stato considerato nel modello geologico entro i depositi alluvionali, ritenendo di ragionare a favore di sicurezza.

Dal punto di vista idrogeologico possiamo distinguere i terreni presenti in base al grado di permeabilità:

- terreni a permeabilità elevata e media: sono stati inseriti in questa classe i depositi alluvionali antichi terrazzati, recenti, attuali mobili, ed i riporti; la permeabilità è per porosità ed è direttamente proporzionale alla percentuale di materiale grossolano presente nel fuso granulometrico;
- terreni a bassa permeabilità : il substrato roccioso può risultare caratterizzato da una permeabilità nulla o molto bassa, sino a bassa per fessurazione / fratturazione, a causa delle intense fasi genetiche proprie delle formazioni, e tettoniche proprie di questa zona.

La falda presente entro i depositi alluvionali è ovviamente regolata dal livello idrico del torrente e dagli apporti pluviometrici ricadenti nel bacino del Lavagna.

Le rilevazioni eseguite nei fori di sondaggio indicano valori di falda sempre in buona coincidenza col livello idrico nell'adiacente torrente. Nelle sezioni è stata graficata una superficie di falda che approssimasse i dati rilevati nei sondaggi al livello del fiume; i dati di falda misurati nei sondaggi sono stati considerati dal sottoscritto come indicativi, in quanto possono aver più o meno risentito dell'utilizzo di acqua per l'inserimento dei rivestimenti.

Dal punto di vista geomorfologico si evidenzia infine che la morfologia dei luoghi non determina particolari criticità tali da limitare o condizionare negativamente la realizzazione del progetto.

Non sono presenti situazioni di instabilità gravose, in atto o potenziali che possano limitare la realizzabilità delle opere, peraltro assolutamente indispensabili per ricondurre il tratto in oggetto alle necessarie condizioni di sicurezza idraulica ed idrogeologica.

**2.2 CAROTAGGI**

La tabella che segue sintetizza i dati stratigrafici salienti e le prove in foro eseguite.

| Sigla | Prof. (m) | Descrizione | S.P.T. | Nspt | Campioni (prof) |
|---|---|---|---|---|---|
| **S1** | 0.00-8.00 | RIPORTO | 1.50-1.95<br>3.00-3.45<br>4.50-4.95<br>6.00-6.45<br>7.50-7.95 | 5<br>7<br>10<br>15<br>31 * | S1-C0<br>(3.70-3.92) |
| | 8.00-17.00 | DEPOSITI ALLUVIONALI | 9.00-9.45 | 42 | |
| | 17.00-17.30 | Cappellaccio del substrato | | | |
| | 17.30-20.00 | SUBSTRATO ROCCIOSO<br>RQD %: 0 – 67 - 45 | | | |
| **S2** | 0.00-8.00 | RIPORTO | 1.50-1.95<br>3.00-3.45<br>4.50-4.95<br>6.00-6.45<br>7.50-7.95 | 12<br>7<br>9<br>10<br>19 * | |
| | 8.00-12.00 | DEPOSITI ALLUVIONALI | 9.00-9.45<br>10.50-10.95 | 38<br>33 | S2-C1<br>(8.00-8.30) |
| | 12.00-12.90 | Cappellaccio del substrato | | | |
| | 12.90-20.00 | SUBSTRATO ROCCIOSO<br>RQD%: 57 – 80 – 37 – 0 – 61 – 35 - 50 | | | S2-C2R<br>(14.35-14.60)<br>S2-C3R<br>(17.50-17.63) |
| **S3** | 0.00-14.80 | DEPOSITI ALLUVIONALI | 3.00-3.45<br>4.50-4.95<br>7.50-7.95 | 35<br>24<br>19 | |
| | 14.80-15.55 | Cappellaccio del substrato | | | |
| | 15.55-20.00 | SUBSTRATO ROCCIOSO<br>RQD%: 78 – 11 – 16 - 48 | | | |
| **S4** | 0.00-17.00 | DEPOSITI ALLUVIONALI | 1.50-1.95<br>3.00-3.45<br>6.00-6.45<br>9.00-9.45 | 8<br>8<br>31<br>71 | |
| | 17.00-18.00 | Cappellaccio del substrato | | | |
| | 18.00-20.00 | SUBSTRATO ROCCIOSO<br>RQD%: 40 - 23 | | | |
| **S5** | 0.00-10.50 | DEPOSITI ALLUVIONALI | 1.50-1.95<br>3.00-3.45<br>4.50-4.95<br>6.00-6.45<br>9.00-9.45 | 18<br>44<br>26<br>32<br>30 | S5-C1<br>(5.55-5.80)<br>S5-C2<br>(8.65-8.90) |
| | 10.50-11.20 | Cappellaccio del substrato | | | |
| | 11.20-20.00 | SUBSTRATO ROCCIOSO<br>RQD%: 45 – 51 – 52 – 50 – 64 – 43 – 30 – 48 - 23 | | | S5-C3R<br>(12.50-12.70)<br>S5-C4R<br>(16.90-17.00) |

*(*) : si ritiene che questi valori possano risentire dell'interfaccia col livello sottostante;*

Si riportano a pagina seguente le stratigrafie di dettaglio redatte dal sottoscritto a seguito di controllo continuativo durante le perforazioni.

**"Messa in sicurezza del territorio loc. Calvari. Allargamento delle sezioni di deflusso del Torrente Lavagna e rifacimento ponte stradale"**
**(Committente: COMUNE DI SAN COLOMBANO CERTENOLI)**

SGT **Studio di Geologia Tecnica**
*Dott. Geol. Denjs Tassisto*

METODO DI PERFORAZIONE: Carotaggio continuo
PROFONDITÀ RAGGIUNTA: 20.00 m

Ditta esecutrice: M3D srl

inizio: 22/06/2021
fine: 23/06/2021

# SONDAGGIO S1

| Profondità da p.c. (m) | Spessore strato (m) | Stratigrafia | DESCRIZIONE LITOLOGICA | Falda (m da p.c.) | SPT N° | SPT Prof.(m) | SPT Numero colpi | SPT Diskotest | Campioni indisturbati |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.60 | 0.60 | | Asfalto e riporto di sottofondo stradale | | SPT 1 | 1.65 | chiuse 2 - 2 - 3 | | |
| | | | | | SPT 2 | 3.00 | chiuse 2 - 3 - 4 | | |
| | | | Terreno di riporto eterogeneo: clasti e scaglie prevalentemente spigolosi con spiggoli vivi (diam. max 7 cm; diam. med 3 - 4 cm) frammisti a materiale antropico composto in prevalenza da laterizio, in una matrice limo-sabbiosa con ghiaia, di colore marrone, con maggior percentuale di materiale fine fino a 4 m. La matrice si presenta dilavata dalle operazioni di carotaggio nei tratti da 4.00 a 4.40, da 5.00 a 5.60, da 7.00 a 7.50 m. | | SPT 3 | 4.50 | chiuse 3 - 3 - 4 | | 3.70 C0 3.92 |
| | | | | | SPT 4 | 6.00 | chiuse 6 - 8 - 7 | | |
| 8.00 | 7.40 | | | | SPT 5 | 7.50 | chiuse 11 - 14 - 17 | | |
| | | | | | SPT 6 | 9.00 | chiuse 15 - 20 - 22 | | |
| 13.30 | 5.30 | | Depositi alluvionali: clasti e ciottoli arrotondati (diam. max 10 cm, diam. med 4 cm) eterogenei, prevalentemente argillitici, in matrice limosa debolmente sabbiosa, a tratti ghiaiosa, di colore marrone. La matrice è dilavata dalle operazioni di carotaggio nel tratto tra 11.00 e 11.70 m. | 9.50 | | | | | |
| 17.00 | 3.70 | | Livello di depositi alluvionali frammisti a blocchi e trovanti di varia natura. I primi hanno un diam.max di 7 cm, la matrice risulta completamente assente; i secondi sono rappresentati da litologie argillitiche, marnose e arenacee, di diam. max 20 cm. | | | | | | |
| 17.30 | 0.30 | | Tratto caratterizzato da roccia fortemente alterata (cappellaccio di alterazione del substrato) | | | | | | |
| 20.00 | 2.70 | | Substrato roccioso argillitico, Formazione Val Lavagna. La roccia si presenta poco compatta ed estremamente fratturata fino a 18 m, per poi presentare una maggior compattezza fino a fine sondaggio.<br>RQD: 17-18 m: 0 %<br>18-19 m: 67 %<br>19-20 m: 45 % | | | | | | |

**"Messa in sicurezza del territorio loc. Calvari. Allargamento delle sezioni di deflusso del Torrente Lavagna e rifacimento ponte stradale"**
**(Committente: COMUNE DI SAN COLOMBANO CERTENOLI)**

SGT **Studio di Geologia Tecnica**
*Dott. Geol. Denjs Tassisto*

METODO DI PERFORAZIONE: Carotaggio continuo
PROFONDITÀ RAGGIUNTA: 20.00 m

Ditta esecutrice: M3D srl

inizio: 21/06/2021
fine: 22/06/2021

# SONDAGGIO S2

| Profondità da p.c. (m) | Spessore strato (m) | Stratigrafia | DESCRIZIONE LITOLOGICA | Falda (m da p.c.) | SPT N° | SPT Prof.(m) | SPT Numero colpi | SPT Diskotest | Campioni indisturbati |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.50 | 0.50 | | Pre-scavo | | SPT 1 | 1.65 | chiuse 7 - 6 - 6 | | |
| 0.85 | 0.35 | | Materiale di riporto spigoloso costituente il sottofondo stradale, di colore grigio-nero | | | | | | |
| 1.42 | 0.57 | | Materiale di riporto: materiali lapidei spigolosi (diam.max 8 cm; diam.med 3-4 cm), in abbondante matrice limosa di colore marroncino | | SPT 2 | 3.00 | chiuse 3 - 3 - 4 | | |
| | | | Terreno di riporto: clasti eterogenei in prevalenza spigolosi ma subordinatamente anche arrotondati, di diam. max 8 cm e diam. med 3-4 cm, con elementi antropici quali laterizi, ferro, cavi elettrici, chiodi, in matrice limoso sabbiosa con presenza sporadica di ghiaia, di colore marrone. Da 1.42 a 5.60 si presentano locali livelletti maggiormente ricchi in limo, di colore marrone-grigio.<br>Si rilevano inoltre livelli a predominanza limoso-sabbiosa/sabbioso-limosa con rari clasti alle quote di 5.60 - 6.00 m; 6.20 - 6.35 m; 7.24 - 7.55 m. | | SPT 3 | 4.50 | chiuse 5 - 5 - 4 | | |
| | | | | 6.20 | SPT 4 | 6.00 | chiuse 4 - 5 - 5 | | |
| 8.00 | 6.58 | | | | SPT 5 | 7.50 | chiuse 2 - 8 - 10 | | 8.00 C1 8.30 |
| | | | Depositi alluvionali: ciottoli e scaglie eterogenei, in prevalenza argillitici, di diam. max 9 cm e diam. med 3 cm, in matrice limoso sabbiosa di colore marrone. Si può notare un tratto a scheletro ghiaioso con matrice limosa tra 11.10 e 12 m. Nei tratti compresi tra 9.00 e 9.40 m e 11.60 e 12 m si hanno tratti con abbondanti elementi lapidei, mentre tra 10.00 e 10.80 m si presenta un tratto dilavato dalle operazioni di carotaggio | | SPT 6 | 9.00 | chiuse 22 - 21 - 17 | | |
| 12.00 | 4.00 | | | | SPT 7 | 10.50 | chiuse 10 - 14 - 19 | | |
| 12.90 | 0.90 | | Livello caratterizzato da depositi alluvionali limoso-argillosi di colore grigio, i clasti presenti hanno dimensioni massime di 2/3 cm, mentre si può notare il prodotto di alterazione e disfacimentodel cappellaccio di alterazione del substrato | | | | | | |
| 20.00 | 7.10 | | Substrato roccioso argillitico, Formazione Val Lavagna. La roccia si presenta a tratti alternati compatta (12.90 - 15.00; 16.50 - 18.30; 18.80 - 20.00) o scistosa e disgregata (15 - 16.50; 18.30 - 18.80). Il tratto compatto da 18.80 a 20 m è rappresentato da argilloscisti neri e ardesiaci.<br>RQD:<br>13-14 m: 57 %<br>14-15 m: 80 %<br>15-16 m: 37 %<br>16-17 m: 0%<br>17-18 m.: 61 %<br>18-19 m: 35 %<br>19-20 m: 50 % | | | | | | 14.35 C2R 14.60<br>17.50 C3R 17.65 |

**"Messa in sicurezza del territorio loc. Calvari. Allargamento delle sezioni di deflusso del Torrente Lavagna e rifacimento ponte stradale"**
**(Committente: COMUNE DI SAN COLOMBANO CERTENOLI)**

SGT **Studio di Geologia Tecnica**
*Dott. Geol. Denjs Tassisto*

METODO DI PERFORAZIONE: Carotaggio continuo
PROFONDITÀ RAGGIUNTA: 20.00 m

Ditta esecutrice: M3D srl

inizio: 15/06/2021
fine: 15/06/2021

# SONDAGGIO S3

| Profondità da p.c. (m) | Spessore strato (m) | Stratigrafia | DESCRIZIONE LITOLOGICA | Falda (m da p.c.) | SPT N° | SPT Prof.(m) | SPT Numero colpi | SPT Diskotest | Campioni indisturbati |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.40 | 2.40 | | Elementi lapidei prevalentemente argillitici in scaglie e clasti a spigoli vivi in matrice prevalentemente sabbiosa fine e media, con ghiaia, di colore marrone grigio; lo scheletro ha diam. max di 11 cm e diam. medio di 4 cm; tra 1.90 e 2.35 m si ha un livello sabbioso debolmente limoso. | | SPT 1 | 1.65 | chiuse 5 - 10 - 8 | | |
| | | | | | SPT 2 | 3.00 | chiuse 9 - 17 - 18 | | |
| | | | Depositi alluvionali: ciottoli con angoli da subarrotondati ad arrotondati, alternativamente subangolari, prevalentemente di natura argillitica, di diam. max 10 cm e diam. med 3 cm, in una matrice sabbioso-limosa o limoso-sabbiosa, a tratti francamente limosa, di colore marrone. Tra 5.00 - 5.50, 6.00 - 6.65 e 9.00 - 9.35 la matrice è dilavata a causa delle operazioni di carotaggio. | 4.50 | SPT 3 | 4.50 | chiuse 11 - 11 - 13 | | |
| 9.35 | 6.95 | | | | SPT 4 | 6.00 | chiuse 7 - 7 - 11 | | |
| | | | Depositi alluvionali molto grossolani, la frazione fine è presumibilmente dilavata ma comunque subordinata; si ha alternanza di grandi ciottoli con diametro compreso tra 22 e 29 cm di natura arenacea e argillitica, con livelli intermedi di ciottoli più piccoli con diametro max 10 cm e medio di 5 cm e rara presenza di ghiaia | | SPT 5 | 7.50 | chiuse 7 - 9 - 9 | | |
| 14.80 | 5.45 | | | | | | | | |
| 15.55 | 1.45 | | Limo argilloso grigio con ciottoli arrotondati o ridotti in scaglie di argilloscisti, di diametro max 8 cm | | | | | | |
| 20.00 | 4.45 | | Substrato roccioso argillitico, Formazione Val Lavagna. La roccia si presenta compatta fino a 17.65 m, da dove si rinvengono argilloscisti scagliosi, neri, ardesiaci, anche detritizzati dal carotiere. Si rinviene un livello marnoso tra 19.15 e 19.43 m, seguito nuovamente da argilloscisti.<br>RQD:<br>16-17 m: 78 %<br>17-18 m: 11 %<br>18-19 m: 16 %<br>19-20 m: 48% | | | | | | |

**"Messa in sicurezza del territorio loc. Calvari. Allargamento delle sezioni di deflusso del Torrente Lavagna e rifacimento ponte stradale"**
**(Committente: COMUNE DI SAN COLOMBANO CERTENOLI)**

SGT **Studio di Geologia Tecnica**
*Dott. Geol. Denjs Tassisto*

METODO DI PERFORAZIONE: Carotaggio continuo
PROFONDITÀ RAGGIUNTA: 20.00 m

Ditta esecutrice: M3D srl

inizio: 14/06/2021
fine: 14/06/2021

# SONDAGGIO S4

| Profondità da p.c. (m) | Spessore strato (m) | Stratigrafia | DESCRIZIONE LITOLOGICA | Falda (m da p.c.) | SPT N° | SPT Prof.(m) | SPT Numero colpi | SPT Diskotest | Campioni indisturbati |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.30 | 0.30 | | Terreno vegetale | | SPT 1 | 1.65 | chiuse 3 - 3 - 5 | | |
| 3.00 | 2.70 | | Depositi alluvionali: ciottoli arrotondati eterogenei, prevalentemente calcarei e argillici, subarrotondati, appiattiti, scagliosi, di diam. max 8 cm e diam. med 3 cm, in matrice sabbiosa fine-limosa con ghiaia, di colore marrone scuro. I livelli tra 0.90 e 1.15 e tra 2.70 e 3.00 m mostrano una prevalenza limoso-sabbiosa. | | SPT 2 | 3.00 | chiuse 4 - 3 - 5 | | |
| | | | Depositi alluvionali: ciottoli arrotondati e/o subarrotondati, piatti e scagliosi, di diam. max 8 cm e diam. med 3-4 cm, in matrice sabbiosa fine, debolmente limosa, di colore marrone chiaro-grigiastro. | 6.00 | SPT 3 | 4.50 | chiuse 23 - 24 - 22 | | |
| 6.00 | 3.00 | | Depositi alluvionali:ciottoli con ghiaia (diam. max 8 cm; diam. medio 2 - 3 cm) in matrice sabbiosa di colore grigio. La matrice è dilavata dalle operazioni in fora tra 6.00 e 6.60 m. | | SPT 4 | 6.00 | chiuse 35 - 29 - 42 | | |
| 8.00 | 2.00 | | | | | | | | |
| | | | Depositi alluvionali:ciottoli con ghiaia di diam. max 4-5 cm in matrice sabbiosa debolmente limosa, di colore marrone. Si alternano livelletti con maggior percentuale di limo nei tratti compresi tra 8.00 - 8.50 m; 9.60 - 9.80 m; 10.30 - 10.50 m; 10.80 - 11.40 m a livelli con ciottoli argillitici e arenacei in maggior percentuale di diam. max 10 cm e minor limo. | | | | | | |
| 11.50 | 3.50 | | | | | | | | |
| | | | Livello grigio con grandi ciottoli/trovanti calcarei, arenacei, argillitici, di diam. max 20 cm, in matrice assente o dilavata. | | | | | | |
| 13.80 | 2.30 | | | | | | | | |
| | | | Depositi alluvionali: ciottoli da arrotondati a sub-arrotondati, di diam. max 7 cm e diam. medio 3 cm, con ghiaia, in matrice sabbioso-limosa/limoso-sabbiosa, a tratti con maggior percentuali limose o dilavata, di colore marrone. | | | | | | |
| 17.00 | 3.20 | | | | | | | | |
| 18.00 | 1.00 | | Livello di maggior alterazione del substrato ridotto in ghiaia dal carotiere, in matrice argillosa grigio nerastra. | | | | | | |
| 20.00 | 2.00 | | Substrato roccioso, Formazione Val Lavagna. La roccia si presenta alterata e fratturata, con pieghe a piccola scala, contorta, a tratti ridotta in blocchetti, con superfici di strato non individuabili. Si tratta di argilloscisti neri, a tratti con maggior competenza, con rari/rari/rari delle fratture calcitici e alcuni tratti di roccia sbriciolata. Si notano fratture subverticali e a 45°.<br>RQD:<br>18-19 m: 40 %<br>19-20 m: 23 % | | | | | | |

**"Messa in sicurezza del territorio loc. Calvari. Allargamento delle sezioni di deflusso del Torrente Lavagna e rifacimento ponte stradale"**
**(Committente: COMUNE DI SAN COLOMBANO CERTENOLI)**

SGT **Studio di Geologia Tecnica**
*Dott. Geol. Denjs Tassisto*

METODO DI PERFORAZIONE: Carotaggio continuo
PROFONDITÀ RAGGIUNTA: 20.00 m

Ditta esecutrice: M3D srl

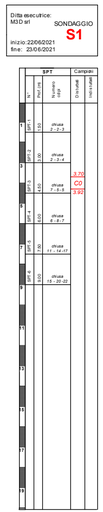
inizio: 18/06/2021
fine: 18/06/2021

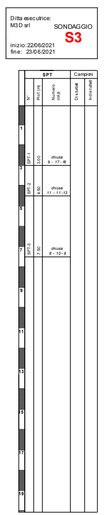
# SONDAGGIO S5

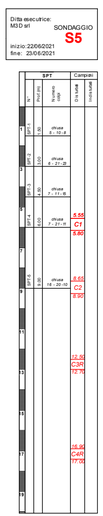
| Profondità da p.c. (m) | Spessore strato (m) | Stratigrafia | DESCRIZIONE LITOLOGICA | Falda (m da p.c.) | SPT N° | SPT Prof.(m) | SPT Numero colpi | SPT Diskotest | Campioni indisturbati |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.30 | 0.30 | | Terreno vegetale | | SPT 1 | 1.65 | chiuse 5 - 10 - 8 | | |
| 1.50 | 1.20 | | Depositi alluvionali: limo - limo sabbioso con clasti eterogenei minuti, arrotondati e non arrotondati. Colore marrone bruno. | | SPT 2 | 3.00 | chiuse 6 - 21 - 23 | | |
| 4.50 | 3.00 | | Depositi alluvionali: clasti e scaglie eterogenee di diam. max 8 cm e diam. medio 2-3 cm, con spigoli da sub-arrotondati a sub-angolari, in matrice sabbiosa limosa con ghiaia, asciutto, di colore grigio chiaro/marroncino. | | SPT 3 | 4.50 | chiuse 7 - 11 - 15 | | |
| | | | | 5.00 | SPT 4 | 6.00 | chiuse 7 - 21 - 11 | | 5.55 C1 5.80 |
| | | | Depositi alluvionali: ciottoli da arrotondati a sub-angolari, di diam. max 8 cm e diam. medio 3-4 cm, in matrice limoso-sabbiosa/sabbioso-limosa con ghiaia, di colore marrone. A tratti la matrice presenta maggiori percentuali di limo. Il tratto tra 5.00 - 7.00 m presenta un contenuto lapideo più abbondante; i tratti compresi tra 6.00 - 6.70 m e 9.30 - 10.30 m risultano dilavati dalle operazioni di carotaggio, con minor recupero di materiale. | | SPT 5 | 9.00 | chiuse 16 - 20 - 16 | | 8.65 C2 8.90 |
| 10.50 | 6.00 | | | | | | | | |
| 11.20 | 0.70 | | Limo - argilloso, grigio, con ciottoli arrotondati di diam. max 9 cm, con sabbia e ghiaia | | | | | | |
| | | | Substrato roccioso argillitico, Formazione Val Lavagna. La roccia si presenta compatta da 11.20 a 14 m.<br>Da 14 a 16 m rocca contorta e piegata, ancora abbondantemente compatta.<br>Da 16 a 17 m rocca contorta con forte fratturazione anche subverticale e in generale molto variabile.<br>Da 17 a 20 m rocca contorta con argilloscisti neri e argilliti, con livello marnoso tra 17.30 - 17.60.<br>Nei tratti tra 17.45 - 17.80 m; 19.00 - 19.30 m; 19.80 - 20.00 la roccia è scagliosa e detritizzata dal carotiere.<br>RQD:<br>11.20-12 m: 45%<br>12-13 m: 51%<br>13-14 m: 52%<br>14-15 m: 50%<br>15-16 m: 64%<br>16-17 m: 43%<br>17-18 m: 30%<br>18-19 m: 48%<br>19-20 m: 23% | | | | | | 12.50 C3R 12.70<br>16.90 C4R 17.30 |
| 20.00 | 8.80 | | | | | | | | |

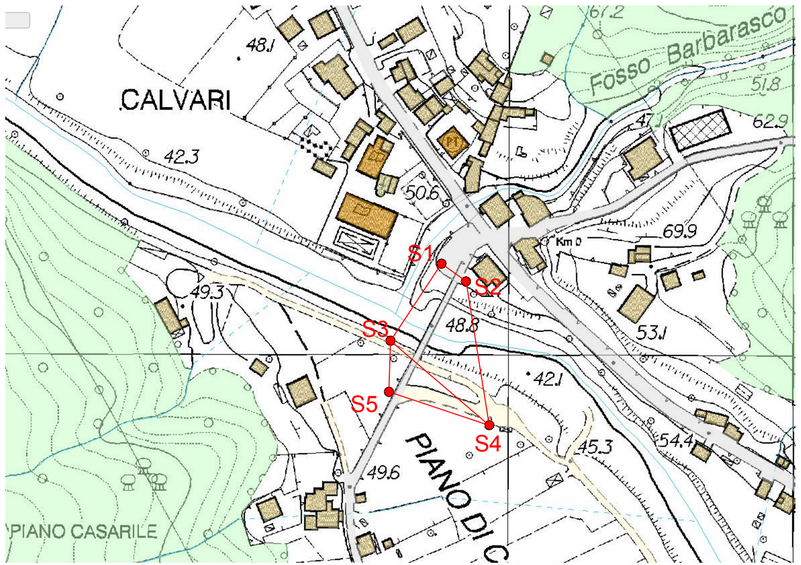
SAN COLOMBANO CERTENOLI - LOC. CALVARI

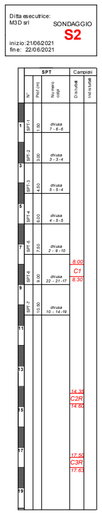
UBICAZIONE DEFINITIVA DEI SONDAGGI
E SINTESI DELLE PROVE GEOTECNICHE ESEGUITE

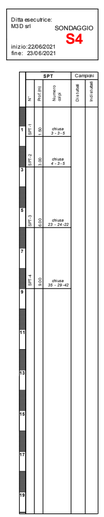



**MESSA IN SICUREZZA DEL TERRITORIO LOC. CALVARI.**
**ALLARGAMENTO DELLE SEZIONI DI DEFLUSSO DEL TORRENTE LAVAGNA E RIFACIMENTO PONTE STRADALE.**

**Campioni prelevati ed analisi di laboratorio:**

| *sondaggio* | *id camp./prof.* | *materiale* | *test eseguito* |
|---|---|---|---|
| **S1** | S1 - C0 / 3.70-3.92 | RIPORTO | Taglio Diretto |
| **S2** | S2 - C1 / 8.00-8.30 | DEPOSITI ALLUVIONALI | Contenuto d'acqua<br>Limiti di Atterberg<br>Granulometria<br>Peso di volume |
| | S2 - C2R / 14.35-14.60 | ROCCIA | Indice di Point Load |
| | S2 - C3R / 17.50-17.63 | ROCCIA | Indice di Point Load |
| **S5** | S5 - C1 / 5.55-5.80 | DEPOSITI ALLUVIONALI | Taglio Diretto<br>Contenuto d'acqua<br>Limiti di Atterberg<br>Granulometria<br>Peso di volume |
| | S5 - C2 / 8.65-8.90 | DEPOSITI ALLUVIONALI | Taglio Diretto<br>Contenuto d'acqua<br>Limiti di Atterberg<br>Granulometria<br>Peso di volume |
| | S5 - C3R / 12.50-12.70 | ROCCIA | Indice di Point Load |
| | S5 - C4R / 16.90-17.00 | ROCCIA | Indice di Point Load |

Nelle tabelle seguenti sono riassunti i risultati dei test di laboratorio geotecnico fatti eseguire sui campioni prelevati. Si è data priorità al prelievo di campioni di terra e roccia nei due sondaggi eseguiti in corrispondenza dei terreni interessati dalle future fondazioni del nuovo ponte (S2 ed S5).
Le tabelle sono messe in ordine stratigrafico secondo i tre livelli individuati per il modello geologico di sottosuolo.

| | |
|---|---|
| Sigla | **S1-C0** |
| Prof (m) | 3.70-3.92 |
| Livello stratigrafico | **RIPORTO** |
| Descrizione | Sabbia argillosa con ghiaia |
| Peso di Volume | 17 kN/m$^3$ |
| Taglio Diretto | Angolo attrito efficace 31.8° |
| | Coesione efficace 7.2 kPa |

| | |
|---|---|
| Sigla | **S2-C1** |
| Prof (m) | 8.00-8.30 |
| Livello stratigrafico | **DEPOSITI ALLUVIONALI** |
| Descrizione | Sabbia argillosa con ghiaia |
| Granulometria | Ghiaia=35.00 / Sabbia=47.22 / Fini=17.78 |
| Contenuto d'acqua | 13.2% |
| Limiti di Atterberg | LL=34 LP=21 IP=13 |
| Peso di Volume | 20.24 kN/m$^3$ |

| | |
|---|---|
| Sigla | **S5-C1** |
| Prof (m) | 5.55-5.80 |
| Livello stratigrafico | **DEPOSITI ALLUVIONALI** |
| Descrizione | Ghiaia argillosa con sabbia |
| Granulometria | Ghiaia=41.55 / Sabbia=34.07 / Fini=24.38 |
| Contenuto d'acqua | 12.8% |
| Limiti di Atterberg | LL=35 LP=19 IP=16 |
| Peso di Volume | 20.81 kN/m$^3$ |
| Taglio Diretto | Angolo attrito efficace 33.1° |
| | Coesione efficace 3 kPa |

| | |
|---|---|
| Sigla | **S5-C2** |
| Prof (m) | 8.55-8.90 |
| Livello stratigrafico | **DEPOSITI ALLUVIONALI** |
| Descrizione | Sabbia argillosa con ghiaia |
| Granulometria | Ghiaia=38.98 / Sabbia=41.65 / Fini=19.37 |
| Contenuto d'acqua | 13.7% |
| Limiti di Atterberg | LL=25 LP=16 IP=9 |
| Peso di Volume | 20.62 kN/m$^3$ |
| Taglio Diretto | Angolo attrito efficace 32.3° |
| | Coesione efficace 6.1 kPa |

| | |
|---|---|
| Sigla | **S2-C2R** |
| Prof (m) | 14.35-14.60 |
| Livello stratigrafico | **SUBSTRATO ROCCIOSO** |
| Descrizione | Argillite |
| Peso di Volume | 24.34 kN/m$^3$ |
| Point Load Test | Is 50 = 0.19 MPa |

| | |
|---|---|
| Sigla | **S2-C3R** |
| Prof (m) | 17.50-17.63 |
| Livello stratigrafico | **SUBSTRATO ROCCIOSO** |
| Descrizione | Argillite |
| Peso di Volume | 24.48 kN/m$^3$ |
| Point Load Test | Is 50 = 0.24 MPa |

| | |
|---|---|
| Sigla | **S5-C3R** |
| Prof (m) | 12.50-12.70 |
| Livello stratigrafico | **SUBSTRATO ROCCIOSO** |
| Descrizione | Argillite |
| Peso di Volume | 24.35 kN/m$^3$ |
| Point Load Test | Is 50 = 0.23 MPa |

| | |
|---|---|
| Sigla | **S5-C4R** |
| Prof (m) | 16.90-17.00 |
| Livello stratigrafico | **SUBSTRATO ROCCIOSO** |
| Descrizione | Argillite |
| Peso di Volume | 23.89 kN/m$^3$ |
| Point Load Test | Is 50 = 0.18 MPa |

**2.3 GEOFISICA**

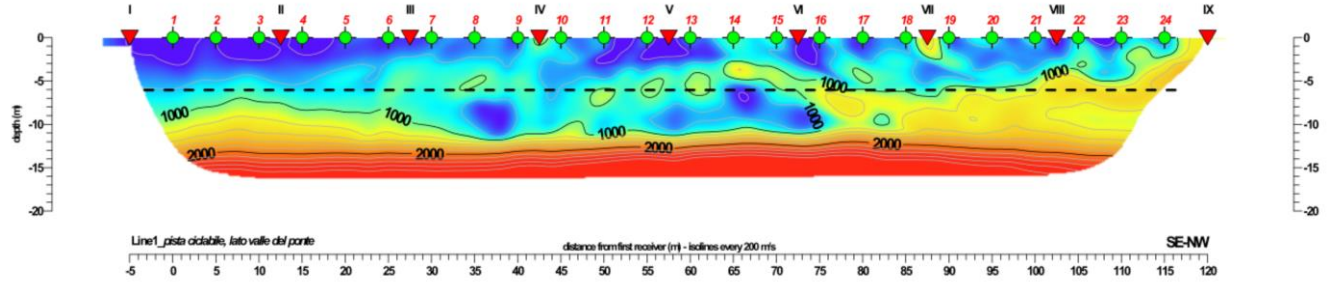
Considerata l'esaustiva descrizione delle metodologie esecutive ed interpretative delle indagini geofisiche fatte eseguire e supervisionate direttamente dal sottoscritto, si provvede a sintetizzare i risultati.

Le sezioni sismostratigrafiche identificano i depositi alluvionali con velocità delle onde P variabili circa tra i 700 m/s ed i 2000 m/s. Questo ultimo valore, comunemente riscontrato per le litologie argillitiche presenti al substrato, in questo caso risulta più superficiale rispetto le quote della roccia rilevate nei sondaggi, presumibilmente per effetto della falda. Questa ampio range di valori per le alluvioni può altresì essere messo in relazione alle caratteristiche granulometriche ed al grado di addensamento.

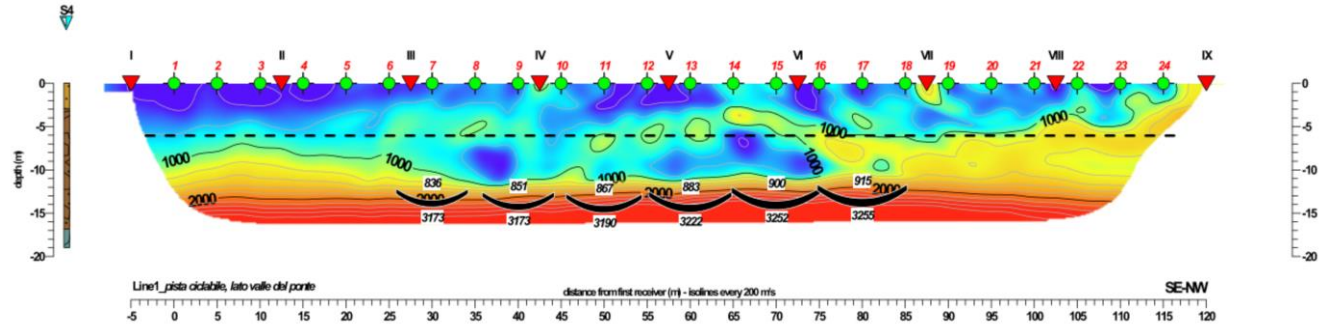
La distribuzione delle velocità delle onde S dedotta con le masw indica infatti valori di Vs compatibili col substrato a profondità leggermente maggiori.

Per questi litotipi si hanno valori di Vs superiori a 700-750 m/s.

