

**PROVINCIA DI COSENZA**  
SETTORE EDILIZIA E IMPIANTISTICA SPORTIVA

**PIANO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE**

**ADEGUAMENTO SISMICO**  
**LICEO SCIENTIFICO LINGUISTICO "PITAGORA" - RENDE**  
**PLESSO A - PLESSO B**



**DOTT.SSA GEOL. ROBERTA ROMANO**

Via Pianette 53 - 87040 Rose (CS)  
CF RMNRRT79T48D086S P. IVA 0389012789  
Tel. 349/2648520  
robertaromano.79@tiscali.it  
robertaromano79@pec.it

**ENTE APPALTANTE: Provincia di Cosenza (CS) -**  
**Settore Edilizia e Impiantistica Sportiva**

**LOCALITA': Roges di Rende (CS)**

**GEOLOGO: Dott.ssa Geol. Roberta Romano**



**Responsabile Unico Procedimento (RUP): Ing. Giulia Morrone**

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>PIANO DELLE INDAGINI.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO GENERALE DEL SITO .....</b>	<b>4</b>
3.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	4
3.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	5
3.3	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO .....	8
3.4	INQUADRAMENTO IN AMBITO PAI (ART.1 BIS DELLA LEGGE 356/2000 - ART.7 DELLA LEGGE 18/5 1989 N°183).....	8
<b>4</b>	<b>PIANO DELLE INDAGINI GEOTECNICHE E GEOFISICHE.....</b>	<b>9</b>
4.1	SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO .....	9
4.2	PROVE STANDARD PENETRATION TEST (SPT) .....	10
4.3	PRELIEVO CAMPIONI.....	11
4.4	ANALISI DI LABORATORIO.....	12
4.5	MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES – MASW .....	12
4.6	HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO O METODO DI NAKAMURA – HVSR .....	13
4.7	PROSPEZIONE GEOFISICA IN FORO DI TIPO DOWN-HOLE.....	13
4.8	RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL) MEDIANTE ANALISI NUMERICA MONODIMENSIONALE.....	14
4.9	CONDIZIONAMENTO FORI.....	15
4.10	TABELLA DI SINTESI DELLE INDAGINI .....	16
<b>5</b>	<b>PRESCRIZIONI SULLE INDAGINI E UBICAZIONE.....</b>	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>COMPUTO METRICO.....</b>	<b>19</b>

## 1 PREMESSA

Il presente documento descrive le attività di indagini geognostiche, geofisiche e di laboratorio relative all'intervento di "ADEGUAMENTO SISMICO LICEO SCIENTIFICO PITAGORA RENDE (CS) Plesso A e Plesso B (corpi B1 B2 B3 e C3)" - CIG: 9749531F7C CUP F22E20000010001 - COD.GARA 23SUA024.

La struttura è ubicata in Via S. Pertini, a Roges di Rende.

La campagna è finalizzata al raggiungimento di un quadro conoscitivo esaustivo del modello geologico, idrogeologico, geotecnico e sismico, determinando il comportamento dei litotipi dell'area di progetto.

Attraverso le indagini si individueranno gli orizzonti stratigrafici, le caratteristiche di resistenza e portanza del terreno e le caratteristiche fisiche, determinando la presenza di falde idriche e gli spessori dei litosomi al di sotto del piano di posa delle fondazioni. Saranno inoltre valutate le condizioni geomorfologiche ed eventuali dissesti potenziali o in atto nell'area in studio e nell'area geologicamente significativa.

***Le indagini sono state ubicate tenendo conto delle esigenze di caratterizzazione geologica complessiva dell'area, nonché delle condizioni logistiche e operative, con particolare attenzione alla sicurezza di tecnici e operatori; a tal proposito occorrerà effettuare una verifica preventiva delle eventuali interferenze con i sottoservizi. Preventivamente alle indagini è necessaria la presenza di un tecnico per l'individuazione degli stessi.***

## 2 PIANO DELLE INDAGINI

I criteri generali che governano il progetto delle indagini più appropriate (carotaggi geognostici, prove geotecniche in sito, prelievo dei campioni, prove geotecniche di laboratorio, ecc.) dipendono dalla dimensione e tipologia dell'opera, dalla natura e complessità geologica del sito e dalle possibili interferenze fra l'opera ed il suo intorno. Il piano delle indagini deve permettere di caratterizzare il volume di terreno significativo (definito secondo le Nuove Norme Tecniche come "quella parte di sottosuolo influenzata direttamente o indirettamente dalla costruzione dell'opera e che influenza l'opera stessa") nell'ambito dell'opera in progetto, sulla base del modello geologico preliminare e delle informazioni progettuali acquisite.

Un aspetto importante da segnalare è che lo studio degli aspetti geologici e geotecnici, a fronte di problematiche inizialmente non previste, possa venire modificato in corso d'opera, ciò per meglio adattarsi alle più approfondite conoscenze del sito a vantaggio dell'economicità e della sicurezza dell'opera. La condizione necessaria è la presenza del geologo preposto a dirigere e coordinare le varie fasi di indagini in sito.

Il programma delle indagini è strutturato in modo tale da definire i sondaggi, i campionamenti e le prove sia qualitativamente (tipologia, modalità e tempi di esecuzione), sia quantitativamente (profondità, posizione e numero).

La corretta pianificazione ed esecuzione degli studi geognostici, seguita da un'accurata elaborazione dei dati, permetterà di interpretare i dati e pervenire:

- all'individuazione delle unità geotecniche, ottenute eventualmente accorpando formazioni differenti e/o differenziando la medesima unità formazionale sulla base di differenti caratteristiche geotecniche;
- all'attribuzione alle unità geotecniche riconosciute delle caratteristiche fisico-meccaniche (parametri nominali, dati disaggregati, range di variabilità, valori medi e/o ponderati, ecc.);
- all'individuazione del regime delle pressioni interstiziali;
- alla definizione del modello geotecnico definitivo.

### 3 INQUADRAMENTO GENERALE DEL SITO

#### 3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La cittadina di Rende si estende dalla riva est del fiume Crati a una quota altimetrica di circa 165 m s.l.m. fino alle propaggini orientali della Catena Costiera. Il territorio si dispone su un profilo altimetrico compreso tra 129 e 1137 metri s.l.m., e presenta zone montane ad ovest che pian piano degradano verso est formando colline, su una delle quali sorge il centro storico, fino ad arrivare alla Valle del Crati dove grazie ad ampie aree pianeggianti si estende la città moderna. Il Crati è il fiume più importante che la attraversa, insieme ai suoi affluenti Campagnano, Emoli e Surdo.

Dal punto di vista cartografico, il sito di interesse rientra all'interno del Foglio 236, Quadrante I, Tavoletta N.O., sezione D "Cosenza Nord" della Carta d'Italia dell'IGM a scala 1:10000 ed è riportata in catasto del comune di Rende al foglio n°51, particelle n°350 e 754. Relativamente alla Carta Geologica della Calabria in scala 1:25000 l'area si trova nel Foglio 236, Quadrante I, Tavoletta N.O. "Cosenza".

Di seguito si riportano le coordinate del sito in formato geografico:

Coordinate Geografiche (°)	
WGS 84 Fuso 33 S	
Latitudine	39°19'45.65" N
Longitudine	16°14'26.89" E

*Tabella 1 - Coordinate geografiche orientative dell'area di studio*

Per una migliore identificazione dell'area si rimanda all'inquadramento satellitare tratto da Google Earth, riportato di seguito.

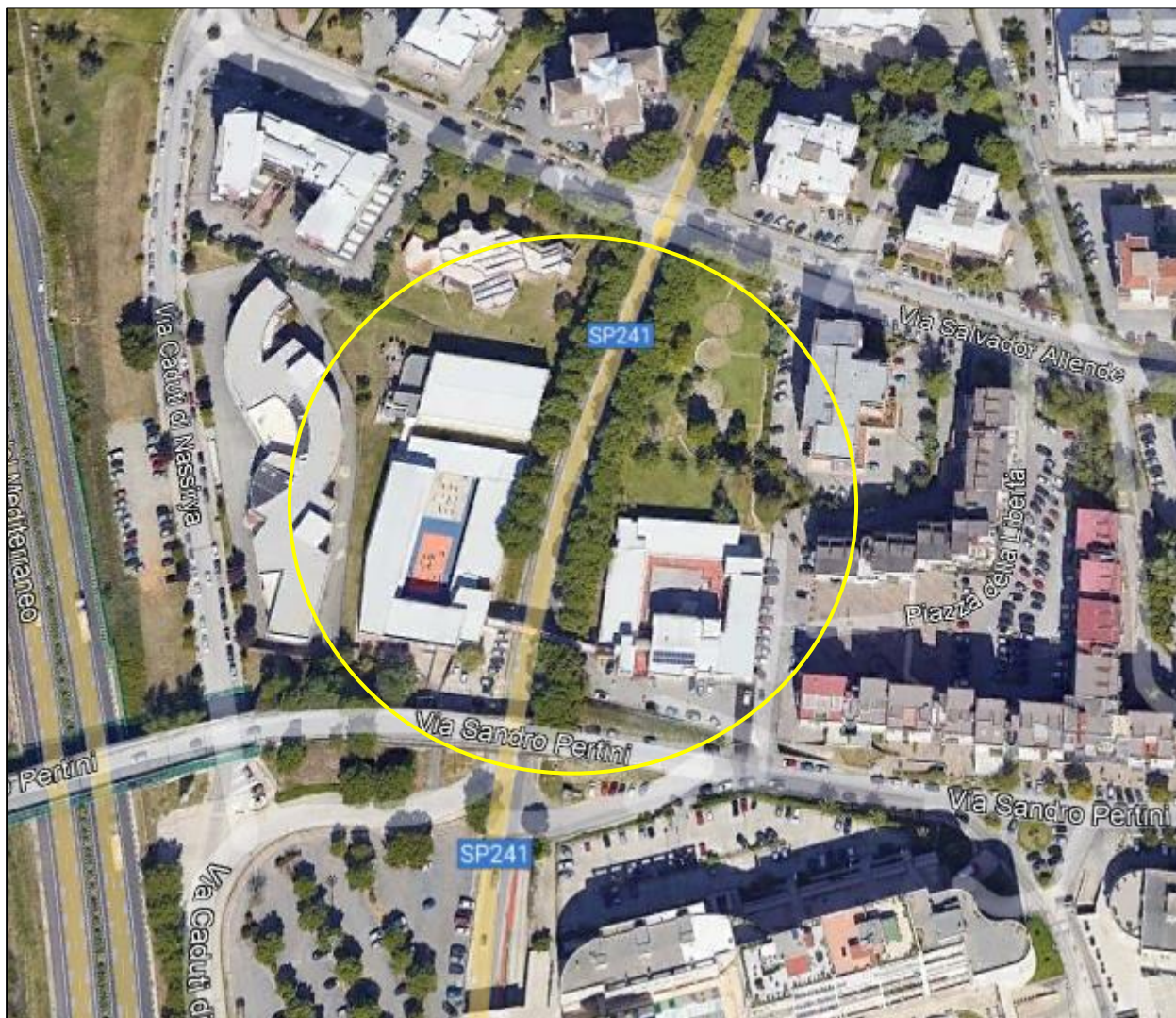


Figure 1 - Ubicazione dell'area di interesse da immagine satellitare (fonte Google Earth)

### 3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di studio è posta a sud-est del centro abitato storico della città di Rende, nella parte bassa della Valle del fiume Crati. In essa affiorano rocce sedimentarie e fa parte di una delle fasce terrazzate, con allungamento meridiano, che bordano l'attuale letto del fiume.

Il territorio di indagine è caratterizzato da una stratigrafia data per grandi linee, dal basso, da:

