



**COMUNE DI MONTELLA**  
Provincia di Avellino

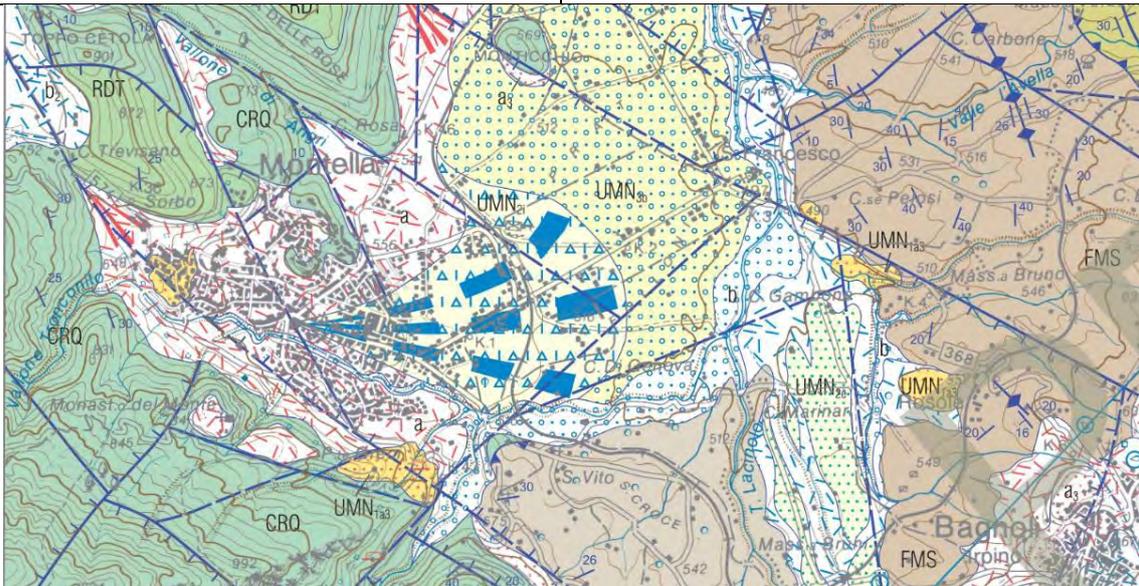
**RELAZIONE GEOLOGICA E SULLA MODELLAZIONE SISMICA**

**OGGETTO:**

P.U.A. RIQUALIFICAZIONE BENI DELLA FONDAZIONE  
OPERA PIA ASILO INFANTILE "S. e G. CAPONE" SITI IN  
MONTELLA IN LARGO GARZANO - VIA SAN NICOLA-VIA  
SPINELLA

**COMMITTENTE:**

Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S. E G. Capone  
Piazza Garzano, Montella (AV)



**CODICE ELABORATO:**

RG\_011\_20

**FILE:**

RG\_011\_20.doc

**DATA:**

NOVEMBRE 2021



## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. INQUADRAMENTO GENERALE AREA DI STUDIO .....</b>	<b>6</b>
2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	6
2.2 GEOLOGIA AREE OGGETTO DI INTERVENTO .....	8
2.3 IDROGEOLOGIA AREE OGGETTO DI INTERVENTO .....	9
2.4 GEOMORFOLOGIA AREE OGGETTO DI INTERVENTO .....	11
2.5 INQUADRAMENTO GEOSISMICO .....	15
<b>3. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA-STRATIGRAFICA .....</b>	<b>19</b>
<b>4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....</b>	<b>23</b>
<b>5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DI SITO .....</b>	<b>31</b>
<b>6. COMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA .....</b>	<b>59</b>
<b>7. PRESCRIZIONI E CONCLUSIONI .....</b>	<b>60</b>

## ALLEGATI:

- TAV\_1 Carta geolitologica con indicazioni idrogeologiche
- TAV\_2 Carta geomorfologica e della stabilità
- TAV\_3 Carta della zonazione in prospettiva sismica
- TAV\_4 Carta delle Indagini e Sezioni geologiche
- Certificati sondaggi e prove di laboratorio eseguite;



## 1. Premessa

Il presente studio, è stato redatto nel rispetto del D.M. 17.01.2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni - e successiva circolare applicativa n.7 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici del 21.01.2019 e dell'Eurocodice 7 ed Eurocodice 8 nonché in ottemperanza di quanto previsto dalla L.R. n° 9/1983 e ss.mm.ii., ed è volto a definire le caratteristiche lito-stratigrafiche e strutturali dei terreni costituenti il sottosuolo della zona in esame unitamente allo schema di circolazione idrica sotterraneo e/o superficiale, le caratteristiche geotecniche nonché le caratteristiche sismiche delle aree oggetto di riqualificazione urbanistica.

In particolare, i beni oggetto del piano di riqualificazione riguardano i fabbricati e le pertinenze ubicati in Montella (AV), all'interno del rione Garzano, di proprietà della Fondazione Opera Pia Asilo Infantile "S. e G. Capone" e tra largo Garzano (ora piazza Filippo Capone) – via San Nicola – largo Gino Capone – via Spinella.

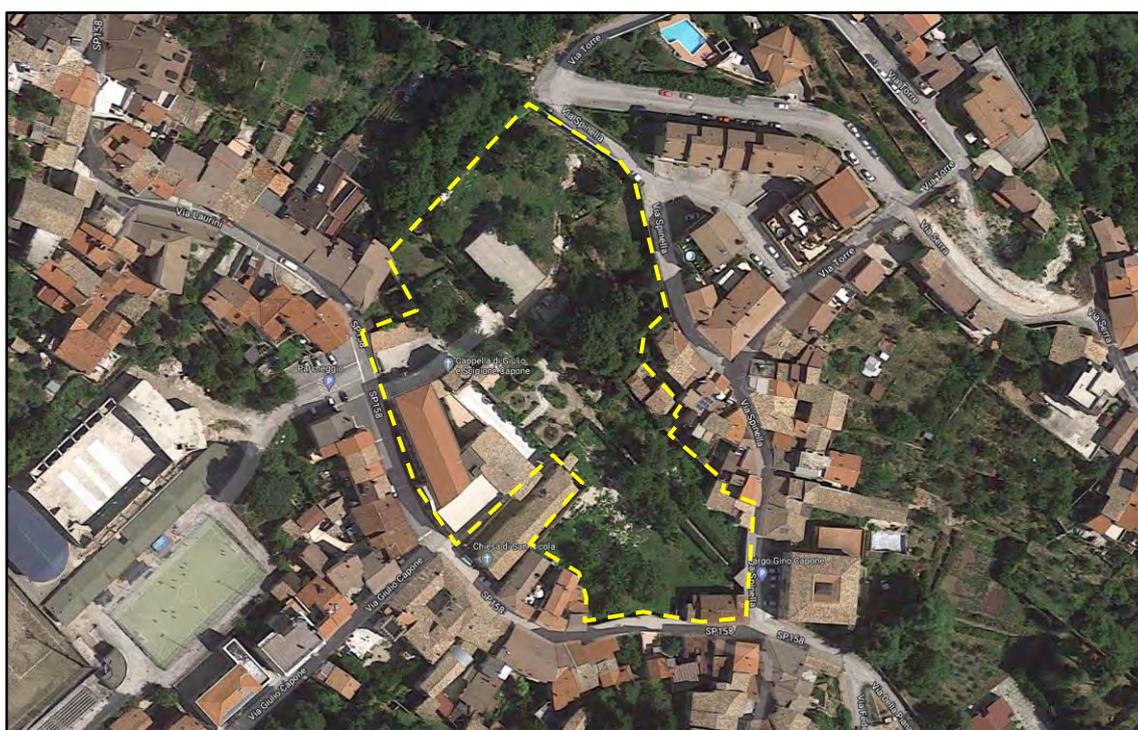


Figura 1: Fondazione Opera Pia Asilo infantile "S. e G. Capone"

Il comparto, pertanto, ha un'area complessiva di mq 13 777.01 ed è delimitato per tre lati da viabilità pubblica esistente (largo Garzano – via San Nicola – largo Gino Capone – via Spinella) e per l'ultimo dalla detta strada di collegamento di progetto (via Spinella-largo Garzano) e confine della proprietà della Fondazione.

### Interventi progettuali previsti

L'ipotesi progettuale e di riqualificazione del comparto secondo il redigendo PUA agisce soltanto relativamente alle proprietà della Fondazione. Nessun intervento si prevede nei confronti delle altre proprietà private, la cui maggior parte è stata già oggetto di opere di riparazione/ricostruzione a seguito del sisma del novembre 1980.

Per essi, in ogni caso, sono salvaguardati i lavori di manutenzione ordinaria e straordinaria e di recupero in relazione alle previsioni delle norme tecniche di attuazione (NTA) del PUC.



Con tale premessa l'obiettivo principale è quello di:

- eliminare le superfetazioni realizzate nell'area propria del giardino;
- riqualificare il giardino nella parte di maggior pregio e riportare quest'ultimo all'originario assetto;
- eliminare i fabbricati di contorno che non hanno alcun pregio, privi di ogni particolare significato e alquanto fatiscenti;
- riqualificare le aree di sedime dei fabbricati da demolire;
- destinare a parcheggio pubblico l'area di sedime del fabbricato sito nell'incrocio via San Nicola-largo G. Capone;
- accorpate le volumetrie delle costruzioni da demolire in un unico fabbricato multiservizi da posizionare nell'area residuale e di alcun pregio del giardino nella parte gravante su largo G. Capone e migliorare la fruibilità, le pertinenze, la sicurezza della scuola dell'infanzia con la razionalizzazione dell'area e del corpo di fabbrica indicato come F5.

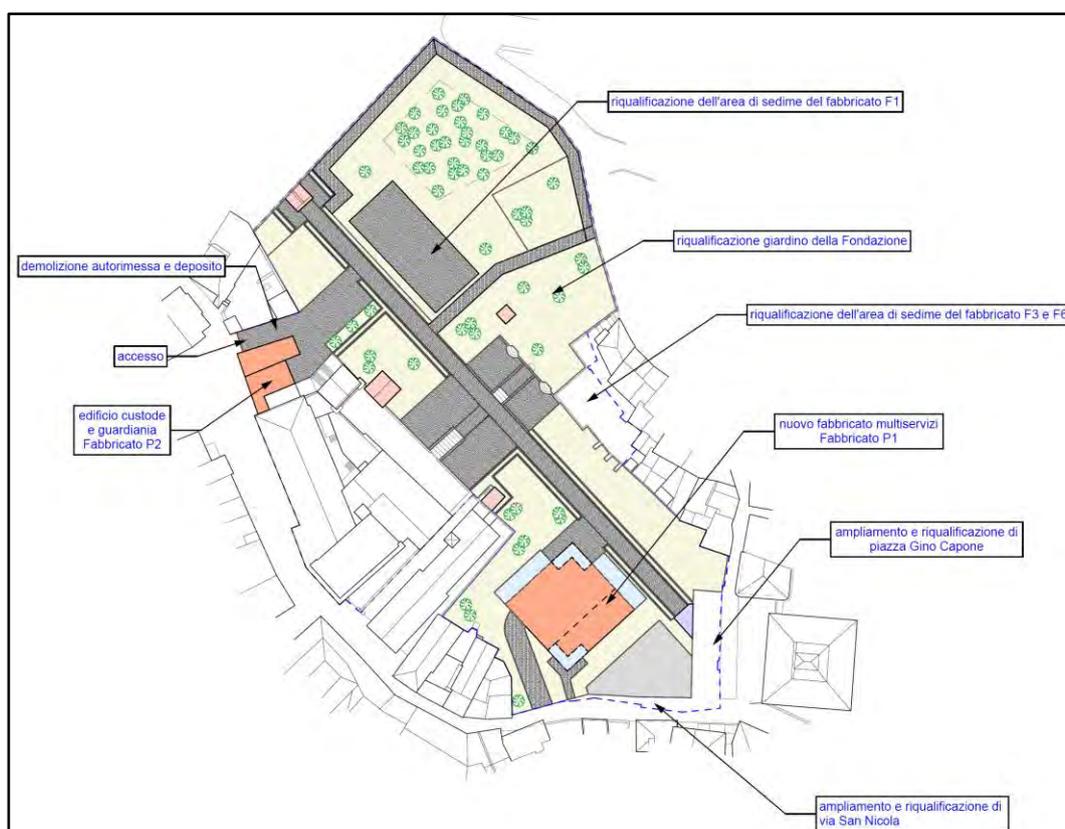


Figura 2: Proposta di intervento

La progettazione e riqualificazione degli interventi specifici riguardanti la sola fondazione è rivolta a:

1. realizzare una costruzione con valenza poli-funzione nell'ambito delle compatibilità previste dallo strumento urbanistico;
2. riqualificare le aree oggetto delle costruzioni da demolire con riammagliamenti con le aree circostanti (reinserimento nel giardino);
3. valorizzazione degli spazi verdi (giardino);
4. riqualificare le aree d'ingresso alla scuola dell'infanzia con la creazione di un porticato molto più ampio dell'esistente;
5. realizzare un corpo di fabbrica destinato a guardiana con annessi locali depositi a fianco del porticato della scuola.

Nelle premesse precedenti, gli obiettivi del presente studio sono tesi a:

- Ricostruire e comprendere lo stato delle conoscenze sull'area interessata dagli interventi in progetto;
- Definire e rappresentare le caratteristiche geologico-stratigrafiche, geologico-strutturali, idrogeologiche, geomorfologiche, geomeccaniche, geotecniche e sismiche delle aree;
- Definire la compatibilità idro-geologica delle previsioni urbanistiche attuative con gli strumenti di pianificazione di bacino vigenti.

Per l'inquadramento geologico di dettaglio dell'area si è fatto riferimento, oltre che alle indagini geognostiche, in sito e di laboratorio, di carattere storico disponibili per l'area, alle seguenti indagini eseguite "ex novo":

*A) INDAGINI GEOGNOSTICHE, PROVE IN SITU E PROVE DI LABORATORIO*

- n° 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti rispettivamente a 25 m. dal p.c e 10 m. dal p.c.;
- n. 3 prove SPT in foro;
- Allestimento piezometro a tubo aperto sino alla profondità di 20 m dal p.c. per monitorare l'andamento della falda acquifera;
- Prove di laboratorio geotecnico su n. 1 campione significativo ed indisturbato prelevato nel forl di sondaggio (caratteristiche fisiche generali, granulometria, prova di taglio diretto CD, prova edometrica);

*B) INDAGINI GEOFISICHE*

- n. 1 indagine sismica a rifrazione;
- N. 2 misure HVSR eseguite secondo la tecnica di Nakamura;

I certificati di dette indagini sono allegati alla presente relazione.

Delle indagini storiche disponibili si è adoperato il risultato di una prospezione sismica di tipo MASW realizzata nel 2016 lungo il bordo orientale del lotto, nella porzione morfologicamente più elevata, utile a definire la zonazione in prospettiva sismica.





## 2. INQUADRAMENTO GENERALE AREA DI STUDIO

### 2.1 Inquadramento geologico

#### Inquadramento geologico - strutturale.

Dal punto di vista geologico il comprensorio in esame ricade all'interno del Foglio n.186 (Sant'Angelo dei Lombardi) della Carta Geologica d'Italia 1 – 100.000 e nel Foglio n.450 della più recente e dettagliata Carta Geologica d'Italia 1 – 50.000 realizzata dal gruppo di lavoro dell'ISPRA nell'ambito del progetto CARG.

Dall'esame delle suddette cartografie emerge subito che la conca di Montella si localizza in prossimità del margine orientale delle falde calcaree della catena appenninica, in una depressione strutturale il cui substrato è costituito dai termini calcarei ribassati, presumibilmente sovrascorsi dalle unità interne (argille varicolori) e d'avanfossa, ricoperti da terreni quaternari di diversa natura.

La cartografia geologica ufficiale 1 – 100.000 riporta la diffusa presenza di depositi detritico-alluvionali (brecce di versante e ghiaie conoidee) ammantati da coltri piroclastiche al di sotto dei quali è presente un substrato calcareo sovrascorso dalle unità irpine attribuite al Miocene Inf..

Ben diverso è il dettaglio della cartografia 1 -50.000 la quale, oltreché distinguere in maniera esaustiva le diverse unità, sia del substrato sia quaternarie, fornisce utili particolari circa la dislocazione dei principali lineamenti tettonici e circa l'assetto geometrico-giaciturale delle unità del substrato.

Per inquadrare efficacemente un tale quadro geologico così articolato e complesso è dunque opportuno analizzare l'evoluzione tettonica e strutturale in ottica di regionale in quanto gli eventi che hanno generato l'attuale assetto geologico dei luoghi sono connessi a quelli che hanno generato l'assetto geologico-strutturale della Campania e più in generale dell' Appennino Meridionale.

La regione Campania può essere definita come un dominio geologico - strutturale complesso a falde di ricoprimento derivanti dallo scollamento e raccorciamento delle coperture sedimentarie depositatesi nei domini paleogeografici settentrionali del margine della placca africano – adriatica e trasportati verso l'avampaese a cominciare dall'Oligocene superiore (ca. 30 milioni di anni fa). In particolare la Campania comprende la zona di giunzione tra i segmenti molisano-sannitico e campano-lucano, i cui archi subirono gli ultimi trasporti orogenetici rispettivamente nel Pliocene superiore (ca. 3 milioni di anni fa) e nel pleistocene inferiore (ca. 1,8 milioni di anni fa). Tali archi si congiungono a Nord della piega sinforme dell'Ofanto; in tale zona infatti le strutture ad andamento O.N.O – E.S.E. del segmento campano-lucano (più recenti) tagliano le strutture ad andamento N.N.O – S.S.E. del segmento molisano-sannitico.

In tale quadro l'assetto strutturale del comprensorio in esame è frutto di una serie di eventi tettonici, avvenuti fra il Miocene ed il Pliocene, che hanno comportato l'accavallamento delle preesistenti unità paleogeografiche di età mesozoica verso l'avampaese apulo.

In Campania è inoltre possibile distinguere tre macro ambiti morfologici; un settore montuoso caratterizzato da altopiani e versanti rettilinei, un settore collinare caratterizzato da dolci morfologie concavo – convesse, ed un settore costiero, caratterizzato dalla presenza di ampie depressioni strutturali attualmente occupate dai depositi di colmata di natura alluvionale e piroclastica.

Altro elemento di particolare importanza nella comprensione dell'evoluzione geologica del territorio è la presenza di quattro importanti centri vulcanici: il Roccamonfina, il complesso Somma - Vesuvio, i Campi Flegrei, ed il centro vulcanico dell'Isola d'Ischia.

Durante il Terziario la piattaforma campano-lucana inizia la fase di sollevamento fagliandosi in più parti (faglie con direzione appenninica ed antiappenninica prevalente e subordinatamente N-S e E-O). Successivamente durante il Langhiano (ca. 15 MA) un'estesa trasgressione marina interessa tutta la piattaforma la quale comporta l'impostazione sulle coltri di ricoprimento, in avanzamento ed in sollevamento, di bacini a sedimentazione terrigena con deposizione di sedimenti in facies di Flysch.



Nel Tortonianiano (ca. 10 MA) una fase tettonica sposta verso Est la piattaforma campano-lucana e relativi bacini di sedimentazione. Tra il Messiniano ed il Pliocene (fino a 5 MA) si ha la chiusura del bacino del Mediterraneo e la cosiddetta crisi di salinità caratterizzata da un livello basale evaporitico. Nel Pliocene (da 5 MA) si ha il successivo arresto della sedimentazione ed il completo sollevamento dei livelli calcarei e conseguentemente dell'intera catena che si presenta come un vasto altopiano; infatti l'intero Appennino Meridionale è interessato da una violenta crisi tettonogenetica per la quale la linea di costa arretra verso Ovest molto oltre i confini attuali.

Ulteriore elemento di controllo sulla già complessa evoluzione tettonica è rappresentato, ca. 8 milioni di anni fa, dall'apertura del bacino Tirrenico cosicché mentre il fronte della catena continua ad essere interessato da una tettonica compressiva il fronte occidentale ed il bacino tirrenico sono interessati da una tettonica distensiva.

Tra il Pliocene superiore ed il Pleistocene inferiore (ca. 1,8 MA) la compensazione isostatica comporta un ulteriore forte sollevamento della catena appenninica con la formazione di un importante sistema di faglie sia dirette, sia trascorrenti, ad andamento appenninico (NO-SE).

Tra il Pleistocene inferiore ed il Pleistocene medio (fino a ca. 0,7 MA) il margine tirrenico dell'Appennino è disseccato da faglie dirette ad andamento appenninico ed antiappenninico che hanno comportato dislocazioni verticali all'interno della catena verso il Tirreno e la formazione di ampie e profonde pianure (Piana Campana e Piana del Sele) e bacini minori e piccole pianure alluvionali, mentre i sistemi di faglie (block faulting) avrebbero determinato piccoli bacini intramontani e conche endoreiche (Piana del Dragone, Piani di Verteglia, Piana di Laceno), paralleli alle strutture compressive precedenti ed a volte impostati direttamente sulle stesse linee tettoniche.

Nel tardo Pleistocene, a seguito dell'ultima importante crisi tettonica, che ha provocato ulteriori rigetti verticali di alcune decine di metri, le aree depresse vengono colmate dai materiali calcarei provenienti sia dalla disgregazione crioclastica (falde detritiche), la quale comporta anche la conseguente recessione dei versanti secondo profili rettilinei (versante di Richter), sia dall'erosione ad opera delle acque dilavanti (formazioni conoidi), e da materiali piroclastici (vulcanismo esplosivo flegreo e vesuviano).

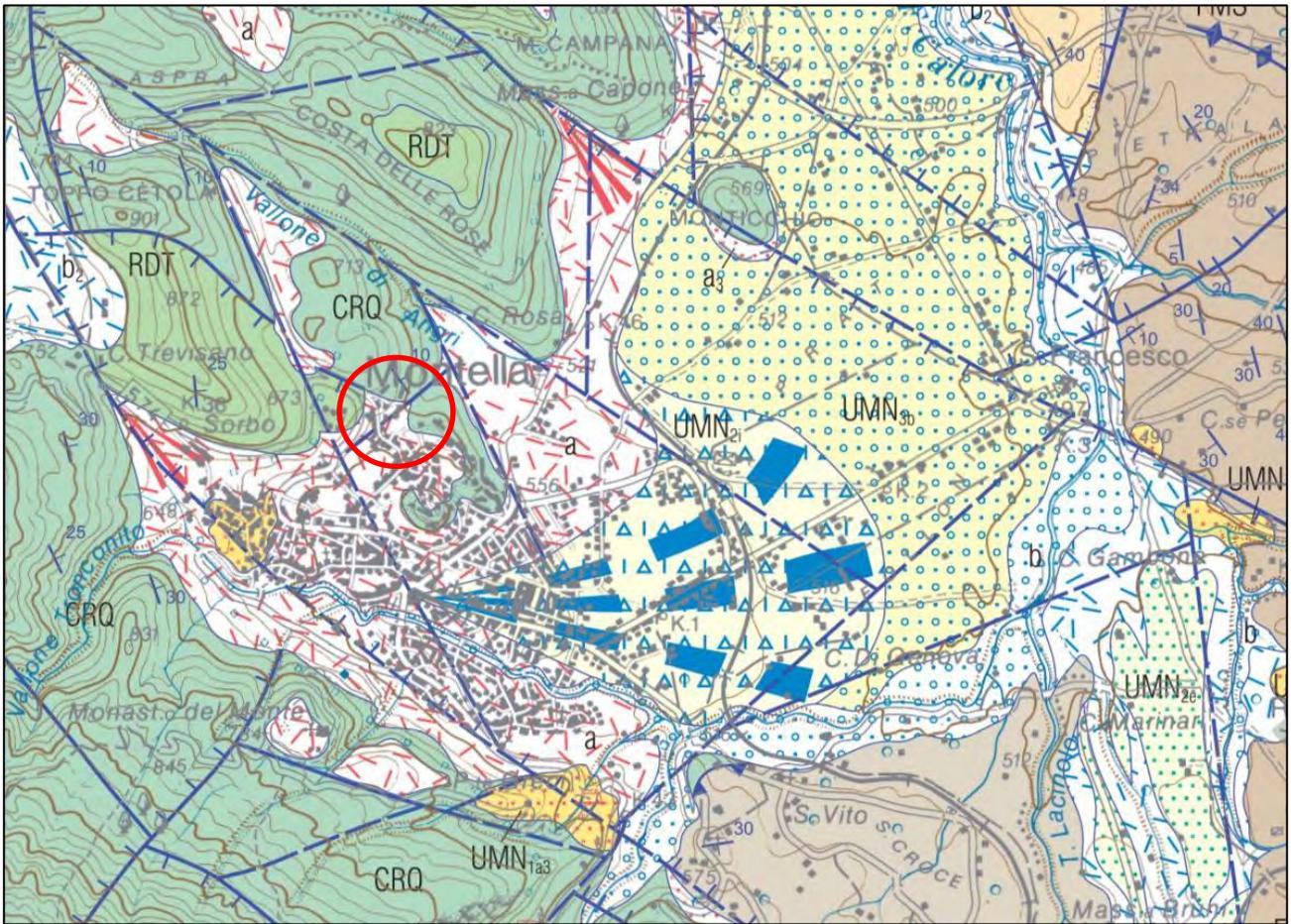
Altre strutture neotettoniche di età quaternaria sono ravisabili ad andamento E-O e N-S e sono tutt'ora sede di attività sismica.

Nel periodo attuale la catena appenninica è ancora in fase di sollevamento ed è intensamente soggetta all'erosione.

In tale quadro geologico-strutturale è ora più agevole inquadrare il comprensorio in esame.

La zona oggetto di PUA si colloca nei pressi di Piazza G. Capone, all'interno di una depressione strutturale, di ordine inferiore rispetto ai lineamenti tettonici principali, che costituisce la propaggine meridionale di M.te Mauriello, allungato in direzione NO-SE. Essa è caratterizzata da un contorno costituito da versanti calcarei che formano l'ossatura del rilievo urbano che si articola, a partire da Nord ed in senso orario, nei rioni Laurini, Spinella-Torre, Cisterna. Le linee di faglia che delimitano la depressione risultano sepolte, in superficie, dai sedimenti grossolani quaternari derivanti dalla disgregazione ed arretramento del rilievo calcareo e da quelli piroclastici derivanti dall'attività eruttiva del complesso Flegreo e Somma-Vesuvio; questi ultimi, in particolare, sono rinvenibili perlopiù in forma rimaneggiata come prodotto del dilavamento dei versanti al contorno o come deposito di antiche conoidi e/o bacini lacustri sospesi. Il substrato profondo ribassato è, localmente, calcareo.





Stralcio Foglio 450 CARG ed indicazione dell'ambito di intervento

## 2.2 Geologia aree oggetto di intervento

Le caratteristiche geologiche delle aree oggetto del PUA, unitamente a quelle geomorfologiche ed idrogeologiche, si sono ottenute attraverso un rilevamento di superficie esteso ad un intorno significativo dell'area di interesse. Si sono inoltre consultati gli elaborati grafici a corredo del P.R.G. nonché le diverse indagini effettuate in zona ed a disposizione dello scrivente.

Nell'area di interesse il substrato relativo è rappresentato da successioni calcaree di piattaforma (così come appurato nel sondaggio diretto eseguito); tuttavia non si esclude che, in zone più depresse, possano incontrarsi, termini argillosi oligocenici sovrascorsi sulle unità di piattaforma. L'interfaccia del substrato è posta a profondità variabili per la presenza di rigetti sepolti o paleoscarpate che indicano la presenza di paleovallecole sepolte dai depositi recenti; lungo il versante del quartiere Spinella, nella porzione orientale del lotto, detti terreni sono subaffioranti e sono presumibilmente ribassati, nella porzione centrale del lotto, ad opera di una faglia normale.

Al di sopra dei terreni del substrato si rinvencono terreni detritico-alluvionali grossolani e prodotti piroclastici limo-sabbiosi che hanno colmato la depressione di Via G. Capone la quale, durante il plesitocene, rappresentava una piccolo bacino lacustre sospeso nel quale confluivano i sedimenti dilavati ed erosi che ammantavano i versanti al contorno.



In tale quadro deposizionale è possibile ascrivere i terreni affioranti, o di interesse, alle seguenti unità geologiche (dalla più antica alla più recente):

- Complesso Calcereo (Ca) - *Cretacico Superiore*;
- Detrito di Falda (Df) -*Pleistocene*;
- Depositi piroclastici antichi e recenti (PYR<sub>dt</sub>- PYR<sub>is</sub>)- *Pleistocene superiore-Olocene*;

Si descrivono, nel seguito, i terreni caratterizzanti l'area di interesse :

### **Complesso Calcereo (Ca) - *Cretacico Superiore***

Si tratta di una formazione da calcarenititi e calcilutiti di età compresa tra il Lias Inferiore ed il Cretacico Superiore.

La formazione si presenta stratificata con direzione prevalente N 40° e inclinazione di ca. 20°. La composizione evidenzia una ricchezza in fossili con evidenza di gasteropodi, bivalvi e concrezioni oolitiche. Il complesso calcareo affiora nella porzione orientale del lotto per mezzo di una dislocazione verticale per mezzo di una presunta faglia diretta che ne ha ribassato il top nella porzione assiale del giardino Capone.

Costituiscono il locale substrato geologico relativo.

### **Detrito di Falda (Df) -*Pleistocene***

E' costituito da ghiaie calcaree a spigoli vivi in scarsa matrice sabbiosa. E' possibile riconoscere termini antichi (pseudocementati) e più recenti (sciolti) attribuibili alla surrezione mediante fagliazione verticale diretta della monoclinale Spinella-Torre; il ribassamento per faglia subverticale lungo il lato di P.zza G. Capone (con rigetti poco rilevanti di alcune decine di metri) ha determinato la produzione di una discreta quantità di detrito calcareo-clastico rivenibile nei sondaggi come interfaccia con il locale substrato calcareo. La giacitura del deposito segue la paleomorfologia e, verso l'alto, tende ad ibridarsi con gli antichi depositi piroclastici e con depositi detritici derivanti dalla gerarchizzazione del reticolo idrografico e conseguente formazione di conoidi detritiche.

### **Depositi piroclastici antichi e recenti (PYR<sub>dt</sub>- PYR<sub>is</sub>)- *Pleistocene superiore-Olocene*;**

Detti depositi includono i depositi piroclastici inferiori, più antichi e con rilevante componente detritica (PYR<sub>dt</sub>), e quelli più recenti, piroclastiti di pendio a prevalente componente limo sabbiosa (PYR<sub>is</sub>). L'eterogeneità litologica deriva dai processi deposizionali che possono essere ricondotti a rimaneggiamento mediante erosione e dilavamento dei versanti e deposizione in ambiente lacustre a bassa energia. In tale ottica i depositi più grossolani sono rinvenibili laddove i paleoalvei sfociavano nel fondovalle che, durante le prime fasi dell'Olocene, era occupato da un bacino lacustre-palustre.

## **2.3 Idrogeologia aree oggetto di intervento**

Per quanto attiene alle caratteristiche idrogeologiche dei terreni affioranti e descritti in inquadramento è possibile distinguere la permeabilità dei terreni affioranti in:

- terreni permeabili per fratturazione e carsismo
- terreni permeabili per porosità
- terreni a permeabilità mista o variabile da strato a strato
- terreni impermeabili



I terreni piroclastici di copertura costituiscono un acquifero non omogeneo a causa dell'intercalarsi di strati a varia granulometria dei quali solo quelli ad elementi più grossolani consentono una filtrazione apprezzabile dell'acqua.

Un ruolo fondamentale nella circolazione idrica sotterranea è costituito dal grado di alterazione dei terreni argillificati i quali fungono da impermeabile relativo non solo nei confronti dei terreni granulometricamente più grossolani (es. sabbie piroclastiche) ma anche rispetto ai terreni non del tutto argillificati. Tale situazione può originare, in occasione di eventi pluviometrici particolarmente intensi e/o prolungati, temporanei accumuli idrici sospesi che, quando presenti, possono innescare soluzioni di continuità ed interscambi idrici sia in senso areale che verticale.

I terreni piroclastici, in virtù del loro vasto assortimento granulometrico, presentano una permeabilità per porosità altamente variabile che condiziona oltremodo le potenzialità della falda acquifera; infatti in corrispondenza dei livelli più o meno rimaneggiati e/o argillificati, il grado di permeabilità è estremamente basso ( $10^9 < k < 10^4$  m/s), i terreni sabbioso-limosi presentano un grado di permeabilità medio ( $10^4 < k < 10^2$  m/s), di contro i livelli a prevalenza detritica presentano un grado di permeabilità molto elevato ( $k > 10^2$  m/s).

Da osservare che il rimaneggiamento delle piroclastiti superficiali rappresenta un ostacolo per l'infiltrazione delle acque meteoriche per cui è possibile assumere un coefficiente di infiltrazione potenziale pari al 10% del deflusso idrico (CIP= 10%Q).

La formazione detritica risulta permeabile per porosità con un grado di permeabilità molto elevato ( $k > 10^2$  m/s).

I calcari mesozoici basali, che costituiscono il substrato profondo al di sotto delle formazioni di copertura, sono invece caratterizzati da una fitta rete di fratture che, benché spesso riempite di calcite spatica, presentano a grande scala un sistema fessurativo sempre beante. In tale quadro i giunti di stratificazione e quelli di fratturazione rappresentano vie preferenziali di scorrimento della falda basale che viene drenata dagli adiacenti complessi idrogeologici carbonatici dopo essere stata suddivisa in diversi corpi idrici di notevole entità in corrispondenza di spartiacque sotterranee generati da cause tettoniche. Tali litotipi basali rappresentano dunque l'acquifero di base altamente permeabile per fessurazione e per carsismo ( $k > 10^2$ ) con coefficiente di infiltrazione molto elevato (CIP=90%Q)

Considerando l'assetto geostatigrafico si assiste ad un incremento del grado di permeabilità con la profondità per cui sono favoriti i fenomeni di travaso idrico sotterraneo profondo e percolazione verso la falda basale, favoriti dall'accostamento latero-verticale dei terreni carbonatici. La circolazione idrica sotterranea avviene dunque secondo uno schema complesso a falde sovrapposte per cui ad una falda basale sostanzialmente stabile alimentata soprattutto per via indiretta dalle strutture carbonatiche adiacenti, bisogna aggiungere la presenza di possibili locali falde episuperficiali all'interno della coltre piroclastica superficiale laddove siano presenti lenti o sacche granulometricamente favorevoli. Le falde episuperficiali sono caratterizzate da una notevole variabilità temporale in relazione agli apporti meteorici ed in genere, a causa della scarsa continuità laterale degli orizzonti meno permeabili, convergono nell'unica falda di base con una cadente piezometrica variabile a seconda delle caratteristiche granulometriche o di fessurazione dei terreni attraversati.

I risultati delle misurazioni freatiche evidenziano, in ogni caso, l'assenza di falda idrica sino alle profondità di interesse; tuttavia si ribadisce che la presenza di calcari molto permeabili accostati lateralmente ai terreni piroclastici, determina la possibilità di saturazione repentina dei terreni piroclastici di fondovalle che, laddove in contatto con terreni maggiormente permeabili (es. Riporti e riempimenti di vuoti tecnici con materiale detritico), potrebbe comportare l'instaurarsi di falde episuperficiali sospese conseguenti eventi pluviometrici particolarmente intensi o prolungati che potrebbero causare una discreta cadente piezometrica all'interno di eventuali piani interrati.



## 2.4 Geomorfologia aree oggetto di intervento

La geomorfologia dell'area è fortemente condizionata dagli episodi di modellamento del territorio susseguitisi dal tardo pleistocene al periodo attuale con particolare riferimento alla segmentazione del rilievo per opera della tettonica recente e dell'attività vulcanica che ha ammantato i rilievi e colmato le depressioni. A ciò va aggiunto il contestuale modellamento subaereo ad opera, principalmente, delle acque dilavanti la cui intensità è subordinata alle oscillazioni climatiche pleistoceniche.

L'assetto geomorfologico è localmente rappresentato dalla presenza di un glacis di accumulo di fondovalle con quota media di ca. 593-594 m slm, delimitato da faglie normali, orientato in direzione E-O ed incassato tra i rilievi calcarei del Rione Carmine, Laurini, Spinella e Cisterna. Detti rilievi presentano una porzione sommitale rettilinea con versanti regolari che, nella parte basale di raccordo con il fondovalle, presenta una lieve componente di raccordo prima brecciode e poi eluvio-colluviale che comporta un profilo morfologico concavo.

L'evoluzione morfologica dell'area ha seguito le vicissitudini tettoniche recenti con arretramento piano-parallelo dei versanti secondo il modello di Richter fino a raggiungere la configurazione attuale; la produzione di detrito prima e di prodotti eluvio colluviali poi, ha colmato la depressione tettonica con instaurarsi di un piccolo bacino lacustre sospeso entro il quale confluivano, nel tardo pleistocene sino all'olocene, le acque ruscellanti. I prodotti di colmata del bacino lacustre hanno dunque addolcito il profilo di raccordo e reso sub-pianeggiante il fondovalle.

Da segnalare che il Casale Laurini è storicamente è stato soggetto a fenomeni alluvionali l'ultimo dei quali occorso nell'Ottobre 2003; in seguito a forti piogge esso veniva interessato da un flusso di tipo water-flood urbano per ostruzione e sottodimensionamento del bypass idraulico, di una cunetta a monte, che avrebbe dovuto convogliare le acque che precedentemente defluivano all'interno di un vallone trasformato in strada (morfotipo vallecola a fondo concavo sospesa). L'evento ha comportato il riversarsi in Piazza G. Capone di una lama di acqua e detrito avente un'altezza di ca. 0.5 m nel periodo di massima piena (l'altezza nel tratto aperto e pianeggiante è notevolmente ridotta rispetto a quella lungo la parte scoscesa con sezione ristretta lungo Via Laurini).

Tale situazione di pericolosità geomorfologica si genera più a Nord, laddove il vallone che drena le acque di un bacino sotteso a Toppa Cetola, in seguito a forti precipitazioni, si immette nel pianoro di "Panno" perdendo il reticolo idrografico originario, completamente obliterato dalla costruzione della strada Mortale-Tauri e successiva immissione nella strada alveo che conduce al Casale Laurini; a dette acque si aggiungono quelle drenate dalle cunette della SP 574 che confluiscono anche esse nel medesimo punto e attraverso una tubazione, vengono immesse nel vallone tributario in destra del Vallone Angri.

In conseguenza di tale configurazione urbana, anomale portate vengono convogliate nei punti di crisi CP043\_102 e CP043\_103 (cfr. Piano di Protezione Civile Intercomunale) con possibilità di ostruzioni e conseguenti tracimazioni con immissione delle portate non smaltite lungo la locale strada comunale e verso il centro abitato a partire dal rione Laurini; tali situazioni di criticità possono attuarsi anche in condizioni di flusso cosiddetto ordinario all'interno del vallone in quanto le sezioni di imbocco degli attraversamenti e dei tratti tombati mostrano in genere un cattivo grado di manutenzione, non ultimo il fatto che l'imbocco del tratto tombato in prossimità di Via Laurini è posto alla base di una scoscesa scarpata che genera una non trascurabile quantità di detrito che occupa stabilmente parte del cunettone con evidente riduzione della sezione idraulica. In tale zona, nell'ottobre dell'anno 2003, si sono verificati degli eventi di tipo water-flood che hanno invaso via Laurini provocando notevoli danni proprio a partire dai punti di crisi CP043\_102 e CP043\_103 secondo le dinamiche precedentemente descritte.

In ragione della dinamica geomorfologica riscontrata e delle evidenze storiche del water-flood del 2003 si è cartografata come conoide detritico-alluvionale quiescente la porzione di Via Laurini interessata dagli eventi suddetti ancorchè tale dinamica non sia del tutto naturale ed abbia delle evidenti ingerenze antropiche.





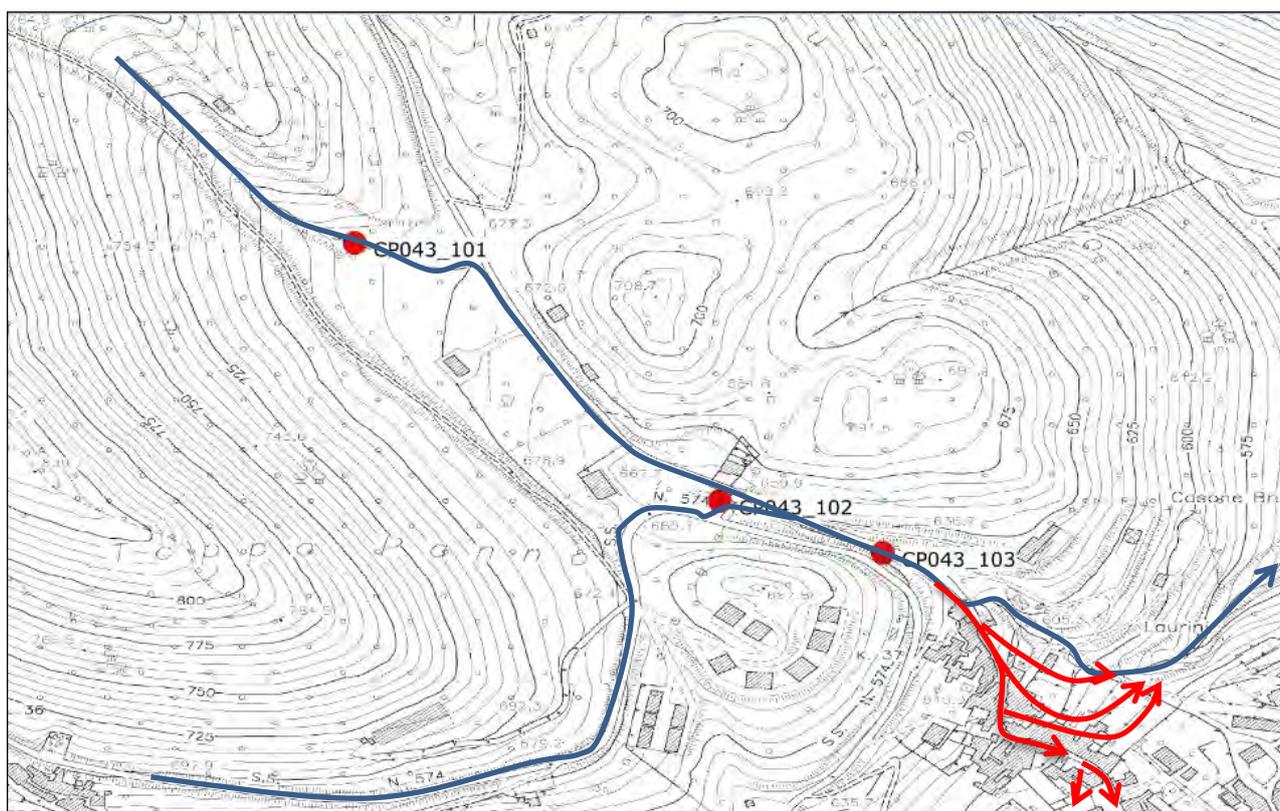


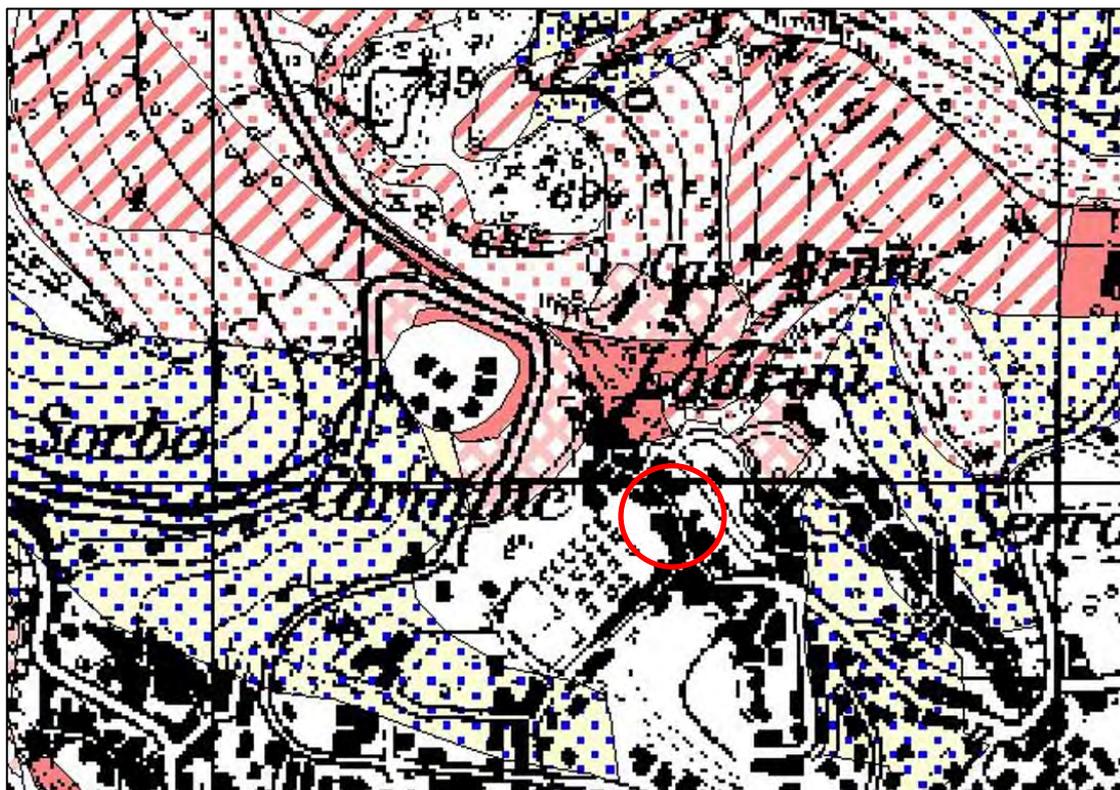
Figura. Stralcio CTR 2005 1:5.000 con indicazione dei Punti di Crisi individuati a nord del centro abitato e percorso delle acque in situazione ordinaria (blu) e straordinaria per eventi di water-flood (rossa)

La situazione descritta è riportata anche nella carta del rischio frana redatta dall'AdB Liri-Garigliano -Vulturno nella quale le aree a rischio R4 - A4 e Apa (rispettivamente indicate in rosso, tratteggio rosso, puntinato rosso) interessano la parte alta del Casale Laurini, negli immediati dintorni del vallone e la porzione in testata del vallone tributario dell'Angri. La morfologia della "zona rossa" richiama quella del conoide detritico alluvionale per cui il fenomeno atteso e la colata detritico-fangosa ancorchè, come detto precedentemente, tali fenomeni assumono oggi le caratteristiche dei flash flood urbani o dei flussi iperconcentrati, caratterizzati dunque da minor contenuto solido e maggiore mobilità rispetto ai "debris flow".

Per meglio inquadrare l'area in questione all'interno della cartografia del rischio si sono sovrapposti gli shapefile del rischio con una base ortofotografica attuale (cfr. figure successive), dalla sovrapposizione appare evidente come l'area non sia intersecata situazioni di rischio potenziale.

Committente: Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S. E G. Capone

Oggetto: Piano Urbanistico Attuativo – RIQUALIFICAZIONE BENI DELLA FONDAZIONE OPERA PIA ASILO INFANTILE "S. e G. CAPONE" SITI IN MONTELLA IN LARGO GARZANO - VIA SAN NICOLA-VIA SPINELLA"



Carta del Rischio Frana redatta dall'AdB Liri-Garigliano-Volturno



Sovrapposizione shapefile rischio e ortofoto



## 2.5 Inquadramento geosismico

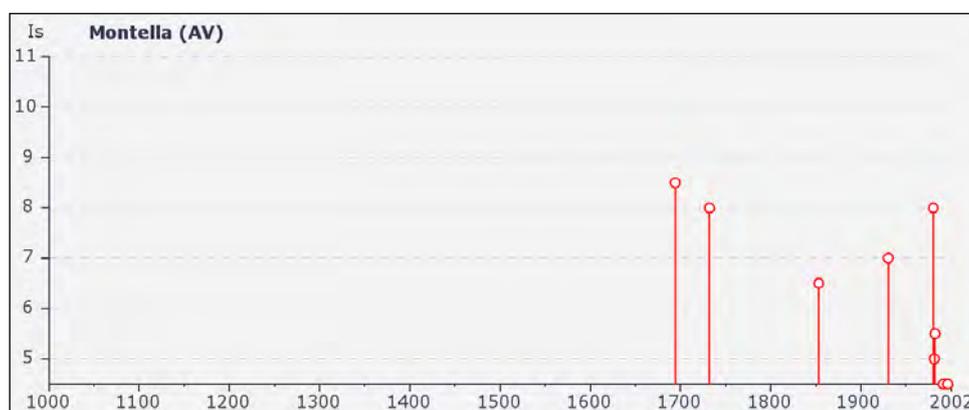
La sismicità della zona, attualmente catalogata in II categoria, in seguito ai dati ottenuti successivamente al sisma del 1980 è risultata intimamente collegata all'attività di individuate "strutture sismogenetiche", linee tettoniche entro le quali, in profondità, sono ubicati i fuochi dei terremoti che nel passato hanno interessato l'area. Una di queste in particolare, orientata in direzione NW-SE che dalla zona di Isernia si spinge sino all'Alta Valle del Noce attraversando la Valle dell'Ofanto, risulta interessare da vicino il territorio di Montella per cui non è da escludere che in futuro possano verificarsi nella zona sismi di intensità e durata paragonabili all'evento del 1980.

L'esame del database macrosismico curato dall'I.N.G.V. fornisce, per il Comune di Montella, un totale di 13 osservazioni (dal 1694 al 1996) corrispondenti ad altrettanti eventi sismici i cui risultati possono essere sintetizzati come di seguito descritto:

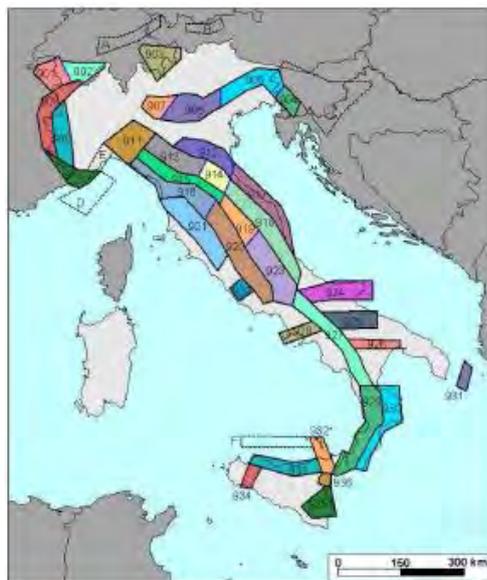
Storia sismica di Montella (AV) [40.842, 15.018]

Osservazioni disponibili: 13

Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Io	Mw	Rt	Rt1
8-9	1694	09	08	11	40		Irpinia-Basilicata	10-11	6.87	CFTI	BOA997
8	1732	11	29	07	40		Irpinia	10-11	6.61	CFTI	BOA997
8	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	10	6.89	CFTI	BOA997
7	1930	07	23		08		Irpinia	10	6.72	CFTI	BOA997
6-7	1853	04	09	12	45		Irpinia	9	5.90	CFTI	BOA997
5-6	1982	08	15	15	09	54	VALLE DEL SELE	6	4.76	BMING	BMING
5	1981	02	14	17	27	45	BAIANO	7	4.91	BMING	BMING
4-5	1991	05	26	12	25	59	POTENTINO	7	5.22	BMING	BMING
4-5	1996	04	03	13	04	35	IRPINIA	6	4.92	BMING	BMING
4	1982	03	21	09	44	2	MARATEA	7-8	5.20	CFTI	BOA997
4	1990	05	05	07	21	17	POTENTINO	7	5.84	BMING	BMING
3	1905	09	08	01	43	11	Calabria	11	7.06	CFTI	BOA997
3	1984	05	07	17	49	42	Appennino abruzzese	8	5.93	CFTI	BOA000

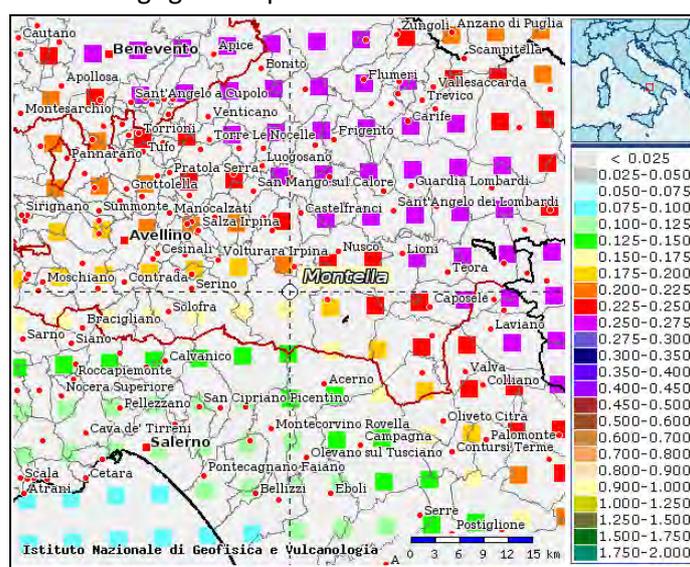


Dal punto di vista macrosismico la zonazione sismo genetica ZS9, che riprende ed in parte modifica la precedente macrozonazione ZS4 rappresenta il riferimento sismotettonico e geodinamico da cui vengono poi elaborate le mappe di pericolosità sismica su bedrock in tutto il territorio nazionale. All'interno della ZS9 le diverse zone sismotettoniche contenenti le sorgenti sismogenetiche sono indicate con un numero. In particolare l'appennino meridionale è condizionato principalmente dalla zona sismogenetica 927 e in maniera minore dalle zone 925, 926 e 928.



La zona 927 include l'area caratterizzata dal massimo rilascio di energia legata alla distensione generalizzata che, a partire da ca. 0.7 Ma, ha interessato l'Appennino meridionale. La classe di profondità dei meccanismi focali è compresa tra 8-12 km per una magnitudo attesa massima non inferiore a 5.0 Md

In particolare la PGA (Peak Ground Acceleration) attesa su bedrock risulta essere compresa tra 0.150g -0.175 g. Di seguito la mappa ed i valori su griglia con passo 0.05°:



Lo stesso INGV ha prodotto mappe di pericolosità per i 10 periodi spettrali per i quali erano disponibili le stesse relazioni di attenuazione nella mappa sopra riportata. I periodi spettrali sono compresi tra 0.1 e 2 secondi. Le stime di  $S_e(T)$  sono state condotte per le stesse 9 probabilità di eccedenza in 50 anni per le quali è stato calcolato il valore di  $a_g$ . Le mappe sono disponibili all'indirizzo: <http://esse1.mi.ingv.it/d3.html>.

Inoltre di particolare interesse risulta la consultazione dei grafici di disaggregazione del valore di  $A(g)$ , ovvero dell'accelerazione attesa su suolo rigido in funzione della coppia Magnitudo-Distanza (distanza epicentrale) in quanto tali elaborati individuano una delle possibili cause di esclusione della verifica a liquefazione secondo quanto riportato dalle NTC 2018.

A tal proposito si osserva che il grafico la magnitudo media attesa (fonte INGV), stimata sulla base della disaggregazione dei dati della pericolosità sismica, ovvero valutando i contributi delle diverse sorgenti sismiche alla pericolosità del sito in esame risulta pari ad  $M = 6.24$ .

Nel caso di specie si osserva che i valori delle coppie magnitudo – distanza ed i valori medi sono i seguenti:

Distanza in km	Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 40.8248, lon: 15.0097, ID: 33212)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	0.824	2.890	3.790	3.980	3.430	2.520	1.220	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	0.565	3.150	6.110	8.750	10.100	9.880	5.900	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.086	1.060	2.940	5.100	6.990	5.360	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.036	0.706	2.040	3.700	3.190	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.065	0.625	1.570	1.210	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.144	0.641	0.553	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.239	0.275	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.084	0.147	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.076	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.035	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
6.240	19.400	1.020



Espresso in altri termini, il processo di disaggregazione fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo  $M$  a distanza  $R$  dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso. L'analisi di disaggregazione è stata condotta per l'intero territorio nazionale [INGV e DPC, 2007], per ciascuno dei vertici del reticolo già utilizzato per la definizione dei parametri della pericolosità sismica di base e in corrispondenza di differenti valori dei periodi di ritorno.

Per ciascun nodo, i risultati sono stati restituiti in termini di distribuzioni  $M-R-\epsilon$  ( $\epsilon$  rappresenta il numero di deviazioni standard per cui un dato valore di scuotimento devia da quello mediano predetto dalla legge di attenuazione assegnata una coppia  $M-R$ ) e, seguendo il suggerimento degli Autori [SPALLAROSSA e BARANI, 2008] che hanno sviluppato la procedura, è possibile assumere, come valore della magnitudo attesa, il valore più alto tra la media e la moda della distribuzione così ottenuta per il prefissato periodo di ritorno (475 anni), effettuando una scelta probabilmente poco cautelativa (del resto non esiste ancora un'indicazione specifica su quale percentile, ad esempio, assumere nella distribuzione).

In definitiva possono essere assunti come valori attesi della magnitudo media e della magnitudo moda (riferendosi ad una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni), quelli ottenuti dal processo di disaggregazione e associati alle rispettive distanze  $R$  così come illustrato di seguito:

<b>Mmedia</b>	<b>Rmedia</b>	<b>Mmoda</b>	<b>Rmoda</b>
6,25	19	6,75	15

Per cui per il sito in esame è possibile, in via cautelativa, assumere un terremoto di progetto avente una magnitudo  $M=6,75$ . Tale terremoto domina lo scenario di pericolosità sismica locale per valori di  $a(g)$  su bedrock riferiti ad un periodo di ritorno di 475 anni.

Per quanto attiene l'assetto tettonico, al contorno del lotto sono state rilevate diverse faglie normali che delimitano le dorsali calcaree dal glacis di accumulo su cui sorge il lotto di interesse, ribassato rispetto ai rilievi calcarei circostanti.

Tuttavia non si segnalano indizi di riattivazione neotettonica né tantomeno tali faglie rientrano nelle strutture sismogenetiche principali. A tale scopo la consultazione del catalogo ITHACA delle faglie capaci ha escluso l'area in questione da quelle a rischio. L'importanza di tali linamenti tettonici risiede invece nel fatto che essi sono il primo ordine di confine di aree che mostrano una diversa risposta sismica locale.



### 3. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA-STRATIGRAFICA

Come già descritto in inquadramento, il substrato relativo dell'area di interesse è rappresentato da successioni calcaree di piattaforma che risultano affioranti al contorno del lotto e ribassate "a gradinata" al suo interno e colmate dai depositi quaternari; il mutuo intersecarsi delle presunte zone di faglia crea rapporti geostratigrafici non sempre facilmente risolvibili con alcuni lineamenti tettonici sigillati dal quaternario.

L'assetto geologico e stratigrafico è riportato nell'allegata carta geolitologica con indicazione di alcune sezioni significative dedotte dai sondaggi eseguiti, dal profilo sismico a rifrazione e dalle prospezioni sismiche HVSR; queste ultime, in particolare, riportano un picco H/V riconducibile al substrato calcareo a profondità che aumentano repentinamente da sud a nord del lotto. Ciò è imputabile ad un profilo a V del substrato calcareo molto accentuato e, in modo presumibilmente concomitante, alla presenza di una faglia normale sepolta che ribassa ulteriormente il substrato sul lato nord; quest'ultima ipotesi confermerebbe dunque una soglia morfologica per l'instaurarsi di un bacino lacustre successivamente scomparso per arretramento ed erosione dello sbarramento ad Est all'altezza del vallone che separa il casale Torre dal Casino Bruni.

Per quanto attiene alle aree di nuova edificazione, il sondaggio S1, condotto sino a 25 m dal p.c., ed il sondaggio S2, terebrato sino a 10 m dal p.c. hanno fornito la seguente stratigrafia:

Stratigrafia S1 (distanza in m. dal p.c.):

QUOTA BOCCAFORO: 594 m s.l.m.

COORDINATE GEOGRAFICHE (WGS 84):

**Latitudine: 40.84650 °**

**Longitudine: 15.01856 °**

- 0.0 – 2.4: Terreni vegetale (Tv)  
Terreno vegetale di colore bruno scuro ad affinità sabbiosa di origine piroclastica includente pezzame litico calcareo a spigoli vivi e materiali di riporto. Umido. Sciolto.
- 2.4 – 3.9 Terreni piroclastici limo-sabbiosi - (PYR<sub>LS</sub>)  
Limi sabbiosi di origine piroclastica parzialmente rimaneggiati di colore marrone scuro scarsamente addensati, umidi.
- 3.9 – 19.0 : Terreni piroclastici limosi argillificati – (PYR<sub>L</sub>)  
Limi debolmente sabbiosi soggetti a fenomeni di argillificazione di colore marrone chiaro-rossiccio, umidi, compatto (Cu 0.5- 1 MPa da prove manuali). Sono terreni mediamente consistenti a comportamento pseudocoesivo.
- 19.0-24.0: Detrito di falda - (Df)  
Brecce calcaree eterometriche a spigoli vivi non cementate in matrice sabbioso-calcareo di colore bianco-grigio. Sciolto. Umido. Fini non plastici.  
*GW-GM classificazione USCS (well graded gravel with silt and sand)*
- 24.00 – 25.0: Bedrock calcareo – (Ca)  
Calcarenite grigiastra lito-bioclastica. RQD 40%. Alterazione debole (surface staining). UCS R5 (100-250 MPa)

Note:

1) *Piezometro a tubo aperto 0-20 m → Falda assente*

2) *SPT:*

- 4.50-4.95 . colpi 4-4-9
- 8.0-8.45 colpi 5-7-12
- 12.0-12.45 colpi 6-9-13



3) *prelievo campione indisturbato*

C1: 4.0 -4.5 m dal p.c.

Prove laboratorio geotecnico →

C1: *Granulometria (setacciatura e sedimentazione) e caratteristiche fisiche generali, Prova Taglio diretto CD, Prova edometrica.*

Stratigrafia S2 (distanza in m. dal p.c.):

QUOTA BOCCAFORO: 594 m s.l.m.

COORDINATE GEOGRAFICHE (WGS 84):

**Latitudine: 40.84665°**

**Longitudine: 15.01833°**

- 0.0 – 2.1: Terreni vegetale (Tv)  
Terreno vegetale di colore bruno scuro ad affinità sabbiosa di origine piroclastica includente pezzame litico calcareo a spigoli vivi e materiali di riporto. Umido. Sciolto.
  - 2.1 – 4.0 Terreni piroclastici limo-sabbiosi - (PYR<sub>LS</sub>)  
Limi sabbiosi di origine piroclastica parzialmente rimaneggiati di colore marrone scuro scarsamente addensati, umidi.
  - 4.0 – 10.0 : Terreni piroclastici limosi argillificati – (PYR<sub>L</sub>)  
Limi debolmente sabbiosi soggetti a fenomeni di argillificazione di colore marrone chiaro-rossiccio, umidi, compatto (Cu 0.5- 1 MPa da prove manuali). Sono terreni mediamente consistenti a comportamento pseudocoesivo dotati di coesione apparente.
- **Strato 1. 0.0-3.9 m dal p.c. → Terreni piroclastici sciolti:** Trattasi di materiali vulcanici di natura piroclastica a consistenza limo-sabbiosa di colore prevalentemente marrone scuro pedogenizzati e riportati entro i primi 2 m. Il loro spessore, incluso il terreno vegetale e/o una coltre di terreni di riporto di ca. 4 m.
- **Strato 2. 3.9-19.0 m dal p.c. → Terreni piroclastici mediamente addensati:** Trattasi di piroclastiti da caduta incoerenti rimaneggiate di colore marrone rossastro con inclusioni pumicee a granulometria prevalentemente limosa. La grande alterabilità del deposito da parte degli agenti esterni ne ha determinato la parziale argillificazione
- **Strato 3. 19.0- 24.0 m dal p.c. → Detrito di falda:** Ghiaie calcaree a spigoli vivi in matrice sabbiosa grossolana da sciolte a pseudocementate.
- **STRATO 4. >24.0 m dal p.c. → Substrato calcareo:** Calcarene grigiastra lito-bioclastica. RQD 40%. Alterazione debole (surface staining). UCS R5 (100-250 MPa)

La presenza di una formazione superficiale composta da accumuli di vario spessore di terreni di riporto rimaneggiati e sabbie limose, sovrapposta a piroclastiti limose argillificate, può determinare l'instaurarsi di un falda freatica stagionale superficiale che, in corrispondenza di eventi meteorici di elevata intensità, potrebbe oscillare con valori non trascurabili con possibili.

I livelli limosi, a causa della loro scarsa permeabilità, fungono infatti da impermeabile relativo sia al tetto rispetto alla circolazione in pressione nei livelli grossolani profondi, sia al letto delle sabbie piroclastiche superficiali.

La probabile presenza di tale corpo idrico superficiale, che assume le caratteristiche di una vera e propria falda acquifera, è da relazionare con le perdite delle opere di adduzione e smaltimento delle acque potabili, piovane e reflue che si infiltrano negli orizzonti maggiormente granulari e poco coesivi costituenti i terreni di riporto e dai travasi idrici sotterranei dagli adiacenti complessi calcarei; la consistenza del corpo idrico



potrebbe aumentare in corrispondenza di eventi meteorici particolarmente intensi e prolungati in cui le acque si infiltrano nel sottosuolo incrementandone la portata.

Problemi geotecnici e scelte tipologiche.

Il modello geologico emerso dalle indagini condotte ha posto in evidenza quanto segue:

- Il sito nel complesso è da ritenere stabile nei confronti dei fenomeni gravitativi;
- Il profilo litostratigrafico previsto è essenzialmente composto da uno strato superficiale (mediamente 3.5 – 4.0 m) di terreni sciolti ad affinità piroclastica e granulometria sabbioso-limosa variamente riportati e di scarsa qualità per quanto attiene le caratteristiche di resistenza. Detti terreni sono in appoggio su terreni piroclastici addensati parzialmente argillificati e rimaneggiati a loro volta in appoggio su una interfaccia detritico clastica che segna il passaggio con il bedrock calcareo.
- La falda acquifera è assente sino ai 20 m dal p.c.; è possibile l'instaurarsi di circolazione idrica episupeficiale di tipo occasionale.
- Per quanto attiene i terreni piroclastici di copertura si ravvisa che il loro grado di coesione è legato al grado di saturazione ed alla suzione (coesione apparente), la coesione tende così a decrescere rapidamente con il diminuire del grado di saturazione, per tale motivo il comportamento geotecnico è assimilabile ai terreni attritivi.

L'assetto geostratigrafico, al netto delle deduzioni derivanti dalle indagini disponibili e dalle considerazioni precedentemente espresse è riportato nella sezione longitudinale in allegato.

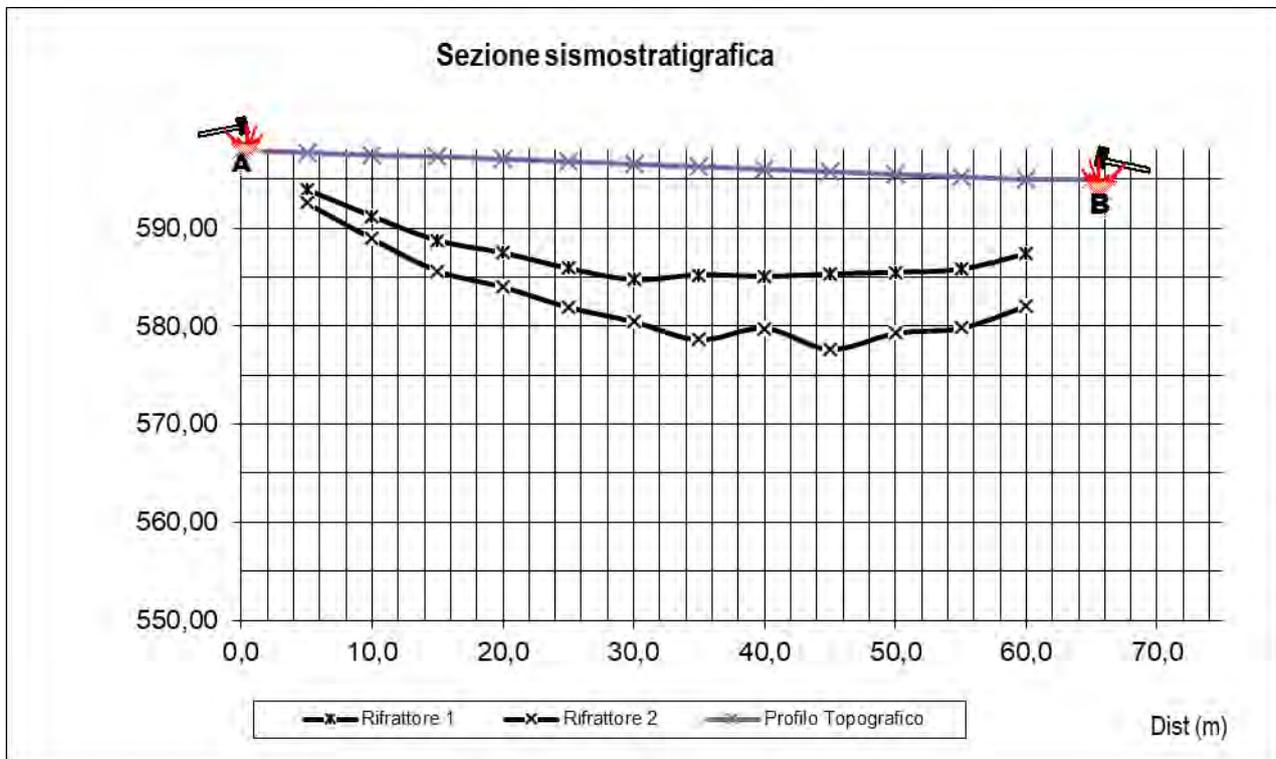
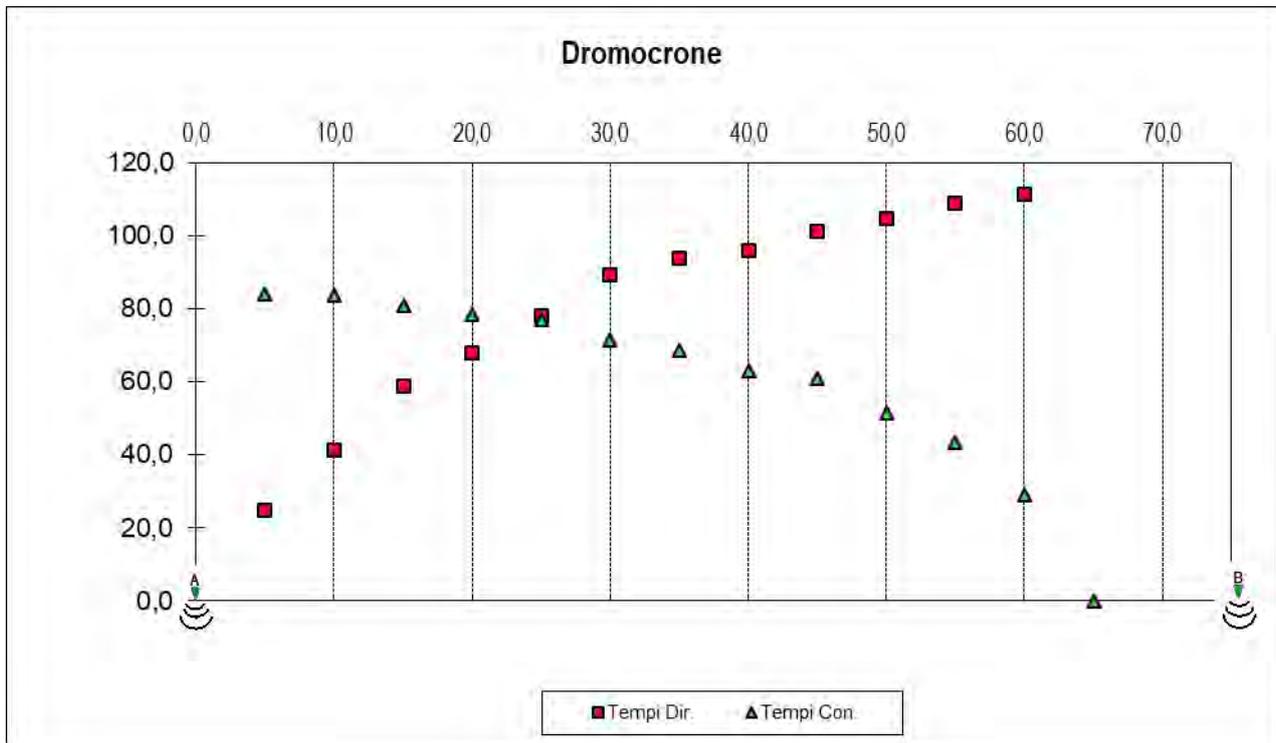
Si riporta nel seguito il risultato della interpretazione in termini geostratigrafici della sismica a rifrazione eseguita con sismografo a 24 bit geobox e trigger mobile della SARA instruments (per l'ubicazione dello stendimento cfr. allegati).

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE ONDE P						
<b>Comm.:</b>	Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S. E			<b>Comune:</b>	Montella (AV)	
<b>Cantiere:</b>	PUA			<b>prot.:</b>		
<b>Data:</b>	set-20					
n°				Profondità		Profilo
Geof.	Distanze	Tempi Dir.	Tempi Con	I rifratt.	II rifratt.	topografico
A	0,0	0,0				598,00
1	5,0	24,9	84,0	3,80	5,19	597,75
2	10,0	41,4	83,8	6,28	8,59	597,50
3	15,0	58,9	80,9	8,51	11,63	597,25
4	20,0	68,1	78,3	9,51	13,01	597,00
5	25,0	78,0	77,1	10,84	14,82	596,75
6	30,0	89,4	71,6	11,74	16,05	596,50
7	35,0	94,0	68,8	11,01	17,64	596,25
8	40,0	95,9	63,0	10,91	16,23	596,00
9	45,0	101,4	60,8	10,42	18,11	595,75
10	50,0	104,6	51,5	9,99	16,24	595,50
11	55,0	108,9	43,5	9,43	15,46	595,25
12	60,0	111,5	28,9	7,60	12,96	595,00
B	65,0		0,0			595,00



Committente: Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S. E G. Capone

Oggetto: Piano Urbanistico Attuativo – RIQUALIFICAZIONE BENI DELLA FONDAZIONE OPERA PIA ASILO INFANTILE "S. e G. CAPONE" SITI IN MONTELLA IN LARGO GARZANO - VIA SAN NICOLA-VIA SPINELLA"



## 4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Le litologie di riferimento sono, in linea generale, rappresentate da:

- STRATO 1 :Terreni piroclastici sciolti rimaneggiati e riportati (PYR<sub>LS</sub>)
- STRATO 2: Terreni piroclastici limosi argillificati – (PYR<sub>L</sub>)
- STRATO 3: Detrito di falda - (Df)
- STRATO 4: Bedrock calcareo – (Ca)

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni affioranti si sono eseguiti delle prove di laboratorio geotecnico su di un campione prelevato nel sondaggio S2 alla profondità di 4.0-4.5 m dal p.c. e rappresentativo dello strato 2, maggiormente significativo in quanto al di sotto del piano fondale e caratterizzante l'intero volume significativo dell'edificio di nuova edificazione. Si sono altresì eseguite 3 prove penetrometriche SPT allo scopo di fornire ulteriori dati utili alla definizione delle caratteristiche geotecniche e di addensamento dei terreni in questione.

Detti dati sono stati successivamente trattati analiticamente per fornire i parametri geotecnici di riferimento in termini di valori caratteristici così come previsto dal DM 17/01/2018 e dagli eurocodici. In tale ottica, considerando l'omogeneità litologica dello strato, le caratteristiche del campione sono rappresentative del comportamento geotecnico medio della formazione.

Le indagini geotecniche eseguite sono state:

- Determinazione delle caratteristiche fisiche generali;
- Analisi granulometrica mediante setacciatura e sedimentazione;
- Prova di taglio diretto drenato consolidata CD;
- Prova di consolidazione edometrica con 8 gradini di carico e 2 gradini di scarico.

I rapporti di prova sono in allegato.

I parametri geotecnici desunti dalle prove eseguite possono essere così riassunti:

	Wn	γ	γ <sub>d</sub>	G <sub>s</sub>	e	η	Sr	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	c'	φ'	Eed 100KPa	Eed 200KPa
	%	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>		%	%	%	%	%	%	kPa	°	Mpa	Mpa
C1-S1 (prof. 4,0-4,5 m)	24,85	17,52	14,03	25,87	0,843	45,75	76,24	0,14	30,69	48,93	20,24	19	27	8,90	6,90

La distribuzione granulometrica del campione evidenzia una percentuale di fini (limo e argilla) di ca. il 65% per cui detti terreni non risultano liquefacibili. Si rileva inoltre che il valore della intercetta di coesione pari a 19Kpa può essere cautelativamente assunto pari a 0 in quanto detta coesione è solo apparente ed il suo valore diverso da zero è legato alla linearizzazione dell'involuppo di rottura; nella realtà fisica essa è invece legata alla suzione di matrice ed alla presenza di una contropressione negativa che si annulla in caso di saturazione dell'orizzonte.

La indagini SPT condotte mostrano un generale incremento del grado di addensamento con la profondità; si è condotta anche una stima del valore dell'angolo di attrito adoperando la relazione di Shioi & Fukuni - Road Bridge Specification la quale mostra una buona correlazioni con l'angolo di attrito calcolato dalle prove di laboratorio:

$$\varphi = \sqrt{15N_{SPT} + 15}$$



Per la stima del modulo edometrico si è invece adoperata la relazione di Webb (1970) anch'essa in linea con i risultati delle prove di laboratorio

retta	s <sub>1</sub> (MPa)	s <sub>2</sub> (Mpa)	tipo di terreno	autore
1	0.756	18.75	sabbia e ghiaia (NC)	D'Appolonia et al. (1970)
2	1.043	36.79	sabbia (SC)	D'Appolonia et al. (1970)
3	0.517	7.46	-	Schultze e Mezenbach, (1961)
4	0.478	7.17	sabbia satura	Webb (1970)
5	0.316	1.58	sabbia e argilla	Webb (1970)

Lo schema di riferimento adoperato è indicato nella figura successiva:

Strato	Prof. Strato	Tipo	Gamma (kN/m <sup>3</sup> )	Litologia	sigma'v0								φ_ShioiFukuni		
					Nspt	CR	CE	N60	Kpa	CN	N160	Dr%	Road Bridge	E' Webb (Mpa)	Eed (Mpa)
2	4,5	Incoerente	17,5	PYRIs	13	0,80	1,22	13	78,75	1,13	14	49	29,0	5,69	7,68
2	8	Incoerente	17,5	PYRIs	19	0,85	1,22	20	140	0,85	17	53	31,9	7,58	10,24
2	12,5	Incoerente	17,5	PYRIs	22	0,95	1,22	25	155,05	0,80	20	58	33,2	8,53	11,52

Per i terreni detritico-alluvionali grossolani a consistenza brecciose è sufficiente considerare come detti terreni esibiscano normalmente rifiuto alle prove SPT; in base a tale assunto è possibile riferirsi ad un asintoto orizzontale per valori di Nspt maggiori o uguali del rifiuto che consiste in un angolo di attrito di 45° secondo la relazione di Hatanaka & Huchida (1996).

Si illustra nel seguito il metodo di derivazione dei parametri geotecnici a partire dalle prove SPT

### §§§

#### **Il metodo di derivazione dei parametri geotecnici a partire dalle prove SPT è consistito nei seguenti passaggi:**

##### **1) Passaggio Nspt-N60:**

Il valore di Nspt deve essere normalizzato dai seguenti fattori correttivi (Youd et al., 2001):

$$N60 = Nspt \cdot CE \cdot CB \cdot CR$$

CE = Fattore di correzione energetico = 1

(N1)60 è il valore della resistenza penetrometrica NSPT misurato nella prova Standard Penetration Test, normalizzato N1(60) ad uno sforzo efficace di confinamento di 100 kPa e ad un fattore di rendimento energetico 0,6 nell'esecuzione della prova (N60).

$N60 = Nspt \cdot CE = Nspt \cdot (\% \text{ Efficienza}/60)$  dove (% Efficienza/60) è detto rendimento normalizzato

$$N60 = (Nspt \cdot \text{Energia applicata})/0,6$$

Per Energia applicata (60%) = 0,6 allora  $N60 = Nspt$  (in realtà vale 1.22 essendo il rapporto dei rendim 73%/60%)

CB = Fattore di correzione del diametro di foro = 1

CR = Fattore di correzione della lunghezza delle aste

(nei primi tre metri CR = 0.75; da 3 a 4 metri CR = 0.8; da 4 a 6 metri CR = 0.85 da 6 ai 10 metri CR = 0.95; oltre i 10 metri CR = 1)



## 2) Passaggio da N60 a (N1)60

(N1)60 , valore normalizzato in funzione della pressione litostatica:  $N'60 = CN * N60$

$(N1)60 = N60 CN$

con  $CN = (Pa/Peff)^{0.5}$  (da Skempton, 1986)

### FORMULE PER IL CALCOLO DEI PARAMETRI DI INTERESSE GEOTECNICO

#### A) TERRENI PIROCLASTICI (strato 2)

**Angolo di attrito  $\varphi$ ;**

Relazione Road Bridge Specification (ottimale per sabbie limose piroclastiche) correlazione con  $N_{spt}$

$$\varphi' = 15^\circ + (15 * N_{spt})^{0.5}$$

**Modulo elastico  $E_s$ ;**

Relazione di Webb (valida per sabbie limose) correlazione con N60

$$E_s \text{ (MPa)} = 1.58 + (0.316 * N60)$$

**Modulo edometrico  $E_{ed}$ ;**

A partire dal valore di  $E_s$  considerando la relazione

$$E_{ed} = \frac{E(1 - \nu)}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}$$

La quale ponendo Poisson = 0.3 implica  $E_{ed} = 1.35 E'$

#### B) TERRENI detritici (strato 3).

- **Densità relativa  $D_r$ ; Skempton 1986**

$E'$  basata sulla determinazione del parametro N1 (resistenza penetrometrica normalizzata rispetto alla pressione efficace di 1 kg/cmq). N1 viene valutato con la relazione di Liao e Whitman (1986):

$$N1 = N_{spt} \left( \frac{1}{\sigma_{v0}'} \right)^{0.5}$$

La densità relativa viene quindi calcolata con la relazione:

$$D_r \% = 100 \sqrt{\frac{N_1}{60}}$$

- **Angolo di attrito  $\varphi$ ;**

STRATO 2

Hatanaka & Huchida 1996 (ottimale in base alle correlazioni con le prove di taglio eseguite in terreni analoghi)

$$\varphi' = 20 + \sqrt{N160 * 20}$$

dove  $N160$  è il numero di colpi  $N_{spt}$  normalizzato anche in funzione della tensione litostatica



1) Relazione di Hatanaka e Uchida 1996:

Questo metodo propone una correlazione fra  $\phi$  il parametro  $N_1$  (resistenza penetrometrica normalizzata rispetto alla pressione efficace di 1 kg/cmq) relativo alla prova LPT. Gli autori suggeriscono un asintoto orizzontale per valori di phi superiori a 45°.

$$\phi_p' = (20 \cdot (N_1)_{LPT})^{0.5} + 20 \pm 3$$

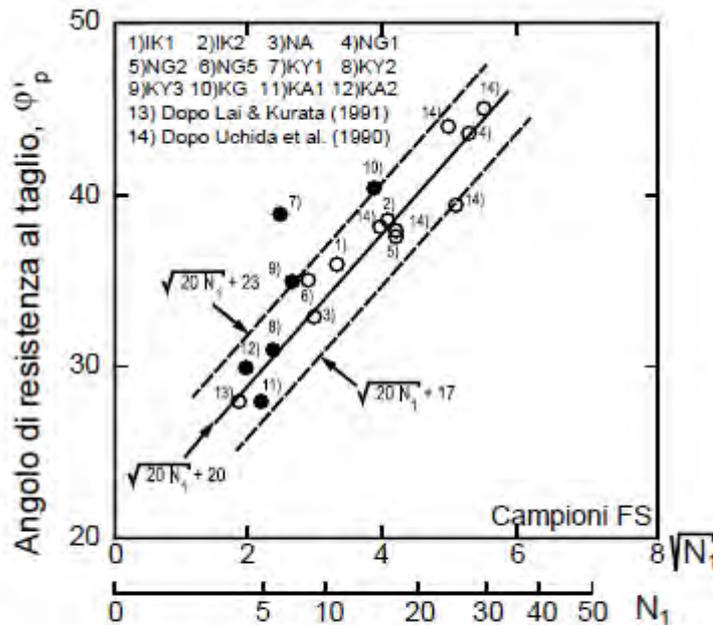


Figura 15: Relazione tra l'angolo di resistenza al taglio ed  $(N_1)^{0.5}$  (Hatanaka e Uchida 1996).

- **Modulo elastico E'**

Per il calcolo del modulo elastico si è adoperata la relazione di D'Apollonia et al. (1970):

$$E_s \text{ (KPa)} = 25.000 + 800 \cdot N_{spt, med}$$

ricavata dal grafico originale proposto dagli Autori per le sabbie e ghiaie, pervenendo ai risultati sintetizzati nelle tabelle successive

Sull'uso del modulo elastico nelle verifiche agli SLE occorre evidenziare che la relazione tra il modulo elastico statico e quello edometrico è valida solo nel caso di esistenza di simmetrie geometriche / matematiche che negano di fatto l'azione delle tensioni tangenziali; al contrario, in presenza di sforzi tangenziale, come nel caso della fondazione posta su pendio, i modelli a rottura negano l'esistenza del modulo edometrico, mentre la risposta deformativa in campo elastico è governata esclusivamente dal modulo elastico statico (oltre, ovviamente, al coefficiente di Poisson).



CARATTERIZZAZIONE FISICA E MECCANICA DEI TERRENI, DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOTECNICO DI SOTTOSUOLO E DEI VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Il D.M. 14/01/2008 e il più recente D.M. 17/01/2018 hanno introdotto importanti novità per quanto attiene alla progettazione geotecnica. In particolare il modello geotecnico da adottare nella progettazione deve fondarsi su opportune indagini geotecniche. La tipologia ed il numero delle grandezze geotecniche da misurarsi devono essere scelte sulla base del modello geologico ed in relazione alla tipologia di opera da realizzarsi. Particolare importanza è rivestita, inoltre, dalla fase di interpretazione dei risultati ottenuti dalle prove geotecniche. A tale scopo le nuove norme, mutuando l'Eurocodice 7, introducono il concetto di valori caratteristici dei parametri geotecnici. Il valore caratteristico, inteso come una stima cautelativa del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite considerato, dovrà essere utilizzato in ogni tipo di verifica geotecnica, che si tratti di SLU (stati limite ultimi ovvero potenziale presenza di superfici di rottura) o di SLE (stati limite di esercizio ossia deformazioni di tipo elastico o di consolidazione a prescindere dallo stato di rottura). Il DM ha adottato il concetto di valori caratteristici senza però chiarirne esaustivamente la definizione e senza offrire una procedura operativa per la loro determinazione; infatti la circolare esplicativa del DM 14/01/2018 si limitava a chiarire che i parametri geotecnici devono essere determinati coerentemente con il tipo di analisi (es. tensioni efficaci piuttosto che tensioni totali) e che nei problemi geotecnici che coinvolgono elevati spessori di terreno in cui vi sia compensazione strutturale essi possono essere assunti prossimi ai parametri medi mentre in problemi geotecnici che coinvolgono modesti spessori ed in assenza di compensazione strutturale essi possono essere assunti prossimi ai valori minimi. In letteratura, tuttavia, sono però presenti numerosi spunti che consentono di chiarire gli aspetti pratici inerenti la loro determinazione in coerenza con il dettato normativo.

In particolare, per quanto attiene le fondazioni su plinti e/o poco rigide, la rottura di base (ad es. per punzonamento) coinvolge un modesto spessore di terreno per cui si parla di assenza di compensazione spaziale con conseguente calcolo dei valori caratteristici prossimi ai valori minimi. Di contro fondazioni sufficientemente rigide coinvolgono spessori maggiori di sottosuolo consentendo il trasferimento dei carichi dalle zone del terreno dotate di minore resistenza verso quelle a resistenza maggiore (compensazione strutturale); in tale caso i valori caratteristici sono prossimi ai valori medi.

Ciò premesso, considerando i parametri geotecnici emersi dalle prove di laboratorio geotecnico e dalle prove SPT, si è eseguita una caratterizzazione in termini di valori caratteristici riferendosi ai valori delle prove di laboratorio geotecnico per lo strato 2 ed a correlazioni con i valori di  $N_{spt}$  a rifiuto per lo strato 3 ipotizzando compensazione strutturale (ovvero riferendosi a fondazioni dotate di sufficiente rigidità); si ribadisce che la determinazione dei parametri caratteristici necessita, di conoscere preliminarmente ed in modo imprescindibile la tipologia di interventi, opere e sistemi geotecnici nonché ampiezza del volume significativo riferito alle opere. Pertanto la caratterizzazione geotecnica eseguita ha solo carattere preliminare riferendosi ai soli strati pertinenti dal punto di vista geotecnico le aree di nuova edificazione ed ipotizzando la presenza di un piano interrato depresso di ca. 4 m dall'attuale p.c.. In tale ottica risulta caratterizzante lo strato 2 e molto marginalmente lo strato 3.



### MODELLO GEOTECNICO DI SINTESI

Tabella: modello geotecnico riferito ai valori medi dei parametri geotecnici (prof. riferita al Sondaggio S1)

N° strato	Profondità m	$\gamma_k$ KNm <sup>-3</sup>	$\Phi$ gradi	$c'$ MPa	$\Phi_{cv}$ gradi	E ed MPa
1	0.0÷3.9	16	-		-	
2	3.9÷19.0	17.5	26.1	0	24	5.3
3	19.0÷22.5	21		0	>35	>20
4	>22.5	24	<b>BEDROCK CALCAREO</b>			

Dove, per la precedente tabella e tutte le successive:

- $\Phi$  = angolo di attrito
- $\Phi_{cv}$  = angolo di attrito a volume costante (da utilizzare nella verifica a slittamento solo alla base della fondazione)
- $c'$  = coesione drenata
- $\gamma$  = densità
- Eed = modulo edometrico

#### Parametro $\phi$ (angolo di attrito) e $\phi_{cv}$

Una stima cautelativa del valore medio è una selezione del valore medio del limitato insieme dei valori del parametro geotecnico, con un livello di confidenza del 95%.

$$x_k = \bar{x} \pm t_{n-1}^{0.95} \left( \frac{s}{\sqrt{n-1}} \right)$$

Dove:

$x_k$  è il valore caratteristico desiderato

$\bar{x}$  con barra il valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione

$t$  è il valore della distribuzione di student ad n-1 gradi di libertà con probabilità  $u = 95\%$  (ossia,  $1-\alpha = 0.95$  o alternativamente,  $\alpha = 0.05$ )

$s$  è la deviazione standard del campione

$n$  il numero di dati.

n.b. il parametro  $\phi_{cv}$  è stato calcolato adoperando la regola di Bond & 1986

per cui  $\phi'_{picco} - \phi_{cv} = m \times DI$

dove  $DI$  è l'indice di dilatanza espresso dalla seguente relazione empirica:

$DI = D_R (10 - p'_f) - 1$  in cui:

$D_R$  rappresenta la densità relativa espressa in frazione dell'unità;

$p'_f$  il valore in KPa della pressione effettiva alla profondità di interesse

il fattore  $m$  viene di norma posto = 3 nel caso assialsimmetrico e 5 nel caso piano



### **Parametro $\gamma$ (densità naturale)**

Il valore medio a partire da NSPT secondo Meyerhof et alii. Il valore caratteristico è stato definito tramite la statistica della varianza nota per un solo dato:

$$x_k = \bar{x} \pm z_{0,05} \left( \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) \approx \bar{x} \pm 1.645 \cdot \left( \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

Dove:

$x_k$  è il valore caratteristico desiderato

$\bar{x}$  con barra il valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione

$z$  è la distribuzione normale standardizzata

$\sigma$  è la deviazione standard della popolazione

$n$  è la numerosità del campione

Per il parametro in considerazione,  $\sigma = 5\%$  della media (dato di letteratura)

### **Parametro $E_s$ (modulo di Young secante)**

Valore caratteristico ex EC7 punto 2.4.5.2 11 e relativa nota:

*Una stima cautelativa del valore medio è una selezione del valore medio del limitato insieme dei valori del parametro geotecnico, con un livello di confidenza del 95%.*

Statistica della varianza nota:

$$x_k = \bar{x} \pm z_{0,05} \left( \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) \approx \bar{x} \pm 1.645 \cdot \left( \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

Dove:

$x_k$  è il valore caratteristico desiderato

$\bar{x}$  con barra il valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione

$z$  è la distribuzione normale standardizzata

$\sigma$  è la deviazione standard della popolazione

$n$  è la numerosità del campione

### **Parametro $E_d$ (modulo edometrico)**

Calcolato a partire dal valore del modulo elastico

$$E_{ed} = \frac{E \cdot (1 - \nu)}{(1 + \nu) \cdot (1 - 2\nu)}$$

### **Parametro $K_w$ (modulo di Winkler verticale)**

Per il coefficiente di Winkler è adoperabile la Correlazione: Bowles 1991, relazione (9.6a)

$K_s = E_s/B(1-\mu^2) \rightarrow$  con  $\mu = 0.2 - 0.3$   $K_s \approx E_s/B$



*Committente:* Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S. E G. Capone

*Oggetto:* Piano Urbanistico Attuativo – *RIQUALIFICAZIONE BENI DELLA FONDAZIONE OPERA PIA ASILO INFANTILE "S. e G. CAPONE" SITI IN MONTELLA IN LARGO GARZANO - VIA SAN NICOLA-VIA SPINELLA"*

---

Il valore di  $K_w$  caratteristico è stato direttamente derivato da  $E_{s,k}$  nella relazione di Bowles.  $B$  è la larghezza della fondazione in cm.

Per il calcolo del  $K_{w,h}$  (statico e orizzontale) Bowles suggerisce la relazione

$$K_{w,h} = 2 K_{w,v}$$

Per il calcolo del  $K_w$  in condizioni dinamiche è sufficiente adoperare la relazione

$$K_w \text{ dinamico} = 0.7 K_w \text{ statico}$$

In presenza di carichi ciclici Bowles consiglia una riduzione del 10-50%.



## 5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DI SITO

La Giunta Regionale della Regione Campania con Atto n. 5447 del 07.11.2002 ha deliberato l'aggiornamento della classificazione sismica del territorio Regionale, inserendo il Comune di Montella nella macrozona di media sismicità identificata, ai sensi della L. 64/74, con la categoria sismica C.S. = 2.

Ai sensi della nuova normativa sismica nazionale, l'area ha una accelerazione sismica orizzontale di riferimento (accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico):

$$a(g) = 0.25 \text{ g.}$$

Tale valore rappresenta l'accelerazione orizzontale, espressa in termini di accelerazione di gravità "g", a seguito di un evento sismico laddove il sottosuolo interessato è costituito da formazioni litoidi o rigide (bedrock) definite quali suoli di fondazione di categoria A ( $V_s > 800 \text{ m/sec}$ ). Più precisamente la Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio nazionale prevede per il territorio comunale di Montella un valore massimo dell'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno = 475 anni) compreso tra 0.150g e 0.175g.

Il D.M. 14 gennaio 2008 ed il successivo D.M. 17/01/2018 si riferiscono alla pericolosità sismica di base del sito di costruzione. Questa rappresenta l'elemento primario per la determinazione delle azioni telluriche.

Essa è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico di accelerazione  $S_e(T)$  ad essa corrispondente, con riferimento a prefissate probabilità di superamento  $P_{Vr}$ , in funzione del periodo di riferimento  $V_r$ . Tale periodo è definito dalla relazione:

$$V_r = V_n \times C_u$$

dove:

$V_n$  = vita nominale della struttura;

$C_u$  = coefficiente in funzione della classe d'uso.

La probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{Vr}$  varia al variare dello stato limite considerato.

Le relative forme spettrali sono definite per ognuna delle probabilità  $P_{Vr}$  a partire dai seguenti parametri:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T^*_c$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il valore dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*_c$  in funzione del periodo di ritorno  $T_r$  di riferimento e, per il Comune di Montella:

$T_R$ anni	$a_g$ (g)	$F_0$ (-)	$T^*_c$ (s)
30	0.052	2.365	0.281
50	0.067	2.364	0.309
72	0.079	2.382	0.327
101	0.093	2.396	0.340



140	0.108	2.411	0.350
201	0.128	2.415	0.363
475	0.188	2.375	0.407
975	0.256	2.358	0.425
2475	0.364	2.376	0.438

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi; per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II delle NTC-18).

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

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

La formula per il calcolo di  $V_{s,eq}$  è la seguente:

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

con  $h_i$  = spessore dello stato  $i$ -esimo

$V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato

$N$  = numero di strati

$H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/sec

L'attribuzione al sito della categoria di suolo permette di definire gli spettri di risposta di sito per le componenti orizzontali e verticali in relazione agli stati limite considerati considerando opportuni coefficienti così come specificato in seguito:

#### Amplificazione stratigrafica (§ 3.2.3.2.1 NTC-18)

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti  $SS$  e  $CC$  valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B,C,D ed E i coefficienti  $SS$  e  $CC$  possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $TC^*$  relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella seguente Tab. 3.2.V delle NTC-18, nelle quali  $g$  è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.



Categoria sottosuolo	SS	CC
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 = 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 = 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 = 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 = 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

### Amplificazione topografica (§ 3.2.3.2 NTC-18)

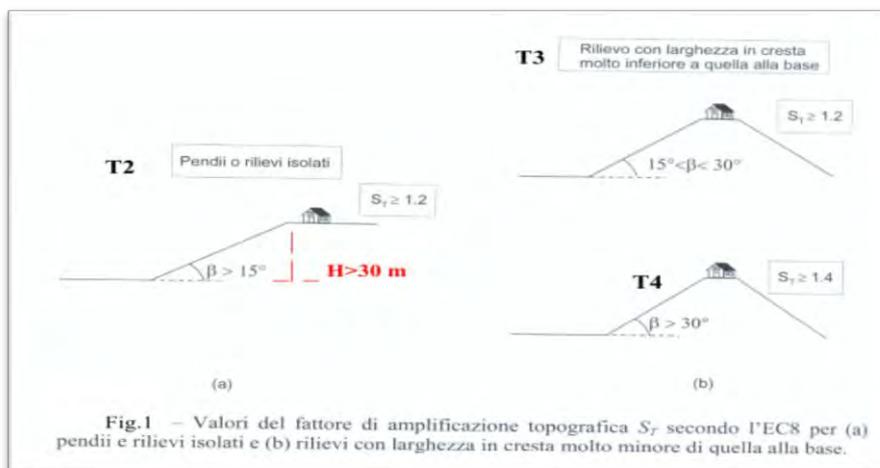
Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella Tab. 3.2.V delle NTC-08, in funzione delle categorie topografiche e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Si osserva che le classi di amplificazione topografica vengono riferite alla scala del versante per altezze del pendio superiori a 30 m come mostrato nello schema seguente





Dallo schema sopra riportato emergono i seguenti aspetti:

- la categoria topografica viene attribuita alla condizione topografica generale a grande scale del versante in cui si inserisce il manufatto e non alle specifiche condizioni morfologiche del sito (dovendo comunque risultare  $H=30 \text{ m}$ ).
- L'inclinazione cui si fa riferimento è quella media riferita alla condizione maggiormente penalizzante fra quelle rilevate al contorno del sito in questione.

Nelle premesse precedenti si sono condotte 2 indagini sismiche di tipo HVSR ad integrazione di una indagine MASW esistente e condotta nel lato orientale del lotto.



### **Analisi HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)**

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 (microtremore), generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; sorgenti di rumore uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Il risultato che si ottiene da una registrazione di questo tipo è la *frequenza caratteristica di risonanza del sito* che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici/strutture in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "**doppia risonanza**" estremamente pericolosa per la stabilità degli stessi.

### **Modalità esecutive della prova e acquisizione dati**

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (X,Y,Z). Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore a 20 minuti. Dopo opportuni filtri ed operazioni di elaborazione si ottiene il rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing. Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

### **Descrizione della strumentazione**

Per l'acquisizione dei dati sono stati utilizzati il sismografo digitale SR04 – Geobox della Sara Instruments 24 canali 24 bit per canale con 3 geofoni da 0.5 Hz linearizzati

### **Elaborazione HVSR**

L'intero processo di elaborazione dei dati è stato effettuato con i software *Geopsy, Tiny HVSR, Dinver e Easy HVSR*. Gli elaborati relativi alla prova effettuata sono riportati di seguito.

### **Cenni sulla teoria della tecnica HVSR**

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo  $V_{s,eq}$  attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite



intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o liscio secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo  $V_{s,eq}$ .

## HVSR\_1

### Dati generali

Nome progetto:	PUA Fondazione Opera Pia "Asilo Capone"
Committente:	Fondazione Opera Pia "Asilo Capone"
Cantiere:	Giardino Asilo Capone
Località:	Montella(AV)
Operatore:	Geol. Giovanni Delli Bovi
Responsabile:	Geol. Giovanni Delli Bovi



Committente: Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S. E G. Capone

Oggetto: Piano Urbanistico Attuativo – RIQUALIFICAZIONE BENI DELLA FONDAZIONE OPERA PIA ASILO INFANTILE "S. e G. CAPONE" SITI IN MONTELLA IN LARGO GARZANO - VIA SAN NICOLA-VIA SPINELLA"

Data: 11/10/2020 00:00:00

Zona: Piazza Garzano

Latitudine: 40,84755°

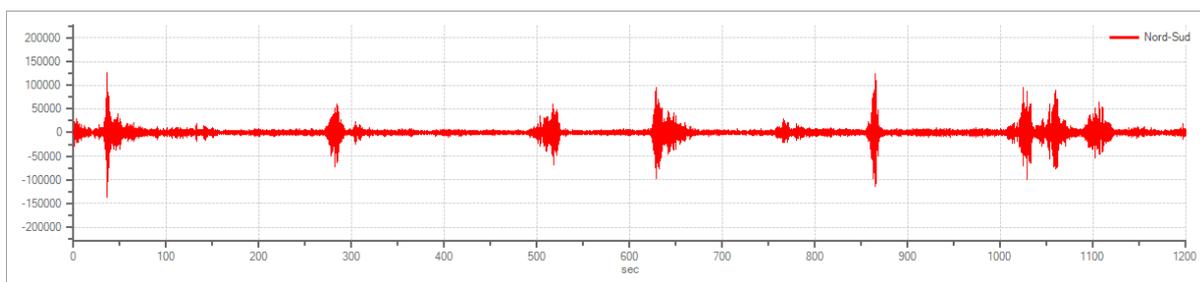
Longitudine: 15,01937°

### Tracce in input

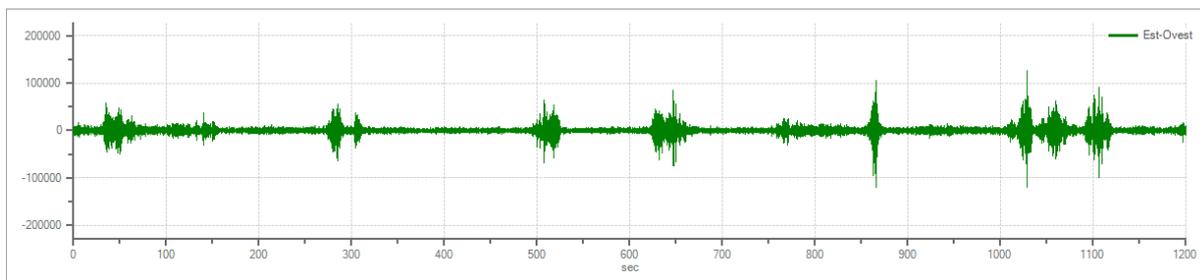
#### Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1200 s
Frequenza di campionamento:	300.00 Hz
Numero campioni:	360000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

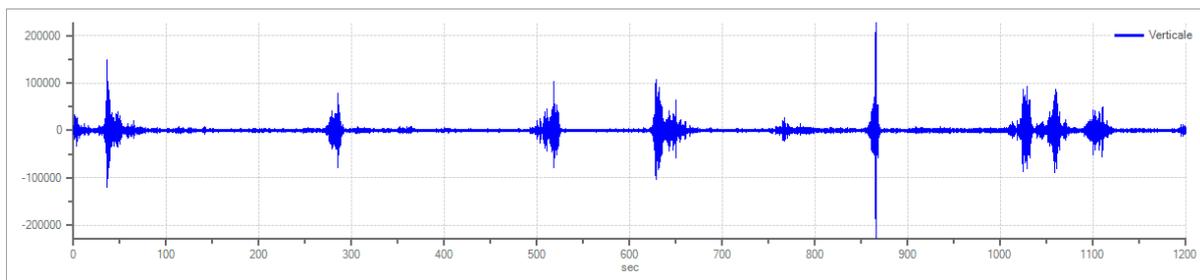
#### Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale



## Finestre selezionate

### Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 41  
Numero finestre incluse nel calcolo: 41  
Dimensione temporale finestre: 20.000 s  
Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi  
Percentuale di lisciamento: 10.00 %  
Coefficiente di banda: 40.00

### Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	40	60	Inclusa
3	60	80	Inclusa
4	80	100	Inclusa
5	100	120	Inclusa
6	120	140	Inclusa
7	160	180	Inclusa
8	180	200	Inclusa
9	200	220	Inclusa
10	220	240	Inclusa
11	240	260	Inclusa
12	320	340	Inclusa
13	340	360	Inclusa
14	360	380	Inclusa
15	380	400	Inclusa
16	400	420	Inclusa
17	420	440	Inclusa
18	440	460	Inclusa
19	460	480	Inclusa
20	480	500	Inclusa
21	500	520	Inclusa
22	540	560	Inclusa
23	560	580	Inclusa
24	580	600	Inclusa
25	600	620	Inclusa
26	640	660	Inclusa
27	680	700	Inclusa
28	700	720	Inclusa
29	720	740	Inclusa
30	740	760	Inclusa
31	760	780	Inclusa
32	780	800	Inclusa
33	800	820	Inclusa

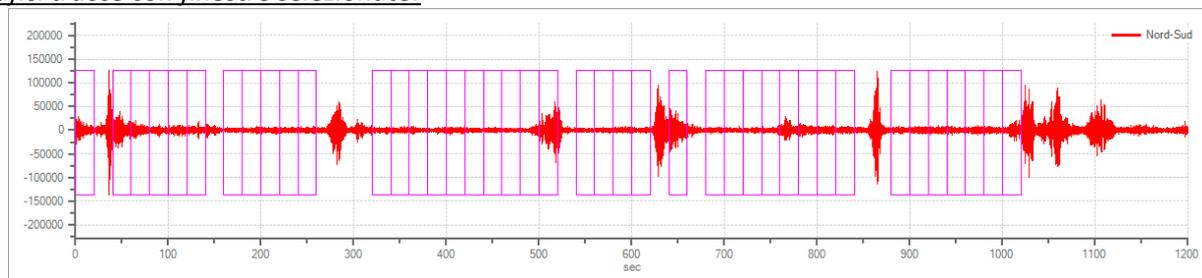


Committente: Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S. E G. Capone

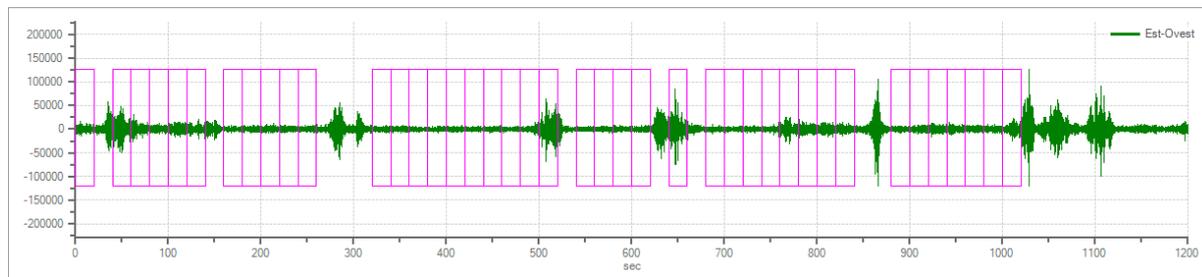
Oggetto: Piano Urbanistico Attuativo – RIQUALIFICAZIONE BENI DELLA FONDAZIONE OPERA PIA ASILO INFANTILE "S. e G. CAPONE" SITI IN MONTELLA IN LARGO GARZANO - VIA SAN NICOLA-VIA SPINELLA"

34	820	840	Inclusa
35	880	900	Inclusa
36	900	920	Inclusa
37	920	940	Inclusa
38	940	960	Inclusa
39	960	980	Inclusa
40	980	1000	Inclusa
41	1000	1020	Inclusa

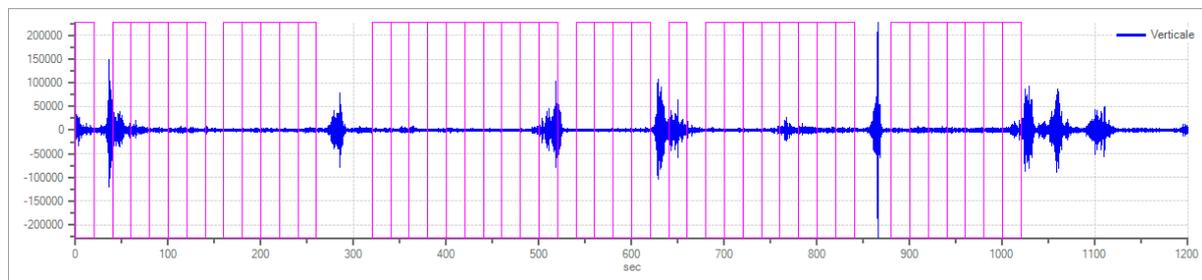
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud



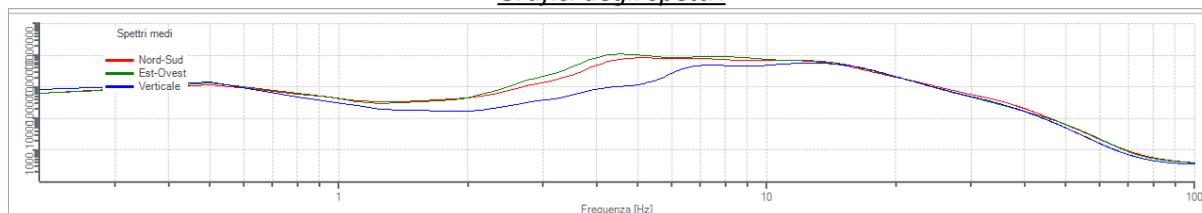
Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest



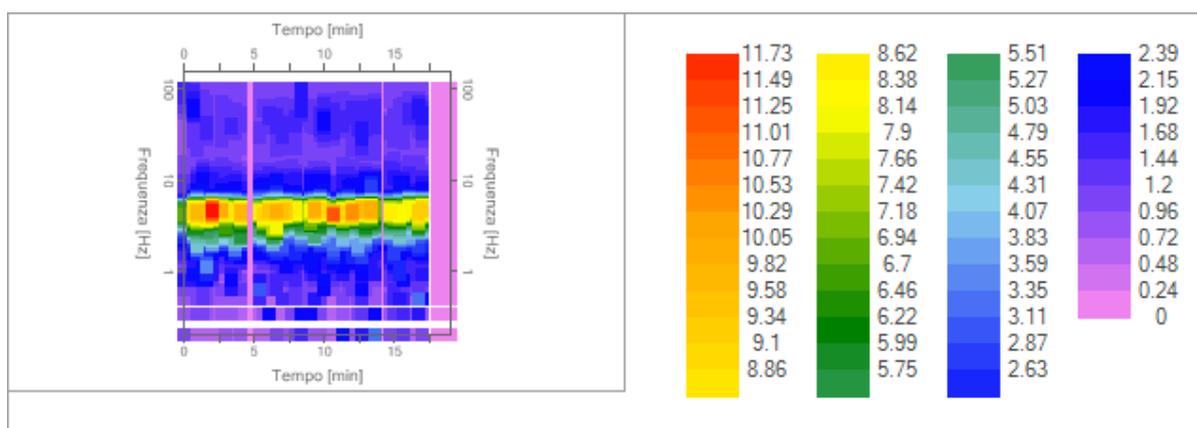
Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale



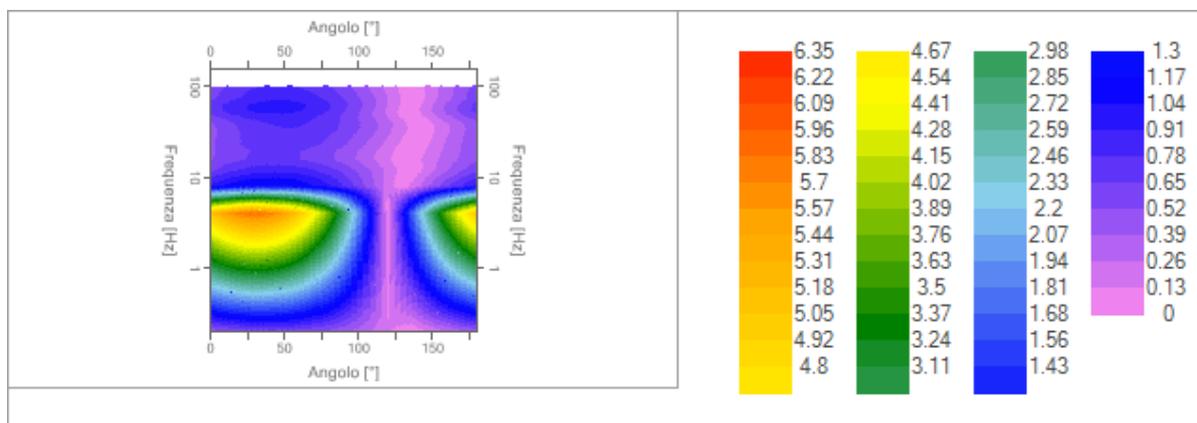
### Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

### Rapporto spettrale H/V

Dati riepilogativi:

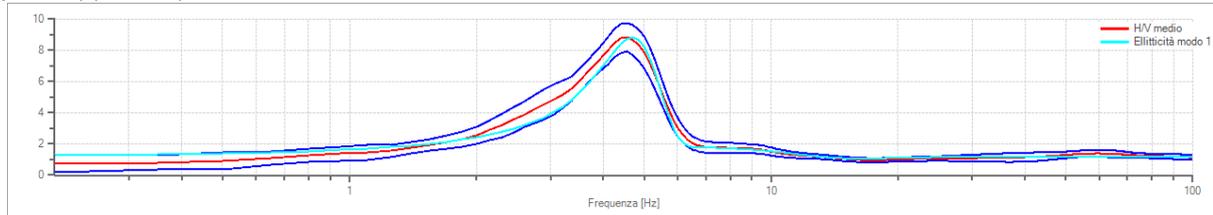
Frequenza massima:	100.00 Hz
Frequenza minima:	0.20 Hz
Passo frequenze:	0.15 Hz
Tipo lisciamento::	Triangolare proporzionale
Percentuale di lisciamento:	25.00 %
Tipo di somma direzionale:	Media aritmetica



**Risultati:**

Frequenza del picco del rapporto H/V: 4.55 Hz  $\pm$ 0.10 Hz

**Grafico rapporto spettrale H/V**



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

**Verifiche SESAME:**

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$ :	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$ :	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

**Modello stratigrafico**

**Dati riepilogativi:**

Numero strati:	6
Frequenza del picco dell'ellitticità:	4.70 Hz
Valore di disadattamento:	0.09
Valore Vs,eq (0-30):	288.34 m/s → categoria sottosuolo E
Valore Vs,eq (1-31):	295.74 m/s → categoria sottosuolo E
Valore Vs,eq (2-32):	304.27 m/s → categoria sottosuolo E
Valore Vs,eq (3-33):	314.21 m/s → categoria sottosuolo E
Valore Vs,eq (4-34):	325.95 m/s → categoria sottosuolo E
Valore Vs,eq (5-35):	336.42 m/s → categoria sottosuolo E

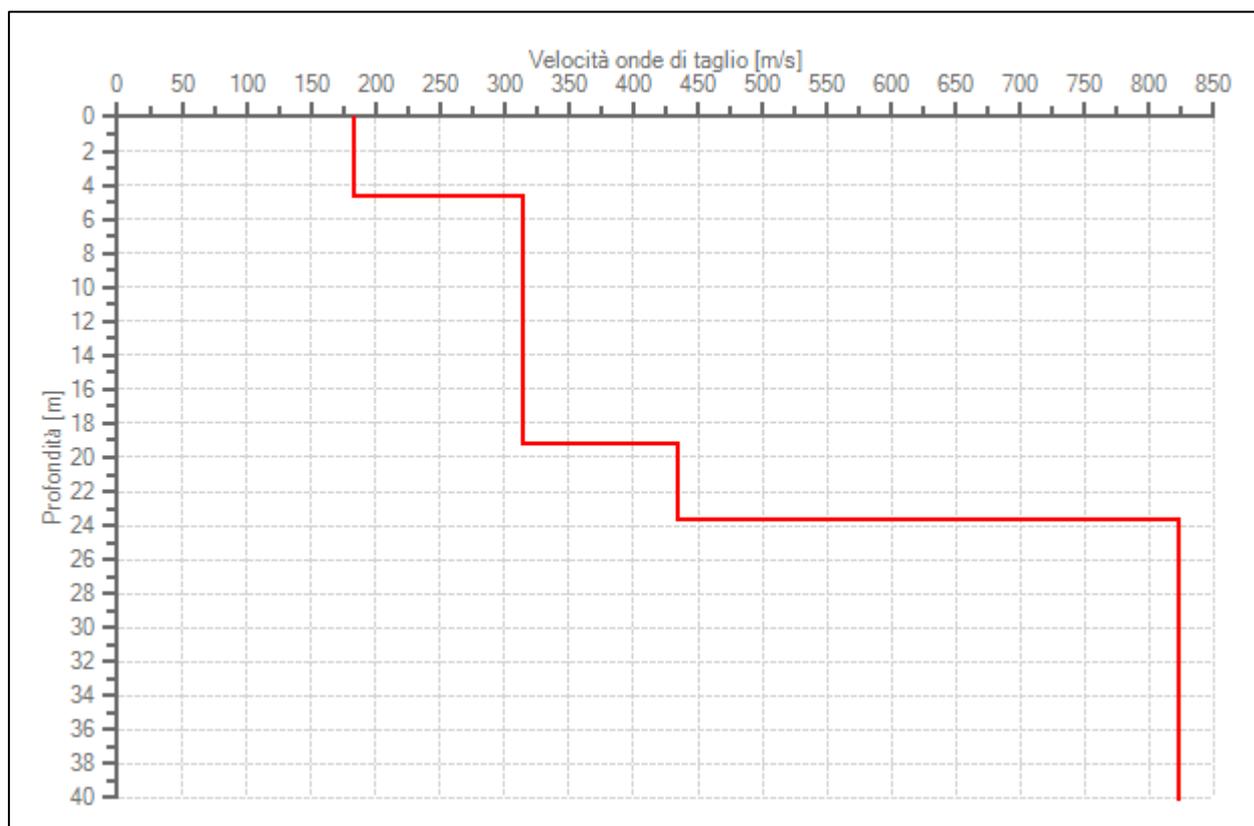


Committente: Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S. E G. Capone

Oggetto: Piano Urbanistico Attuativo – RIQUALIFICAZIONE BENI DELLA FONDAZIONE OPERA PIA ASILO INFANTILE "S. e G. CAPONE" SITI IN MONTELLA IN LARGO GARZANO - VIA SAN NICOLA-VIA SPINELLA"

**Dati della simostratigrafia:**

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	2.39	16	0.3	184
2	2.39	2.35	16	0.3	184
3	4.74	14.45	17.5	0.3	314
4	19.19	4.47	19	0.3	435
5	23.66	52.2	23	0.3	822
6	75.86	200	23	0.3	822



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

**HVSR\_2**

**Dati generali**

Nome progetto: PUA Fondazione Opera Pia "Asilo Capone"  
Committente: Fondazione Opera Pia "Asilo Capone"  
Cantiere: Giardino Asilo Capone  
Località: Montella(AV)  
Operatore: Geol. Giovanni Delli Bovi  
Responsabile: Geol. Giovanni Delli Bovi  
Data: 11/10/2021  
Zona: Piazza Garzano



Committente: Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S. E G. Capone

Oggetto: Piano Urbanistico Attuativo – RIQUALIFICAZIONE BENI DELLA FONDAZIONE OPERA PIA ASILO INFANTILE "S. e G. CAPONE" SITI IN MONTELLA IN LARGO GARZANO - VIA SAN NICOLA-VIA SPINELLA"

Latitudine: 40.847056°

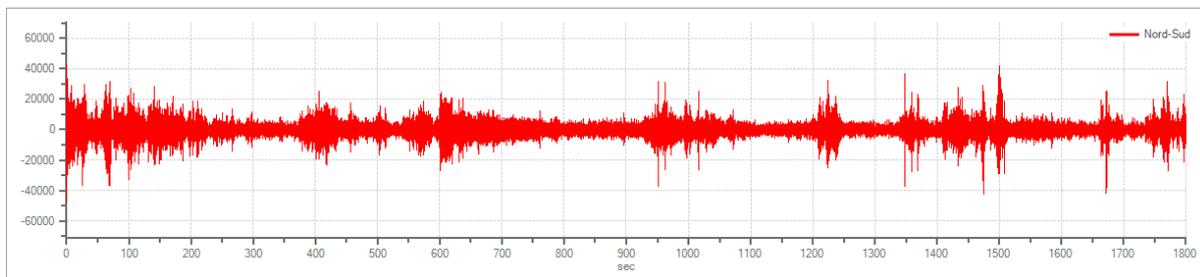
Longitudine: 15.017704°

### Tracce in input

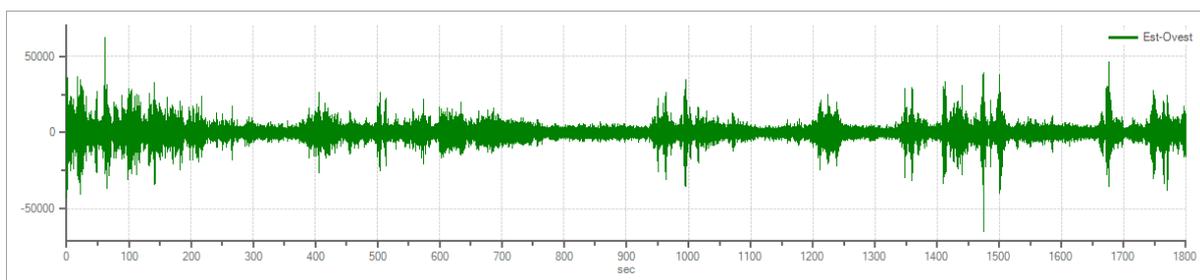
#### Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1800 s
Frequenza di campionamento:	300.00 Hz
Numero campioni:	540000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

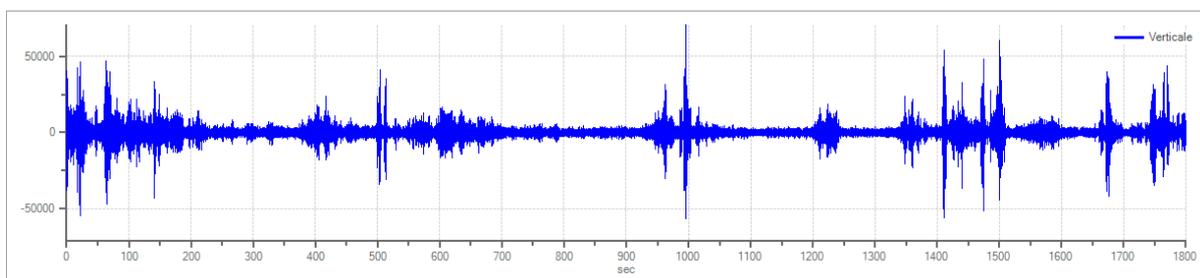
#### Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale



Committente: Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S. E.G. Capone

Oggetto: Piano Urbanistico Attuativo – RIQUALIFICAZIONE BENI DELLA FONDAZIONE OPERA PIA ASILO INFANTILE "S. e G. CAPONE" SITI IN MONTELLA IN LARGO GARZANO - VIA SAN NICOLA-VIA SPINELLA"

## Finestre selezionate

### Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 89  
Numero finestre incluse nel calcolo: 64  
Dimensione temporale finestre: 20.000 s  
Tipo di lisciamento: Triangolare proporzionale  
Percentuale di lisciamento: 30.00 %

### Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Esclusa
2	20	40	Esclusa
3	40	60	Esclusa
4	60	80	Esclusa
5	80	100	Esclusa
6	100	120	Inclusa
7	120	140	Esclusa
8	140	160	Esclusa
9	160	180	Inclusa
10	180	200	Inclusa
11	200	220	Inclusa
12	220	240	Inclusa
13	240	260	Inclusa
14	260	280	Inclusa
15	280	300	Inclusa
16	300	320	Inclusa
17	320	340	Inclusa
18	340	360	Inclusa
19	360	380	Inclusa
20	380	400	Inclusa
21	400	420	Inclusa
22	420	440	Inclusa
23	440	460	Inclusa
24	460	480	Inclusa
25	480	500	Inclusa
26	500	520	Inclusa
27	520	540	Inclusa
28	540	560	Inclusa
29	560	580	Inclusa
30	580	600	Inclusa
31	600	620	Inclusa
32	620	640	Inclusa
33	640	660	Inclusa
34	660	680	Inclusa



Committente: Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S. E G. Capone

Oggetto: Piano Urbanistico Attuativo – RIQUALIFICAZIONE BENI DELLA FONDAZIONE OPERA PIA ASILO INFANTILE "S. e G. CAPONE" SITI IN MONTELLA IN LARGO GARZANO - VIA SAN NICOLA-VIA SPINELLA"

35	680	700	Inclusa
36	700	720	Inclusa
37	720	740	Inclusa
38	740	760	Inclusa
39	760	780	Inclusa
40	780	800	Inclusa
41	800	820	Inclusa
42	820	840	Inclusa
43	840	860	Inclusa
44	860	880	Inclusa
45	880	900	Inclusa
46	900	920	Inclusa
47	920	940	Esclusa
48	940	960	Esclusa
49	960	980	Esclusa
50	980	1000	Inclusa
51	1000	1020	Inclusa
52	1020	1040	Inclusa
53	1040	1060	Inclusa
54	1060	1080	Inclusa
55	1080	1100	Inclusa
56	1100	1120	Inclusa
57	1120	1140	Inclusa
58	1140	1160	Inclusa
59	1160	1180	Inclusa
60	1180	1200	Inclusa
61	1200	1220	Inclusa
62	1220	1240	Inclusa
63	1240	1260	Inclusa
64	1260	1280	Inclusa
65	1280	1300	Inclusa
66	1300	1320	Inclusa
67	1320	1340	Inclusa
68	1340	1360	Inclusa
69	1360	1380	Inclusa
70	1380	1400	Inclusa
71	1400	1420	Inclusa
72	1420	1440	Inclusa
73	1440	1460	Inclusa
74	1460	1480	Esclusa
75	1480	1500	Esclusa
76	1500	1520	Esclusa
77	1520	1540	Esclusa
78	1540	1560	Inclusa
79	1560	1580	Esclusa
80	1580	1600	Esclusa
81	1600	1620	Esclusa

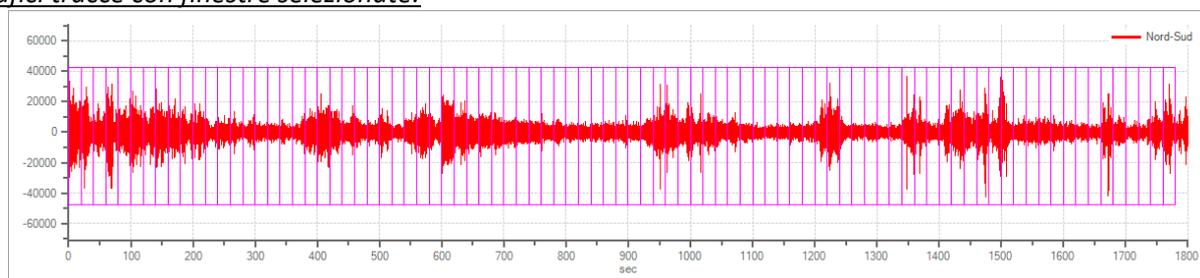


Committente: Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S. E G. Capone

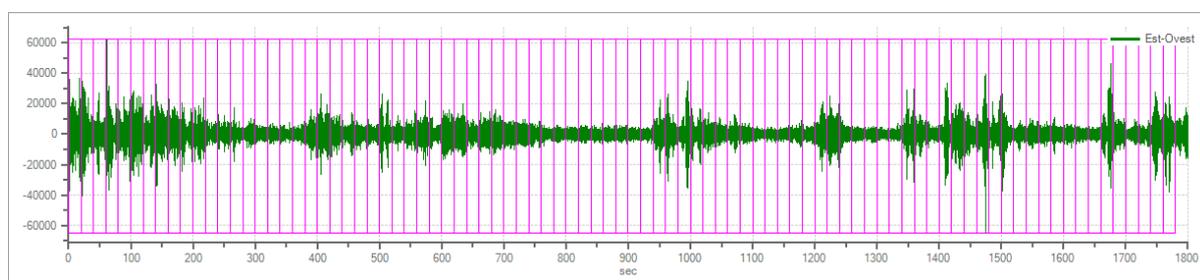
Oggetto: Piano Urbanistico Attuativo – RIQUALIFICAZIONE BENI DELLA FONDAZIONE OPERA PIA ASILO INFANTILE "S. e G. CAPONE" SITI IN MONTELLA IN LARGO GARZANO - VIA SAN NICOLA-VIA SPINELLA"

82	1620	1640	Esclusa
83	1640	1660	Esclusa
84	1660	1680	Esclusa
85	1680	1700	Esclusa
86	1700	1720	Esclusa
87	1720	1740	Esclusa
88	1740	1760	Esclusa
89	1760	1780	Esclusa

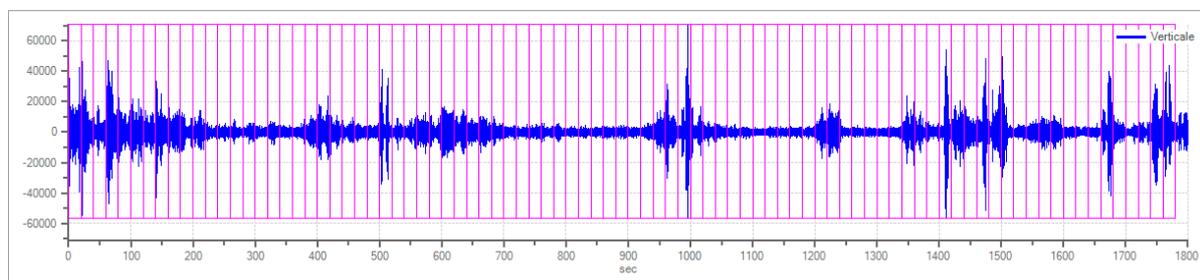
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud



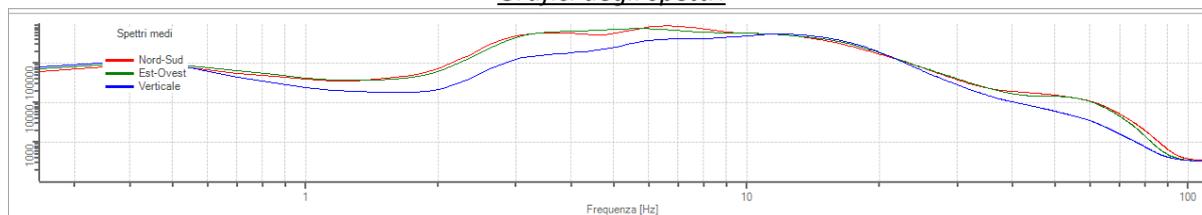
Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest



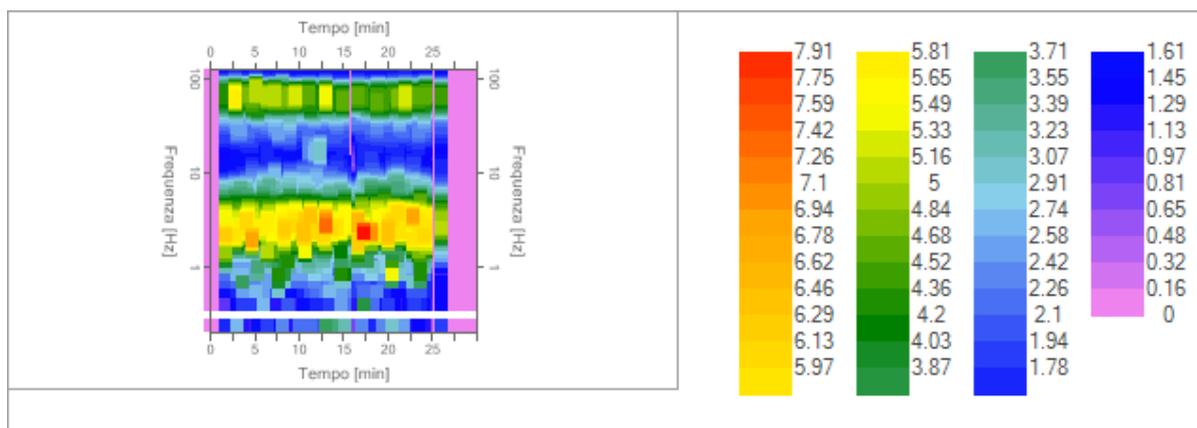
Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale



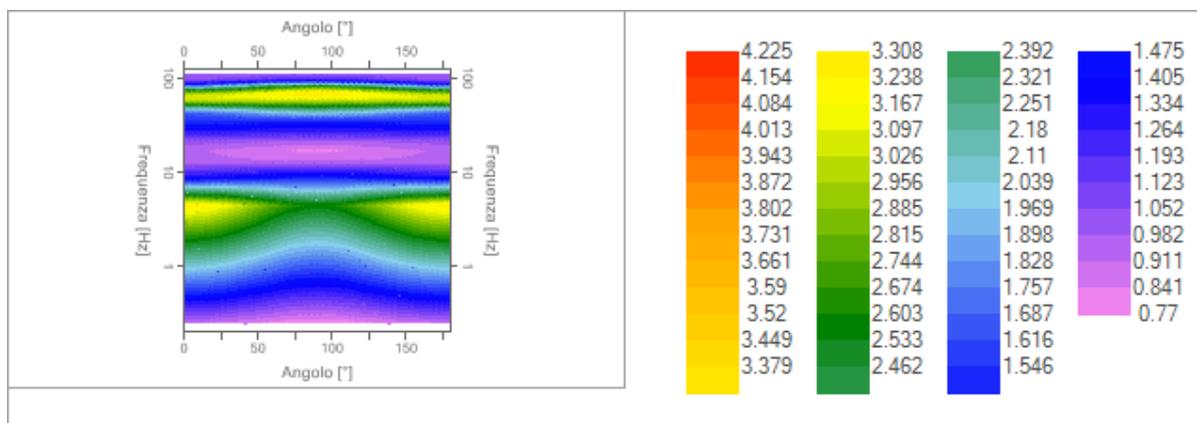
### Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

### Rapporto spettrale H/V

Dati riepilogativi:

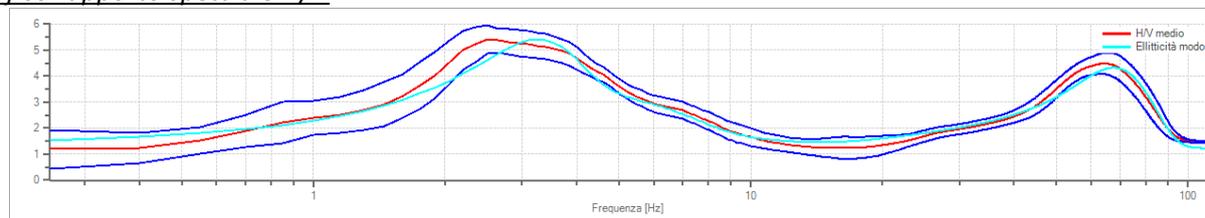
Frequenza massima:	110.00 Hz
Frequenza minima:	0.25 Hz
Passo frequenze:	0.15 Hz
Tipo lisciamento::	Triangolare proporzionale
Percentuale di lisciamento:	30.00 %
Tipo di somma direzionale:	Media geometrica



**Risultati:**

Frequenza del picco del rapporto H/V: 2.50 Hz ±0.10 Hz

**Grafico rapporto spettrale H/V**



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

**Verifiche SESAME:**

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$ :	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$ :	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

**Modello stratigrafico**

**Dati riepilogativi:**

Numero strati:	7
Frequenza del picco dell'ellitticità:	3.25 Hz
Valore di disadattamento:	0.09
Valore Vs,eq (0-30):	375.32 m/s → categoria sottosuolo B
Valore Vs,eq (1-31):	399.34 m/s → categoria sottosuolo B
Valore Vs,eq (2-32):	413.00 m/s → categoria sottosuolo B
Valore Vs,eq (3-33):	427.64 m/s → categoria sottosuolo B
Valore Vs,eq (4-34):	443.34 m/s → categoria sottosuolo B
Valore Vs,eq (5-35):	460.25 m/s → categoria sottosuolo B

**Dati della stratigrafia:**

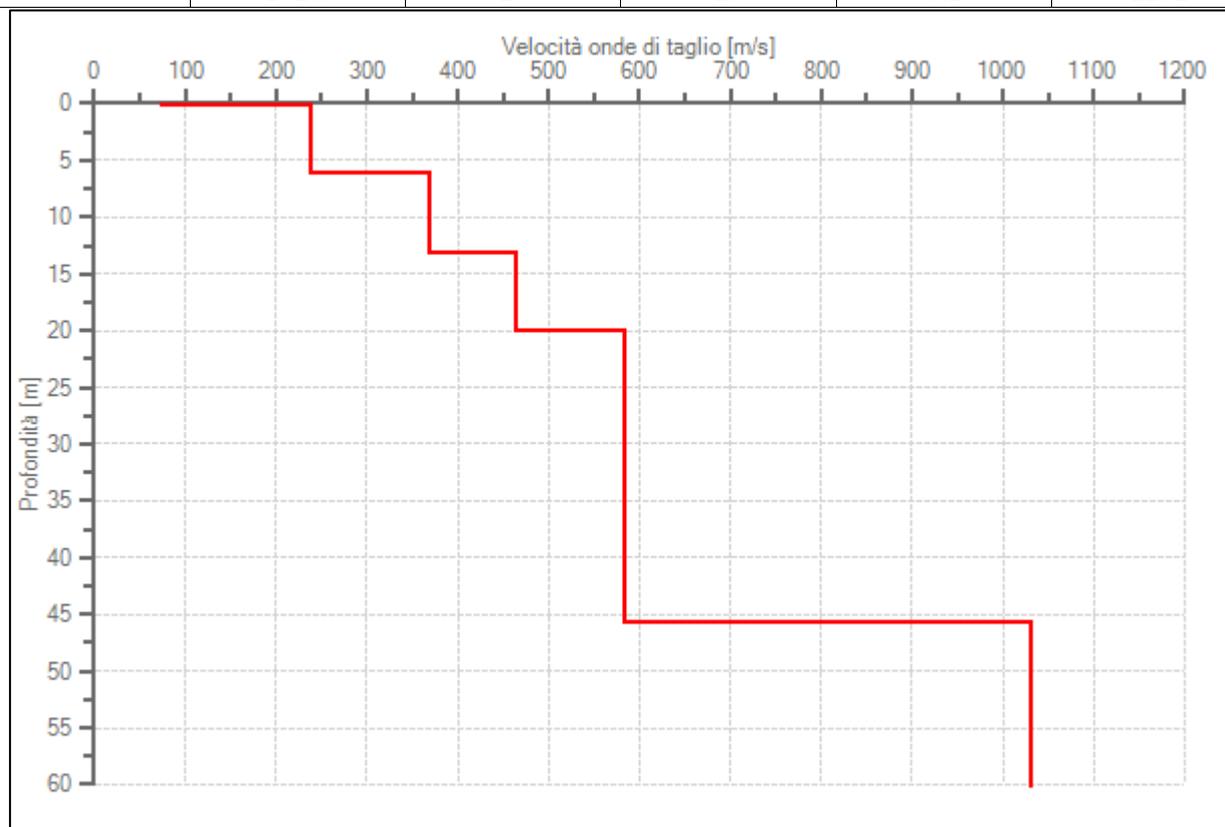
Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	0.25	15	0.2	74
2	0.25	5.36	17	0.3	235



Committente: Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S. E G. Capone

Oggetto: Piano Urbanistico Attuativo – RIQUALIFICAZIONE BENI DELLA FONDAZIONE OPERA PIA ASILO INFANTILE "S. e G. CAPONE" SITI IN MONTELLA IN LARGO GARZANO - VIA SAN NICOLA-VIA SPINELLA"

3	5.61	8.45	18	0.3	346
4	14.06	7.03	20	0.3	519
5	21.1	26.85	22	0.3	565
6	47.95	53.85	22	0.15	1105
7	101.8	10	25	0.2	1281



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

## SINTESI RISULTATI HVSR

L'andamento del rapporto H/V mostra un picco evidente in bassa frequenza per entrambe le prospezioni eseguite; tale picco, come evidenziato dal diagramma di inversione del rapporto H/V, è imputabile al contrasto di impedenza tra i terreni di copertura ed il substrato profondo.

In ragione di ciò il substrato geologico e sismico può essere posto, sulla verticale della prova HVSR\_1, a 24 m dal p.c. (così come confermato anche dal sondaggio eseguito); nella verticale HVSR\_2 il substrato è più in profondità, a ca. 48 m dal p.c..

La differenza di profondità del substrato può essere attribuito ad una fagliazione diretta "a gradinata" sigillata dal quaternario e non rinvenibile in superficie che segue l'allineamento NO-SE della dorsale calcarea Vestee-Cisterna-Torre e che interseca la linea di faglia di Via della Piana, alla base di colle San Pietro (cfr. carta geolitologica).

Ai fini della zonazione in prospettiva sismica, il substrato sismico profondo non oltre 30m così come rinvenuto sulla HVSR1 (come confermato nel sondaggio eseguito) ed in generale nella porzione orientale del lotto, comporta una notevole contrasto di velocità delle onde di taglio Vs che si manifesta in una notevole contrasto



Committente: Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S. E G. Capone

Oggetto: Piano Urbanistico Attuativo – RIQUALIFICAZIONE BENI DELLA FONDAZIONE OPERA PIA ASILO INFANTILE "S. e G. CAPONE" SITI IN MONTELLA IN LARGO GARZANO - VIA SAN NICOLA-VIA SPINELLA"

di impedenza sismica e del rapporto H/V che è pari circa a 10. In tale area la categoria di sottosuolo può essere considerata E secondo l'analisi semplificata di cui TAB 3.2. Il delle NTC.

Di contro lungo la prospezione HVSR\_2 la presenza di un substrato profondo e di una interfaccia detritico-alluvionale più spessa, comporta un minore contrasto di impedenza con il rapporto H/V = 5 ed un profilo delle Vs,eq compatibile con un sottosuolo di tipo B.

### PROSPEZIONE SISMICA MASW (ANNO 2016) E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Alla luce del concetto di Vs,eq che sostituisce il vecchio parametro Vs,30 che permetteva il calcolo semplificato della categoria di sottosuolo, si è calcolato il valore delle Vs,eq sulla base della prospezione sismica MASW eseguita sul lato NO del lotto nell'anno 2016 i cui risultati sinteticamente si espongono.

Prot.	MASW/A16/04	RISULTATI WINMASW 4.8 PRO
Comune di	MONTELLA (AV)	Dataset: capone-01#1.DAT
Committente:	Santarella Silvio Legale Rappresentante Opera Pia Asilo Infantile "S. e G. Capone"	Ubicazione:
Oggetto:	Rifacimento del muro di cinta alla Via Spinella	Curva analizzata: cpn#svn.cdp

dataset:	capone-01#1.DAT
offset minimo (m):	5
distanza intergeofonica (m)	2
campionamento (msec):	0.125
curva di dispersione:	cpn#svn.cdp
Numero di individui:	30
Numero di generazioni:	31

#### MODELLO MEDIO

VS (m/sec):	121	219	248	356	500	750
Deviazione standard (m/sec):	2	4	3	8	1	0
Spessore (m):	1.5	1.2	4.5	5.0	5.0	
Deviazione standard (m):	0.0+0.0i	0.1+0.0i	0.1+0.0i	0.0+0.0i	0.4+0.0i	

#### Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici

Stima della Vp (m/sec):	252	456	516	741	1041	1403
Stima della densità (gr/cm3):	1.72	1.86	1.89	1.98	2.06	2.14
Rapporto VP/VS:	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	1.87
Modulo di Poisson:	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.30
Modulo di Taglio (MPa):	25	89	116	251	516	1202

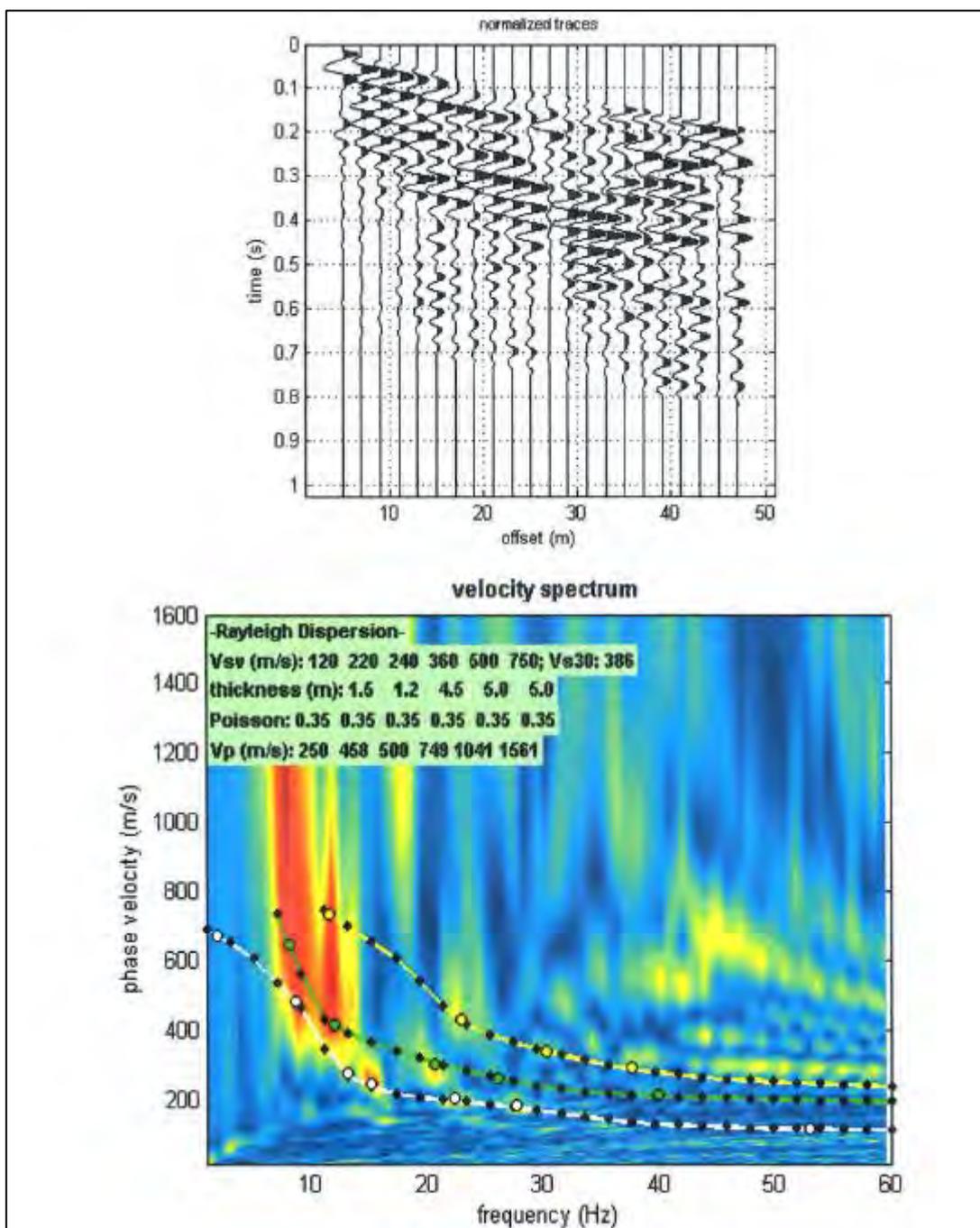
#### MODELLO MIGLIORE

VS (m/sec):	120	220	248	360	500	750
spessore (m):	1.5	1.2	4.5	5	5.5398	

#### Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici

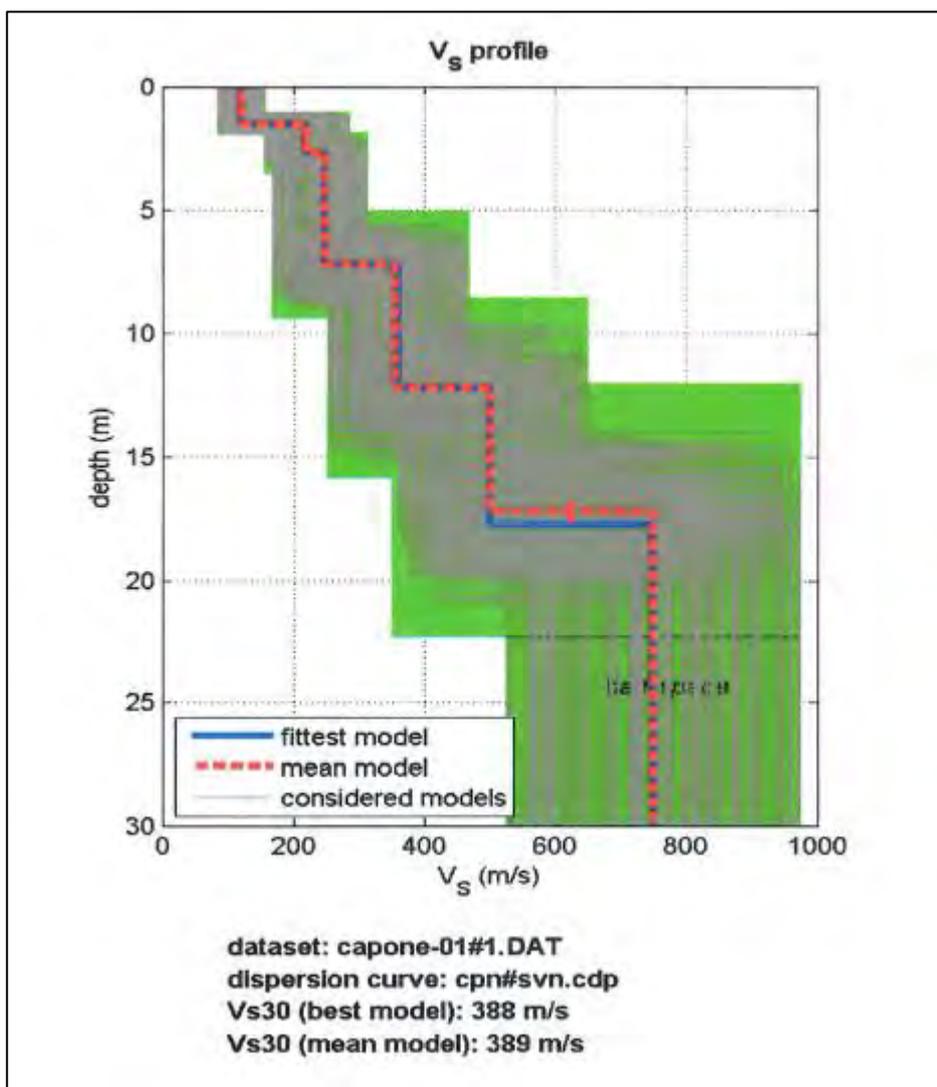
Stima della VP (m/sec):	250	458	516	749	1041	1403
Stima della densità (gr/cm3):	1.72	1.87	1.89	1.98	2.06	2.14
Rapporto VP/VS:	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	1.87
Modulo di Poisson:	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.30
Modulo di Taglio (MPa):	25	90	116	257	516	1202

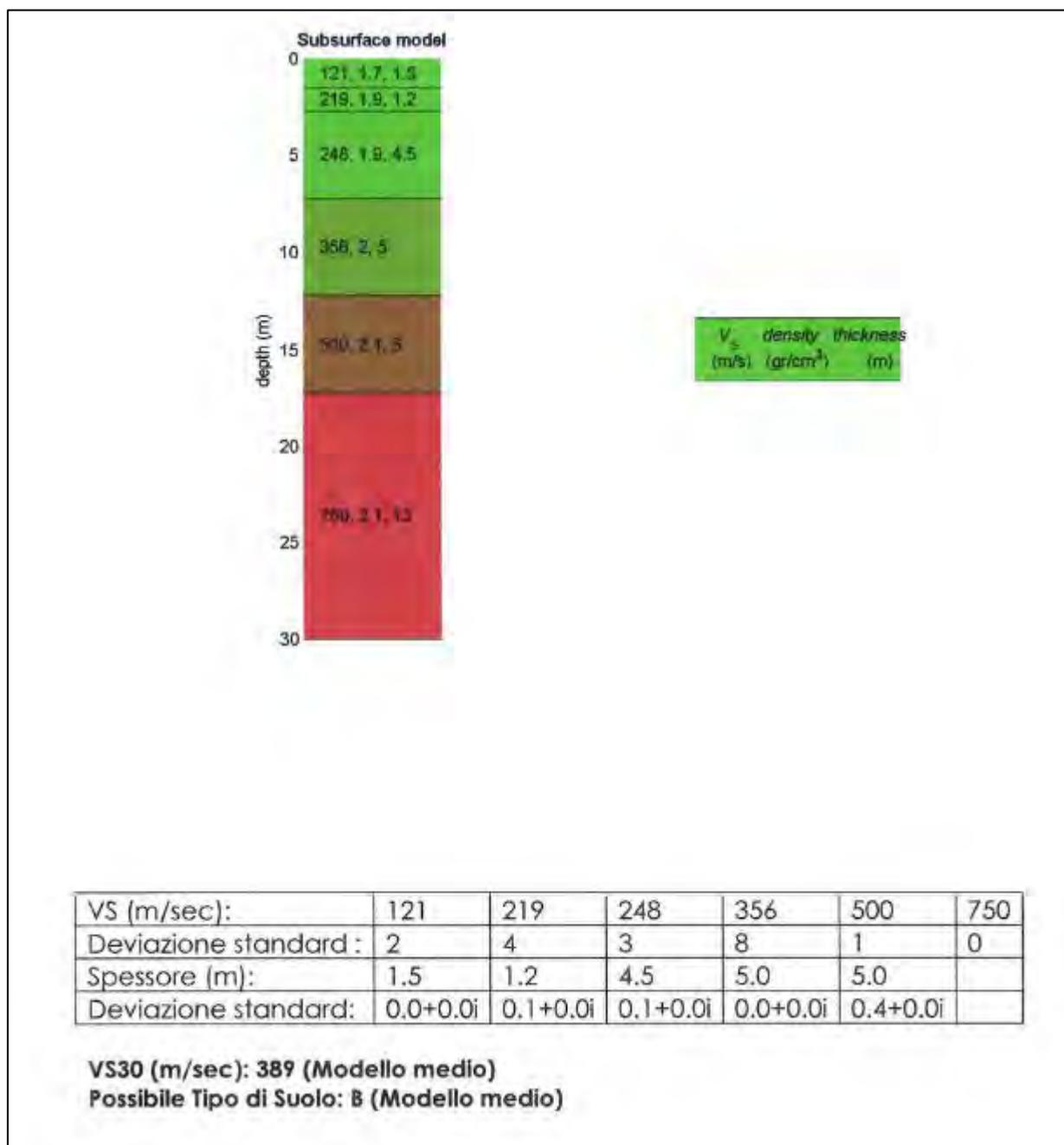




Committente: Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S. E G. Capone

Oggetto: Piano Urbanistico Attuativo – RIQUALIFICAZIONE BENI DELLA FONDAZIONE OPERA PIA ASILO INFANTILE "S. e G. CAPONE" SITI IN MONTELLA IN LARGO GARZANO - VIA SAN NICOLA-VIA SPINELLA"





### SINTESI PROSPEZIONE MASW

La prospezione MASW evidenzia dei sismostrati compatibili con un sottosuolo di tipo B essendo, anche in questo caso, il substrato geologico posto a profondità superiori ai 20 m dal p.c.; tale fatto, considerando il calcare subaffiorante su Via Torre, comporta la presenza di fagliazione subverticale con rigetti superiori a 30-40 m in corrispondenza della prospezione eseguita.



## SINTESI RISULTATI CARATTERIZZAZIONE SISMICA DI SITO.

ID_INDAGINE	Vs,eq al p.c.	Cat. Sottosuolo	Cat. Topografica
HVSR_1	288 m/sec	E	T1
HVSR_2	375 m/sec	B	T1
MASW1	389 m/sec	B	T1

### Verifica a liquefazione.

Il punto 7.11.3.4.2 del NTC 08 stabilisce che la verifica a liquefazione può essere omessa nel caso si verifichi almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1 g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata ( $N_{160}$ ) > 30 oppure  $q_{c1N} > 180$  dove ( $N_{160}$ ) è il valore di resistenza determinata da prove penetrometriche dinamiche (SPT) normalizzate ad una tensione efficace di 100 KPa e  $q_{c1N}$  è il valore di resistenza determinata da prove penetrometriche statiche (CPT) normalizzate ad una tensione efficace di 100 KPa
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figure seguenti nel caso di coefficienti di uniformità  $U_c < 3.5$  ed  $U_c > 3.5$ .

La falda non è stata rinvenuta e la distribuzione granulometrica dei terreni, riferita al campione, è per oltre il 60% esterna agli intervalli che indicano i fusi suscettibili (cfr. figura successiva). Pertanto i terreni delle aree soggette a nuova edificazione non rientrano tra quelli liquefacibili.

**Va sottolineato che tale circostanza è locale e non esportabile in altri comparti edificatori; pertanto la liquefacibilità dei terreni, andrà controllata ogni volta con opportune indagini di tipo diretto o indiretto.**



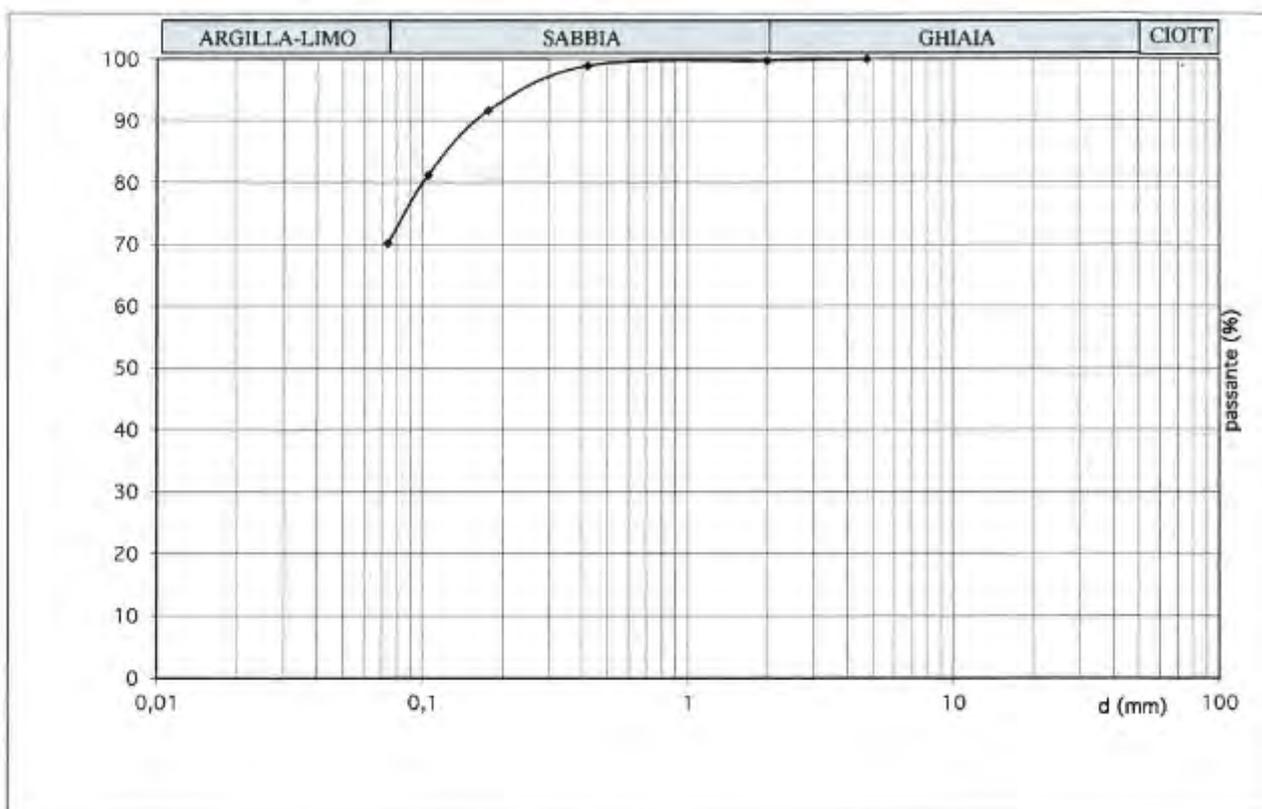
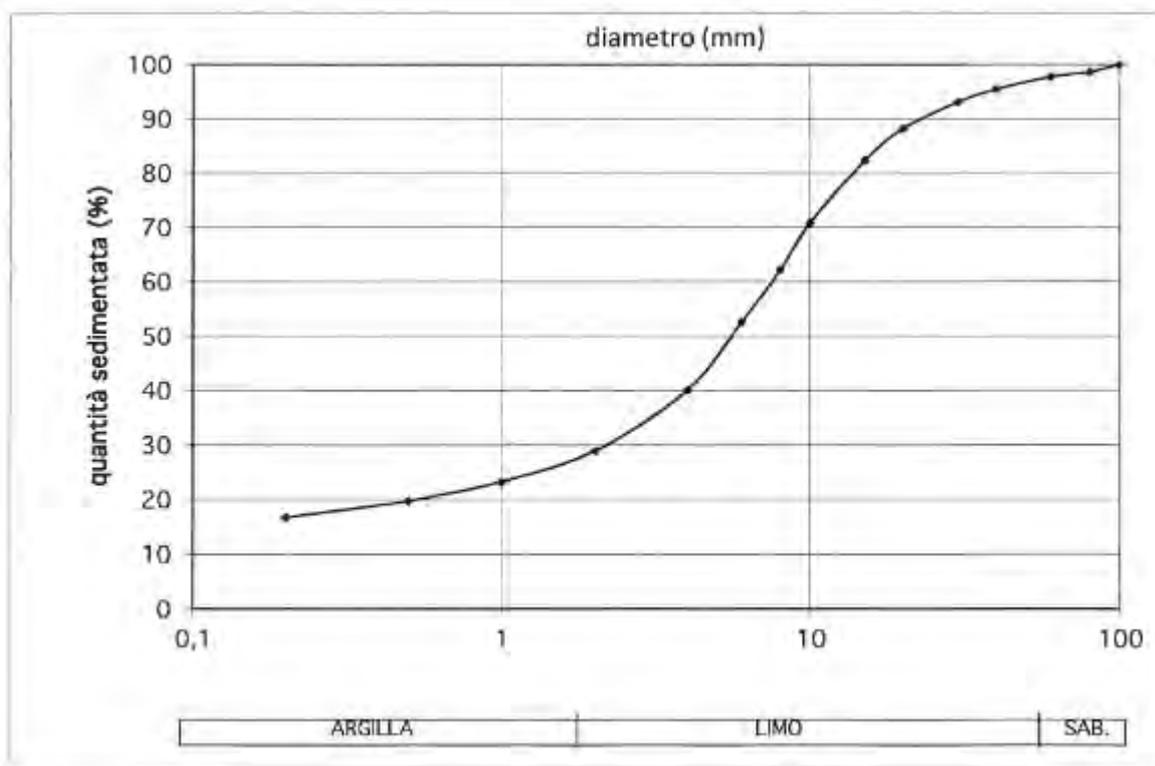


Figura: distribuzione granulometrica campione prelevato



## ZONAZIONE SISMICA E STANDARD MS I LIVELLO – vers-4.2 dicembre 2020

La legge regionale 9/83 prevede, tra le carte da allegare agli strumenti urbanistici generali, la carta della zonizzazione in prospettiva sismica (art.11-12). Per gli strumenti urbanistici esecutivi, invece, ci si riferisce alla sola caratterizzazione sismica dei terreni (art.14). Considerando le indagini esistenti e le ultime linee guida inerenti la microzonazione sismica di I livello emanate dalla commissione tecnica per la microzonazione sismica nel dicembre 2020 (Standard di rappresentazione e archiviazione informatica vers.4.2), appare opportuno adeguare i risultati del presente studio, avente finalità di pianificazione esecutiva ma su un areale piuttosto vasto, alle indicazioni contenute nelle linee guida. A tal proposito è stata redatta una carta della zonizzazione in prospettiva sismica che tenesse conto della distribuzione delle velocità delle Vs nei diversi litotipi affioranti . Inoltre, in prospettiva geologico-tecnica, i terreni affioranti nell'area possono essere ricondotti ai seguenti orizzonti secondo gli standard MS vers.4.2.

Carta Geolitologica PUA	Carta Geologico-Tecnica in prospettiva sismica										
<p><b>Depositi piroclastici recenti</b> Limi sabbiosi e sabbie limose di origine vulcanoclastica inclusi livelli detritici e coltri eluvio-colluviali s</p>	<p><b>Terreni di copertura (solo se spessore &gt;3m)</b></p> <table border="1"> <tr> <td>SW</td> <td>Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose</td> </tr> <tr> <td>SP</td> <td>Sabbie pulite con granulometria poco assortita</td> </tr> <tr> <td>SM</td> <td>Sabbie limose, miscela di sabbia e limo</td> </tr> <tr> <td>SC</td> <td>Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla</td> </tr> <tr> <td>ML</td> <td>Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità</td> </tr> </table>	SW	Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose	SP	Sabbie pulite con granulometria poco assortita	SM	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo	SC	Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla	ML	Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
SW	Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose										
SP	Sabbie pulite con granulometria poco assortita										
SM	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo										
SC	Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla										
ML	Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità										
<p><b>Calcari di piattaforma</b> Calcari stratificati fratturati</p>	<p><b>Substrato geologico</b></p> <table border="1"> <tr> <td>SFLPS</td> <td>SFLPS</td> <td>Lapideo, stratificato fratturato / alterato</td> </tr> </table>	SFLPS	SFLPS	Lapideo, stratificato fratturato / alterato							
SFLPS	SFLPS	Lapideo, stratificato fratturato / alterato									

Le indagini sismiche condotte ed il modello geo-stratigrafico permettono di distinguere due areali principali;

- il primo, localizzato nella porzione NO del lotto, è costituito da terreni piroclastici con intercalazioni e livelli più grossolani in appoggio su un substrato localmente posto a profondità di ca, 50 m dal p.c. e caratterizzati da un graduale incremento delle Vs con la profondità (sottosuoli di tipo B  $360 \text{ m/sec} < V_s < 800 \text{ m/sec}$ ); i .
- un secondo areale, posto nella porzione SE, è costituito dalla stessa tipologia di terreni nella parte superficiale ma con livelli detritici meno presenti e substrato posto a profondità non superiori a 30 m. Il sottosuolo, considerando la presenza di orizzonti al di sopra del substrato con velocità delle onde Vs compatibili con sottosuolo del tipo C ( $180 \text{ m/s} < V_s < 360 \text{ m/s}$ ), è dunque un sottosuolo di tipo E
- un'altra zona di marginale interesse è stata cartografata nella porzione nord del lotto, laddove affiorano coltri eluvio-colluviali di ridotto spessore (<3m) in appoggio su un substrato calcareo fratturato e/o lievi livelli di breccie detritiche pseudocementate; in tal caso il sottosuolo è di tipo B.



Integrando tali dati con quelli della carta geolitologica (tenendo conto della suddivisione geologico-tecnica) e quelli relativi alla carta della stabilità, si perviene a 3 zone omogenee in prospettiva sismica che sono compendiate nella carta della zonazione in prospettiva sismica . Esse sono definibili come:

#### ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI



**ZONA S1** - Substrato fratturato o alterato sottoposto a coltre eluviale  
Sottosuolo di tipo B (raramente di tipo A) composto da substrato calcareo fratturato sottoposto a coltre eluvio-colluviale di spessore < 3m  
 $360 \text{ m/sec} < V_s,eq < 800 \text{ m/sec}$



**ZONA S2** - Sottosuolo di tipo B composto piroclastiti limo-sabbiose a copertura di piroclastiti con componente detritico-alluvionale. Spessore > 30 m.  
 $360 \text{ m/sec} < V_s,eq < 800 \text{ m/sec}$

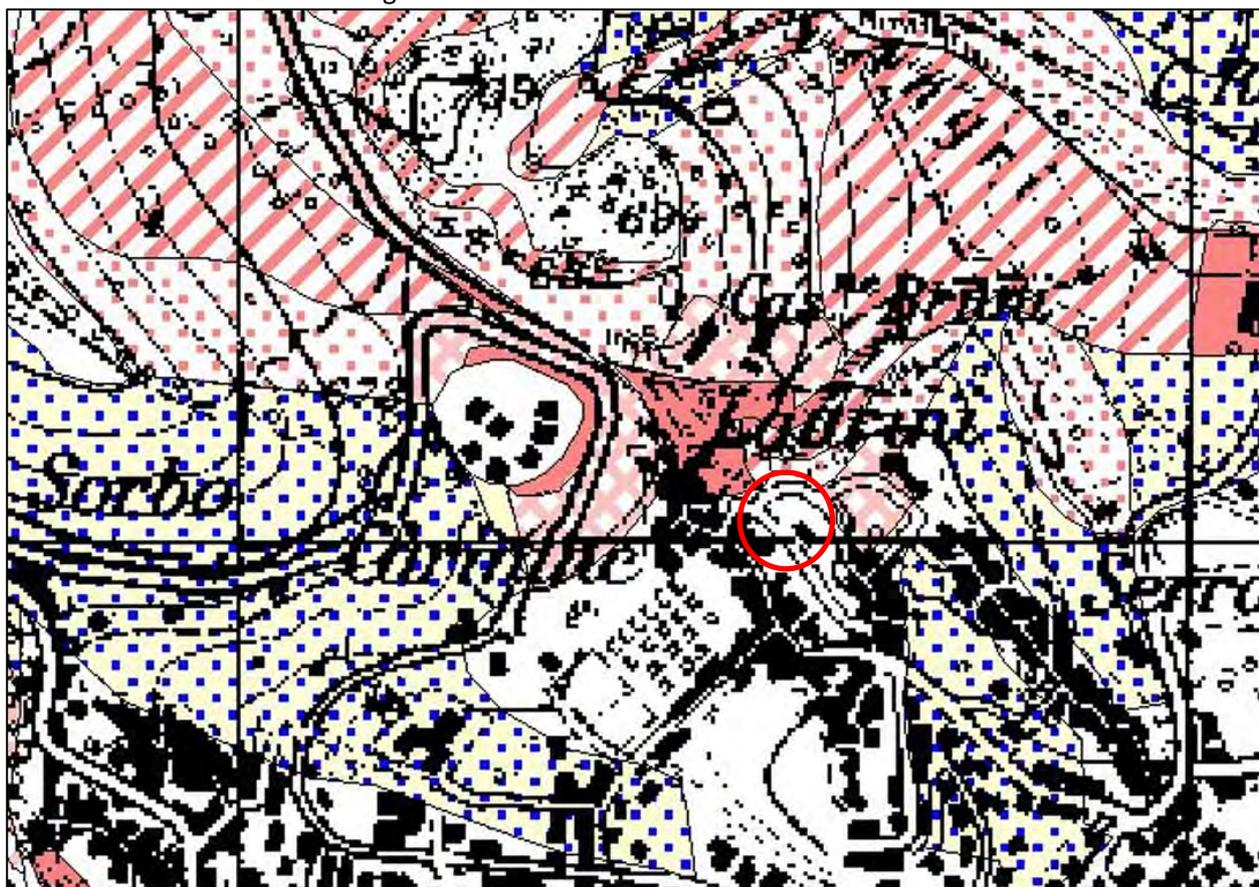


**ZONA S3** - Sottosuolo di tipo E composto da terreni piroclastici limo-sabbiosi caratterizzati da valori di velocità equivalente  $180 \text{ m/sec} < V_s < 360 \text{ m/sec}$  con substrato sismico non superiore a 30 m dal p.c.

## 6. COMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA

Come già introdotto in inquadramento, l'area di intervento è ubicata all'interno del territorio di competenza dell'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale ex Autorità di Bacino dei fiumi Liri-Garigliano-Volturno.

Come si evince dalla consultazione della carta del rischio da frana redatta dalla competente AdB, le aree del PUA non ricadono in zone cartografate a rischio.



Stralcio carta del rischio frana dell'AdB con indicata l'area di interesse

Inoltre si può affermare che gli interventi progettuali, in linea generale:

- a) migliorano o comunque non peggiorano le condizioni di stabilità del territorio e di difesa del suolo;
- b) non costituiscono, in nessun caso, un fattore di aumento della pericolosità da dissesti di versante (diretto e indiretto);
- c) non compromettono la stabilità dei versanti;
- d) non costituiscono elemento pregiudizievole all'attenuazione o all'eliminazione definitiva delle specifiche cause di rischio eventualmente esistenti;
- e) non pregiudicano le sistemazioni definitive di aree riconoscibili potenzialmente a rischio né la realizzazione degli interventi previsti dalla pianificazione di bacino o da altri strumenti di pianificazione;

*Per quanto innanzi detto gli interventi in oggetto rientrano tra gli interventi compatibili con le prescrizioni di piano ovvero realizzabili sul territorio in esame.*

## 7. PRESCRIZIONI E CONCLUSIONI

La presente relazione afferisce al Piano Urbanistico Attuativo – RIQUALIFICAZIONE BENI DELLA FONDAZIONE OPERA PIA ASILO INFANTILE "S. e G. CAPONE" SITI IN MONTELLA IN LARGO GARZANO - VIA SAN NICOLA-VIA SPINELLA".

In tale contesto è stato predisposto il presente studio geologico il quale, in relazione alle esperienze dirette dello scrivente, ai vari sopralluoghi effettuati ed alle risultanze delle indagini geognostiche in sito e di laboratorio disponibili e/o eseguite "ex novo", ha consentito di definire l'assetto geologico locale dell'area in oggetto.

Dal punto di vista geolitologico, l'area di interesse è situata all'interno di una depressione strutturale, di ordine inferiore rispetto ai lineamenti tettonici principali, che costituisce la propaggine meridionale di M.te Mauriello, allungato in direzione NO-SE. Essa è caratterizzata da un contorno costituito da versanti calcarei che formano l'ossatura del rilievo urbano che si articola, a partire da Nord ed in senso orario, nei rioni Laurini, Spinella-Torre, Cisterna. Le linee di faglia che delimitano la depressione risultano sepolte, in superficie, dai sedimenti grossolani quaternari derivanti dalla disgregazione ed arretramento del rilievo calcareo e da quelli piroclastici derivanti dall'attività eruttiva del complesso Flegreo e Somma-Vesuvio; questi ultimi, in particolare, sono rinvenibili perlopiù in forma rimaneggiata come prodotto del dilavamento dei versanti al contorno o come deposito di antiche conoidi e/o bacini lacustri sospesi. Il substrato profondo ribassato è, localmente, calcareo.

L'interfaccia del substrato è posta a profondità variabili per la presenza di rigetti sepolti o paleoscarpate che indicano la presenza di paleovallecole sepolte dai depositi recenti; lungo il versante del quartiere Spinella, nella porzione orientale del lotto, detti terreni sono subaffioranti e sono presumibilmente ribassati, nella porzione centrale del lotto, ad opera di una faglia normale.

Al di sopra dei terreni del substrato si rinvencono terreni detritico-alluvionali grossolani e prodotti piroclastici limo-sabbiosi che hanno colmato la depressione di Via G. Capone la quale, durante il plesitocene, rappresentava un piccolo bacino lacustre sospeso nel quale confluivano i sedimenti dilavati ed erosi che ammantavano i versanti al contorno.

I terreni affioranti possono dunque essere ricondotti alle seguenti unità geologiche (dalla più antica alla più recente):

- Complesso Calcareo (Ca) - *Cretacico Superiore*;
- Detrito di Falda (Df) - *Pleistocene*;
- Depositi piroclastici antichi e recenti (PYR<sub>dt</sub>- PYR<sub>is</sub>)- *Pleistocene superiore-Olocene*;

L'assetto geomorfologico è localmente rappresentato dalla presenza di un glacis di accumulo di fondovalle con quota media di ca. 593-594 m s.l.m., delimitato da faglie normali, orientato in direzione E-O ed incassato tra i rilievi calcarei del Rione Carmine, Laurini, Spinella e Cisterna. Detti rilievi presentano una porzione sommitale rettilinea con versanti regolari che, nella parte basale di raccordo con il fondovalle, presenta una lieve componente di raccordo prima brecciode e poi eluvio-colluviale che comporta un profilo morfologico concavo.

L'evoluzione morfologica dell'area ha seguito le vicissitudini tettoniche recenti con arretramento piano-parallelo dei versanti secondo il modello di Richter fino a raggiungere la configurazione attuale; la produzione di detrito prima e di prodotti eluvio colluviali poi, ha colmato la depressione tettonica con instaurarsi di un



piccolo bacino lacustre sospeso entro il quale confluivano, nel tardo pleistocene sino all'olocene, le acque ruscellanti. I prodotti di colmata del bacino lacustre hanno dunque addolcito il profilo di raccordo e reso sub-pianeggiante il fondovalle.

Attualmente la dinamica geomorfologica attiva è rappresentata da un conoide quiescente che si estende alla base del casale Laurini; tuttavia, come segnalato in inquadramento geomorfologico, non si evidenziano particolari interferenze tra gli interventi del PUA e la dinamica segnalata e descritta.

Le indagini geologiche e geotecniche si sono concentrate nelle aree che saranno oggetto di nuova edificazione.

Dette indagini sono consistite in:

#### *INDAGINI GEOGNOSTICHE, PROVE IN SITU E PROVE DI LABORATORIO*

- n° 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti rispettivamente a 25 m. dal p.c e 10 m. dal p.c.;
- n. 3 prove SPT in foro;
- Allestimento piezometro a tubo aperto sino alla profondità di 20 m dal p.c. per monitorare l'andamento della falda acquifera;
- Prove di laboratorio geotecnico su n. 1 campione significativo ed indisturbato prelevato nel forl di sondaggio (caratteristiche fisiche generali, granulometria, prova di taglio diretto CD, prova edometrica);

#### *INDAGINI GEOFISICHE*

- n. 1 indagine sismica a rifrazione;
- N. 2 misure HVSR eseguite secondo la tecnica di Nakamura;

Sulla base di quanto rilevato, la successione stratigrafica locale può dunque essere così definita (riferendosi al sondaggio S1):

- **Strato 1. 0.0-3.9 m dal p.c. → Terreni piroclastici sciolti:** Trattasi di materiali vulcanici di natura piroclastica a consistenza limo-sabbiosa di colore prevalentemente marrone scuro pedogenizzati e riportati entro i primi 2 m. Il loro spessore, incluso il terreno vegetale e/o una coltre di terreni di riporto di ca. 4 m.
- **Strato 2. 3.9-19.0 m dal p.c. → Terreni piroclastici mediamente addensati:** Trattasi di piroclastiti da caduta incoerenti rimaneggiate di colore marrone rossastro con inclusioni pumicee a granulometria prevalentemente limosa. La grande alterabilità del deposito da parte degli agenti esterni ne ha determinato la parziale argillificazione
- **Strato 3. 19.0- 24.0 m dal p.c. → Detrito di falda:** Ghiaie calcaree a spigoli vivi in matrice sabbiosa grossolana da sciolte a pseudocementate.
- **STRATO 4. >24.0 m dal p.c. → Substrato calcareo:** Calcarenite grigiastra lito-bioclastica. RQD 40%. Alterazione debole (surface staining). UCS R5 (100-250 MPa)

La presenza di una formazione superficiale composta da accumuli di vario spessore di terreni di riporto rimaneggiati e sabbie limose, sovrapposta a piroclastiti limose argillificate, può determinare l'instaurarsi di un falda freatica stagionale superficiale che, in corrispondenza di eventi meteorici di elevata intensità, potrebbe oscillare con valori non trascurabili con possibili.

I livelli limosi, a causa della loro scarsa permeabilità, fungono infatti da impermeabile relativo sia al tetto rispetto alla circolazione in pressione nei livelli grossolani profondi, sia al letto delle sabbie piroclastiche superficiali.



La probabile presenza di tale corpo idrico superficiale, che assume le caratteristiche di una vera e propria falda acquifera, è da relazionare con le perdite delle opere di adduzione e smaltimento delle acque potabili, piovane e reflue che si infiltrano negli orizzonti maggiormente granulari e poco coesivi costituenti i terreni di riporto e dai travasi idrici sotterranei dagli adiacenti complessi calcarei; la consistenza del corpo idrico potrebbe aumentare in corrispondenza di eventi meteorici particolarmente intensi e prolungati in cui le acque si infiltrano nel sottosuolo incrementandone la portata.

#### Problemi geotecnici e scelte tipologiche.

Il modello geologico emerso dalle indagini condotte ha posto in evidenza quanto segue:

- Il sito nel complesso è da ritenere stabile nei confronti dei fenomeni gravitativi;
- Il profilo litostratigrafico previsto è essenzialmente composto da uno strato superficiale (mediamente 3.5 – 4.0 m) di terreni sciolti ad affinità piroclastica e granulometria sabbioso-limoso variamente riportati e di scarsa qualità per quanto attiene le caratteristiche di resistenza. Detti terreni sono in appoggio su terreni piroclastici addensati parzialmente argillificati e rimaneggiati a loro volta in appoggio su una interfaccia detritico clastica che segna il passaggio con il bedrock calcareo.
- La falda acquifera è assente sino ai 20 m dal p.c.; è possibile l'instaurarsi di circolazione idrica episupeficiale di tipo occasionale.
- Per quanto attiene i terreni piroclastici di copertura si ravvisa che il loro grado di coesione è legato al grado di saturazione ed alla suzione (coesione apparente), la coesione tende così a decrescere rapidamente con il diminuire del grado di saturazione, per tale motivo il comportamento geotecnico è assimilabile ai terreni attritivi.

Sulla base della suddivisione geostratigrafica ed in relazione ai parametri geotecnici emersi dalle prove di laboratorio geotecnico e dalle prove SPT, si è eseguita una caratterizzazione in termini di valori caratteristici riferendosi ai valori delle prove di laboratorio geotecnico per lo strato 2 ed a correlazioni con i valori di  $N_{spt}$  a rifiuto per lo strato 3 ipotizzando compensazione strutturale (ovvero riferendosi a fondazioni dotate di sufficiente rigidità); si ribadisce che la determinazione dei parametri caratteristici necessita, di conoscere preliminarmente ed in modo imprescindibile la tipologia di interventi, opere e sistemi geotecnici nonché ampiezza del volume significativo riferito alle opere. Pertanto la caratterizzazione geotecnica eseguita ha solo carattere preliminare riferendosi ai soli strati pertinenti dal punto di vista geotecnico le aree di nuova edificazione ed ipotizzando la presenza di un piano interrato depresso di ca. 4 m dall'attuale p.c.. In tale ottica risulta caratterizzante lo strato 2 e molto marginalmente lo strato 3 .

### MODELLO GEOTECNICO DI SINTESI

Tabella: modello geotecnico riferito ai valori medi dei parametri geotecnici (prof. riferita al Sondaggio S1 )

N° strato	Profondità m	$\gamma_k$ KNm <sup>-3</sup>	$\Phi$ gradi	$c'$ MPa	$\Phi_{cv}$ gradi	E ed MPa
1	0.0÷3.9	16	-		-	
2	3.9÷19.0	17.5	26.1	0	24	5.3
3	19.0÷22.5	21		0	>35	>20
4	>22.5	24	BEDROCK CALCAREO			

Dove, per la precedente tabella e tutte le successive:



Committente: Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S. E G. Capone

Oggetto: Piano Urbanistico Attuativo – RIQUALIFICAZIONE BENI DELLA FONDAZIONE OPERA PIA ASILO INFANTILE "S. e G. CAPONE" SITI IN MONTELLA IN LARGO GARZANO - VIA SAN NICOLA-VIA SPINELLA"

- $\Phi$  = angolo di attrito
- $\Phi_{cv}$  = angolo di attrito a volume costante (da utilizzare nella verifica a slittamento solo alla base della fondazione)
- $c'$  = coesione drenata
- $\gamma$  = densità
- $E_{ed}$  = modulo edometrico

Dal punto di vista della risposta sismica, le prospezioni geofisiche con tecnica HVSR hanno evidenziato un profilo delle Vs nei primi 30 (tab. 3.2. II secondo le NTC 2018) coerente con le seguenti categorie di sottosuolo:

ID_INDAGINE	Vs,eq al p.c.	Cat. Sottosuolo	Cat. Topografica
HVSR_1	288 m/sec	E	T1
HVSR_2	375 m/sec	B	T1
MASW1	389 m/sec	B	T1

Inoltre, sempre relativamente al comparto edificatorio:

- NON si prevedono fenomeni di instabilità del pendio (superficie topografica subpianeggiante)
- NON si prevedono fenomeni di liquefazione

A scala più vasta, considerando l'intero perimetro delle aree oggetto del PUA, per una più agevole comprensione dell'assetto idro-geo-morfologico, si sono altresì prodotti elaborati cartografici (su base cartografica in scala 1:2.000) di dettaglio consistenti in:

- TAV\_1 Carta geolitologica con indicazioni idrogeologiche
- TAV\_2 Carta geomorfologica e della stabilità
- TAV\_3 Carta della zonazione in prospettiva sismica
- TAV\_4 Carta delle Indagini e Sezioni geologiche

**Atteso quanto innanzi, gli interventi previsti in progetto, risultano essere compatibili con l'assetto geolitologico, idrogeologico, geomorfologico, geotecnico e sismico dell'area interessata dalle suddette opere.**

Tanto dovevasi per incarico ricevuto.

Montella, Novembre 2021

Il Geologo



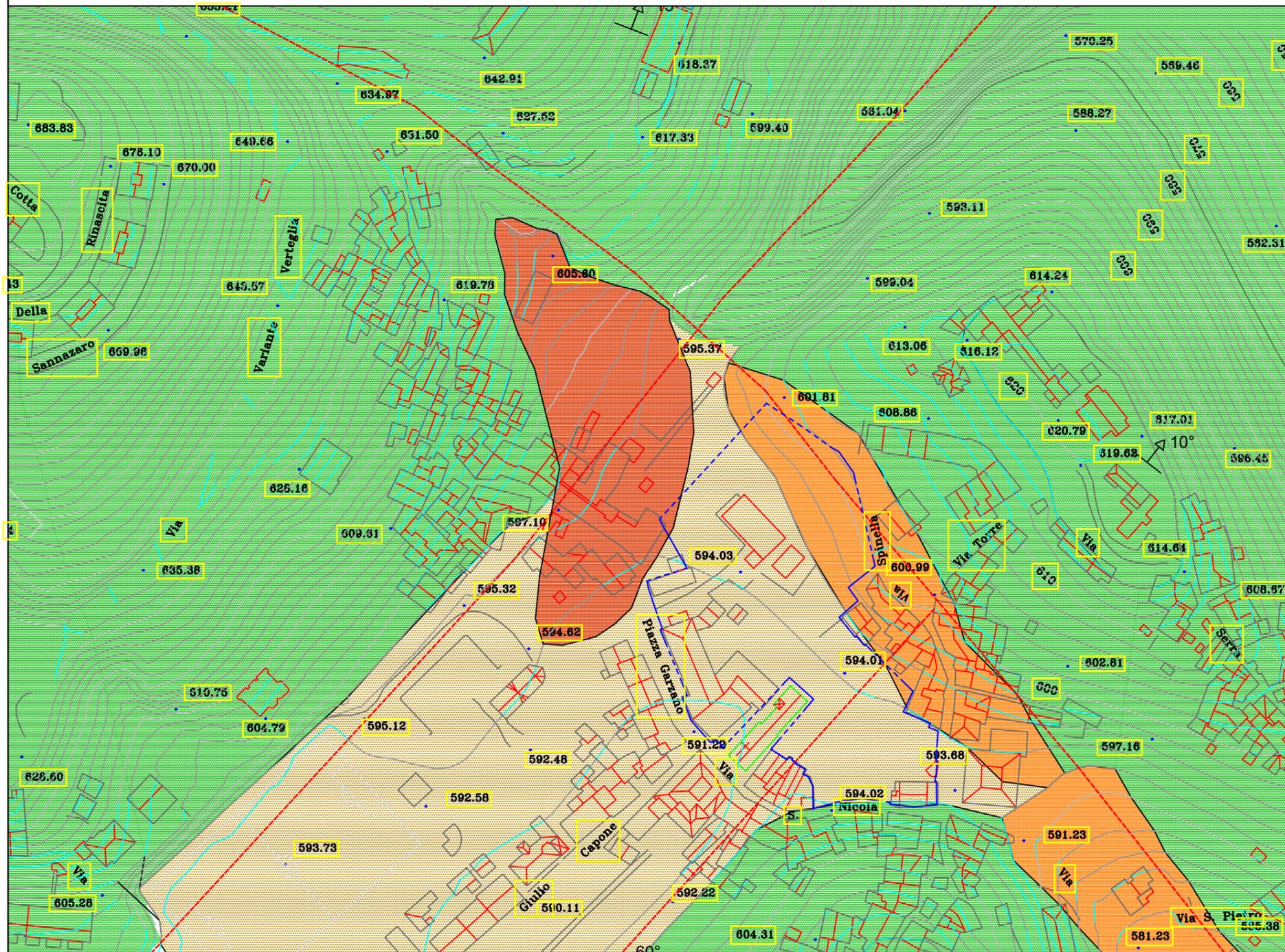
**OGGETTO:** P.U.A. RIQUALIFICAZIONE BENI DELLA FONDAZIONE OPERA PIA ASILO INFANTILE "S. e G. CAPONE" SITI IN MONTELLA IN LARGO GARZANO - VIA SAN NICOLA-VIA SPINELLA

**Committente:** Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S. e G. Capone Piazza Garzano, Montella (AV)

**CARTA GEOLITOLOGICA CON INDICAZIONI IDROGEOLOGICHE  
SCALA 1:2.000**

**Data:** novembre 2021

**Codice elaborato:** RG\_011\_20

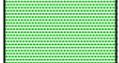


**LEGENDA**

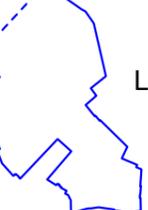
**QUATERNARIO**

-  Depositi di conoide detritico alluvionale  
*Limi sabbiosi con inclusi litici calcarei a spigoli vivi*
-  Deposito eluvio-colluviale  
*Limi sabbiosi piroclastici rimaneggiati poco addensati di colore marrone-rossiccio*
-  Depositi lacustri-palustri  
*Limi sabbiosi piroclastici rimaneggiati ed argillificati di colore marrone-grigiastro*

**UNITA' DELLA PIATTAFORMA CARBONATICA APPENNINICA**

-  Calcari con requenie e gasteropodi

**ELEMENTI TETTONICI**

-  Giacitura strati
-  Faglia diretta
-  Lotto di interesse



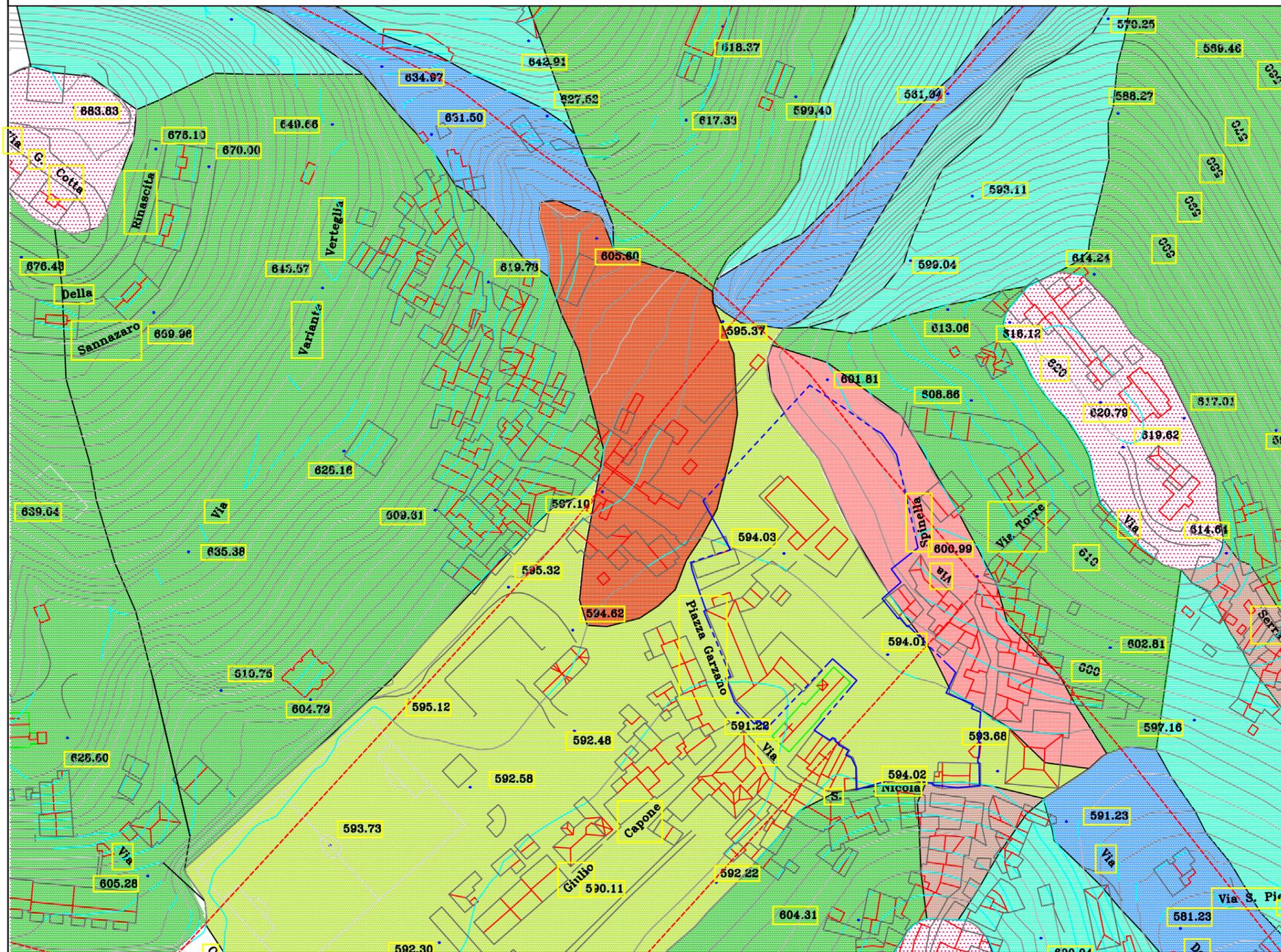
**OGGETTO:** P.U.A. RIQUALIFICAZIONE BENI DELLA FONDAZIONE OPERA PIA ASILO INFANTILE "S. e G. CAPONE" SITI IN MONTELLA IN LARGO GARZANO - VIA SAN NICOLA-VIA SPINELLA

**Committente:** Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S. e G. Capone Piazza Garzano, Montella (AV)

**CARTA GEOMORFOLOGICA E DELLA STABILITA'**  
**SCALA 1:2.000**

**Data:** novembre 2021

**Codice elaborato:** RG\_011\_20



**LEGENDA**

**FORME DI ACCUMULO**

- Glacis di accumulo in ambiente lacustre -palustre (GLC)
- Deposito eluvio-colluviale (CLV)
- Conoide detritico-alluvionale (CND)

**FORME DI EROSIONE E DILAVAMENTO**

- Versante fluvio-denudazionale (VDN)
- Vallecola (VLC)

**FORME A CONTROLLO STRUTTURALE**

- Versante a controllo strutturale (LEV)
- Ripiano sommitale - crinale (CRN)
- Crinale secondario (CRN\_s)

Faglia diretta



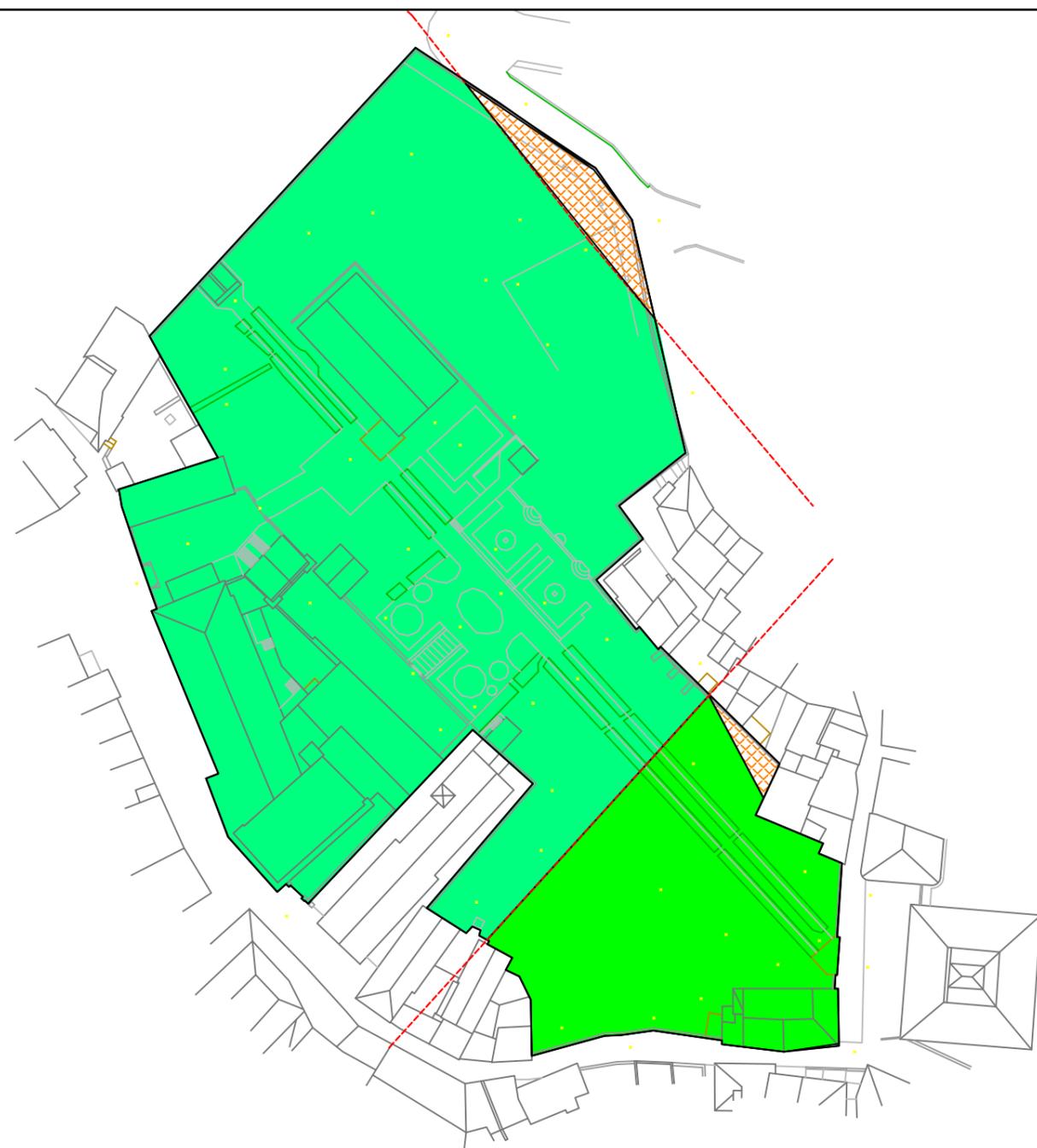
**OGGETTO:** P.U.A. RIQUALIFICAZIONE BENI DELLA FONDAZIONE OPERA PIA ASILO INFANTILE "S. e G. CAPONE" SITI IN MONTELLA IN LARGO GARZANO - VIA SAN NICOLA-VIA SPINELLA

**Committente:** Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S. e G. Capone Piazza Garzano, Montella (AV)

**CARTA DELLA ZONAZIONE IN PROSPETTIVA SISMICA  
SCALA 1:1.000**

**Data:** novembre 2021

**Codice elaborato:** RG\_011\_20



**LEGENDA**

**ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI**



ZONA S1 - Substrato fratturato o alterato sottoposto a coltre eluviale  
Sottosuolo di tipo B (raramente di tipo A) composto da substrato calcareo fratturato sottoposto a coltre eluvio-colluviale di spessore < 3m  
 $360 \text{ m/sec} < V_s,eq < 800 \text{ m/sec}$



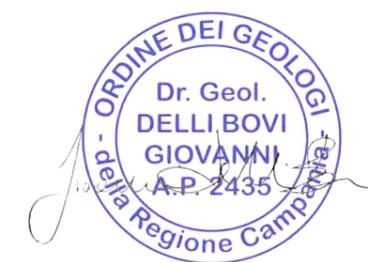
ZONA S2 - Sottosuolo di tipo B composto piroclastiti limo-sabbiose a copertura di piroclastiti con componente detritico-alluvionale. Spessore > 30 m.  
 $360 \text{ m/sec} < V_s,eq < 800 \text{ m/sec}$



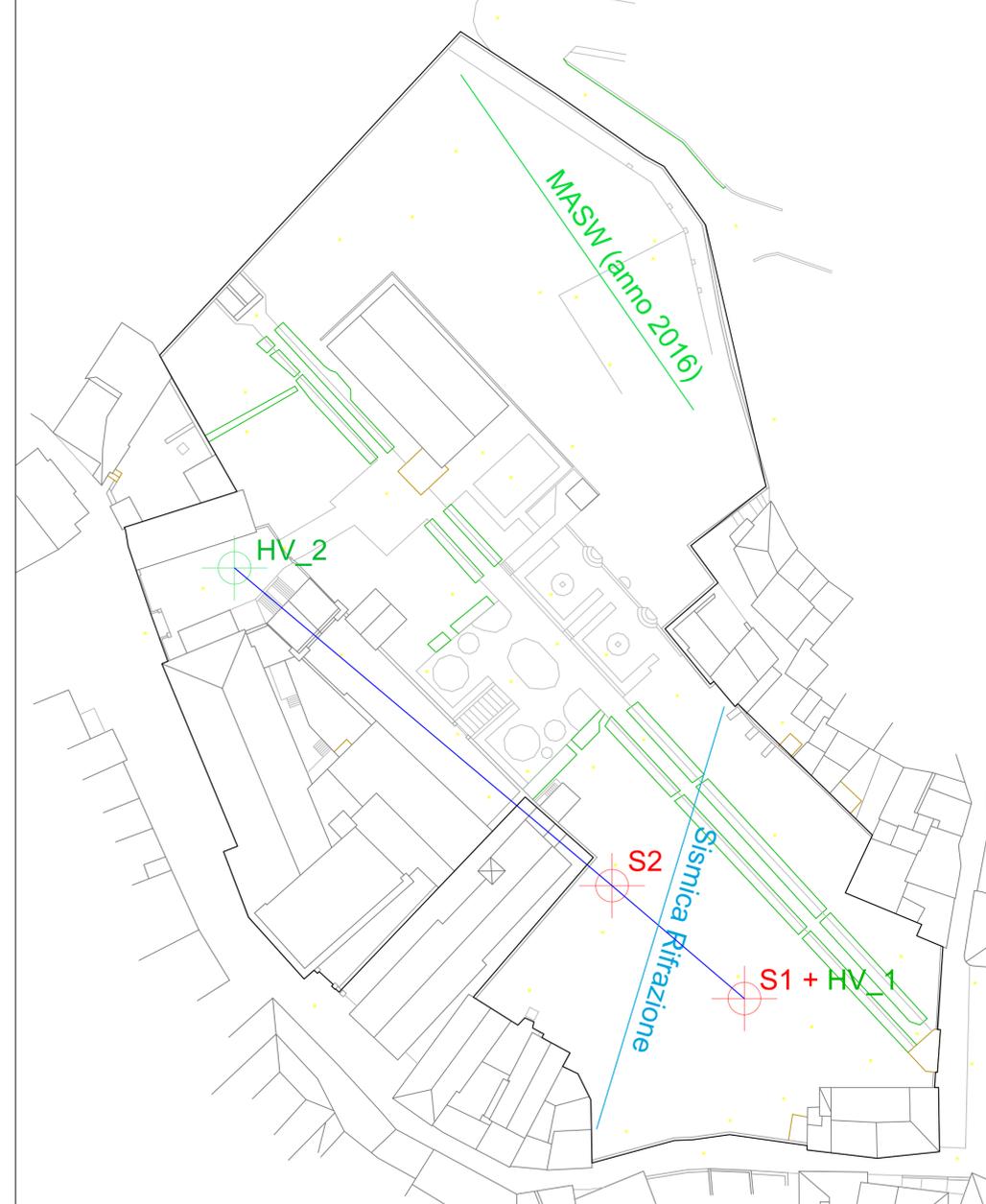
ZONA S3 - Sottosuolo di tipo E composto da terreni piroclastici limo-sabbiosi caratterizzati da valori di velocità equivalente  $180 \text{ m/sec} < V_s < 360 \text{ m/sec}$  con substrato sismico non superiore a 30 m dal p.c.



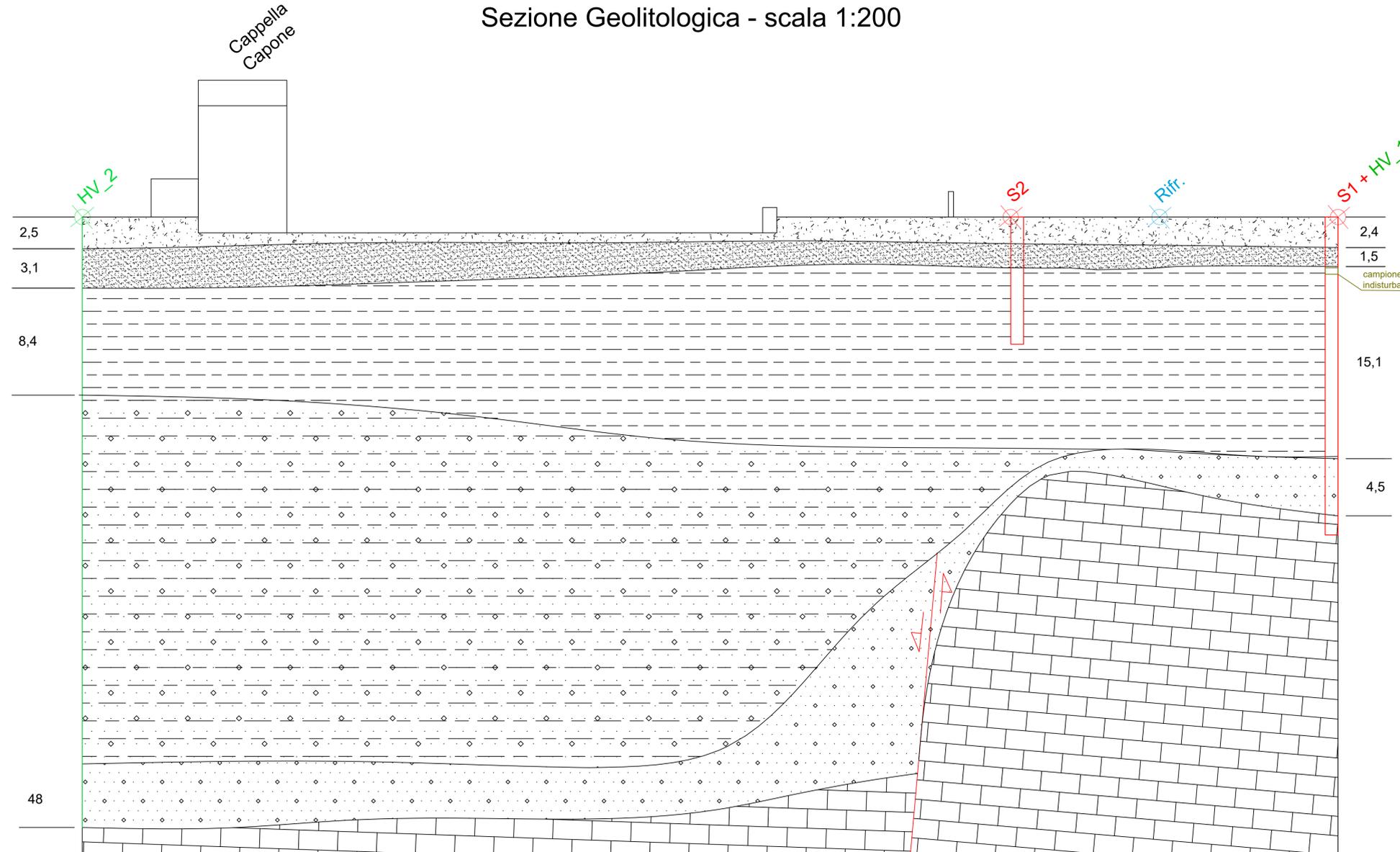
FAGLIA DIRETTA



Planimetria indagini eseguite - Scala 1:500



Sezione Geolitologica - scala 1:200



Modello Geostratigrafico

Modello Geotecnico riferito ai valori caratteristici

n.b.: il volume significativo è contenuto quasi esclusivamente nel terzo orizzonte geostratigrafico e marginalmente nel quarto

	Terreno vegetale e di riporto - Tv Sabbia fine piroclastica debolmente limosa, humificata con incluso pezzame lapideo Olocene - Attuale	$\gamma = 15 \text{ kNm}^{-3}$
	Terreni piroclastici limo-sabbiosi - PYRLs Limi sabbiosi di origine piroclastica parzialmente rimaneggiati di colore marrone scuro scarsamente addensati, umidi. Olocene	$\gamma = 17 \text{ kNm}^{-3}$
	TERRENI PIROCLASTICI LIMOSI ARGILLIFICATI (PYRL) limi debolmente sabbiosi soggetti a fenomeni di argillificazione di colore marrone chiaro-rossiccio, umidi, compatti, si tratta di terreni mediamente consistenti a comportamento pseudocoesivo. cu = 0.5-1.0 mpa da prove manuali Pleistocene sup. - Olocene	PYRL $\gamma = 17.5 \text{ kNm}^{-3}$ $\phi_{1,2} = 26.1^\circ$ $c' = 10.2 \text{ kPa}$ (valore apparente di coesione: nei terreni piroclastici la coesione non negativa è dovuta alla suzione di matrice ed al valore negativo della pressione neutra pertanto non dovrebbe essere considerata nei calcoli) Eed. = 5.3 MPa
	TERRENI DETRITICO-ALLUVIONALI PIROCLASTICI (PYRdt) Sabbie e limi piroclastici molto eterogenei inglobanti pezzame lapideo calcareo Pleistocene sup.	PYRdt. Df $\gamma = 21 \text{ kNm}^{-3}$ $\phi_{1,2} = 35^\circ$ $c' = 0 \text{ kPa}$ Eed > 20 kPa
	DETRITO DI FALDA (Df) breccie calcaree eterometriche a spigoli vivi non cementate in matrice sabbioso-calcareo di colore bianco-grigio, sciolte, umide, fine non plastica. GW-GM CLASSIFICAZIONE USCS Pleistocene	
	BEDROCK CALCAREO (Ca) calcarene grigiastre lito-blastica, r.qd 40%, alterazione debole (surface staining), ucs r5 (100-200 mpa) Cretacico	

Categoria di sottosuolo al p.c. (Tab 3.2.II NTC 2018): HVSR\_1 => E; HVSR\_2 => B; MASW\_1 => B  
 Categoria topografica (Tab 3.2.V NTC 20018) T1





AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO SECONDO LA NORMA UNI EN 9001:2008



**GEOCONSULT LAB**<sup>S.R.L.</sup>  
PROVE SU MATERIALI

*Laboratorio Prove su materiali da costruzione  
Prove di collaudo strutture  
Prove non distruttive  
Indagini Geognostiche e Geofisiche  
Laboratorio Geotecnico  
Laboratorio Chimico*

Autorizzazione Legge 1086/71 - D.M. n° 414 del 27/11/2015



**COMUNE DI MONTELLA**  
*(Provincia di Avellino)*

## **RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE**

"PIANO URBANISTICO ATTUATIVO RELATIVO ALLA SISTEMAZIONE ESTERNA DEL GIARDINO E COSTRUZIONE DI UN FABBRICATO ADIBITO A SALA CONVEGNI"

**Committente:** Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S.G. Capone

**Data:** Ottobre 2020

La Ditta  
GEOCONSULTLAB S.r.l.

Il Direttore  
Dott. Nicola Polzone



Su incarico della Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S.G. Capone, per conto del Geol. Giovanni Delli Bovi, è stata condotta una campagna geognostica ai fini del " Piano Urbanistico Attuativo relativo alla sistemazione esterna del giardino e costruzione di un fabbricato adibito a sala convegni", nel Comune di Montella (AV).

Questo report si riferisce in particolare alle indagini geognostiche svolte all'interno del sito oggetto d'intervento, dove nel dettaglio sono stati eseguiti:

- N. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo;
- N. 1 prelievo di campione indisturbato sul quale sono state condotte analisi da parte del laboratorio certificato GEO.ECO.TEST;
- N. 3 prove in foro del tipo S.P.T..

Di seguito verranno descritte nel dettaglio le indagini effettuate per tale campagna geognostica.

### **SONDAGGI GEOGNOSTICI**

Come già specificato poc'anzi per la suddetta campagna geognostica sono stati eseguiti n.2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo. Il primo sondaggio svolto nel sito oggetto d'indagine, denominato S1 (vedi stratigrafie allegate), è stato spinto sino alla profondità di 25 m dal p.c., e condizionato a piezometro sino a 20 m. All'interno di codesto sondaggio è stato prelevato n.1 campione terrigeno indisturbato (S1C1), sul quale sono state eseguite le prove di laboratorio, nonché sono state effettuate n.3 prove penetrometriche del tipo S.P.T..

Di contro il secondo sondaggio (S2) eseguito durante la campagna geognostica in questione, è stato approfondito sino a 10 m rispetto al p.c.; all'interno del foro di sondaggio del S2 non sono stati effettuati né prelievi di campioni né prove S.P.T..

Per l'esecuzione dei suddetti sondaggi geognostici è stata utilizzata una sonda meccanica idraulica cingolata CMV MK 600 D, provvista di testa di rotazione di 720 kgf, azionata da motore idraulico a cilindrata variabile e cambio meccanico a cinque marce.

La perforazione è stata eseguita con carotiere semplice di diametro pari a 101 mm e corone a widia con minime quantità di fluido di perforazione. Le carote estratte sono state disposte



all'interno di apposite cassette catalogatrici in pvc, con scomparti divisori, sulle quali sono state riportate:

- la denominazione del sondaggio,
- il numero della cassetta;
- le quote progressive di prelievo;
- le eventuali quote di prelievo di campioni indisturbati;
- le quote di esecuzione di prove S.P.T..

Di seguito si riporta una tabella con uno schema riassuntivo dei sondaggi eseguiti dove viene specificata la profondità di investigazione rispetto al piano campagna, nonché l'eventuale profondità di prelievo di campioni indisturbati e di esecuzione di prove S.P.T..

SONDAGGIO	METRI INVESTIGATI	SIGLA CAMPIONE	PROFONDITA' PRELIEVO CAMPIONI (METRI)	S.P.T.	PROFONDITA' ESECUZIONE S.P.T. (METRI)
S1	25	S1C1	4.00 – 4.50	N.1	4.50 – 4.95
				N.2	8.00 – 8.45
				N.3	12.00 – 12.45
S2	10	-	-	-	-

Dall'osservazione del prospetto riassuntivo si evince che sono stati eseguiti n.1 prelievo di campione indisturbato e n.3 prove S.P.T. soltanto all'interno del foro di sondaggio S1.

La stratigrafia relativa a ciascun sondaggio eseguito all'interno del sito oggetto d'intervento è allegata a codesta relazione, dove vengono descritte le litologie investigate sino alla profondità di perforazione raggiunta, nonché i relativi spessori. Inoltre sono riportate le profondità di prelievo del campione e delle prova S.P.T. svolte all'interno del sondaggio S1.

**CAMPIONI INDISTURBATI**

Come già specificato in precedenza all'interno del sondaggio geognostico svolto è stato prelevato un unico campione indisturbato di materiale terrigeno (vedi stratigrafia allegata).

Per campioni indisturbati (o a disturbo limitato) s'intendono quelli prelevati con apparecchiature idonee a conferire il massimo grado di qualità compatibilmente con la natura del terreno e cioè, in base alla classificazione proposta dalle Raccomandazioni AGI.

Ogni campionamento deve essere preceduto dalle seguenti operazioni:

- adeguata stabilizzazione del foro mediante rivestimento provvisorio o fluido di perforazione, con pulizia del fondo;
- controllo della profondità dopo l'introduzione del campionatore;
- ulteriore manovra di pulizia con metodi adeguati, qualora si accertasse la presenza di detriti sul fondo foro per un'altezza incompatibile con la lunghezza del campionatore; la tolleranza in tal senso può essere maggiore nel caso di apparecchi muniti di pistone e cioè "chiusi" alla base prima dell'infissione.

Ultimata l'infissione, il campionatore viene estratto usando gli accorgimenti necessari per staccare il campione dal terreno sottostante e per ridurre il disturbo dovuto alla decompressione ed al risucchio. Il campione deve essere conservato nello stesso tubo o contenitore di prelievo, ripulito alle estremità, sigillato ermeticamente con paraffina fusa o tappi a tenuta e munito di etichetta (non degradabile con l'umidità) in cui siano indicati:

- designazione del committente, del cantiere e del sondaggio;
- profondità del prelievo (da/a metri rispetto al p.c. o ad altro riferimento prescritto);
- data di prelievo.

Di seguito si riporta un prospetto dei campioni indisturbati prelevati nei fori di sondaggio.

<b><i>Sondaggio</i></b>	<b><i>Campione</i></b>	<b><i>Tipologia</i></b>	<b><i>Profondità prelievo dal p.c. (metri)</i></b>
<b><i>S1</i></b>	S1C1	indisturbato	4.00 – 4.50



Su tale campione sono state condotte le analisi per la determinazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche da parte del laboratorio certificato GEO.ECO.TEST.

Le prove di laboratorio eseguite sul campione indisturbato S1C1 sono le seguenti:

- Caratteristiche fisiche e naturali generali
- Granulometria;
- Prova di taglio diretto;
- Prova edometrica.

Attraverso l'esecuzione delle prove di laboratorio è stato possibile ricavare i principali parametri geotecnici relativi alla litologia investigata. Tali prove sono state eseguite dal laboratorio autorizzato GEO.ECO.TEST, i cui certificati sono allegati a codesta relazione.

Al fine di semplificare la consultazione dei risultati delle prove di laboratorio di seguito si riporta una tabella riassuntiva dove sono riportati i principali parametri geotecnici relativi al campione prelevato S1C1.

CAMPIONE	GRANULOMETRIA	PESO DI VOLUME $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	PESO DI VOLUME SECCO $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	PESO DI VOLUME SATURO $\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	ANGOLO DI ATTRITO $\Phi'$ (°)	COESIONE DRENATA C' (kPa)
S1C1	Sabbia limoso argillosa	17,52	14,03	18,61	27	19,0

### **PROVE S.P.T.**

Come già descritto in precedenza durante questa campagna geognostica è stata effettuata una singola prova penetrometrica del tipo S.P.T. all'interno del foro di sondaggio S1.

La prova S.P.T. consiste nel far cadere ripetutamente un maglio, del peso di 63,5kg, da un'altezza di 760 mm, su una testa di battuta fissata alla sommità di una batteria di aste alla cui estremità inferiore è avvitato un campionatore di dimensioni standardizzate registrando durante la penetrazione:

- il numero di colpi di maglio N1 necessario a produrre l'infissione per i primi 15cm (tratto di avviamento) inclusa l'eventuale penetrazione quasi statica per gravità,



Autorizzazione Legge 1086/71 - D.M. n° 414 del 27/11/2015

- il numero di colpi di maglio N2 necessario a produrre l'infissione per altri 15cm,
- il numero di colpi di maglio N3 necessario a produrre l'infissione per ulteriori 15cm.

Si riporta di seguito un prospetto riassuntivo sulle prove S.P.T. svolte durante la campagna d'indagine:

<b>SONDAGGIO</b>	<b>PROFONDITA' ESECUZIONE S.P.T. (METRI)</b>	<b>NUMERO COLPI S.P.T.</b>
S1	4.50 – 4.95	4 – 4 – 9
	8.00 – 8.45	5 – 7 – 12
	12.00 – 12.45	6 – 9 – 13

Di seguito si riportano i seguenti allegati:

- Sondaggi geognostici: ubicazione, report fotografico e stratigrafia;
- Prove di laboratorio.



AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO SECONDO LA NORMA UNI EN 9001:2008



**GEOCONSULT LAB**<sup>S.R.L.</sup>  
PROVE SU MATERIALI

*Laboratorio Prove su materiali da costruzione  
Prove di collaudo strutture  
Prove non distruttive  
Indagini Geognostiche e Geofisiche  
Laboratorio Geotecnico  
Laboratorio Chimico*

Autorizzazione Legge 1086/71 - D.M. n° 414 del 27/11/2015

---

**P.U.A. RELATIVO ALLA SISTEMAZIONE ESTERNA DEL GIARDINO E  
COSTRUZIONE DI UN FABBRICATO ADIBITO A SALA CONVEGNI-  
MONTELLA (NA)**

# SONDAGGIO GEOGNOSTICO





## REPORT FOTOGRAFICO SONDAGGIO GEOGNOSTICO



**Postazione sondaggio S1**



AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO SECONDO LA NORMA UNI EN 9001:2008



**GEOCONSULT LAB** S.R.L.  
PROVE SU MATERIALI

*Laboratorio Prove su materiali da costruzione  
Prove di collaudo strutture  
Prove non distruttive  
Indagini Geognostiche e Geofisiche  
Laboratorio Geotecnico  
Laboratorio Chimico*

Autorizzazione Legge 1086/71 - D.M. n° 414 del 27/11/2015



Postazione sondaggio S2



**Cassetta S1C1**



**Cassetta S1C2**



Cassetta S1C3



Cassetta S1C4

## STRATIGRAFIA

Accettazione N°58/20

Certificato N° 109/20 del 17/09/2020

AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO SECONDO LA NORMA UNI EN 9001:2008



Laboratorio Autorizzato ai sensi del D.P.R. 380/2001 art. 359 Concessione N°6537 del 11/07/2011

Committente: Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S.G. CAPONE

Oggetto: Piano Urbanistico Attuativo relativo alla sistemazione esterna del giardino e costruzione di un fabbricato adibito a sala convegni

Sondaggio: S1 Quota: 594 m s.l.m. Data inizio: 17/09/2020 Data fine: 17/09/2020

Strumentazione : CMW MK 600 D

Diam. Perforaz.: 101 mm

Tipologia perforazione : Carotaggio continuo Distruzione 

Scala 1:150

Coordinate (WGS84): 40.84650, 15.01856

Località: Montella (AV)

Profondità dal p.c. (m.)	Potenza degli strati (m.)	Quota assoluta s.l.m. (m.)	Simbologia	Percentuale di carotaggio 20% 40% 60% 80% 100%	Campioni	Campionatore	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Tipo S.P.T.	Profondità S.P.T. (m.dal p.c.)	S.P.T. N <sub>1-N<sub>2</sub>-N<sub>3</sub></sub>	Falda (m.dal p.c.)	Rivestim. provv. Attrezzatura installate in foro
2.4	2.4	591.6					TERRENI VEGETALI (Tv) TERRENO VEGETALE DI COLORE BRUNO SCURO AD AFFINITA' SABBIOSA DI ORIGINE PIROCLASTICA INCLUDENTE PEZZAME LITICO CALCAREO A SPIGOLI VIVI E MATERIALE DI RIPORTO. UMIDO. SCIOLTO.					
3.9	1.5	590.1					TERRENI PIROCLASTICI LIMO-SABBIOSI (PYR <sub>LS</sub> ) LIMI SABBIOSI DI ORIGINE PIROCLASTICA PARZIALMENTE RIMANEGGIATI DI COLORE MARRONE SCURO SCARSAMENTE ADDENSATI, UMIDI.	P.C.	4.50 4.95	4-4-9		
15.1					4.0 4.5	She	TERRENI PIROCLASTICI LIMOSI ARGILLIFICATI (PYR <sub>L</sub> ) LIMI DEBOLMENTE SABBIOSI SOGGETTI A FENOMENI DI ARGILLIFICAZIONE DI COLORE MARRONE CHIARO-ROSSICCIO, UMIDI, COMPATTI. SI TRATTA DI TERRENI MEDIAMENTE CONSISTENTI A COMPORTAMENTO PSEUDOCOESIVO. C <sub>u</sub> = 0.5-1.0 MPa DA PROVE MANUALI	P.C.	8.00 8.45	5-7-12		
19.0		575.0					DETRITO DI FALDA (Df) BRECCIE CALCAREE ETROMETRICHE A SPIGOLI VIVI NON CEMENTATE IN MATRICE SABBIOSO-CALCAREA DI COLORE BIANCO-GRIGIO. SCIOLTE. UMIDE. FINE NON PLASTICA. GW-GM CLASSIFICAZIONE USCS					
24.0	5.0	570.0					BEDROCK CALCAREO (Ca) CALCARENITE GRIGIASTRA LITO-BLASTICA. RQD 40%. ALTERAZIONE DEBOLE (SURFACE STAINING). UCS R5 (100-200 MPa)					
25.0	1.0	571.0					FINE SONDAGGIO					

P.C.= punta chiusa  
She= shelbyLo Sperimentatore  
dott.ssa geol. Fiammetta Sarmento

Pag. 1 di 1

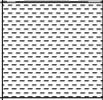
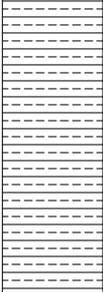
Il Direttore  
dott. geol. Nicola Polzone

STRATIGRAFIA	Accettazione N°58/20	Certificato N° 110/20 del 18/09/2020
AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO SECONDO LA NORMA UNI EN 9001:2008	Committente: Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S.G. CAPONE	
 <b>GEOCONSULTLAB</b> SRL <b>PROVE SU MATERIALI</b>	Oggetto: Piano Urbanistico Attuativo relativo alla sistemazione esterna del giardino e costruzione di un fabbricato adibito a sala convegni	
	Sondaggio: S2 Quota: 594 m s.l.m. Data inizio: 18/09/2020 Data fine: 18/09/2020	
Laboratorio Autorizzato ai sensi del D.P.R. 380/2001 art. 359 Concessione N°6537 del 11/07/2011	Strumentazione : CMW MK 600 D	Diam. Perforaz.: 101 mm
	Tipologia perforazione : Carotaggio continuo <input checked="" type="checkbox"/>	Distruzione <input type="checkbox"/>

Scala 1:150

Coordinate (WGS84): 40.84665, 15.01833

Località: Montella (AV)

Profondità dal p.c. (m.)	Potenza degli strati (m.)	Quota assoluta s.l.m. (m.)	Simbologia	Percentuale di carotaggio 20% 40% 80% 100%	Campioni	Campionatore	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Tipo S.P.T.	Profondità S.P.T. (m.dal p.c.)	S.P.T. N <sub>1</sub> -N <sub>2</sub> -N <sub>3</sub>	Falda (m.dal p.c.)	Rivestim. provv. Attrezzatura installate in foro
2.1	2.1	591.9					TERRENI VEGETALI (Tv) TERRENO VEGETALE DI COLORE BRUNO SCURO AD AFFINITA' SABBIOSA DI ORIGINE PIROCLASTICA INCLUDENTE PEZZAME LITICO CALCAREO A SPIGOLI VIVI E MATERIALE DI RIPORTO. UMIDO. SCIOLTO.					
4.0	1.9	590.0					TERRENI PIROCLASTICI LIMO-SABBIOSI (PYR <sub>Ls</sub> ) LIMI SABBIOSI DI ORIGINE PIROCLASTICA PARZIALMENTE RIMANEGGIATI DI COLORE MARRONE SCURO SCARSAMENTE ADDENSATI, UMIDI.					
10.0	6.0	584.0					TERRENI PIROCLASTICI LIMOSI ARGILLIFICATI (PYR <sub>L</sub> ) LIMI DEBOLMENTE SABBIOSI SOGGETTI A FENOMENI DI ARGILLIFICAZIONE DI COLORE MARRONE CHIARO-ROSSICCIO, UMIDI, COMPATTI. SI TRATTA DI TERRENI MEDIAMENTE CONSISTENTI A COMPORTAMENTO PSEUDOCOESIVO. C <sub>u</sub> = 0.5-1.0 MPa DA PROVE MANUALI					
FINE SONDAGGIO												

Lo Sperimentatore  
dott.ssa geol. Fiammetta Sarmento

Pag. 1 di 1

Il Direttore  
dott. geol. Nicola Polzone



AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO SECONDO LA NORMA UNI EN 9001:2008



**GEOCONSULT LAB**<sup>S.R.L.</sup>  
PROVE SU MATERIALI

*Laboratorio Prove su materiali da costruzione  
Prove di collaudo strutture  
Prove non distruttive  
Indagini Geognostiche e Geofisiche  
Laboratorio Geotecnico  
Laboratorio Chimico*

Autorizzazione Legge 1086/71 - D.M. n° 414 del 27/11/2015

---

**P.U.A. RELATIVO ALLA SISTEMAZIONE ESTERNA DEL GIARDINO E  
COSTRUZIONE DI UN FABBRICATO ADIBITO A SALA CONVEGNI-  
MONTELLA (NA)**

**ANALISI DI LABORATORIO**

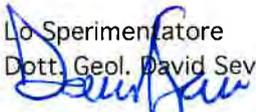


## SCHEDA RIASSUNTIVA DEL CAMPIONE

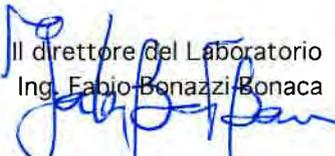
**N° D'ORDINE:** 88/20  
**COMMITTENTE:** Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S.G. Capone  
**CANTIERE:** P.U.A. costruzione edificio  
**LOCALITA':** Montella (AV)  
**SONDAGGIO:** 1  
**CAMPIONE:** 1  
**PROFONDITA':** 4,0-4,5  
**DATA INIZIO:** 21/09/20  
**DATA FINE:** 02/10/20

PARAMETRO GEOTECNICO	SIMBOLO	VALORE	UNITA' DI MISURA
PESO DI VOLUME APPARENTE	$\gamma$	17,52	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME SECCO	$\gamma_d$	14,03	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME SATURO	$\gamma_{sat}$	18,61	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME IMMERSO	$\gamma_i$	8,61	kN/m <sup>3</sup>
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	$\gamma_s$	25,87	kN/m <sup>3</sup>
INDICE DEI VUOTI	e	0,843	
POROSITA'	n	45,75	%
GRADO DI SATURAZIONE INIZIALE	Sr	76,24	%
UMIDITA' NATURALE	w	24,85	%
LIMITE DI LIQUIDITA'	LL		%
LIMITE DI PLASTICITA'	LP		%
INDICE DI PLASTICITA'	IP		%
LIMITE DI RITIRO	LR		%
INDICE DI CONSISTENZA	Ic		
<b>QUALITA' DEL CAMPIONE</b>		<b>Q5</b>	
ANGOLO DI ATTRITO DI PICCO	$\phi'$	27	°
COESIONE DRENATA	c'	19,0	kPa
ANGOLO DI ATTRITO RESIDUO	$\phi_{res}$	-	°
COESIONE NON DRENATA	Cu	-	kPa
<b>ANALISI GRANULOMETRICA</b>			
PARTE GROSSOLANA	GHIAIA	SABBIA	LIMO+ARGILLA
(% trattenuta al setaccio n°200)	0,14	29,73	70,13
PARTE FINA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
(% passante al setaccio n°200)	1,37	69,77	28,86
GRANULOMETRIA CUMULATIVA			
	GHIAIA	SABBIA	LIMO
	0,14	30,69	48,93
			ARGILLA
			20,24
CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006			
INDICE DI GRUPPO			

DESCRIZIONE: Limo sabbioso debolmente argilloso marrone chiaro di natura piroclastica mediamente addensato

Lo Sperimentatore  
 Dott. Geol. David Severini  


Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Il direttore del Laboratorio  
 Ing. Fabio Bonazzi Bonaca  


# ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA



**GEO ECO TEST S.r.l.**  
 Geologia e Ingegneria Ambientale  
 Via S. Angelo, 65  
 06039 Trevi (Pg)  
 Tel./Fax 0742/381170  
 0742/780584  
 e-mail : geocotest@gmail.com

N. d'Ordine : 88/20

N. Certificato : 756/19

Indagine : P.U.A. costruzione edificio

Committente : Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S.G. Capone

Località : Montella (AV)

Sondaggio n° : 1

Campione n° : 1

Profondità di prelievo (m) : 4,0-4,5

Ricevimento campione: 21/09/20

Data apertura campione: 21/09/20

Data esecuzione prova: 21/09/20

Descrizione del campione : Limo sabbioso argilloso marrone chiaro piroclastico mediamente addensato

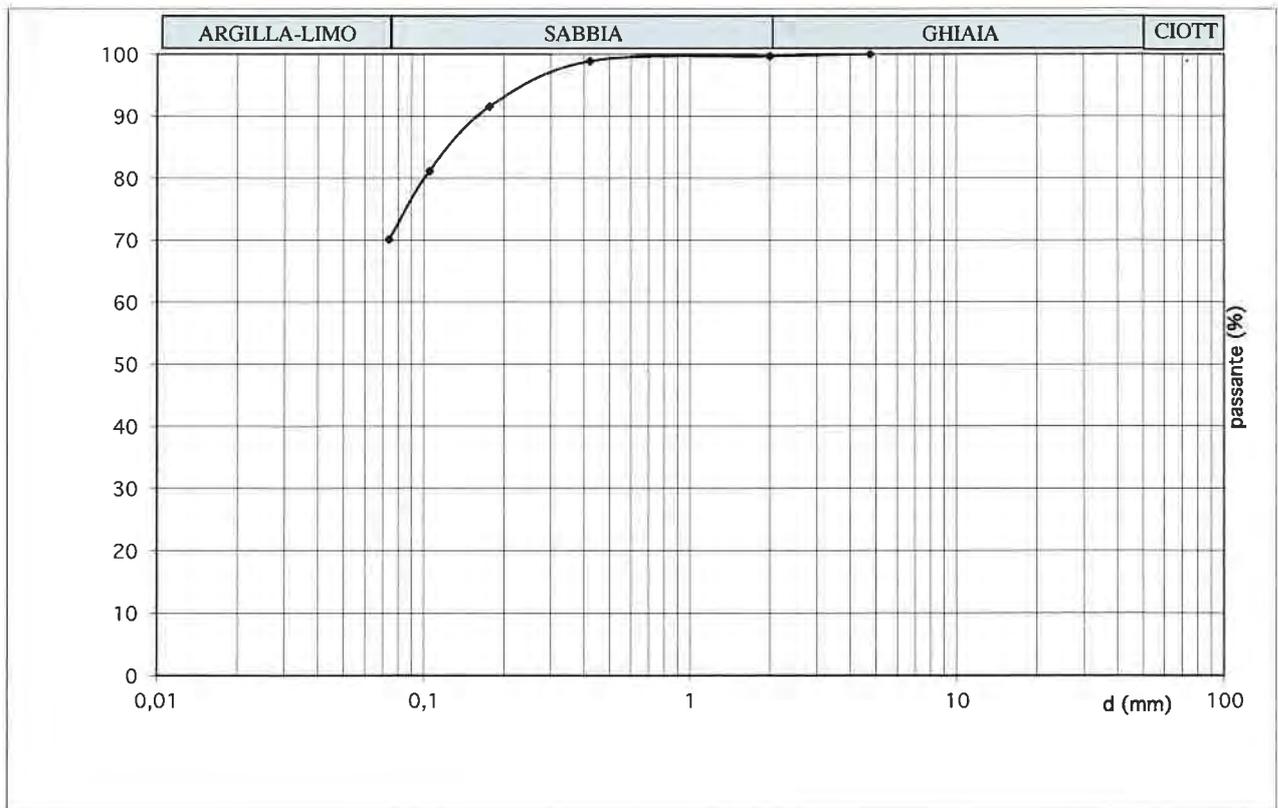
Tipo di prova: per via umida

Umidità (%) : 24,9

Peso totale del campione (g): 769

Peso secco (g) : 616

Setacci (Serie ASTM)	Apertura d (mm)	Peso netto trattenuto (g)	Trattenuto (%)	Passante (%)
N4	4,76	0	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>
N10	2,00	2	<b>0,32</b>	<b>99,68</b>
N40	0,42	7	<b>1,14</b>	<b>98,86</b>
N80	0,177	52	<b>8,44</b>	<b>91,56</b>
N140	0,105	116	<b>18,83</b>	<b>81,17</b>
N200	0,074	184	<b>29,87</b>	<b>70,13</b>



Lo sperimentatore  
 Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
 Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Pagina 1/1

Procedura UNI CEN ISO/TS 17892-4:2005

PO-12a

# ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE



N. d'Ordine : 88/20

N. Certificato : 757/20

Indagine : P.U.A. costruzione edificio

Committente : Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S.G. Capone

Località : Montella (AV)

Sondaggio n°: 1

Campione n° : 1

Profondità di prelievo (m) : 4,0-4,5

Data ricevimento campione: 21/09/20

Data apertura campione: 21/09/20

Data esecuzione prova: 28/09/20

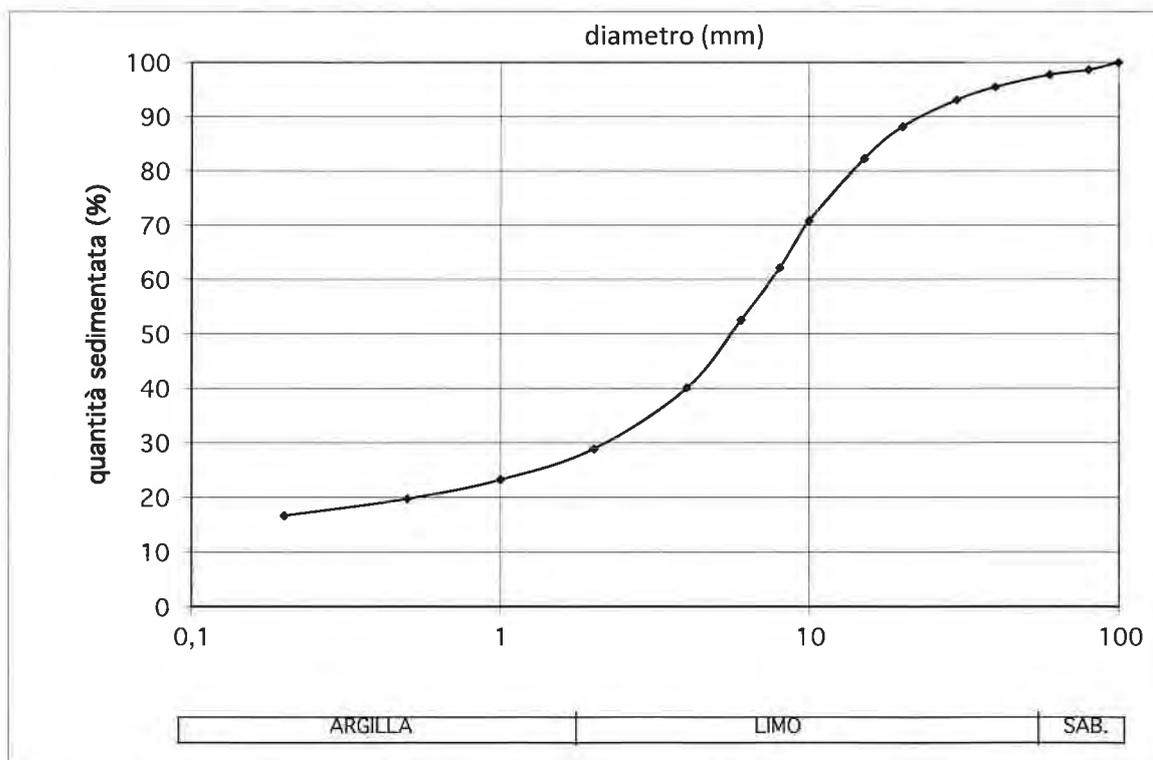
Descrizione del campione : Limo sabbioso argilloso marrone chiaro piroclastico mediamente addensato

Peso totale del campione (g): 40

Temperatura di prova (°C): 20

Peso specifico dei granuli (kN/m<sup>3</sup>): 25.87

DIAMETRO ( $\mu\text{m}$ )		QUANTITA' %
0,2	Argilla	16,63
0,5		19,74
1		23,23
2		28,86
4	Limo	40,07
6		52,55
8		62,14
10		70,83
15		82,25
20		88,17
30		93,08
40		95,46
60		97,73
80	Sabbia	98,63
100		100,00



Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Pagina 1/1

UNI CEN ISO/TS 17982-4:2005

Mod.0901-20b

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO



N. d'Ordine : 88/20

N. Certificato : 758/20

Indagine : P.U.A. costruzione edificio

Committente : Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S.G. Capone

Località : Montella (AV)

Sondaggio n° : 1

Campione n° : 1

Profondità di prelievo (m) : 4,0-4,5

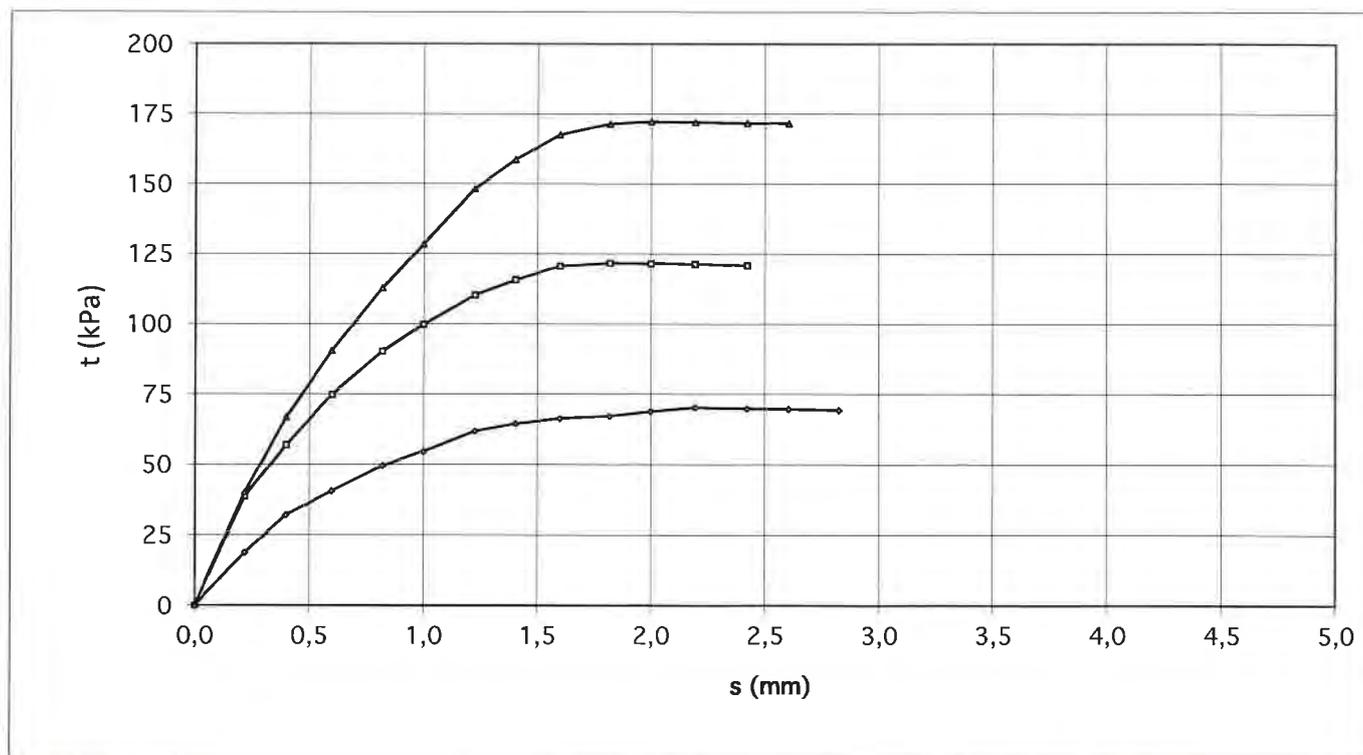
Data ricevimento campione: 21/09/20

Data apertura campione: 21/09/20

Data esecuzione prova: 21/09/20

Descrizione del campione : Limo sabbioso argilloso marrone chiaro piroclastico  
mediamente addensato

PROVINO N.	1	2	3
Peso dell'unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )	17,53	17,53	17,48
Contenuto naturale d'acqua (%)	24,85	24,85	24,85
Pressione verticale (kPa)	100	200	300
<b>CARATTERISTICHE DELLA PROVA</b>			
Velocità di deformazione (mm/min)	0,001		
Dimensione dei provini (cm)	2,00 x 6,00		
Tipo di prova eseguita:	CD		



Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

pagina 1/2

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO



N. d'Ordine : 88/20

N. Certificato : 758/20

Indagine : P.U.A. costruzione edificio

Committente : Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S.G. Capone

Località : Montella (AV)

Sondaggio n° : 1

Campione n° : 1

Profondità di prelievo (m) : 4,0-4,5

Data ricevimento campione: 21/09/20

Data apertura campione: 21/09/20

Data esecuzione prova: 21/09/20

Descrizione del campione : Limo sabbioso argilloso marrone chiaro piroclastico mediamente addensato

### VALORI DEGLI SFORZI DI TAGLIO

Spostamento s (mm)	Provino 1 $\tau$ (kPa)	Provino 2 $\tau$ (kPa)	Provino 3 $\tau$ (kPa)
0,0	0,0	0,0	0,0
0,2	18,7	38,7	40,1
0,4	31,9	56,9	66,8
0,6	40,5	74,8	90,3
0,8	49,5	90,2	112,7
1,0	54,6	99,8	128,4
1,2	61,9	110,3	148,2
1,4	64,5	115,7	158,6
1,6	66,3	120,6	167,4
1,8	67,2	121,7	171,4
2,0	68,9	121,5	172,2
2,2	70,3	121,2	172,0
2,4	69,9	120,8	171,7
2,6	69,6		171,5
2,8	69,2		
3,0			
3,2			
3,4			
3,6			
3,8			
4,0			
4,2			
4,4			
4,6			
4,8			
5,0			

Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

pagina 2/2

## PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA



N° D'Ordine: 88/20

N. Certificato : 759/20

Indagine: P.U.A. costruzione edificio

Committente: Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S.G. Capone

Località: Montella (AV)

Sondaggio: 1

Campione n° : 1

Profondità: 4,0-4,5

Data ricevimento campione: 21/09/20

Data apertura campione: 21/09/20

Data esecuzione prova: 21/09/20

Descrizione del campione: Limo sabbioso argilloso marrone chiaro piroclastico mediamente addensato

### Dati provino

SEZIONE PROVINO	20	cm <sup>2</sup>
ALTEZZA INIZIALE	20	mm
ALTEZZA FINALE (dopo fase di carico)	17,14	mm
ALTEZZA FINALE (dopo fase di scarico)	20,00	mm
PESO TARA 1	67,43	g
PESO LORDO UMIDO INIZIALE	137,52	g
PESO TARA 2	67,43	g
PESO LORDO UMIDO FINALE	135,69	g
PESO LORDO SECCO	123,56	g
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	$\gamma_s$ 25,87	kN/m <sup>3</sup>
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME INIZIALE	$\gamma_n$ 17,52	kN/m <sup>3</sup>
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME FINALE	$\gamma_f$ 18,31	kN/m <sup>3</sup>
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME SECCO	$\gamma_d$ 14,03	kN/m <sup>3</sup>
CONTENUTO D'ACQUA INIZIALE	w <sub>0</sub> 24,85	%
CONTENUTO D'ACQUA FINALE	w <sub>f</sub> 9,14	%
SATURAZIONE INIZIALE	S <sub>0</sub> 76,24	%
SATURAZIONE FINALE	S <sub>f</sub> 99,42	%
INDICE DEI VUOTI INIZIALE	e <sub>0</sub> 0,843	
INDICE DEI VUOTI FINALE	e <sub>f</sub> 0,562	
PESO DELL'UNITA' DI VOLUME SECCO FINALE	$\gamma_{df}$ 15,06	kN/m <sup>3</sup>

METODO		CASAGRANDE							
Risultati									
$\sigma$ (kPa)	$\Delta H$ (mm)	$\epsilon$ (%)	e	M (MPa)	cv (cm <sup>2</sup> /sec)	k (cm/sec)	cc	Cc (kPa)	
12,5	0,035	0,175	0,840	7,130	1,09E-02	1,53E-04			
25	0,049	0,245	0,839	17,813	3,63E-03	2,04E-05	0,000	0,0043	
50	0,104	0,520	0,834	9,044	4,08E-03	4,51E-05	0,000	0,0168	
100	0,215	1,075	0,824	8,912	5,40E-03	6,06E-05	0,008	0,0340	
200	0,498	2,490	0,797	6,891	4,55E-03	6,60E-05	0,029	0,0866	
400	1,051	5,255	0,746	6,853	5,09E-03	7,43E-05	0,042	0,1693	
800	1,901	9,505	0,668	8,517	5,71E-03	6,70E-05	0,042	0,2602	
1600	3,050	15,250	0,562	11,802	5,14E-03	4,35E-05	0,105	0,3518	
800	2,920	14,600	0,574						
200	2,483	12,415	0,614						
50	2,058	10,289	0,654						

Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

pagina 1/4

# PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA



N. d'Ordine : 88/20

N. Certificato : 759/20

Indagine : P.U.A. costruzione edificio

Committente : Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S.G. Capone

Località : Montella (AV)

Sondaggio n° : 1

Campione n° : 1

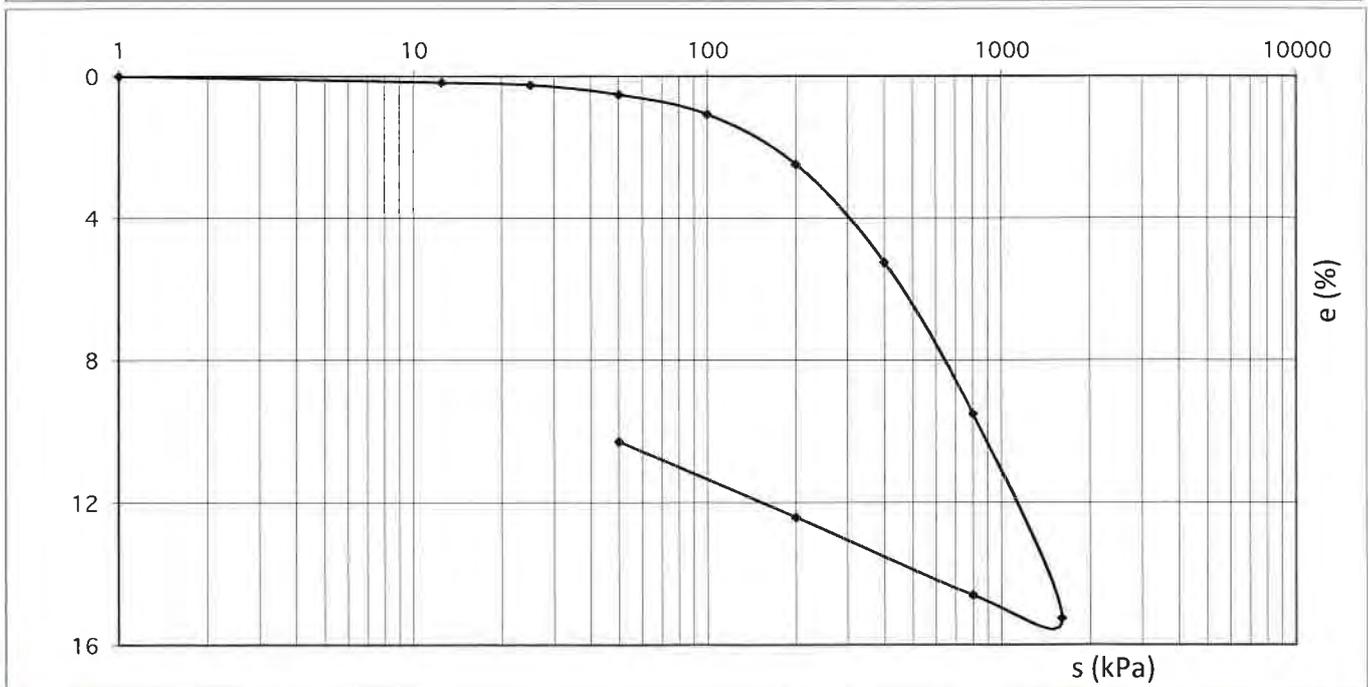
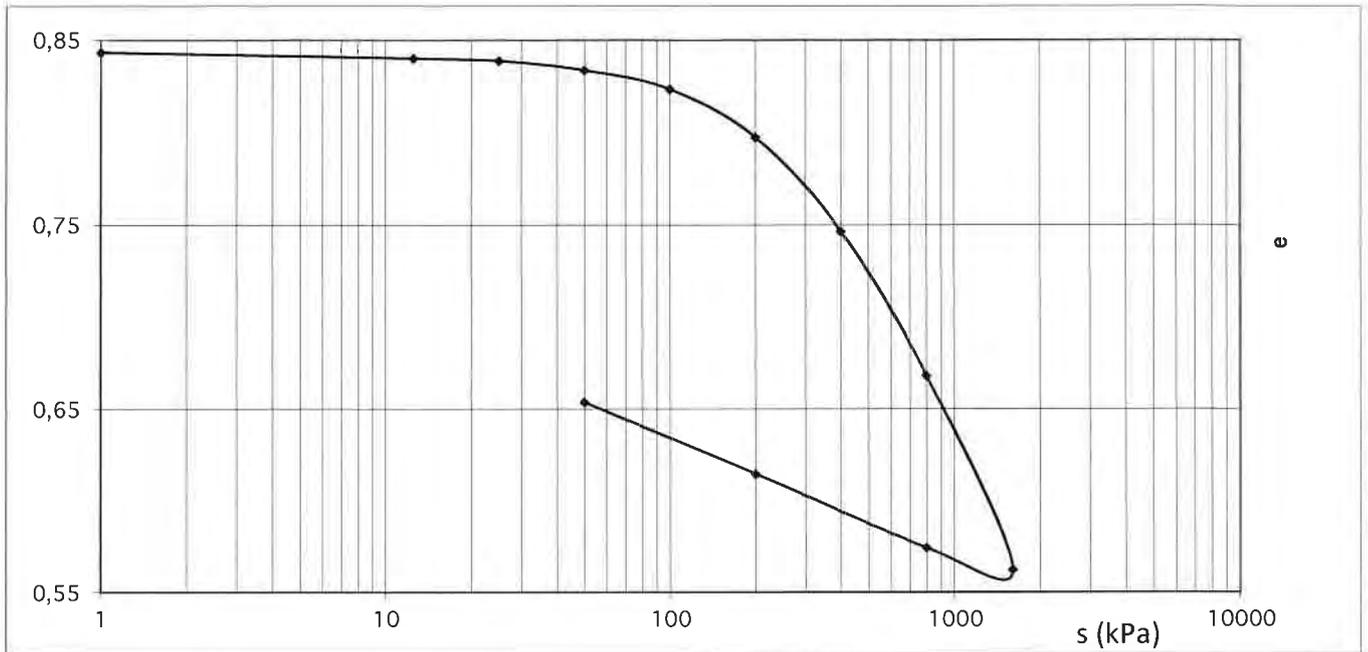
Profondità di prelievo (m) : 4,0-4,5

Ricevimento campione: 21/09/20

Data ricevimento campione: 21/09/20

Data esecuzione prova: 21/09/20

Descrizione del campione : Limo sabbioso argilloso marrone chiaro piroclastico mediamente addensato



Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini  
*David Severini*

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca  
*Fabio Bonazzi Bonaca*

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

pagina 2/4

# PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA



N. d'Ordine : 88/20

N. Certificato : 759/20

Indagine : P.U.A. costruzione edificio

Committente : Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S.G. Capone

Località : Montella (AV)

Sondaggio n° : 1

Campione n° : 1

Profondità di prelievo (m) : 4,0-4,5

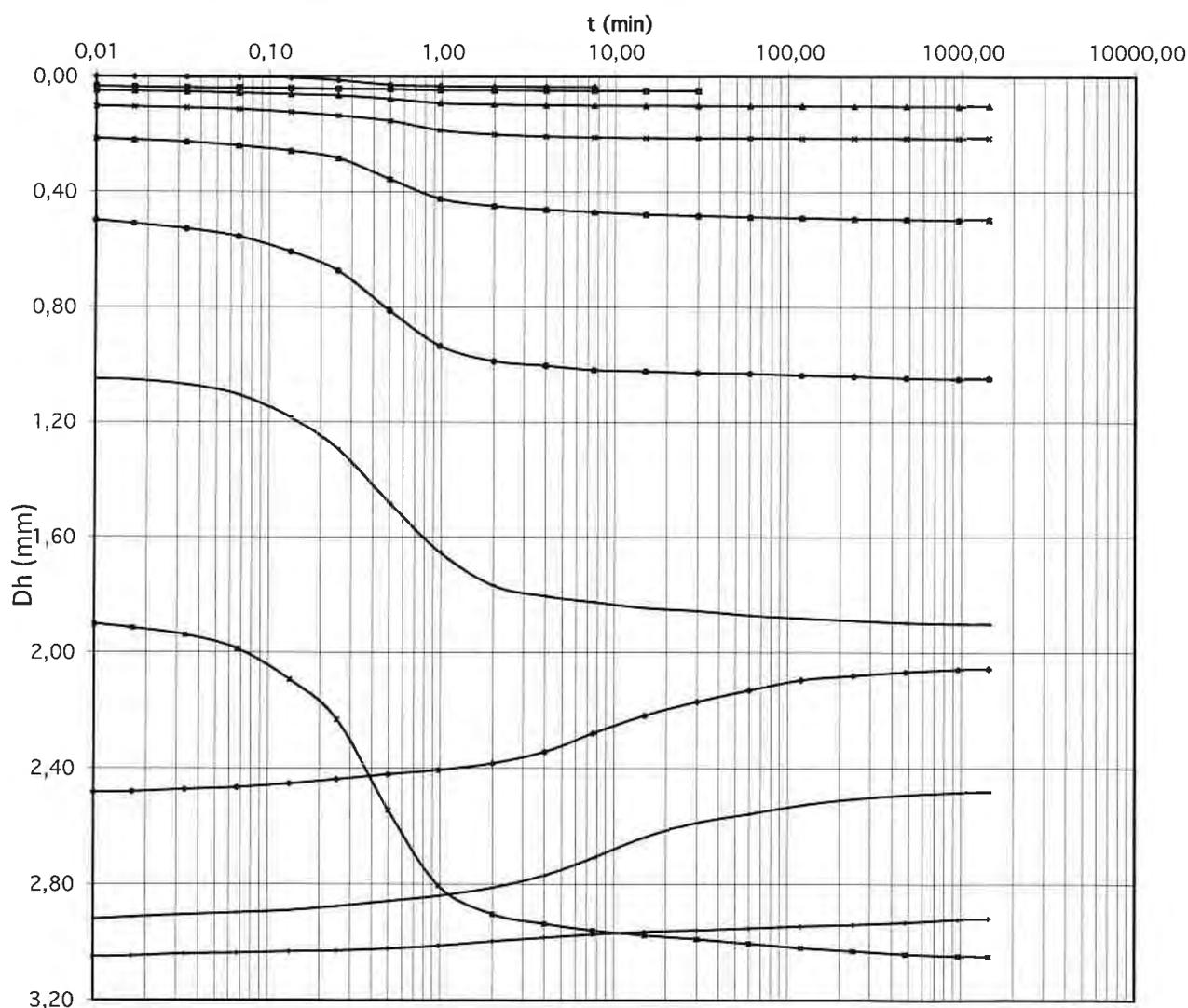
Ricevimento campione: 21/09/20

Data ricevimento campione: 21/09/20

Data esecuzione prova: 21/09/20

Descrizione del campione : Limo sabbioso argilloso marrone chiaro piroclastico mediamente addensato

## CURVE EDOMETRICHE



Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

pagina 3/4

## PROVA DI COMPRESIONE EDOMETRICA



N. d'Ordine : 88/20

N. Certificato : 759/20

Indagine : P.U.A. costruzione edificio

Committente : Fondazione Opera Pia Asilo Infantile S.G. Capone

Località : Montella (AV)

Sondaggio n° : 1

Campione n° : 1

Profondità di prelievo (m) : 4,0-4,5

Ricevimento campione: 21/09/20

Data ricevimento campione: 21/09/20

Data esecuzione prova: 21/09/20

Descrizione del campione : Limo sabbioso argilloso marrone chiaro piroclastico mediamente addensato

### VALORI DELLE CURVE EDOMETRICHE

tempi (min)	12,5	25	50	100	200	400	800
0,01	0,0000	0,0350	0,0490	0,1040	0,2150	0,4980	1,0510
0,02	0,0008	0,0361	0,0507	0,1053	0,2195	0,5100	1,0540
0,03	0,0016	0,0384	0,0533	0,1086	0,2266	0,5280	1,0700
0,07	0,0025	0,0394	0,0573	0,1136	0,2401	0,5550	1,1050
0,13	0,0040	0,0407	0,0616	0,1235	0,2576	0,6080	1,1850
0,25	0,0132	0,0424	0,0662	0,1358	0,2834	0,6740	1,2940
0,50	0,0285	0,0440	0,0778	0,1540	0,3558	0,8130	1,4810
1	0,0328	0,0474	0,0921	0,1861	0,4233	0,9350	1,6510
2	0,0341	0,0477	0,0967	0,2000	0,4487	0,9880	1,7680
4	0,0347	0,0480	0,0987	0,2070	0,4607	1,0040	1,8050
8	0,0350	0,0483	0,1000	0,2099	0,4698	1,0190	1,8250
15		0,0487	0,1003	0,2119	0,4774	1,0230	1,8460
30		0,0490	0,1007	0,2126	0,4821	1,0290	1,8560
60			0,1010	0,2129	0,4865	1,0310	1,8710
120			0,1017	0,2136	0,4897	1,0370	1,8810
240			0,1023	0,2139	0,4928	1,0410	1,8890
480			0,1030	0,2142	0,4952	1,0470	1,8970
960			0,1037	0,2147	0,4977	1,0507	1,9007
1440			0,1040	0,2150	0,4980	1,0510	1,9010
tempi (min)	1600	800	200	50			
0,01	1,9010	3,0500	2,9200	2,4830			
0,02	1,9150	3,0470	2,9130	2,4810			
0,03	1,9390	3,0400	2,9050	2,4730			
0,07	1,9870	3,0370	2,8980	2,4660			
0,13	2,0930	3,0320	2,8900	2,4530			
0,25	2,2310	3,0290	2,8760	2,4380			
0,50	2,5450	3,0220	2,8580	2,4210			
1	2,8040	3,0120	2,8400	2,4060			
2	2,9030	2,9970	2,8120	2,3830			
4	2,9360	2,9840	2,7690	2,3430			
8	2,9590	2,9730	2,7090	2,2790			
15	2,9760	2,9640	2,6380	2,2180			
30	2,9890	2,9580	2,5880	2,1700			
60	3,0040	2,9510	2,5570	2,1300			
120	3,0190	2,9440	2,5270	2,0950			
240	3,0300	2,9390	2,5060	2,0800			
480	3,0400	2,9310	2,4920	2,0670			
960	3,0470	2,9210	2,4833	2,0581			
1440	3,0500	2,9200	2,4830	2,0578			

Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca