



COMUNE DI  
**MONTALTO UFFUGO**  
PROVINCIA DI COSENZA



**PROGETTO:**

**Ampliamento scuola dell'infanzia sita in via A. Manzoni  
Frazione Taverna, Comune di Montalto Uffugo (CS)  
Classe d'uso III**

**PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO**

Elaborato  
**RELAZIONE GEOLOGICA**

**VISTI**

**Tav.**

**Committente**

Amministrazione Comunale  
di Montalto Uffugo CS

**Geologo**

Dott. Vincenzo LUCIA

**Progettista e D.L.**

Arch. Marcello D'AMICO

Dott. Geol. Vincenzo LUCIA  
Corso del Pollino, 147  
87020 - Santa Maria del Cedro CS  
Cell. 328 13 43 267  
E-mail [vincenzo.lucia@yahoo.it](mailto:vincenzo.lucia@yahoo.it)

**LUGLIO 2018**

## SOMMARIO

---

NOTE RIEPILOGATIVE .....	2
PREMESSA .....	3
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	5
INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....	6
CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE .....	7
CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE .....	8
INQUADRAMENTO P.A.I. ....	9
INDAGINI GEOGNOSTICHE .....	10
Prova penetrometrica DPM 30.....	10
Indagine MASW .....	25
Indagine sismica a RIFRAZIONE .....	32
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	43
VERIFICA DI STABILITA' DEL PENDIO .....	44
POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE.....	44
CONCLUSIONI .....	46

## ELABORATI CARTOGRAFICI

---

- ✓ Stralcio Carta Geologica - scala 1:10.000
- ✓ Stralcio Carta Tecnica Regionale - scala 1:5.000
- ✓ Stralcio Cartografia PAI - scala 1:5.000
- ✓ Planimetria Ubicazione Indagini
- ✓ Documentazione Fotografica Indagini

<b>NOTE RIEPILOGATIVE</b>
---------------------------

**DATI IDENTIFICATIVI:**

<b>POSIZIONE TERRENO</b>
<b>COORDINATE GEOGRAFICHE (Gauss Boaga WGS 84)</b>
<i>Longitudine E</i> <b>16.230339°</b>
<i>Latitudine N</i> <b>39.431234°</b>

**DATI GEOMORFOLOGICI SEMPLIFICATIVI:**

<b>MORFOLOGIA DEL SITO:</b>	<i>PIANEGGIANTE</i>
	<i>PENDENZA &lt; 15°</i>

<b>FENOMENI FRANOSI (PAI):</b>	<i>ASSENTI</i>
--------------------------------	----------------

<b>PERIMETRAZIONE PAI:</b>	<i>NO</i>
----------------------------	-----------

**CLASSIFICAZIONE SISMICA:**

<b>ZONA SISMICA</b>	<i>1</i>
<b>CATEGORIA TOPOGRAFICA</b>	<i>T1</i>
<b>CATEGORIA SUOLO FONDAZIONE</b>	<i>B</i>

**INDAGINI EFFETTUATE:**

<i>N° 2 PROVE PENETROMETRICHE DPM 30</i>
<i>N° 1 PROVA SISMICA MASW</i>
<i>N° 1 PROVA SISMICA A RIFRAZIONE</i>

<b>ANOMALIE:</b>	<i>ASSENTI</i>
------------------	----------------

<b>VELOCITA' MEDIA ONDA DI TAGLIO <math>V_{s,eq}</math> (H=30.00 m):</b>	<b>508.56 m/sec</b> <i>(quota fondazione 0,80 m)</i>
--	---

<b>FALDA FREATICA RILEVATA</b>	<i>NON RILEVATA</i>
<b>FALDA ARTESIANA:</b>	<i>NON RILEVATA</i>

## **PREMESSA**

---

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Montalto Uffugo, con determina di incarico n°28 del 05/07/2018 e relativa convenzione, il sottoscritto geologo Vincenzo LUCIA, iscritto all'ordine dei Geologi della Calabria al n° 1128, ha effettuato uno studio GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO-GEOTECNICO-SISMICO, al fine di definire le condizioni di un'area interessata al progetto: **“Ampliamento scuola dell'infanzia sita in Via A. Manzoni - Frazione Taverna, Montalto Uffugo (CS)”**.

Lo studio è stato condotto secondo i dettami delle seguenti normative tecniche:

- **D.M. 17/01/2018** “Norme Tecniche sulle Costruzioni”;
- **D.M. 11/3/88** “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;
- **D.P.R. 380/2001 parte II capo II** “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”;
- **D.P.R. 380/2001 parte II capo IV** “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;
- **D.P.R. 5/10/2010, n. 207** “Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n°163 recante “Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE”;
- **Legge regionale 28/12/2015, n. 37.** “Procedure per la denuncia, il deposito e l'autorizzazione di interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica”;
- **Regolamento Reg. 10/08/2017 n. 80** “Regolamento di attuazione procedure L.R. n.35/2009”;
- **Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)** con riferimento alle NORME DI ATTUAZIONE E DELLE MISURE DI SALVAGUARDIA approvate dal C.R. Calabria con delib. n. 115 del 28/12/2001 (aggiornate dal C.T. il 15/07/2002) e alle linee guida licenziate dal comitato tecnico - seduta del 15.07.2002 e approvate dal comitato istituzionale - seduta del 31.07.2002.

Le finalità che si vogliono raggiungere con il presente studio, si esplicano nella definizione geologica/geomorfologica, geotecnica e sismica del sito esaminato. A tal fine è stato predisposto, nell'area in esame, un programma di indagini di ampiezza commisurata al contesto delle opere previste in progetto, costituito da:



- esame della cartografia ufficiale, unitamente a ricerche bibliografiche atte al reperimento di notizie (storiche, morfologiche, tettoniche, sismiche, idrologiche, idrogeologiche, ecc.) e dati tecnici riguardanti l'area in oggetto;
- caratterizzazione geologica ed esame delle condizioni geomorfologiche con il rilievo diretto di superficie esteso anche alle aree limitrofe per acquisire i dati necessari alla valutazione delle caratteristiche morfologiche, idrologiche, climatiche ed ambientali più evidenti, relative al territorio in oggetto;
- esecuzione di n°2 prove penetrometriche DPM 30;
- esecuzione di n°1 prospezione sismica MASW;
- esecuzione di n° 1 prova sismica di tipo RIFRAZIONE.

L'area investigata è stata altresì studiata in relazione al *Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)*, che ha valore di piano sovraordinato, e prevale quindi sullo strumento urbanistico.

Il modello geologico rilevato, gli studi e le analisi effettuate hanno consentito di definire:

**Il quadro geologico/geomorfologico:** L'inquadramento geologico, con riferimento alla bibliografia geologica esistente, alla cartografia acquisita e alle indagini stratigrafiche svolte, consente di definire i caratteri litostratigrafici, l'origine e la natura dei litotipi, lo stato di alterazione e di aggregazione, i caratteri strutturali generali, la descrizione dei lineamenti geomorfologici della zona in generale e infine la descrizione delle forme naturali ed antropiche e degli elementi morfo-strutturali significativi ai fini geomorfologici e sismici.

**Il quadro geotecnico:** Il modello geologico/tecnico di riferimento ha altresì consentito di determinare gli spessori e le caratteristiche geotecniche dei terreni affioranti al di sotto del piano di posa delle fondazioni, di valutare l'effetto della presenza di falde idriche sotterranee che potrebbero influenzare la stabilità dell'area e dei futuri manufatti e infine di valutare gli eventuali processi morfologici ed le azioni di dissesto potenziali o in atto nell'area in studio ed in quella circostante.

**Il quadro sismico di riferimento:** La definizione del quadro sismico locale, specificatamente riferita al suolo di fondazione è connessa alla misura delle onde di taglio ( $V_{s_{eq}}$ ) secondo il D.M. 17/01/2018: azione sismica per il sito esaminato.

## INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il sito oggetto di studio ricade all'interno del Comune di Montalto Uffugo, in provincia di Cosenza e più precisamente in Via Alessandro Manzoni, nella frazione di "Taverna di Montalto". Il Comune di Montalto si affaccia sulla valle del Crati, ha un ampio territorio che si estende dalla valle del fiume Crati fino alla sommità della Catena Costiera a una quota superiore ai 1000 m sopra il livello del mare e vanta una popolazione di quasi oltre 20.000 abitanti.

Da un punto di vista cartografico, il sito di studio ricade nel Foglio 229 II NO della Carta Geologica della Calabria a scala 1:25.000, denominato *LUZZI* e nella Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000, elemento n° 551151 denominato *INSIDIA*.

Le coordinate geografiche, relative al sito investigato, sono le seguenti:

Latitudine: N 39.431234°

Longitudine: E 16.230339°

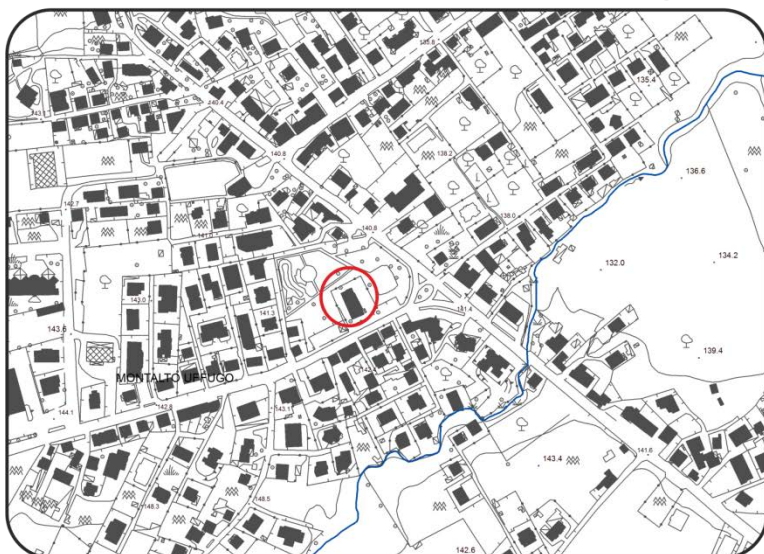
I.G.M. serie 25



ORTOFOTO



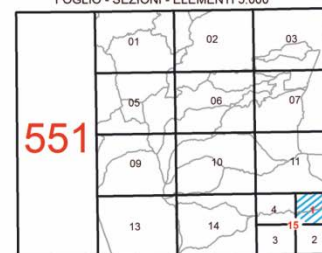
C.T.R.



FOGLI 50.000 IGM



FOGLIO - SEZIONI - ELEMENTI 5.000



## **INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE**

---

Geologicamente, tutta l'area in esame si inquadra nel ciclo sedimentario post - orogenico di età Plio-Pleistocenico che ha interessato il *graben* della valle del Crati, trasgressivo sulle rocce cristalline della Catena Costiera.

In particolare tale porzione del bacino porta in affioramento un ciclo deposizionale di età Pliocenica - Calabriana, costituito prevalentemente da terreni limosi- argillosi, con al tetto una unità conglomeratica regressiva (Depositi di *fan* - *Delta*) Pleistocenica, che affiora lungo i margini del bacino. A chiudere la successione stratigrafica sono i depositi continentali o fluvio-marini di copertura ai terrazzi.

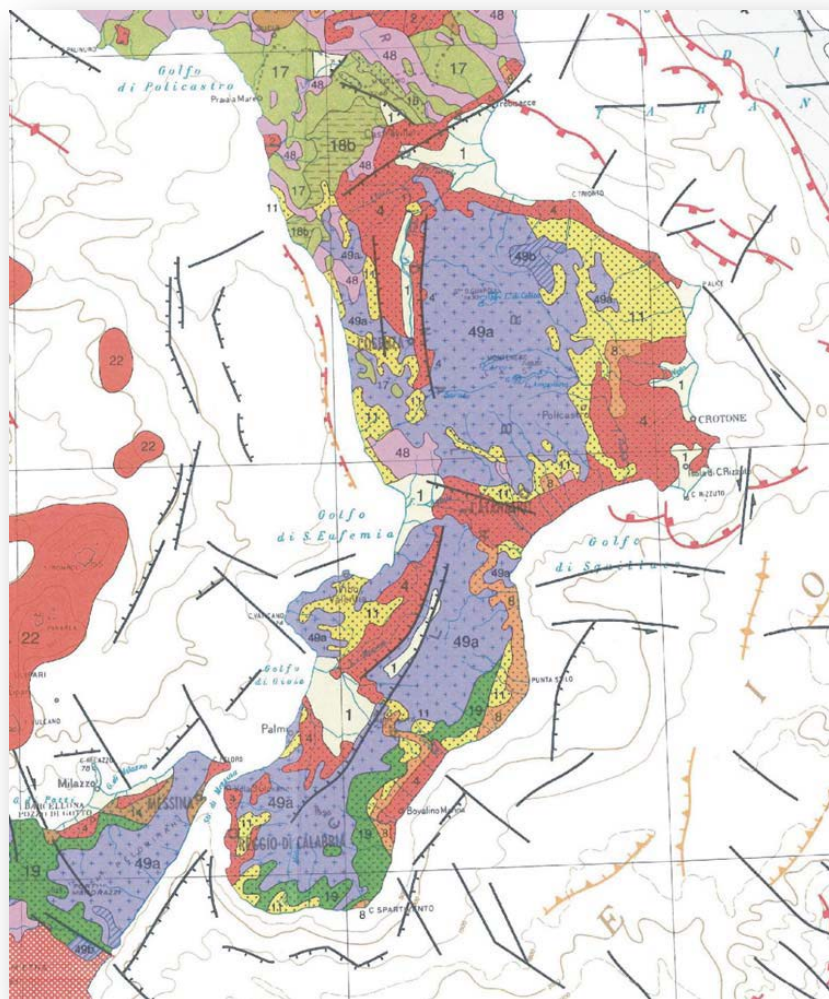
La valle del Crati ha subito, a partire dal Tortoniano, una tettonica a carattere prevalentemente fragile che ha conformato il substrato pre-Pliocenico in una serie di horst e graben orientati N-S.

In particolare la fase tettonica di tipo distensivo è responsabile della formazione di innumerevoli faglie dirette "*bordiere*" collocate lungo la fascia pedemontana orientale della Catena Costiera.

Nell'insieme queste strutture, individuano un allineamento tettonico, che si sviluppa lungo la direttrice N-S, il quale mette a contatto i terreni cristallini della Catena Costiera, con le sequenze deposizionali del bacino sedimentario del Crati.

Ovviamente anche se non vi sono riscontri oggettivi per determinare il grado di attività di queste strutture, esse rimangono comunque una **costante minaccia** per i territori da esse attraversate, in quanto rappresentano delle discontinuità strutturali, dove potenzialmente può avvenire il rilascio di energia elastica accumulata generando dei sismi.

Pertanto già da questo primo quadro geo-strutturale abbastanza delicato, del comprensorio in cui ricade il sito d'intervento si evince chiaramente come sia indispensabile progettare la struttura, secondo i criteri antisismici più adeguati **e consoni al grado di pericolosità sismica di tutta questa fascia pedemontana - valliva.**



Schema geologico della Calabria. 1) Depositi continentali (alluvioni, sedimenti lacustri e lagunari) e, subordinatamente, marini (spiagge) – Pleistocene superiore-Olocene; 4, 8 ) Depositi terrigeni marini – Pliocene inferiore p.p. -Pleistocene inferiore; 11, 16) Depositi terrigeni marini – Miocene sup.-Pliocene inferiore p.p.; 17, 18) Unità carbonatiche e terrigene della catena Appenninica – Triassico-Oligocene; 19) Sabbie e conglomerati – Oligocene-Miocene; 48) Sedimenti oceanici con ofioliti – Cretacico-Oligocene; 49) Unità metamorfiche e graniti (da Bigi et al., 1989).

## **CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE**

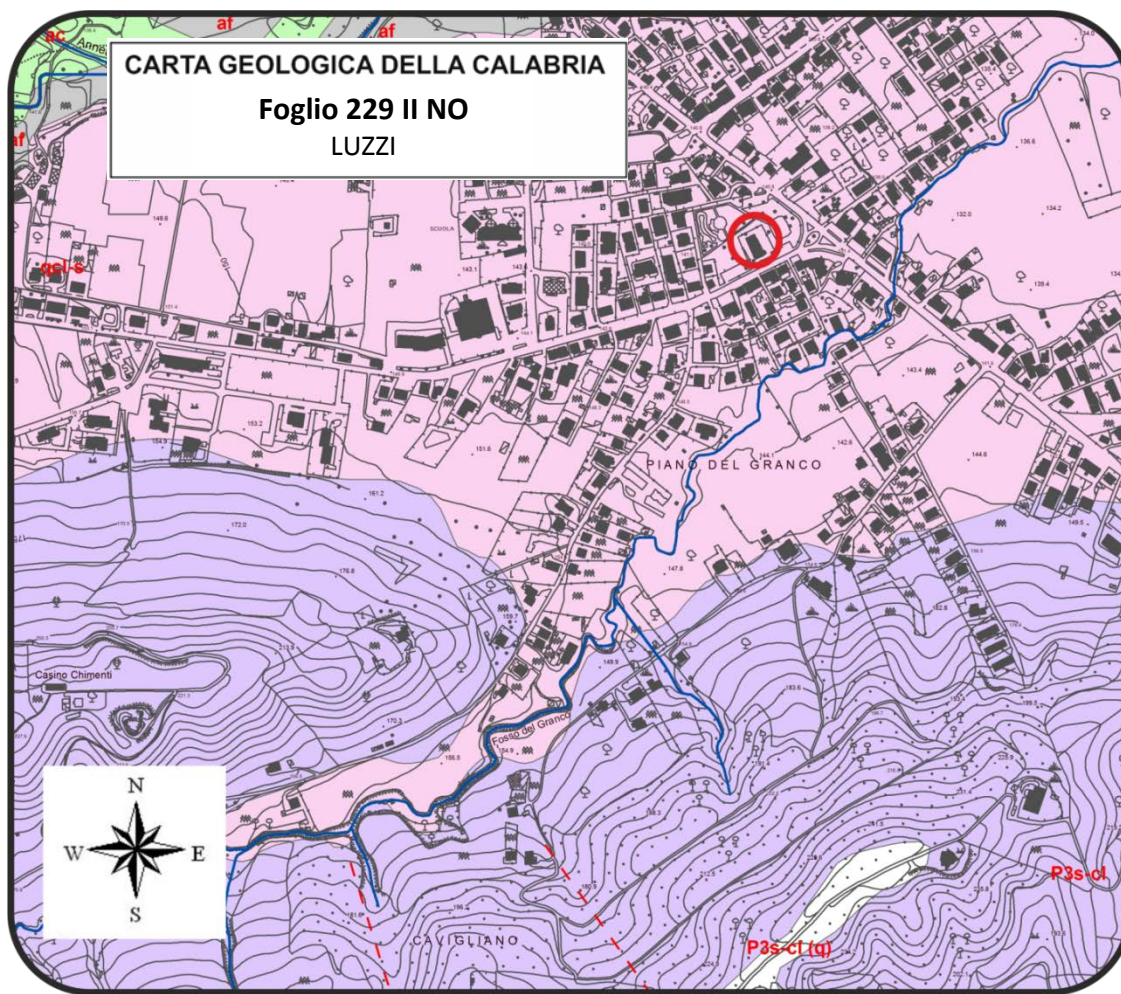
---

In dettaglio, nel sito esaminato affiorano depositi conglomeratici e sabbiosi di antichi terrazzi fluviali ricorrenti lungo le valli attuali ( $q^{cl-s}$ ).

L'area in esame, ubicata a una quota altimetrica di 143 m s.l.m. è caratterizzata da una morfologia di tipo pianeggiante (valle del Crati).

Nell'area si rinviene un sistema di conoidi originato da affluenti del fiume Crati; l'ampiezza delle conoidi conferma l'alta capacità di trasporto dei detriti, tipica degli impluvi a carattere torrentizio.





Stralcio Carta Geologica della Calabria – Foglio 229 II NO denominato “LUZZI”

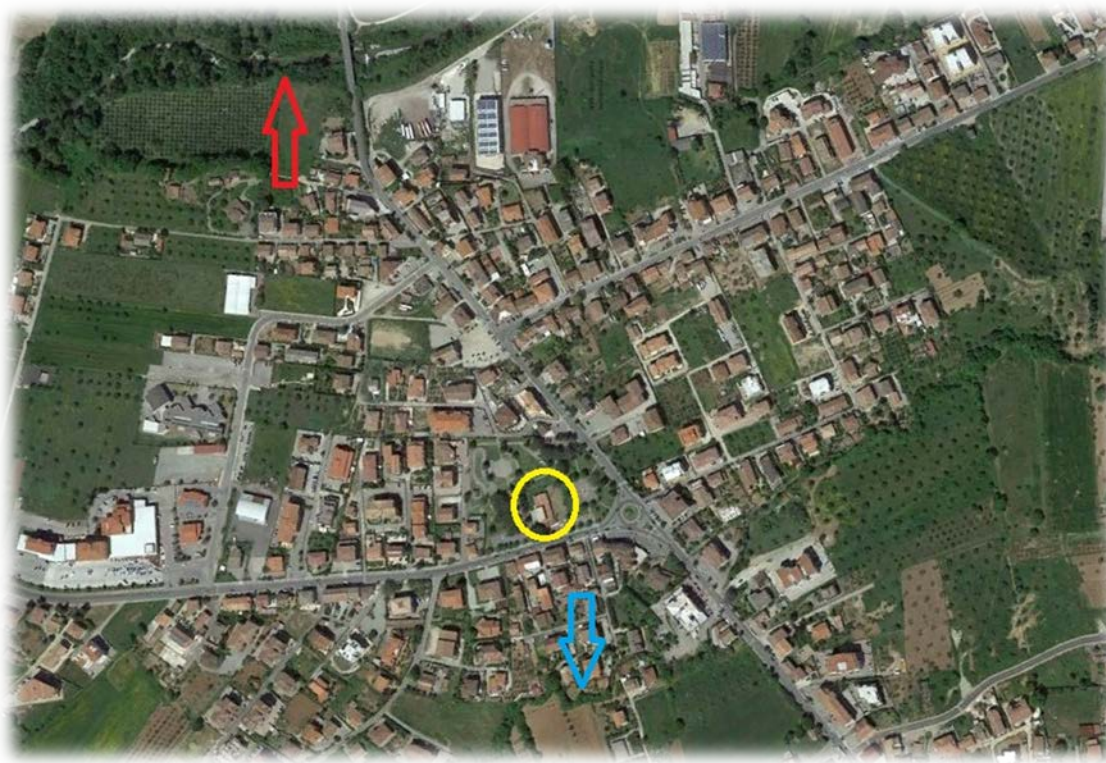
Da indagini storiche e bibliografiche, si esclude la presenza di faglie attive e capaci.

## CARATTERISTICHE IDROLOGICHE E IDROGEOLOGICHE

Sulla base delle conoscenze e dei dati acquisiti attraverso le osservazioni di campagna e mediante l'esame delle stratigrafie ricavate dalle indagini storiche, è stato possibile schematizzare i lineamenti idrologici ed idrogeologici dei terreni indagati al fine di stabilire la tipologia degli acquiferi sotterranei, e le dinamiche della circolazione idrica superficiale per meglio ricavare un quadro esauriente circa il possibile verificarsi di dissesti idrogeologici.

Per quanto attiene l'idrologia superficiale, il sito oggetto di studio si trova interposto tra il **Fosso del Granco** a Sud e il **Torrente Annea** a Nord. Il primo scorre a circa 200 metri di distanza dalla scuola oggetto di ampliamento, in una incisione profonda circa 4 metri, con le sponde cementate per poi raccordarsi al Fiume Crati distante circa 1,5 km dal sito in esame; il **Torrente Annea**, invece, dista circa 500 m e scorre nel suo alveo naturale posto a una quota altimetrica inferiore a quella del sito in esame di circa 16/17 m.

Il Torrente Annea è di ordine superiore rispetto al Fosso del Granco.



La foto indica l'ubicazione del sito oggetto di studio (cerchio giallo) rispetto al Fosso del Granco (freccia blu) e Torrente Annea (Freccia rossa).

## **INQUADRAMENTO P.A.I.**

---

Si ritiene necessario evidenziare che, con riferimento al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (che rappresenta lo strumento conoscitivo, normativo "L.356/00-L.267/98" e di pianificazione mediante il quale l'Autorità di Bacino Regionale della Calabria, pianifica e programma le azioni e le norme d'uso finalizzate alla salvaguardia delle popolazioni, degli insediamenti, delle infrastrutture e del suolo), l'area oggetto della presente indagine non è sottoposta ad alcun vincolo idrogeologico, in particolare non ricade in zone a rischio geomorfologico ed idraulico R1, R2, R3 ed R4 (vedi allegato).

L'area che ospiterà l'intervento in progetto, presenta un accettabile grado di equilibrio. Dal rilevamento effettuato, non sono state rilevate forme di disequilibrio o compromissioni nella strutture preesistenti collocate in prossimità dell'area che ospiterà gli interventi previsti dal progetto.

Pertanto, si attesta che l'area di progetto è compatibile dal punto di vista idraulico, geologico e ambientale con le prescrizioni contenute nelle Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico.

## INDAGINI GEOGNOSTICHE

---

Per caratterizzare il sito in esame è stato predisposto un programma di indagini di ampiezza commisurata al contesto delle opere previste in progetto, raffrontato con indagini e studi geologici preesistenti.

La campagna di indagini è stata strutturata in modo tale da ricavare:

- ✓ numero di strati presenti e relativi spessori;
- ✓ parametri geotecnici;
- ✓ categoria di sottosuolo tramite valutazione del  $V_{seq}$ ;
- ✓ stima della profondità del substrato.

Sono state eseguite:

- n° 02 prove penetrometriche DPM30;
- n° 01 sismica di tipo M.A.S.W.
- n° 01 stendimento sismico a Rifrazione

### ***Prova penetrometrica DPM 30***

---

Committente: Amministrazione Comunale di Montalto Uffugo Cantiere: Via Alessandro Manzoni - Montalto Uffugo
--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPM (DL030 10) (Medium)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	21 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,9 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,761
Rivestimento/fanghi	Si
Angolo di apertura punta	60 °



**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE**  
**DPSH – DPM (... sctpt ecc.)**

**Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ )
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

**penetrometri in uso in Italia**

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento  $\delta$  = 10 cm, punta conica ( $\alpha=60-90^\circ$ ), diametro D 35.7 mm, area base cono  $A=10 \text{ cm}^2$  rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;



- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 20$  kg, altezza di caduta  $H=0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha = 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 73$  kg, altezza di caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro  $D = 50.8$  mm, area base cono  $A=20.27$  cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)  
massa battente  $M=63.5$  kg, altezza caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro  $D = 50.5$  mm, area base cono  $A = 20$  cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

### **Correlazione con $N_{spt}$**

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi  $N_{spt}$  ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

$M$  = peso massa battente;  
 $M'$  = peso aste;  
 $H$  = altezza di caduta;  
 $A$  = area base punta conica;  
 $\delta$  = passo di avanzamento.

### **Valutazione resistenza dinamica alla punta $R_{pd}$**

Formula Olandesi

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

$R_{pd}$  = resistenza dinamica punta (area  $A$ );  
 $e$  = infissione media per colpo ( $\delta/N$ );  
 $M$  = peso massa battente (altezza caduta  $H$ );  
 $P$  = peso totale aste e sistema battuta.

### **Calcolo di $(N_1)_{60}$**

$(N_1)_{60}$  è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = C_N \times N_{60} \text{ con } C_N = \sqrt{(Pa/\sigma'_{vo})} \quad C_N < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \times (ER/60) \times C_s \times C_r \times C_d$$

ER/60: Rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.

- C<sub>s</sub>: Parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).  
C<sub>d</sub>: Funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).  
C<sub>r</sub>: Parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

### **Metodologia di Elaborazione.**

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

### **Valutazioni statistiche e correlazioni**

#### **Elaborazione Statistica**

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

#### **Media**

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Media minima**

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Massimo**

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Minimo**

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Scarto quadratico medio**

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Media deviata**

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Media + s**

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Media - s**

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Distribuzione normale R.C.**

Il valore di N<sub>spt,k</sub> viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove sN<sub>spt</sub> è la deviazione standard di N<sub>spt</sub>

### **Distribuzione normale R.N.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $N_{spt}$  distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove  $n$  è il numero di letture.

### **Pressione ammissibile**

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immersione  $d = 1$  mt..

### **Correlazioni geotecniche terreni incoerenti**

#### **Liquefazione**

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

#### **Correzione $N_{spt}$ in presenza di falda**

$N_{spt} \text{ corretto} = 15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda) .

#### **Angolo di Attrito**

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38° ).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da  $D_r$  %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose .
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### **Densità relativa (%)**

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie  $D_r$  viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).

- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

#### **Modulo Di Young ( $E_y$ )**

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

#### **Modulo Edometrico**

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buisman-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

#### **Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977

#### **Peso di Volume Gamma**

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### **Peso di volume saturo**

- Terzaghi-Peck 1948-1967

#### **Modulo di poisson**

- Classificazione A.G.I.

#### **Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)**

- Seed-Idriss 1978-1981 . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\tau$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

#### **Velocità onde di taglio $V_s$ (m/sec)**

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

#### **Modulo di deformazione di taglio ( $G$ )**

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson & Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

#### **Modulo di reazione ( $K_o$ )**

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

#### **Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )**

- Robertson 1983  $Q_c$

### **Correlazioni geotecniche terreni coesivi**

#### **Coesione non drenata**

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$  , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948).  $Cu$  min-max.
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$ , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.

- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (Cu-Nspt-grado di plasticità).
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con  $N_c=20$  e  $Q_c/N_{spt}=2$ .
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982 , valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

**Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )**

- Robertson 1983  $Q_c$

**Modulo Edometrico-Confinato ( $M_o$ )**

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - $M_o$  (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte (  $N_{spt} < 30$ ) medie e molli (  $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose (  $N_{spt}=6-12$ ).

**Modulo Di Young ( $E_Y$ )**

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. >15
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

**Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977

**Peso di Volume**

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

**Peso di volume saturo**

- Meyerhof ed altri.

## PROVA PENETROMETRICA N°1

Strumento utilizzato...  
Prova eseguita in data  
Profondità prova  
Falda non rilevata

DPM (DL030 10) (Medium)  
05/07/18  
2.80 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.10	9	0	0.857	25.75	30.06	1.29	1.50
0.20	20	0	0.805	53.74	66.79	2.69	3.34
0.30	18	0	0.803	48.25	60.11	2.41	3.01
0.40	17	0	0.801	45.46	56.77	2.27	2.84
0.50	23	0	0.749	57.52	76.81	2.88	3.84
0.60	23	0	0.747	57.38	76.81	2.87	3.84
0.70	21	0	0.745	52.26	70.13	2.61	3.51
0.80	11	0	0.843	30.98	36.73	1.55	1.84
0.90	8	0	0.842	21.33	25.35	1.07	1.27
1.00	8	0	0.840	21.29	25.35	1.06	1.27
1.10	6	0	0.838	15.93	19.01	0.80	0.95
1.20	8	0	0.836	21.20	25.35	1.06	1.27
1.30	10	0	0.835	26.45	31.69	1.32	1.58
1.40	6	0	0.833	15.84	19.01	0.79	0.95
1.50	6	0	0.831	15.80	19.01	0.79	0.95
1.60	7	0	0.830	18.40	22.18	0.92	1.11
1.70	6	0	0.828	15.74	19.01	0.79	0.95
1.80	6	0	0.826	15.71	19.01	0.79	0.95
1.90	6	0	0.825	14.92	18.09	0.75	0.90
2.00	6	0	0.823	14.89	18.09	0.74	0.90
2.10	8	0	0.822	19.82	24.12	0.99	1.21
2.20	8	0	0.820	19.78	24.12	0.99	1.21
2.30	28	0	0.719	60.67	84.42	3.03	4.22
2.40	35	0	0.667	70.40	105.53	3.52	5.28
2.50	40	0	0.616	74.25	120.60	3.71	6.03
2.60	44	0	0.614	81.49	132.66	4.07	6.63
2.70	52	0	0.613	96.08	156.78	4.80	7.84
2.80	63	0	0.611	116.14	189.95	5.81	9.50

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0.7	18.71	62.5	Incoerente - coesivo	0	2.06	2.27	0.07	0.76	14.24	STRATO 1
2.2	7.33	23.08	Incoerente - coesivo	0	1.84	1.89	0.28	0.76	5.58	STRATO 2
2.8	34.33	103.52	Incoerente - coesivo	0	2.14	2.33	0.48	0.76	26.13	STRATO 3

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

#### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
[1] - STRATO 1	14.24	0.70	Shioi - Fukui (1982)	0.36
[2] - STRATO 2	5.58	2.20	Shioi - Fukui (1982)	0.14
[3] - STRATO 3	26.13	2.80	Shioi - Fukui (1982)	0.65

## TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - STRATO 1	14.24	0.70	14.24	Meyerhof (1957)	90.19
[2] - STRATO 2	5.58	2.20	5.58	Meyerhof (1957)	50.05
[3] - STRATO 3	26.13	2.80	26.13	Meyerhof (1957)	98.64

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - STRATO 1	14.24	0.70	14.24	Owasaki & Iwasaki	31.88
[2] - STRATO 2	5.58	2.20	5.58	Owasaki & Iwasaki	25.56
[3] - STRATO 3	26.13	2.80	26.13	Owasaki & Iwasaki	37.86

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	14.24	0.70	14.24	Schmertmann (1978) Sabbie	170.88
[2] - STRATO 2	5.58	2.20	5.58	Schmertmann (1978) Sabbie	66.96
[3] - STRATO 3	26.13	2.80	26.13	Schmertmann (1978) Sabbie	313.56

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	14.24	0.70	14.24	Farrent (1963)	101.10
[2] - STRATO 2	5.58	2.20	5.58	Farrent (1963)	39.62
[3] - STRATO 3	26.13	2.80	26.13	Farrent (1963)	185.52

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - STRATO 1	14.24	0.70	14.24	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[2] - STRATO 2	5.58	2.20	5.58	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[3] - STRATO 3	26.13	2.80	26.13	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	14.24	0.70	14.24	Meyerhof ed altri	1.86
[2] - STRATO 2	5.58	2.20	5.58	Meyerhof ed altri	1.56
[3] - STRATO 3	26.13	2.80	26.13	Meyerhof ed altri	2.09

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	14.24	0.70	14.24	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.94
[2] - STRATO 2	5.58	2.20	5.58	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.89

[3] - STRATO 3	26.13	2.80	26.13	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.50
----------------	-------	------	-------	----------------------------	------

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - STRATO 1	14.24	0.70	14.24	(A.G.I.)	0.33
[2] - STRATO 2	5.58	2.20	5.58	(A.G.I.)	0.34
[3] - STRATO 3	26.13	2.80	26.13	(A.G.I.)	0.3

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - STRATO 1	14.24	0.70	14.24	Navfac 1971-1982	2.98
[2] - STRATO 2	5.58	2.20	5.58	Navfac 1971-1982	1.12
[3] - STRATO 3	26.13	2.80	26.13	Navfac 1971-1982	5.05

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	14.24	0.70	14.24	Robertson 1983	28.48
[2] - STRATO 2	5.58	2.20	5.58	Robertson 1983	11.16
[3] - STRATO 3	26.13	2.80	26.13	Robertson 1983	52.26



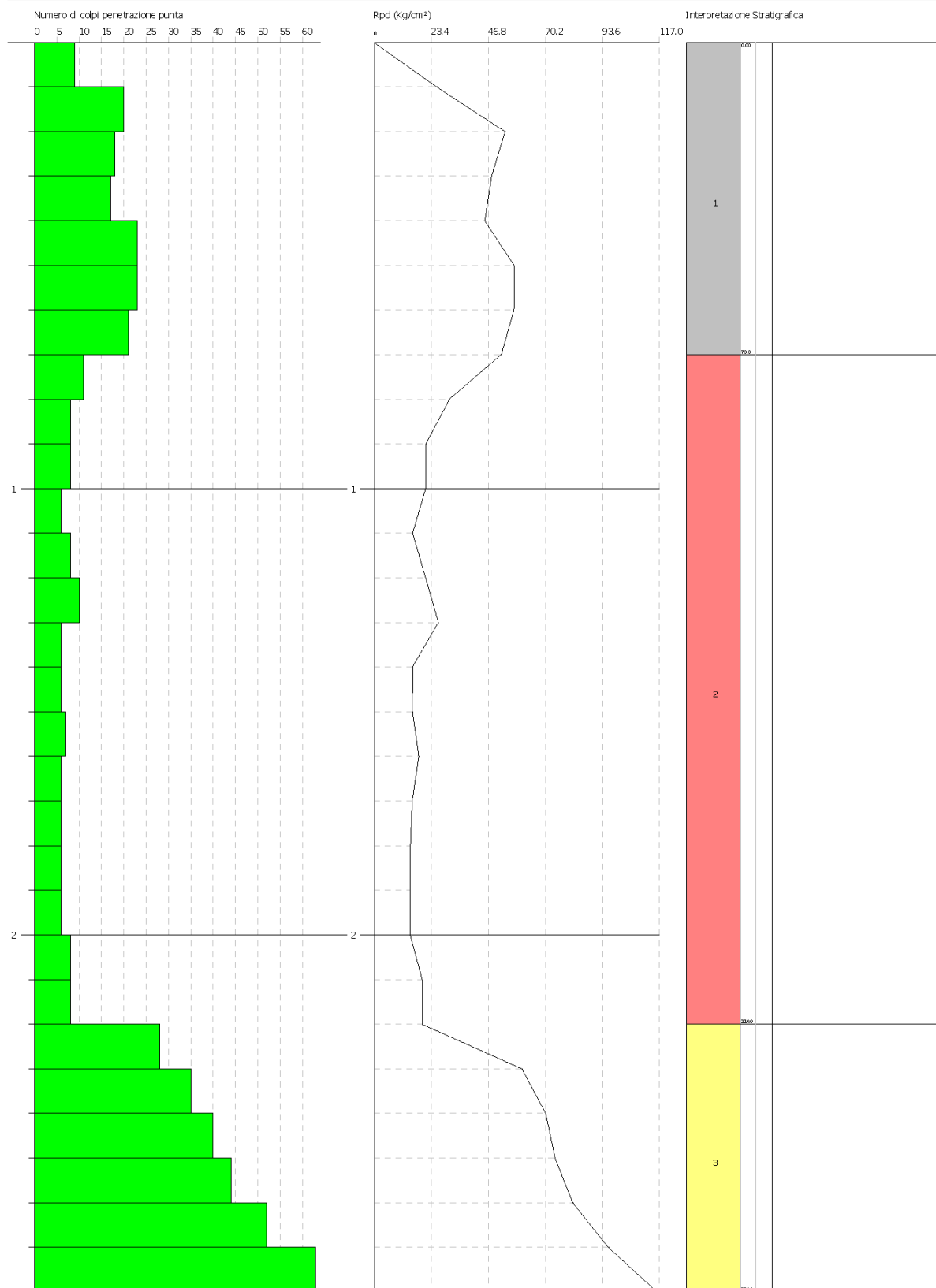
**Ampliamento scuola dell'infanzia sita in via A. Manzoni  
Frazione Taverna, Comune di Montalto Uffugo (CS) - Classe d'uso III**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr. 1  
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente: Amministrazione Comunale di Montalto Uffugo  
Cantiere: Scuola Infanzia Via A. Manzoni  
Località: Taverna di Montalto Uffugo

Data: 05/07/2018

Scala 1:12



## **PROVA PENETROMETRICA N°2**

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
 Prova eseguita in data 05/07/18  
 Profondità prova 2.70 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.10	3	0	0.857	8.58	10.02	0.43	0.50
0.20	20	0	0.805	53.74	66.79	2.69	3.34
0.30	21	0	0.753	52.79	70.13	2.64	3.51
0.40	23	0	0.751	57.67	76.81	2.88	3.84
0.50	27	0	0.749	67.52	90.17	3.38	4.51
0.60	20	0	0.797	53.23	66.79	2.66	3.34
0.70	27	0	0.745	67.19	90.17	3.36	4.51
0.80	10	0	0.843	28.16	33.40	1.41	1.67
0.90	11	0	0.842	29.34	34.86	1.47	1.74
1.00	8	0	0.840	21.29	25.35	1.06	1.27
1.10	9	0	0.838	23.90	28.52	1.20	1.43
1.20	10	0	0.836	26.50	31.69	1.33	1.58
1.30	8	0	0.835	21.16	25.35	1.06	1.27
1.40	8	0	0.833	21.11	25.35	1.06	1.27
1.50	8	0	0.831	21.07	25.35	1.05	1.27
1.60	7	0	0.830	18.40	22.18	0.92	1.11
1.70	8	0	0.828	20.99	25.35	1.05	1.27
1.80	7	0	0.826	18.33	22.18	0.92	1.11
1.90	8	0	0.825	19.89	24.12	0.99	1.21
2.00	7	0	0.823	17.37	21.11	0.87	1.06
2.10	7	0	0.822	17.34	21.11	0.87	1.06
2.20	7	0	0.820	17.31	21.11	0.87	1.06
2.30	7	0	0.819	17.28	21.11	0.86	1.06
2.40	28	0	0.717	60.54	84.42	3.03	4.22
2.50	29	0	0.716	62.58	87.44	3.13	4.37
2.60	35	0	0.664	70.10	105.53	3.50	5.28
2.70	49	0	0.613	90.54	147.74	4.53	7.39

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0.7	20.14	67.27	Incoerente - coesivo	0	2.07	2.28	0.07	0.76	15.33	STRATO 1
2.3	8.12	25.51	Incoerente - coesivo	0	1.82	1.89	0.29	0.76	6.18	STRATO 2
2.7	35.25	106.28	Incoerente - coesivo	0	2.13	2.28	0.48	0.76	26.83	STRATO 3

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	15.33	0.70	Shioi - Fukui (1982)	0.38
[2] - STRATO 2	6.18	2.30	Shioi - Fukui (1982)	0.15
[3] - STRATO 3	26.83	2.70	Shioi - Fukui (1982)	0.67

### TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - STRATO 1	15.33	0.70	15.33	Meyerhof (1957)	93.55
[2] - STRATO 2	6.18	2.30	6.18	Meyerhof (1957)	52.45
[3] - STRATO 3	26.83	2.70	26.83	Meyerhof (1957)	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - STRATO 1	15.33	0.70	15.33	Owasaki & Iwasaki	32.51
[2] - STRATO 2	6.18	2.30	6.18	Owasaki & Iwasaki	26.12
[3] - STRATO 3	26.83	2.70	26.83	Owasaki & Iwasaki	38.16

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	15.33	0.70	15.33	Schmertmann (1978) Sabbie	183.96
[2] - STRATO 2	6.18	2.30	6.18	Schmertmann (1978) Sabbie	74.16
[3] - STRATO 3	26.83	2.70	26.83	Schmertmann (1978) Sabbie	321.96

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	15.33	0.70	15.33	Farrent (1963)	108.84
[2] - STRATO 2	6.18	2.30	6.18	Farrent (1963)	43.88
[3] - STRATO 3	26.83	2.70	26.83	Farrent (1963)	190.49

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - STRATO 1	15.33	0.70	15.33	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAME NTE ADDENSATO
[2] - STRATO 2	6.18	2.30	6.18	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[3] - STRATO 3	26.83	2.70	26.83	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAME NTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	15.33	0.70	15.33	Meyerhof ed altri	1.89
[2] - STRATO 2	6.18	2.30	6.18	Meyerhof ed altri	1.59
[3] - STRATO 3	26.83	2.70	26.83	Meyerhof ed altri	2.10

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	15.33	0.70	15.33	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.95
[2] - STRATO 2	6.18	2.30	6.18	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.89
[3] - STRATO 3	26.83	2.70	26.83	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.50

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - STRATO 1	15.33	0.70	15.33	(A.G.I.)	0.32
[2] - STRATO 2	6.18	2.30	6.18	(A.G.I.)	0.34
[3] - STRATO 3	26.83	2.70	26.83	(A.G.I.)	0.3

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - STRATO 1	15.33	0.70	15.33	Navfac 1971-1982	3.19
[2] - STRATO 2	6.18	2.30	6.18	Navfac 1971-1982	1.26
[3] - STRATO 3	26.83	2.70	26.83	Navfac 1971-1982	5.15

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	15.33	0.70	15.33	Robertson 1983	30.66
[2] - STRATO 2	6.18	2.30	6.18	Robertson 1983	12.36
[3] - STRATO 3	26.83	2.70	26.83	Robertson 1983	53.66

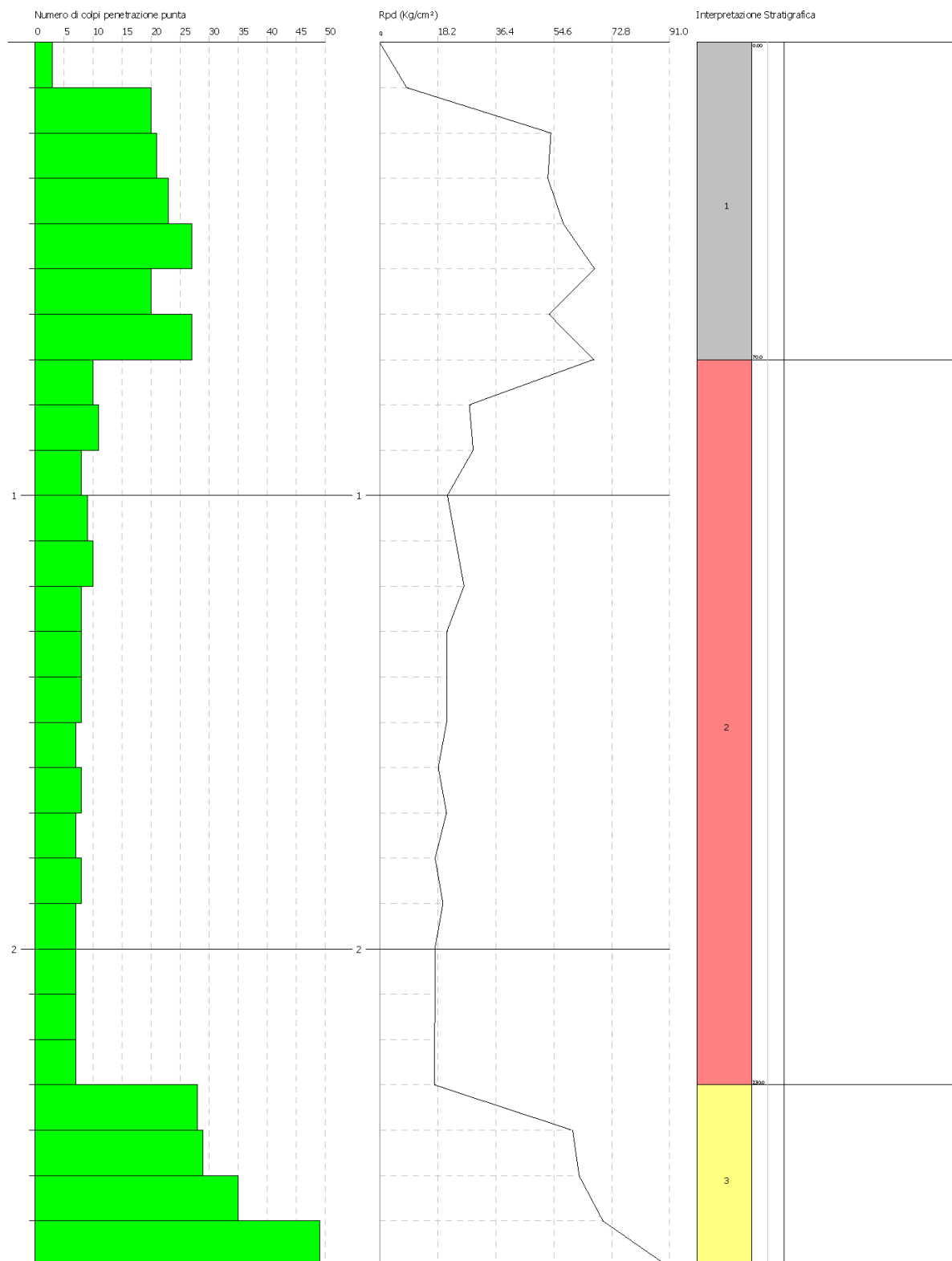
**Ampliamento scuola dell'infanzia sita in via A. Manzoni  
Frazione Taverna, Comune di Montalto Uffugo (CS) - Classe d'uso III**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2  
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente: Amministrazione Comunale di Montalto Uffugo  
Cantiere: Scuola Infanzia Via A. Manzoni  
Località: Taverna di Montalto Uffugo

Data: 05/07/2018

Scala 1:12



## **Indagine MASW**

---

Allo scopo di ottenere un esauriente ricostruzione dell'assetto litostratigrafico locale, nonché una identificazione delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni affioranti nel sito oggetto di studio è stata predisposta una indagine geofisica tramite tecnica MASW.

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

### **Moto del segnale sismico**

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- P-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- S-Trasversale: onda profonda di taglio;
- L-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- R-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

### **Onde di Rayleigh – “R”**

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

### **Analisi del segnale con tecnica MASW**

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio  $f-k$  è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

## **Modellizzazione**

E'possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times v$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidezza.

## **Modi di vibrazione**

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

## **Profondità di indagine**

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

## **Caratteristiche delle apparecchiature**

Per l'esecuzione dell'indagine di sismica a rifrazione, è stato impiegato il seguente sistema di acquisizione:

- Sismografo multicanale Doremi-Sara a 16 bit, rete differenziale RS232 half-duplex multipoint;
- Cavo modulare con 12 canali, 12 geofoni verticali da 4,5Hz, geofono start geospace da 10 Hz;
- Energizzatore costituito da massa battente di 6 Kg e da piastra in polimero;
- Prolunghe e materiale d'uso;
- Misure eseguite da un Geologo "Prospettore Geofisico", coadiuvato da un "Aiuto Prospettore";
- Durante i rilievi si è provveduto a controllare costantemente la qualità dei dati.

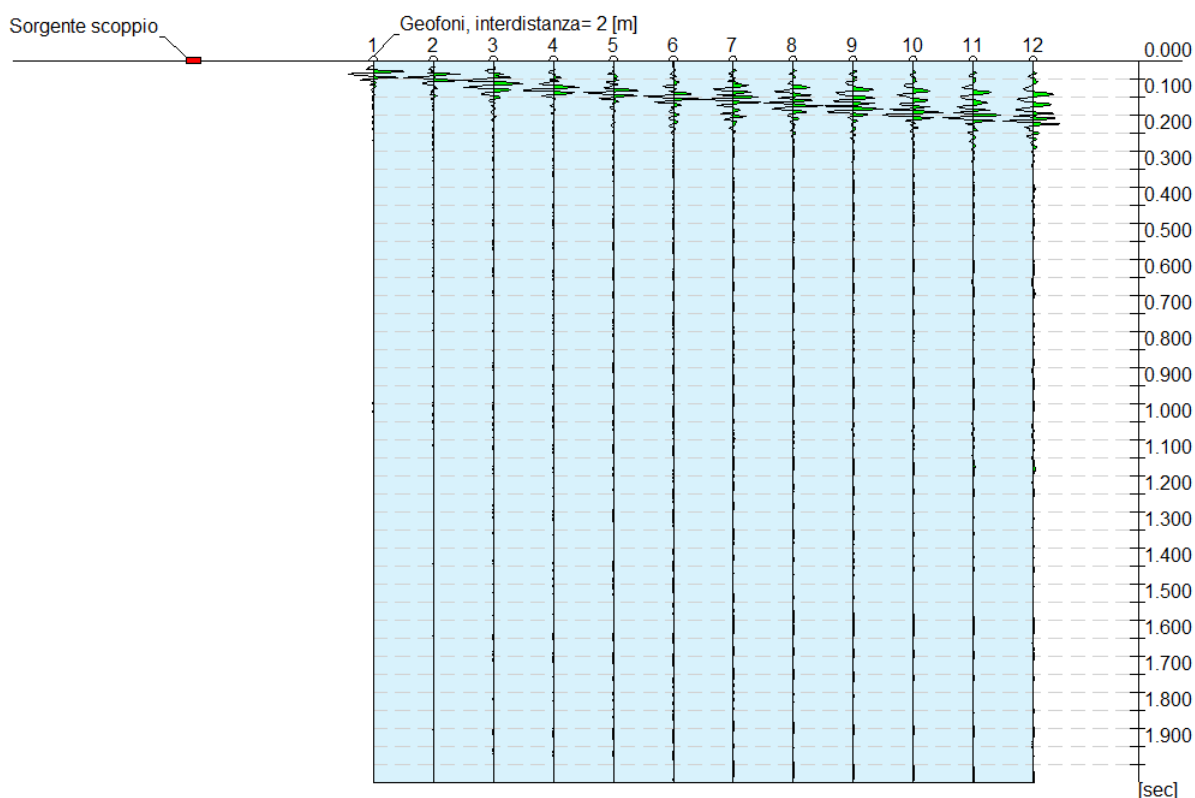
L'interpretazione dei dati è stata effettuata analiticamente e con calcolo automatico mediante software Easy MASW distribuito della Geostru Software, attraverso una procedura così descritta:

- ✓ Importazione delle tracce;
- ✓ Analisi spettrale;
- ✓ Inversione e sviluppo del profilo sismo-stratigrafico;
- ✓ Calcolo **V<sub>seq</sub>** e categoria del sottosuolo.

## PROVA MASW N° 1

### Tracce

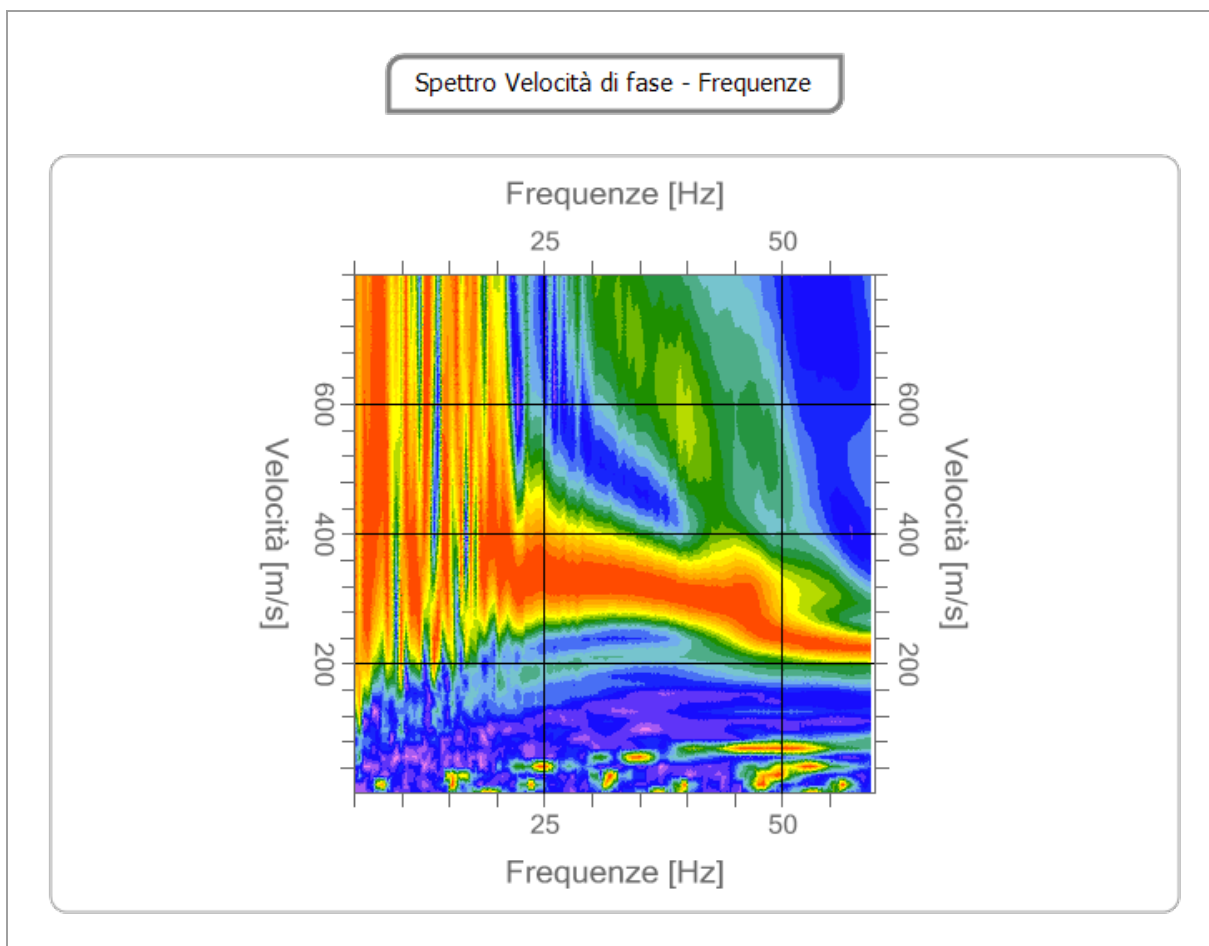
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	2.00



### Analisi spettrale

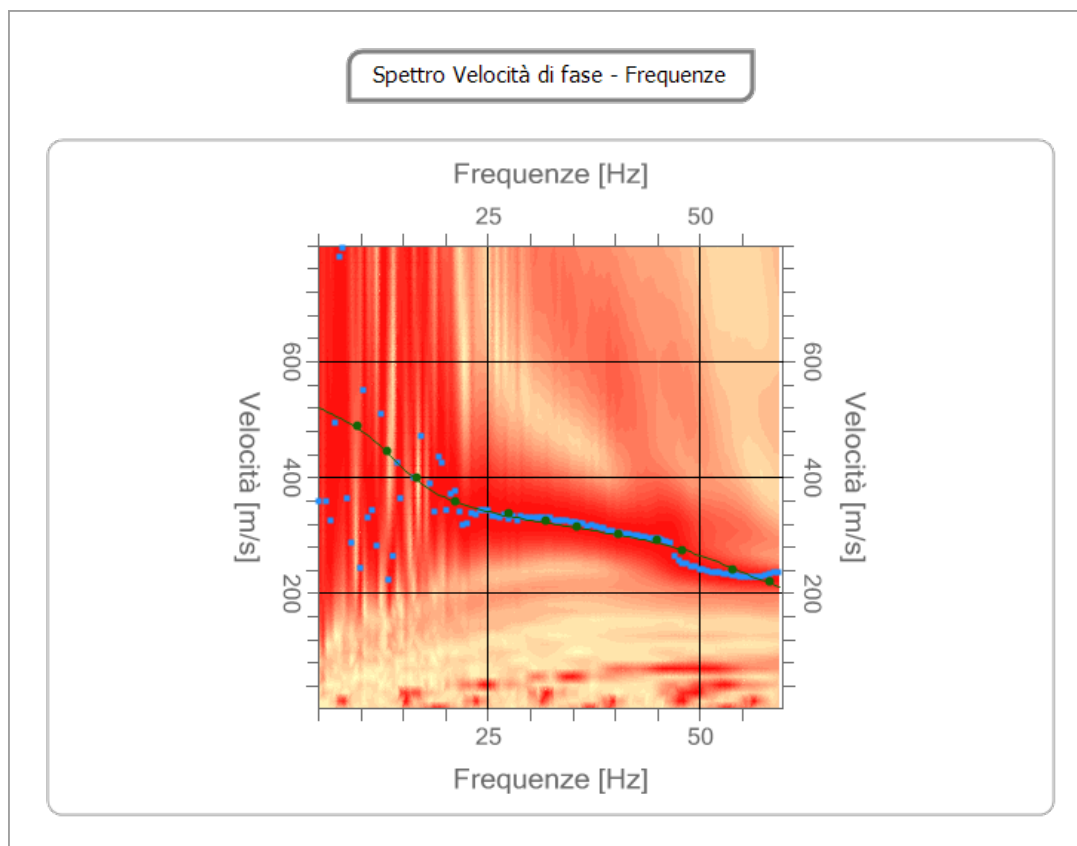
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	5
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1





### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	9.7	488.5	0
2	13.2	445.2	0
3	16.5	399.1	0
4	21.2	358.5	0
5	27.5	336.9	0
6	31.8	326.0	0
7	35.5	315.2	0
8	40.3	301.6	0
9	45.0	290.8	0
10	48.0	274.6	0
11	53.9	242.1	0
12	58.2	220.4	0



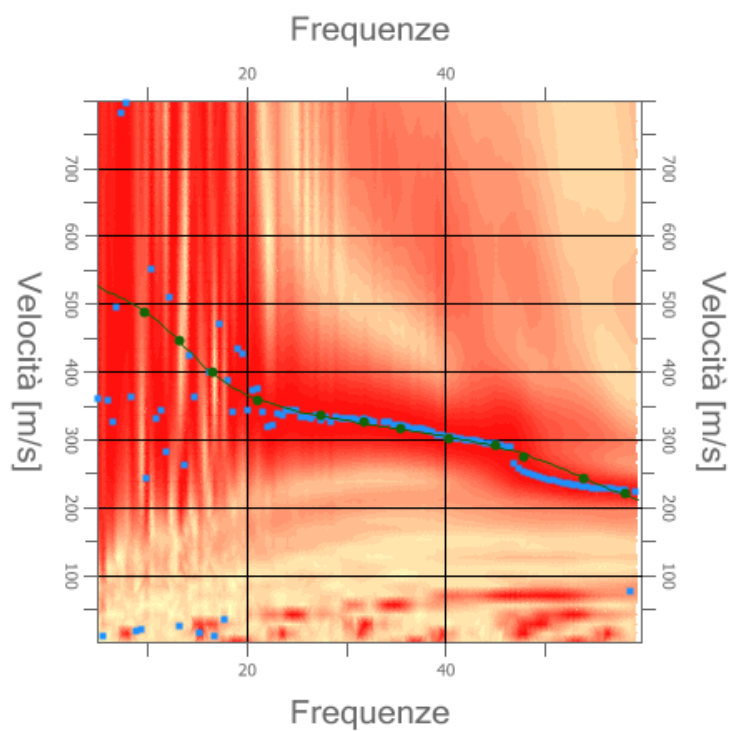
### Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.23	1.23	313.7	167.7
2	2.33	1.09	719.9	384.8
3	10.77	8.44	768.5	410.8
4	32.00	21.23	1135.1	606.8

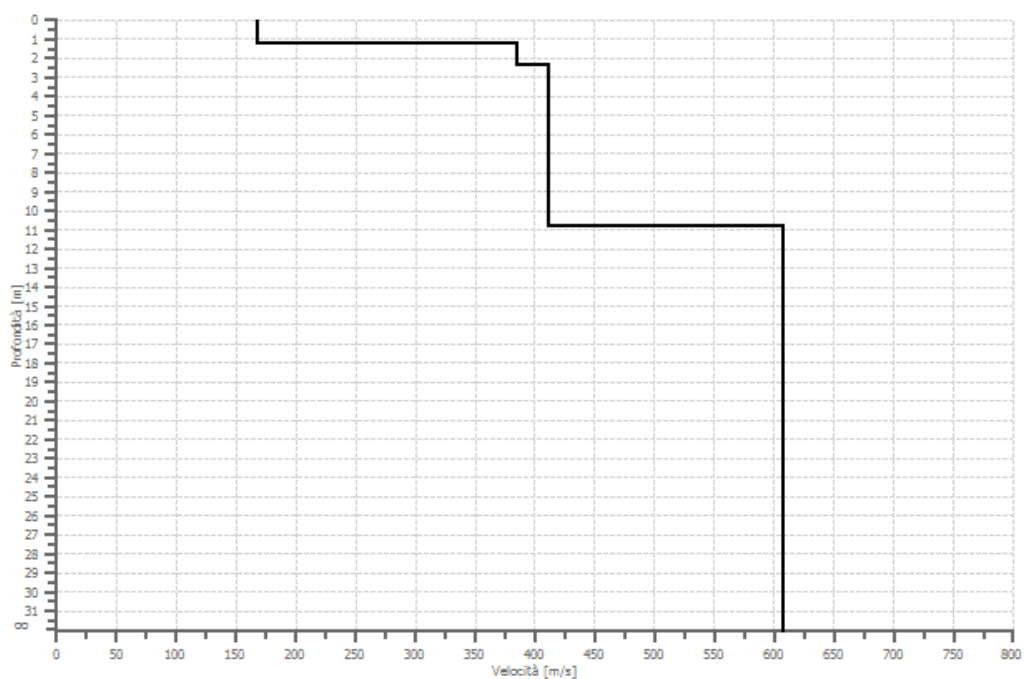
Percentuale di errore 0.003 %

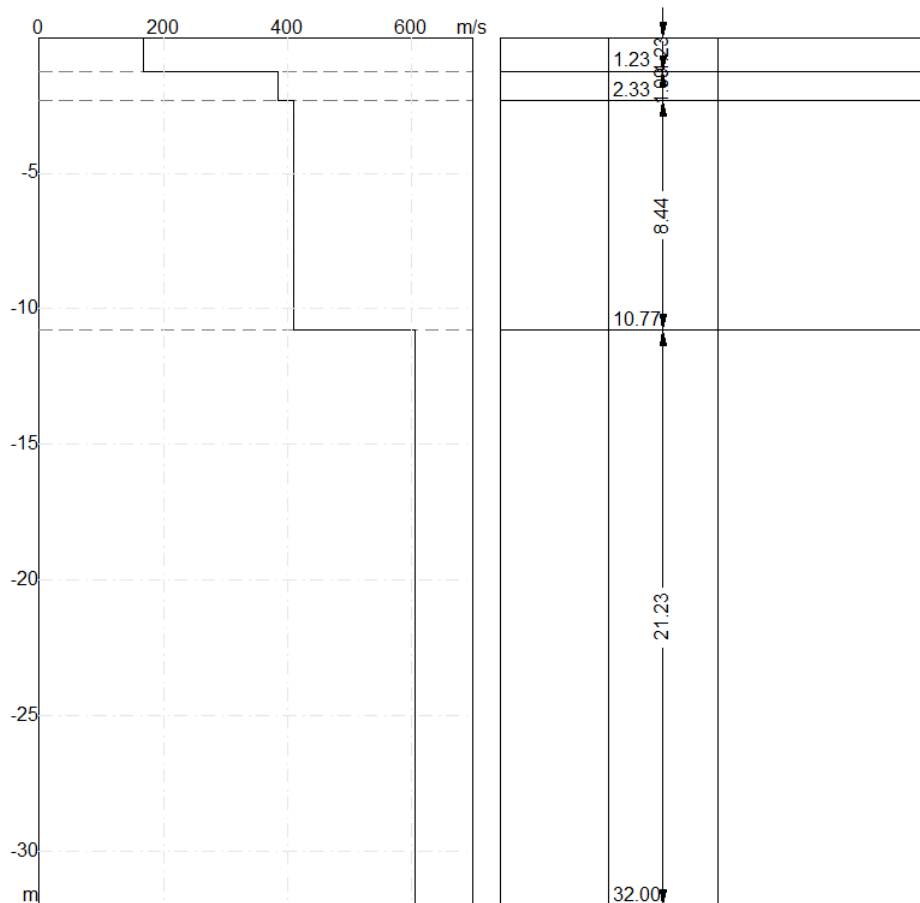
Fattore di disadattamento della soluzione 0.006

Inversione



Profilo di velocità





## Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.80
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	508.56
Categoria del suolo	B

**Suolo di tipo 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.

## ***Indagine Sismica a RIFRAZIONE***

---

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza  $\theta_i$  mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione  $\theta_r$ . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove  $v_1$  e  $v_2$  sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per  $v_1 > v_2$  si ha che  $\theta_i > \theta_r$  e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per  $v_1 < v_2$  si ha che  $\theta_i < \theta_r$  ed esiste un angolo limite di incidenza per cui  $\theta_r = 90^\circ$  ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo  $T$  dato dalla relazione

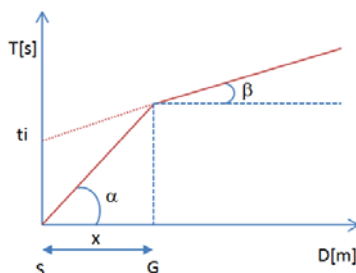
$$T = x_i / V_1$$

dove  $x_i$  è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità  $V_1$  del primo mezzo come

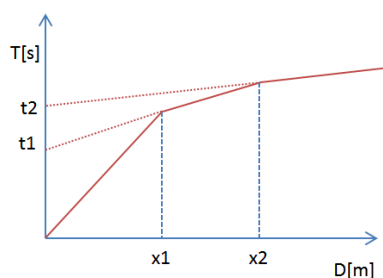
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo  $t_i$  che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

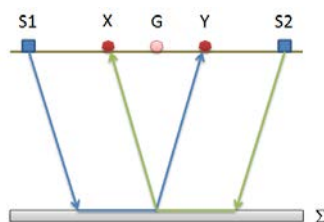


Infine, dalla conoscenza dei tempi  $t_i$  è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left( t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

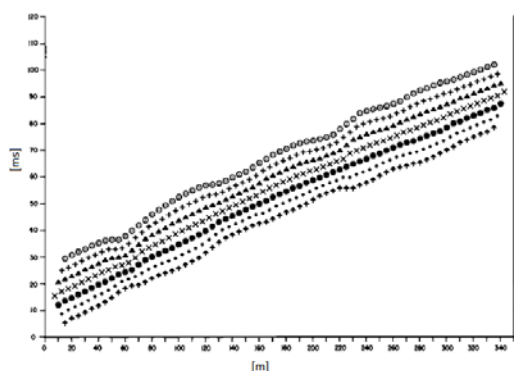
In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantomining per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori. Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



dove  $T_{S_1Y}$  e  $T_{S_2X}$  sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre  $T_{S_1S_2}$  è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento.  $T_v$  è il tempo

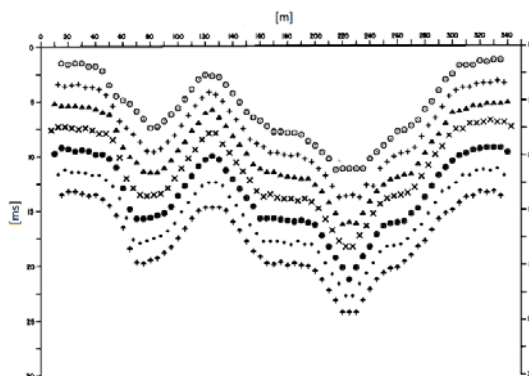
calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione  $T_V$  viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left( T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove  $V_n$  è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°.



## Dati generali

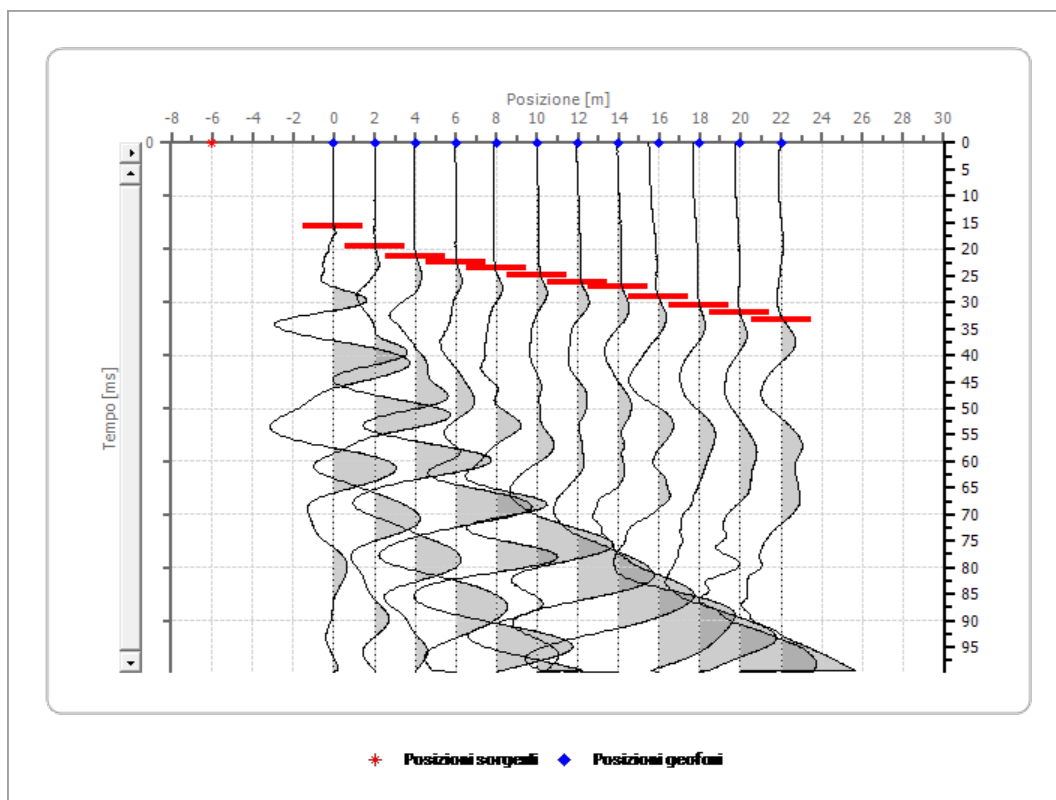
Data 05/07/2018

## Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	2.0	0.0
3	4.0	0.0
4	6.0	0.0
5	8.0	0.0
6	10.0	0.0
7	12.0	0.0
8	14.0	0.0
9	16.0	0.0
10	18.0	0.0
11	20.0	0.0
12	22.0	0.0

## Dati battute

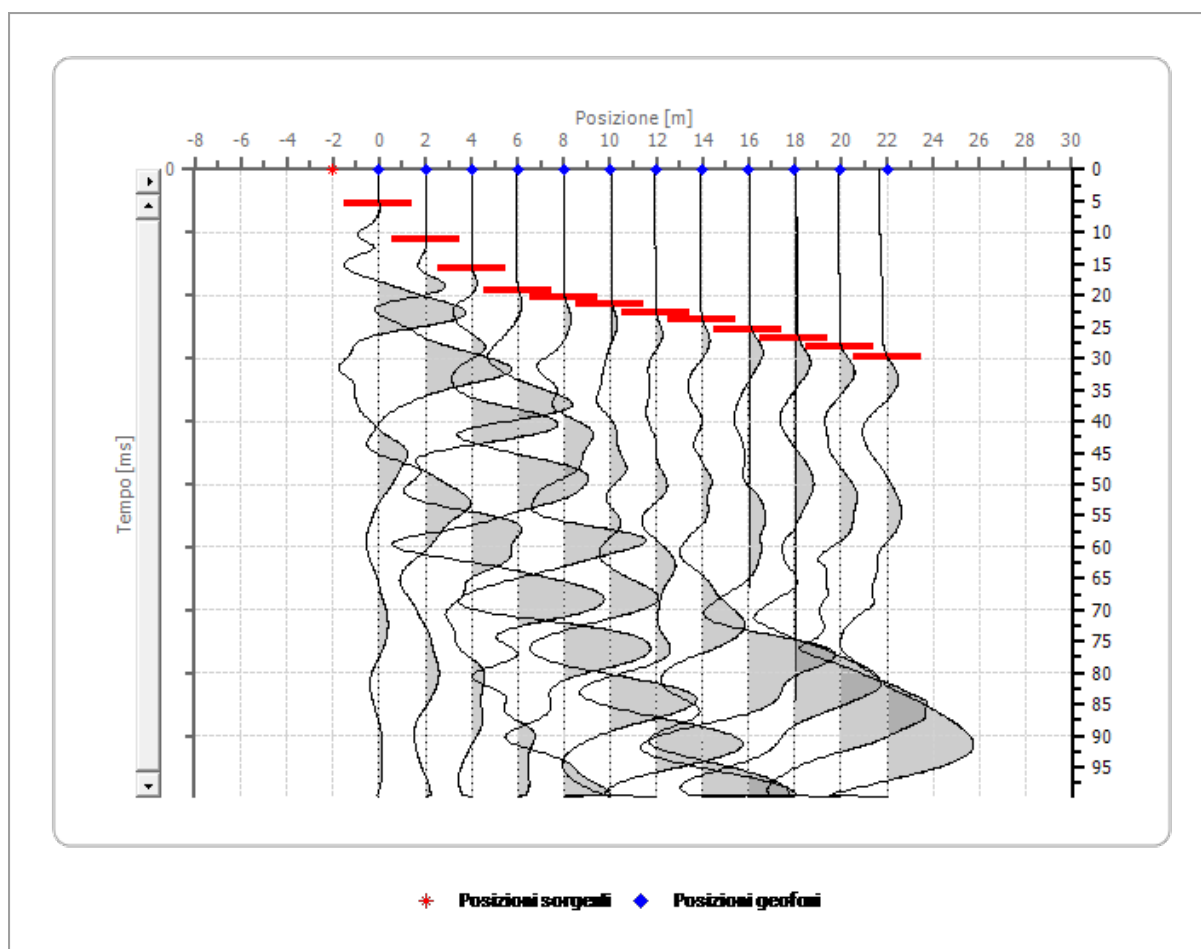
**Battuta 1**, Posizione sorgente -6[m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	15.7182
2.0	19.5122

4.0	21.4092
6.0	22.4932
8.0	23.5772
10.0	24.9322
12.0	26.2873
14.0	27.1003
16.0	28.9973
18.0	30.6233
20.0	31.9783
22.0	33.3333

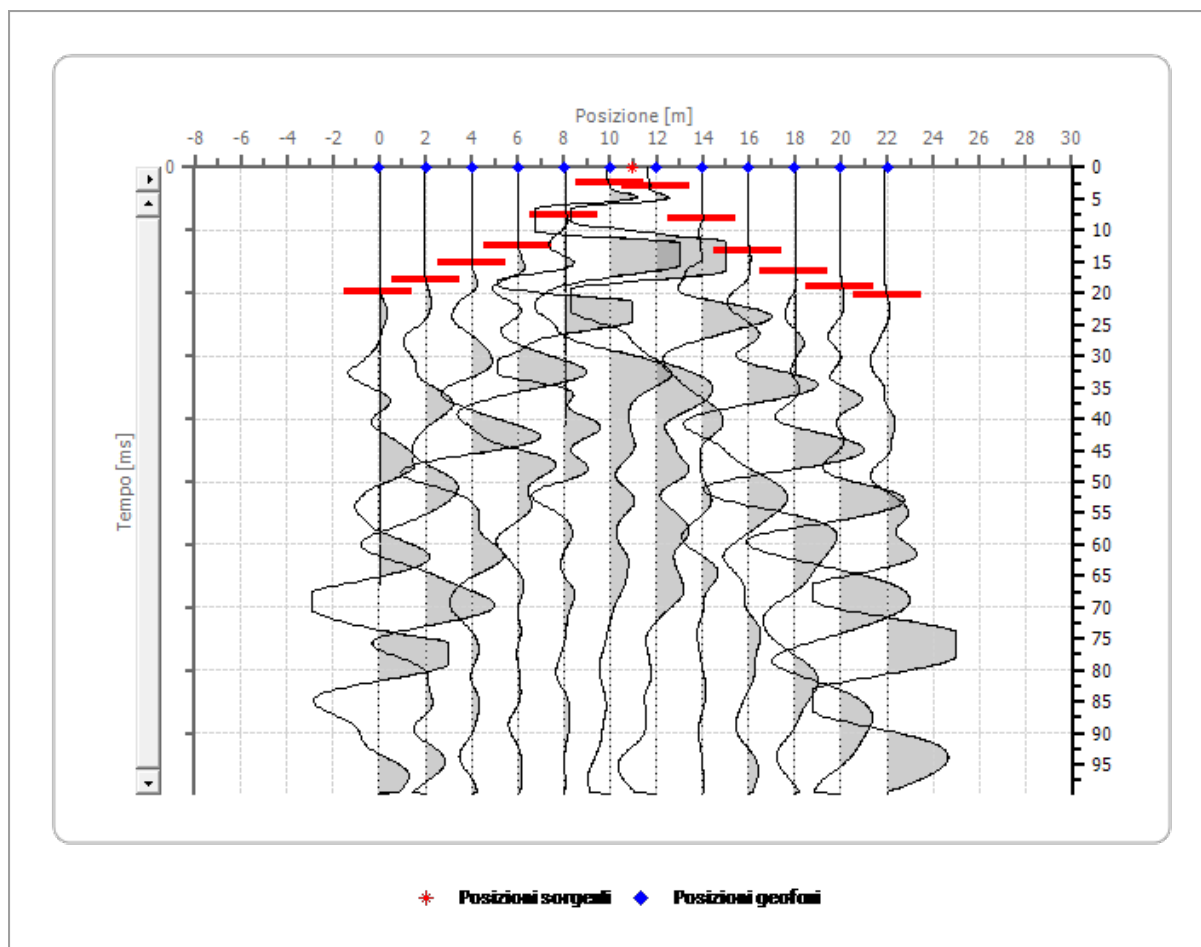
**Battuta 2, Posizione sorgente -2[m]**



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	5.4201
2.0	11.1111
4.0	15.7182
6.0	19.2412
8.0	20.3252
10.0	21.4092
12.0	22.7642
14.0	23.8482
16.0	25.4743
18.0	26.8293

20.0	28.1843
22.0	29.8103

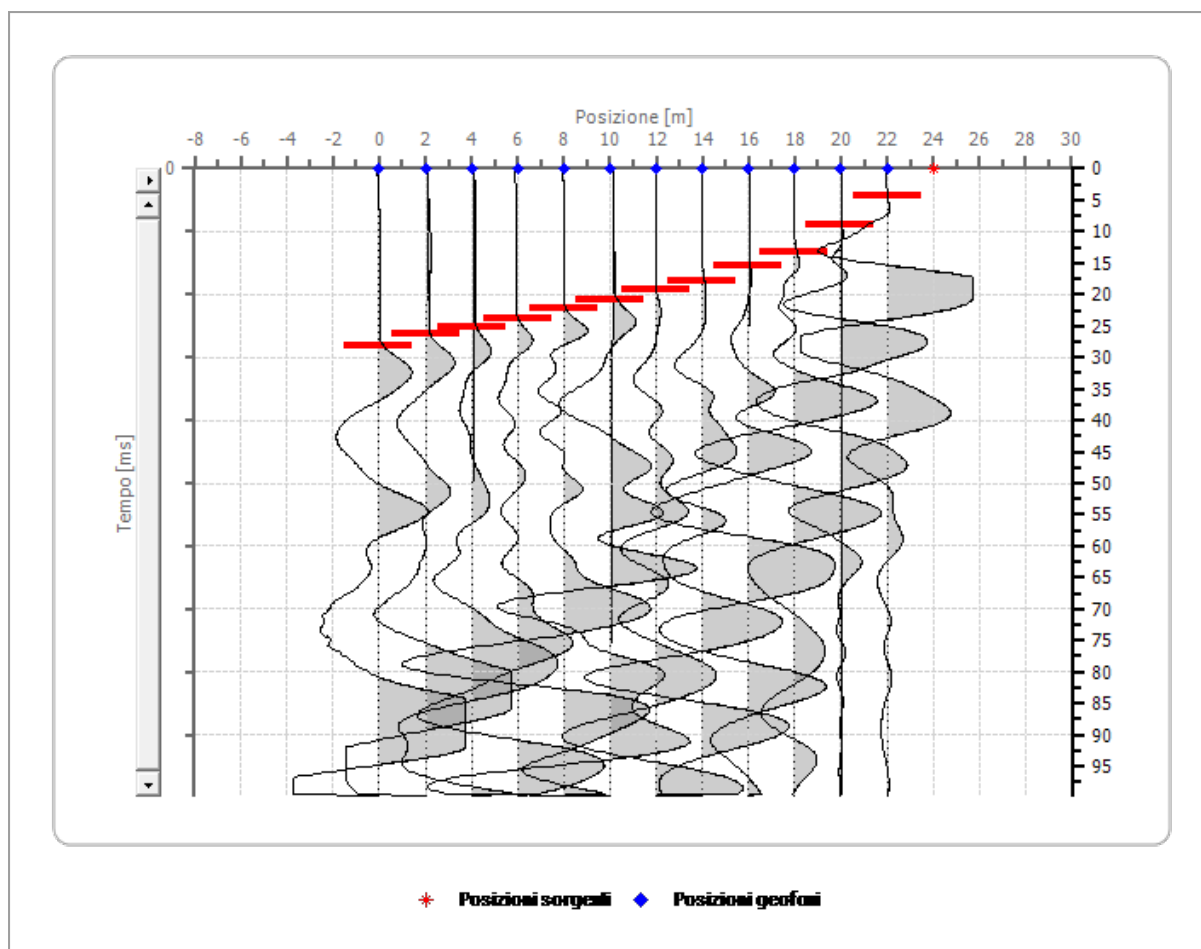
**Battuta 3, Posizione sorgente 11[m]**



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	19.7832
2.0	17.8862
4.0	15.1762
6.0	12.4661
8.0	7.5881
10.0	2.4390
12.0	2.9810
14.0	8.1301
16.0	13.2791
18.0	16.5312
20.0	18.9702
22.0	20.3252

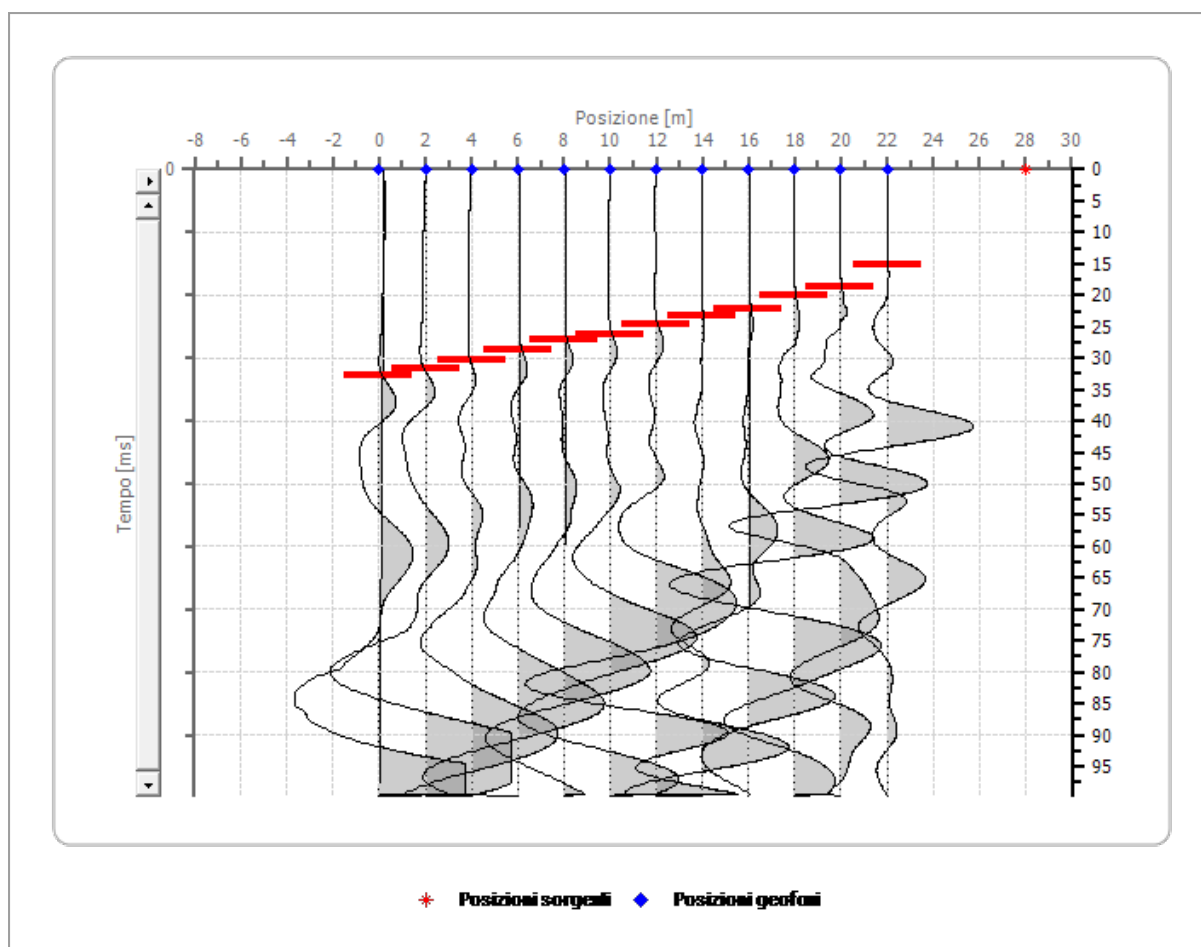
**Battuta 4, Posizione sorgente**

24[m]



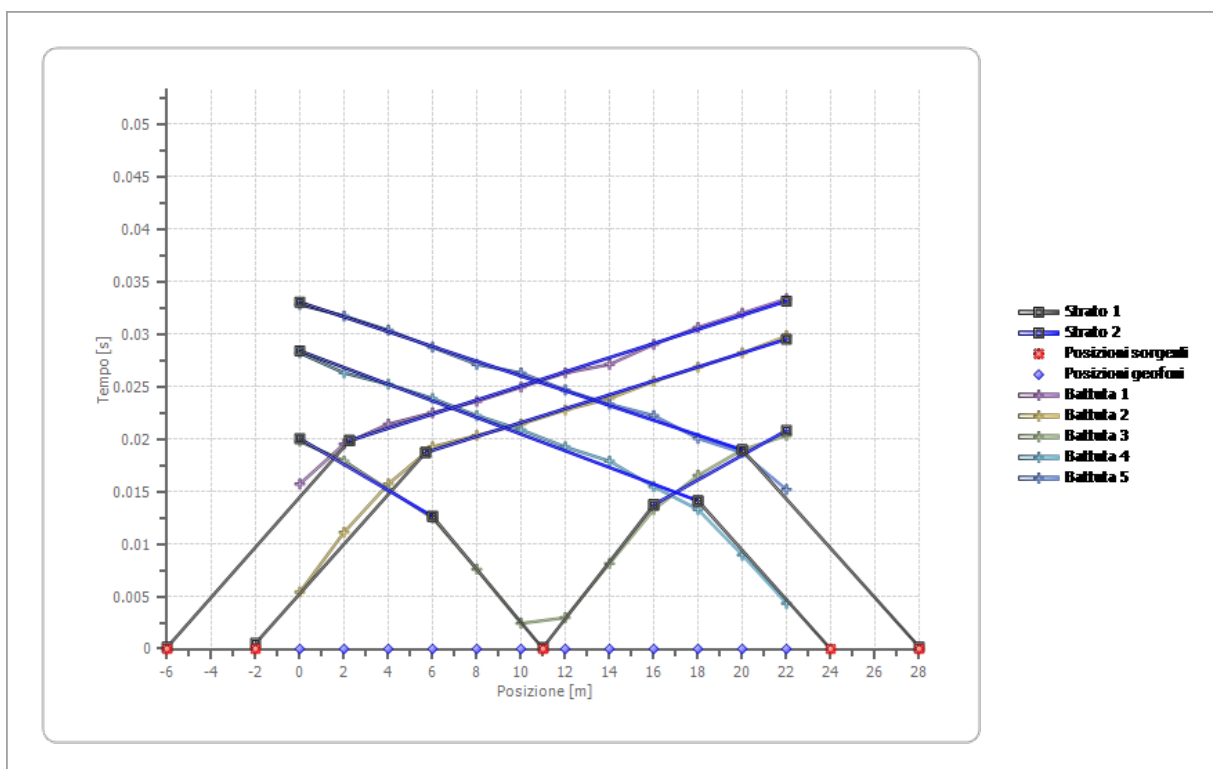
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	28.1843
2.0	26.2873
4.0	25.2033
6.0	23.8482
8.0	22.2222
10.0	20.8672
12.0	19.2412
14.0	17.8862
16.0	15.4472
18.0	13.2791
20.0	8.9431
22.0	4.3360

**Battuta 5, Posizione sorgente 28[m]**

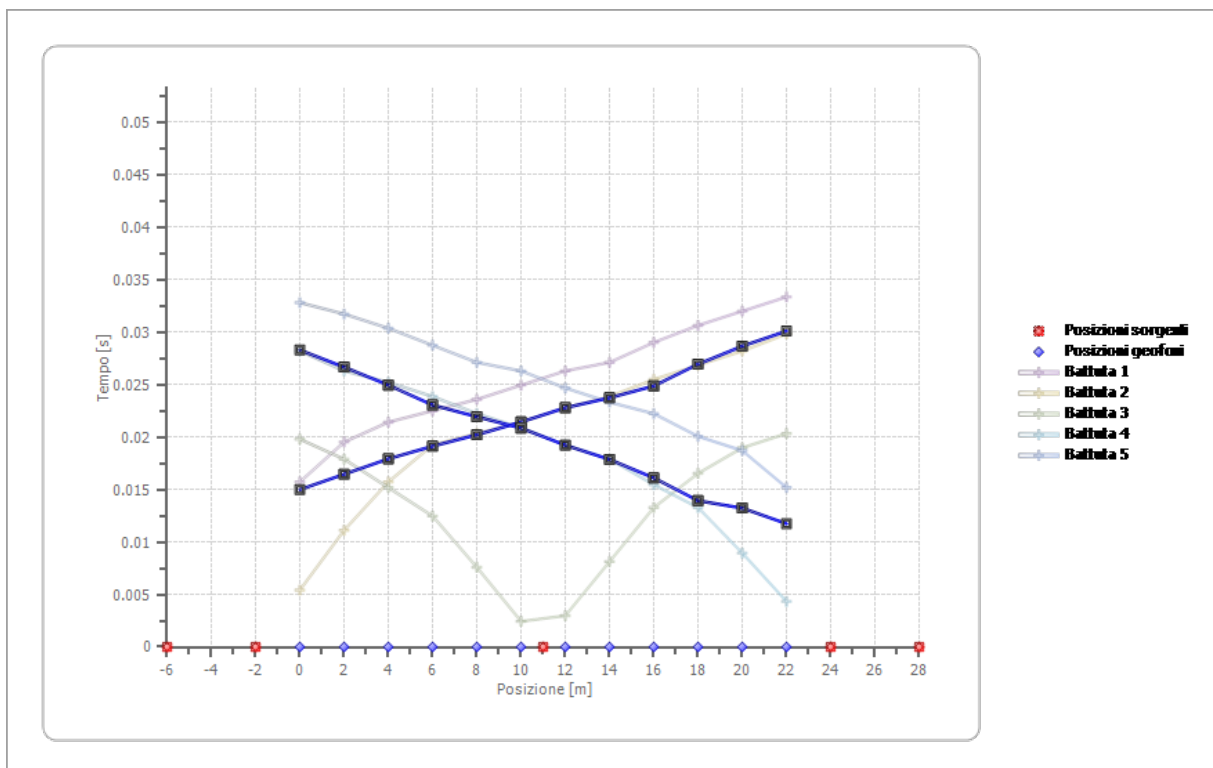


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	32.7913
2.0	31.7073
4.0	30.3523
6.0	28.7263
8.0	27.1003
10.0	26.2873
12.0	24.6612
14.0	23.3062
16.0	22.2222
18.0	20.0542
20.0	18.6992
22.0	15.1762

## Dromocrone



## Dromocrone traslate



### Interpretazione col metodo G,,R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 0.0 [m]	2.8	--
G= 2.0 [m]	2.7	--
G= 4.0 [m]	2.7	--
G= 6.0 [m]	2.5	--
G= 8.0 [m]	2.5	--
G= 10.0 [m]	2.5	--
G= 12.0 [m]	2.5	--
G= 14.0 [m]	2.4	--
G= 16.0 [m]	2.3	--
G= 18.0 [m]	2.2	--
G= 20.0 [m]	2.5	--
G= 22.0 [m]	2.5	--
Velocità [m/sec]	406.7	1415.8

### Altri parametri geotecnici

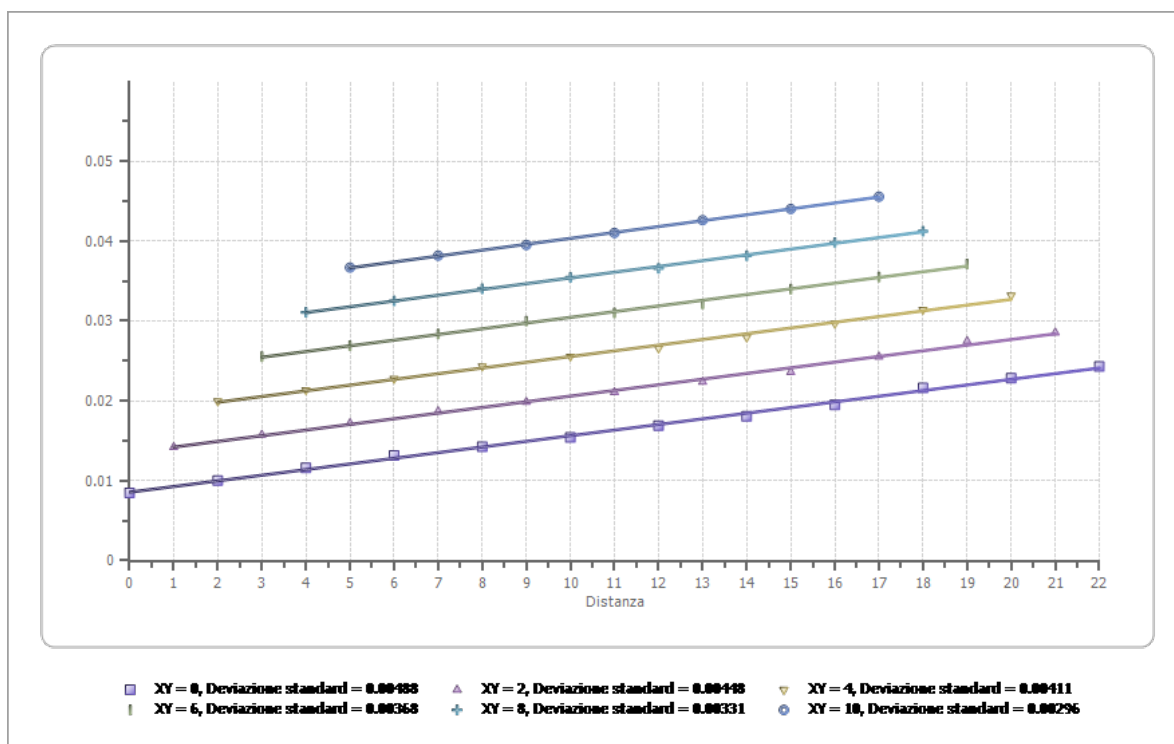
	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Vp [m/s]	406.73	1415.84
Vs [m/s]	195.38	680.15
G0 [MPa]	68.72	832.68
Ed [Mpa]	297.77	3608.29
M0 [MPa]	229.05	2775.61
Ey [Mpa]	185.53	2248.24

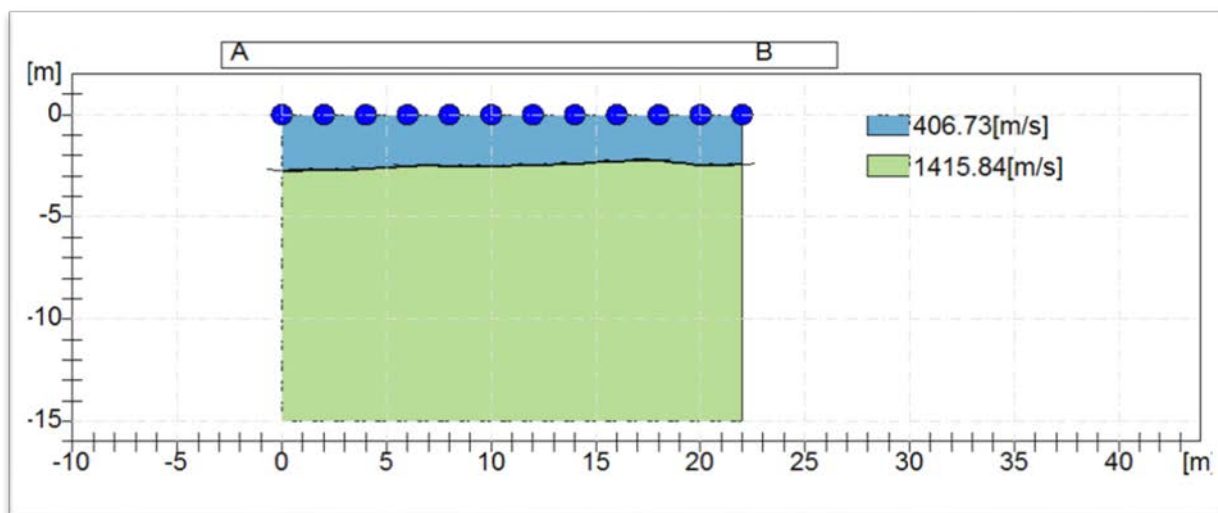
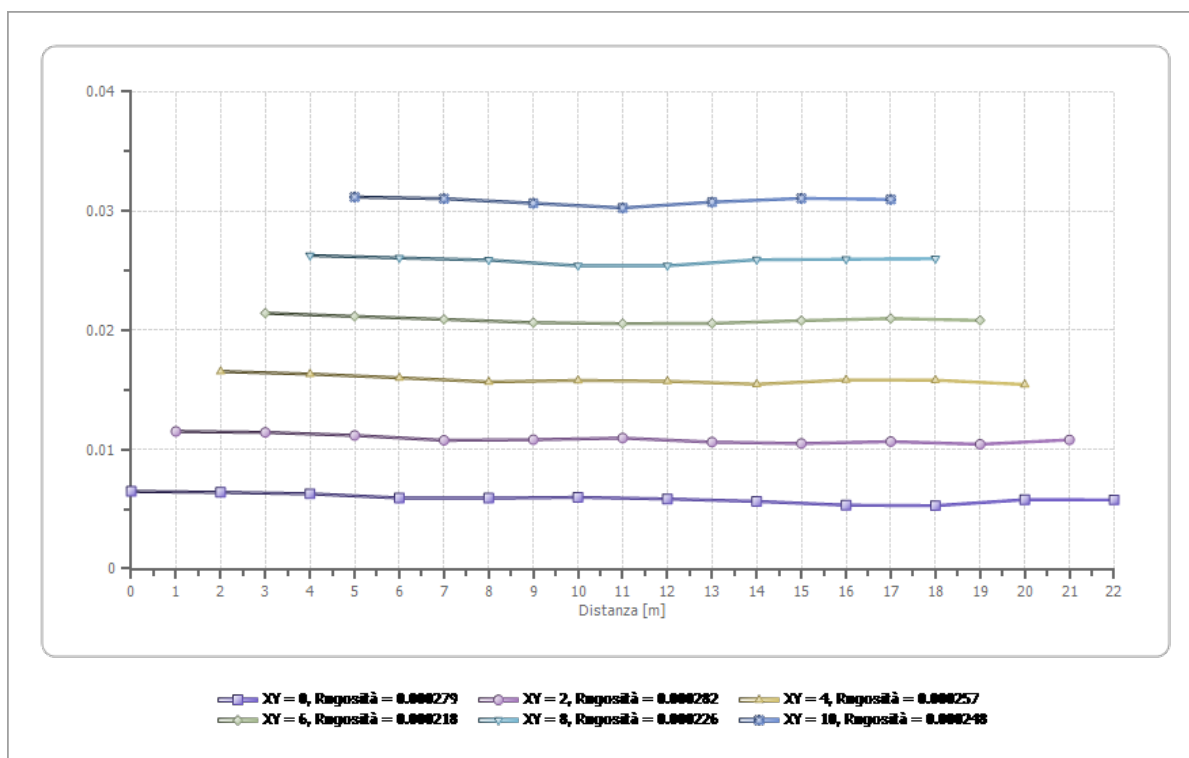
G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young.





## CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per caratterizzare il terreno di fondazione, sono state eseguite delle indagini in sito, consistite nell'esecuzione di n°2 prove penetrometriche DPM 30, n° 1 prospezione sismica MASW e n° 1 stendimento sismico di tipo RIFRAZIONE. In base a tali prove, al rilevamento effettuato ed a correlazioni empiriche, è stato possibile effettuare una stima dei parametri geotecnici del terreno.



I parametri del terreno forniti per il calcolo strutturale, ai fini della sicurezza, sono riferiti esclusivamente alla porzione del terreno su cui verrà impostata la fondazione; inoltre, considerato il fatto che la maggior parte dei terreni di copertura presenti lungo la *Valle del Crati* presentano sempre una componente limosa, la prova penetrometrica è stata elaborata anche con la *componente coesiva* di cui è giusto tener conto.

Parametri da considerare ai fini del calcolo:

- $\gamma_n$  = peso di volume naturale **1600 kg/m<sup>3</sup>**
- $\varphi$  = angolo d'attrito **26 °**
- $c$  = coesione **0,05 – 0,10 Kg/cm<sup>2</sup>**

## **VERIFICA DI STABILITA' DEL PENDIO**

---

Ricordando quanto detto nel paragrafo ***caratteristiche geologiche e geomorfologiche*** al quale si rimanda esplicitamente, è possibile certificare l'assenza di potenzialità di dissesto alcuno in relazione della morfologia pianeggiante e favorevole alla stabilità, sia del sito in studio che delle aree immediatamente limitrofe.

Non si è ritenuto necessario eseguire specifiche verifiche di stabilità dei pendii in quanto queste avrebbero fatto registrare valori del coefficiente di sicurezza decisamente superiori ai minimi previsti dalla normativa vigente.

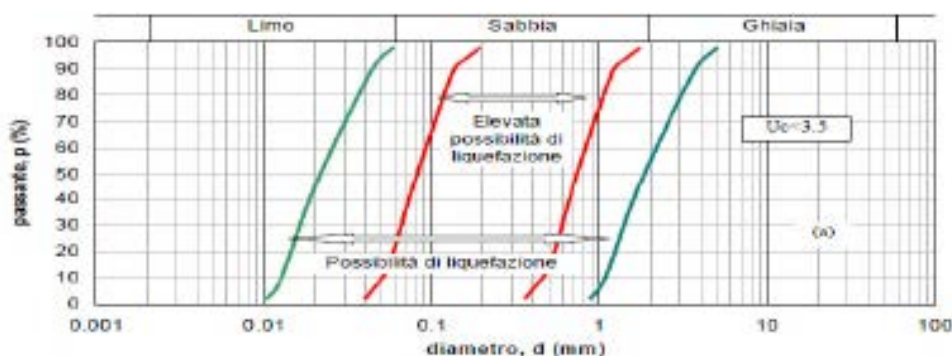
## **POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE**

---

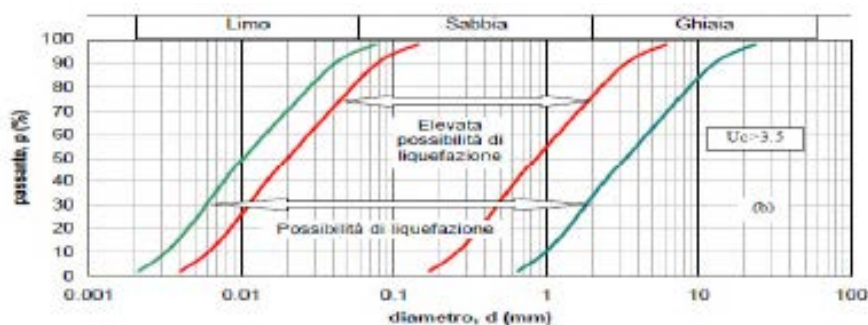
Le "Norme tecniche per le costruzioni" del 2018 (D.M. 17.01.2018), al § 7.11.3.4, "stabilità nei confronti della liquefazione", forniscono la seguente definizione nei riguardi di tale possibile manifestazione: "fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate".

Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero. In questo contesto, il problema principale che si pone in fase di progettazione è la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie, ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine lino-argillosa. In riferimento al § 7.11.3.4.2, "Esclusione della verifica a liquefazione", della sopracitata normativa, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura successiva a nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura b nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .



a. Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  (da AGI, 2005).



b. Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$  (da AGI, 2005).

Nel caso dell'area in esame non si ritiene possano sussistere le condizioni per il verificarsi del fenomeno di liquefazione per la natura conglomeratica dei terreni di fondazione.

## CONCLUSIONI

---

Il presente studio è parte integrante degli atti progettuali (D.M. 11-03-88 e del D.M. 17.01.2018), con il fine di analizzare le peculiarità *geolitologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismologiche* del terreno per il progetto: “**Ampliamento scuola dell'infanzia sita in Via A. Manzoni – Frazione Taverna, Montalto Uffugo (CS)**”.

Dai risultati ottenuti e dalle indagini svolte, in considerazione delle finalità di progetto, si possono effettuare le seguenti considerazioni conclusive:

- L'area di studio presenta una morfologia di tipo pianeggiante e non è stata riscontrata la presenza di fenomenologie franose significative. La cartografia P.A.I. non annovera tale zona fra quelle a rischio idrogeologico-geomorfologico;
- Dal punto di vista litostratigrafico si rileva la presenza di depositi conglomeratici-sabbiosi ( $q^{cl-s}$ ), (specifiche caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione a pag. 44);
- Dal punto di vista idrogeologico i depositi alluvionali presentano un buon grado di permeabilità, il torrente più prossimo al sito in esame è rappresentato dal **Fosso del Granco**, a circa 200 m in direzione sud. Il **Torrente Annea** scorre, invece, a 500 m di distanza in direzione nord.
- Dal punto di vista sismico, con l'indagine MASW si è ottenuto il valore del  $V_{Seq}$  ( $H=30,00m$ ) di **508,56 m/s** con relativa classificazione **B** (D.M. 17.01.2018) del terreno di fondazione su cui sorgerà il fabbricato, con imposta delle fondazioni a partire da **0,8 m** di profondità.

Alla luce del modello geologico desunto il sito esaminato è idoneo ad accogliere le opere previste in progetto.

Gli interventi in progetto sono tali da non aggravare le condizioni di sicurezza del territorio.

In definitiva:

- L'area circostante è antropizzata, le costruzioni presenti non mostrano segni di lesioni o crepe imputabili a problemi di natura geologica.
- Considerare le caratteristiche litologiche e geotecniche del sito, riportate nella presente relazione e prevedere, quindi, adeguate soluzioni progettuali al fine di evitare indesiderati fenomeni di cedimento assoluto e/o differenziale; sarà cura del progettista definire la soluzione ottimale;
- Si consiglia di effettuare uno sbancamento fino ad almeno 1,10 m di profondità dal piano campagna, con successiva messa in posto di uno strato di ciottolame di almeno 30 cm su cui poggiare le fondazioni;

- Per la salvaguardia e l'incolumità degli operatori e per la buona riuscita delle opere, durante eventuali fasi di scavo, si dovrà operare in funzione di non creare tagli verticali o sbancamenti non protetti, o comunque con angolo di taglio del fronte di scavo non superiore all'angolo di attrito fornito nei parametri geotecnici della presente relazione;
- Si dovrà prevedere di rendere efficace il controllo, la regimazione ed il disciplinamento delle acque di ruscellamento superficiale e d'infiltrazione, mediante specifiche opere di presidio idraulico (vespai, canalizzazioni ecc) da estendere adeguatamente attorno all'area d'interesse, con il loro recapito fino agli elementi naturali e/o artificiali più vicini e sicuri, evitando che le stesse invadano il terreno di sedime;
- Qualora, in fase di realizzazione dell'opera in progetto dovessero emergere problematiche a carattere geologico strettamente localizzate e non evidenziate sinora, si raccomanda di adottare tutte le precauzioni e gli accorgimenti tecnici richiesti dal caso, predisponendo eventuali ulteriori indagini integrative in situ ed in laboratorio, onde apportare le giuste correzioni alle scelte progettuali, per cui si ritiene necessaria la periodica presenza del geologo sul cantiere.

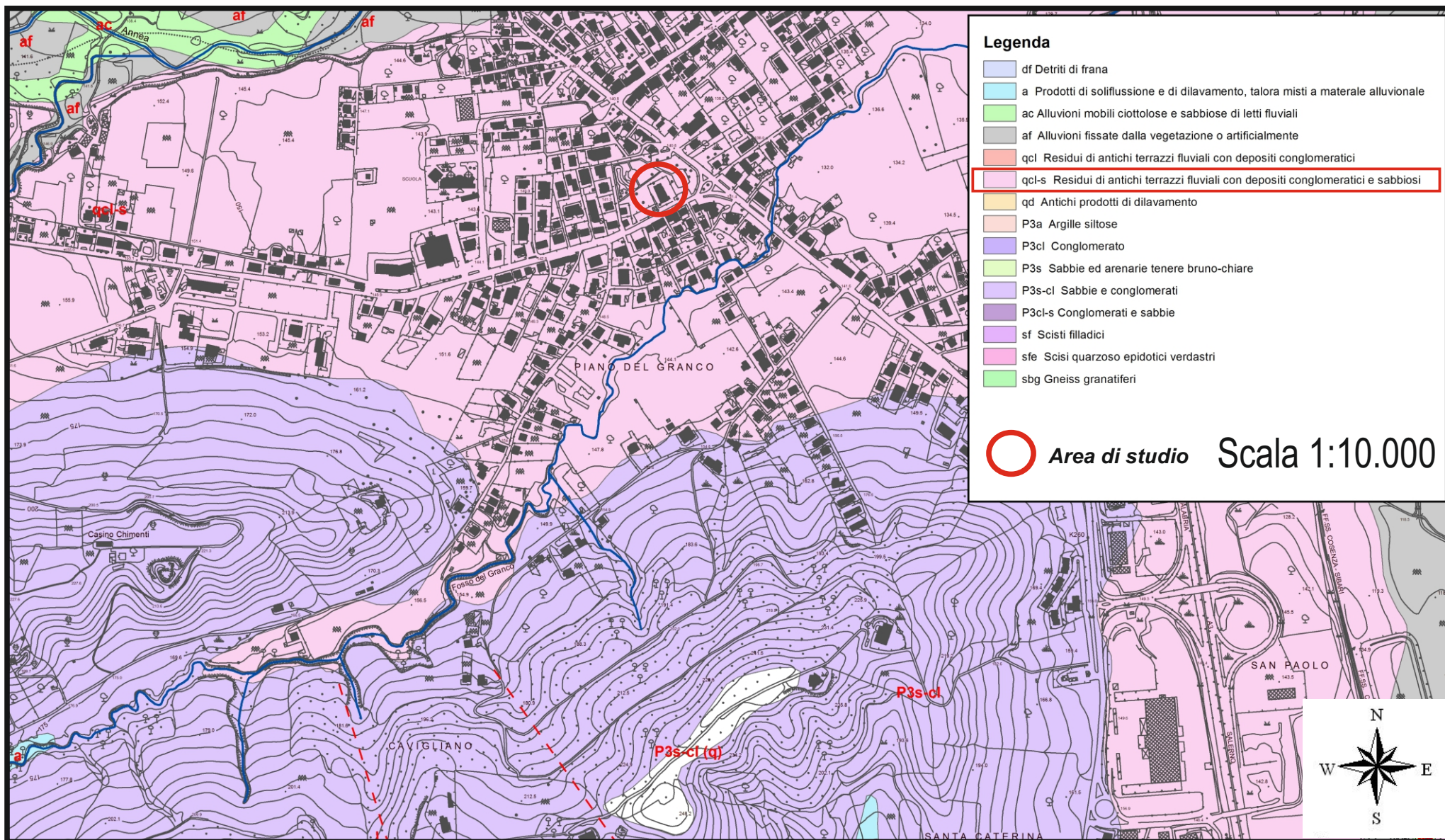
SANTA MARIA DEL CEDRO, LUGLIO 2018

Il geologo  
Dott. Vincenzo LUCIA

## **ELABORATI CARTOGRAFICI**



# STRALCIO CARTA GEOLOGICA DELLA CALABRIA (Foglio 229 II NO - Luzzi)







# REGIONE CALABRIA

Assessorato Urbanistica e Governo del Territorio

CENTRO CARTOGRAFICO REGIONALE

STRALCIO CARTA TECNICA REGIONALE

Scala 1:5000

Elemento n°551151

## INSIDIA



Area di studio





REGIONE CALABRIA

Autorità di Bacino Regionale - Assessorato Lavori Pubblici ed Acque

PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO  
IDROGEOLOGICO(D.L. 180/98)

# STRALCIO CARTOGRAFIA P.A.I. COMUNE DI MONTALTO UFF. - CS SCALA 1:5.000



## LEGENDA

Buffer zone



Aree a rischio frana



R1



R2



R3



R4

Aree in frana



n.c.



P1



P2



P3



P4

 *Area di studio*

Punti di attenzione



Zone di attenzione

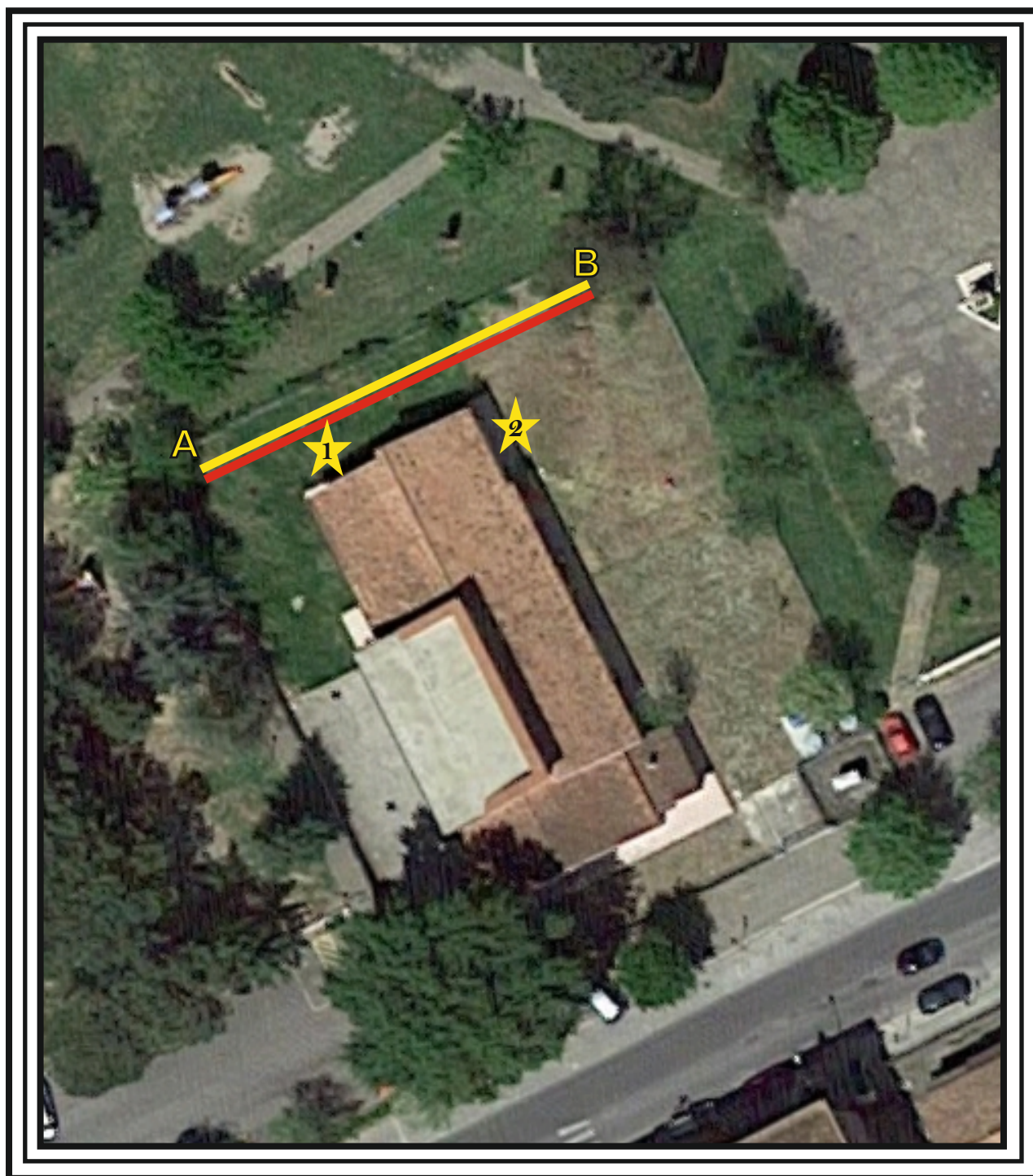


Aree di attenzione





# *Ubicazione delle Indagini*



## Legenda

- Prospezione sismica MASW
- Prospezione sismica a Rifrazione
- ★ Prova penetrometrica DPM30



# Documentazione Fotografica Indagini