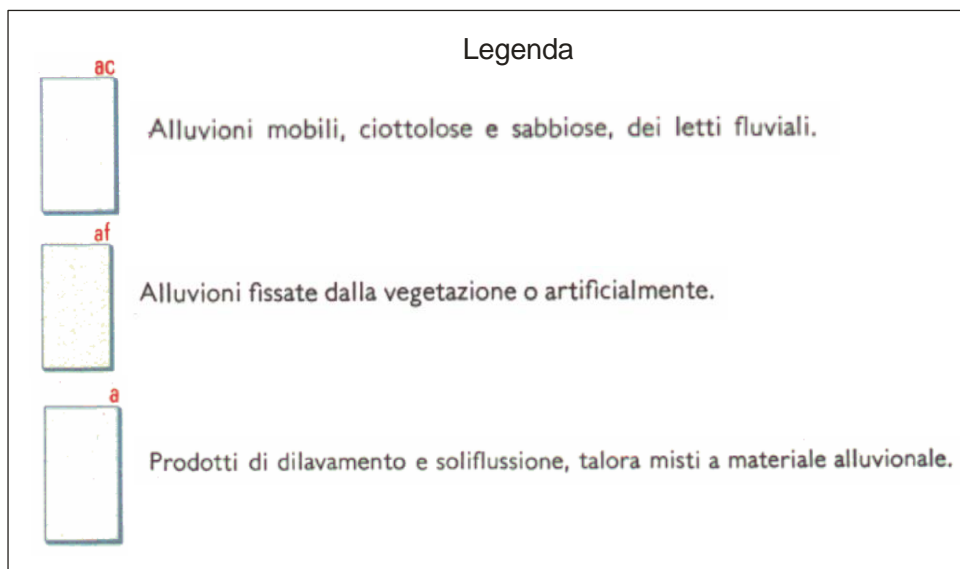
- argille siltose grigio chiare con sporadiche intercalazioni di calcareniti in passaggio graduale a
- conglomerati e ghiaie, da bruni a bruno rossastri, con ciottoli ben arrotondati di rocce cristalline in una matrice sabbiosa grossolana;
- sabbie bruno chiare, generalmente a grana da fine e media;
- depositi conglomeratici, giallo bruno-rossastri di antichi terrazzi fluviali. I ciottoli, ben arrotondati, sono immersi in una matrice sabbiosa, localmente limosa.

- alluvioni fissate dalla vegetazione o artificialmente;
- alluvioni mobili, ciottolose e sabbiose, dei letti fluviali.

Si riporta a seguire uno stralcio della Carta Geologica della Calabria con in evidenza l'area in esame.



Figura 2 – Stralcio Carta Geologica della Calabria in Scala 1: 25.000



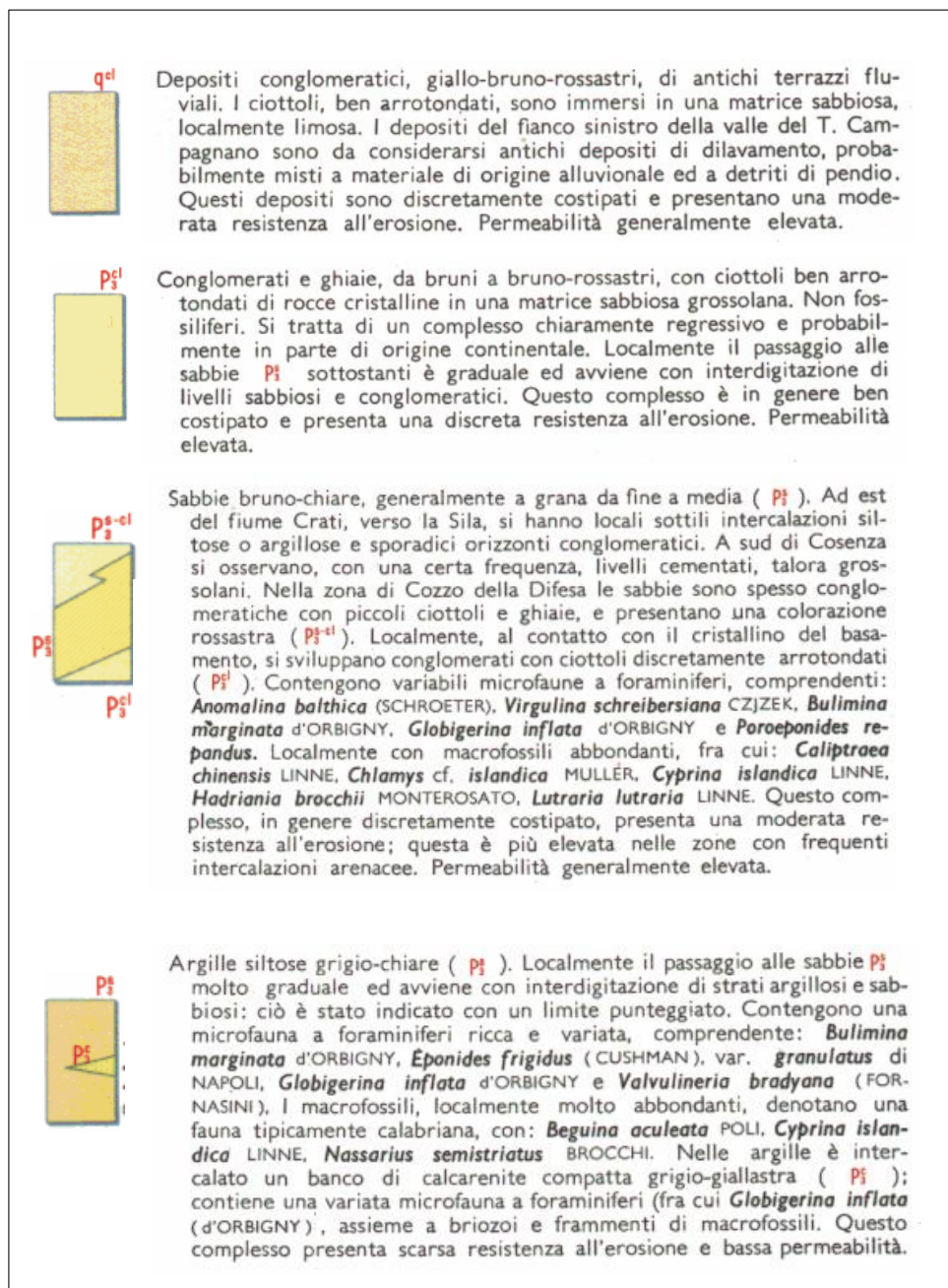


Figura 3 – Legenda Stralcio Carta Geologica della Calabria



### **3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO**

La struttura scolastica, oggetto di adeguamento sismico, è ubicata in Roges di Rende, lungo il fondovalle del Fiume Crati, ad una quota di circa 210 m s.l.m., in un'area completamente urbanizzata. I caratteri morfologici di quest'area sono legati agli spostamenti nel tempo del letto del fiume. Nel suo lento spostarsi il fiume erode nuove sponde e deposita sedimenti generando i caratteristici terrazzamenti. Queste forme sono caratterizzate da una superficie quasi piana, poco inclinata verso l'attuale letto del fiume, generalmente molto allungata nella direzione assiale della valle e proporzionalmente molto ristretta in direzione ortogonale. La superficie pianeggiante è, inoltre, generalmente bordata a monte ed a valle da una scarpata che mostra dislivelli più o meno accentuati a seconda della velocità di incisione del fiume.

L'area oggetto di studio corrisponde ad una zona con una superficie quasi pianeggiante, ovvero con pendenza molto lieve verso l'asse del Crati dove si osserva l'attuale letto posto a circa 1400 m dall'area di progetto. Il torrente Campagnano è l'asta drenante maggiormente prossima al sito e dista circa 700 m in direzione sud-est.

### **3.4 INQUADRAMENTO IN AMBITO PAI (ART.1 BIS DELLA LEGGE 356/2000 - ART.7 DELLA LEGGE 18/5 1989 N°183).**

Consultando online il Webgis prodotto dall'Autorità di Bacino Regionale della Regione Calabria (<http://webgisabr.regione.calabria.it/webgis>), attualmente assorbita dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, per il comune di Rende si segnala che il sito in esame non rientra in nessuna classe di rischio, sia per quanto riguarda il Rischio Idraulico che per il Rischio Frana.

## 4 PIANO DELLE INDAGINI GEOTECNICHE E GEOFISICHE

Nel presente paragrafo viene descritto il piano delle indagini geognostiche da eseguire nell'area in oggetto. Le indagini, di tipo diretto e indiretto, sono finalizzate alla caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica e consentiranno di ottenere informazioni necessarie allo sviluppo delle analisi sismiche di base.

La campagna geognostica in oggetto prevede l'esecuzione delle seguenti tipologie di indagini in sito:

➤ sondaggi geognostici a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati, esecuzione di prove in foro (SPT) e installazione nei fori di sondaggio di piezometro a tubo aperto e di tubazione in PVC per l'esecuzione della prova geofisica in foro Down Hole;

➤ analisi di laboratorio sui campioni prelevati;

➤ indagini geofisiche.

Nello specifico:

- **n° 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo**, profondi 30,00 m denominati S1 ed S2, attrezzati rispettivamente con piezometro a tubo aperto microfessurato e con tubazione per prova geofisica Down-Hole (PVC  $\phi = 80$  mm);
- **n° 4 Campioni Indisturbati** (2 iper ciascun foro), da prelevare con campionatore a pareti sottili tipo Shelby;
- **n° 6 prove geotecniche di tipo SPT** (3 in ogni foro);
- **n° 1 stendimento sismico di tipo MASW** (Multichannel Analysis of Surface Waves), finalizzato alla ricostruzione del profilo di velocità delle onde di taglio del sottosuolo e alla determinazione del  $V_{seq}$ .
- **n°1 prova sismica di tipo HVSR**
- **n°1 prova geofisica in foro di tipo Down-Hole**;
- **n° 2 RSL** (analisi numerica monodimensionale della Risposta Sismica Locale).

Si segnala inoltre che nel piezometro a tubo aperto installato è previsto il monitoraggio della falda attraverso letture manuali con freatimetro a doppio segnale.

### 4.1 SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO

Le perforazioni finalizzate all'esecuzione dei sondaggi geognostici sono caratterizzate dal raggiungimento dei seguenti obiettivi, prefissati dal piano indagini:

- Carotaggio integrale e rappresentativo del terreno attraversato, al fine di ricostruire l'andamento stratigrafico mediante l'esame dei campioni estratti o "carote";
- Descrizione stratigrafica in chiave geologica e geotecnica;
- Prelievo di campioni per lo svolgimento delle previste prove di laboratorio;

- Svolgimento di prove in situ per la determinazione delle proprietà geotecniche.

I sondaggi saranno valutati per metro lineare di foro eseguito: le profondità saranno misurate dal piano di imposta dell'attrezzatura.

**CASSETTE CATALOGATRICI.** Il materiale prelevato durante i sondaggi diretti sarà riposto in apposite cassette catalogatrici, munite di coperchio, divise in scomparti di dimensioni opportune. Su ogni cassetta sarà segnato il numero d'ordine del sondaggio, con le quote di prelievo a cui il contenuto si riferisce. All'inizio ed alla fine di ogni scomparto sarà segnata la quota di prelievo della sezione del campione vicino.

Le schede stratigrafiche riporteranno la data di inizio di ogni foro, i diametri del foro, la natura dei successivi strati attraversati, precisando tutte le variazioni, anche di pochi centimetri, la costituzione granulometrica e consistenza e le eventuali inclusioni; le eventuali perdite di acqua nella perforazione o l'eventuale venuta d'acqua e tutte le caratteristiche delle falde acquifere incontrate; la profondità raggiunta a fine foro e tutte le profondità delle prove in situ effettuate in corso di esecuzione del sondaggio.

Alle perforazioni seguirà una breve relazione redatta da un Geologo, comprendente la stratigrafia rilevata nei fori, accompagnandoli con una planimetria, in scala. I profili dei fori di sondaggio saranno disegnati su appositi moduli divisi in colonne, nelle quali saranno riportati i seguenti dati: spessore degli strati incontrati con il sondaggio; profondità progressiva; scala grafica; rappresentazione simbolica della natura e dei terreni incontrati; descrizione della natura dei terreni incontrati; diametro del foro; livello freatico; ecc.

Sarà fornita una documentazione fotografica comprendente la foto delle postazioni dei sondaggi oltre che quelle delle cassette e dei pozzetti di protezione della strumentazione installata.

***I sondaggi a carotaggio continuo, che rappresentano il mezzo più efficace di caratterizzazione geologica, saranno realizzati in adiacenza agli edifici costituenti i plessi scolastici del Liceo Pitagora.***

## **4.2 PROVE STANDARD PENETRATION TEST (SPT)**

La prova SPT (Standard Penetration Test) consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di un campionatore infisso a partire dal fondo del foro di sondaggio; tale resistenza è funzione delle caratteristiche geomeccaniche e litologiche dei terreni. La prova SPT è compresa negli standard ASTM. L'Associazione Geotecnica Italiana (A.G.I.) ha incluso la prova nelle raccomandazioni per le indagini geotecniche (1977); la raccomandazione è più restrittiva dell'ASTM ma non è aggiornata con la misura dell'energia.

La prova consiste nel far cadere un maglio dal peso di 63,5 kg da una altezza di 760 mm, su una testa di battuta fissa alla sommità di una batteria di aste alla cui estremità inferiore è avvitato il campionatore "Raymond" di dimensioni standardizzate. Il numero di colpi (N) necessario per una penetrazione della punta pari a 300 mm (dopo l'eventuale penetrazione quasi-statica per gravità e dopo 150 mm di infissione dinamica per il posizionamento) è il dato assunto come indice di resistenza alla penetrazione ( $N_{spt}$ ). Prima dell'esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche dal foro di sondaggio vengono eliminati eventuali sedimenti che potrebbero inficiare l'esito della prova.

**Attraverso le prove SPT, mediante opportune correlazioni largamente conosciute nella letteratura scientifica, è possibile calcolare i valori dei principali parametri geotecnici del terreno.**

### 4.3 PRELIEVO CAMPIONI

Per la determinazione delle proprietà fisiche e meccaniche dei terreni saranno prelevati campioni che mantengano la struttura, il contenuto d'acqua e l'eventuale consistenza propri del terreno nella sua sede (campioni indisturbati). Il prelievo di campioni indisturbati è un'operazione molto delicata e sarà eseguita da personale qualificato con tecniche e strumenti adatti alle caratteristiche del terreno.

Per il prelievo di campioni si utilizzerà un campionatore a pareti sottili aperto (Shelby).

Il campionatore Shelby, costituito da una fustella in acciaio zincato, permette di prelevare campioni di terreno indisturbati, tramite infissione nel terreno. La fustella, dopo aver prelevato il terreno alla profondità desiderata, viene chiusa ermeticamente.

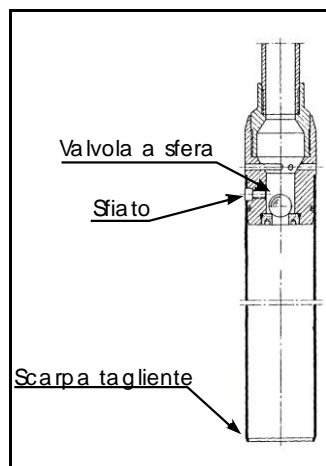
Tale tipo di campionatore è costituito da un cilindro metallico dotato di una scarpa tagliente, da una valvola a sfera di ritenuta nella parte superiore e da un sistema di connessione alla batteria di aste di perforazione.

Il sistema adottato prevede la connessione del cilindro metallico, dotato di quattro fori ad una "testina" metallica con la valvola di ritenuta, mediante l'avvitamento, con viti a brugola di testina e cilindro.

Di seguito si riporta una sezione schematica del campionatore Shelby a pareti sottili.

Le caratteristiche dimensionali sono le seguenti:

- lunghezza      600 mm
- diametro        85 mm



Qualora le litologie attraversate non dovessero consentire il prelievo di campioni indisturbati si valuterà se procedere col prelievo di campioni semidisturbati/rimaneggiati dalle cassette.

I campioni rimaneggiati vengono prelevati dal materiale recuperato con il carotaggio; sono i campioni ottenuti con i normali utensili di perforazione e devono essere sigillati in sacchetti o barattoli di plastica a tenuta stagna per consentirne la conservazione e la misura del tenore di umidità (campioni con grado di qualità Q3).

#### 4.4 ANALISI DI LABORATORIO

Sui campioni prelevati in fase di sondaggi diretti saranno effettuate analisi di laboratorio.

I certificati di laboratorio comprenderanno:

- ♣ descrizione dei campioni esaminati;
- ♣ certificazione delle prove dai quali si evincano le curve caratteristiche ed i parametri determinati.

Per ogni campione saranno ricavate le più importanti caratteristiche fisiche:

- ♣ il contenuto naturale in acqua;
- ♣ il peso di volume;
- ♣ il peso unitario secco (o densità secca);
- ♣ il peso specifico del solido;
- ♣ l'indice dei vuoti;
- ♣ la porosità;
- ♣ il grado di saturazione;
- ♣ il peso di volume saturo;
- ♣ limiti di Atterberg.

**Saranno eseguite n°2 Prove di Taglio Diretto e n°2 Prove Triassiali; la scelta della tipologia di prova meccanica cui sottoporre i campioni sarà effettuata in funzione delle caratteristiche litologiche dei campioni, riservando le prove triassiali (UU) per le terre schiettamente coesive.**

#### 4.5 MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES – MASW

Il metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo delle velocità delle onde di taglio Vs sulla base della misura delle onde superficiali. La metodologia consiste nel generare artificialmente onde elastiche in un punto della superficie e misurare il tempo impiegato dalle onde prodotte a raggiungere i diversi sensori (geofoni) disposti in superficie a distanze crescenti dal punto di energizzazione. Con la suddetta tecnica sarà possibile ottenere risultati particolarmente precisi ed affidabili per la ricostruzione sismo-stratigrafica del sottosuolo, identificare le caratteristiche dinamiche dei suoli,

il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  e la stima del  $V_{s30}$  e delle  $V_{seq}$ , quindi assegnare la corrispondente categoria di suolo di fondazione in ottemperanza al D.M.17/01/2018. La suddetta metodologia consente inoltre l'analisi dell'attenuazione per la determinazione dello smorzamento, al fine di progettare e/o prevedere il comportamento delle opere soggette ad azioni dinamiche (azioni sismiche, vento, vibrazioni, etc.). Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano ad una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle stesse. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con bassa lunghezza d'onda si propagano negli strati superficiali e forniscono informazioni sugli orizzonti più superficiali; al contrario, onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e forniscono informazioni sugli orizzonti situati a maggiore profondità.

**Sarà eseguita n°1 prova geofisica di tipo Masw, ubicata in corrispondenza del plesso in cui verrà posizionato il piezometro a tubo aperto.**

#### **4.6 HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO O METODO DI NAKAMURA – HVSR**

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di indagine passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio - Metodo di Nakamura), è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito, correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso. Il metodo è basato sull'acquisizione del rumore sismico (detto anche microtremore). Verrà registrata la frequenza caratteristica di risonanza del sito, che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento delle opere in termini di risposta sismica.

**Tale metodologia di indagine deve fornire univocamente la profondità del bedrock locale, su cui saranno basate le successive analisi della RSL.**

#### **4.7 PROSPEZIONE GEOFISICA IN FORO DI TIPO DOWN-HOLE**

**Questo tipo di indagine fornisce la misura della velocità delle onde sismiche di compressione (VP) e di quelle trasversali (VSH) in foro di sondaggio, appositamente attrezzato con tubi a sezione circolare in ABS o PVC, di spessore maggiore o uguale a 3.0 mm, lunghezza minima degli spezzoni di 3 metri, assemblati mediante filettatura a vite ed eventuali manicotti di giunzione e muniti di tappi di testa e fondo foro; alternativamente possono essere utilizzate giunzioni a bicchiere. Infine il foro sarà cementato in corrispondenza dello spazio anulare compreso tra le pareti e il tubo di rivestimento.**

I risultati della prova saranno accompagnati da una relazione comprendente:

- a) la descrizione delle procedure eseguite e della strumentazione utilizzata;
- b) le modalità di esecuzione;
- c) la strumentazione adottata;

d) le profondità a cui sono state effettuate le prove e la distanza superficiale tra sorgente e centro del foro;

e) i segnali registrati dai trasduttori dei ricevitori e il corrispondente segnale di trigger, specificando per ciascuno di essi la profondità di prova, la direzione relativa e assoluta dei trasduttori dei ricevitori e il ricevitore d'appartenenza;

f) una tabella con i tempi d'arrivo originali e quelli corretti in funzione della profondità di misura;

g) un diagramma con le dromocrone ricavate, dove sull'asse delle ascisse è riportato il tempo di arrivo corretto (in s) e sull'asse delle ordinate la profondità di misura in funzione della profondità (in m), con indicazione dei segmenti interpolanti i punti di misura, dalla cui pendenza si ricava la velocità di propagazione;

h) un diagramma ad istogrammi in cui saranno riportate le velocità calcolate (in m/s) in funzione della profondità (in m).

#### **4.8 RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL) MEDIANTE ANALISI NUMERICA MONODIMENSIONALE.**

Per *risposta sismica locale* si intende l'insieme delle modifiche che il moto sismico subisce nell'immediato sottosuolo a causa delle condizioni geologiche, morfologiche e geotecniche locali.

Il moto sismico generato da un terremoto alla superficie di un sito in condizioni free-field (in campo libero, cioè in assenza di strutture) dipende da un insieme di fenomeni fisici che schematicamente possono essere raggruppati in tre categorie fondamentali: meccanismo di sorgente, propagazione delle onde sismiche dalla sorgente al sito e effetti di sito. I primi due gruppi di fenomeni definiscono il moto sismico di ingresso al sito che può poi subire, nelle decine/centinaia di metri più superficiali, importanti modifiche a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali del sito in esame. Queste ultime indicano l'insieme delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi superficiali e delle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. L'insieme delle modifiche che il moto sismico di ingresso al sito subisce, in termini di ampiezza, contenuto in frequenza e durata, per effetto delle condizioni locali, è indicato globalmente con il termine di effetti di sito o risposta sismica locale.

L'analisi della risposta sismica locale, eseguita alla scala delle opere di ingegneria, mediante metodi sperimentali e, più frequentemente, con metodi numerici, consente di quantificare le modifiche esercitate sul moto sismico dalle condizioni locali permettendo una stima più accurata delle sollecitazioni sismiche sulle strutture e quindi una più accurata progettazione antisismica.

La perimetrazione di aree a comportamento sismico omogeneo (in termini di risposta sismica locale e di instabilità permanenti), alla scala dei centri abitati, costituisce l'oggetto degli studi di Microzonazione Sismica che trovano applicazione nella pianificazione territoriale e dell'emergenza, nella ricostruzione post-sisma e nel supporto alla progettazione antisismica.

La modellazione avverrà adoperando una settupla di sismogrammi spettro-compatibili estratti dai principali database disponibili e tenendo conto dei dati di disaggregazione magnitudo-distanza desunti dai database di INGV. Il moto sismico risultante verrà inputato al bedrock e terrà conto della sismostratigrafia di riferimento, nonché delle curve di dumping del modulo di rigidità individuate, fornendo quindi il fattore di amplificazione locale e l'accelerazione massima al sito. Poiché i plessi sono due, con una certa separazione spaziale, non è da escludere che le colonne

sismostratigrafiche di riferimento possano presentare differenze significative; ciò potrebbe comportare la necessità di eseguire n°2 analisi numeriche.

#### **4.9 CONDIZIONAMENTO FORI**

In fase di esecuzione dei sondaggi potrebbe essere necessario l'utilizzo della tubazione di rivestimento provvisorio.

La strumentazione di monitoraggio installata sarà protetta con pozzetti in ferro chiusi da un lucchetto o da un pozzetto carrabile se ubicati su strada o area calpestabile.

##### **TUBAZIONE PIEZOMETRICA**

Il piezometro, nel campo dell'idrogeologia, è un pozzo di osservazione avente lo scopo di misurare il carico idraulico di una falda ad una certa profondità.

I principali elementi costituenti il piezometro sono:

- Filtro: parte del piezometro dotata di fenestratura Tubo cieco;
- Dreno: strato inerte posto attorno al filtro in ghiaia silicea o sfere di vetro;
- Sigillatura della parte superiore del filtro, per evitare infiltrazione di inquinanti dalla superficie;
- Cementazione del tratto terminale più in superficie;
- Chiusura con pozzetto e tappo con lucchetto.

La lettura piezometrica consiste nel rilievo della profondità dell'acqua (superficie piezometrica), mediante misurazione con apposita sondina elettrica (freatimetro).

Freatimetro: il livello della falda viene segnalato dalla chiusura di un contatto elettrico, rilevabile a mezzo di segnale sonoro e/o luminoso.

##### **TUBAZIONE PER DOWN-HOLE**

Uno dei due sondaggi sarà appositamente attrezzato con tubo a sezione circolare in ABS o PVC, di spessore maggiore o uguale a 3.0 mm, lunghezza minima degli spezzoni di 3 metri, assemblati mediante filettatura a vite ed eventuali manicotti di giunzione e muniti di tappi di testa e fondo foro; alternativamente possono essere utilizzate giunzioni a bicchiere. Il foro sarà cementato in corrispondenza dello spazio anulare compreso tra le pareti e il tubo di rivestimento.

L'esecuzione delle indagini sismiche all'interno del foro predisposto saranno effettuate solamente quando si sarà raggiunta la corretta stagionatura dalla boiacca di cemento.

Sarà eseguita n°1 misura ogni metro di verticale.



#### 4.10 TABELLA DI SINTESI DELLE INDAGINI

Viene di seguito riportata una tabella riepilogativa delle indagini geognostiche programmate.

INDAGINI GEOGNOSTICHE PER INTERVENTO DI											
ADEGUAMENTO SISMICO LICEO SCIENTIFICO LINGUISTICO "PITAGORA" DI RENDE (CS)											
SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO											
ID Feature	PROFONDITA' (m)	TIPOLOGIA DI CAROTAGGIO	PROVE IN FORO SPT	PRELIEVO CAMPIONI	PROVE DI LABORATORIO SU TERRE					STRUMENTAZIONE IN FORO	
		CC (m)		CI	CF	GR	LA	TD	TX	PZ	DH
S1	30	30	3	2	2	2	2	1	1	30	-
S2	30	30	3	2	2	2	2	1	1	-	30
<b>TOTALE</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>30</b>	<b>30</b>
		CC: carotaggio continuo a circolazione diretta di acqua	SPT: standard penetration test	CI: campione indisturbato	CF: Caratteristiche fisiche GR: Granulometria LA: Limiti di Atterberg TD: Taglio Diretto TX: Triassiale					PZ: Piezometro DH: Down-Hole	
INDAGINI GEOFISICHE											
ID Feature	TIPOLOGIA DI INDAGINE		m								
MASW 1	Prospezione sismica di tipo Masw		48								
HVSR 1	Prospezione sismica di tipo HVSR		N°1								
DOWN - HOLE	Prospezione geofisica in foro		N°1								
RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL)	Analisi numerica monodimensionale		N°1 o 2 in funzione della sismostratigrafia								

## **5 PRESCRIZIONI SULLE INDAGINI E UBICAZIONE**

La reale situazione stratigrafica andrà verificata in corso di indagine e la campagna geognostica andrà ottimizzata di conseguenza. Sarà richiesta pertanto la presenza in cantiere di tecnico laureato responsabile del corretto impiego delle attrezzature, delle descrizioni, della corretta definizione e conduzione delle prove in foro e campionamenti; nonché per le appropriate decisioni da assumere.

Come segnalato già in Premessa si ribadisce che le indagini sono state ubicate in modo tale da ottenere la migliore caratterizzazione geologica dell'area, tenendo conto delle condizioni logistiche e operative, ivi compresa l'accessibilità dei luoghi, cercando di minimizzare il disturbo arrecato allo svolgimento delle attività scolastiche.

Per conoscere la posizione dei sottoservizi in fase di indagine è necessaria, preliminarmente all'esecuzione delle indagini, la presenza di un tecnico per verificarne la posizione.

Si riporta a seguire l'ubicazione delle indagini descritte; si sottolinea che in funzione del posizionamento dei sottoservizi e di altre necessità, l'ubicazione effettiva potrebbe cambiare, fermo restando la necessità della caratterizzazione spaziale dell'assetto geologico.

UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE PER INTERVENTO DI  
ADEGUAMENTO SISMICO LICEO SCIENTIFICO "PITAGORA" – RENDE (CS)



Sondaggio a carotaggio continuo con Down Hole ●

Sondaggio a carotaggio continuo con Piezometro ●

Verticale MASW ▲

HVSR ■

## **6 COMPUTO METRICO**

A seguire Computo Metrico delle indagini previste.

## COMPUTO METRICO

### STIMA DEI COSTI – PREZZIARIO REGIONE CALABRIA 2023

1 - Approntamento attrezzature per sondaggi a piccole profondità, approntamento dell'attrezzatura di perforazione a rotazione fino a 80 m, compreso il carico, lo scarico e la revisione a fine lavori per ogni attrezzatura. <i>A corpo</i>					€	1.010,03
2 - Approntamento attrezzature per sondaggi a piccole profondità, attrezzature installate in corrispondenza di ciascun punto di perforazione fino a 80 m, compreso il primo, su aree pianeggianti. Per distanze entro i 300 m <i>n. 02,00 x €/cad. 224,37 =</i>					€	448,74
3 - Perforazione ad andamento verticale eseguiti a rotazione a carotaggio continuo, con carotiere di diametro pari a 101 in terreni a granulometria fine quali argille, limi, limi sabbiosi ecc. Per ogni metro lineare fino a 20 m dal piano di campagna <i>ml. 40,00 x €/ml. 58,28 =</i>					€	2.331,20
4 - Perforazione ad andamento verticale eseguiti a rotazione a carotaggio continuo, con carotiere di diametro pari a 101 in terreni a granulometria fine quali argille, limi, limi sabbiosi ecc. Per ogni metro lineare fino a 20 a 40 m dal piano di campagna <i>ml. 20,00 x €/ml. 72,85 =</i>					€	1.457,00
5 - Standar penetration Test eseguito nel corso di sondaggio a rotazione. Per ogni prova fino a 20 m dal piano di campagna. <i>cad. 06,00 x €/cad. 66,48 =</i>					€	398,88
6 - Standar penetration Test eseguito nel corso di sondaggio a rotazione. Per ogni prova fino da 20 a 40 m dal piano di campagna. <i>cad. 00,00 x €/cad. 91,07 =</i>					€	
7 - Fornitura cassette catalogatrici per la conservazione dei terreni attraversati <i>cad. 12,00 x €/cad. 26,35 =</i>					€	316,20
8 - Piezometri a tubo aperto, installati. Sono compresi: la fornitura del manto drenante; la piazzola in calcestruzzo cementizio. È compreso quanto altro occorre per dare il piezometro completo e funzionante. È esclusa la fornitura del pozzetto protettivo. Per ogni installazione. <i>cad. 01,00 x €/cad. 261,04 =</i>					€	261,04
9 - Piezometri a tubo aperto, installati. Sono compresi: la fornitura del manto drenante; la piazzola in calcestruzzo cementizio. È compreso quanto altro occorre per dare il piezometro completo e funzionante. È esclusa la fornitura del pozzetto protettivo. Per ogni metro lineare installato. <i>ml. 30,00 x €/ml. 23,85 =</i>					€	715,50
10 - Fornitura ed installazione pozzetto di protezione <i>n. 02,00 x €/cad. 121,33 =</i>					€	242,66

11 -	Prelievo di campioni indisturbati, compatibilmente con la natura dei terreni, nel corso di sondaggi a rotazione impiegando campionatore a pareti sottili spinto a pressione diametro minimo 80mm. E' compresa l'incidenza della fustella. E' compreso quanto altro occorre per dare il prelievo completo. Per ogni prelievo e profondità misurate a partire dal piano di campagna da m 0 a m 20							
	cad.	04,00	x	€/cad.	58,28	=	€	233,12
12 -	Sovraprezzo alle voci di perforazione per l'uso di rivestimento metallico provvisorio dove necessario.							
	ml.	60,00	x	€/ml.	15,00	=	€	900,00
13 -	Fornitura tubazione di rivestimento per prove sismiche in foro tipo Down-Hole							
	ml.	30,00	x	€/ml.	10,00	=	€	300,00
14 -	Cementazione dello spazio anulare compreso fra le pareti del foro ed il tubo di rivestimento fino al rifluimento della miscela cementizia in superficie. E' compreso quanto altro occorre per dare la predisposizione completa ad escusione del pozzetto di protettivo							
	ml.	30,00	x	€/ml.	25,20	=	€	756,00
15 -	Prospezioni sismiche, logs geofisici in foro approntamento attrezzature e trasporto in andata e ritorno di strumentazione per prospezioni geofisiche di tipo sismica a rifrazione o in foro, compreso il carico e scarico, su aree accessibili ai normali mezzi di trasporto							
	cad.	01,00	x	€/cad.	348,17	=	€	348,17
16 -	Prospezioni sismiche, logs geofisici in foro installazione attrezzature per ciascun profilo di indagine o prova in foro, compreso l'onere dello spostamento dal primo al successivo. Per installazione attrezzature di indagine di tipo sismica a rifrazione							
	cad.	01,00	x	€/cad.	87,83	=	€	87,83
17 -	Prospezioni sismiche, logs geofisici in foro HVSR realizzata mediante posizionamento a terra di una terna di registrazione a bassa/bassissima frequenza di rumore sismico ambientale. Compresa l'elaborazione e la restituzione dei dati							
	cad.	01,00	x	€/cad.	395,41	=	€	395,41
18 -	Prospezioni sismiche, logs geofisici in foro Esecuzione prove sismiche tipo down-hole, in fori appositamente predisposti, con qualsiasi tipo di energizzazione, compresa l'elaborazione e la restituzione dei dati. Per ogni registrazione in fori fino a 20m							
	cad.	20,00	x	€/cad.	34,10	=	€	682,00
19 -	Prospezioni sismiche, logs geofisici in foro Esecuzione prove sismiche tipo down-hole, in fori appositamente predisposti, con qualsiasi tipo di energizzazione, compresa l'elaborazione e la restituzione dei dati. Per ogni registrazione a profondità maggiore a 20m							
	cad.	10,00	x	€/cad.	39,38	=	€	393,80
20 -	Prospezione sismica con tecnica MASW (Multichannelanalysis of surfacewaves) utilizzando sismografi ad alta precisione ed a segnale incrementale, con energia di impulso fornita dall'impatto di massa battente e/o di esplosivo, con lunghezze di 23-46 metri o maggiore, utilizzando geofoni bassa frequenza (4,5 Hz) con almeno due registrazioni per ogni tendimento, comprensiva dell'interpretazione ed elaborazione dei dati con profilo verticale di velocità dell'onda "S", e determinazione del parametro Vs30							
	cad.	01,00	x	€/cad.	616,78	=	€	616,78
21 -	Risposta sismica locale (RSL) mediante analisi numerica monodimensionale							
	cad.	02,00	x	€/cad.	700,00	=	€	1.400,00

22 - Apertura di campione contenuto in fustella cilindrica							
cad.	04,00	x	€/cad. 23,38	=	€		93,52
23 - Analisi granulometrica con setacci per caratteristiche fisiche e meccaniche. Per via secca su quantità <=5kg, con un massimo di 8 vagli. Eseguita secondo la uni cen iso 17892-4							
cad.	04,00	x	€/cad. 42,55	=	€		170,20
24 - Analisi granulometrica con setacci per caratteristiche fisiche e meccaniche. Per via umida su quantità <=5kg, con in massimo di 8 vagli. Eseguita seconda la UNI CEN ISO 17892-4							
cad.	04,00	x	€/cad. 50,99	=	€		203,96
25 - Analisi granulometrica per sedimentazione con densimetri, esclusa la determinazione del peso specifico. Eseguita secondo la UNI CEN ISO 17892-4							
cad.	04,00	x	€/cad. 64,36	=	€		257,44
26 - Determinazione della percentuale al vaglio n.200(0,074mm) – Determinazione dell'equivalenza in sabbia (media di 2 misurazioni). Eseguita secondo la UNI EN 933-8							
cad.	04,00	x	€/cad. 49,73	=	€		198,92
27 - Determinazione della percentuale di materiale passante al vaglio n.200 mm (0,074mm)-Determinazione dei limiti di liquidità e di plasticità, congiuntamente. Eseguita secondo la UNI CEN ISO 17892-2							
cad.	04,00	x	€/cad. 60,27	=	€		241,08
28 - Determinazione della percentuale di materiale passante al vaglio n.200(0,074mm)-Determinazione dei limiti di liquidità e di plasticità, per bentonite. Eseguita secondo la ASTM D4318.							
cad.	04,00	x	€/cad. 67,84	=	€		271,36
29 - Determinazione della percentuale di materiale passante al vaglio n.200 (0,074mm)-Determinazione del contenuto d'acqua allo stato naturale. Eseguita secondo la UNI CEN Iso17892-1.							
cad.	04,00	x	€/cad. 7,57	=	€		30,28
30 - Determinazione dell'apercentuale di materiale passante al vaglio n.200 (0,074mm)-Determinazione del peso dell'unità di volume allo stato naturale mediante fustella tarata. Eseguita secondo la UNI CEN ISO 17892-1							
cad.	04,00	x	€/cad. 21,48	=	€		85,92
31 - Prova di taglio consolidata drenata con tempo di deformazione finale <8h (procedura standard 3 provini). Eseguita secondo la UNI CEN ISO 17892-10							
cad.	02,00	x	€/cad. 367,49	=	€		734,98
32 - Prova triassiale non consolidata non drenata eseguita su provini con d ≤ 40mm ed altezza ≤80mm, procedura standard su 3 provini- seguita secondo la UNI CEN ISO 17892-9							
cad.	02,00	x	€/cad. 335,33	=	€		670,66
<b>Totale lavori presunti</b>					<b>€</b>		<b>16.252,68</b>