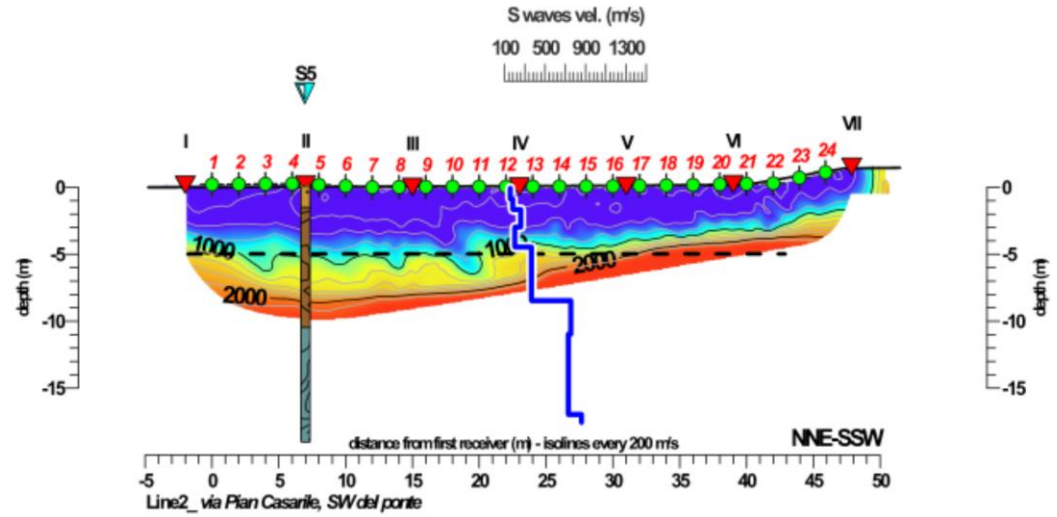
Stesa sismica Linea1 (tomografia onde P)



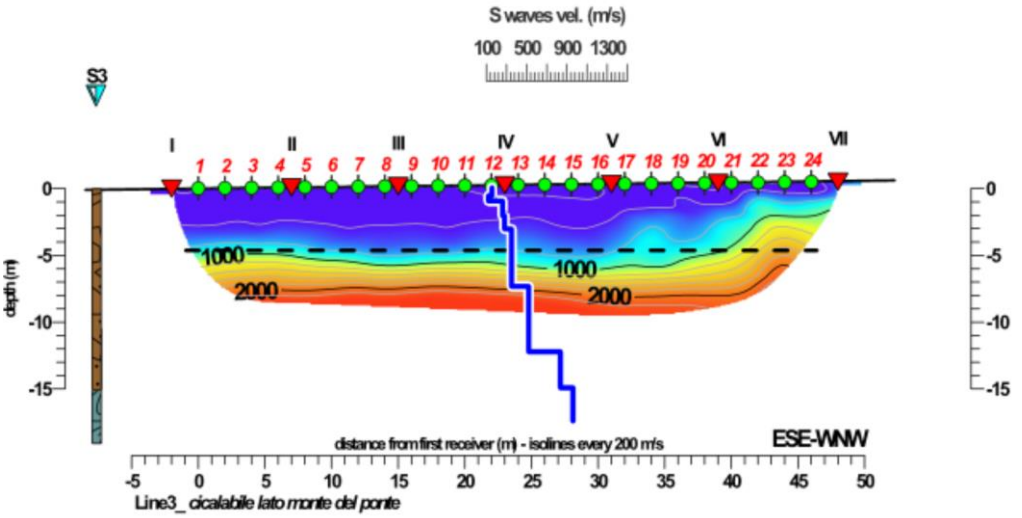

Stesa sismica Linea1 (tomografia onde P + metodo GRM + sondaggio S4)



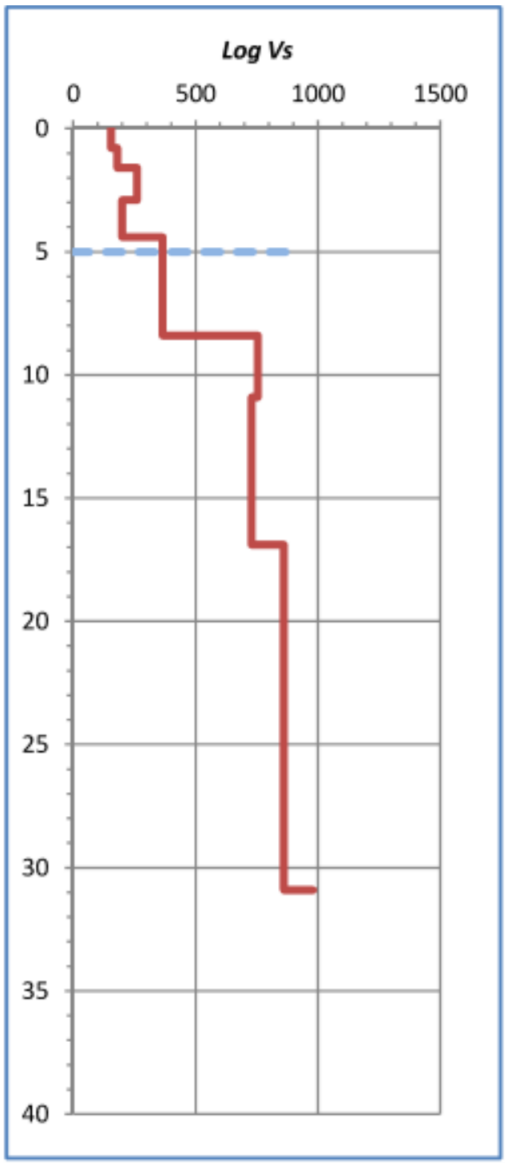

Stesa sismica Linea2 (tomografia onde P + masw + sondaggio S5)



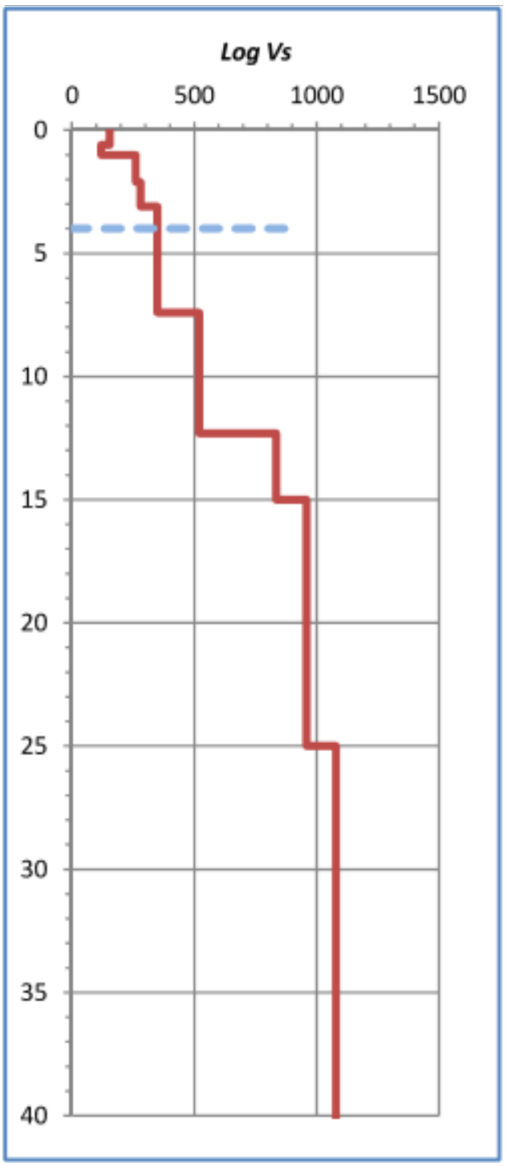

Stesa sismica Linea3 (tomografia onde P + masw + sondaggio S3)



Masw Linea 2




Masw Linea 3




Le distribuzioni delle Vs con la profondità denotano una buona corrispondenza con i dati geognostici dei rispettivi carotaggi.

## 4. MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DEL SOTTOSUOLO

Dal punto di vista geotecnico si propone un modello a tre strati/livelli così individuati (vedi sezioni geologiche interpretative):

**Liv.1 riporto**

**Liv.2 depositi alluvionali**

**Liv.3 substrato roccioso argillitico**

Per i terreni di copertura si è proceduto ad una parametrizzazione attraverso il dato Nspt desunto da appositi test eseguiti in foro durante i carotaggi, ed attraverso gli esiti dei test di laboratorio effettuati.

Compongono i depositi alluvionali "miscele" di sabbia, argilla, ghiaia, limo e ciottoli in proporzioni diverse tra loro, ed è per questo che si ritiene corretto considerarne un comportamento geotecnico misto, anche a lungo termine, dove la presenza nel fuso di limo e/o argilla determina un contributo alla resistenza del materiale. Laddove le alluvioni risultano particolarmente grossolane è risultato che l'Nspt è risultato molto elevato, indice altresì di un elevato addensamento del materiale.

Le semplificazioni condotte nell'accorpamento dei livelli, con riferimento soprattutto ai depositi alluvionali, sono state operate in maniera cautelativa.

Di seguito sono indicati alcuni recenti metodi reperibili in bibliografia che sono stati utilizzati in questo studio per la valutazione della parametrizzazione geotecnica dei terreni attraversati. Le comparazioni eseguite per la stima dell'angolo di attrito dei materiali di copertura sono basate sull'indice Nspt.

Sono stati affiancati per una maggiore immediatezza anche i valori di angolo di attrito definiti con le prove di taglio diretto.

| Determinazione angolo di attrito ϕ (°) | | | |
|---|---|---|---|
| $\varphi'=54-27.6034*\exp(-0.014*N_{1,60})$ | *Kulhawy & Mayne (1990)* | A | Comune di SAN COLOMBANO CERTENOLI<br>messa in sicurezza del territorio loc. Calvari.<br>Allargamento delle sezioni di deflusso del torrente<br>Lavagna e rifacimento ponte stradale |
| $\varphi'=(20*N_{1,60})^{0.5}+20$ [per $N_{1,60}=3.5-30$] | *Hutanaka & Uchida (1996)* | B | |
| $\varphi'=27.1+0.3*N_{1,60}-0.00053*N_{1,60}^2$ | *Wolff (1989)* | C | |
| $\varphi'=(15.4*N_{1,60})^{0.5}+20$ | *Mayne et al. (2001)* | D | |
| $\varphi'=(15*N_{1,60})^{0.5}+15$ [per $N_{1,60}>5$ ; $\varphi<45$] | *JRA (1996)* | E | |

**RIPORTO**

| Nspt | | A | B | C | D | E | ϕ_med | taglio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| minimo | 5 | 28,3 | 30,0 | 28,6 | 28,8 | 23,7 | 27,9 | |
| medio | 9,3 | 29,8 | 33,6 | 29,9 | 32,0 | 26,8 | 30,4 | 31,8 |

**DEPOSITI ALLUVIONALI**

| Nspt | | A | B | C | D | E | ϕ_med | taglio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| minimo | 8 | 29,3 | 32,6 | 29,5 | 31,1 | 26,0 | 29,7 | 33,1 |
| medio | 38 | 37,8 | 47,6 | 38,5 | 44,2 | 38,9 | 41,4 | 32,3 |

Il Modulo di elasticità E' si può valutare in maniera cautelativa applicando la seguente formula di Schultze e Menzebach valida per sabbie sotto falda:



Si propongono in via preliminare i seguenti valori:

| ***Livello*** | ***Terreno*** | ***φ' (°)*** | ***E(min) (MPa)*** | ***E(med) (MPa)*** | ***γ dry (kN/m³)*** | ***γ sat (kN/m³)*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Terreno di riporto | 30° | 10 | 12.25 | 17-18 | 18-19 |
| **2** | Depositi alluvionali | 32° | 11.6 | 27 | 19 | 20 |

Per questi livelli si evidenzia che i test di taglio diretto hanno restituito valori deboli di coesione, specificatamente pari a:

Liv.1 – riporto = 7.2 kPa;

Liv.2 – alluvioni = 3-6.1 kPa

**Liv.3 Ammasso roccioso – argiliti**

Per fornire una stima dei principali parametri geotecnici si è fatto ricorso al criterio empirico di Hoek e Brown (*Hoek, Carranza-Torres & Corkum - 2002*). Il criterio definisce un inviluppo di rottura dell'ammasso roccioso di tipo curvilineo in termini di sforzi efficaci principali massimo e minimo a rottura. Poiché nella pratica comune è richiesta la definizione della resistenza al taglio secondo il criterio di rottura di Mohr-Coulomb, espressa in funzione della coesione c' e dell'angolo di attrito $\phi$', in mancanza di una correlazione diretta fra i due criteri, Hoek e Brown hanno suggerito una procedura di calcolo per ricavare un inviluppo di rottura equivalente di Mohr sul piano $\tau$-$\sigma'_n$.
Applicando quindi il criterio di Hoek & Brown, anche considerando i dati dedotti da numerose indagini su queste litologie, si indicano i seguenti parametri di resistenza decisamente cautelativi:

| ***argilliti*** | | |
|---|---|---|
| *angolo d'attrito dell'ammasso* | *φ* | *= 29°-32°* |
| *coesione dell'ammasso* | *c* | *≈ 35-50 kPa* |
| *peso di volume* | *γ* | *≈ 24 kN/m³* |

Dal punto di vista **sismico** sono stati confrontati i dati ricavati in questa fase con numerose altre indagini masw eseguite in condizioni stratigrafiche similari.

Pur considerando che la stima delle Vseq in questo caso ha restituito valori di poco differenti ma variabili attorno al valore limite per normativa di 360 m/s, (335 – 379), valutata anche la stratigrafia ed i caratteri geotecnici

dei depositi, si ritiene che la **categoria E** derivante dalla Masw della Linea 2 possa essere troppo cautelativa, mentre una **categoria di sottosuolo B possa risultare adeguata e conservativa al tempo stesso**.

Si rimanda comunque al progettista delle strutture per le più appropriate valutazioni.

**La categoria topografica suggerita è T1 .**

**Tab. 3.2.II** – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

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

**Tab. 3.2.III** – *Categorie topografiche*

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|---|---|
| T1 | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15° |
| T2 | Pendii con inclinazione media i > 15° |
| T3 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30° |
| T4 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30° |

Per una valutazione del rischio liquefazione sono stati confrontati i fusi granulometrici con i range indicati da normativa (vd. Figure seguenti).

Stante un fuso granulometrico ben gradato associato alla presenza di materiale fine in buona percentuale, si ha una curva esterna alle zone corrispondenti a liquefazione.

È parere dello scrivente che i materiali presenti nel sito di intervento ricadano nelle condizioni previste ai punti 3 e 4 del paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC 2018.

Si rimanda comunque ai progettisti strutturali per l'esecuzione di eventuali ulteriori verifiche che ritengano necessarie, nonchè per la determinazione dei parametri sismici per il sito in esame e l'attribuzione della classe d'uso dell'intervento.

**ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO - ASTM D422-63**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Cliente : | M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL | | |
| Località : | Rifacimento Ponte Stradale Loc. Calvari - S.Colombano Certenoli (GE) | | |
| Sondaggio : | S2 | | |
| Campione : | C1 | | |
| Profondità (m) : | 8.00 - 8.30 | Data Ricevimento : | 25/06/2021 |
| Tipo Campione : | Semi-indisturbato | Data Esecuzione Prova : | 14/07/2021 |
| Descrizione del Materiale : | Sabbia argillosa con ghiaia | U.S.C.S. Class. : | SC |

**DATI GRANULOMETRICI**

| | |
|---|---|
| Ciottoli (%) | 0.00 |
| Ghiaia (%) | 35.00 |
| Sabbia (%) | 47.22 |
| Limo (%) | N.D. |
| Argilla (%) | N.D. |
| Fini (%) | 17.78 |
| D. max (mm) | 10.7 |

**ALTRI PARAMETRI**

| | |
|---|---|
| $D_{90}$ (mm) | 33.482 |
| $D_{60}$ (mm) | 3.601 |
| $D_{50}$ (mm) | 2.070 |
| $D_{30}$ (mm) | 0.477 |
| $D_{10}$ (mm) | N.D. |
| $C_c$ | N.D. |
| $C_u$ | N.D. |

**GHIAIA E SABBIA**

Forma : angolare

Durezza : dura e resistente

**Note:**

presenza di vetro

**SETACCIATURA**

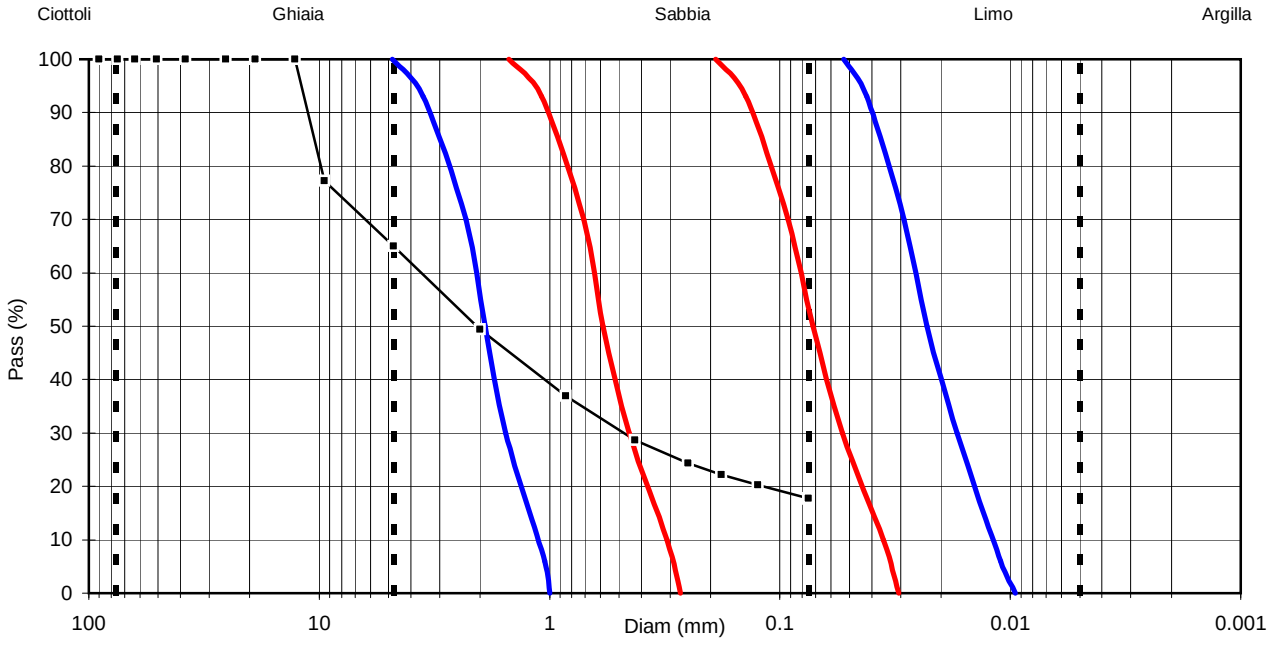
| D (mm) | Pass (%) |
|---|---|
| 125.00 | 100.00 |
| 90.00 | 100.00 |
| 75.00 | 100.00 |
| 63.00 | 100.00 |
| 50.80 | 100.00 |
| 38.10 | 100.00 |
| 25.40 | 100.00 |
| 19.00 | 100.00 |
| 12.70 | 100.00 |

**SETACCIATURA**

| D (mm) | Pass (%) |
|---|---|
| 9.50 | 77.26 |
| 4.75 | 65.00 |
| 2.00 | 49.38 |
| 0.85 | 36.89 |
| 0.425 | 28.62 |
| 0.250 | 24.33 |
| 0.180 | 22.16 |
| 0.125 | 20.26 |
| 0.075 | 17.78 |

**SEDIMENTAZIONE**

| D (mm) | Pass (%) |
|---|---|
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |




Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey

Sperimentatore : Giada Zavaglia

— possibilità liquefazione

— elevata possibilità liquefazione

**ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO - ASTM D422-63**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Cliente : | M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL | | |
| Località : | Rifacimento Ponte Stradale Loc. Calvari - S.Colombano Certenoli (GE) | | |
| Sondaggio : | S5 | | |
| Campione : | C1 | | |
| Profondità (m) : | 5.55 - 5.80 | Data Ricevimento : | 25/06/2021 |
| Tipo Campione : | Semi-indisturbato | Data Esecuzione Prova : | 14/07/2021 |
| Descrizione del Materiale : | Ghiaia argillosa con sabbia | U.S.C.S. Class. : | GC |

**DATI GRANULOMETRICI**

| | |
|---|---|
| Ciottoli (%) | 0.00 |
| Ghiaia (%) | 41.55 |
| Sabbia (%) | 34.07 |
| Limo (%) | N.D. |
| Argilla (%) | N.D. |
| Fini (%) | 24.38 |
| D. max (mm) | 15.8 |

**ALTRI PARAMETRI**

| | |
|---|---|
| $D_{90}$ (mm) | 41.770 |
| $D_{60}$ (mm) | 5.280 |
| $D_{50}$ (mm) | 2.357 |
| $D_{30}$ (mm) | 0.222 |
| $D_{10}$ (mm) | N.D. |
| $C_c$ | N.D. |
| $C_u$ | N.D. |

**GHIAIA E SABBIA**

Forma : angolare

Durezza : dura e resistente

**Note:**

-

**SETACCIATURA**

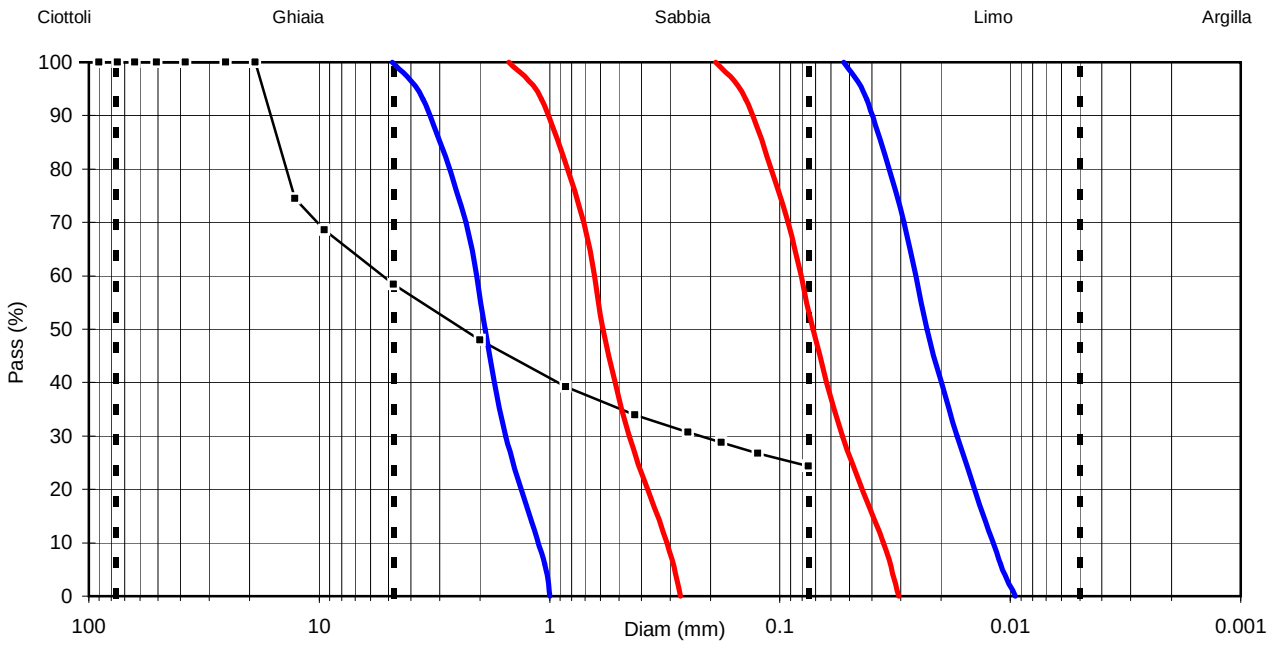
| D (mm) | Pass (%) |
|---|---|
| 125.00 | 100.00 |
| 90.00 | 100.00 |
| 75.00 | 100.00 |
| 63.00 | 100.00 |
| 50.80 | 100.00 |
| 38.10 | 100.00 |
| 25.40 | 100.00 |
| 19.00 | 100.00 |
| 12.70 | 74.49 |

**SETACCIATURA**

| D (mm) | Pass (%) |
|---|---|
| 9.50 | 68.61 |
| 4.75 | 58.45 |
| 2.00 | 48.02 |
| 0.85 | 39.20 |
| 0.425 | 33.97 |
| 0.250 | 30.72 |
| 0.180 | 28.74 |
| 0.125 | 26.79 |
| 0.075 | 24.38 |

**SEDIMENTAZIONE**

| D (mm) | Pass (%) |
|---|---|
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |




Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey

Sperimentatore : Giada Zavaglia

— possibilità liquefazione

— elevata possibilità liquefazione

**ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO - ASTM D422-63**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Cliente : | M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL | | |
| Località : | Rifacimento Ponte Stradale Loc. Calvari - S.Colombano Certenoli (GE) | | |
| Sondaggio : | S5 | | |
| Campione : | C2 | | |
| Profondità (m) : | 8.55 - 8.90 | Data Ricevimento : | 25/06/2021 |
| Tipo Campione : | Semi-indisturbato | Data Esecuzione Prova : | 14/07/2021 |
| Descrizione del Materiale : | Sabbia argillosa con ghiaia | U.S.C.S. Class. : | SC |

**DATI GRANULOMETRICI**

| | |
|---|---|
| Ciottoli (%) | 0.00 |
| Ghiaia (%) | 38.98 |
| Sabbia (%) | 41.65 |
| Limo (%) | N.D. |
| Argilla (%) | N.D. |
| Fini (%) | 19.37 |
| D. max (mm) | 35.4 |

**ALTRI PARAMETRI**

| | |
|---|---|
| $D_{90}$ (mm) | 16.298 |
| $D_{60}$ (mm) | 4.487 |
| $D_{50}$ (mm) | 2.568 |
| $D_{30}$ (mm) | 0.459 |
| $D_{10}$ (mm) | N.D. |
| $C_c$ | N.D. |
| $C_u$ | N.D. |

**GHIAIA E SABBIA**

Forma : angolare

Durezza : dura e resistente

**Note:**

-

**SETACCIATURA**

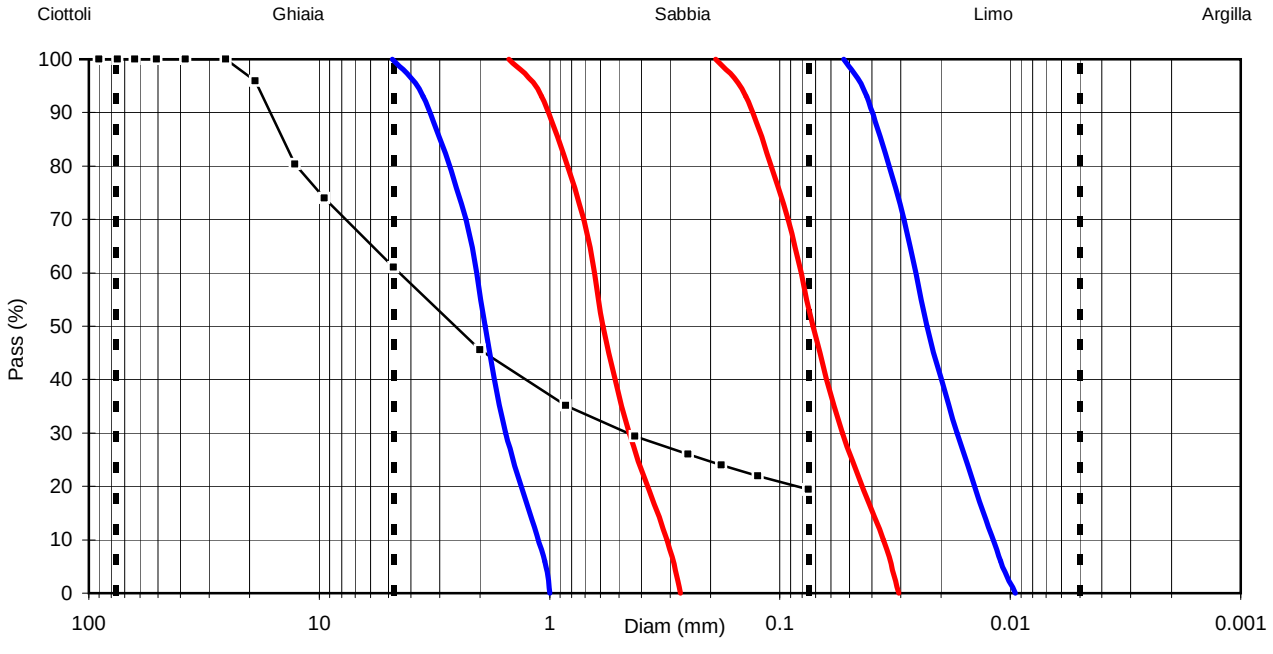
| D (mm) | Pass (%) |
|---|---|
| 125.00 | 100.00 |
| 90.00 | 100.00 |
| 75.00 | 100.00 |
| 63.00 | 100.00 |
| 50.80 | 100.00 |
| 38.10 | 100.00 |
| 25.40 | 100.00 |
| 19.00 | 95.94 |
| 12.70 | 80.34 |

**SETACCIATURA**

| D (mm) | Pass (%) |
|---|---|
| 9.50 | 74.04 |
| 4.75 | 61.02 |
| 2.00 | 45.52 |
| 0.85 | 35.17 |
| 0.425 | 29.36 |
| 0.250 | 26.07 |
| 0.180 | 24.04 |
| 0.125 | 21.94 |
| 0.075 | 19.37 |

**SEDIMENTAZIONE**

| D (mm) | Pass (%) |
|---|---|
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |




Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey

Sperimentatore : Giada Zavaglia

— possibilità liquefazione

— elevata possibilità liquefazione

# PLANIMETRIA GEOLOGICA E DELLE INDAGINI - 1:700

TORRENTE LAVAGNA

S.S. 225

SEZ. 41.4

SEZ. 41.1

SEZ. 40.5

SEZ. 40.4

FOSSO

S1

S2

S3

S4

S5

PG7

PG6

PG5

PG4

PG3

PG2

PG1

G24

G1

Linea 3

Linea 2

Linea 1

PISTA CICLABILE

Terreni di riporto

Depositi alluvionali mobili attuali

Depositi alluvionali recenti e antichi, plurimetrici, granulari, mediamente grossolani, localmente rimaneggiati o superficialmente frammisti a riporti, permeabili per porosità con grado medio

S4 Sondaggi a carotaggio continuo

G1 Stendimenti geofisici

PG1 Saggi con escavatore a scopo ambientale

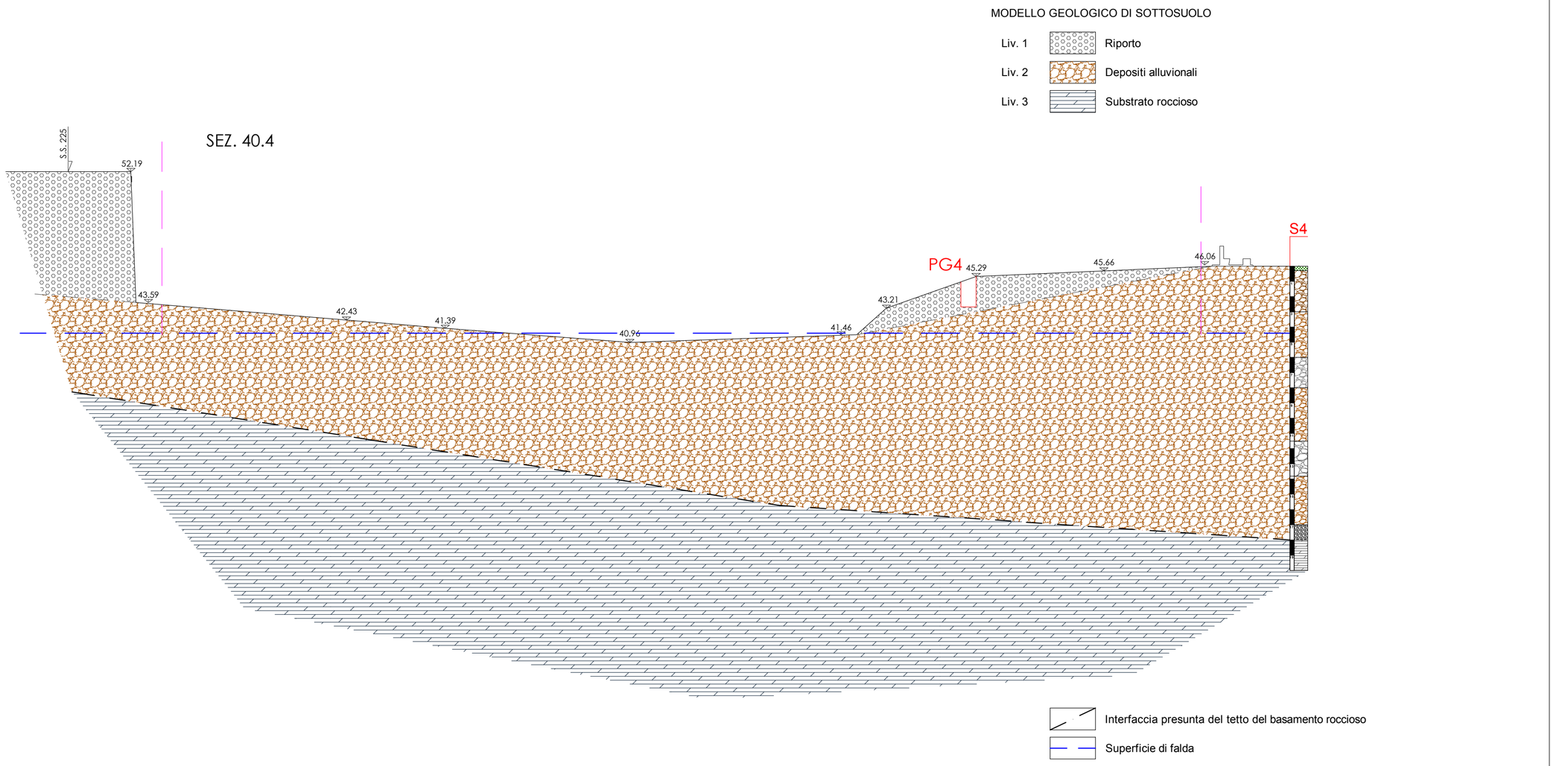
42.64m RILIEVO ALVEO E AREE GOLENALI

TRACCIA SEZIONI GEOLOGICHE INTERPRETATIVE

CONFINE DEMANIALE

INTERFERENZA OPERE A PROGETTO

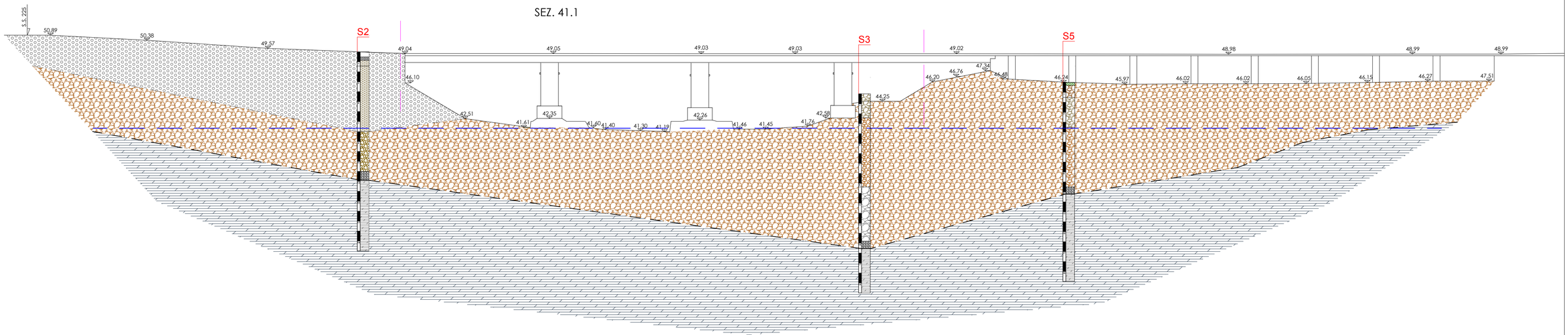
# SEZIONE GEOLOGICA INTERPRETATIVA - 1:200 (SEZ 40.4)



# SEZIONE GEOLOGICA INTERPRETATIVA - 1:200 (SEZ 41.1)

MODELLO GEOLOGICO DI SOTTOSUOLO

| | |
|---|---|
| Liv. 1 | Riporto |
| Liv. 2 | Depositi alluvionali |
| Liv. 3 | Substrato roccioso |



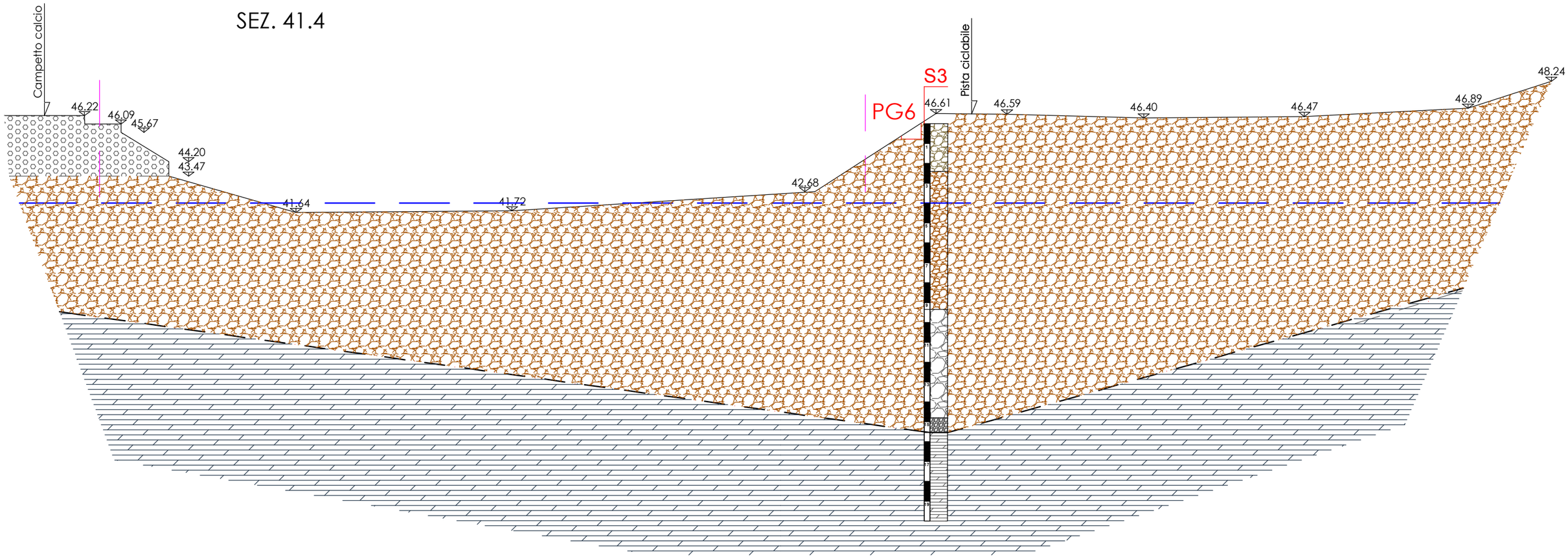

Interfaccia presunta del tetto del basamento roccioso

Superficie di falda

# SEZIONE GEOLOGICA INTERPRETATIVA - 1:200 (SEZ 41.4)

MODELLO GEOLOGICO DI SOTTOSUOLO

| | | |
|---|---|---|
| Liv. 1 | | Riporto |
| Liv. 2 | | Depositi alluvionali |
| Liv. 3 | | Substrato roccioso |

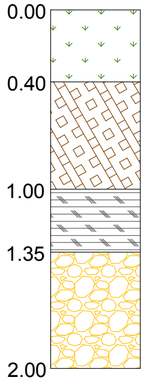



Interfaccia presunta del tetto del basamento roccioso

Superficie di falda

| “Messa in sicurezza del territorio loc. Calvari. Allargamento delle sezioni di deflusso del Torrente Lavagna e rifacimento ponte stradale” (Committente: COMUNE DI SAN COLOMBANO CERTENOLI) | 05/07/2021 | Saggi con escavatore |
|---|---|---|

# PG1



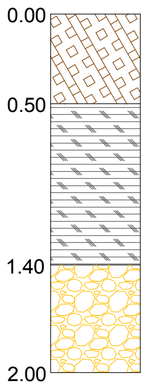

Terreno vegetale

Clasti e scaglie eterometrici, in prevalenza ardesiaci ma anche argillitici, sia spigolosi che arrotondati, in matrice sabbiosa con ghiaia. Il livello risulta umido.

Blocchi e lastre di ardesia, in matrice prevalentemente marrone, nero-grigio scuro da 1.00 a 1.10

Materiali arrotondati di diam max di circa 13 cm, con ciottoli alluvionali in una abbondante matrice sabbiosa, di colore marrone-grigio. Questo livello è propriamente bagnato.

# PG2



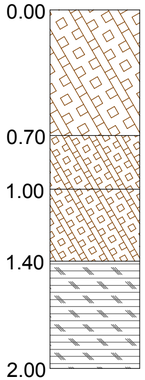

Clasti e scaglie spigolosi, eterogenei, con diam max 5 cm, in matrice sabbio-limosa con ghiaia di colore grigio scuro-rossiccio, il tutto frammisto a materiale vegetale ed organico

Clasti, blocchi e lastre di ardesia, spigolosi, in matrice sabbioso limosa di colore marroncino. Il materiale ardesiaco è riportato da scarti di lavorazione in cava.

Blocchi e ciottoli di derivazione alluvionale, di diam. max 11-12 cm, frammisti ad apparati radicali, in matrice sabbiosa di colore grigio.

| “Messa in sicurezza del territorio loc. Calvari. Allargamento delle sezioni di deflusso del Torrente Lavagna e rifacimento ponte stradale” (Committente: COMUNE DI SAN COLOMBANO CERTENOLI) | 05/07/2021 | Saggi con escavatore |
|---|---|---|

# PG3



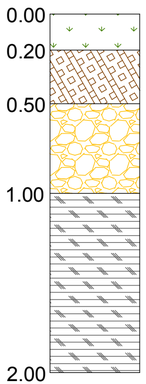

Clasti e blocchetti eterogenei ed eterometrici, spigolosi (diam. max 6 cm), in una matrice sabbioso limosa di colore prevalentemente grigia ma anche marroncina.

Clasti e ciottoli spigolosi, di diam. max 4-5 cm e medio 2-3 cm, eterogenei, in matrice sabbioso limosa di colore grigio-nerastro

Livello con caratteristiche medesime al precedente, ma con una diminuzione della percentuale di clasti a favore di una matrice sabbioso limosa di colore marrone bruno con passate nerastre

Blocchi e lastre pluridecimetriche e a tratti plurimetriche di ardesia; materiale di risulta di cava. Presenza inoltre di materiale antropico quale laterizio e plastica. La matrice è prevalentemente sabbiosa con ghiaia, di colore grigio.

# PG4




Terreno vegetale

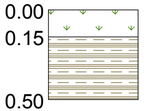
Clasti e ciottoli di dimensioni minute, spigolosi, in matrice sabbiosa di colore grigio-marroncino

Clasti e ciottoli di dimensioni pluricentimetriche, da sub-arrotondati a sub-spigolosi, in matrice sabbioso limosa con ghiaia di colore marrone

Blocchi e lastre di ardesia, di dimensioni anche plurimetriche, di derivazione antropica. La matrice è di natura sabbioso-ghiaiosa e di colore marrone-grigio. Presenza di materiale antropico di vario tipo come plastica, tessuto, vetro.

| “Messa in sicurezza del territorio loc. Calvari. Allargamento delle sezioni di deflusso del Torrente Lavagna e rifacimento ponte stradale” (Committente: COMUNE DI SAN COLOMBANO CERTENOLI) | 05/07/2021 | Saggi con escavatore |
|---|---|---|

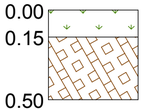
# PG5




Terreno vegetale

Sabbia grigio-marroncina, con rarissimi clasti di dimensioni non maggiori di 1 cm.

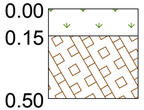
# PG6




Terreno vegetale

Ciottoli e scaglie prevalentemente spigolosi, di diam. max 17 cm e diam. medio 2 cm, in matrice sabbioso-limosa di colore marrone

# PG7




Terreno vegetale

Clasti ed in minor misura scaglie, spigolosi, di diam. max 5 cm e diam. medio 2 cm, in matrice sabbioso limosa di colore marrone. Presenza di materiale antropico plastico e scarti di lavorazione di materiale ardesiaco

m3d costruzioni speciali s.r.l.

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

COMUNE DI SAN COLOMBANO CERTENOLI

Piazza Roberto Lucifredi, 2, 16040 San Colombano Certenoli GE

**COMMITTENTE**

# RAPPORTO INDAGINI GEOGNOSTICHE

INDAGINI GEOGNOSTICHE A CORREDO DELLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA E PROGETTAZIONE ESECUTIVA DEI LAVORI DI "MESSA IN SICUREZZA DEL TERRITORIO LOC. CALVARI RIFACIMENTO PONTE STRADALE E ALLARGAMENTO SEZIONE DI DEFLUSSO DEL TORRENTE LAVAGNA - CIG 8635495BE6"

COMUNE DI SAN COLOMBANO CERTENOLI

CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA

Genova, 23_08_2021

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
Dott. Geol. LUCA MALDOTTI
A.P. n. 411
data iscr. 16-03-99

**Dott. Geol. Luca Maldotti**
**(Direttore Tecnico Indagini Geognostiche)**



**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

AssociazioneImpreseFondazioni
consolidamenti – indagini nel sottosuolo

ANCE GENOVA 2021 Socio n.ro 16-GE-3175

m3d costruzioni speciali s.r.l.

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

## INDICE

1. PREMESSA 03

2. SONDAGGI GEOGNOSTICI 04

2.1 PERFORAZIONE

2.2 STRATIGRAFIA

3. PROVE GEOTECNICHE IN SITU 08

3.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE S.P.T.

4. PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO 09

5. PROSPEZIONI GEOFISICHE 10

5.1 SISMICA A RIFRAZIONE

5.2 MASW

## ALLEGATI AL TESTO

1. COROGRAFIA

2. DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C. **S1**

3. DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C. **S2**

4. DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C. **S3**

5. DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C. **S4**

6. DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C. **S5**

7. DOCUMENTAZIONE PROSPEZIONI GEOFISICHE

8. CERTIFICATI PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO



**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

AssociazioneImpreseFondazioni
consolidamenti – indagini nel sottosuolo

ANCE GENOVA 2021 Socio n.ro 16-GE-3175

m3d costruzioni speciali s.r.l.

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

## 1. PREMESSA

L'Impresa M3D Costruzioni Speciali S.r.l. è stata incaricata dal COMUNE DI SAN COLOMBANO CERTENOLI con D.D. N°23 del 24_02_2021, nell'ambito della progettazione definitiva ed esecutiva dei lavori di "MESSA IN SICUREZZA DEL TERRITORIO LOC. CALVARI RIFACIMENTO PONTE STRADALE E ALLARGAMENTO SEZIONE DI DEFLUSSO DEL TORRENTE LAVAGNA", di eseguire una campagna di indagini geognostiche, come meglio definito nella documentazione in allegato.

L'incarico, per quanto di ns. competenza, è stato condotto secondo quanto riportato nel disciplinare di incarico ed ha previsto la realizzazione delle seguenti lavorazioni:

1. Approntamento cantiere e recinzione delle aree di lavoro.
2. Realizzazione di N°05 sondaggi geognostici, a rotazione ed a carotaggio continuo, ad andamento verticale della profondità di 20 ml..
3. Prelievo di campioni di terre e di rocce da sottoporre a prove geotecniche di laboratorio.
4. Esecuzione di n°03 prospezioni geofisiche a 24 canali
5. Rimozione cantiere.


**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.
AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti – indagini nel sottosuolo
ANCE GENOVA 2021 Socio n.ro 16-GE-3175

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

# 2. SONDAGGI GEOGNOSTICI

## 2.1 PERFORAZIONE

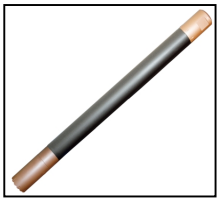
Le perforazioni sono state condotte con una perforatrice idraulica Beretta T44, montata su cingoli gommati e dotata di centralina separata, avente le seguenti caratteristiche:

- Velocità di rotazione: 550 rpm
- Coppia massima: 650 Kgm
- Corsa continua: 350 cm
- Spinta: 4000 Kg
- Tiro: 4000 Kg
- Pompa per fluidi di perforazione pressione 50 Bar portata 200 lt

Durante l'avanzamento nei terreni sciolti sono stati utilizzati carotieri semplici con valvola a sfera in testa e calice per perforazione a secco, muniti di corone ad inserti di widia, con le seguenti caratteristiche:
- Diametro nominale Øest = 101 / 116 mm
- Lunghezza utile L = 150 cm.



Per il campionamento del substrato roccioso è stato utilizzato un carotiere doppio (T2/T6/T6S), con una debole circolazione di acqua, utilizzando corone diamantate, con le seguenti caratteristiche:
- Diametro nominale Øest = 101 / 116 mm
- Lunghezza utile L = 150 cm.




**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti – indagini nel sottosuolo

ANCE 2021 GENOVA Socio n.ro 16-GE-3175

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it



In assenza di sufficiente autosostentamento delle pareti del foro ad ogni manovra di carotaggio è seguita una manovra di rivestimento utilizzando tubi di diametro 127 / 152 mm, dotati di una scarpa ad inserti di widia. Le operazioni di rivestimento, viste le caratteristiche litologiche dei terreni attraversati, hanno richiesto un debole circolazione di acqua.



Le carote provenienti dalle perforazioni sono state ordinate in successione continua, entro apposite cassette catalogatrici in pvc di centimetri 100 x 50 e d'altezza adeguata. Le cassette sono state in seguito fotografate da un'angolazione di circa 90°, previa l'installazione di un riferimento indicante la località del cantiere, il numero del sondaggio e le quote di riferimento delle carote. Le fotografie sono state eseguite con una fotocamera digitale.

## 2.2 STRATIGRAFIA

Per ogni sondaggio geognostico è stata redatta la relativa stratigrafia allegata alla presente relazione, riportante tutte le informazioni riguardanti le operazioni di perforazione e le caratteristiche delle carote, come di seguito indicato:

### 2.2.1 INFORMAZIONI GENERALI DEL SONDAGGIO

- Metodo di perforazione;
- diametro del foro;
- utensili utilizzati;
- lunghezza del tratto rivestito;
- metri realizzati con i diversi carotieri e le diverse corone;
- numero casse catalogatrici utilizzate;
- ubicazione e risultati delle prove eseguite in foro.



**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

aif AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti – indagini nel sottosuolo

ANCE 2021 GENOVA Socio n.ro 16-GE-3175

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

### 2.2.2 INFORMAZIONI RELATIVE AI TERRENI

- Tipo di terreno;
- colore;
- massime dimensioni dei clasti e forma predominante per i terreni ghiaiosi;
- uniformità dei terreni granulari;
- presenza di materiale organico.

Nella stesura della descrizione è stato elencato per primo il nome del costituente principale seguito dal costituente secondario nella seguente forma, in accordo alle Raccomandazioni AGI (1977):

- preceduto dalla congiunzione "con" se rappresenta una percentuale compresa tra il 25% ed il 50 %;
- seguito dal suffisso "oso" se rappresenta una percentuale compresa tra il 10% ed il 25%;
- preceduto da "debolmente" e seguito dal suffisso "oso" se rappresenta una percentuale compresa tra il 5% ed il 10%.

Per le carote è stato inoltre determinato in sito il recupero percentuale.

Nella descrizione dei terreni sciolti è stato fatto riferimento alla seguente tabella:

| *Definizione* | | *Diametro dei grani [mm]* | *Criteri d'identificazione* |
|---|---|---|---|
| blocchi | | >200 | Visibili ad occhio nudo |
| Ciottoli | | 60-200 | Visibili ad occhio nudo |
| Ghiaia | grossolana | 20-60 | Visibile ad occhio nudo |
| | media | 6-20 | |
| | fine | 2-6 | |
| Sabbia | grossolana | 0.6-2 | Visibile ad occhio nudo |
| | media | 0.2-0.6 | |
| | fine | 0.06-0.2 | |
| Limo | | 0.002-0.06 | Solo se grossolano è visibile a occhio nudo, poco plastico, dilatante, lievemente granulare al tatto, si disgrega velocemente in acqua, si essicca velocemente, possiede coesione ma può essere polverizzato tra le dita |
| Argilla | | <0.002 | Plastica, non dilatante, liscia al tatto, appiccica alle dita, si disgrega in acqua lentamente, asciuga lentamente, si ritira durante l'essiccazione, i frammenti asciutti possono essere rotti ma non polverizzati fra le dita |
| terreno organico o vegetale | | | Contiene una rilevante percentuale di sostanze organiche vegetali |
| Torba | | | Predominano i resti lignei non mineralizzati, colore scuro, bassa densità |



**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti – indagini nel sottosuolo

ANCE 2021 GENOVA Socio n.ro 16-GE-3175

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

### 2.2.3 INFORMAZIONI RELATIVE AGLI STRATI DI ROCCIA ATTRAVERSATI

Nella descrizione del substrato roccioso in stratigrafia sono state indicate le seguenti caratteristiche:

- tipo di roccia;
- colore;
- grado di alterazione;
- grado di fratturazione.

Nella descrizione del grado di fatturazione sono stati utilizzati i termini frantumato o fratturato. Nel primo caso sono stati considerati gli intervalli con roccia ridotta a frammenti angolari disarticolati, con i caratteri di un prodotto di frantoio. Gli orizzonti fratturati sono stati suddivisi secondo le 5 classi della classificazione di Deere (1969), riportata nella tabella sottostante.

| Classi | Descrizione | Spaziatura delle fratture (cm) |
|---|---|---|
| 1 | Fratture molto ravvicinate | 5 |
| 2 | Fratture ravvicinate | 5-30 |
| 3 | Fratture moderatamente ravvicinate | 30-100 |
| 4 | Fratture distanziate | 100-300 |
| 5 | Fratture molto distanziate | >300 |

Nelle stratigrafie è stato riportato il recupero percentuale modificato (R.Q.D. Rock Quality Designation, Deere 1964) calcolato per ogni metro, tenendo conto dei singoli spezzoni di carota aventi lunghezza superiore a 10 cm e utilizzando la seguente formula:

$$\mathbf{RQD\%} = \frac{lunghezza \quad \deg li \quad spezzoni \quad di \quad carota \geq 10cm}{lunghezza \quad totale \quad perforata}$$



**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti – indagini nel sottosuolo

ANCE 2021 GENOVA Socio n.ro 16-GE-3175

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

# 3. PROVE GEOTECNICHE IN SITU

## 3.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT

Durante l'esecuzione delle perforazioni è stata richiesta l'esecuzione di alcune prove Standard Penetration Test; tale prova consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di un campionatore infisso a partire dal fondo di un foro di sondaggio.

L'attrezzatura utilizzata per l'esecuzione della prova S.P.T. è stata quella di dimensioni standard (Raccomandazioni A.G.I. per la programmazione e l'esecuzione delle indagini geotecniche, 1977).




Il dispositivo di percussione comprende: testa di battitura avvitata sulle aste, un maglio del peso di 63.5 kg (± 0.5 kg), ed un sistema di guida sganciamento automatico del maglio, che assicura una corsa a caduta libera di 75 cm. La prova d'infissione, avvenuta in fondo al foro precedentemente pulito, consiste nel far penetrare il campionatore in questo caso a punta aperta per tratti successivi di 15 cm., registrando ogni volta il numero di colpi necessari ($N_1$, $N_2$, $N_3$). Con il primo tratto, detto di "avviamento",



**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

aif AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti – indagini nel sottosuolo

ANCE 2021 GENOVA Socio n.ro 16-GE-3175

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

s'intende superare la zona di terreno rimaneggiata in fase di perforazione; se con $N_1$ = 50 colpi l'avviamento è minore di 15 cm., l'infissione deve essere sospesa e la prova si dichiara conclusa, annotando la relativa penetrazione.

Se il tratto di avviamento è stato superato, si conteggiano $N_2$ e $N_3$ (da 15 a 30 e da 30 a 45 cm.) fino ad un limite complessivo di 100 colpi ($N_2 + N_3$), raggiunto il quale si sospende la prova annotando l'avanzamento ottenuto. Il parametro caratteristico della prova $N_{S.P.T.}$ è: $N_{S.P.T.} = N_2 + N_3$

## 4. ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Durante le operazioni di carotaggio è stato richiesto il prelievo di alcuni campioni di terre e di rocce con le seguenti modalità / tipologie:

- Indisturbati con campionatore a pareti sottili tipo Shelby;
- Rimaneggiati direttamente dalle cassette catalogatrici;
- Litoide direttamente dalle cassette catalogatrici;

I campioni, debitamente sigillati ed etichettati sono trasportati presso il laboratorio geotecnico:

RINA Consulting GET S.r.l. *(Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto n° 219 del 11/05/2018 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce – Settori A e B ai sensi del D.M. 17/01/2018)* di Genova - Bolzaneto per essere sottoposti alle prove geotecniche di laboratorio.

Si rimanda ai Certificati in Allegato per una più precisa analisi dei dati ottenuti.


**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti – indagini nel sottosuolo

ANCE 2021 GENOVA Socio n.ro 16-GE-3175

m3d costruzioni speciali s.r.l.

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

## 5. PROSPEZIONI GEOFISICHE

L'elenco completo delle indagini eseguite è riportato nella tabella successiva. In essa vengono indicate le caratteristiche specifiche, compresi i parametri di acquisizione, mentre i risultati vengono presentati nelle pagine successive in apposite tavole grafiche, cui si rimanda per l'analisi di dettaglio delle singole stese.




**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.
AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti – indagini nel sottosuolo
ANCE GENOVA 2021 Socio n.ro 16-GE-3175

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

## 5.1 SISMICA A RIFRAZIONE

Tutte le linee sismiche, posizionamento e orientazione sono state concordate con il geologo incaricato presente in sito.

| Linea | Lunghezza | Geofoni | Array | Passo | Shots | Energizzazione | Note |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Line1 | 115 m | Vert. 24 | Onde P | 5.00 m | 9 | Mazza 8 kg su Piastra | Lungo il percorso sterrato |
| Line2 | 46 m | Vert. 24 | Onde P/S | 2.00 m | 7 | Mazza 8 kg su Piastra | A lato della strada (SW del ponte) |
| Line3 | 46 m | Vert. 24 | Onde P/S | 2.00 m | 7 | Mazza 8 kg su Piastra | Lungo il percorso sterrato |

Tabella 1 - Tabella riepilogativa delle indagini sismiche a rifrazione, e relative specifiche, eseguite.

Il metodo sismico a rifrazione è finalizzato alla determinazione diretta e continua lungo la verticale d'esplorazione della velocità di propagazione delle onde sismiche all'interno del mezzo preso in esame. Dall'analisi dei valori di velocità è possibile ricostruire le geometrie del sottosuolo e ricavare informazioni circa le condizioni meccaniche dei materiali attraversati (addensamento, rigidità, stato di fratturazione, alterazione, etc.).

Il metodo considera il fenomeno della rifrazione di onde elastiche generate artificialmente in superficie in corrispondenza di interfacce che separano mezzi a differenti condizioni di densità, assumendo che il terreno esplorato abbia un comportamento tensione-deformazione di tipo elastico linearei.

L'energia acustica viene immessa nel sottosuolo dalla fonte di energia, sia essa una mazza, un grave in caduta libera o una carica esplosiva. Le onde acustiche si propagano nel sottosuolo ad una velocità che è funzione delle proprietà elastiche del materiale attraverso cui viaggiano. Quando le onde raggiungono un'interfaccia che separa mezzi a densità o velocità significativamente differenti, una parte dell'energia viene riflessa verso la superficie e il resto viene trasmessa nello strato inferiore. Se, e solo se, la velocità dello strato inferiore è maggiore di quella dello strato superiore, una parte dell'energia viene anche criticamente rifratta lungo l'interfaccia stessa (Fig.2). Le onde criticamente rifratte viaggiano


**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

aif AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti – indagini nel sottosuolo

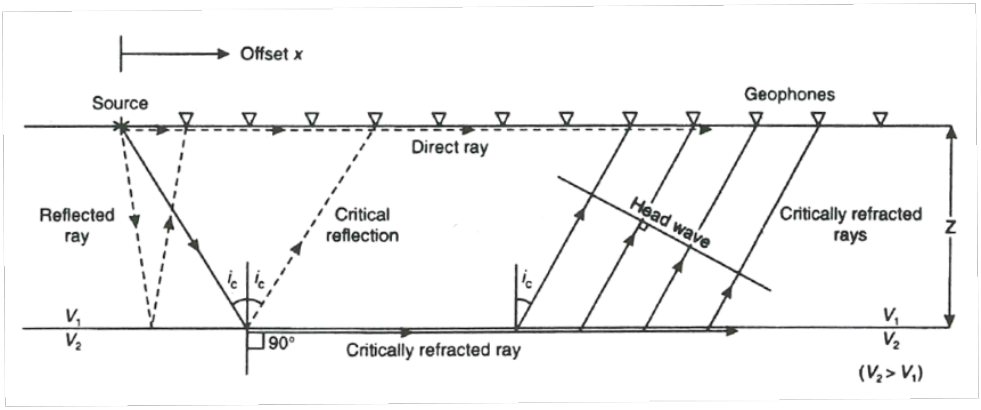
ANCE 2021 GENOVA Socio n.ro 16-GE-3175

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

lungo l'interfaccia alla velocità dello strato inferiore e continuamente rifrangono energia verso la superficie, dove si dispongono appositi sensori (velocimetri o accelerometri) in grado di avvertire la perturbazione propagatasi nel terreno a seguito della generazione dell'onda elastica. Tali sensori traducono la sollecitazione in un segnale elettrico che attraverso un cavo multipolare viene trasferito ad uno strumento di registrazione (sismografo multicanale). Il sismografo digitalizza i segnali ricevuti dai geofoni sotto forma di "sismogrammi", dove, per ogni canale vengono rappresentati il dominio dei tempi sull'asse verticale e l'ampiezza del segnale elettrico (± mV) sull'asse orizzontale.




La prima perturbazione elastica (primo arrivo) ricevuta da ogni geofono a seguito della generazione dell'impulso (shot) può avere seguito un percorso "diretto" (ossia il tragitto più breve tra sorgente e ricevitore), oppure avere subito una o più "rifrazioni totali" presso superfici di discontinuità. Oltre una certa distanza definita "critica"(cross-over distance), i raggi rifratti raggiungono i geofoni in superficie prima dei raggi diretti, malgrado il tragitto più lungo, in virtù del tratto percorso a velocità più elevata presso l'interfaccia. Il metodo presuppone un incremento della velocità di propagazione delle onde elastiche con la profondità. Ne segue una implicita difficoltà nel risolvere adeguatamente eventuali inversioni di velocità (velocity inversion channel).


**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti – indagini nel sottosuolo

ANCE 2021 GENOVA Socio n.ro 16-GE-3175

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

I tempi di primo arrivo (first breack) identificati sui sismogrammi e riportati in diagrammi tempo-distanza, vanno a costituire le dromocrone (traveltimes), e sono la base dei più comuni processi di inversione.

L'impiego della sismica a rifrazione come prima tecnica di esplorazione petrolifera ha portato allo sviluppo di numerosi metodi di inversione, non tutti impiegati regolarmente o egualmente efficaci, oggi noti come tecniche "convenzionali" o basate su modelli a strati, per differenziarle dai più recenti metodi tomografici. Tutti questi metodi prevedono l'attribuzione dei diversi rami delle traveltimes (definiti dai punti di ginocchio o cambi di pendenza), ai diversi strati del sottosuolo.

Tra questi, i vari Wavefront reconstruction method,(Rockwell, 1967), Intercept Time Method (Edwing et al., 1939), o il gruppo di Metodi dei Reciproco Convenzionale che assumono diverse denominazioni ma che sostanzialmente risultano equivalenti (ABC method in Nord America, Hagiwara's method in Giappone, Plus-Minus in Europa). Oppure i più raffinati Delay-Time (Barry,1967), Hale's method o Graphycal rayfract (Hales, 1958; Sjogren, 1984), e il Metodo del Reciproco Generalizzato (Palmer, 1980) che introducono la tecnica della migrazione per ottimizzare la offset distance (distanza orizzontale tra il punto di emergenza del raggio rifratto ed il punto di ricezione alla superficie)

A seconda della complessità del sito l'analisi dei dati potrebbe essere fatta con un metodo piuttosto che un altro, tuttavia molti di questi sono di fatto inglobati nel metodo GRM di Palmer, di cui costituiscono casi limite. Questi metodi richiedono generalmente un minimo di 5 punti per ogni linea (2 colpi esterni, 2 colpi agli estremi e un colpo al centro). Solo il caso semplice di strati a velocità costanti, orizzontali o debolmente inclinati, può essere risolto adeguatamente con due soli colpi alle estremità della linea applicando il metodo del tempo-intercetto.



**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

aif AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti – indagini nel sottosuolo

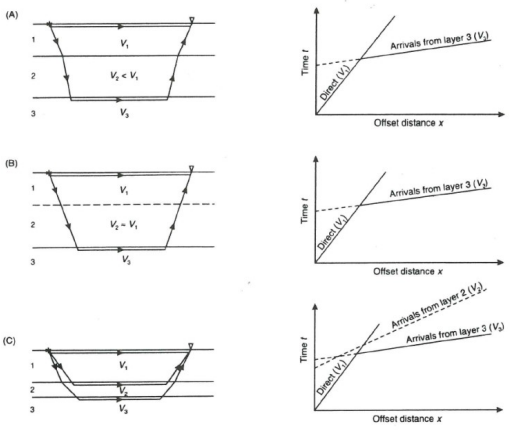
ANCE 2021 GENOVA Socio n.ro 16-GE-3175

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

Come tutti i metodi di inversione, anche le tecniche di modellazione di dati sismici a rifrazione sono affette da non univocità della soluzione. Oltre alle problematiche connesse alla qualità dei dati acquisiti, ulteriori incertezze di interpretazione possono essere causate dalla presenza di strutture non diagnosticabili per limiti intrinseci al metodo come: inversioni di velocità; livelli nascosti; marcate variazioni laterali sia di velocità, sia di giacitura dei sismo-strati; rifrazioni fuori piano (generate da strutture a lato della linea piuttosto che sotto).




Un'inversione di velocità è uno strato geologico con una velocità sismica inferiore a quella dello strato sovrastante. Lungo tale strato la rifrazione critica non avviene perché la velocità non aumenta. Se il livello non viene individuato la profondità degli strati sottostanti risulta sovrastimata.

Uno strato nascosto è invece un livello caratterizzato da incremento di velocità ma di spessore troppo modesto rispetto alle velocità degli strati soprastanti e sottostanti, tale che gli arrivi rifratti non raggiungono i geofoni prima di quelli dalla strato più profondo. Un tipico esempio si verifica laddove sedimenti saturi sovrastano un substrato veloce.

Quando invece la struttura di velocità del sottosuolo aumenta gradualmente in funzione della profondità piuttosto che per strati discreti, i metodi "classici" non sono lo strumento di analisi e la profondità dei rifrattori risulta sovra o sottostimata.

Analisi dettagliate del metodo sismico a rifrazione si possono trovare in Musgrave (1967), Redpath (1973), Palmer (1991).


**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

AssociazioneImpreseFondazioni
consolidamenti – indagini nel sottosuolo

ANCE GENOVA
2021 Socio n.ro 16-GE-3175

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

### 5.1.1 ELABORAZIONE TOMOGRAFICA

Metodi classici come Delay-Time o GRM assumono a priori l'esistenza di rifrattori geometrici semplificando in modo eccessivo la reale struttura di velocità del sottosuolo. Eterogeneità laterali, discontinuità, gradiente di velocità, si uniscono ai già citati strato cieco ed inversioni di velocità nel definire una realtà geologica più complessa rispetto agli strati a velocità interna costante. In particolare per gli studi a ridotta profondità, dove lo strato superficiale alterato costituisce una porzione importante dello spazio esplorato. Le più recenti tecniche di inversione tomografia hanno invece le potenzialità per superare i limiti dei metodi classici e risolvere queste sismo-strutture complesse che possono essere ad esempio osservate nelle transizioni tra roccia alterata verso roccia massiva del substrato. Ad esempio, sebbene il metodo sismico a rifrazione non possa modellare inversioni di velocità che siano continue sotto tutto lo stendimento, utilizzando tecniche di inversione tomografica è invece possibile identificare inversioni di velocità "localizzate".

La tomografia è uno strumento matematico applicato in vari campi, inclusa l'inversione di dati geofisici, in cui lo spazio indagato viene suddiviso in celle, ciascuna associata ad un valore di velocità. Il procedimento avviene attraverso una funzione obiettivo che ricerca il minor scarto tra il modello teorico di riferimento e i dati osservati.

A partire da un modello iniziale viene calcolato il percorsi dei raggi sismici (ray-tracing) per tutte le coppie sorgente-ricevitore disponibili, da cui vengono derivate le dromocrone teoriche. L'errore residuo tra tempi sperimentali e tempi teorici viene quindi minimizzato traverso un procedimento iterativo fino a valori ritenuti congrui. A differenza dei metodi tradizionali, non è necessario assegnare (soggettivamente) i rami delle traveltimes ai rifrattori. I metodi a strati in questo contesto vengono comunque impiegati per definire i ranges di variazione delle velocità nei modelli tomografici, che malgrado una maggiore capacità risolutiva degli aspetti geometrici, tendono invece a sottostimare e sovrastimare le velocità.


**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

aif AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti – indagini nel sottosuolo

ANCE 2021 GENOVA Socio n.ro 16-GE-3175

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

Se non opportunamente vincolate le tecniche di inversione tomografica producono un modello con gradiente anche laddove esista un netto contrasto di impedenza.

Esistono in letteratura molti diversi approcci alla rifrazione tomografica, e molti programmi commerciali ciascuno con le proprie peculiarità. Nel lavoro in esame l'elaborazione tomografica è realizzata con il software RAYFRACT, versione 3.33, sviluppato da Intelligent Resource Inc.

In Rayfract il modello iniziale determinato dai tempi di primo arrivo utilizzando il metodo Delta-t-V, che assume un gradiente verticale costane oltre ad utilizzare il metodo Common Mid Point (CMP)in luogo del common shot-point per il calcolo delle velocità apparenti (Gebrande, 1986), viene mediato in senso orizzontale (metodo di Herglotz-Wiechert) per ridurre l'incidenza di artefatti che si generano in caso di forti contrasti orizzontali, quindi iterativamente affinato mediante l'algoritmo di inversione tomografica Wavepath Eikonal Traveltime (Schuster, 1993), basato sulla modellazione dei percorsi di propagazione multipla di raggi sismici "fat" o Fresnell Volume (Watanabe, 1999), invece dei tradizionali raggi sismici. Tale algoritmo valuta inoltre le differenze tra onde rifratte, diffratte e trasmesse, di conseguenza le immagini delle anomalie vengono esaltate.

Infine, viene calcolata e restituita in forma grafica la copertura dei raggi sismici (raypath coverage) come funzione della profondità lungo tutto il profilo. Queste sezioni sono un ulteriore strumento diagnostico utile in particolare per identificare zone dalle scadenti proprietà geo-meccaniche solitamente evidenziate da aree a ridotta copertura, in quanto per natura sono zone a bassa velocità tendendo l'energia a concentrarsi più facilmente in settori a maggiore rigidità.

### 5.1.2 MODELLAZIONE TOMOGRAFICA COMBINATA

In fase di elaborazione viene comunque sempre valutata una soluzione a strati discreti attraverso il metodo più idoneo, scelto in base alle caratteristiche delle


**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

aif AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti – indagini nel sottosuolo

ANCE 2021 GENOVA Socio n.ro 16-GE-3175

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

dromocrone. Rayfract dispone di tre diversi approcci: un metodo wavefront che costituisce una variante del GRM classico in cui il parametro XY non è costante ma può variare lungo la linea (Ali Ak, 1990), il classico plus-minus o il metodo CMP intercept time refraction che consente la modellazione di velocità e spessori sotto ciascun ricevitore e punto sorgente, ma in caso di forti curvature del rifrattore può restituire valori di velocità non affidabili.

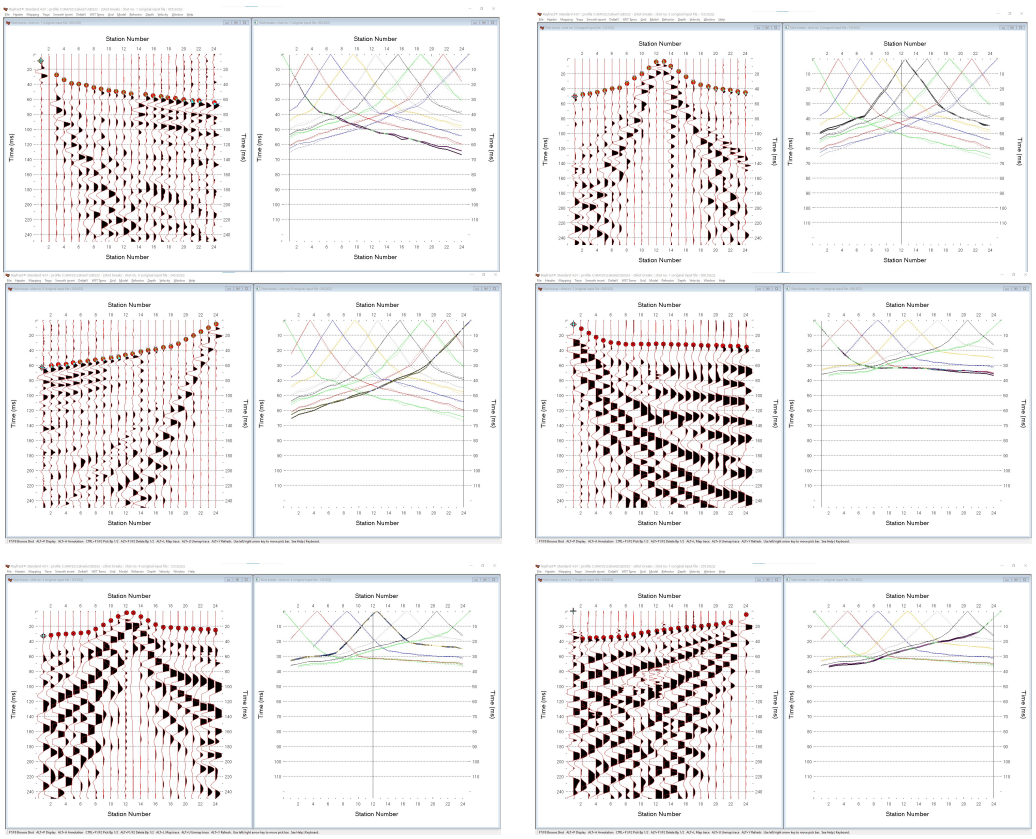


Fig. 1 Esempi di common shot gathers registrati in loc. Calvari – San Colombano Certenoli, e relative traveltimes.

Un modello preliminare a strati consente una valutazione delle velocità e degli spessori prima di addentrarsi nel processo di inversione. In caso di rifrattori ben definiti (Fig.4) e strati internamente omogenei, è possibile ottenere un risultato più fedele alle reali condizioni geologiche, utilizzando tale risultato preliminare


**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

AssociazioneImpreseFondazioni
consolidamenti – indagini nel sottosuolo
ANCE 2021 GENOVA Socio n.ro 16-GE-3175

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

per eseguire un'inversione vincolata. Solitamente il risultato è una sezione tomografica con gradienti molto accentuati in corrispondenza dei rifrattori precedentemente individuati, restando però possibile apprezzare variazioni di velocità interne agli strati e non solo lungo il rifrattore.
Per questi motivi, e senza trascurare la morfologia talvolta molto pronunciata, le routine di inversione tomografica sono ritenute la tecnica di modellazione dati più appropriata. Tuttavia in fase di elaborazione sono stati prodotti due modelli: uno tomografico libero, con gradiente di velocità, e l'altra impiegando come vincolo il rifrattore geometrico calcolato preliminarmente. Il confronto dei risultati e l'analisi incrociata con i dati geologici disponibili hanno infine guidato la scelta su quale fosse il risultato più robusto.

### 5.1.3 PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

Il risultato finale ottenuto dal lavoro di campagna è costituito da sezioni tomografiche di velocità (Fig5), una per ogni profilo realizzato, presentate in forma di tavole grafiche corredate di informazioni e commenti. Negli elaborati l'identificazione dei vari sismo-strati è facilitata dall'impiego di scale cromatiche utilizzate per la rappresentazione dei valori di velocità.
Nelle varie tavole allegate e fornite, è stato preso in considerazione anche l'approccio di elaborazione classica (GRM, a strati), ed i risultati sono stati messi in correlazione con i risultati delle indagini geognostiche: questa fase è stata resa in stretta collaborazione col dott. Geol. Denjs Tassisto, DL delle indagini geologiche. Il modello finale è pertanto integrato ai risultati geognostici, seppur schematicamente.


**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti – indagini nel sottosuolo

ANCE 2021 GENOVA Socio n.ro 16-GE-3175

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

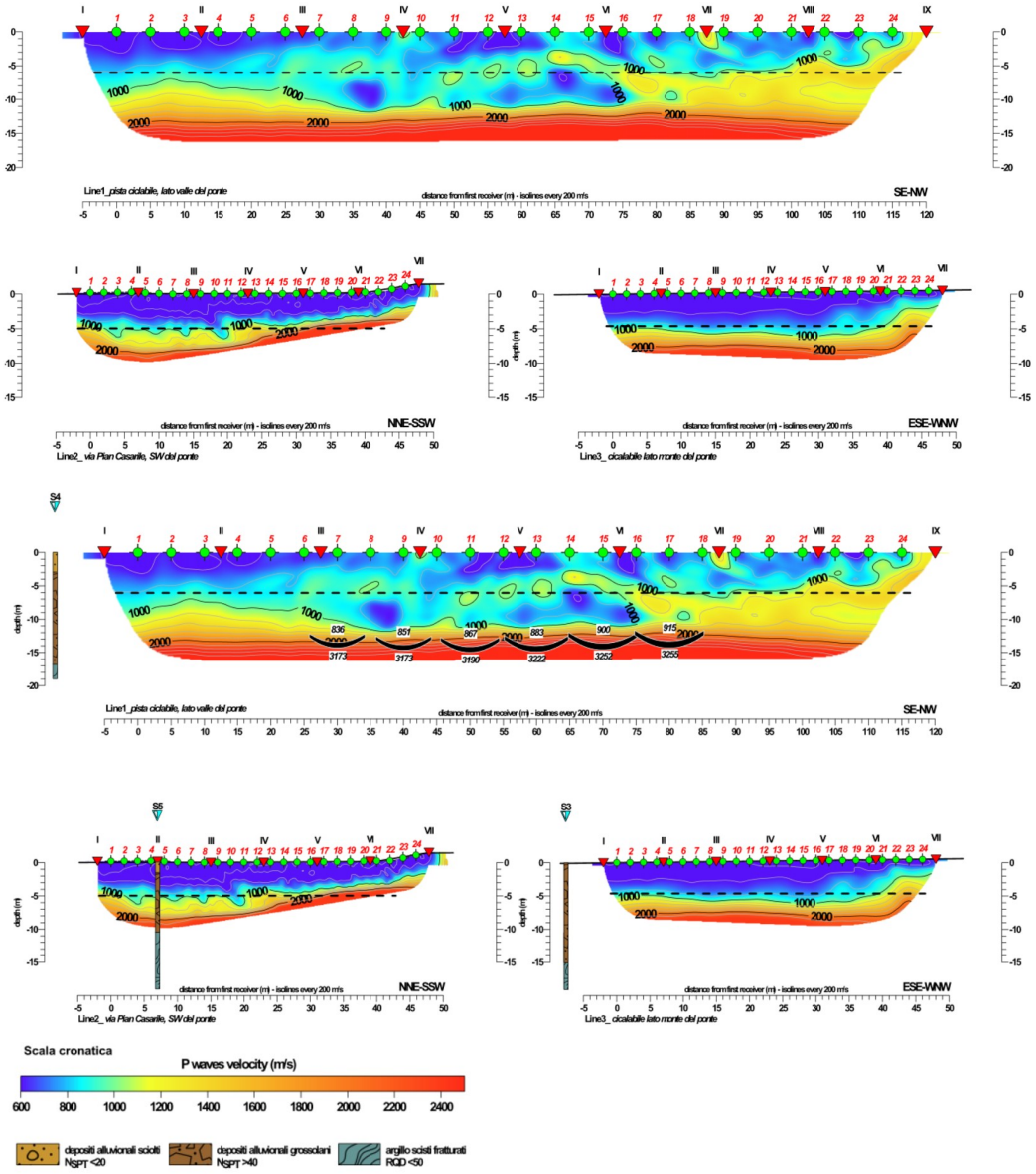



Fig. 2 Sezioni tomografiche e scala cromatica utilizzata nei tomogrammi per la rappresentazione della velocità delle onde dei terreni. Velocità in m/s. Le linee tratteggiate indicano il livello di falda.



**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

aif AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti – indagini nel sottosuolo

ANCE 2021 GENOVA Socio n.ro 16-GE-3175

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

## 5.2 MASW

I metodi di Multichannel Analysis of Surface Waves, meglio noti con l'acronimo MASW, particolarmente apprezzati per la loro non invasività e praticità di esecuzione rispetto ad altri metodi sismici, negli ultimi 20 anni hanno riscosso una sempre maggiore attenzione in ambito geotecnico e ingegneristico, fino a diventare ormai di largo uso per la determinazione di modelli monodimensionali della velocità delle onde di taglio.

Diversamente dalle onde di volume, la cui velocità non dipende dalla frequenza, per le onde di superficie non esiste "una" velocità di propagazione ma ogni frequenza è caratterizzata da una propria velocità. Questo comportamento definito dispersione in frequenza è fortemente controllato dalle caratteristiche del mezzo in cui la propagazione avviene. Maggiore l'eterogeneità tra gli strati presenti, maggiore la dispersività del mezzo. All'estremo opposto, un mezzo omogeneo è invece poco dispersivo, o addirittura non dispersivo nel caso limite di un mezzo omogeneo e isotropo.

L'energia legata alle onde di superficie decade esponenzialmente allontanandosi dalla superficie stessa, e la trattazione matematica dimostra che il moto indotto alle particelle dal passaggio dell'onda è confinato in profondità non oltre una lunghezza d'onda. È chiaro quindi come al variare delle caratteristiche elastiche con la profondità, si abbiano ripercussioni sullo spettro di velocità ed è questo il principio alla base dei metodi MASW. Lunghezze d'onda minori sono condizionate solo dalle porzioni di terreno più prossime alla superficie, mentre lunghezze d'onda maggiori (o basse frequenze), penetrando il terreno più in profondità risentono anche di quanto si trova in basso nella colonna sismo-stratigrafica. Ne segue che la forma dello spettro di dispersione è una rappresentazione indiretta del sottosuolo, in cui il dominio delle alte frequenze è rappresentativo di quanto si trova nell'immediato sottosuolo, mentre procedendo verso le basse frequenze si collezionano informazioni a maggiore profondità.


**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

aif AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti – indagini nel sottosuolo

ANCE 2021 GENOVA Socio n.ro 16-GE-3175

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

I metodi di prospezione sismica basati sulle onde di superficie adottano modelli fisico-matematici nei quali il sottosuolo viene schematizzato come una serie di strati piano paralleli sovrapposti, con caratteristiche elastiche lineari nei casi più semplici, oppure considerando il comportamento visco-elastico più realistico per i materiali naturali.

Per ogni strato si possono definire i parametri principali che controllano la propagazione dell'energia elastica: spessore; densità; velocità di propagazione delle onde di taglio Vs; coefficiente di Poisson; fattore di qualità (Q). A partire da questi è possibile ricavare le proprietà dispersive delle onde superficiali, definendo in questo modo il problema diretto che, note le caratteristiche del terreno, permette di descrivere la dispersione. Nei metodi geofisici occorre invece affrontare il problema inverso, ossia, partendo dal dato sperimentale, si deve risalire al modello del terreno descrivendolo attraverso i parametri meccanici e sismici.

La procedura utilizzata può essere sintetizzata nelle tre seguenti fasi principali:

1. Acquisizione dati e controllo qualità (QC): registrazione (dominio del tempo) e osservazione dei dati sismici (dominio delle frequenze) per un intervallo sufficientemente ampio in termini sia di tempo (il ventaglio dispersivo deve essere interamente contenuto nel sismogramma), sia di frequenze (tipicamente 4.5÷60 Hz);
2. Signal processing: trattamento dei dati attraverso trasformata di Fourier, filtraggio e altre tecniche finalizzate all'estrazione delle caratteristiche di dispersione espresse come velocità di fase o gruppo in funzione della frequenza (spettro velocità di fase/frequenza);
3. Processing/Inversione: elaborazione del profilo monodimensionale di VS mediante definizione di uno spazio di ricerca ottenuto iterativamente per modellazione diretta e affinamento mediante inversione numerica.


**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

aif AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti – indagini nel sottosuolo

ANCE 2021 GENOVA Socio n.ro 16-GE-3175

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

Come tutti i metodi geofisici, anche in questo caso la ricerca della soluzione del problema inverso è sottodimensionata. Una data curva/spettro di dispersione può essere quindi soddisfatta da "n" soluzioni dove per soluzione si intende in questo caso il log sismo-stratigrafico composto di coppie spessore-velocità per ciascuno strato.

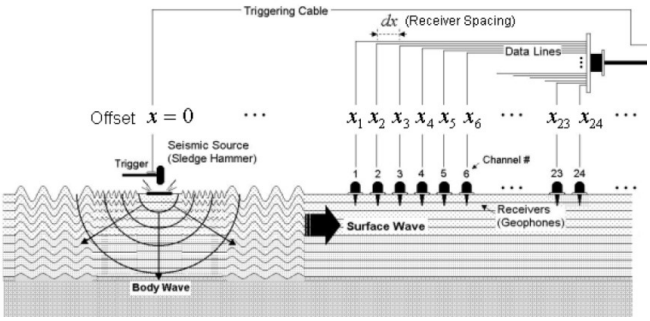



Fig. 3 Schema della disposizione dei geofoni e del punto di energizzazione.

Esistono in letteratura numerosi metodi di inversione (Monte Carlo, minimi quadrati, algoritmi genetici, etc.), nessuno dei quali è però in grado di garantire la congruità della soluzione. Ragione per cui le tecniche più evolute, ormai adottate anche da alcuni softwares commerciali, hanno abbandonato l'approccio acritico puramente matematico in favore di un processing ragionato che attraverso la definizione di vincoli geologici prevede la preliminare definizione di uno spazio di ricerca quanto più ristretto possibile, che può essere spinto fino alla definizione del modello finale o affinato mediante inversione numerica.

### 5.2.1 ANALISI MULTICOMPONENTE

Un ulteriore passo avanti nella riduzione dell'incertezza della soluzione è stato fatto in anni recenti da una parte della comunità scientifica adottando un approccio multi-componente.

Se è vero che il termine MASW rimanda solitamente alla procedura più comunemente utilizzata e nota, in cui la curva di dispersione è ricavata dalle onde di Rayleigh acquisite con geofoni verticali, è altrettanto vero che il panorama delle onde di superficie non è limitato ad esse ma comprende: le onde di Love, in cui il moto delle particelle avviene ortogonalmente alla direzione di


**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.
aif AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti – indagini nel sottosuolo
ANCE GENOVA 2021 Socio n.ro 16-GE-3175

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

propagazione; le onde di Scholte la cui propagazione avviene all'interfaccia tra un solido ed un fluido; o le onde di Stoneley che si propagano tra solido e solido. Le stesse onde di Rayleigh si propagano per moto ellittico retrogrado, pertanto si può distinguere tra una componente verticale ed una orizzontale.

In quanto onde di superficie questi diversi tipi di propagazione dell'energia elastica sono dispersivi, e come tali possono essere utilizzati per risalire alle proprietà del mezzo sottostante la superficie di propagazione. Tralasciando le Scholte e le Stoneley che trovano applicazioni nello studio dei fondali e nella sismica a riflessione marina le prime, o per l'analisi delle Vs nella simica di pozzo le seconde, Love, Rayleigh verticale e Rayleigh orizzontale, ciascuna col proprio spettro di dispersione, offrono l'opportunità di collezionare una maggiore quantità di informazioni sull'oggetto dello studio.

Nel caso ad esempio di una classica acquisizione in onde di Rayleigh associata ad una registrazione delle onde di Love, si hanno a disposizione due spettri di dispersione. Ciascuno, se trattato indipendentemente ammette più di una soluzione in quanto come detto il problema è sottodimensionato. Un approccio multi-componente consente però di scartare dall'insieme delle "nR" soluzioni valide per la dispersione delle Rayleigh, tutte quelle che non soddisfino anche la dispersione delle Love, e viceversa. Spingendo ancora oltre lo stesso approccio metodologico, la verifica della congruenza del modello con un terzo dataset, ad esempio la componente orizzontale delle Rayleigh o una curva HVSR ottenuta per registrazione passiva a stazione singola, andrebbe ad incrementare drasticamente la robustezza del modello finale.

Pertanto, al costo di un contenuto aumento delle attività di campo e di processing, è possibile migliorare sensibilmente la robustezza del risultato perseguito, riducendo drasticamente l'ambiguità intrinseca e rendendo il metodo meno dipendente dalle informazioni accessorie, spesso insufficienti a vincolare adeguatamente il campo di ricerca.


**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

aif AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti – indagini nel sottosuolo

ANCE 2021 GENOVA Socio n.ro 16-GE-3175

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

### 5.2.2 FVS INVERSION

La complessità delle dispersioni, se affrontate con il metodo delle curve modali, pongono spesso il tecnico nelle condizioni di dover eseguire delle scelte interpretative basate sull'esperienza piuttosto che su informazioni oggettive. Le più recenti tecniche di inversione full velocity spectrum (Dal Moro, 2014; Dal Moro et al., 2014), costituiscono un approccio meno "soggettivo" e pertanto più robusto. Infatti, mentre lavorando con le curve modali l'interpretatore deve necessariamente definire l'ordine gerarchico dei modi (fondamentale, primo, etc.), cosa non sempre di facile soluzione, l'approccio FVS consiste nel cercare di riprodurre quanto più fedelmente possibile l'intero spettro di velocità (Fig8) evitando qualunque ambiguità potenzialmente introdotta dall'interpretazione delle curve di dispersione modale.

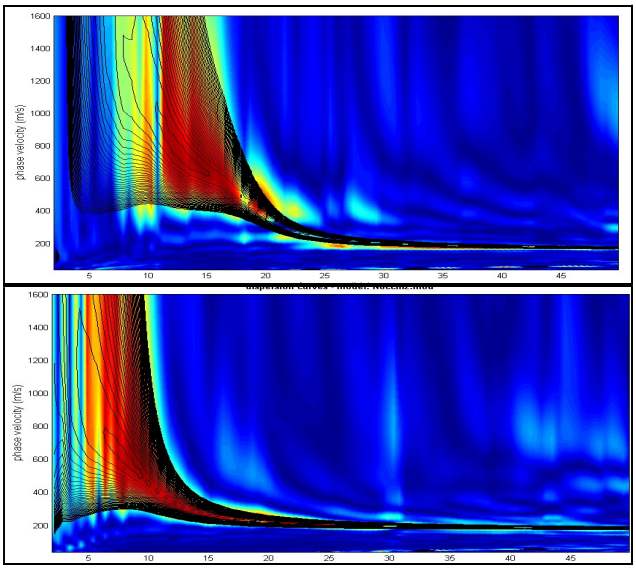



Fig. 4 Spettri v-f sintetici ottenuti per modellazione diretta (FWS inversion) sovrapposti agli spettri di velocità sperimentali. In questo modo si verifica la congruità del modello sismo-stratigrafico con il dato sperimentale non interpretato: sx) dispersione onde di Rayleigh; dx) dispersione onde di Love


**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

AssociazioneImpreseFondazioni
consolidamenti – indagini nel sottosuolo
ANCE GENOVA 2021 Socio n.ro 16-GE-3175

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

### 5.2.3 ACQUISIZIONE DATI

L'acquisizione di un set di dati per l'indagine MASW si esegue mediante uno stendimento di sensori, solitamente da 12 a 24 velocimetri con frequenza caratteristica di 4.5 Hz, rigorosamente allineati con la sorgente. Distanza intergeofonica ed offset minimo vengono in genere definiti in base al contesto geologico ed alle condizioni logistiche. In generale, dispositivi geofonici con lunghezze di 50÷70 m e due o tre punti di energizzazione posti a distanze comprese tra 5.0 e 15.0 metri dal primo ricevitore, consentono una buona definizione degli spettri di frequenza in quasi tutte le condizioni. Terreni particolarmente lenti possono necessitare di stendimenti di maggiore lunghezza affinché la profondità di esplorazione raggiunga il target richiesto, o l'abbinamento di qualche tecnica passiva (es, ESAC o MAAM, tralasciando l'ormai obsoleta REMI), per definire adeguatamente la porzione bassa dello spettro. Stendimenti di lunghezze inferiori a 45-50m portano solitamente ad un deterioramento della qualità dello spettro alle basse frequenze per campionamento spaziale insufficiente, e sono generalmente da evitare.

### 5.2.4 SORGENTI ONDE SISMICHE E RICEVITORI

La generazione delle onde di superficie avviene mediante idonei strumenti utili ad enfatizzare le diverse tipologie di perturbazione elastica desiderata. Nel caso delle onde di Rayleigh l'onda viene generata percuotendo verticalmente il terreno con una mazza da 5-8kg. Si ricorre al fucile sismico o ad un grave in caduta in caso di terreni particolarmente scadenti. Un trave in legno ben accoppiato con il terreno e colpito lateralmente con una mazza da 5-8kg o un pendolo di massa superiore, consente invece di generare le onde di Love.
In funzione del tipo di componente che si desidera registrare è necessario adottare i sensori opportuni. Come già detto i ricevitori impiegati sono solitamente velocimetri (geofoni) a frequenza caratteristica di 4.5Hz, essendo


**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

aif AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti – indagini nel sottosuolo

ANCE 2021 GENOVA Socio n.ro 16-GE-3175

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

questo il miglior compromesso tra capacità risolutiva, costi ed ergonomicità. Geofoni verticali consentono la registrazione della componente verticale delle Rayleigh, mentre la componente orizzontale si registra con geofoni ad asse orizzontale disposto secondo la linea sismica e allineato con la sorgente. Gli stessi sensori orizzontali disposti invece trasversalmente all'allineamento permettono la registrazione delle onde di Love.

### 5.2.5 SOFTWARE DI ELABORAZIONE

Acquisizione dati, pre-processing e processing dati sono eseguiti con i seguenti softwares commerciali:

- Vscope 2.4.81, Seismic Source Company, ultimo aggiornamento settembre 2017
- Fron End Express, Geogiga Technology Corp, ultimo aggiornamento novembre 2017.
- WinMASW 2018 Acd, da Eliosoft srl, ultimo aggiornamento maggio 2018.
- Risultati

### 5.2.6 ACQUISIZIONI MASW

I profili della variazione della velocità delle Onde S con la profondità prodotti per inversione degli spettri di dispersione sono profili a strati con velocità costante (Log monodimensionali o 1D), ottenuti attraverso modellazione prevalentemente diretta, utilizzando la modellazione numerica solo per la rifinitura del modello una volta definito uno spazio di ricerca quanto più ristretto e vincolato possibile. Infatti, a prescindere dall'approccio adottato (single o multi-component), il processo di inversione necessita sempre di un modello geologico "sensato" di riferimento (spessore degli strati e ranges di velocità) che definisca lo spazio di ricerca all'interno del quale andare ad individuare la soluzione "migliore".


**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

aif AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti – indagini nel sottosuolo

ANCE GENOVA 2021 Socio n.ro 16-GE-3175

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

Per i motivi esposti nelle pagine introduttive, nel caso di risultati ottenuti dalla dispersione delle sole onde di Rayleigh, in assenza di indagini dirette o altri dati di riferimento adeguati, le colonne sismo-stratigrafiche proposte hanno valore indicativo. Il valore di VS30 si può tuttavia considerare affidabile in quanto, per le n soluzioni "matematicamente equivalenti" che soddisfano la dispersione, può variare rispetto al valore medio proposto di un margine non superiore a ±10%. Al contrario, modelli sismo-stratigrafici ottenuti per modellazione congiunta a due (Rayleigh+Love; Rayleigh+HVSR; Love+HVSR) o tre componenti (Rayleigh+Love+HVSR), godono di una maggiore affidabilità, non richiedono necessariamente dati diretti per vincolare il modello di partenza e consentono ricostruzioni anche dettagliate delle geometrie sepolte.

Nel caso in esame, il modello sismo-stratigrafico deriva dalla modellazione a singola componente della dispersione della componente verticale delle onde di Rayleigh (Fig.9), ottenute attraverso uno stendimento composto di 24 geofoni, sfruttando la linea sismica allestita per la sismica a rifrazione (Fig.9), e la registrazioni di scoppi ad una estremità.

Gli spettri risultano di buona qualità. I risultati sono ottenuti esclusivamente per modellazione diretta, dello spettro sintetico (FVS inversion). Il modello iniziale è strettamente vincolato dai risultati prodotti dalla tomografia sismica a rifrazione, mentre la soluzione finale è anch'essa ottimizzata in modo iterativo sul modello a rifrazione. Tutti gli spettri ottenuti dalle registrazioni di campagna sono stati valutati e confrontati selezionando poi il migliore per la fase di modellazione.


**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

AssociazioneImpreseFondazioni
consolidamenti – indagini nel sottosuolo

ANCE GENOVA 2021 Socio n.ro 16-GE-3175

m3d costruzioni speciali s.r.l.

SOA GROUP

Member of CISQ Federation RINA CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM ISO 9001 - ISO 45001

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

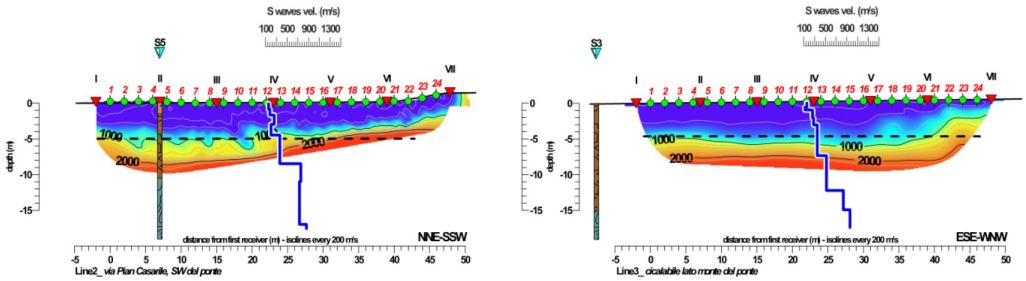



Fig. 5 grafici di propagazione delle onde S ottenuti dalla masw alle due sezioni tomografiche.

Di seguito viene esposto il modello sismo-stratigrafico, utile per il calcolo del parametro VS30 o VSeq e per la definizione della categoria di suolo.

I dati sono acquisiti contestualmente ai dati a rifrazione, quindi adottando lo stesso stendimento delle linee 2 e 3. Ciascun sismogramma registrato è :k di 5 battute, di cui si verifica la qualità direttamente in campo prima di eseguire l'operazione di stack. L'acquisizione è stata eseguita con geofoni verticali per la componente verticale delle onde di Rayleigh (ZVF)

| Linea | Lunghezza | Geofoni | Array | Passo | Shots (m.o.) | Energizzazione | Durata acquisizione | Campionamento |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MASW line2 | 46.0 m | 24 - vert | Rayleigh | 2.0 m | 2.0 m | Mazza 8 kg su piastra | 0,50 s | 250 µs |
| MASW line3 | 46.0 m | 24 - vert | Rayleigh | 2.0 m | 2.0 m | Mazza 8 kg su piastra | 0,50 s | 250 µs |

Tabella 2 Tabella riepilogativa dei dati generali relativi alle indagini di sismiche attiva eseguite.

Nel caso in esame il risultato finale è da ritenersi sufficientemente robusto in quanto ottenuto attraverso modellazione diretta strettamente vincolata con i risultati della tomografia sismica ad alta definizione e correlato ai dati geognostici.


**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti – indagini nel sottosuolo

ANCE 2021 GENOVA Socio n.ro 16-GE-3175

m3d costruzioni speciali s.r.l.

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

Certi di aver adempiuto correttamente ed in modo esaustivo all'incarico conferitoci, rimaniamo comunque a disposizione per eventuali chiarimenti e/o approfondimenti di indagine.

Genova, 23_08_2021

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
Dott. Geol. LUCA MALDOTTI
A.P. n. 411
data iscr. 16-09-99

**Dott. Geol. Luca Maldotti**
**(Direttore Tecnico Indagini Geognostiche)**


**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

AssociazioneImpreseFondazioni
consolidamenti – indagini nel sottosuolo

ANCE GENOVA 2021 Socio n.ro 16-GE-3175

m3d costruzioni speciali s.r.l.

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

# ALLEGATI



**P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE** 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

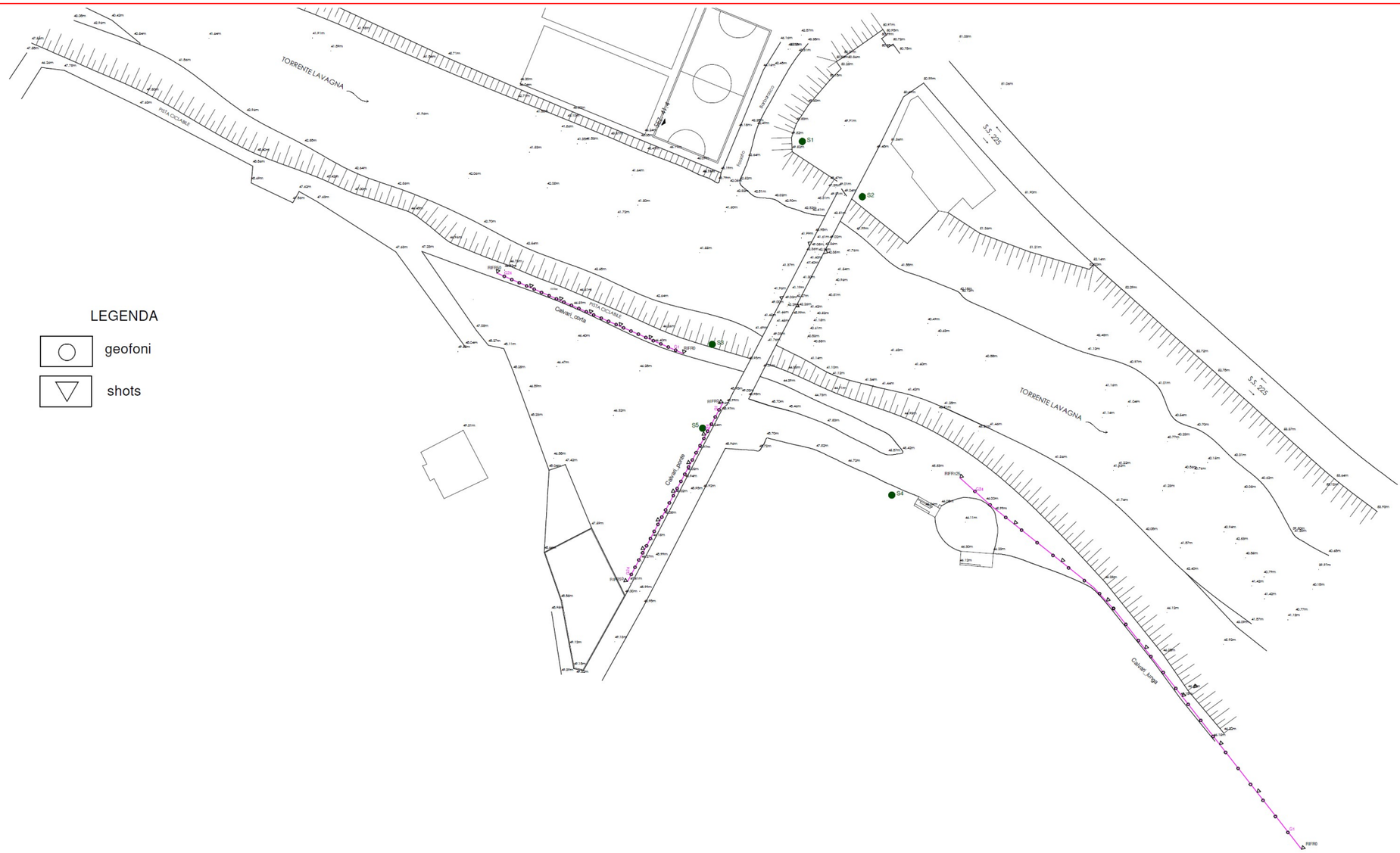
AssociazioneImpreseFondazioni
consolidamenti – indagini nel sottosuolo

ANCE GENOVA 2021 Socio n.ro 16-GE-3175

**Sede Operativa e uffici** Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**Web** www.m3dsrl.com
**E-mail** info@m3dsrl.com




| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINI | M3D057_21 LM | 23_08_2021 | - | Luca MALDOTTI | COMUNE DI SAN COLOMBANO CERTENOLI |
| N° | allegato | codice | data | scala | redatto | committente |

m3d costruzioni speciali s.r.l.

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it



| N° | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2 | DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C. **S1** | | | |
| **allegato** | | | | |
| M3D057_21 | 23_08_2021 | - | Luca MALDOTTI | COMUNE DI S. COMOMBANO |
| **codice** | **data** | **scala** | **redatto** | **committente** |

**M3D Costruzioni Speciali S.r.l.**
Via al Santuario di N.S. della Guardia 49A rosso
16162 GENOVA
tel. 010 2518889 e-mail: info@m3dsrl.com

# STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO

| Commessa | Sigla sondaggio |
|---|---|
| **057/21** | **S1** |

| | |
|---|---|
| Committente: | **Comune di S. Colombano Certenoli** |
| Cantiere: | **Calvari (GE)** |
| Località: | **Calvari (GE)** |
| Data: | **Inizio 22/06/2021 fine 23/06/2021** |
| Quota: | **p.c.** |

**Dati di perforazione - computo metrico**

Tipo e diametro di perforazione: *carotaggio continuo - 101 mm*
Rivestimento diam. 127 mm: *16.50 m* Casse: *n. 4*
Carotiere semplice: *13.40 m*
Carotiere doppio: *6.60 m*
Corona diamantata: *6.60 m*
Strumentazione*: -*

| Litologia | Profondità e potenza strato (m) | Descrizione litologica | % Carotaggio | Manovre % RQD | Campioni | Prove geotecniche in foro: Standard Penetration Test (prof. / Risutato / $N_{spt}$) | Lefranc | Lugeon | Menard | Inclinometro | Piezometro a tubo aperto | Utensile: Carotiere semplice | Utensile: Carotiere doppio | Utensile: Corona Diamantata | Falda |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,00 | | 10 30 50 70 90 | 10 30 50 70 90 | | prof. Risutato $N_{spt}$ | | | | | | | | | |
| | 0.60 | Terreno vegetale rimaneggiato costituito da ghiaia eterometrica sabbiosa, localmente ciottolosa; clasti poligenici, da angolari a subangolari; colore grigio-beige. | | | | | | | | | | | | | |
| | 4.80 | Ghiaia eterometrica da sabbiosa a con sabbia limosa e debolmente ciottolosa; clasti poligenici, da angolari a subarrotondati; poco addensato (valori di $N_{SPT}$ pari a 5, 6 e 10 rispettivamente a 1.50 m, 3.00 me 4.50 m di profondità); colore marrone. | | 1.50<br>3.00<br>4.50 | | 1.50 2 - 2 - 3 **5**<br>3.00 2 - 2 - 4 **6**<br>4.50 7 - 5 - 5 **10** | | | | | | | | | |
| | 13.00 | Ghiaia eterometrica da sabbiosa a con sabbia debolmente limosa, localmente limosa e ciottolosa; clasti poligenici, da angolari a subarrotondati; da moderatamente addensato ad addensato (valori di $N_{SPT}$ pari a 15, 31 e 42 rispettivamente a 6.00 m, 7.50 m e 9.00 m di profondità); colore grigio-beige. | 100 | 6.00<br>7.50<br>9.00<br>10.50<br>12.00<br>13.40<br>14.70<br>15.90<br>16.50 | | 6.00 6 - 8 - 7 **15**<br>7.50 11 - 14 - 17 **31**<br>9.00 15 - 20 - 22 **42** | | | | | | | | 13.40 | |
| | 16.70 | Blocchi con ciottoli e ghiaia debolmente sabbioso-limosi; clasti poligenici, da angolari a subarrotondati; colore grigio-beige. | | 16.70 | | | | | | | | | | | |
| | 20,00 | Substrato roccioso costituito da argilliti di colore grigio, fratturato, localmente molto fratturato-frantumato, con discontinuità da ravvicinate a molto ravvicinate. Superfici di discontinuità lisce o irregolari con inclinazioni comprese tra 20°-40°. Localmente presenza di vene di calcite da millimetriche a centimetriche. | | 18.00<br>19.30<br>20.00 | | | | | | | | | | | |

m3d costruzioni speciali s.r.l.

SOA GROUP
Member of CISQ Federation
RINA
CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM
ISO 9001 - BS OHSAS 18001

**Sede Operativa e uffici** Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**Web** www.m3dsrl.com
**E-mail** info@m3dsrl.com




Committente: **COMUNE S. COLOMBANO CERTENOLI**
Sondaggio: **S1** - Cassetta: **n°1**
Prof. da **0.00 m. a 5.00 m.** →




Committente: **COMUNE S. COLOMBANO CERTENOLI**
Sondaggio: **S1** Cassetta: **n°2**
Prof. da **5.00 m. a 10.00 m.** →

m3d costruzioni speciali s.r.l.

**Sede Operativa e uffici** Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**Web** www.m3dsrl.com
**E-mail** info@m3dsrl.com




Committente: **COMUNE S. COLOMBANO CERTENOLI**
Sondaggio: **S1** Cassetta: **n°3**
Prof. da **10.00 m. a 15.00 m.**




Committente: **COMUNE S. COLOMBANO CERTENOLI**
Sondaggio: **S1** Cassetta: **n°4**
Prof. da **15.00 m. a 20.00 m.**

m3d costruzioni speciali s.r.l.

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it



| N° | allegato |
|---|---|
| 3 | DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C. **S2** |

| codice | data | scala | redatto | committente |
|---|---|---|---|---|
| M3D057_21 | 23_08_2021 | - | Luca MALDOTTI | COMUNE DI S. COMOMBANO |

**M3D Costruzioni Speciali S.r.l.**
Via al Santuario di N.S. della Guardia 49A rosso
16162 GENOVA
tel. 010 2518889 e-mail: info@m3dsrl.com

# STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Commessa: **057/21**

Sigla sondaggio: **S2**

| | |
|---|---|
| Committente: | **Comune di S. Colombano Certenoli** |
| Cantiere: | **Calvari (GE)** |
| Località: | **Calvari (GE)** |
| Data: | **Inizio e fine 21/06/2021** |
| Quota: | **p.c.** |

**Dati di perforazione - computo metrico**

Tipo e diametro di perforazione: *carotaggio continuo - 101 mm*
Rivestimento diam. 127 mm: *13.00 m* Casse: *n. 4*
Carotiere semplice: *13.00 m*
Carotiere doppio: *7.00 m*
Corona diamantata: *7.00 m*
Strumentazione*: -*

| Litologia | Profondità e potenza strato (m) | Descrizione litologica | % Carotaggio | Manovre % RQD | Campioni | Prove geotecniche in foro: prof. | Standard Penetration Test: Risutato | Standard Penetration Test: $N_{spt}$ | Lefranc | Lugeon | Menard | Inclinometro | Piezometro a tubo aperto | Utensile: Carotiere semplice | Utensile: Carotiere doppio | Utensile: Corona Diamantata | Falda |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,00 | | 10 30 50 70 90 | 10 30 50 70 90 | | | | | | | | | | | | | |
| | 0.10 / 0.50 | Asfalto. | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Sottofondo stradale. | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0.60 / 4.10 | Ghiaia eterometrica da sabbiosa a con sabbia limosa e debolmente ciottolosa; clasti poligenici, da angolari a subarrotondati; da moderatamente addensato a poco addensato (valori di $N_{SPT}$ pari a 12 e 7 rispettivamente a 1.50 m e 3.00 m di profondità); colore marrone. | | 1.50 | | 1.50<br>1.95 | 7 - 6 - 6 | 12 | | | | | | | | |
| | | | | 3.00 | | 3.00<br>3.45 | 3 - 3 - 4 | 7 | | | | | | | | | |
| | 4.70 / 5.30 | Ghiaia eterometrica da sabbiosa a con sabbia debolmente limosa, localmente limosa e ciottolosa; clasti poligenici, da angolari a subarrotondati; da poco addensato ad addensato (valori di $N_{SPT}$ pari a 9, 10, 19 e 38 rispettivamente a 4.50 m, 6.00 m, 7.50 m e 9.00 m di profondità); colore beige-marrone. | | 4.50 | | 4.50<br>4.95 | 5 - 5 - 4 | 9 | | | | | | | | |
| | | | | 6.00 | | 6.00<br>6.45 | 4 - 5 - 5 | 10 | | | | | | | | | |
| | | | | 7.50 | | 7.50<br>7.95 | 2 - 9 - 10 | 19 | | | | | | | | | |
| | | | | 9.00 | | 9.00<br>9.45 | 22 - 21 - 17 | 38 | | | | | | | | | |
| | 10.00 / 1.90 | Sabbia ghiaiosa debolmente limosa e localmente debolmente ciottolosa; clasti poligenici, da angolari a subarrotondati; colore beige-grigio. | 100 | 10.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | 11.90 / 1.10 | Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso riferibile ad argilliti di colore grigio, frantumato e destrutturato, in parte argillificato. | | 11.10 | | | | | | | | | | | | | |
| | 13.00 / 7.00 | Substrato roccioso costituito da argilliti di colore grigio, fratturato, localmente molto fratturato-frantumato, con discontinuità da ravvicinate a molto ravvicinate.<br>Superfici di discontinuità lisce o irregolari con inclinazioni comprese tra 10°-30°, localmente >50°.<br>Localmente presenza di vene di calcite da millimetriche a centimetriche. | | 12.00<br>13.00<br>14.00<br>15.00<br>16.50<br>17.50<br>18.50<br>20.00 | | | | | | | | | | 13.00 | | |
| | 20,00 | | | | | | | | | | | | | | | | |

m3d costruzioni speciali s.r.l.

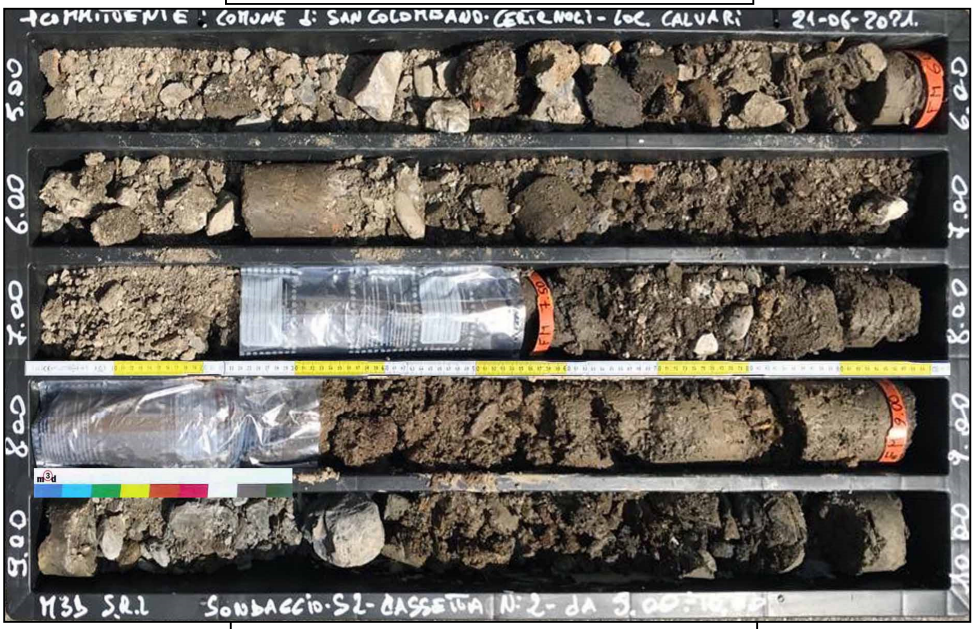
**Sede Operativa e uffici** Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**Web** www.m3dsrl.com
**E-mail** info@m3dsrl.com




Committente: **COMUNE S. COLOMBANO CERTENOLI**
Sondaggio: **S2** - Cassetta: **n°1**
Prof. da **0.00 m. a 5.00 m.** →




Committente: **COMUNE S. COLOMBANO CERTENOLI**
Sondaggio: **S2** Cassetta: **n°2**
Prof. da **5.00 m. a 10.00 m.** →

m3d costruzioni speciali s.r.l.

**Sede Operativa e uffici** Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**Web** www.m3dsrl.com
**E-mail** info@m3dsrl.com




Committente: **COMUNE S. COLOMBANO CERTENOLI**
Sondaggio: **S2** Cassetta: **n°3**
Prof. da **10.00 m. a 15.00 m.**




Committente: **COMUNE S. COLOMBANO CERTENOLI**
Sondaggio: **S2** Cassetta: **n°4**
Prof. da **15.00 m. a 20.00 m.**

m3d costruzioni speciali s.r.l.

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it



| N° | allegato |
|---|---|
| 4 | DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C. **S3** |

| codice | data | scala | redatto | committente |
|---|---|---|---|---|
| M3D057_21 | 23_08_2021 | - | Luca MALDOTTI | COMUNE DI S. COMOMBANO |

**M3D Costruzioni Speciali S.r.l.**
Via al Santuario di N.S. della Guardia 49A rosso
16162 GENOVA
tel. 010 2518889 e-mail: info@m3dsrl.com

# STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO

| Commessa | Sigla sondaggio |
|---|---|
| **057/21** | **S3** |

| | |
|---|---|
| Committente: | **Comune di S. Colombano Certenoli** |
| Cantiere: | **Calvari (GE)** |
| Località: | **Calvari (GE)** |
| Data: | **Inizio 15/06/2021 fine 17/06/2021** |
| Quota: | **p.c.** |

**Dati di perforazione - computo metrico**

Tipo e diametro di perforazione: *carotaggio continuo - 101 mm*
Rivestimento diam. 127 mm: *15.00 m* Casse: *n. 4*
Carotiere semplice: *9.00 m*
Carotiere doppio: *11.00 m*
Corona diamantata: *11.00 m*
Strumentazione*: -*

| Litologia | Profondità e potenza strato (m) | Descrizione litologica |
|---|---|---|
| | 0,00 – 0.70 | Terreno vegetale rimaneggiato costituito da ghiaia prevalentemente medio-fine sabbioso-limosa; clasti poligenici, da angolari a subangolari; colore marrone. |
| | 0.70 – 9.30 | Ghiaia eterometrica da sabbiosa a con sabbia debolmente limosa, localmente limosa e debolmente ciottolosa; clasti poligenici, da angolari a subarrotondati; da addensato a moderatamente addensato (valori di $N_{SPT}$ pari a 35, 24 e 19 rispettivamente a 3.00 m, 4.50 m e 7.50 m di profondità); colore grigio-beige. |
| | 10.00 – 4.80 | Blocchi con ciottoli e ghiaia debolmente sabbioso-limosi; clasti poligenici, da angolari a subarrotondati; colore grigio-beige. |
| | 14.80 – 0.70 | Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso riferibile ad argilliti di colore grigio, in parte argillificato e destrutturato. |
| | 15.50 – 4.50 | Substrato roccioso costituito da argilliti di colore grigio, fratturato, localmente molto fratturato-frantumato, con discontinuità da ravvicinate a molto ravvicinate. Superfici di discontinuità lisce o irregolari con inclinazioni comprese tra 20°-40°. Localmente presenza di vene di calcite da millimetriche a centimetriche. |
| | 20,00 | |

**% Carotaggio**: 100

**Manovre % RQD**: 70; 53

**Campioni**

**Prove geotecniche in foro** – Standard Penetration Test

| prof. | Risutato | $N_{spt}$ |
|---|---|---|
| 3.00 – 3.45 | 9 - 17 - 18 | 35 |
| 4.50 – 4.95 | 19 - 11 - 13 | 24 |
| 7.50 – 7.95 | 8 - 10 - 9 | 19 |
| 10.50 – 10.95 | R | R |

Lefranc; Lugeon; Menard

**Inclinometro**

**Piezometro a tubo aperto**

**Utensile**: Carotiere semplice (9.00); Carotiere doppio; Corona Diamantata

**Falda**

**Sede Operativa e uffici** Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**Web** www.m3dsrl.com
**E-mail** info@m3dsrl.com




Committente: **COMUNE S. COLOMBANO CERTENOLI**
Sondaggio: **S3** - Cassetta: **n°1**
Prof. da **0.00 m. a 5.00 m.** →




Committente: **COMUNE S. COLOMBANO CERTENOLI**
Sondaggio: **S3** Cassetta: **n°2**
Prof. da **5.00 m. a 10.00 m.** →

m3d costruzioni speciali s.r.l.

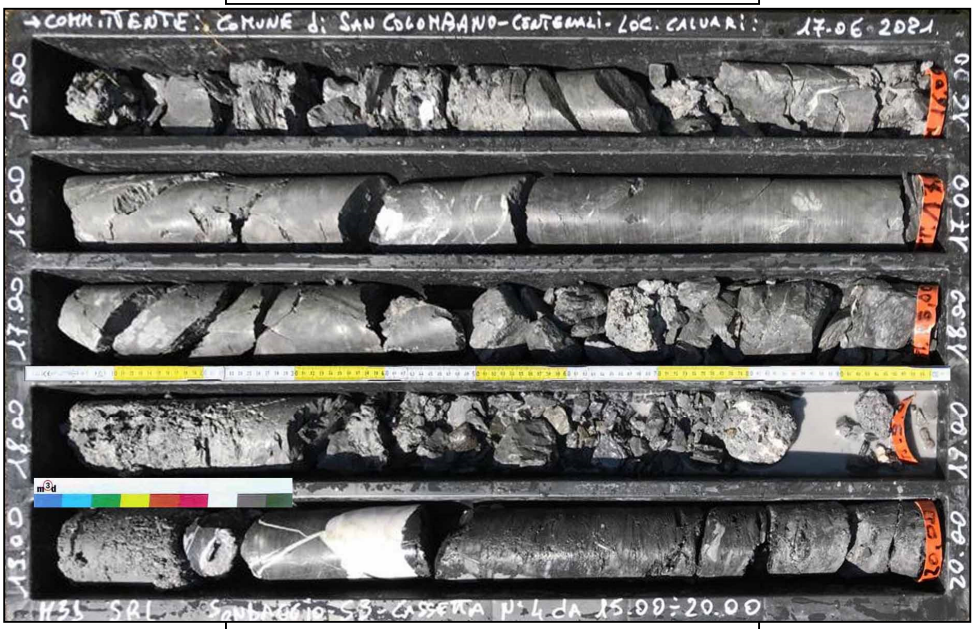
**Sede Operativa e uffici** Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**Web** www.m3dsrl.com
**E-mail** info@m3dsrl.com




Committente: **COMUNE S. COLOMBANO CERTENOLI**
Sondaggio: **S3** Cassetta: **n°3**
Prof. da **10.00 m. a 15.00 m.**




Committente: **COMUNE S. COLOMBANO CERTENOLI**
Sondaggio: **S3** Cassetta: **n°4**
Prof. da **15.00 m. a 20.00 m.**

m3d costruzioni speciali s.r.l.

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it




| N° | allegato |
|---|---|
| 5 | DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C. **S4** |

| codice | data | scala | redatto | committente |
|---|---|---|---|---|
| M3D057_21 | 23_08_2021 | - | Luca MALDOTTI | COMUNE DI S. COMOMBANO |

**M3D Costruzioni Speciali S.r.l.**
Via al Santuario di N.S. della Guardia 49A rosso
16162 GENOVA
tel. 010 2518889 e-mail: info@m3dsrl.com

# STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO

| Commessa | Sigla sondaggio |
|---|---|
| **057/21** | **S4** |

| | |
|---|---|
| Committente: | **Comune di S. Colombano Certenoli** |
| Cantiere: | **Levaggi (GE)** |
| Località: | **Levaggi (GE)** |
| Data: | **Inizio e fine 14/06/2021** |
| Quota: | **p.c.** |

**Dati di perforazione - computo metrico**

Tipo e diametro di perforazione: *carotaggio continuo - 101 mm*
Rivestimento diam. 127 mm: *17.00 m* Casse: *n. 4*
Carotiere semplice: *16.50 m*
Carotiere doppio: *3.50 m*
Corona diamantata: *3.50 m*
Strumentazione*: -*

| Litologia | Profondità e potenza strato (m) | Descrizione litologica |
|---|---|---|
| | 0,00 | |
| | 0.30 | Terreno vegetale rimaneggiato costituito da ghiaia prevalentemente medio-fine sabbioso-limosa; clasti poligenici, da angolari a subangolari; colore marrone. |
| | 0.30 | Ghiaia eterometrica da sabbiosa a con sabbia debolmente limosa, localmente limosa e ciottolosa; clasti poligenici, da angolari a subarrotondati; da poco addensato a molto addensato (valori di $N_{SPT}$ pari a 8, 8, 43 e 71 rispettivamente a 1.50 m, 3.00 m, 6.00 m e 9.00 m di profondità); colore grigio-beige. |
| | 11.70 | |
| | 12.00 | Blocchi con ciottoli e ghiaia debolmente sabbioso-limosi; clasti poligenici, da angolari a subarrotondati; colore grigio-beige. |
| | 5.00 | |
| | 17.00 | Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso riferibile ad argilliti di colore grigio, in parte argillificato e destrutturato. |
| | 1.00 | |
| | 18.00 | Substrato roccioso costituito da argilliti di colore grigio, fratturato-molto fratturato, con discontinuità ravvicinate-molto ravvicinate. Superfici di discontinuità lisce o irregolari con inclinazioni comprese tra 10°-30°. Presenza di vene di calcite da millimetriche a centimetriche. |
| | 2.00 | |
| | 20,00 | |

**% Carotaggio**: 100

**Manovre % RQD**: 33; 38

**Campioni**: C.R. 1 7.00-7.30 m

**Prove geotecniche in foro** — Standard Penetration Test

| prof. | Risutato | $N_{spt}$ |
|---|---|---|
| 1.50 | | |
| 1.95 | 3 - 3 - 5 | 8 |
| 3.00 | | |
| 3.45 | 4 - 3 - 5 | 8 |
| 6.00 | | |
| 6.45 | 23 - 21 - 22 | 43 |
| 9.00 | | |
| 9.45 | 35 - 29 - 42 | 71 |

Lefranc | Lugeon | Menard | Inclinometro | Piezometro a tubo aperto

**Utensile**

| Carotiere semplice | Carotiere doppio | Corona Diamantata |
|---|---|---|
| 12.00 | | |
| | 13.50 | 13.50 |
| 18.00 | | |

**Falda**

**Sede Operativa e uffici** Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**Web** www.m3dsrl.com
**E-mail** info@m3dsrl.com




Committente: **COMUNE S. COLOMBANO CERTENOLI**
Sondaggio: **S4** - Cassetta: **n°1**
Prof. da **0.00 m. a 5.00 m.** →




Committente: **COMUNE S. COLOMBANO CERTENOLI**
Sondaggio: **S4** Cassetta: **n°2**
Prof. da **5.00 m. a 10.00 m.** →

m3d costruzioni speciali s.r.l.

SOA GROUP
Member of CISQ Federation
RINA
CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM
ISO 9001 - BS OHSAS 18001

**Sede Operativa e uffici** Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**Web** www.m3dsrl.com
**E-mail** info@m3dsrl.com




Committente: **COMUNE S. COLOMBANO CERTENOLI**
Sondaggio: **S4** Cassetta: **n°3**
Prof. da **10.00 m. a 15.00 m.** →




Committente: **COMUNE S. COLOMBANO CERTENOLI**
Sondaggio: **S4** Cassetta: **n°4**
Prof. da **15.00 m. a 20.00 m.** →

m3d costruzioni speciali s.r.l.

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it



| N° | allegato |
|---|---|
| 6 | DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C. **S5** |

| codice | data | scala | redatto | committente |
|---|---|---|---|---|
| M3D057_21 | 23_08_2021 | - | Luca MALDOTTI | COMUNE DI S. COMOMBANO |

**M3D Costruzioni Speciali S.r.l.**
Via al Santuario di N.S. della Guardia 49A rosso
16162 GENOVA
tel. 010 2518889 e-mail: info@m3dsrl.com

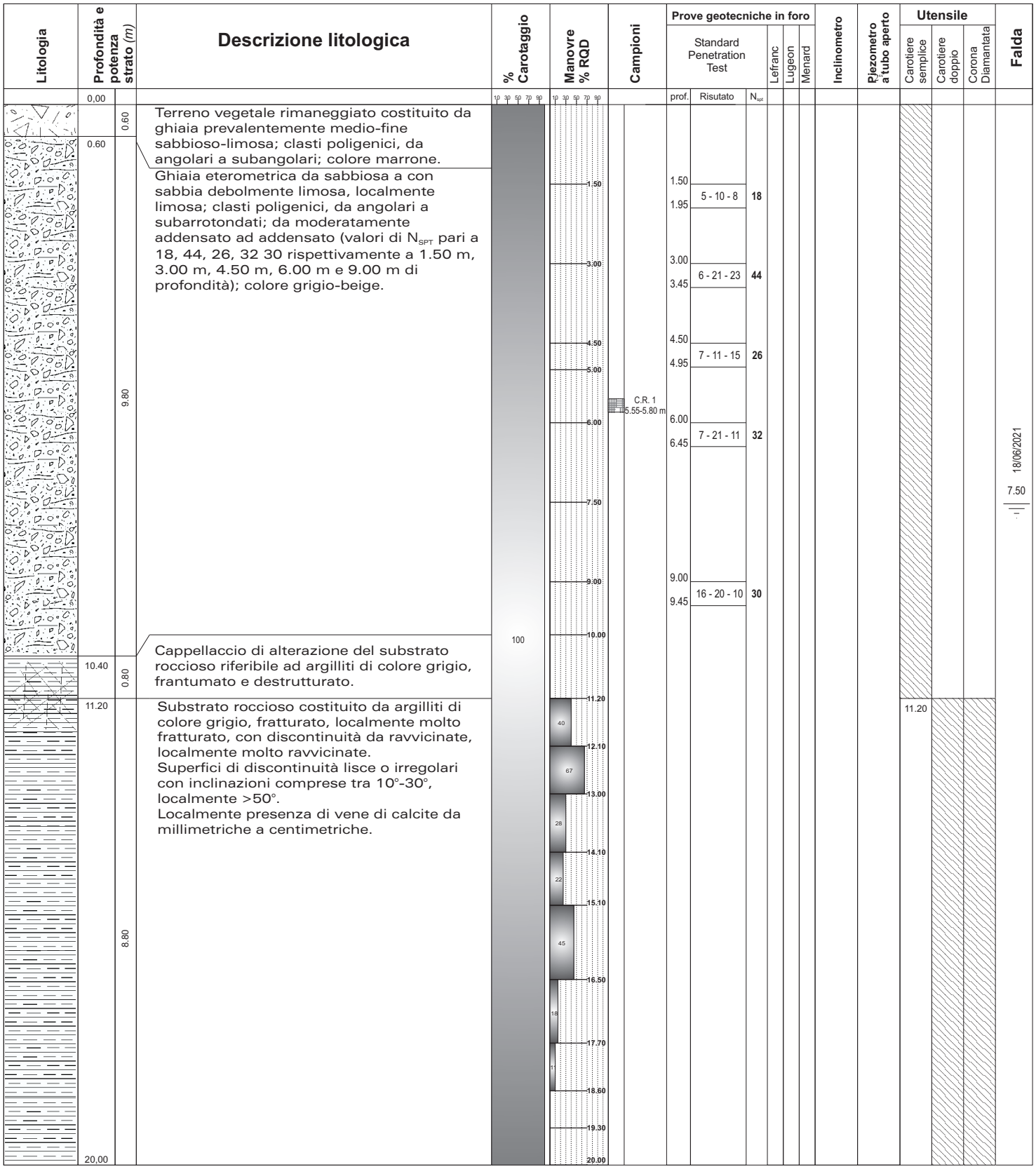
# STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO

| Commessa | Sigla sondaggio |
|---|---|
| **057/21** | **S5** |

| | |
|---|---|
| Committente: | **Comune di S. Colombano Certenoli** |
| Cantiere: | **Calvari (GE)** |
| Località: | **Calvari (GE)** |
| Data: | **Inizio e fine 18/06/2021** |
| Quota: | **p.c.** |

**Dati di perforazione - computo metrico**

Tipo e diametro di perforazione: *carotaggio continuo - 101 mm*
Rivestimento diam. 127 mm: *10.50 m* Casse: *n. 4*
Carotiere semplice: *11.20 m*
Carotiere doppio: *8.80 m*
Corona diamantata: *8.80 m*
Strumentazione*: -*



m3d costruzioni speciali s.r.l.

**Sede Operativa e uffici** Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**Web** www.m3dsrl.com
**E-mail** info@m3dsrl.com




Committente: **COMUNE S. COLOMBANO CERTENOLI**
Sondaggio: **S5** - Cassetta: **n°1**
Prof. da **0.00 m. a 5.00 m.** →




Committente: **COMUNE S. COLOMBANO CERTENOLI**
Sondaggio: **S5** Cassetta: **n°2**
Prof. da **5.00 m. a 10.00 m.** →

m3d costruzioni speciali s.r.l.

**Sede Operativa e uffici** Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**Web** www.m3dsrl.com
**E-mail** info@m3dsrl.com




Committente: **COMUNE S. COLOMBANO CERTENOLI**
Sondaggio: **S5** Cassetta: **n°3**
Prof. da **10.00 m. a 15.00 m.** →




Committente: **COMUNE S. COLOMBANO CERTENOLI**
Sondaggio: **S5** Cassetta: **n°4**
Prof. da **15.00 m. a 20.00 m.** →

m3d costruzioni speciali s.r.l.

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

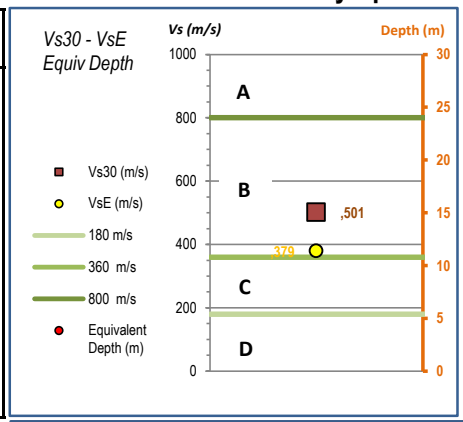
**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

| N° | allegato |
|---|---|
| 7 | DOCUMENTAZIONE PROSPEZIONI SISMICHE |

| codice | data | scala | redatto | committente |
|---|---|---|---|---|
| M3D057_21 | 23_08_2021 | - | Luca MALDOTTI | COMUNE DI S. COMOMBANO |

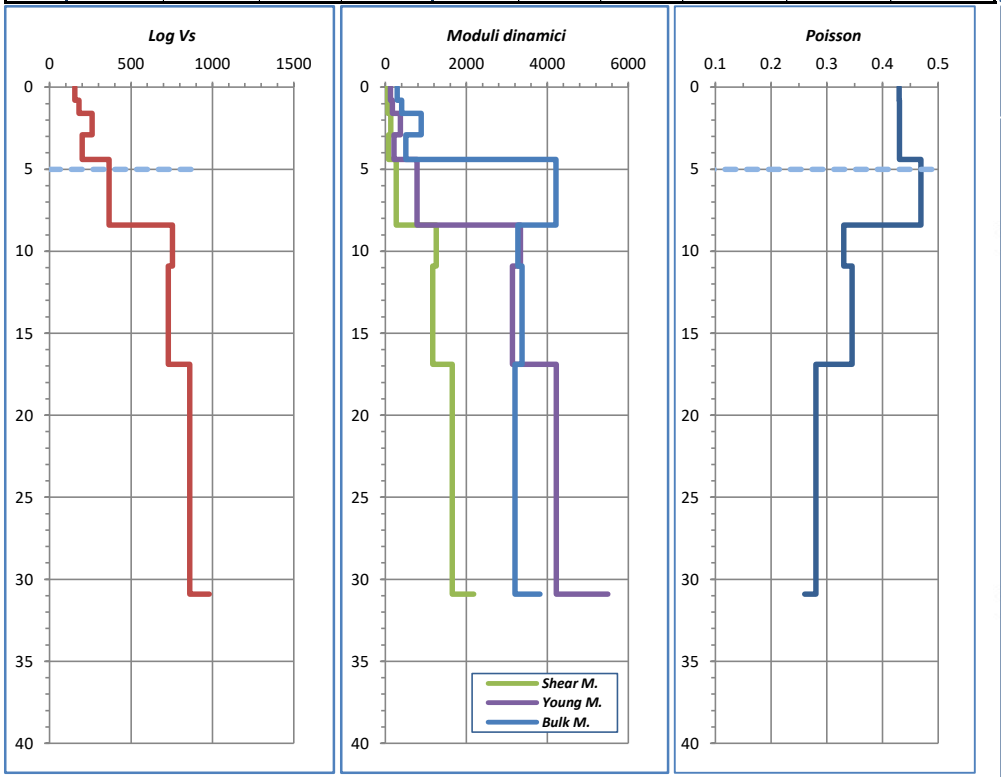
# Multichannel Analysis of Surface Waves via Modellazione Full Velocity Spectrum (FVS)

| layer | h (m) | Vs | top | bottom | Density | Poisson | Vp | Shear M. | Young M. | Bulk M. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m/s) | (m) | (m) | (g/cm3) | (adim.) | (m/s) | G* | E* | k* |
| 1 | 0.8 | 155 | 0.0 | 0.8 | 1.8 | 0.430 | 442 | 43 | 122 | 289 |
| 2 | 0.8 | 180 | 0.8 | 1.6 | 1.8 | 0.430 | 514 | 59 | 168 | 400 |
| 3 | 1.3 | 260 | 1.6 | 2.9 | 1.9 | 0.430 | 742 | 129 | 369 | 879 |
| 4 | 1.5 | 200 | 2.9 | 4.4 | 1.8 | 0.430 | 571 | 74 | 211 | 502 |
| 5 | 4.0 | 365 | 4.4 | 8.4 | 2.0 | 0.469 | 1511 | 266 | 783 | 4211 |
| 6 | 2.5 | 755 | 8.4 | 10.9 | 2.2 | 0.330 | 1499 | 1254 | 3336 | 3271 |
| 7 | 6.0 | 730 | 10.9 | 16.9 | 2.2 | 0.345 | 1501 | 1167 | 3140 | 3378 |
| 8 | 14.0 | 860 | 16.9 | | 2.2 | 0.280 | 1556 | 1649 | 4222 | 3200 |
| 9 | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | |

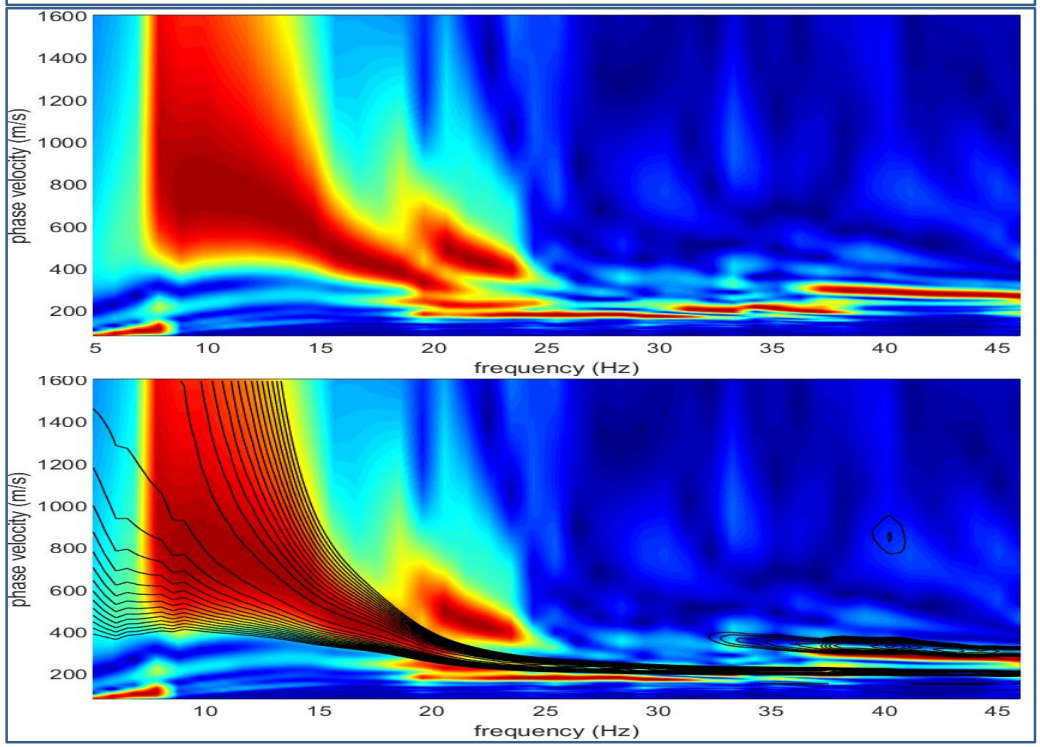



*Committente* **Com. San Colombano Certemoli**
*Lavoro* **calvari3**
*Ubicazione* **Line1**

*configurazione* **ch 12+12; x=2.5; m.o.=5**
*ricevitori* **geofoni freq. 4.5Hz**
*campionamento* **250/1000ms**
*durata registrazione* **1s**
*acquisizione* **ZVF+THF**
*modellazione* **Rayleigh**
*metodo di analisi* **Full Velocity Spectrum (FVS)**
*modello finale* **calvari2b.mod**




**Vs30 (m/s)** **501** **Equivalent Depth (m)** **16.9**
**VsE (m/s)** **379** *Probabile Categoria* **B**



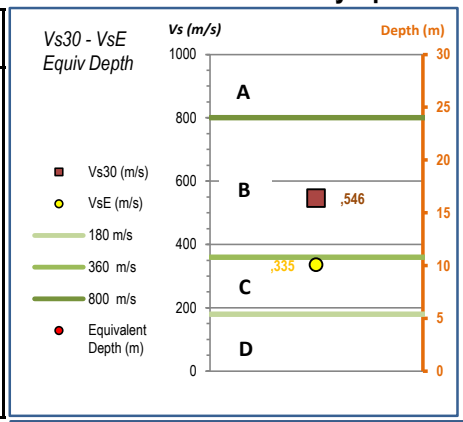

**Vp e Moduli dinamici puramente indicativi**

**Poisson** assegnato durante la modellazione in base alla tipologia di terreno e per gli strati superficiali modellato per soddisfare i primi arrivi rifratti (quando visibili); in caso di terreni sciolti saturi, poisson calcolato per soddisfare la condizione Vp= 1500m/s.
**Densità calcolata secondo**: Gardner, G.H.F., Gardner, L.W., Gregory, A.R., 1974. *Formation velocity and density-the diagnostic basic for stratigraphic trap*. Geophysics 39, 770–780.
**(*) Moduli dinamici espressi in Mpa**

**Confronto tra spettri sisntetici e sperimentali. Immagine superiore:** spettro di velocità di fase sperimentale delle onde di Rayleigh, componente verticale (ZVF); **Immagine inferiore**: onde di Rayleigh, spettro di velocità sintetico sovrapposto allo spettro sperimentale. Scala colore=spettro sperimentale; contouring nero=spettro sintetico.

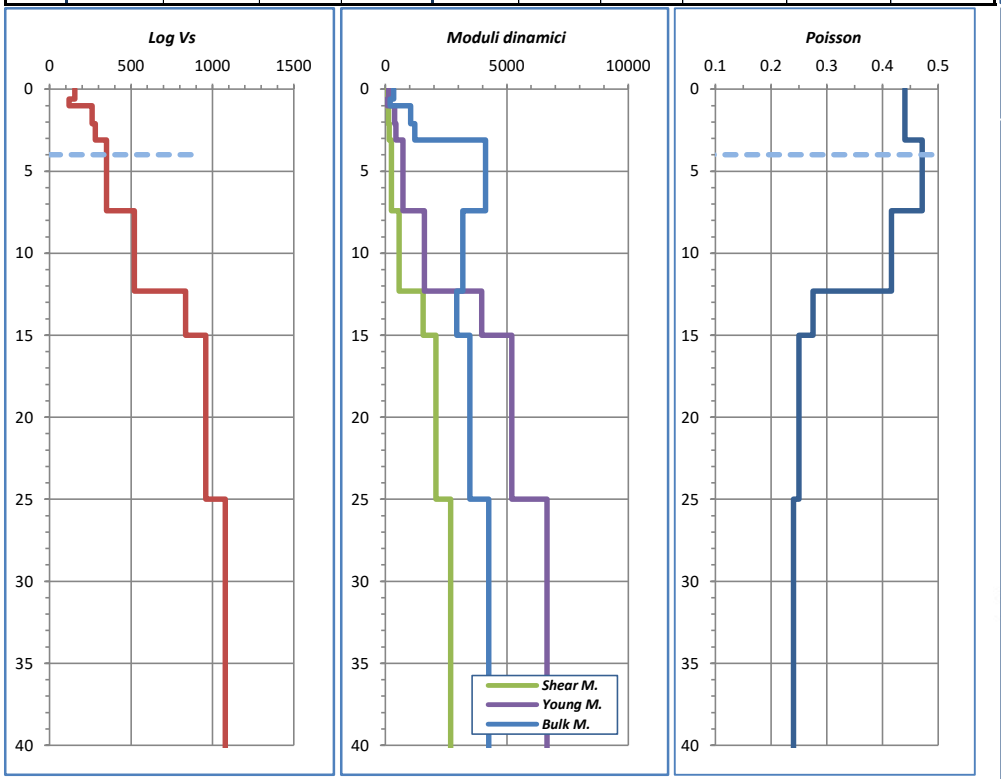
# Multichannel Analysis of Surface Waves via Modellazione Full Velocity Spectrum (FVS)

| layer | h (m) | Vs | top | bottom | Density | Poisson | Vp | Shear M. | Young M. | Bulk M. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m/s) | (m) | (m) | (g/cm3) | (adim.) | (m/s) | G* | E* | k* |
| 1 | 0.6 | 155 | 0.0 | 0.6 | 1.8 | 0.440 | 474 | 43 | 122 | 341 |
| 2 | 0.4 | 120 | 0.6 | 1.0 | 1.7 | 0.440 | 367 | 24 | 71 | 196 |
| 3 | 1.1 | 260 | 1.0 | 2.1 | 1.9 | 0.440 | 794 | 129 | 372 | 1032 |
| 4 | 1.0 | 280 | 2.1 | 3.1 | 1.9 | 0.440 | 855 | 151 | 436 | 1209 |
| 5 | 4.3 | 350 | 3.1 | 7.4 | 2.0 | 0.471 | 1495 | 244 | 717 | 4123 |
| 6 | 4.9 | 520 | 7.4 | 12.3 | 2.1 | 0.416 | 1371 | 568 | 1608 | 3190 |
| 7 | 2.7 | 835 | 12.3 | 15.0 | 2.2 | 0.275 | 1499 | 1555 | 3965 | 2938 |
| 8 | 10.0 | 960 | 15.0 | 25.0 | 2.3 | 0.250 | 1663 | 2083 | 5207 | 3473 |
| 9 | 27.0 | 1080 | 25.0 | | 2.3 | 0.240 | 1846 | 2683 | 6652 | 4261 |
| 10 | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | |

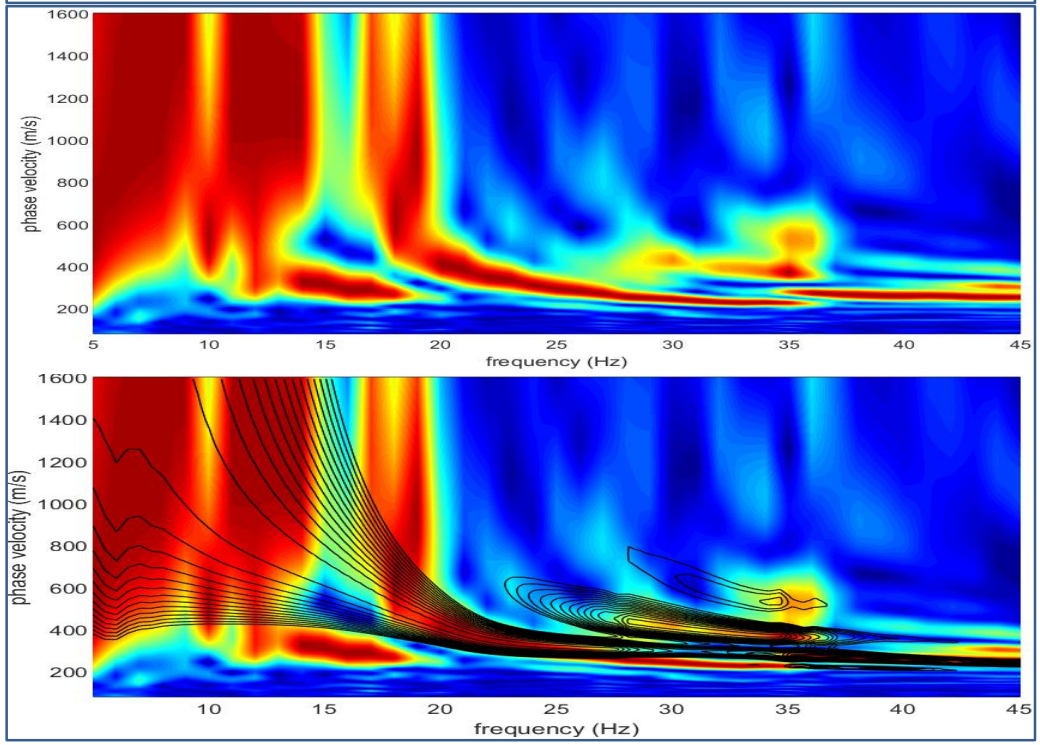



*Committente* **Com. San Colombano Certemoli**
*Lavoro* **calvari3**
*Ubicazione* **Line3**

*configurazione* **ch 24; x=2; m.o.=5**
*ricevitori* **geofoni freq. 4.5Hz**
*campionamento* **250/1000ms**
*durata registrazione* **1s**
*acquisizione* **ZVF**
*modellazione* **Rayleigh**
*metodo di analisi* **Full Velocity Spectrum (FVS)**
*modello finale* **calvari3.mod**




**Vs30 (m/s)** **546** **Equivalent Depth (m)** **12.3**
**VsE (m/s)** **335** *Probabile Categoria* **E**

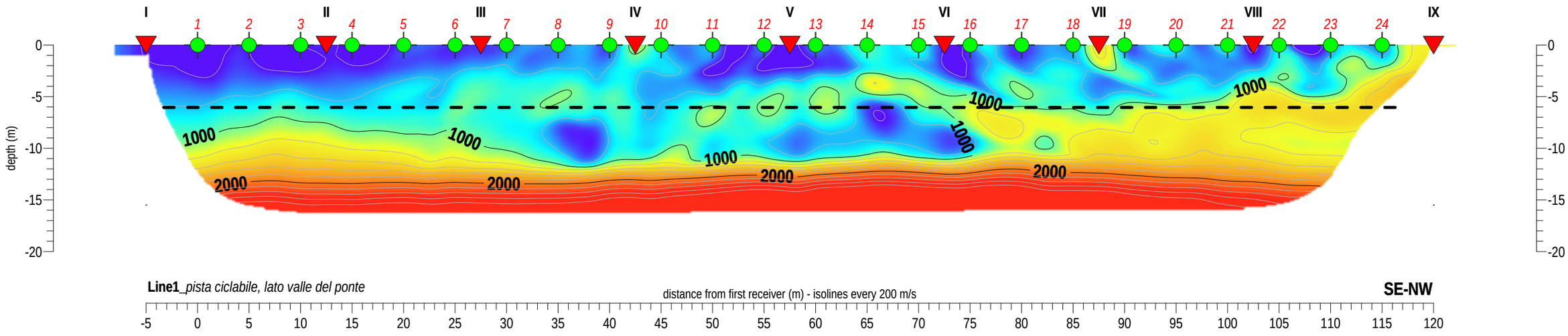



**Vp e Moduli dinamici puramente indicativi**

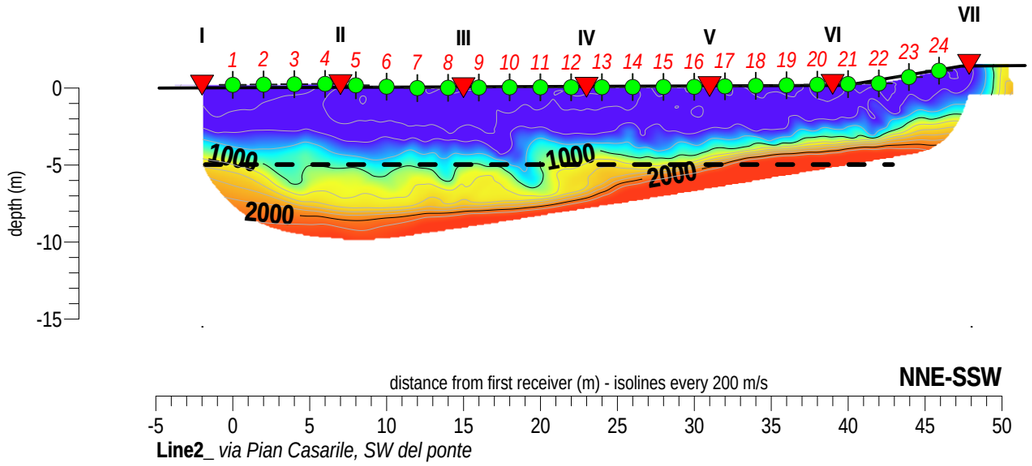
**Poisson** assegnato durante la modellazione in base alla tipologia di terreno e per gli strati superficiali modellato per soddisfare i primi arrivi rifratti (quando visibili); in caso di terreni sciolti saturi, poisson calcolato per soddisfare la condizione Vp= 1500m/s.
**Densità calcolata secondo**: Gardner, G.H.F., Gardner, L.W., Gregory, A.R., 1974. *Formation velocity and density-the diagnostic basic for stratigraphic trap*. Geophysics 39, 770–780.
**(*) Moduli dinamici espressi in Mpa**

**Confronto tra spettri sisntetici e sperimentali. Immagine superiore:** spettro di velocità di fase sperimentale delle onde di Rayleigh, componente verticale (ZVF); **Immagine inferiore**: onde di Rayleigh, spettro di velocità sintetico sovrapposto allo spettro sperimentale. Scala colore=spettro sperimentale; contouring nero=spettro sintetico.

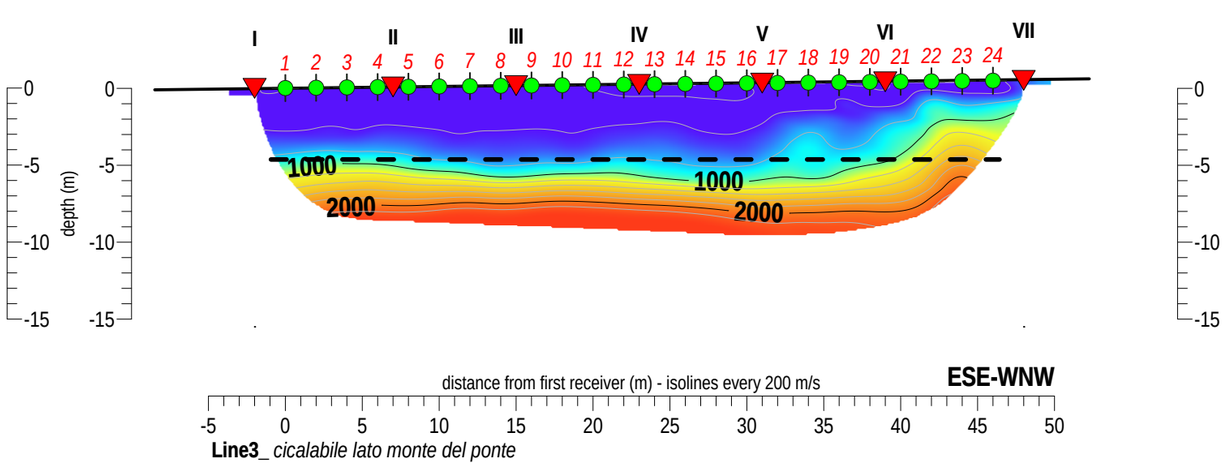
| | | |
|---|---|---|
| ***Linee Calvari***<br>*SRT_P waves & MASW* | **SEISMIC REFRACTION TOMOGRAPHY (SRT)**<br>*Loc. Calvari - Comune di San Colombano Certemoli (GE)* | |




**Line1**_*pista ciclabile, lato valle del ponte*




**Line2**_ *via Pian Casarile, SW del ponte*




**Line3**_ *cicalabile lato monte del ponte*

### Riferimenti commessa

*Cliente:* **Comune di San Colombano Certemoli**
*Richiedente:* *M3D srl*
*numero d'ordine:* *Tassisto_Calvari*
*Riferimento lavoro:* *Calvari*

*Data acquisizione dati:* *22 luglio 2021 _ Dott. Geol. D. Tassisto*
*Data processing:* *04 agosto 2021 _ Dott. Luigi Allacorta*
*Allestimento grafico:* *04 agosto 2021 _ Dott. Luigi Allacorta*

### Informazioni tecniche

| | **P_waves** | **Log_Vs_(MASW)** |
|---|---|---|
| *strumento:* | DAQLink III | - |
| *canali attivi:* | *24* | *24* |
| *geofoni:* | *vertical, 4.5Hz* | *vertical, 4.5Hz* |
| *intertraccia sensori:* | *x = L1: 5.0m; L2+L3: 2.0m* | *(come SRT)* |
| *posizione spari:* | *L1: 9, 15.0 m; L1+L3: 7, 8.0 m spaced* | *2.5; 5.0m* |
| *software di acquisizione:* | *VScope 2.49* | - |
| *processing software:* | *Rayfract, vers. 4.01* | *WinMasw Acd 2019* |
| *sequences:* | - | |

### Scala cronatica

**P waves velocity (m/s)**

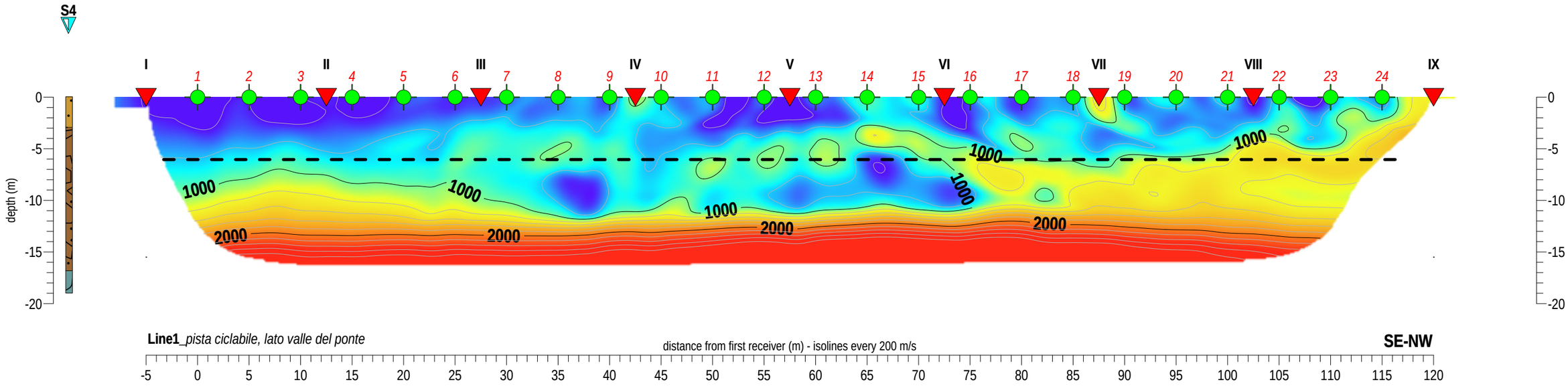
600 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000 2200 2400

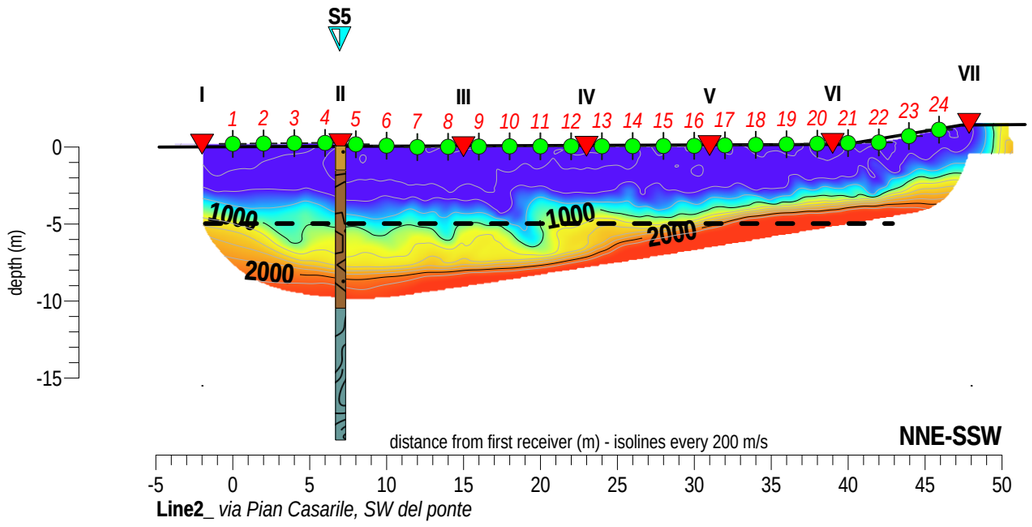
depositi alluvionali sciolti $N_{SPT}$ <20
depositi alluvionali grossolani $N_{SPT}$ >40
argillo scisti fratturati RQD <50

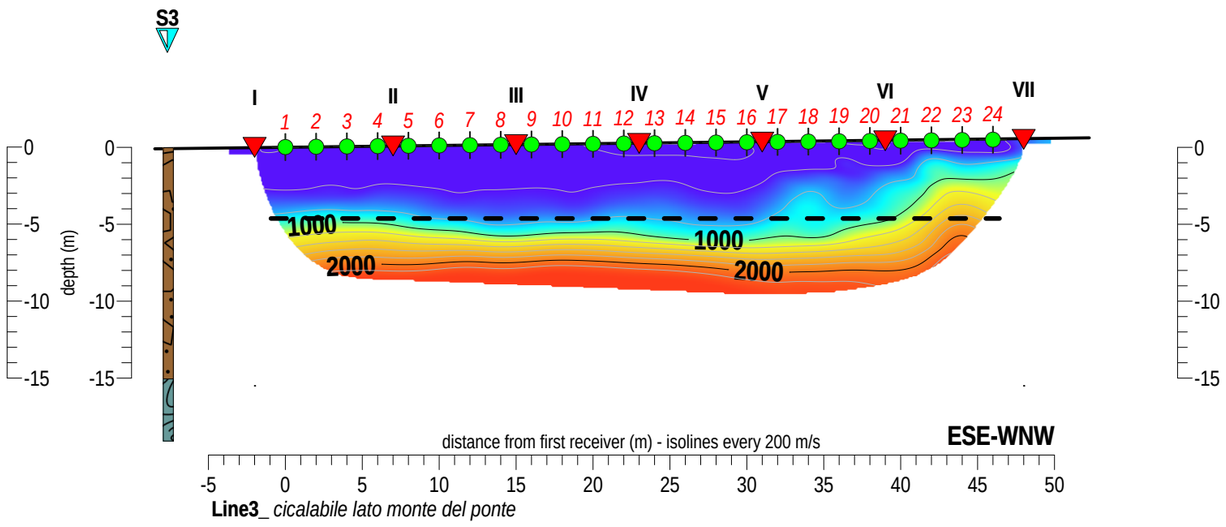
### Legenda

*Geofoni*
*Punti di energizzazione*
*Sondaggio a carotaggio*
*Rifrattore con metodo a strati* (*wavefront o plus-minus*)
*$Log_{Vs}$ da analisi MASW*
*Falda in foro di sondaggio*

| ***Linee Calvari***<br>*SRT_P waves & MASW* | **SEISMIC REFRACTION TOMOGRAPHY (SRT)**<br>*Loc. Calvari - Comune di San Colombano Certemoli (GE)* | |
|---|---|---|




**Riferimenti commessa**

| | |
|---|---|
| *Cliente:* | **Comune di San Colombano Certemoli** |
| *Richiedente:* | *M3D srl* |
| *numero d'ordine:* | *Tassisto_Calvari* |
| *Riferimento lavoro:* | *Calvari* |
| *Data acquisizione dati:* | *22 luglio 2021 _ Dott. Geol. D. Tassisto* |
| *Data processing:* | *04 agosto 2021 _ Dott. Luigi Allacorta* |
| *Allestimento grafico:* | *04 agosto 2021 _ Dott. Luigi Allacorta* |

**Informazioni tecniche**

| | **P_waves** | **Log_Vs_(MASW)** |
|---|---|---|
| *strumento:* | DAQLink III | - |
| *canali attivi:* | *24* | *24* |
| *geofoni:* | *vertical, 4.5Hz* | *vertical, 4.5Hz* |
| *intertraccia sensori:* | *x = L1: 5.0m; L2+L3: 2.0m* | *(come SRT)* |
| *posizione spari:* | *L1: 9, 15.0 m; L1+L3: 7, 8.0 m spaced* | *2.5; 5.0m* |
| *software di acquisizione:* | *VScope 2.49* | - |
| *processing software:* | *Rayfract, vers. 4.01* | *WinMasw Acd 2019* |
| *sequences:* | - | |

**Scala cronatica**

P waves velocity (m/s)

600 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000 2200 2400

depositi alluvionali sciolti $N_{SPT}$ <20

depositi alluvionali grossolani $N_{SPT}$ >40

argillo scisti fratturati RQD <50

**Legenda**

*Geofoni*

*Punti di energizzazione*

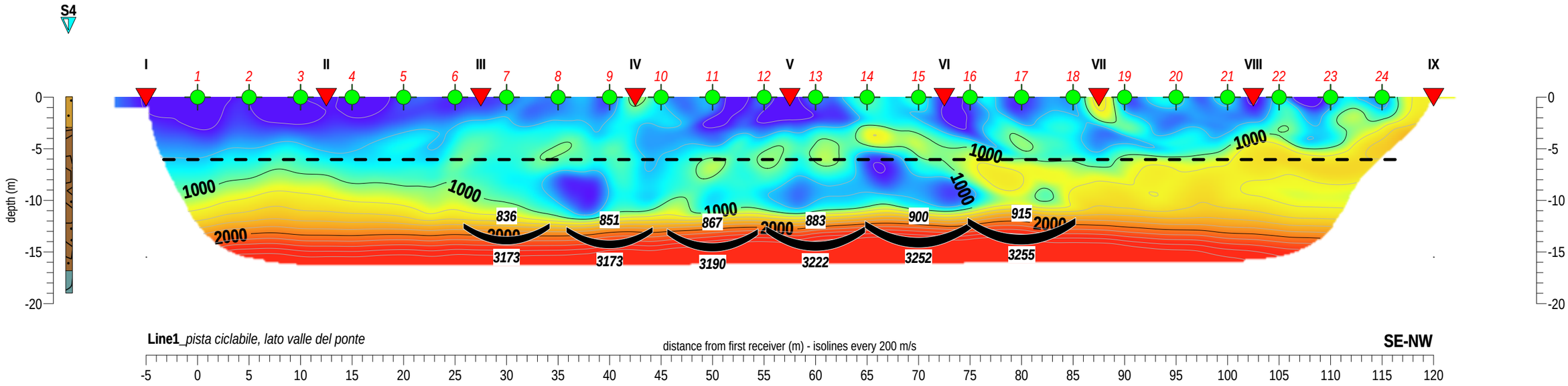
*Sondaggio a carotaggio*

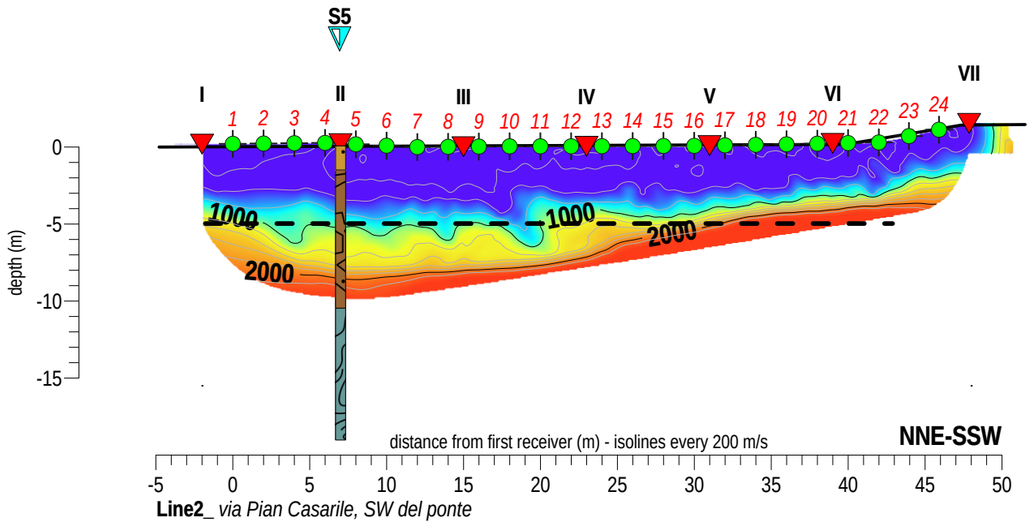
*Rifrattore con metodo a strati* (*wavefront o plus-minus*)

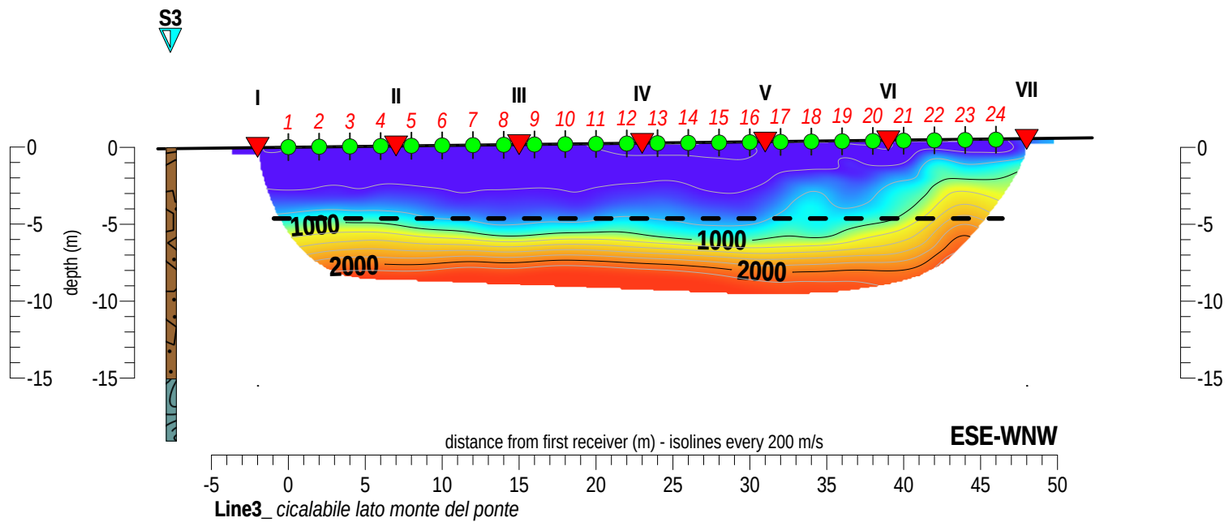
*$Log_{Vs}$ da analisi MASW*

*Falda in foro di sondaggio*

| ***Linee Calvari***<br>*SRT_P waves & MASW* | **SEISMIC REFRACTION TOMOGRAPHY (SRT)**<br>*Loc. Calvari - Comune di San Colombano Certemoli (GE)* | |
|---|---|---|




**Riferimenti commessa**

| | |
|---|---|
| *Cliente:* | **Comune di San Colombano Certemoli** |
| *Richiedente:* | *M3D srl* |
| *numero d'ordine:* | *Tassisto_Calvari* |
| *Riferimento lavoro:* | *Calvari* |
| *Data acquisizione dati:* | *22 luglio 2021 _ Dott. Geol. D. Tassisto* |
| *Data processing:* | *04 agosto 2021 _ Dott. Luigi Allacorta* |
| *Allestimento grafico:* | *04 agosto 2021 _ Dott. Luigi Allacorta* |

**Informazioni tecniche**

| | **P_waves** | **Log_Vs_(MASW)** |
|---|---|---|
| *strumento:* | DAQLink III | - |
| *canali attivi:* | *24* | *24* |
| *geofoni:* | *vertical, 4.5Hz* | *vertical, 4.5Hz* |
| *intertraccia sensori:* | *x = L1: 5.0m; L2+L3: 2.0m* | *(come SRT)* |
| *posizione spari:* | *L1: 9, 15.0 m; L1+L3: 7, 8.0 m spaced* | *2.5; 5.0m* |
| *software di acquisizione:* | *VScope 2.49* | - |
| *processing software:* | *Rayfract, vers. 4.01* | *WinMasw Acd 2019* |
| *sequences:* | - | |

**Scala cronatica**

**P waves velocity (m/s)**

600 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000 2200 2400

depositi alluvionali sciolti $N_{SPT}$ <20

depositi alluvionali grossolani $N_{SPT}$ >40

argillo scisti fratturati RQD <50

**Legenda**

*Geofoni*

*Punti di energizzazione*

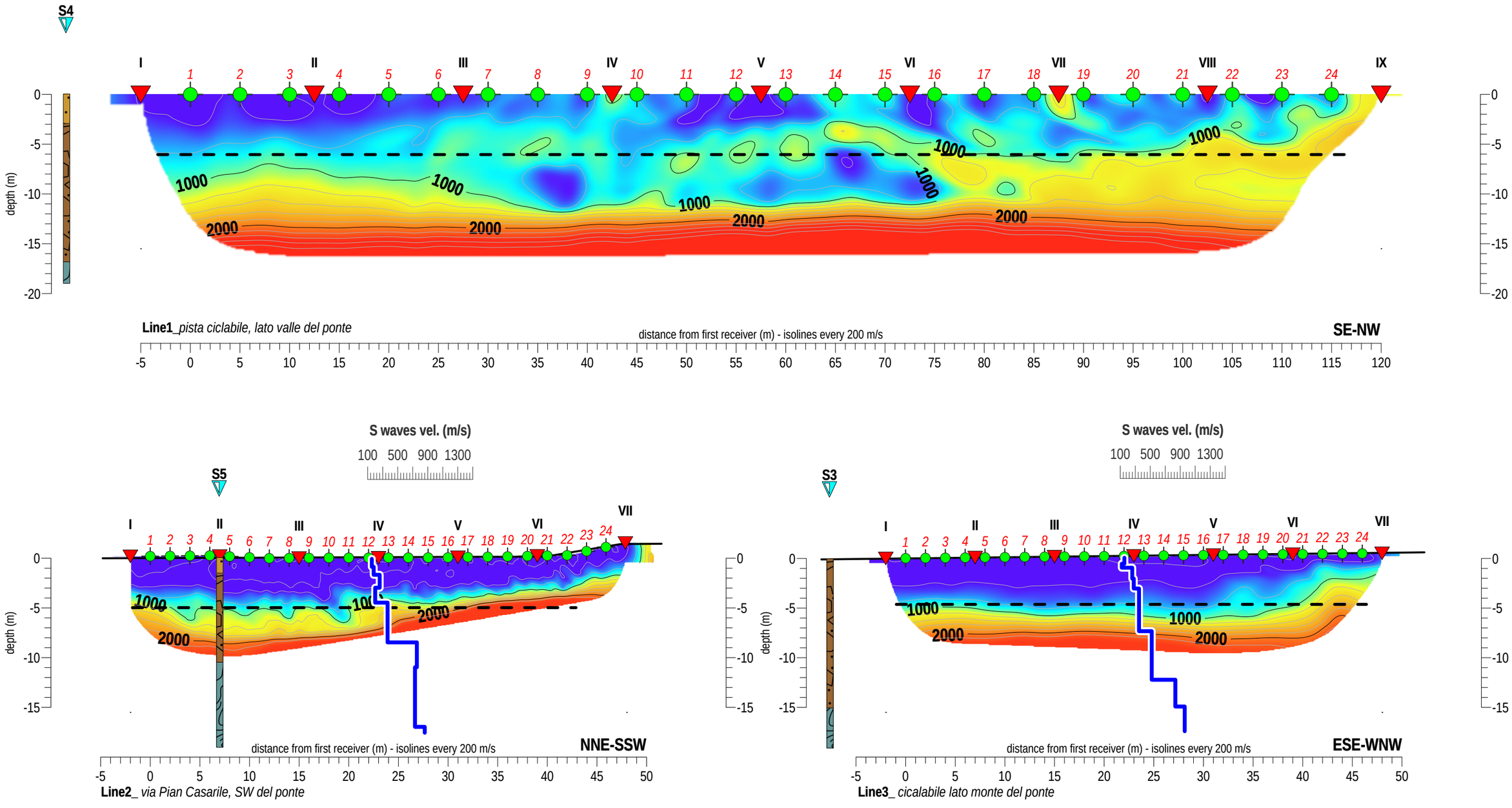
*Sondaggio a carotaggio*

*Rifrattore con metodo a strati* (*wavefront o plus-minus*)

*$Log_{Vs}$ da analisi MASW*

*Falda in foro di sondaggio*

| ***Linee Calvari***<br>*SRT_P waves & MASW* | **SEISMIC REFRACTION TOMOGRAPHY (SRT)**<br>*Loc. Calvari - Comune di San Colombano Certemoli (GE)* | |
|---|---|---|




**Riferimenti commessa**

| | |
|---|---|
| *Cliente:* | **Comune di San Colombano Certemoli** |
| *Richiedente:* | *M3D srl* |
| *numero d'ordine:* | *Tassisto_Calvari* |
| *Riferimento lavoro:* | *Calvari* |
| *Data acquisizione dati:* | *22 luglio 2021 _ Dott. Geol. D. Tassisto* |
| *Data processing:* | *04 agosto 2021 _ Dott. Luigi Allacorta* |
| *Allestimento grafico:* | *04 agosto 2021 _ Dott. Luigi Allacorta* |

**Informazioni tecniche**

| | **P_waves** | **Log_Vs_(MASW)** |
|---|---|---|
| *strumento:* | DAQLink III | - |
| *canali attivi:* | *24* | *24* |
| *geofoni:* | *vertical, 4.5Hz* | *vertical, 4.5Hz* |
| *intertraccia sensori:* | *x = L1: 5.0m; L2+L3: 2.0m* | *(come SRT)* |
| *posizione spari:* | *L1: 9, 15.0 m; L1+L3: 7, 8.0 m spaced* | *2.5; 5.0m* |
| *software di acquisizione:* | *VScope 2.49* | - |
| *processing software:* | *Rayfract, vers. 4.01* | *WinMasw Acd 2019* |
| *sequences:* | - | |

**Scala cronatica**

P waves velocity (m/s)

600 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000 2200 2400

depositi alluvionali sciolti $N_{SPT}$ <20 | depositi alluvionali grossolani $N_{SPT}$ >40 | argillo scisti fratturati RQD <50

**Legenda**

- *Geofoni*
- *Punti di energizzazione*
- *Sondaggio a carotaggio*
- *Rifrattore con metodo a strati* (*wavefront o plus-minus*)
- *$Log_{Vs}$ da analisi MASW*
- *Falda in foro di sondaggio*

m3d costruzioni speciali s.r.l.

**Sede Operativa** Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
**Sede Legale** Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

**T>** +39 010 2518889
**F>** +39 010 2517028

**E>** info@m3dsrl.com
**PEC>** m3d@pec.it

| N° | allegato |
|---|---|
| 8 | CERTIFICATI PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO |

| codice | data | scala | redatto | committente |
|---|---|---|---|---|
| M3D057_21 | 23_08_2021 | - | Luca MALDOTTI | COMUNE DI S. COMOMBANO |

# RAPPORTO DI PROVA n. 21072-01

*Verbale di accettazione N. 21072 del 25/06/2021*

Data di emissione: 15/07/2021

Cliente: M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL

Cantiere: Rifacimento Ponte Stradale Loc. Calvari - S.Colombano Certenoli (GE)

Il rapporto contiene 20 pagine, inclusa la presente

Genova, 15/07/2021

Paolo Brasey
(Direttore del laboratorio)



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 A. Cecchi, 6 - 16129 Genova (GE)

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

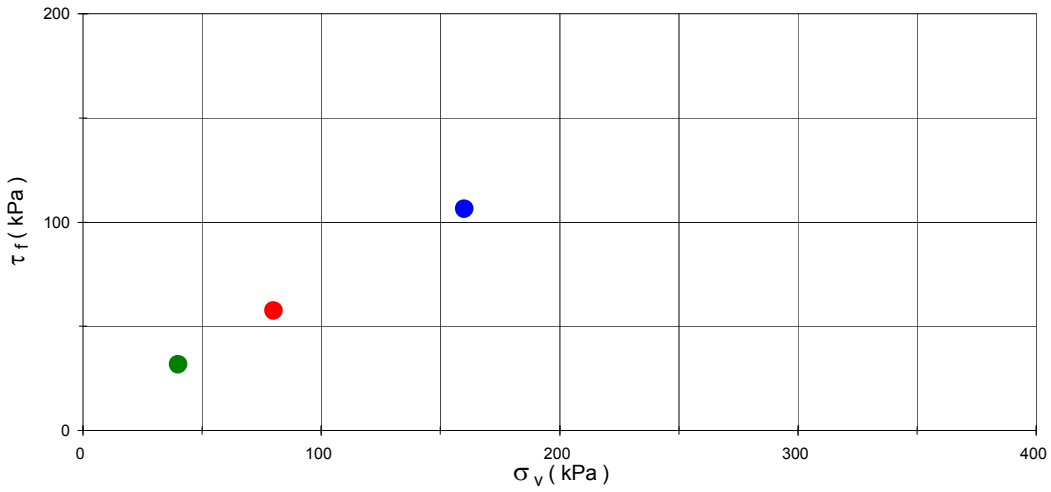
## PROVA DI TAGLIO DIRETTO - ASTM D3080-11

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

| | | | |
|---|---|---|---|
| Cliente : | M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL | | |
| Località : | Rifacimento Ponte Stradale Loc. Calvari - S.Colombano Certenoli (GE) | | |
| Sondaggio : | S1 | | |
| Campione : | C0 | | |
| Profondità (m) : | 3.70 - 3.92 | Data Ricevimento : | 25/06/2021 |
| Tipo del campione : | semi-indisturbato | Data Inizio Prova : | 29/06/2021 |
| Descrizione : | Sabbia argillosa con ghiaia | Data Fine Prova : | 02/07/2021 |

| **CONDIZIONI INIZIALI** | | | Provino 1 | Provino 2 | Provino 3 |
|---|---|---|---|---|---|
| H | (cm) | | 2.08 | 2.08 | 2.08 |
| D | (cm) | | 6.00 | 6.00 | 6.00 |
| $\gamma_t$ | (kN/m$^3$) | | 20.23 | 20.25 | 20.31 |
| $W_i$ | (%) | | 21.7 | 21.7 | 21.6 |
| $\gamma_d$ | (kN/m$^3$) | | 16.63 | 16.64 | 16.70 |
| $G_s$ | (-) | (stimato) | 2.70 | 2.70 | 2.70 |
| metodo preparazione provino | | | Infustellamento | Infustellamento | Infustellamento |
| Orientazione del provino nel campione | | | Coassiale | Coassiale | Coassiale |

| **FASE DI TAGLIO** | | Provino 1 | Provino 2 | Provino 3 |
|---|---|---|---|---|
| Velocità di avanzamento | (mm/min) | 0.008 | 0.008 | 0.008 |
| $\sigma_v$ | (kPa) | 40 | 80 | 160 |
| $\Delta H_c$ | (mm) | 0.98 | 1.14 | 1.29 |
| $\Delta H_f$ | (mm) | 0.29 | 0.51 | 0.58 |
| $d_h$ | (mm) | 5.30 | 4.31 | 3.67 |
| $\tau_f$ | (kPa) | 31.6 | 57.5 | 106.2 |
| $W_f$ | (%) | 18.5 | 17.4 | 16.4 |
| $\gamma_{df}$ | (kN/m$^3$) | 17.68 | 18.01 | 18.37 |
| Criterio di rottura considerato | | Massimo sforzo | Massimo sforzo | Massimo sforzo |




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



Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

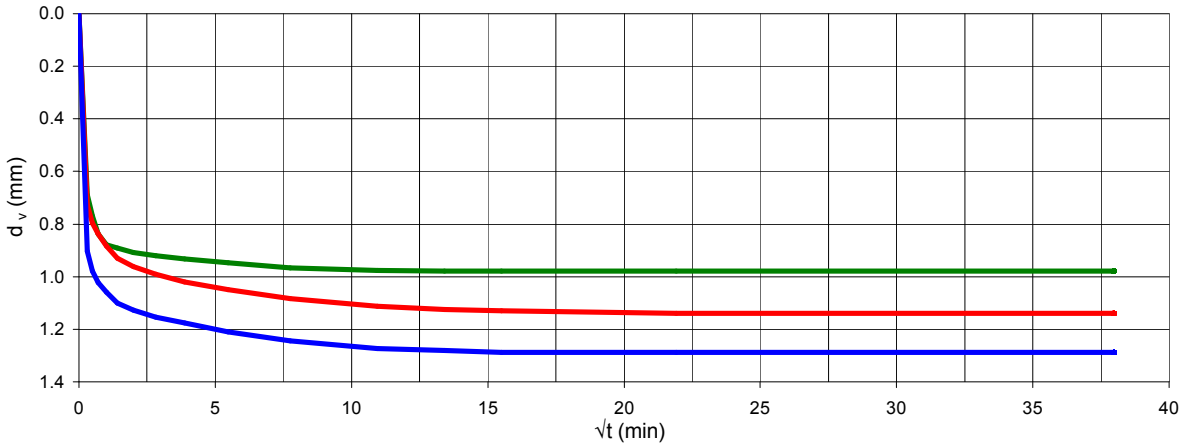
## PROVA DI TAGLIO DIRETTO - ASTM D3080-11

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

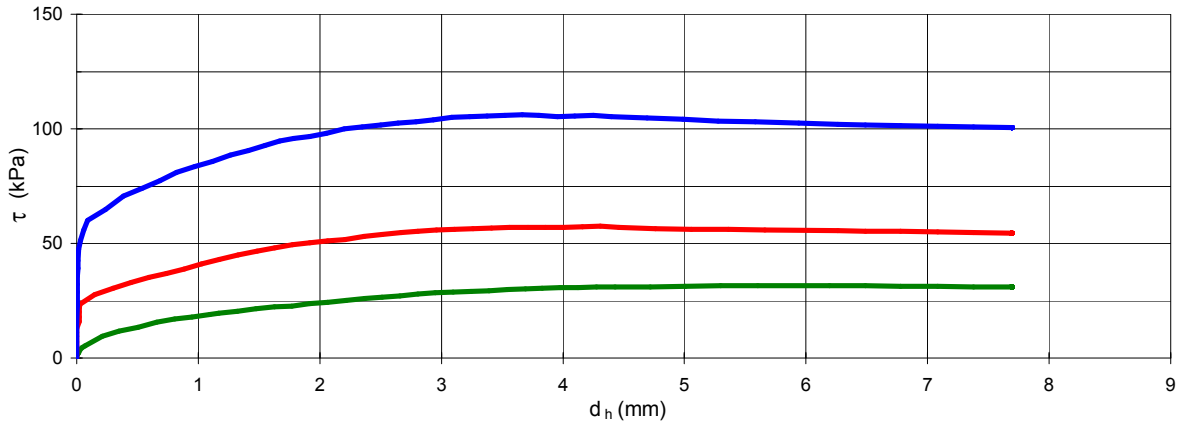
Cliente : M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL
Località : Rifacimento Ponte Stradale Loc. Calvari - S.Colombano Certenoli (GE)
Campione : S1-C0
Profondità (m) : 3.70 - 3.92

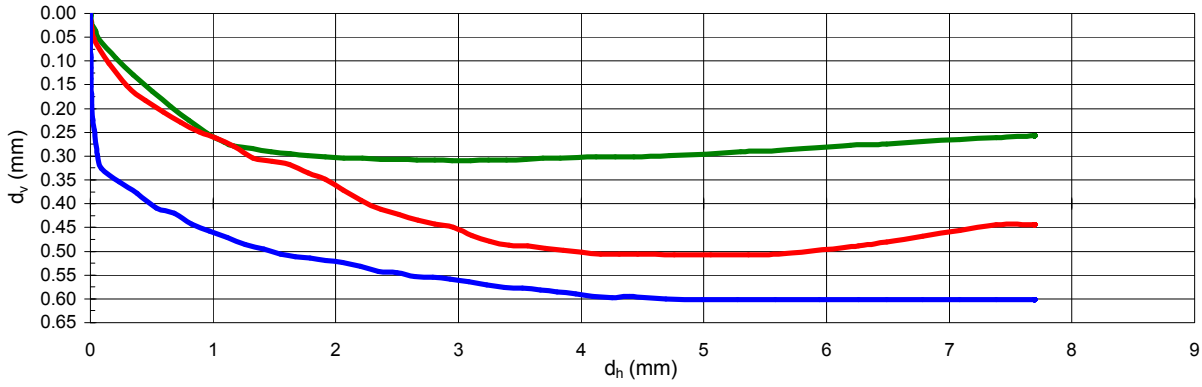
Provino 1
Provino 2
Provino 3

### FASE DI CONSOLIDAZIONE




### FASE DI TAGLIO




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



Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

## CONTENUTO NATURALE IN ACQUA - ASTM D2216-10

| | |
|---|---|
| Cliente : | M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL |
| Località : | Rifacimento Ponte Stradale Loc. Calvari - S.Colombano Certenoli (GE) |
| Identificazione Campione : | S2-C1 |
| Profondità (m) : | 8.00 - 8.30 |
| Tipo Campione : | Semi-indisturbato |
| Descrizione del Materiale : | Sabbia argillosa con ghiaia |

Data Ricevimento : 25/06/2021

Data Esecuzione Prova : 12/07/2021

| | | |
|---|---|---|
| Peso lordo umido | (g) | 1569.92 |
| Peso lordo secco | (g) | 1423.49 |
| Peso tara | (g) | 311.30 |
| Peso netto secco | (g) | 1112.19 |
| Peso acqua | (g) | 146.43 |
| **Contenuto in acqua** | **(%)** | **13.2** |

Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey

Sperimentatore : Dott. Mariangela Spigno

Note :



Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

## LIMITI DI ATTERBERG - ASTM D4318-10

| | | | |
|---|---|---|---|
| Cliente : | M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL | | |
| Località : | Rifacimento Ponte Stradale Loc. Calvari - S.Colombano Certenoli (GE) | | |
| Identificazione Campione : | S2-C1 | | |
| Profondità (m) : | 8.00 - 8.30 | Data Ricevimento : | 25/06/2021 |
| Tipo Campione : | Semi-indisturbato | Data Esecuzione Prova : | 05/07/2021 |
| Descrizione del Materiale : | Sabbia argillosa con ghiaia | U.S.C.S. Class. : | SC |

### LIMITE LIQUIDO (MULTIPOINT)

| Numero di colpi | (#) | 35 | 23 | 18 |
|---|---|---|---|---|
| Peso lordo umido | (g) | 35.00 | 37.25 | 34.86 |
| Peso lordo secco | (g) | 32.83 | 34.40 | 32.67 |
| Tara | (g) | 26.22 | 26.09 | 26.40 |
| Peso netto secco | (g) | 6.61 | 8.31 | 6.27 |
| Peso acqua | (g) | 2.17 | 2.85 | 2.19 |
| Contenuto acqua | (%) | 32.8 | 34.3 | 34.9 |

w % (per N=25) 34.0

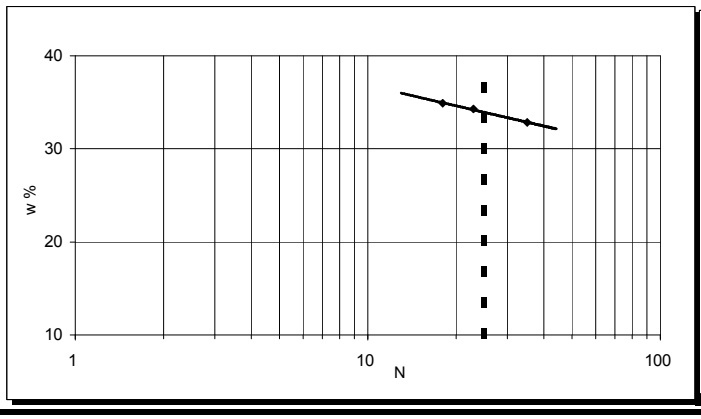
### LIMITE PLASTICO

| Peso lordo umido | (g) | 32.04 | 31.87 |
|---|---|---|---|
| Peso lordo secco | (g) | 31.00 | 30.87 |
| Tara | (g) | 26.19 | 25.98 |
| Peso netto secco | (g) | 4.81 | 4.89 |
| Peso acqua | (g) | 1.04 | 1.00 |
| Contenuto acqua | (%) | 21.6 | 20.4 |

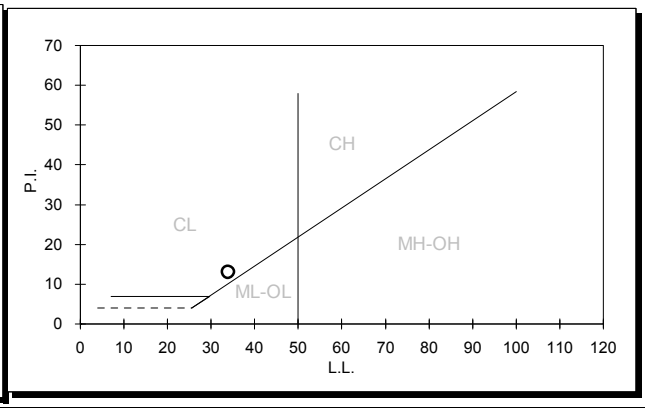
w % medio 21.0

| | |
|---|---|
| **LIMITE DI LIQUIDITA'** | **34** |
| **LIMITE DI PLASTICITA'** | **21** |
| **INDICE PLASTICITA'** | **13** |

### DETERMINAZIONE LIMITE LIQUIDO




### CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE




Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore : Dott. Giada Zavaglia



Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

## ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO - ASTM D6913-17 / D7928-21

| | | | |
|---|---|---|---|
| Cliente : | M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL | | |
| Località : | Rifacimento Ponte Stradale Loc. Calvari - S.Colombano Certenoli (GE) | | |
| Identificazione Campione : | S2-C1 | | |
| Profondità (m) : | 8.00 - 8.30 | Data Ricevimento : | 25/06/2021 |
| Tipo Campione : | Semi-indisturbato | Data Esecuzione Prova : | 14/07/2021 |
| Descrizione del Materiale : | Sabbia argillosa con ghiaia | U.S.C.S. Class. : | SC |

**DATI GRANULOMETRICI**

| | |
|---|---|
| Ciottoli (%) | 0.00 |
| Ghiaia (%) | 35.00 |
| Sabbia (%) | 47.22 |
| Limo (%) | N.D. |
| Argilla (%) | N.D. |
| Fini (%) | 17.78 |
| D. max (mm) | 10.7 |

**ALTRI PARAMETRI**

| | |
|---|---|
| $D_{90}$ (mm) | 33.482 |
| $D_{60}$ (mm) | 3.601 |
| $D_{50}$ (mm) | 2.070 |
| $D_{30}$ (mm) | 0.477 |
| $D_{10}$ (mm) | N.D. |
| $C_c$ | N.D. |
| $C_u$ | N.D. |

**GHIAIA E SABBIA**

Forma : angolare

Durezza : dura e resistente

**Note:**

presenza di vetro

**SETACCIATURA**

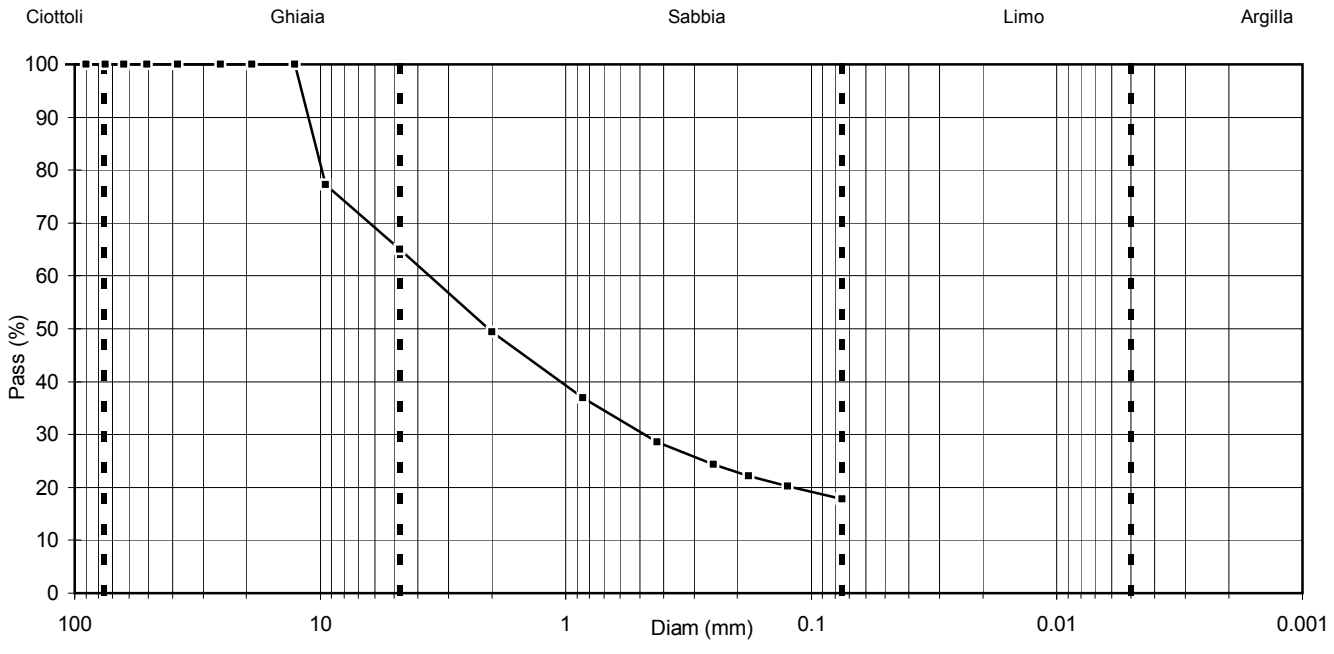
| D (mm) | Pass (%) |
|---|---|
| 125.00 | 100.00 |
| 90.00 | 100.00 |
| 75.00 | 100.00 |
| 63.00 | 100.00 |
| 50.80 | 100.00 |
| 38.10 | 100.00 |
| 25.40 | 100.00 |
| 19.00 | 100.00 |
| 12.70 | 100.00 |

**SETACCIATURA**

| D (mm) | Pass (%) |
|---|---|
| 9.50 | 77.26 |
| 4.75 | 65.00 |
| 2.00 | 49.38 |
| 0.85 | 36.89 |
| 0.425 | 28.62 |
| 0.250 | 24.33 |
| 0.180 | 22.16 |
| 0.125 | 20.26 |
| 0.075 | 17.78 |

**SEDIMENTAZIONE**

| D (mm) | Pass (%) |
|---|---|
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |




Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey

Sperimentatore : Dott. Giada Zavaglia



Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

## DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME - ASTM D7263-09

| | | | |
|---|---|---|---|
| Cliente : | M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL | | |
| Località : | Rifacimento Ponte Stradale Loc. Calvari - S.Colombano Certenoli (GE) | | |
| Identificazione Campione : | S2-C1 | | |
| Profondità (m) : | 8.00 - 8.30 | Data Ricevimento : | 25/06/2021 |
| Tipo Campione : | Semi-indisturbato | Data Esecuzione Prova : | 12/07/2021 |
| Descrizione del Materiale : | Sabbia argillosa con ghiaia | | |

Geometria della sezione del provino : circolare

| | | |
|---|---|---|
| Diametro | (cm) | 8.45 |
| Altezza | (cm) | 12.32 |
| Peso lordo | (g) | 1425.32 |
| Peso tara | (g) | 0.00 |
| Peso netto | (g) | 1425.32 |
| Volume | ($cm^3$) | 690.90 |
| **Peso di volume** | **($kN/m^3$)** | **20.24** |

Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore : Dott. Giada Zavaglia

Note :



Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

## CONTENUTO NATURALE IN ACQUA - ASTM D2216-10

| | |
|---|---|
| Cliente : | M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL |
| Località : | Rifacimento Ponte Stradale Loc. Calvari - S.Colombano Certenoli (GE) |
| Identificazione Campione : | S5-C1 |
| Profondità (m) : | 5.55 - 5.80 |
| Tipo Campione : | Semi-indisturbato |
| Descrizione del Materiale : | Ghiaia argillosa con sabbia |

Data Ricevimento : 25/06/2021

Data Esecuzione Prova : 12/07/2021

| | | |
|---|---|---|
| Peso lordo umido | (g) | 982.57 |
| Peso lordo secco | (g) | 901.23 |
| Peso tara | (g) | 263.42 |
| Peso netto secco | (g) | 637.81 |
| Peso acqua | (g) | 81.34 |
| **Contenuto in acqua** | **(%)** | **12.8** |

Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey

Sperimentatore : Dott. Mariangela Spigno

Note :



Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

## LIMITI DI ATTERBERG - ASTM D4318-10

| | | | |
|---|---|---|---|
| Cliente : | M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL | | |
| Località : | Rifacimento Ponte Stradale Loc. Calvari - S.Colombano Certenoli (GE) | | |
| Identificazione Campione : | S5-C1 | | |
| Profondità (m) : | 5.55 - 5.80 | Data Ricevimento : | 25/06/2021 |
| Tipo Campione : | Semi-indisturbato | Data Esecuzione Prova : | 05/07/2021 |
| Descrizione del Materiale : | Ghiaia argillosa con sabbia | U.S.C.S. Class. : | GC |

### LIMITE LIQUIDO (MULTIPOINT)

| Numero di colpi | (#) | 30 | 23 | 19 |
|---|---|---|---|---|
| Peso lordo umido | (g) | 43.63 | 46.36 | 44.21 |
| Peso lordo secco | (g) | 39.32 | 41.12 | 39.47 |
| Tara | (g) | 26.42 | 26.35 | 26.56 |
| Peso netto secco | (g) | 12.90 | 14.77 | 12.91 |
| Peso acqua | (g) | 4.31 | 5.24 | 4.74 |
| Contenuto acqua | (%) | 33.4 | 35.5 | 36.7 |

w % (per N=25) 35.0

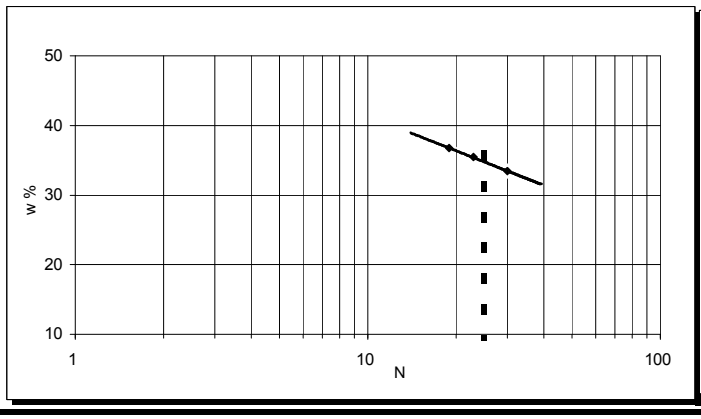
### LIMITE PLASTICO

| Peso lordo umido | (g) | 32.36 | 31.87 |
|---|---|---|---|
| Peso lordo secco | (g) | 31.32 | 31.00 |
| Tara | (g) | 26.09 | 26.22 |
| Peso netto secco | (g) | 5.23 | 4.78 |
| Peso acqua | (g) | 1.04 | 0.87 |
| Contenuto acqua | (%) | 19.9 | 18.2 |

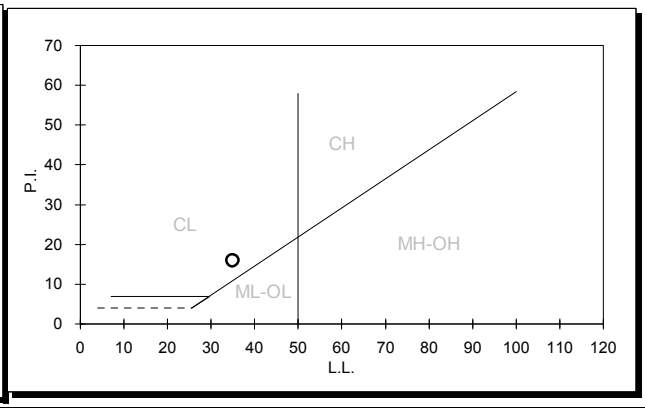
w % medio 19.0

| | |
|---|---|
| **LIMITE DI LIQUIDITA'** | **35** |
| **LIMITE DI PLASTICITA'** | **19** |
| **INDICE PLASTICITA'** | **16** |

### DETERMINAZIONE LIMITE LIQUIDO




### CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE




Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore : Dott. Giada Zavaglia



Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

## ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO - ASTM D6913-17 / D7928-21

| | | | |
|---|---|---|---|
| Cliente : | M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL | | |
| Località : | Rifacimento Ponte Stradale Loc. Calvari - S.Colombano Certenoli (GE) | | |
| Identificazione Campione : | S5-C1 | | |
| Profondità (m) : | 5.55 - 5.80 | Data Ricevimento : | 25/06/2021 |
| Tipo Campione : | Semi-indisturbato | Data Esecuzione Prova : | 14/07/2021 |
| Descrizione del Materiale : | Ghiaia argillosa con sabbia | U.S.C.S. Class. : | GC |

**DATI GRANULOMETRICI**

| | |
|---|---|
| Ciottoli (%) | 0.00 |
| Ghiaia (%) | 41.55 |
| Sabbia (%) | 34.07 |
| Limo (%) | N.D. |
| Argilla (%) | N.D. |
| Fini (%) | 24.38 |
| D. max (mm) | 15.8 |

**ALTRI PARAMETRI**

| | |
|---|---|
| $D_{90}$ (mm) | 41.770 |
| $D_{60}$ (mm) | 5.280 |
| $D_{50}$ (mm) | 2.357 |
| $D_{30}$ (mm) | 0.222 |
| $D_{10}$ (mm) | N.D. |
| $C_c$ | N.D. |
| $C_u$ | N.D. |

**GHIAIA E SABBIA**

Forma : angolare

Durezza : dura e resistente

**Note:**

-

**SETACCIATURA**

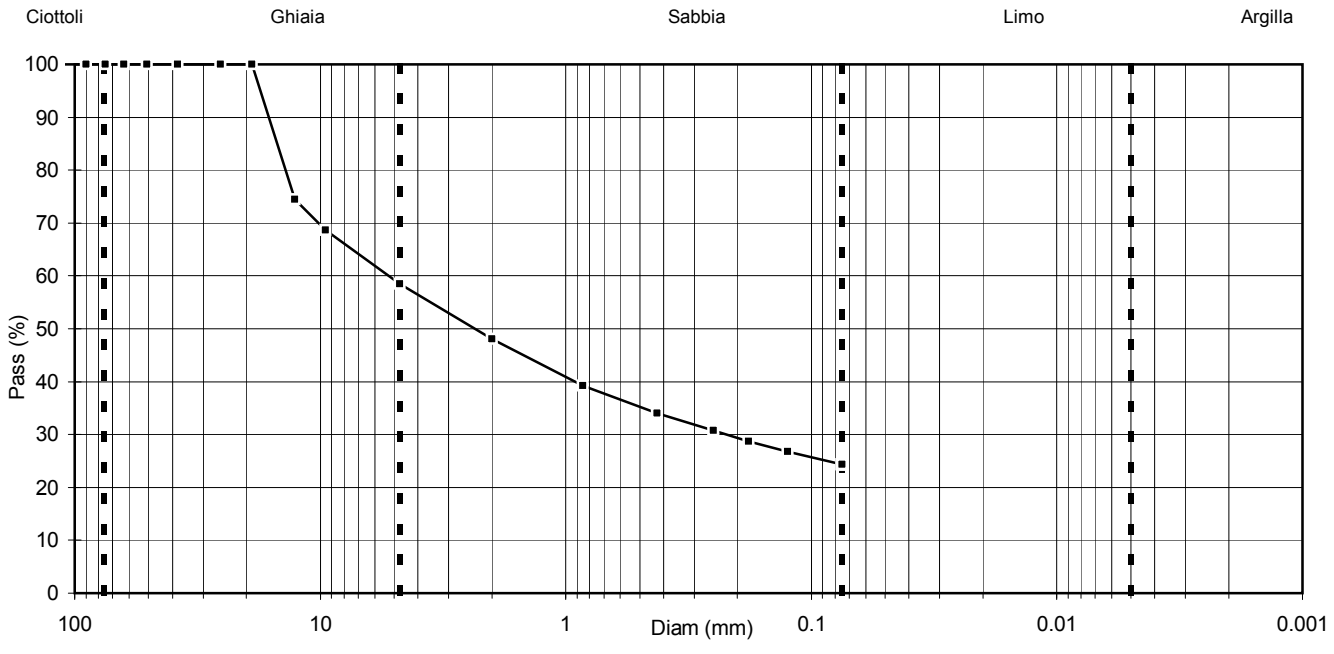
| D (mm) | Pass (%) |
|---|---|
| 125.00 | 100.00 |
| 90.00 | 100.00 |
| 75.00 | 100.00 |
| 63.00 | 100.00 |
| 50.80 | 100.00 |
| 38.10 | 100.00 |
| 25.40 | 100.00 |
| 19.00 | 100.00 |
| 12.70 | 74.49 |

**SETACCIATURA**

| D (mm) | Pass (%) |
|---|---|
| 9.50 | 68.61 |
| 4.75 | 58.45 |
| 2.00 | 48.02 |
| 0.85 | 39.20 |
| 0.425 | 33.97 |
| 0.250 | 30.72 |
| 0.180 | 28.74 |
| 0.125 | 26.79 |
| 0.075 | 24.38 |

**SEDIMENTAZIONE**

| D (mm) | Pass (%) |
|---|---|
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |




Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey

Sperimentatore : Dott. Giada Zavaglia



Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

## DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME - ASTM D7263-09

| | | | |
|---|---|---|---|
| Cliente : | M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL | | |
| Località : | Rifacimento Ponte Stradale Loc. Calvari - S.Colombano Certenoli (GE) | | |
| Identificazione Campione : | S5-C1 | | |
| Profondità (m) : | 5.55 - 5.80 | Data Ricevimento : | 25/06/2021 |
| Tipo Campione : | Semi-indisturbato | Data Esecuzione Prova : | 23/01/1935 |
| Descrizione del Materiale : | Ghiaia argillosa con sabbia | | |

Geometria della sezione del provino : circolare

| | | |
|---|---|---|
| Diametro | (cm) | 8.45 |
| Altezza | (cm) | 11.45 |
| Peso lordo | (g) | 1362.00 |
| Peso tara | (g) | 0.00 |
| Peso netto | (g) | 1362.00 |
| Volume | ($cm^3$) | 642.11 |
| **Peso di volume** | **($kN/m^3$)** | **20.81** |

Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore : Dott. Giada Zavaglia

Note :



Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

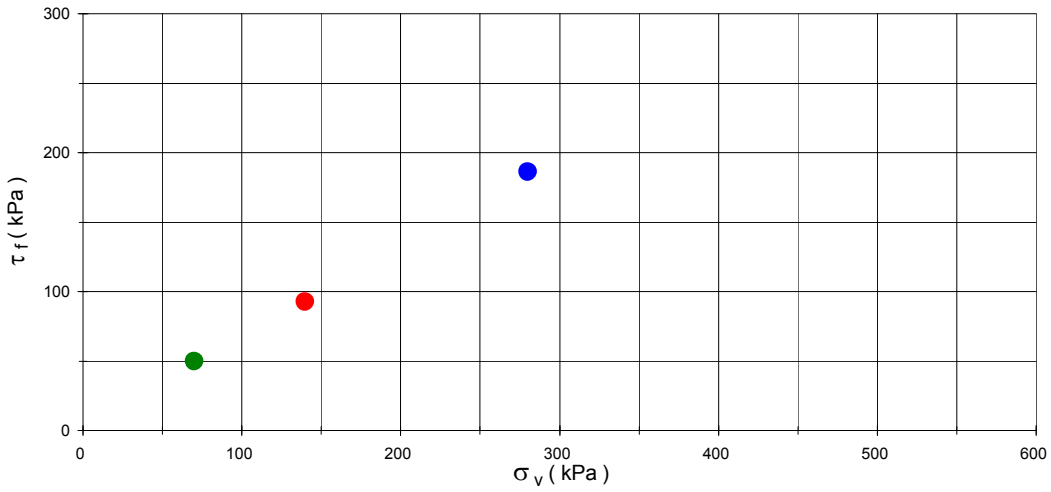
## PROVA DI TAGLIO DIRETTO - ASTM D3080-11

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

| | | | |
|---|---|---|---|
| Cliente : | M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL | | |
| Località : | Rifacimento Ponte Stradale Loc. Calvari - S.Colombano Certenoli (GE) | | |
| Sondaggio : | S5 | | |
| Campione : | C1 | | |
| Profondità (m) : | 5.55 - 5.80 | Data Ricevimento : | 25/06/2021 |
| Tipo del campione : | semi-indisturbato | Data Inizio Prova : | 09/07/2021 |
| Descrizione : | Ghiaia argillosa con sabbia | Data Fine Prova : | 14/07/2021 |

| **CONDIZIONI INIZIALI** | | | Provino 1 | Provino 2 | Provino 3 |
|---|---|---|---|---|---|
| H | (cm) | | 2.08 | 2.08 | 2.08 |
| D | (cm) | | 6.00 | 6.00 | 6.00 |
| $\gamma_t$ | (kN/m$^3$) | | 20.82 | 20.84 | 20.83 |
| $W_i$ | (%) | | 12.8 | 12.3 | 12.3 |
| $\gamma_d$ | (kN/m$^3$) | | 18.46 | 18.55 | 18.54 |
| $G_s$ | (-) | (stimato) | 2.70 | 2.70 | 2.70 |
| metodo preparazione provino | | | Infustellamento | Infustellamento | Infustellamento |
| Orientazione del provino nel campione | | | Coassiale | Coassiale | Coassiale |

| **FASE DI TAGLIO** | | Provino 1 | Provino 2 | Provino 3 |
|---|---|---|---|---|
| Velocità di avanzamento | (mm/min) | 0.008 | 0.008 | 0.008 |
| $\sigma_v$ | (kPa) | 70 | 140 | 280 |
| $\Delta H_c$ | (mm) | 0.64 | 0.87 | 1.21 |
| $\Delta H_f$ | (mm) | 0.03 | 0.08 | 0.16 |
| $d_h$ | (mm) | 4.67 | 5.43 | 3.56 |
| $\tau_f$ | (kPa) | 49.7 | 92.8 | 186.3 |
| $W_f$ | (%) | 14.4 | 13.4 | 12.6 |
| $\gamma_{df}$ | (kN/m$^3$) | 19.08 | 19.44 | 19.78 |
| Criterio di rottura considerato | | Massimo sforzo | Massimo sforzo | Massimo sforzo |




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



Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

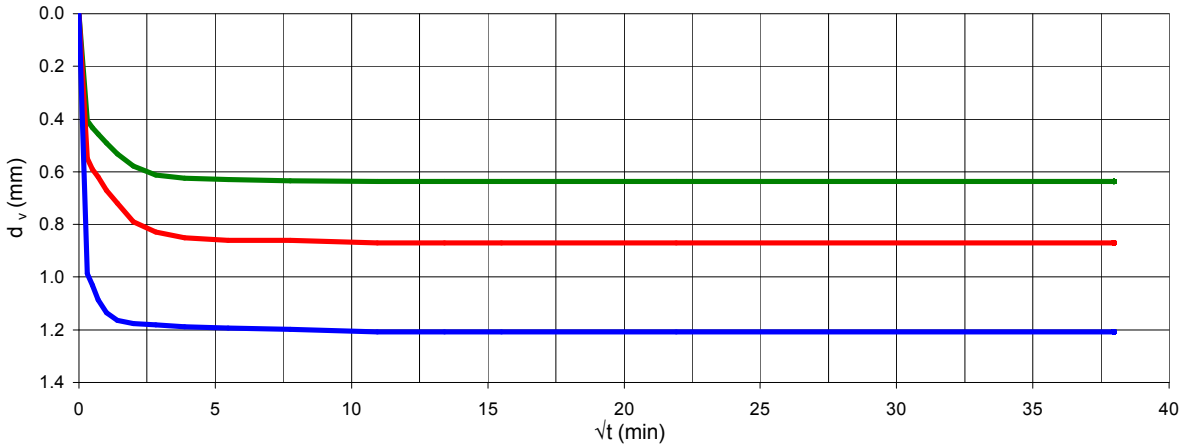
## PROVA DI TAGLIO DIRETTO - ASTM D3080-11

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

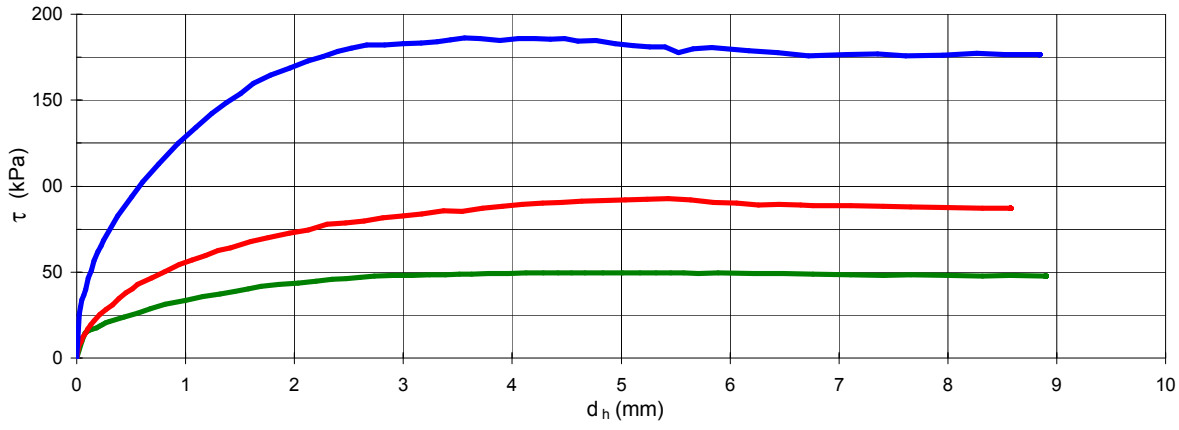
| | |
|---|---|
| Cliente : | M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL |
| Località : | Rifacimento Ponte Stradale Loc. Calvari - S.Colombano Certenoli (GE) |
| Campione : | S5-C1 |
| Profondità (m) : | 5.55 - 5.80 |

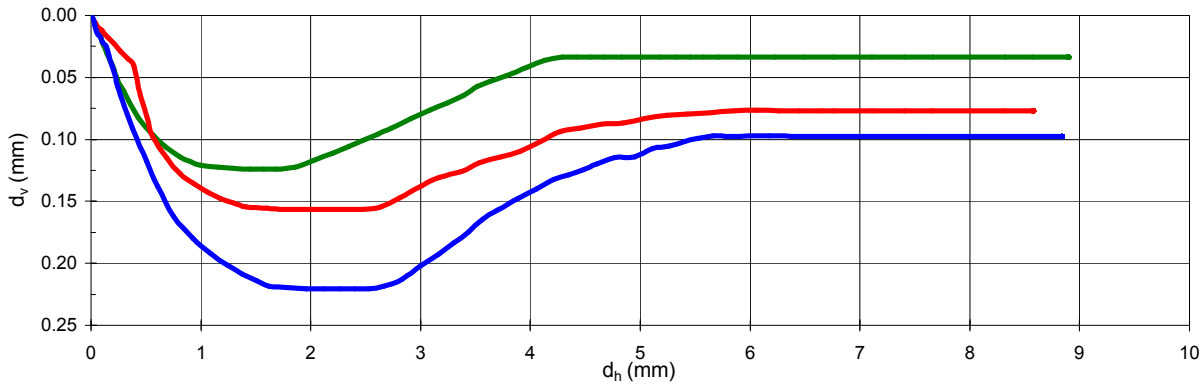
Provino 1
Provino 2
Provino 3

### FASE DI CONSOLIDAZIONE




### FASE DI TAGLIO




Direttore tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey

Operatore : Dott. Geol. Cristiano Pastore



Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

## CONTENUTO NATURALE IN ACQUA - ASTM D2216-10

| | |
|---|---|
| Cliente : | M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL |
| Località : | Rifacimento Ponte Stradale Loc. Calvari - S.Colombano Certenoli (GE) |
| Identificazione Campione : | S5-C2 |
| Profondità (m) : | 8.55 - 8.90 |
| Tipo Campione : | Semi-indisturbato |
| Descrizione del Materiale : | Sabbia argillosa con ghiaia |

Data Ricevimento : 25/06/2021

Data Esecuzione Prova : 12/07/2021

| | | |
|---|---|---|
| Peso lordo umido | (g) | 803.70 |
| Peso lordo secco | (g) | 762.00 |
| Peso tara | (g) | 457.33 |
| Peso netto secco | (g) | 304.67 |
| Peso acqua | (g) | 41.70 |
| **Contenuto in acqua** | **(%)** | **13.7** |

Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey

Sperimentatore : Dott. Mariangela Spigno

Note :



Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

## LIMITI DI ATTERBERG - ASTM D4318-10

| | | | |
|---|---|---|---|
| Cliente : | M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL | | |
| Località : | Rifacimento Ponte Stradale Loc. Calvari - S.Colombano Certenoli (GE) | | |
| Identificazione Campione : | S5-C2 | | |
| Profondità (m) : | 8.55 - 8.90 | Data Ricevimento : | 25/06/2021 |
| Tipo Campione : | Semi-indisturbato | Data Esecuzione Prova : | 13/07/2021 |
| Descrizione del Materiale : | Sabbia argillosa con ghiaia | U.S.C.S. Class. : | SC |

### LIMITE LIQUIDO (MULTIPOINT)

| Numero di colpi | (#) | 28 | 23 | 19 |
|---|---|---|---|---|
| Peso lordo umido | (g) | 40.65 | 42.26 | 39.81 |
| Peso lordo secco | (g) | 37.70 | 39.02 | 37.00 |
| Tara | (g) | 25.98 | 26.42 | 26.22 |
| Peso netto secco | (g) | 11.72 | 12.60 | 10.78 |
| Peso acqua | (g) | 2.95 | 3.24 | 2.81 |
| Contenuto acqua | (%) | 25.2 | 25.7 | 26.1 |

w % (per N=25) 25.0

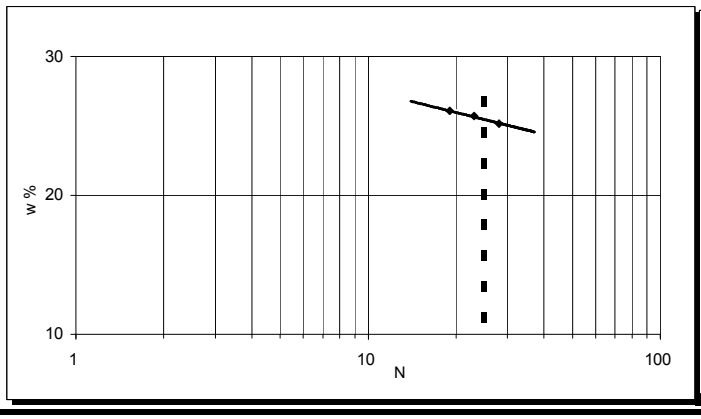
### LIMITE PLASTICO

| Peso lordo umido | (g) | 33.24 | 32.87 |
|---|---|---|---|
| Peso lordo secco | (g) | 32.28 | 32.00 |
| Tara | (g) | 26.42 | 26.38 |
| Peso netto secco | (g) | 5.86 | 5.62 |
| Peso acqua | (g) | 0.96 | 0.87 |
| Contenuto acqua | (%) | 16.4 | 15.5 |

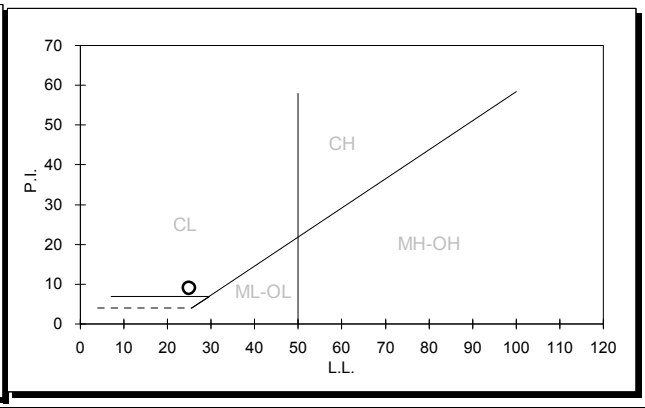
w % medio 15.9

| | |
|---|---|
| **LIMITE DI LIQUIDITA'** | **25** |
| **LIMITE DI PLASTICITA'** | **16** |
| **INDICE PLASTICITA'** | **9** |

### DETERMINAZIONE LIMITE LIQUIDO




### CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE




Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore : Dott. Giada Zavaglia



Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

## ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO - ASTM D6913-17 / D7928-21

| | | | |
|---|---|---|---|
| Cliente : | M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL | | |
| Località : | Rifacimento Ponte Stradale Loc. Calvari - S.Colombano Certenoli (GE) | | |
| Identificazione Campione : | S5-C2 | | |
| Profondità (m) : | 8.55 - 8.90 | Data Ricevimento : | 25/06/2021 |
| Tipo Campione : | Semi-indisturbato | Data Esecuzione Prova : | 14/07/2021 |
| Descrizione del Materiale : | Sabbia argillosa con ghiaia | U.S.C.S. Class. : | SC |

**DATI GRANULOMETRICI**

| | |
|---|---|
| Ciottoli (%) | 0.00 |
| Ghiaia (%) | 38.98 |
| Sabbia (%) | 41.65 |
| Limo (%) | N.D. |
| Argilla (%) | N.D. |
| Fini (%) | 19.37 |
| D. max (mm) | 35.4 |

**ALTRI PARAMETRI**

| | |
|---|---|
| $D_{90}$ (mm) | 16.298 |
| $D_{60}$ (mm) | 4.487 |
| $D_{50}$ (mm) | 2.568 |
| $D_{30}$ (mm) | 0.459 |
| $D_{10}$ (mm) | N.D. |
| $C_c$ | N.D. |
| $C_u$ | N.D. |

**GHIAIA E SABBIA**

Forma : angolare

Durezza : dura e resistente

**Note:**

-

**SETACCIATURA**

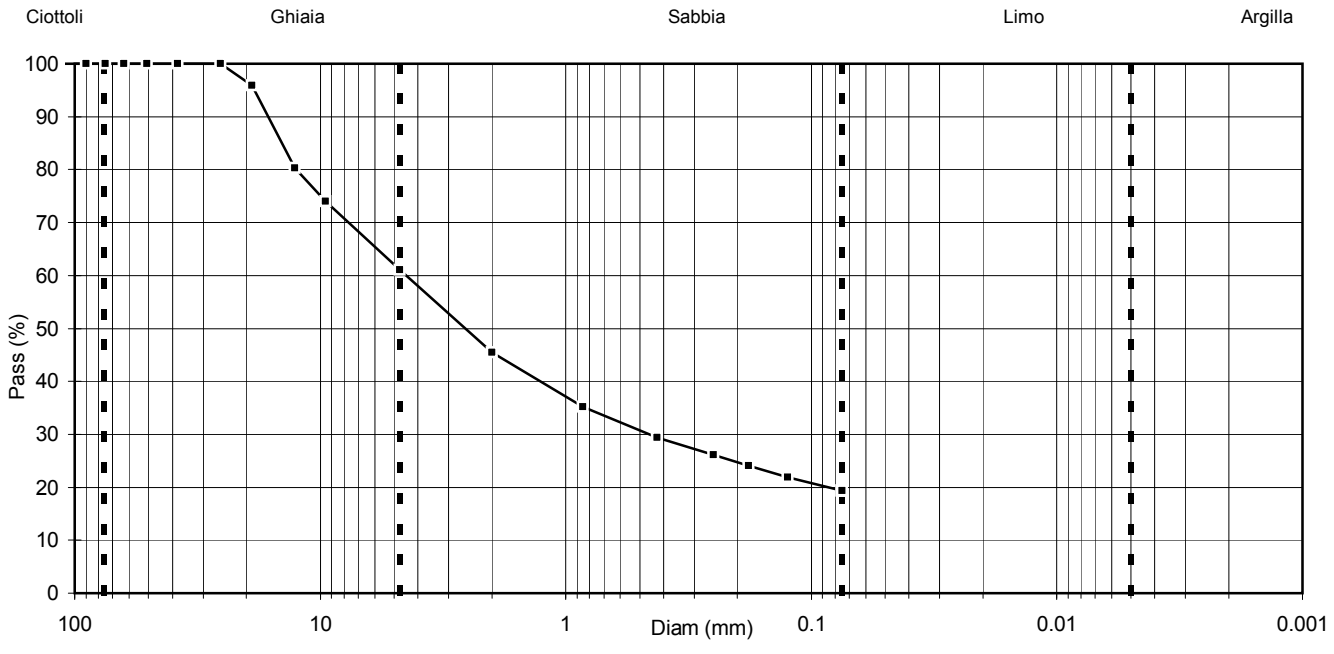
| D (mm) | Pass (%) |
|---|---|
| 125.00 | 100.00 |
| 90.00 | 100.00 |
| 75.00 | 100.00 |
| 63.00 | 100.00 |
| 50.80 | 100.00 |
| 38.10 | 100.00 |
| 25.40 | 100.00 |
| 19.00 | 95.94 |
| 12.70 | 80.34 |

**SETACCIATURA**

| D (mm) | Pass (%) |
|---|---|
| 9.50 | 74.04 |
| 4.75 | 61.02 |
| 2.00 | 45.52 |
| 0.85 | 35.17 |
| 0.425 | 29.36 |
| 0.250 | 26.07 |
| 0.180 | 24.04 |
| 0.125 | 21.94 |
| 0.075 | 19.37 |

**SEDIMENTAZIONE**

| D (mm) | Pass (%) |
|---|---|
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |
| - | - |




Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey

Sperimentatore : Dott. Giada Zavaglia



Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

## DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME - ASTM D7263-09

| | | | |
|---|---|---|---|
| Cliente : | M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL | | |
| Località : | Rifacimento Ponte Stradale Loc. Calvari - S.Colombano Certenoli (GE) | | |
| Identificazione Campione : | S5-C2 | | |
| Profondità (m) : | 8.55 - 8.90 | Data Ricevimento : | 25/06/2021 |
| Tipo Campione : | Semi-indisturbato | Data Esecuzione Prova : | 12/07/2021 |
| Descrizione del Materiale : | Sabbia argillosa con ghiaia | | |

Geometria della sezione del provino : circolare

| | | |
|---|---|---|
| Diametro | (cm) | 8.42 |
| Altezza | (cm) | 12.63 |
| Peso lordo | (g) | 1478.00 |
| Peso tara | (g) | 0.00 |
| Peso netto | (g) | 1478.00 |
| Volume | ($cm^3$) | 703.26 |
| **Peso di volume** | **($kN/m^3$)** | **20.62** |

Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore : Dott. Giada Zavaglia

Note :



Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

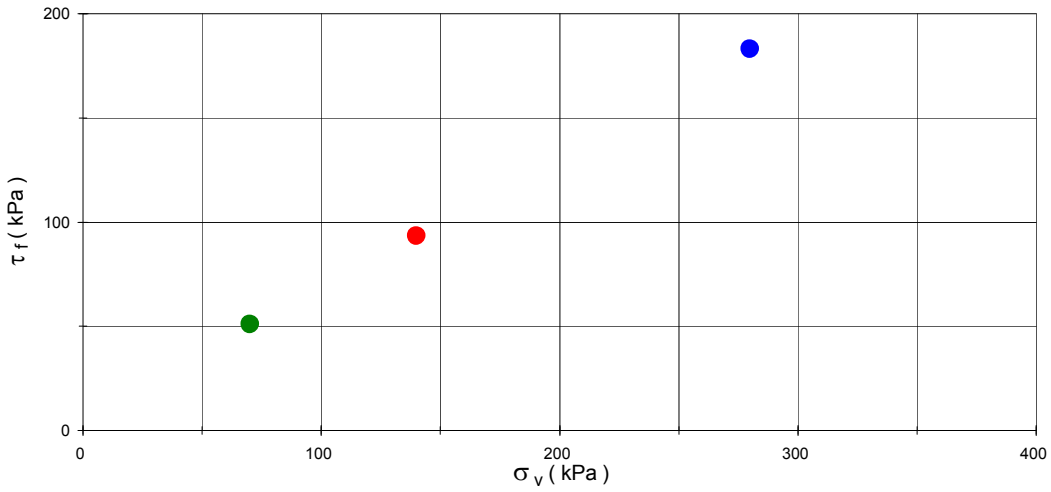
## PROVA DI TAGLIO DIRETTO - ASTM D3080-11

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

| | | | |
|---|---|---|---|
| Cliente : | M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL | | |
| Località : | Rifacimento Ponte Stradale Loc. Calvari - S.Colombano Certenoli (GE) | | |
| Sondaggio : | S5 | | |
| Campione : | C2 | | |
| Profondità (m) : | 8.65 - 8.90 | Data Ricevimento : | 25/06/2021 |
| Tipo del campione : | semi-indisturbato | Data Inizio Prova : | 08/07/2021 |
| Descrizione : | Sabbia argillosa con ghiaia | Data Fine Prova : | 13/07/2021 |

| **CONDIZIONI INIZIALI** | | | Provino 1 | Provino 2 | Provino 3 |
|---|---|---|---|---|---|
| H | (cm) | | 2.24 | 2.24 | 2.24 |
| L | (cm) | | 6.00 | 6.00 | 6.00 |
| $\gamma_t$ | (kN/m$^3$) | | 20.60 | 20.60 | 20.59 |
| $W_i$ | (%) | | 13.6 | 13.9 | 13.7 |
| $\gamma_d$ | (kN/m$^3$) | | 18.14 | 18.09 | 18.11 |
| $G_s$ | (-) | (stimato) | 2.70 | 2.70 | 2.70 |
| metodo preparazione provino | | | Infustellamento | Infustellamento | Infustellamento |
| Orientazione del provino nel campione | | | Coassiale | Coassiale | Coassiale |

| **FASE DI TAGLIO** | | Provino 1 | Provino 2 | Provino 3 |
|---|---|---|---|---|
| Velocità di avanzamento | (mm/min) | 0.008 | 0.008 | 0.008 |
| $\sigma_v$ | (kPa) | 70 | 140 | 280 |
| $\Delta H_c$ | (mm) | 1.03 | 1.42 | 1.93 |
| $\Delta H_f$ | (mm) | 0.11 | 0.17 | 0.20 |
| $d_h$ | (mm) | 4.56 | 5.43 | 7.19 |
| $\tau_f$ | (kPa) | 51.0 | 93.5 | 183.2 |
| $W_f$ | (%) | 14.3 | 13.4 | 12.0 |
| $\gamma_{df}$ | (kN/m$^3$) | 19.18 | 19.53 | 20.08 |
| Criterio di rottura considerato | | Massimo sforzo | Massimo sforzo | Massimo sforzo |




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



Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

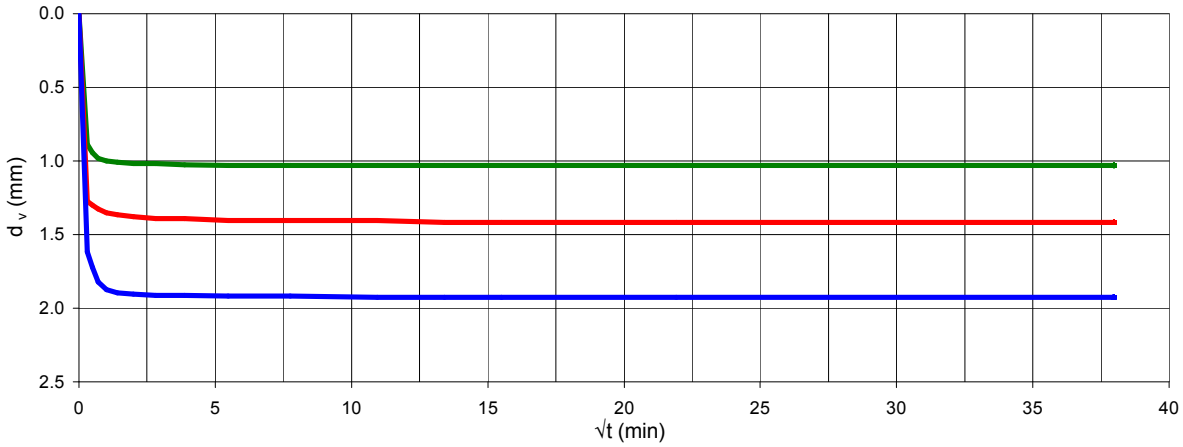
## PROVA DI TAGLIO DIRETTO - ASTM D3080-11

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

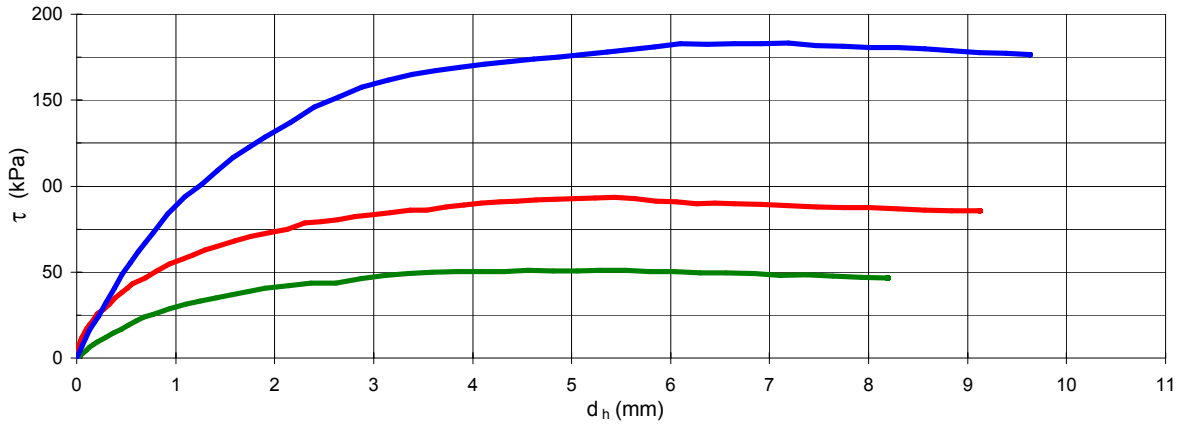
| | |
|---|---|
| Cliente : | M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL |
| Località : | Rifacimento Ponte Stradale Loc. Calvari - S.Colombano Certenoli (GE) |
| Campione : | S5-C2 |
| Profondità (m) : | 8.65 - 8.90 |

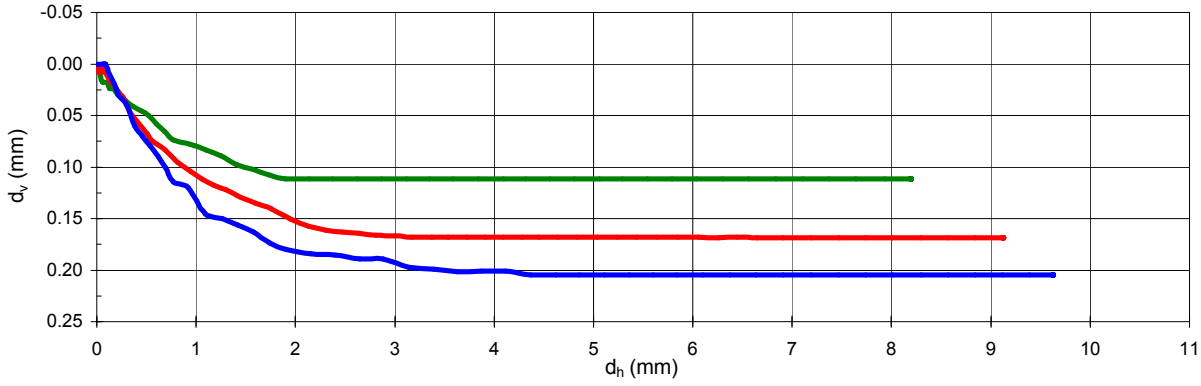
Provino 1
Provino 2
Provino 3

### FASE DI CONSOLIDAZIONE




### FASE DI TAGLIO




Direttore tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey

Operatore : Dott. Geol. Cristiano Pastore



Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

RINA Consulting - GET Srl

## DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI POINT LOAD - ASTM D5731-08

Cliente : M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL

Località : Rifacimento Ponte Stradale Loc. Calvari - S.Colombano Certenoli (GE)

Descrizione : Argilliti. Colore Grigio

Data Ricevimento : 25/06/2021

Condizioni di umidità iniziali : Come da ricevimento

Data Test : 14/07/2021

| Id. Campione : | Prof. (m) | P.Vol (kN/m3) | Tipo Test | 2L (mm) | W (mm) | D (mm) | Carico (kN) | De (mm) | $De^2$ ($mm^2$) | Is (MPa) | F (-) | $Is_{(50)}$ **(MPa)** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S2 C2R | 14.35 - 14.60 | 24.34 | d | 157.8 | 78.1 | 78.1 | 1.0 | 78.1 | 6100 | 0.16 | 1.22 | **0.19** |
| S2 C3R | 17.50 -17.63 | 24.48 | d | 112.5 | 77.2 | 77.2 | 1.2 | 77.2 | 5966 | 0.20 | 1.22 | **0.24** |
| S5 C3R | 12.50 - 12.70 | 24.35 | d | 153.4 | 78.0 | 78.0 | 1.1 | 78.0 | 6084 | 0.19 | 1.22 | **0.23** |
| S5 C4R | 16.90 - 17.00 | 23.89 | d | 107.4 | 78.1 | 78.1 | 0.9 | 78.1 | 6100 | 0.15 | 1.22 | **0.18** |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

Note:

Tipo Test : d) diametral test
a) axial test
b) block test
i) irregular lump test

Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey

Sperimentatore : Dott. Geol. Cristiano Pastore



Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente