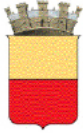


COMMITTENTE



COMUNE DI NAPOLI

RESPONSABILE DEL  
PROCEDIMENTO  
arch. Francesca Spera

# CITTÀ VERTICALE: RIQUALIFICAZIONE DEI PERCORSI PEDONALI TRA LA COLLINA E IL MARE

PROGETTO ESECUTIVO / MONTESANTO

MANDATARIA:



Via Pievaiola, 15  
06128 Perugia  
info@sabeng.it www.sabsrl.eu

Arch. Pierpaolo Papi  
Arch. Francesco Pecorari  
Arch. Sergio Tucci  
Arch. Francesco Fucelli  
Arch. Luca Persichini  
Ing. Marco Adriani  
Ing. Vincenzo Pujia  
Ing. Catuscia Maiggi  
Ing. Barbara Bottausci  
Dott.Agr. Maura Proietti

MANDANTI:



**B5 S.r.l.**  
Via Sant'Anna dei Lombardi, 16  
80134 - Napoli - info@b5srl.it

Arch. Francesca Brancaccio Ph.D  
(Amministratore Unico e Direttore Tecnico)  
Ing. Ugo Brancaccio  
(Direttore tecnico)

Studio Ing. Alberto Capitanucci



ELABORATO

## Relazione Geologica e geotecnica con allegati

N° ELAB.

NO. DOC.

COD. COMM.

CODE ORDER

01.RGE001/00

CNAP.001-01-02.20.ESE

SCALA

SCALE

|      |            |           |      |         |             |       |       |         |      |
|------|------------|-----------|------|---------|-------------|-------|-------|---------|------|
| 03   |            |           |      |         |             |       |       |         |      |
| 02   |            |           |      |         |             |       |       |         |      |
| 01   |            |           |      |         |             |       |       |         |      |
| 00   | ESECUTIVO  | RASPA     | PAPI | ADRIANI | GIUGNO 2021 |       |       |         |      |
| REV. | EMESSO PER | ISSUED TO | RED. | COMP.   | CONTR.      | CHIEF | APPR. | APPROV. | DATA |

## RELAZIONE GEOLOGICA

### INDICE

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| 1. TIPOLOGIA DELL'OPERA E DELL'INTERVENTO .....               | 1   |
| 2. PREMESSA .....                                             | 1   |
| 2.1 FINALITÀ E METODO DI STUDIO .....                         | 2   |
| 3. TIPOLOGIE DELLE OPERE E DEGLI INTERVENTI DA ESEGUIRE ..... | 9   |
| 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO D'AREA VASTA .....                 | 10  |
| 4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO D'AREA RISTRETTA .....            | 15  |
| 5. EVOLUZIONE MORFOLOGICA NEL TERRITORIO DI NAPOLI .....      | 25  |
| 6. LITOLOGIA .....                                            | 30  |
| Lave .....                                                    | 30  |
| Piroclastiti Litoidi .....                                    | 31  |
| Tufo Grigio .....                                             | 31  |
| Tufo Giallo Napoleetano .....                                 | 31  |
| Tufo Arenoso .....                                            | 33  |
| Cima di Monte .....                                           | 33  |
| Tufo Selvaiolo .....                                          | 33  |
| Tufo Duro .....                                               | 33  |
| Pietra Tosta .....                                            | 34  |
| Tufo Comune Fino .....                                        | 34  |
| Tufo Comune Molle .....                                       | 34  |
| Tufo Biancolillo .....                                        | 34  |
| Tufo Pomicioso .....                                          | 34  |
| Tufo Giallo Stratificato .....                                | 35  |
| Piroclastiti Sciolte .....                                    | 35  |
| Pomici .....                                                  | 35  |
| Pozzolana .....                                               | 36  |
| 7. INDAGINI PREGRESSE E BIBLIOGRAFIA .....                    | 37  |
| 8. CARTA GEOLITOLOGICA .....                                  | 38  |
| 9. IDROGEOLOGIA .....                                         | 41  |
| 9.1 STRUTTURE ACQUIFERE PRINCIPALI .....                      | 46  |
| 10 OSSERVAZIONI SULLA CARTA DI STABILITÀ .....                | 47  |
| 11 CAVITÀ SOTTERANEE .....                                    | 52  |
| 12 INQUADRAMENTO SISMICO DELL'AREA .....                      | 53  |
| 13 COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA .....                          | 61  |
| 14 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE .....           | 645 |
| 15 INDAGINI DA PRODURRE .....                                 | 645 |
| 16 ROCCE E TERRE DA SCAVO .....                               | 65  |
| 17 CONCLUSIONI .....                                          | 66  |

## 1. TIPOLOGIA DELL'OPERA E DELL'INTERVENTO

Gli interventi previsti nell'ambito della "Riqualificazione dei percorsi pedonali tra la collina e il mare" inserita nel Patto per la città di Napoli - settore strategico Infrastrutture sono relativi a sei scale storiche della città di Napoli, che presentano problematiche simili e che possono rientrare in una sistema di percorsi pedonali in grado di connettere la città in maniera "verticale" ed al tempo stesso costituire un supporto alla rete infrastrutturale esistente.

L'intervento in esame è finanziato con risorse a valere sul Fondo Sviluppo e Coesione FSC 2014-2020. Il CUP dell'intervento è: B69J17000070001.

L'incarico per la progettazione è stato affidato alla R.T.P. SAB S.r.l. – B5 S.r.l. – Ing. Capitanucci, con determinazione dirigenziale n. 11 del 12/12/2018.

## 2. PREMESSA

La presente relazione Geologica espone i primi risultati di studio, ed è finalizzata alla riqualificazione della pavimentazione di tratti di vie comunali comprese all'interno del perimetro urbano della città di Napoli

In particolare si tratta di strade che dipartono dalla direttrice N-SW da Corso Vittorio Emanuele verso uno sviluppo in quota laddove sorge Castel Sant'Elmo. In senso orario si riporta l'indicazione delle strade oggetto degli interventi (fig. 1) su ortofoto a grande scala:

- Calata San Francesco (da Corso Vittorio Emanuele fino ad incrociarsi con via Aniello Falcone);
- Salita Petraio (da Corso Vittorio Emanuele fino ad incrociarsi con via Annibale Caccavello);
- Via Pedamentina (da Corso Vittorio Emanuele fino ad incrociarsi con Largo San Martino);
- Scala Montesanto (dall'uscita della Metro a Largo Montesanto fino ad incrociare Corso Vittorio Emanuele);
- Salita Cacciottoli (da Corso Vittorio Emanuele: Salita Antonio ai Monti fino ai Giardini del Museo di San Martino)
- Salita Moiarriello (a nord dei precedenti percorsi che si diparte dalla via Sant'Antonio a Capodimonte verso la quota altimetricamente più bassa della salita Moiarriello civ. 85)

Con tale studio si è inteso accertare le caratteristiche geologiche, sismiche e geomeccaniche di massima dei terreni che costituiscono il sottosuolo che sarà sede del piano di appoggio di percorsi pedonali in grado di connettere la città in maniera "verticale" e al tempo stesso costituire un supporto alla rete infrastrutturale esistente, onde valutare la fattibilità dell'intervento.

Esso in questa fase è stato così articolato:

- sopralluoghi e rilievi (in particolare sfruttando gli affioramenti litologici a vista in aree comunque del tutto urbanizzate;
- reperimento dati bibliografici;
- Progettazione di una indagine geognostica e di laboratorio;

In corso di studio è stata evidenziata la presenza di opere di contenimento direttamente connesse con la funzionalità e la sicurezza della viabilità in questione, che necessitano di interventi di riparazione, rifacimento e consolidamento ad oggi in itinere di progettazione. A tal fine è stata intrapresa una fase di studio e progettazione ingegneristica e geologica, che comprende l'esecuzione di indagini in sito ed in laboratorio volte a definire le caratteristiche meccaniche e sismiche dei singoli siti ai fini del dimensionamento degli interventi di progetto. La scelta eventuale di realizzare un impianto di illuminazione su pali da fondare su plinti, comporterà anch'esso la necessità di valutare puntualmente le caratteristiche sismiche, stratigrafiche e meccaniche dei terreni interessati. In particolare sono stati attenzionati i muri di contenimento di San Martino, Cacciottoli e Moiarriello (trattati di seguito), ed è in corso la valutazione ingegneristica di tutte le opere in grado di interferire direttamente ed indirettamente sulla viabilità stradale.

## 2.1 FINALITÀ E METODO DI STUDIO

La finalità del presente studio condotto tramite la analisi della situazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica complessiva, è stata quella di stabilire l'eventuale fattibilità degli interventi necessari, la stratigrafia presente ed i parametri fisico meccanici di massima interessanti il volume significativo da valutare in sede di progetto preliminare, nonché l'attuale ed il futuro grado di stabilità geomorfologica e gravitativa in prospettiva sismica dell'area nel suo complesso, ed in particolare nei punti d'intervento. Nella fase successiva a sostegno delle strutture da consolidare, e pertanto dopo questa prima fase caratterizzata dal rilevamento geologico di superficie e consultazione bibliografica reperita nelle aree di progetto ed in quelle limitrofe, saranno eseguiti sondaggi geognostici a carotaggio continuo, prelievo campioni destinati alla esecuzione di prove di laboratorio, SPT in foro, unitamente alla esecuzione di due tipologie di indagine penetrometrica rispettivamente del tipo DPSH e DPM, e prelevati campioni. Oltre alle indagini sismiche MASW e/o HVSR. La totalità dei dati acquisiti permetterà di affinare la qualità del Modello Geologico su cui impostare quello Geotecnico. Di seguito le ortofoto che rappresentano le strade trattate:

## 3 UBICAZIONE DEI PERCORSI VIARI OGGETTI DI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE



Fig. 1 Ortofoto d'insieme dei percorsi pedonali oggetto di interventi (l'ortofoto a sinistra è posizionata a Nord di quella a destra)

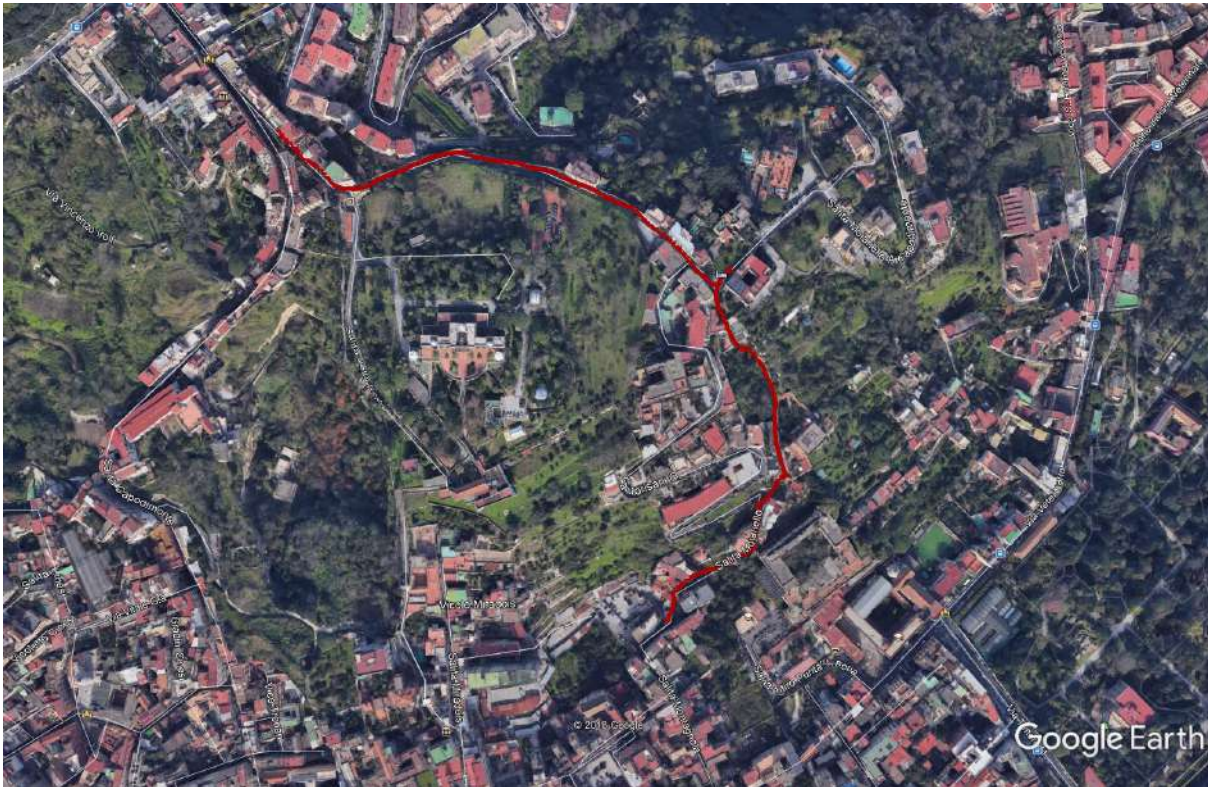


Fig. 2 Ortofoto del tratto di Salita Moiarriello.

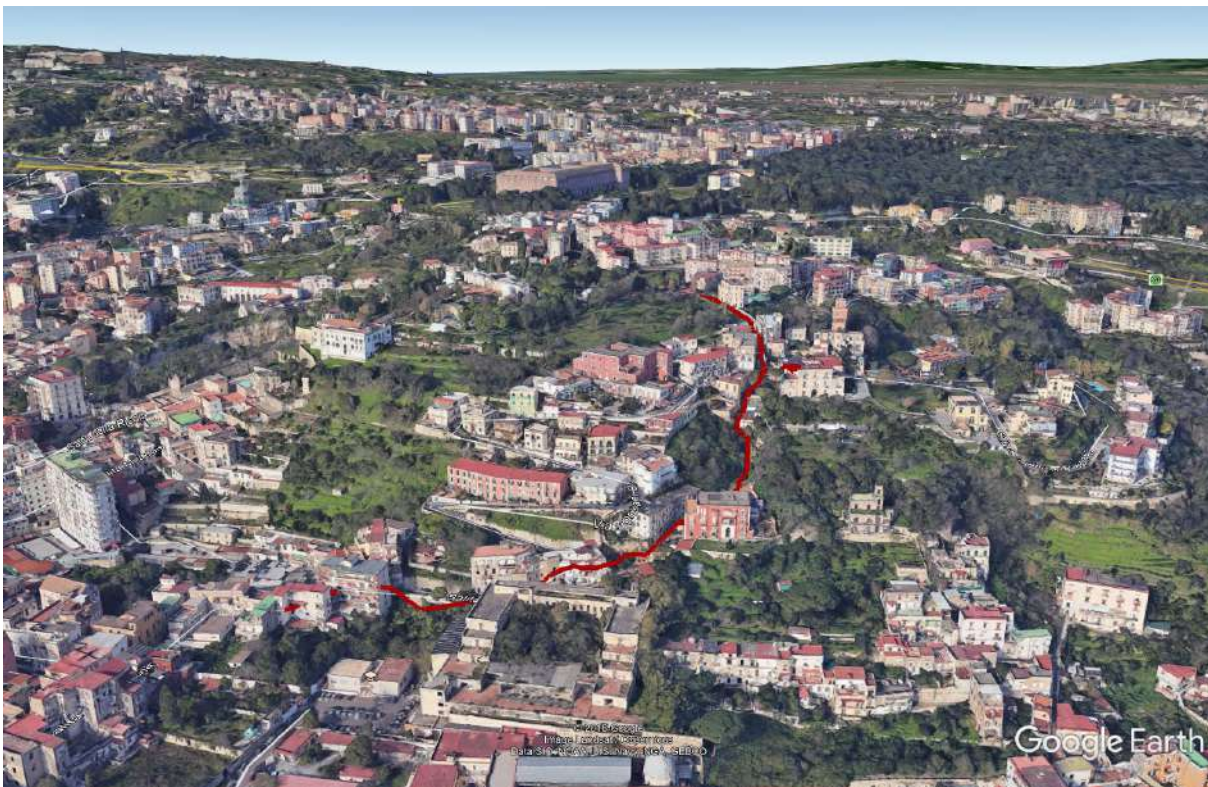


Fig. 2a Ortofoto del tratto di Salita Moiarriello.

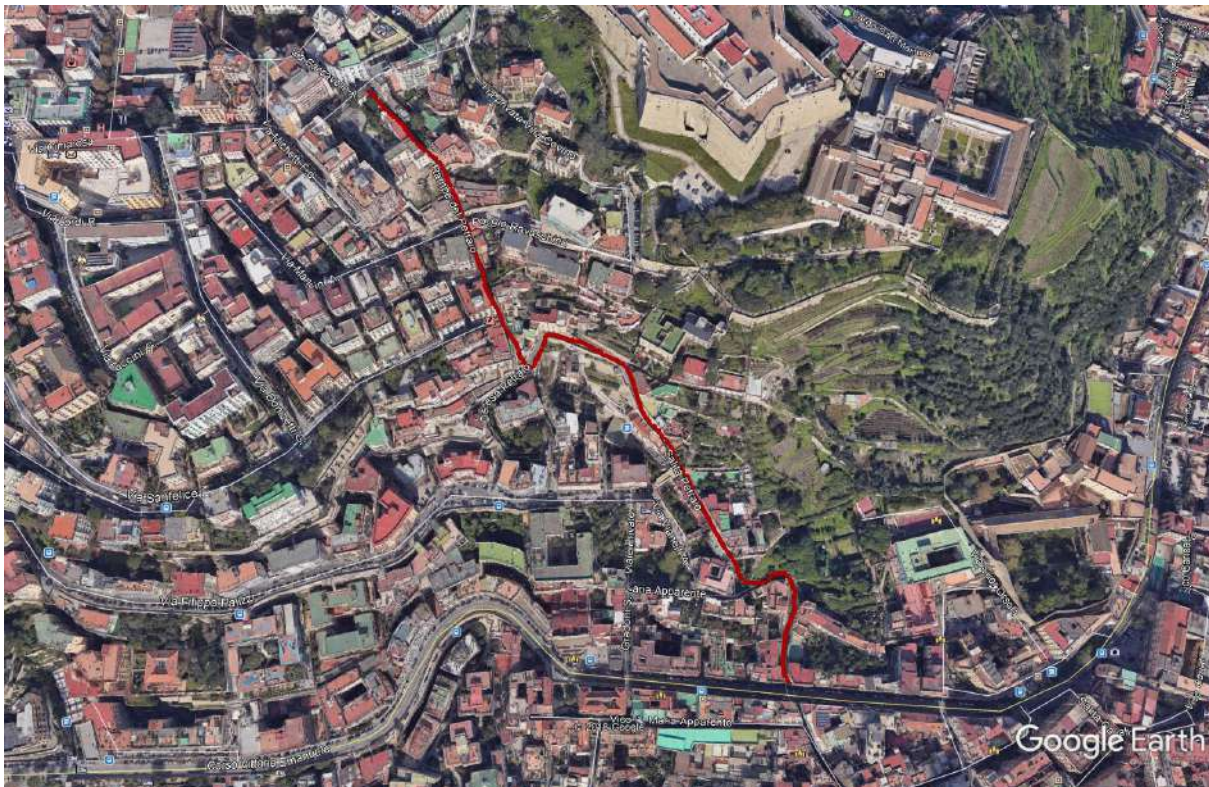


Fig. 3 – Ortofoto tratto Salita San Petraio



Fig. 3a – Ortofoto tratto Salita San Petraio





Fig 5 – ortofoto Salita Caciottoli

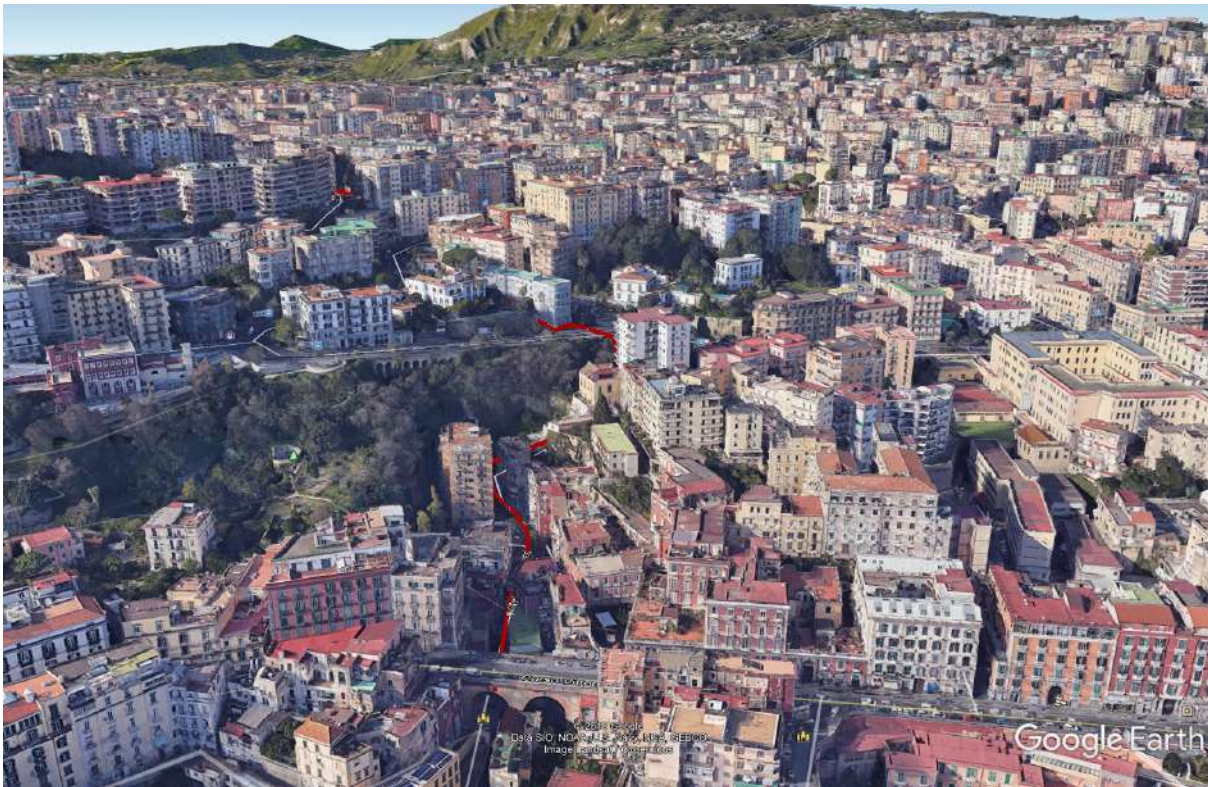


Fig 5a – ortofoto Salita Caciottoli





Fig 6 – ortofoto Scala Montesanto

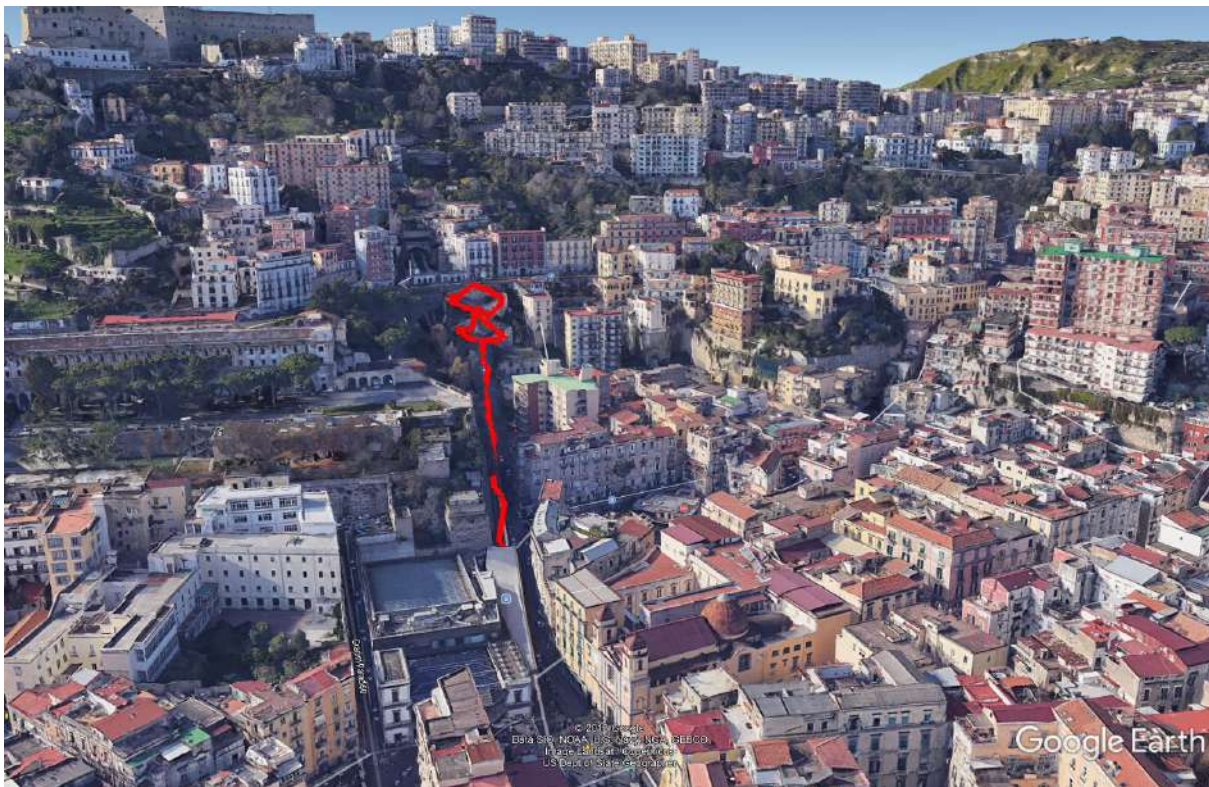


Fig. 6° ortofoto Scala Montesanto

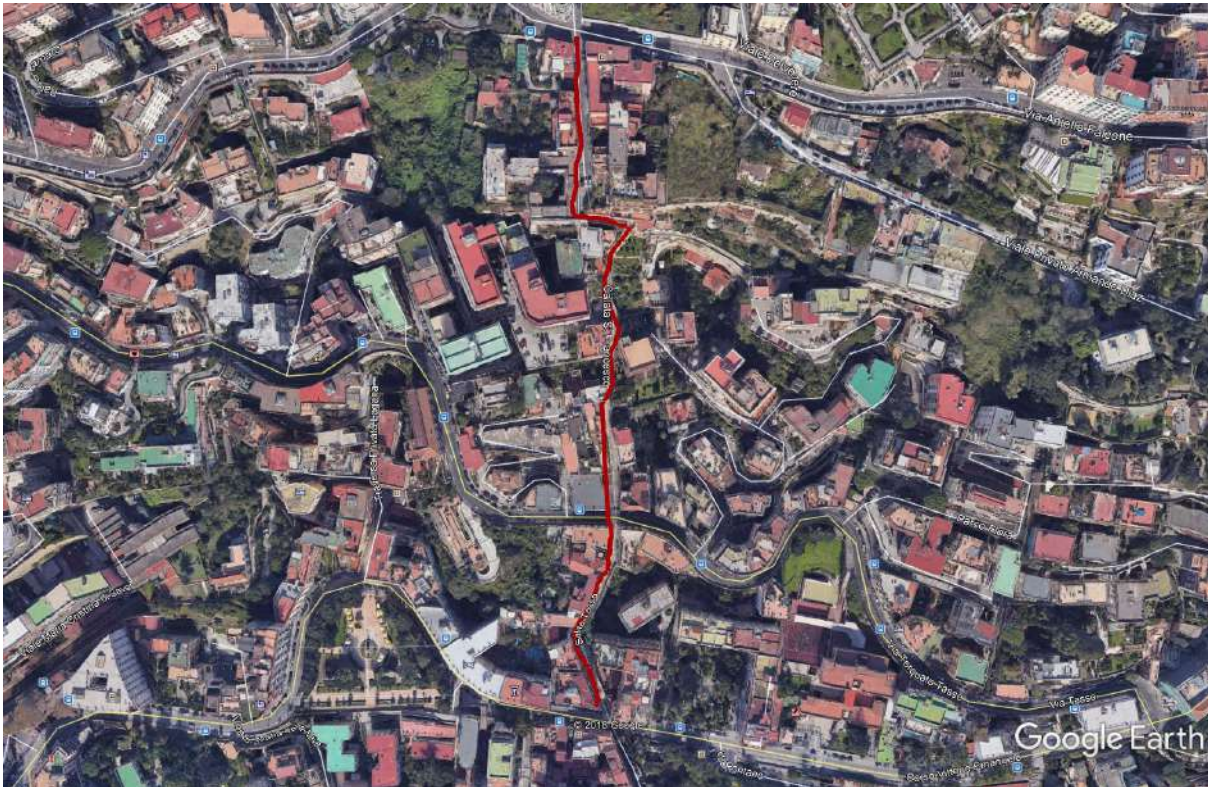


Fig. 7 ortofoto Calata San Francesco



Fig. 7a ortofoto Calata San Francesco

### 3. TIPOLOGIE DELLE OPERE E DEGLI INTERVENTI DA ESEGUIRE

La presente relazione è condotta ed articolata in funzione di quanto previsto dal D.M. del 17/01/2018 e dalla delibera 209/2010 del CNG (riguardante lo standard minimo per la Relazione Geologica ai sensi delle NTC 2018). Gli interventi previsti nell'ambito della "Riqualificazione dei percorsi pedonali tra la collina e il mare" inserita nel Patto per la città di Napoli - settore strategico Infrastrutture sono relativi a sei scale storiche della città di Napoli, che presentano problematiche simili e che possono rientrare in una sistema di percorsi pedonali in grado di connettere la città in maniera "verticale" e al tempo stesso costituire un supporto alla rete infrastrutturale esistente. Le fasi di progettazione si possono riassumere secondo lo schema esemplificativo seguente:

fase 1: è stata verificata la fattibilità delle indicazioni di progetto a base di gara, procedendo alla stesura degli elaborati.

Fase 2 è dedicata alla stesura del progetto definitivo, comprendente l'ultimazione di tutti i rilievi (anche e soprattutto geognostici) e le verifiche (strutturali sulle opere d'arte) necessari all'elaborazione progettuale di interventi di riparazione e risanamento di opere direttamente ed indirettamente connesse alla viabilità in esame, conformemente alla normativa vigente.

Gli interventi di Riqualificazione dei percorsi pedonali si sviluppano su sei direttrici pedonali:

- Scalone monumentale di Montesanto,
- Pedamentina di San Martino,
- Calata San Francesco,
- Salita Cacciottoli,
- Gradini del Petraio,
- Salita Moiarriello.

In definitiva sono da intendersi percorsi pedonali (scale, rampe e gradonate), che hanno un asse principale comune, la connessione dell'arteria a mezzacosta del Corso Vittorio Emanuele, intercettato in più punti, a supporto delle infrastrutture esistenti, collegamenti "verticali" - con notevoli salti di quota - fra la parte bassa della città e la zona collinare, selezionati perché le caratteristiche, la posizione e la possibilità di fruizione sottendono la realizzazione di una "rete verde" fra i parchi comunali e le connessioni lungo la viabilità ordinaria, anche in relazione alla possibilità di fruire di emergenze ambientali e monumentali.

A monte ed a valle ci sono i musei ed i monumenti più importanti della città: il centro storico e il parco dei Quartieri Spagnoli collegano il parco Viviani e il parco dell'Ex Gasometro; lo Scalone di Montesanto e la Pedamentina collegano, attraversando il Corso Vittorio Emanuele, il centro storico e il parco dei Quartieri Spagnoli con la Certosa di San Martino e Castel Sant'Elmo; i gradini del Petraio permettono di raggiungere la Villa della Floridiana e l'annesso Museo del Duca di Martina attraversando il corso Vittorio Emanuele e Via Luigia San Felice. In origine la viabilità in oggetto collegava avamposti militari, aree agricole, insediamenti conventuali con il centro città, e le zone commerciali ed amministrative: oggi hanno carattere esclusivamente pedonale, è integrata al tracciato viario implementato e carrabile, come collegamento secondario, scorciatoie usate da turisti o da residenti, ed è caratterizzata da fenomeni di degrado conseguenti alla assenza di manutenzione e scarsa frequentazione.

Gli interventi nel complesso possono sintetizzarsi in:

- manutenzione straordinaria delle pavimentazioni;
- inserimento di percorsi di accessibilità per le persone con ridotta capacità motoria e sensoriale,
- installazione di elementi di arredo urbano tra cui segnaletica informativa, isole digitali, cestini portarifiuti differenziati, fioriere, verde urbano, adeguati al contesto storico ed architettonico del sito d'intervento;
- Riquadrificazione architettonica: valorizzazione delle scale monumentali e delle gradonate mediante il consolidamento dei parapetti e dei muretti, rifacimento e manutenzione delle pavimentazioni, ripulitura delle superfici;
- Reti tecnologiche: in vista degli interventi di riquadrificazione emergono le esigenze di adeguamento e potenziamento di tutte le reti tecnologiche, fra cui: l'interramento di eventuali linee aeree, adeguamento delle reti di smaltimento acque superficiali, adeguamento e potenziamento rete di pubblica illuminazione;
- Consolidamento ed adeguamento strutturale di tratti di muri di contenimento: a) San Martino, b) Cacciottoli, c) Moiarrello

#### **4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO D'AREA VASTA**

La roccia prevalente è di gran lunga il tufo, caratterizzato da una colorazione giallastra, a volte più intensa, a volte più biancastra, e spesso, specialmente nella parte alta degli affioramenti, di colore grigiastro. Spesso la bellezza di alcune forme architettoniche è esaltata dall'uso del materiale citato e dalla continuità che si crea, quindi, tra il costruito ed il substrato, continuità molto ben evidente a Castel dell'Ovo, a Castel Sant'Elmo ed in alcune ville di Posillipo.

La città si sviluppa tra la Terra di Lavoro, a nord, i Campi Flegrei, ad ovest, le estreme propaggini occidentali del Somma-Vesuvio, ad est, ed il golfo di Napoli, a sud. Partendo da nord è possibile individuare una prima unità morfologica abbastanza regolare costituita dal versante settentrionale della collina dei Camaldoli che degrada debolmente verso nord e verso est a

partire da una quota massima di 458 m s.l.m. nei pressi dell'Eremo. La pendenza dei versanti degradanti verso Marano, Marianella e Capodimonte sono mediamente dell'ordine di 3-4 gradi. Tale regolarità viene interrotta dalla presenza di forti incisioni verticali quali la cupa di S. Croce, il vallone S. Rocco, il Cavone di Miano e quello dei Ponti Rossi, che solcano questo versante rispettivamente da ovest verso est, per poi deviare verso sud in corrispondenza dei Ponti Rossi e confluire nell'Arenaccia. Il versante è molto disturbato, inoltre, per la presenza di un gran numero di cave, molte delle quali ancora attive, per l'estrazione di blocchetti di tufo giallo o per l'estrazione di pozzolana, tra Capodimonte e Poggioreale. Questa prima unità morfologica continua verso sud con la dorsale Arenella –Vomero - Posillipo e Vomero - Castel Sant'Elmo ed è bordata, sempre verso sud, dalle piane di Pianura e Soccavo, dalla cosiddetta "conca di Neapolis", solcata dai valloni Arenella, Gerolomini, Fontanelle, S. Gennaro che confluiscono prevalentemente nell'Arena alla Sanità, e dalla depressione del Sebeto, a sud-est. I versanti della collina dei Camaldoli verso Pianura e Soccavo sono molto acclivi ed in alcuni punti quasi verticali, tanto che consentono di osservare lo spessore del tufo giallo e dei prodotti sottostanti per un'altezza di circa 350 metri. Queste due piane sono dislocate a quote diverse e sono separate tra loro dalla punta estrema della collina dei Camaldoli nota con il nome di Pignatiello. In particolare Pianura presenta una quota media di circa 160 m s.l.m. e Soccavo di 86 m s.l.m. Le due piane, interpretate in vari lavori come conche alluvionali, non sono altro che aree morfologicamente depresse, di accumulo preferenziale dei prodotti dell'attività vulcanica recente dei Campi Flegrei ed in particolare di Astroni e delle varie eruzioni dei vulcani di Agnano. Anche le indagini sul sottosuolo di queste piane hanno evidenziato l'assenza di sensibili accumuli di materiali alluvionali. La quota topografica differente è quindi interpretabile con un differente tasso di accumulo dei prodotti delle diverse eruzioni, ma mancando i dati sulle profondità del substrato, non può escludersi che le due depressioni fossero in origine a quote diverse. Le dorsali Vomero –Arenella - Posillipo e Vomero - Castel Sant'Elmo rappresentano la continuazione meridionale della morfologia rilevata dei Camaldoli. Tali morfologie costituite anch'esse da tufo sono state sede di intensa attività estrattiva che ha profondamente modificato l'originario assetto morfologico, spesso accentuando le forme arcuate.

La porzione SW è da correlare alla struttura collinare di Posillipo che con andamento NE-SW si raccorda con la collina del Vomero e con una stretta sella nella zona di S.Stefano. Essenzialmente la collina può essere divisa in due zone, la prima, rivolta ad est, affaccia sul mare, la seconda, rivolta a nordovest, affaccia sulla piana di Fuorigrotta - Bagnoli.

Area rivolta ad est: Su questo lato la collina ha inizio nella zona di Piedigrotta dove è possibile osservare delle ripide pareti di tufo che rompono nettamente il dolce andamento del pendio che dalla Torretta porta alla stazione di Mergellina. Questo andamento non è naturale in quanto dovuto ad una intensa attività di cava per l'estrazione del Tufo Giallo Napoletano. Ai piedi della collina, a sinistra dell'imbocco del tunnel che porta a Fuorigrotta, si trova l'imbocco di un antico tunnel stradale di epoca romana nonché una tomba a colombaio che la leggenda dice essere la tomba del poeta Virgilio Marone. La parete verticale visibile nella zona della stazione FF.SS. di Mergellina prosegue, senza soluzione di continuità, fino all'imbocco di

via Orazio dove ha inizio la strada carrozzabile che porta sulla parte alta della collina. Proseguendo per via Mergellina si continua a costeggiare un'alta parete tufacea, in parte coperta da edifici, a riprova dell'intensa attività estrattiva. La prima considerazione da fare, prima di proseguire la descrizione, è che la morfologia di questa zona di Mergellina è stata fortemente alterata ad opera dell'uomo in quanto, prima dell'urbanizzazione, il costone tufaceo terminava direttamente a mare e quindi si aveva una costa alta a falesia. da ciò la stretta piana costiera su cui corre via Mergellina deve essere considerata come una piana artificiale dovuta in parte all'attività estrattiva e in parte a riempimenti. Percorrendo via Posillipo si nota che le pendici della collina, sia verso monte che verso mare, non sono molto acclivi, infatti dalla parte alta, via Manzoni, a circa 200 m s.l.m. si scende verso il mare seguendo una morfologia abbastanza matura. In più punti si notano, però, diverse rotture di pendio che rendono il profilo accidentato con una forma a grossi gradoni. Anche qui, come per le pareti osservate nella parte bassa, si tratta di strutture artificiali dovute all'attività estrattiva del Tufo Giallo Napoletano. La collina si presenta come una struttura allungata che si protende verso meridione, questa conformazione fa sì che non vi siano grosse linee di impluvio in quanto i bacini di raccolta risultano molto piccoli e quindi gli alvei torrentizi modesti. Le uniche due linee di impluvio ben visibili sono: un canalone che ha la testata nella zona del casale di Posillipo che scende dritto verso sud fino al mare, questa struttura morfologica è osservabile nella parte terminale di via Posillipo in quanto la strada la scavalca con un ponte; il canalone della Gaiola che, come il precedente, arriva, dopo un breve percorso, a mare con direzione sud. Le evidenze morfologiche più interessanti di tutta la collina le riscontriamo a mare. Dall'inizio di via Posillipo tutta la costa si presenta alta con una falesia più o meno accentuata a seconda della maggiore o minore intensità estrattiva del tufo giallo che in questa zona è avvenuta anche a mare. La costa si presenta frastagliata con piccole insenature e altrettante sporgenze che la rendono molto suggestiva da un punto di vista paesaggistico. In alcuni punti, come a Rivaflorita, esistono delle piccole piane costiere con la parete di tufo arretrata rispetto alla linea di costa. Queste anomalie morfologiche sono dovute all'attività estrattiva e le piane non sono altro che piazzali di cava. Alla punta della Gaiola vi è un piccolo isolotto (isola della Gaiola) sul quale vi è una villa. Da questo punto procedendo verso ovest la costa si innalza notevolmente rispetto alla parte orientale raggiungendo mediamente una altezza di 50 m s.l.m.. Questo andamento morfologico prosegue fino alla cala di Trentaremi dove vi è una splendida insenatura delimitata ad ovest da un lungo sperone che si protende a mare, con direzione sud, noto col nome di "punta del Cavallo". Molti autori individuano in questa particolare struttura morfologica un apparato vulcanico noto come "vulcano di Trentaremi". Procedendo verso ovest la costa continua ad alzarsi fino ad arrivare, nella zona del parco Virgiliano (monte Coroglio), alla quota di 150 m s.l.m.. Questa alta falesia, costituita da diversi tipi di tufo, è interrotta dalla punta d'Annone che ribassa la falesia a 58 m s.l.m.. La costa termina al contatto della falesia, che in questo punto è alta 150 m s.l.m. ed è praticamente verticale, con la spiaggia di Coroglio di fronte al ponte che porta all'isola di Nisida.

Lato rivolto a nordovest: E' questo il lato della collina che delimita la piana di Fuorigrotta - Bagnoli. Inizia, come già detto, dove la spiaggia di Coroglio incontra la costa alta. A differenza del lato orientale questo lato della collina di Posillipo si presenta molto più acclive anche se le forti pendenze non sono omogenee lungo tutto il bordo. Ai fini di una descrizione morfologica il bordo della collina va diviso in due aree. La prima che va dalla spiaggia di Coroglio fino all'altezza della vecchia stazione della funivia si presenta molto acclive con pendenze accentuate. Lungo tutto il bordo affiora il Tufo Giallo Napoletano che in alcuni tratti mostra chiari segni di antica attività estrattiva sia a cielo aperto che in sotterraneo. Le pendenze si accentuano notevolmente a monte della via discesa Coroglio dove si ha la presenza di una parete quasi verticale coperta da una folta vegetazione. Vi è da segnalare che nella parte meridionale di questa scarpata si apre l'ingresso di un antico tunnel romano noto come "grotta di Seiano". A nordovest della stazione della vecchia funivia in più punti il versante si presenta con tre differenti andamenti altimetrici. Partendo dall'apice della collina, che da questo punto in poi prende il nome di Villanova, il versante si presenta con pendenze non eccessivamente ripide tanto che in passato è stato utilizzato per insediare delle coltivazioni agricole terrazzate. A metà versante si ha una improvvisa rottura di pendenza in corrispondenza del Tufo Giallo Napoletano con la presenza di una parete verticale dall'altezza variabile fra i 10 e i 20 metri. Al di sotto di questa parete il versante riprende un andamento più dolce andandosi a raccordare con la sottostante piana di Fuorigrotta. Questo particolare andamento, in alcuni punti del lato nordoccidentale della collina di Posillipo, è dovuto al fatto che il versante si è formato in seguito ad uno sprofondamento successivo a degli eventi eruttivi connessi con la caldera flegrea. Quindi in origine era quasi verticale. La successiva erosione si è imposta su una struttura che aveva la parte basale, fino a poco oltre metà dell'altezza, in tufo, mentre la parte alta era formata da piroclastiti sciolte. Da ciò la parte alta più facilmente erodibile da parte degli agenti atmosferici è stata completamente regolarizzata, ovvero il profilo del versante ha raggiunto la fase d'equilibrio, la parte bassa, invece, più resistente agli agenti atmosferici non è stata del tutto regolarizzata ed espone, quindi. Ancora in alcuni punti, una parete verticale che tende ad arretrare a causa dell'erosione. Come per il versante orientale anche su questo lato non vi è presenza di grosse linee di impluvio. Si notano, in diversi punti, delle piccole incisioni torrentizie di cui la più evidente si trova a nord dell'Arsenale Artiglieria. Anche su questo lato del versante in più punti si osservano dei fronti in tufo che raggiungono la parte bassa della collina. Un attento esame mostra con chiarezza che si tratta di fronti di scavo per l'estrazione del tufo giallo.

Dalla collina del Vomero diparte verso il basso i percorsi in esame (ad eccezione della Salita Moiarello).

A tutt'oggi la collina è completamente edificata e morfologicamente costituita da un ampio tavolato, ad andamento nordest-sudovest, caratterizzato da un declivio piuttosto dolce su cui corrono le principali arterie (via Cilea, via Luca Giordano) delimitato da accentuate rotture di pendenze sia sul lato rivolto verso Soccavo che sui versanti rivolti verso Chiaia, i quartieri Spagnoli, le Fontanelle. Il punto più alto della collina è rappresentato dallo sperone tufaceo di S.Martino il cui apice si trova a 249 m. s.l.m.. Questo sperone roccioso ha il vertice rivolto verso sudest e domina il centro di Napoli con

un effetto suggestivo anche grazie alla presenza del Castel S.Elmo e della certosa di S.Martino. Il tavolato centrale della collina giace ad una quota variabile tra i 160 ed i 180 m s.l.m. mentre è delimitato a nordovest da un'ampia scarpata che lo collega con la sottostante piana di Soccavo. Alla base di questa scarpata vi scorre l'alveo Arena S.Antonio che con un tortuoso percorso si congiungeva, più ad ovest, con l'alveo proveniente dal vallone del Verdolino. Attualmente questo alveo, in parte coperto, è adibito a collettore fognario. Il lato meridionale del tavolato affaccia sulla conca di Chiaia, anche qui la morfologia è aspra sebbene coperta da moltissime costruzioni che hanno completamente obliterato il piccolo alveo torrentizio di via S.Maria Apparente, oggi corrispondente al tracciato di vico Vasto a Chiaia, che per lunghissimo tempo ha rappresentato il limite occidentale dello sviluppo urbano, e quello compreso fra P.co Marcolini e P.zza Amedeo lungo il quale corre oggi il tracciato della funicolare di Chiaia. La parte orientale volge verso il centro di Napoli passando per il c.so V.Emanuele e quindi per i quartieri Spagnoli. In questa zona possiamo osservare una morfologia aspra a monte del c.so V.Emanuele che si addolcisce passando per i quartieri Spagnoli che fungono da raccordo con la parte sottostante della città. Il lato nord dell'altopiano si raccorda con un'ampia sella, nella zona dell'Arenella, con la collina dei Camaldoli. L'apice di questa sella è attualmente percorso dalla via D.Fontana che rappresenta, anche da un punto di vista viario, il collegamento con questo alto morfologico. In questa zona aveva origine l'alveo dell'Arenella, da cui prende il nome l'omonimo quartiere. Il lato Nord della collina delimita il vallone dei Gerolomini, la cui testata è definita dalla citata sella che porta ai Camaldoli, che sfocia più ad oriente nel vallone delle Fontanelle. Questo basso morfologico si raccorda con la collina del Vomero con pendenze molto accentuate nelle parti più a monte (Gerolomini) attraverso S.Maria del Carmine e le due Porte all'Arenella mentre la parte valliva arriva al vallone delle Fontanelle con pendenze più dolci attraverso il quartiere di Materdei. Le alte scarpate, ben visibili alle Fontanelle, che dividono questa valle con il sovrastante Materdei sono delle strutture artificiali in quanto residue dell'attività di cava del Tufo Giallo Napoletano. Sulla testata del vallone dei Gerolomini aveva origine un ramo dell'alveo torrentizio dell'Arena alla Sanità. Questa struttura torrentizia delimita a nord tutta la parte bassa della collina in quanto funge da divisione oltre che fra la zona di Materdei e la collina di Capodimonte anche fra la zona di via Stella e la zona dei Miracoli che rappresenta la parte bassa della collina di Capodimonte. Da quanto descritto ci accorgiamo che la collina del Vomero ha un'estensione notevolmente maggiore dell'area che generalmente definiamo come "Vomero". Infatti è normale definire come collina solo la parte sommitale mentre in realtà da un punto di vista morfologico è da definire come tale tutta la struttura collinare. Seguendo questa logica la delimitazione della collina è molto più ampia ed i confini, partendo dalla parte basale, possono essere riassunti come segue: Il lato est è delimitato dall'allineamento via Roma, museo Nazionale, via Foria P.zza Cavour. Il lato nord dal vallone dei Vergini, dal vallone delle Fontanelle, dal vallone dei Gerolomini e dalla sella che lo collega con la collina dei Camaldoli. Il lato ovest dal vallone della Pigna con la sella di S.Stefano che collega, a sudovest la collina del Vomero con quella di Posillipo. Il lato sud è nettamente delimitato da via Chiaia e da via Riviera di Chiaia che fino a Mergellina rappresentano la base meridionale della collina. La struttura morfologica oggi osservabile non è del tutto naturale



in quanto sono state effettuate molte colmate, particolarmente in corrispondenza dei valloni, onde consentire l'edificazione di numerosi quartieri, gli unici punti liberi da costruzioni si rinvengono unicamente nell'area di S.Martino e in alcuni punti rivolti verso la piana di Soccavo.

#### 4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO D'AREA RISTRETTA

Per la descrizione della storia geologica della città di Napoli partiremo dalla zona occidentale di gran lunga più complessa delle altre zone. Infatti l'attività vulcanica in quest'area si sviluppa fino a circa 3.800 anni fa con le attività di Agnano e Astroni. La tecnica che noi seguiamo per le osservazioni di superficie è quella di andare ad analizzare i prodotti più antichi delle serie stratigrafiche, vale a dire i prodotti topograficamente posti più in basso. In tal caso le indagini saranno indirizzate in quei luoghi dove esistono tagli naturali o tagli per opere stradali, gallerie, cave, etc.

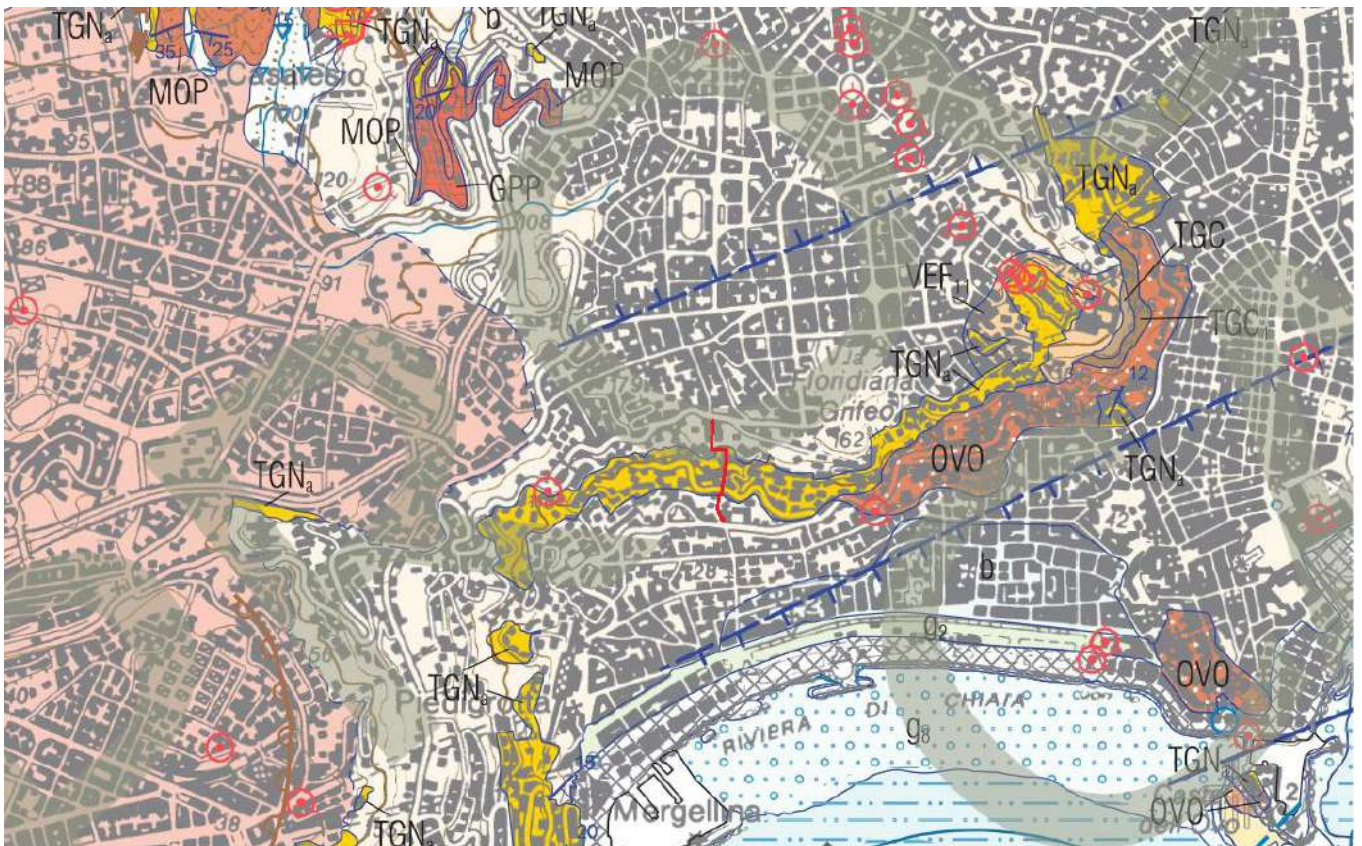
Vallone del Verdolino Uno dei punti chiave per la comprensione del vulcanismo flegreo risulta la valle del Verdolino, alla base della collina dei Camaldoli, che rappresenta un luogo classico della vulcanologia flegrea. Nell'area si osservano quattro importanti successioni stratigrafiche associate a diversi eventi eruttivi. Alla base si riconosce la roccia di Piperno, nota ai napoletani per l'uso diffuso in molti importanti edifici del centro storico, coperta da una breccia detta "Breccia Museo". Seguono i tufi biancastri in una posizione stratigrafica che evidenzia l'azione di processi esogeni che hanno modificato la preesistente topografia. Questi prodotti sono stati generati da più eventi eruttivi non ben identificati e sono intercalati con depositi che rappresentano antichi suoli umificati (paleosuoli) che evidenziano il trascorrere di lunghi intervalli di tempo fra i vari eventi eruttivi. Segue verso l'alto un grosso banco di tufo giallo che ammantava tutta la collina. Il Tufo Giallo Napoletano sarebbe associato ad uno o più eventi di grande energia. In copertura si rinvengono le piroclastiti sciolte formate da pomice e ceneri legate all'attività più recente dei Campi Flegrei. La strada che si sviluppa nella valle del Verdolino costeggia tagli artificiali nel tufo giallo. Quest'area è stata interessata da numerose cave sia a cielo aperto che in sotterraneo, visibili sul lato destro della valle, per chi vi si immette. La cava in sotterraneo ha una tipica forma a cuspidata, molto alta, e si sviluppa notevolmente all'interno del banco tufaceo. Procedendo sempre più nella valle, ad una quota di circa 150 m s.l.m., si può osservare un buon affioramento di prodotti sottostanti il Tufo Giallo Napoletano e costituiti dall'alto da:

- Tufi biancastri stratificati
- Piperno Breccia Museo
- Formazione dei Tufi di Torre dei Franchi.

In quest'area è interessante osservare i rapporti stratigrafici tra il Piperno-Breccia Museo, i Tufi Biancastri e il Tufo Giallo Napoletano, in successione dal basso verso l'alto. La giacitura dei banchi di Piperno e della Breccia Museo è in contropendenza rispetto al versante. Questi strati si interrompono con un taglio obliquo che immerge verso Soccavo. La discontinuità osservata sarebbe stata prodotta dallo sprofondamento della parte interna della caldera flegrea e della successiva regolarizzazione del versante da parte degli agenti atmosferici. Successivamente su questa superficie si sono depositati i Tufi Biancastri, che come si già detto, sono costituiti da livelli cineritici, essenzialmente legati ad eruzioni freatomagmatiche, intercalati da livelli umificati, a testimonianza del fatto che sono legati a diverse eruzioni intervallate da periodi di quiete. Il contatto laterale fra i Tufi Biancastri ed il Piperno è osservabile anche nella cava in sotterraneo poco distante dall'imbocco del vallone. La galleria che collega questo sito all'acquedotto di via Bernardo Cavallino mette in evidenza il contatto tra la Breccia Museo ed i Tufi Biancastri. Questo limite è caratterizzato da una superficie ondulata in leggera pendenza verso Soccavo. In quest'area il Tufo Giallo Napoletano ammantava la morfologia preesistente con spessori molto variabili e dell'ordine di 50-80 metri. Si rilevano buone esposizioni a monte della valle del Verdolino, alla collina di Casalesio e lungo il costone dei Camaldoli che affaccia su Soccavo. Si osservano forti ispessimenti nell'area dei Camaldolilli e più a sud lungo la dorsale che collega questa a Posillipo, dove tale formazione presenta spessori di 100-150 metri. La successione evidenzia quindi un'attività vulcanica di grande intensità sviluppatasi in un arco di tempo di circa 40.000 anni, i cui centri eruttivi, tuttavia, non sono stati ancora definitivamente localizzati. In particolare il Piperno, secondo gli autori più antichi, era associato ad una attività locale di un vero e proprio lago di lava che lanciava brandelli di lava che si accumulavano e si saldavano per la loro alta temperatura. In una visione più recente o più moderna questi prodotti sono legati al meccanismo di formazione della caldera flegrea e al deposito dell'Ignimbrite Campana che rappresenta la copertura di "Tufo Grigio" che ricopre gran parte della piana campana e le valli dei primi contrafforti appenninici. Si tratta di una delle eruzioni di maggior energia verificatisi negli ultimi 100.000 anni nell'area campana, con la messa in posto di ben 240 Km<sup>3</sup> di prodotti tufacei. Il meccanismo di messa in posto è dei più spaventosi, basta immaginare una sorta di nube formata da ceneri, lapilli, pomice frammenti di roccia strappati dal condotto, e ricca di gas, che si sviluppa per un'altezza di diverse centinaia di metri e con temperature di alcune centinaia di gradi, che avanza in orizzontale con una velocità dell'ordine dei 100 Km/ora. La capacità distruttiva di una tale "nube ardente" è inimmaginabile. Tutto è travolto e trascinato; una pallida idea di un tale meccanismo può ricavarsi dagli effetti dell'eruzione del Vesuvio del 79 d.C. Questa eruzione, durante la seconda fase, detta dei flussi piroclastici, produsse l'abbattimento di tutti gli ostacoli incontrati lungo il percorso. La registrazione di questo processo è fornita dai muri tranciati delle costruzioni delle città vesuviane. Il taglio avvenne in corrispondenza delle parti emerse dagli accumuli dei prodotti (prevalentemente

pomici) depositatisi per caduta nella prima fase dell'eruzione. Per i Tufi Biancastri risulta estremamente difficile procedere ad una ricostruzione attendibile dell'attività vulcanica associata. Si tratta comunque di eruzioni di grande energia caratterizzate da meccanismi esplosivi dovuti prevalentemente all'interazione del magma con l'acqua. Anche il Tufo Giallo è il prodotto di un'eruzione fortemente esplosiva con meccanismi di messa in posto prevalentemente per flusso. Per questa eruzione mancano ancora elementi attendibili per una localizzazione della bocca eruttiva e sulla successione degli eventi e dei meccanismi eruttivi. Gli ultimi prodotti della serie, che descriveremo di seguito, mostrano una significativa diminuzione dell'energia liberata, tuttavia i meccanismi sono ancora esplosivi. Questo è un elemento dominante del vulcanismo flegreo e di quello osservato nell'area napoletana. In sintesi al Verdolino osserviamo i prodotti di almeno quattro grandi cicli eruttivi: l'Ignimbrite Campana con l'età di circa 35.000 anni, i Tufi Biancastri e il Tufo Giallo Napoletano a circa 11.000 anni fa e i prodotti della fase più recente dei Campi Flegrei, emessi tra 10.000 e 3.800 anni fa. Di seguito descriveremo le serie nei siti classici della vulcanologia dei Campi Flegrei e della città' di Napoli e resi famosi da più di cento anni di ricerca. Questi prodotti insieme ad altri livelli che saranno descritti successivamente costituiscono le coperture di piroclastiti sciolte e paleosuoli che caratterizzano i primi 10-15 metri del sottosuolo della città di Napoli già indicati come "serie urbana recente". A nord del Centro Storico si apre il vallone dei Vergini che con direzione sudest-nordovest è incassato fra i rilievi della Veterinaria - Capodimonte, a nordest, e Materdei - Vomero a sudovest. Il vallone, in prossimità di p.zza Cavour, è costituito da un materasso di alluvioni di piroclastiti provenienti dal disfacimento del vallone dei Gerolomini che è la testata del vallone dei Vergini. Nella parte più valliva la ricostruzione stratigrafica è possibile solo con l'esplorazione delle cavità esistenti in quanto mancano sondaggi realizzati in zona. Sui due lati del vallone dei Vergini il tufo è molto superficiale, fra i 5-10 m dal p.c., addirittura a p.zza Sanità la formazione è ad appena due metri dal p.c., il che fa presupporre che su questi bordi, prima dell'antropizzazione, il tufo doveva essere in affioramento o al più ricoperto da un livello di piroclastiti sciolte di modesta entità. Più ad occidente, nella zona delle Fontanelle, sui bordi dell'incisione il tufo è in affioramento, ben esposto anche per l'attività estrattiva che si avuta in passato sia a cielo aperto che in sotterraneo, come ampiamente dimostrato dai numerosi accessi a cavità. Ma nel vallone dei Gerolomini che è possibile un'analisi dei materiali a copertura del tufo. Infatti in questa zona sia per le incisioni torrentizie che per varie attività antropiche è possibile osservare le piroclastiti sciolte che ricalcano le caratteristiche della serie osservata in altre parti della città. Una osservazione interessante, per quanto riguarda i prodotti a letto del Tufo Giallo, viene da un sondaggio effettuato in una cavità, ricavata nel tufo, di cui un accesso è vicino al deposito dell'acquedotto napoletano, alle Fontanelle, in prossimità del viadotto della tangenziale. Questo sondaggio perfora il materiale di risulta di cava sul piano di calpestio della cavità, supera il livello di Tufo Giallo addentrandosi in un tufo grigio

chiaro, poco cementato, ricco di pomici e scorie rossastre, che per molti versi ricorda i prodotti sottostanti il Tufo Giallo presente ai Camaldoli. Molto probabilmente non vi alcuna correlazione con la formazione dei Camaldoli, piuttosto si tratta di prodotti coevi ai Tufi Biancastri dei Camaldoli ed ai cosiddetti Tufi Antichi della serie urbana. Tali terreni sono osservabili, anche se con molte difficoltà, nelle parti più incise del vallone dei Gerolomini. La sovrastante area di Capodimonte è costituita da un tavolato che prosegue fino a nord col tavolato di Capodichino. Sulla sommità non vi sono affioramenti di tufo, in quanto coperto dalle piroclastiti sciolte. Sul bordo sud, in particolare, lo spessore delle coltri sciolte è poco potente, ciò è riscontrabile dall'analisi degli affioramenti di tufo che bordano l'orlo sud di Capodimonte dove il tufo è nettamente visibile anche grazie all'intensa attività di cava avutasi nella zona. Portandosi a nord, verso Capodichino, il tetto del Tufo Giallo tende ad abbassarsi. Ciò è comprovato da una serie di sondaggi effettuati su via F. M. Briganti dove, nella parte alta, in prossimità di c.so Umberto Maddalena, il tufo non è stato intercettato fino a 50 metri dal p.c. A Capodichino, si riscontra a quota variabile fra i 5-7 m dal p.c. un livello di pomici biancastre, con scarsa matrice, dalla potenza variabile fra 1-2 metri. Queste pomici sono spesso interessate da cunicoli alti all'incirca 1 metro e larghi 0.60 m. Si tratta delle famose "tane di lapillo" ovvero di antiche cave in sotterraneo di pomici. La collina del Vomero rappresenta una struttura morfologica abbastanza articolata. La parte alta è rappresentata dallo sperone di Castel S. Elmo - S.Martino, con una quota, al castello, di 249 m s.l.m. L'area di Castel S. Elmo è interessante in quanto il Tufo Giallo vi affiora estesamente. Ma questo affioramento è il risultato di tagli per ricavare il tufo per l'edificazione del castello, come si è verificato estesamente per tutta la città di Napoli. Schematicamente la collina del Vomero affaccia, sul lato sudorientale, sulla conca di Chiaia, a nord si collega, tramite il quartiere Arenella, alla collina dei Camaldoli, ad occidente si affaccia sulla piana di Soccavo. Sul lato rivolto verso Chiaia il tufo giallo è affiorante in diversi punti a monte del c.so V.Emanuele anche se molto spesso è obliterato da edifici costruiti a ridosso dei fronti di cava. Questo tipo di situazione è facilmente riscontrabile nella parte alta di via Tasso, sullo stesso corso V. Emanuele, etc. Nella zona dell'Arenella vi sono affioramenti visibili all'uscita della tangenziale. Sul lato rivolto verso Soccavo non si notano affioramenti di tufo tranne uno al di sotto di via M. da Caravaggio, visibile sul taglio della tangenziale, con l'inclinazione del tetto verso NO. E' questo forse l'unico affioramento in cui il tufo immerge in direzione opposta al pendio esterno. Il fatto trova riscontro in una serie di sondaggi effettuati nella parte alta di via Caravaggio dove si riscontrava questo anomalo andamento del tufo. La zona interna del Vomero è caratterizzata dall'esistenza del basamento tufaceo ad una profondità media intorno ai 20 m. I materiali di copertura, laddove non rimaneggiati dall'uomo, ben rappresentano la successione dei prodotti recenti. In alcuni punti la quota del tufo scende notevolmente come tra p.zza Medaglie d'Oro e via S.Rosa. Di seguito si riportano in rosso i tracciati stradali sulla carta geologica, evidenziando punto punto le litologie affioranti nelle varie tratte:



area dei Campi Flegrei

SUBSISTEMA DI CONTRADA ROMANO (VEF<sub>12</sub>)

(cfr. CCU - unità di Casalnuovo - Casoria p.p. del F. 448 "Ercolano")

Successione di depositi prevalentemente cineritici finemente stratificati con intercalati livelli di lapilli pomicei da caduta. I depositi poggiano su di uno spesso paleosuolo ocraceo ampiamente diffuso sia nei settori interni che esterni alla caldera flegrea, nelle aree di piana circostanti, fino ai contrafforti appenninici o, a luoghi, su depositi marini. Nell'area orientale del foglio tra la città di Napoli e Casoria-Afragola, la parte alta della sequenza comprende depositi piroclastici dell'eruzione vesuviana di Avellino. Tutte le sequenze delle unità litosomatiche o litostratigrafiche sono separate da superfici erosive o paleosuoli. Porzioni di duomi di lava sono riconoscibili nel settore centrale della caldera. Tra le sequenze piroclastiche sono talora visibili depositi epiclastici legati a sedimentazione marina o lacustre-palustre.

OLOCENE p.p. (parte media) - ATTUALE



VEF<sub>12</sub>

TUFO GIALLO NAPOLETANO

Successione di depositi piroclastici giallastri generalmente litificati nelle zone prossimali (TGN<sub>b</sub>) che variano in verticale e lateralmente a depositi sciolti di colore grigio chiaro (TGN<sub>a</sub>). La sequenza del TGN è suddivisibile in due diversi membri separati da variazioni sedimentologiche e tessiture dei depositi o dalla presenza di una discordanza angolare, ma in questa sede non cartografati singolarmente. Una breccia grossolana lenticolare ricca in scorie nere, lave e tufi si intercala tra i due membri. Il membro inferiore di spessore massimo circa 20 m è formato da una fitta alternanza di livelli cineritici ricchi in lapilli accrezionali e sottili livelli pomicei grossolani. Il membro superiore di spessore massimo di 100 m, è formato da spessi livelli cineritici generalmente massivi, con lenti pomicee. Le pomici hanno vescicole molto allungate pochi cristalli di feldspato e composizione da latitica a trachitica. I litici sono tufi verdi e tufi epiclastici e lave. I depositi sono stati messi in posto da correnti piroclastiche e subordinatamente per caduta. Età <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 14,9±0.4 ka (DENO *et alii*, 2004).

PLEISTOCENE SUPERIORE p.p. (Tardoglaciale)

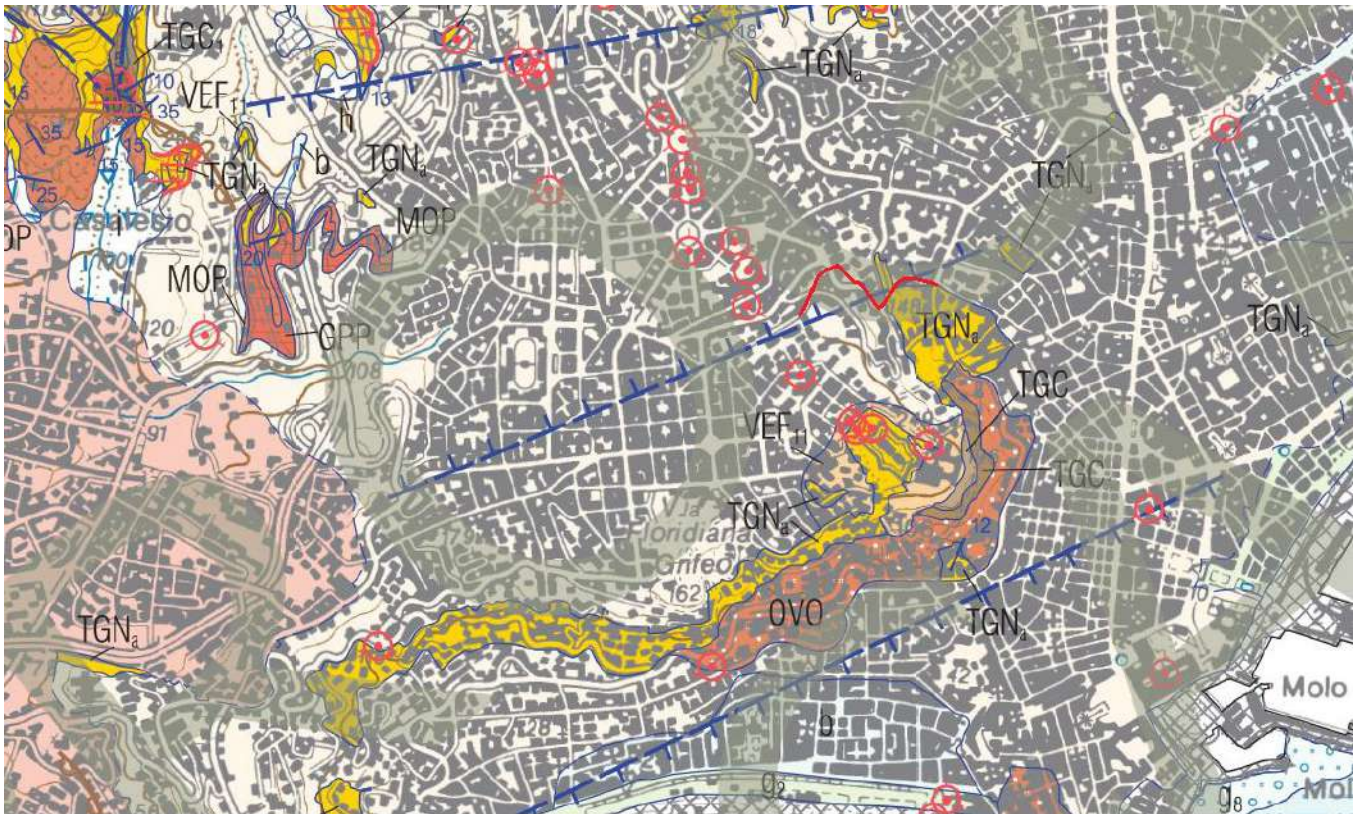


TGN<sub>b</sub>

TGN<sub>a</sub>

TGN

sommerso



area dei Campi Flegrei

SUBSISTEMA DI CONTRADA ROMANO (VEF<sub>12</sub>)

(cfr. - CCU - unità di Casalnuovo - Casoria p.p. del F. 448 "Ercolano")

Successione di depositi prevalentemente cineritici finemente stratificati con intercalati livelli di lapilli pomicei da caduta. I depositi poggiano su di uno spesso paleosuolo ocraceo ampiamente diffuso sia nei settori interni che esterni alla caldera flegrea, nelle aree di piana circostanti, fino ai contrafforti appenninici o, a luoghi, su depositi marini. Nell'area orientale del foglio tra la città di Napoli e Casoria-Afragola, la parte alta della sequenza comprende depositi piroclastici dell'eruzione vesuviana di Avellino. Tutte le sequenze delle unità litosomatiche o litostratigrafiche sono separate da superfici erosive o paleosuoli. Porzioni di duomi di lava sono riconoscibili nel settore centrale della caldera. Tra le sequenze piroclastiche sono talora visibili depositi epiclastici legati a sedimentazione marina o lacustre-palustre.

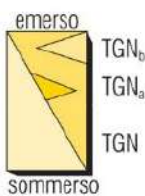
*OLOCENE p.p. (parte media) - ATTUALE*



TUFO GIALLO NAPOLETANO

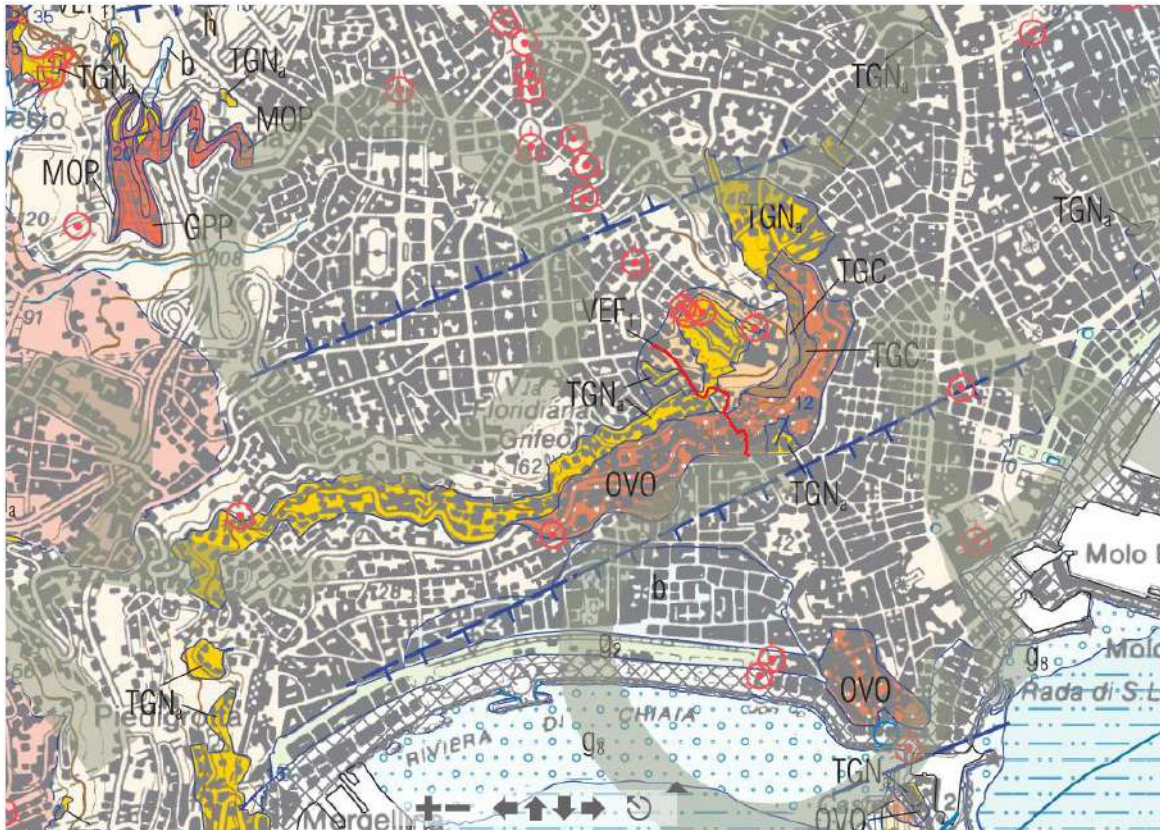
Successione di depositi piroclastici giallastri generalmente litificati nelle zone prossimali (TGN<sub>a</sub>) che variano in verticale e lateralmente a depositi sciolti di colore grigio chiaro (TGN<sub>b</sub>). La sequenza del TGN è suddivisibile in due diversi membri separati da variazioni sedimentologiche e tessiturali dei depositi o dalla presenza di una discordanza angolare, ma in questa sede non cartografati singolarmente. Una breccia grossolana lentiforme ricca in scorie nere, lave e tufi si intercala tra i due membri. Il membro inferiore di spessore massimo circa 20 m è formato da una fitta alternanza di livelli cineritici ricchi in lapilli accrezionali e sottili livelli pomicei grossolani. Il membro superiore di spessore massimo di 100 m, è formato da spessi livelli cineritici generalmente massivi, con lenti pomicee. Le pomicee hanno vescicole molto allungate pochi cristalli di feldspato e composizione da latitica a trachitica. I litici sono tufi verdi e tufi epiclastici e lave. I depositi sono stati messi in posto da correnti piroclastiche e subordinatamente per caduta. Età <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 14,9 ± 0,4 ka (DEINO et alii, 2004).

*PLEISTOCENE SUPERIORE p.p. (Tardoglaciale)*



Carta Geologica n° 2 ( Salita Caciottoli )





**SUBSISTEMA DI AGNANO-SOCCAVO (VEF<sub>11</sub>)**



Successione di depositi confinata a tetto da uno spesso paleosuolo ocraceo ampiamente distribuito sia nei settori interni alla caldera flegrea che nelle aree di piana circostanti. La successione poggia sui depositi di tuffo del subsistema di Napoli (VEF 10). I depositi sono composti da alternanze di ceneri grigie e verdastre fini e grossolane con lenti di lapilli pomicei e da cineriti giallastre con livelli e lenti di scorie nere. I depositi delle unità litosomatiche o litostratigrafiche sono separate da superfici erosive, paleosuoli o sedimenti continentali non vulcanici, e talora poggiano su depositi marini. L'unità subsistemica comprende inoltre i relitti di duomi di lava e depositi di tuffi giallastri. Il subsistema contiene anche l'unità de "La Starza" che comprende la sequenza dell'omonimo terrazzo marino costituito da alternanze di sedimenti marini e di livelli piroclastici.

**TUFO GIALLO NAPOLETANO**



Successione di depositi piroclastici giallastri generalmente litificati nelle zone prossimali (TGN<sub>a</sub>) che variano in verticale e lateralmente a depositi sciolti di colore grigio chiaro (TGN<sub>i</sub>). La sequenza del TGN è suddivisibile in due diversi membri separati da variazioni sedimentologiche e tessiture dei depositi o dalla presenza di una discordanza angolare, ma in questa sede non cartografati singolarmente. Una breccia grossolana lenticolare ricca in scorie nere, lave e tuffi si intercala tra i due membri. Il membro inferiore di spessore massimo circa 20 m è formato da una fitta alternanza di livelli cineritici ricchi in lapilli accrezionali e sottili livelli pomicei grossolani. Il membro superiore di spessore massimo di 100 m, è formato da spessi livelli cineritici generalmente massivi, con lenti pomicee. Le pomicee hanno vescicole molto allungate pochi cristalli di feldspato e composizione da latitica a trachitica. I litici sono tuffi verdi e tuffi epiclastici e lave. I depositi sono stati messi in posto da correnti piroclastiche e subordinatamente per caduta. Età <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 14,9±0.4 ka (DENO *et alii*, 2004).

PLEISTOCENE SUPERIORE p.p. (Tardoglaciale)

**TUFI DI CASTEL DELLOVO**

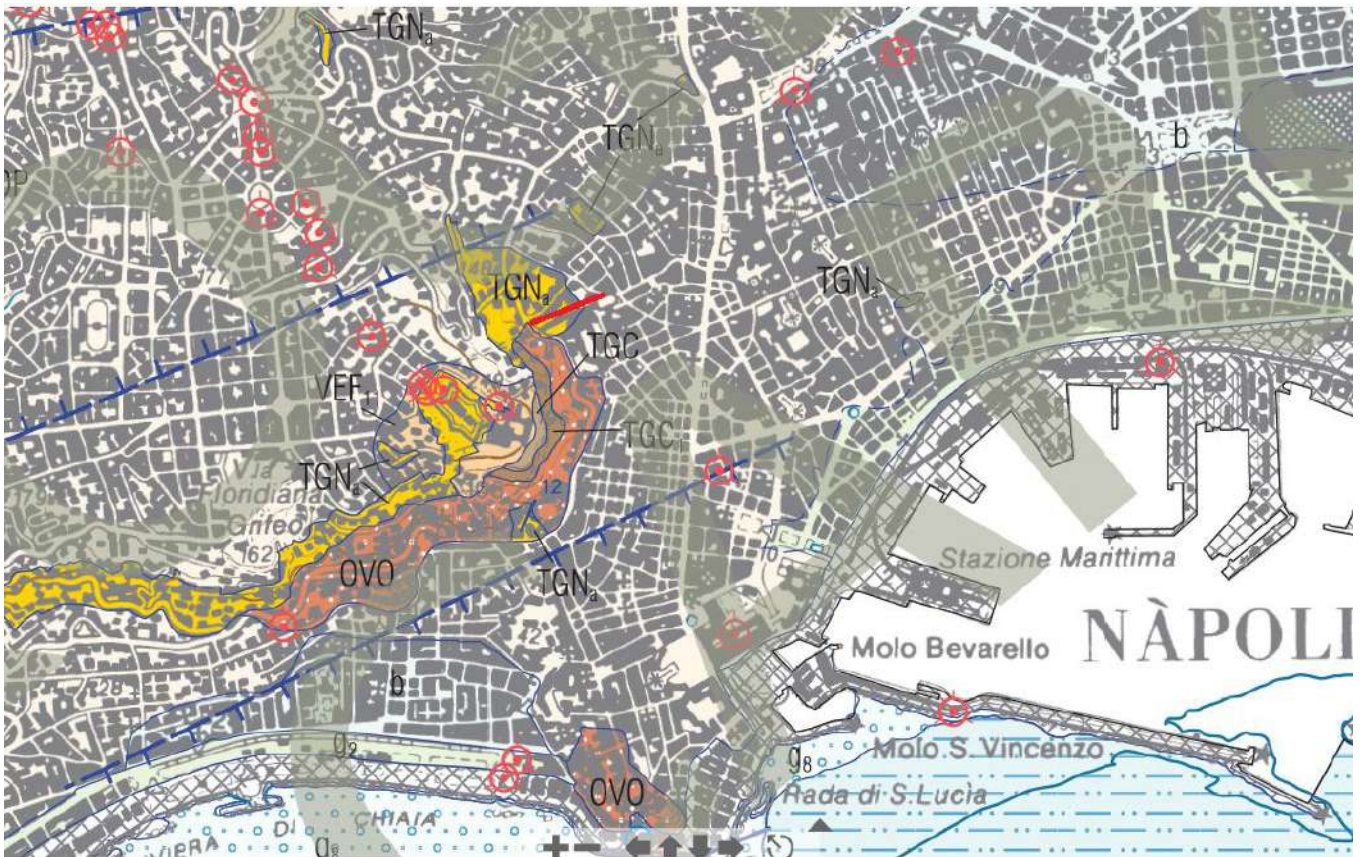


Tuffi giallo-marroni con diverso grado di litificazione, caratterizzati prevalentemente da una fitta stratificazione da incrociata a piano-parallela. I depositi sono ricchi in scorie nerastre e frammenti litici ed hanno una composizione fono-trachitica. I depositi di questa unità formano la morfostruttura antica della Città di Napoli e sono talora coperti dal TGN attraverso una superficie di discordanza. Lo spessore massimo è pari a circa 60 m. Un'unità nella parte inferiore della successione ha dato un'età <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar di 78,3±0.4 ka (SCARPATI *et alii*, 2012).

PLEISTOCENE SUPERIORE p.p. (pre-LGM)

Carta Geologica n° 4 ( Salita San Petraio )





area dei Campi Flegrei

**SUBSISTEMA DI CONTRADA ROMANO (VEF<sub>12</sub>)**

(cfr. - CCU - unità di Casalnuovo - Casoria p.p. del F. 448 "Ercolano")

Successione di depositi prevalentemente cineritici finemente stratificati con intercalati livelli di lapilli pomicei da caduta. I depositi poggiano su di uno spesso paleosuolo ocraceo ampiamente diffuso sia nei settori interni che esterni alla caldera flegrea, nelle aree di piana circostante, fino ai contraforti appenninici o, a luoghi, su depositi marini. Nell'area orientale del foglio tra la città di Napoli e Casoria-Afragola, la parte alta della sequenza comprende depositi piroclastici dell'eruzione vesuviana di Avellino. Tutte le sequenze delle unità litosomatiche o litostratigrafiche sono separate da superfici erosive o paleosuoli. Porzioni di duomi di lava sono riconoscibili nel settore centrale della caldera. Tra le sequenze piroclastiche sono talora visibili depositi epiclastici legati a sedimentazione marina o lacustre-palustre.

*OLOCENE p.p. (parte media) - ATTUALE*

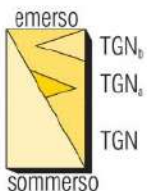


VEF<sub>12</sub>

**TUFO GIALLO NAPOLETANO**

Successione di depositi piroclastici giallastri generalmente litificati nelle zone prossimali (TGN<sub>a</sub>) che variano in verticale e lateralmente a depositi sciolti di colore grigio chiaro (TGN<sub>b</sub>). La sequenza del TGN è suddivisibile in due diversi membri separati da variazioni sedimentologiche e tessiture dei depositi o dalla presenza di una discordanza angolare, ma in questa sede non cartografati singolarmente. Una breccia grossolana lentiforme ricca in scorie nere, lave e tufi si intercala tra i due membri. Il membro inferiore di spessore massimo circa 20 m è formato da una fitta alternanza di livelli cineritici ricchi in lapilli accrezionali e sottili livelli pomicei grossolani. Il membro superiore di spessore massimo di 100 m, è formato da spessi livelli cineritici generalmente massivi, con lenti pomicee. Le pomici hanno vescicole molto allungate pochi cristalli di feldspato e composizione da latitica a trachitica. I litici sono tufi verdi e tufi epiclastici e lave. I depositi sono stati messi in posto da correnti piroclastiche e subordinatamente per caduta. Età <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 14,9±0.4 ka (DEINO *et alii*, 2004).

*PLEISTOCENE SUPERIORE p.p. (Tardoglaciale)*



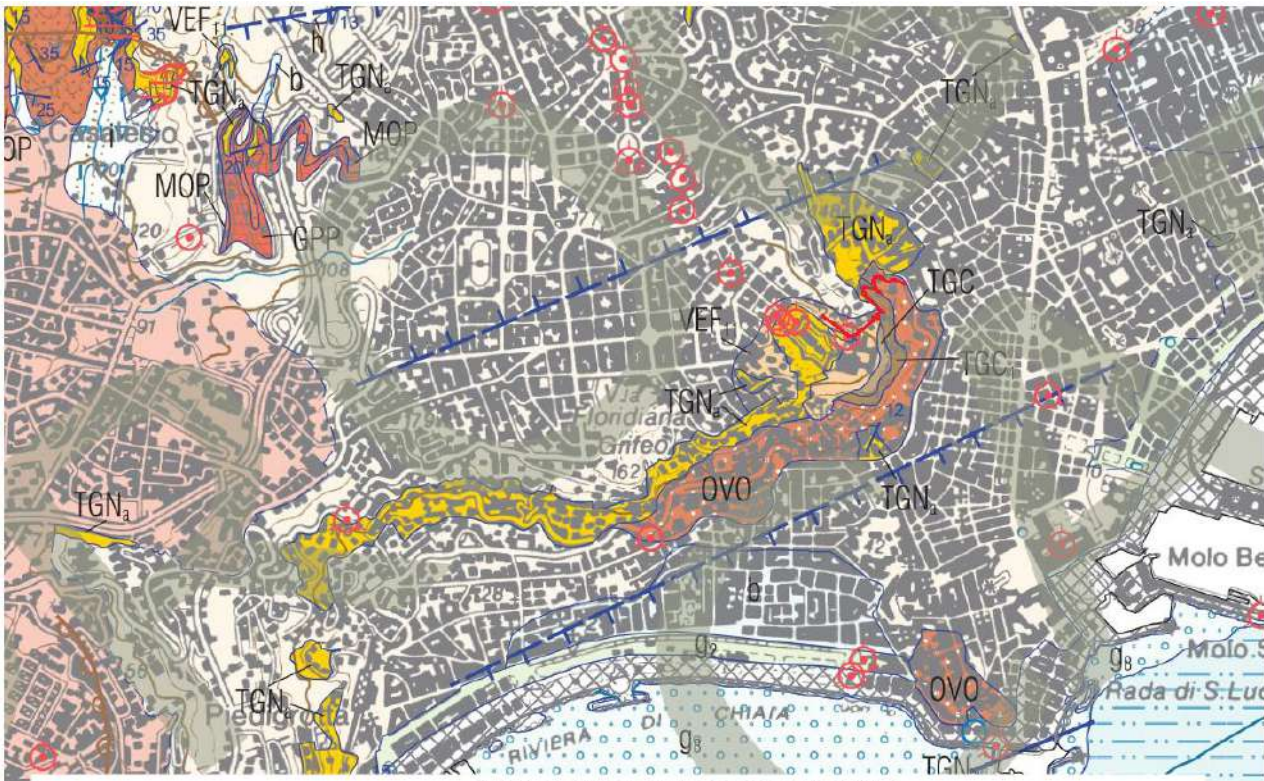
TGN<sub>b</sub>

TGN<sub>a</sub>

TGN

sommerso

Carta Geologica n° 5 (Scala Montesanto)



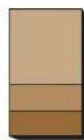
SUBSISTEMA DI AGNANO-SOCCAVO (VEF<sub>11</sub>)



VEF<sub>11</sub>

Successione di depositi confinata a tetto da uno spesso paleosuolo ocreaceo ampiamente distribuito sia nei settori interni alla caldera flegrea che nelle aree di piana circostanti. La successione poggia sui depositi di tufo del subsistema di Napoli (VEF 10). I depositi sono composti da alternanze di ceneri grigie e verdastre fini e grossolane con lenti di lapilli pomicei e da cineriti giallastre con livelli e lenti di scorie nere. I depositi delle unità litosomatiche o litostratigrafiche sono separate da superfici erosive, paleosuoli o sedimenti continentali non vulcanici, e talora poggiano su depositi marini. L'unità subsistemica comprende inoltre i relitti di duomi di lava e depositi di tufi giallastri. Il subsistema contiene anche l'unità de "La Starza" che comprende la sequenza dell'omonimo terrazzo marino costituito da alternanze di sedimenti marini e di livelli piroclastici.

**TUFO GRIGIO CAMPANO ("Ignimbrite Campana" Aucit.)**



TGC

TGC<sub>1</sub>

TGC<sub>2</sub>

Sequenza piroclastica complessa costituita nella parte basale da un deposito pomiceo da caduta stratificato ampiamente distribuito ad est dei Campi Flegrei, a cui si sovrappongono banchi a differente grado di saldatura, composti da scorie nerastre, grossolane e a differente grado di schiacciamento (fiamme), in abbondante matrice cineritica di colore grigio chiaro (Piperno Aucit, TGC<sub>2</sub>), localmente sormontati da breccie eterometriche; grossolane (Breccia Museo Aucit, TGC<sub>1</sub>) e depositi ignimbritici a basso grado di litiificazione, di colore grigio-rosastro. La Breccia Museo comprende livelli di breccia da massiva a debolmente stratificata ricca in clasti litici eterogenei, lapilli e bombe pomicee da afiriche a porfiriche, blocchi densi vitrofirici ricchi in cristalli di feldspato, e clasti di ossidiane. Nella Piana Campana e sui rilievi appenninici circostanti si sviluppa lateralmente alla facies saldata ricca in fiamme la facies cineritica grigia ricca in matrice a vario grado di saldatura (Tufo Grigio Aucit.); questa contiene pomici e bombe pomicee grigio piombo subafiriche. In queste aree la sequenza comprende anche tufi cineritici quasi totalmente zeolitizzati di colore giallo ricchi in scorie nere appiattite e pomici grigie, con composizione trachitica. Localmente questi depositi sono attraversati da strutture da degassamento subverticali. L'intera sequenza è stata prodotta prevalentemente da correnti piroclastiche e in subordinate da caduta. Spessore massimo visibile nell'area di Soccavo di circa 100m. Età <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar di 39,28±0.11 ka (DE VIVO et alii, 2001).

PLEISTOCENE SUPERIORE p.p. (pre-LGM)



OVO

**TUFI DI CASTEL DELLOVO**

Tufi giallo-marroni con diverso grado di litiificazione, caratterizzati prevalentemente da una fitta stratificazione da incrociata a piano-parallela. I depositi sono ricchi in scorie nerastre e frammenti litici ed hanno una composizione fono-trachitica. I depositi di questa unità formano la morfostuttura antica della Città di Napoli e sono talora coperti dal TGN attraverso una superficie di discordanza. Lo spessore massimo è pari a circa 60 m. Un'unità nella parte inferiore della successione ha dato un'età <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar di 78,3±0.4 ka (SCAPPATI et alii, 2012).

PLEISTOCENE SUPERIORE p.p. (pre-LGM)

Carta Geologica n° 6 ( Via Pedementina )

## 5. EVOLUZIONE MORFOLOGICA NEL TERRITORIO DI NAPOLI

La morfologia della città di Napoli è tipica di un territorio vulcanico la cui attività è stata prevalentemente esplosiva con depositi di ceneri e scorie. L'apparato collinare, come già visto, è caratterizzato da tavolati più o meno estesi e da rotture di pendenza più o meno accentuate. La presenza di piane è condizionata dalla situazione morfologica verificatasi subito dopo l'attività eruttiva, infatti laddove gli sprofondamenti, successivi alle fasi eruttive, crearono dei golfi chiusi, come nell'area Fuorigrotta - Bagnoli, il riempimento da parte delle alluvioni e dei depositi di successive eruzioni fu rapido, non disturbato dalle correnti marine, mentre laddove queste condizioni non si verificarono le piane mancano completamente o, se esistono, sono artificiali come ad esempio la riviera di Chiaia. La piana di Poggioreale è legata anche all'esistenza di dune costiere che, creando un ambiente di laguna chiusa, consentirono un rapido accumulo dei detriti provenienti dalle colline poste a monte della stessa piana e dai Ponti Rossi. Comunque le colline napoletane, benché abbiano avuto origine da apparati vulcanici diversi, si raccordano mediante larghe selle le cui pendenze sono raramente aspre, o con pianalti come avviene tra la collina dei Camaldoli e i complessi vulcanici di Agnano tramite la piana di Pianura. La conoscenza del territorio con tutte le sue modificazioni è indispensabile per lo studio delle potenzialità e delle limitazioni d'uso dello stesso. Ad esempio nelle aree collinari a causa della facile erodibilità dei terreni, le forme dei rilievi, particolarmente sui lati interni dei vulcani, sono poco stabili e quindi in rapida evoluzione. Qui il fenomeno dell'erosione si manifesta in maniera cospicua favorito sia dalle condizioni meteorologiche delle nostre latitudini che alternano spesso a periodi di siccità periodi di intensa piovosità, sia alla presenza di ampie aree caratterizzate da scarsa copertura vegetale. Nel programmare interventi sul territorio bisognerebbe sempre tener conto, in particolare nelle aree collinari, della potenziale evoluzione morfologica. Vari autori hanno cercato di realizzare modelli qualitativi-quantitativi di valutazione del fenomeno dell'erosione parametrizzando i fattori originari quali:

- condizioni geolitologiche e condizioni idrogeologiche connesse;
- caratteristiche pedologiche (tessitura del suolo, struttura, spessore, permeabilità, contenuto in humus; )
- morfologia (pendenze, esposizione, quota, etc;)
- condizioni meteorologiche; - condizioni idrologiche;
- copertura vegetale;
- interventi antropici.

I fattori in parte modificabili dall'uomo sono, oltre agli interventi antropici, la copertura vegetale e le condizioni idrologiche, inoltre, a secondo delle condizioni locali, la pendenza e la situazione pedologica. Nelle indagini sulla stabilità dei siti bisogna considerare alcuni fattori fissi non modificabili da cui dipende la stabilità:

- a - condizione geologica;
- b - configurazione topografica.

Vi inoltre fattori variabili nel tempo e nello spazio:

- c - condizioni climatiche;
- d - copertura vegetale.

Tali fattori possono essere accertati mediante indagini sul terreno con restituzione grafica mediante carte tematiche. Questi accertamenti servono anche ad individuare le cause predisponenti dei fenomeni di dissesto. La costituzione geologica, come è ovvio, è estremamente importante ai fini della valutazione dell'evoluzione morfologica e quindi della stabilità di un territorio. Altro fattore importante è la configurazione topografica. A tale fine va valutato l'angolo di riposo delle rocce, ed evidentemente l'inclinazione del pendio, tanto più elevata, tanto maggiore è l'instabilità dello stesso. Vi sono oltre alle condizioni prima citate, che costituiscono le caratteristiche non mutabili o comunque poco mutabili dei terreni, alcune cause che possono turbare l'equilibrio. Tra queste vi sono: - aumento del peso specifico apparente delle rocce; - aumento dell'inclinazione del pendio; - diminuzione della coesione; - aumento del carico. L'aumento del peso specifico apparente può essere causato da un incremento del contenuto d'acqua nel terreno. Ad esempio una pozzolana che ha un peso specifico apparente di circa 1.400 Kg/mc, bagnata può raggiungere i 1.700 Kg/mc e se il pendio ha un angolo prossimo a quello limite è verosimile un fenomeno di collasso. L'aumento dell'inclinazione del pendio può essere causato sia da erosione naturale al piede, sia dall'opera dell'uomo con la creazione di sbancamenti, rilevati, etc.. La diminuzione della coesione, particolarmente nei terreni pozzolanici, è provocata in genere dall'aumento dell'acqua di infiltrazione. L'aumento del carico avviene per la costruzione di manufatti come muri, rilevati, edifici, etc., al di sopra di pendii. Come si vede i parametri che presidono alla evoluzione morfologica del territorio sono numerosi e molto spesso interdipendenti l'uno dall'altro. L'intervento dell'uomo sul territorio, quando non attuato con sani principi di programmazione, diventa spesso destabilizzante nel quadro dell'equilibrio geomorfologico. Gli interventi di disboscamento o, in generale, la distruzione della copertura vegetale predispongono ad una azione accelerata dell'erosione come anche l'abbandono dell'agricoltura nelle aree collinari privano il territorio di quella continua e capillare opera di manutenzione dell'agricoltore senza la quale i processi evolutivi naturali prendono il sopravvento. Anche la costruzione di infrastrutture quali strade o altri manufatti, sia in superficie che nel sottosuolo, se realizzati senza tener conto delle reali condizioni geomorfologiche, geotecniche e ambientali, possono innescare una serie di processi che risultano destabilizzanti per il territorio. L'area napoletana è per buona parte sottratta all'erosione superficiale in quanto risulta fortemente edificata. L'evoluzione morfologica si esplica, quindi, essenzialmente sui bordi delle colline che non hanno subito insediamenti abitativi. In ogni caso le aree in cui l'evoluzione morfologica è completamente naturale, cioè non è in alcun modo condizionata dalla presenza umana, sono molto poche e limitate arealmente. Dopo l'analisi dei fattori che favoriscono l'instabilità locale descriveremo l'evoluzione morfologica delle varie parti del territorio cittadino evidenziando le situazioni di instabilità verificatesi sia per cause naturali che per cause connesse alla presenza umana. punti liberi da costruzioni si rinvengono unicamente nell'area

Di seguito in modo particolare si descrive le morfologie delle aree interessate dal progetto utili alla fase progettuale di inserimento degli interventi nell'ecosistema esistente.

La collina di Posillipo ad Ovest della calata San Francesco ai fine dell'evoluzione morfologica è costituita dal lato rivolto verso il mare dove, sia per l'intensa urbanizzazione, sia per le pendenze non eccessive si ha una evoluzione poco accentuata dovuta all'erosione causata dalle acque meteoriche. Sulla linea di costa è il mare che tende ad arretrare la costa con una erosione al piede della falesia, ma in alcuni punti questa erosione è rallentata dalla presenza di scogliere frangiflutti. Grossi fenomeni evolutivi si hanno nella zona sottostante il parco Virgiliano di cui ci occuperemo di seguito. Il lato rivolto verso Fuorigrotta a causa della sua morfologia più aspra risulta più esposto ai fenomeni erosivi dovuti agli agenti atmosferici. L'arretramento del versante è condizionato dai litotipi affioranti. Infatti si osserva che gli orizzonti tufacei hanno un andamento quasi verticale mentre gli orizzonti di materiali più erodibili hanno andamento più dolce che mediamente si attesta su un angolo di pendio di 20°. Gli agenti esogeni regolarizzano quindi più facilmente i materiali maggiormente erodibili mentre per quelli diagenizzati il processo è più lento. Su questa morfologia si sono da tempo impostati alcuni solchi di deflusso delle acque meteoriche che hanno in più punti inciso il versante della collina dando origine ad una conformazione morfologica ondulata ove le rientranze sono rappresentate da questi alvei, mentre le sporgenze in genere mostrano una struttura abbastanza matura con pendenze più dolci. L'originaria morfologia del versante è stata alterata dalla attività di estrazione del Tufo Giallo Napoletano. Tali cave in seguito abbandonate senza alcuna opera di ripristino dei luoghi, presentano pareti acclivi che interessano sia il banco tufaceo sia i sovrastanti materiali sciolti. Queste sono presenti immediatamente a ridosso dell'imbocco del tunnel Laziale e nell'area a monte dell'Arsenale Esercito. L'area risulta quindi caratterizzata da una situazione morfologica piuttosto delicata con equilibri non sempre ben definiti ed in alcuni casi al limite della stabilità. La collina di Posillipo costituiva parte del territorio napoletano che fino alla fine degli anni '50 aveva una vocazione agricola (famosi erano i vini di Posillipo), infatti il versante rivolto a Fuorigrotta era nella parte coltivata, completamente terrazzato laddove le pendenze consentivano tale operazione, nelle zone più acclivi lo stesso era ricoperto da boschi di castagno. Come è noto i terrazzamenti agricoli sono un ottimo sistema per frenare il ruscellamento delle acque meteoriche e quindi l'erosione delle coperture di humus. Con l'urbanizzazione della zona, iniziata alla fine degli anni '50 primi anni '60, cambiando la destinazione d'uso del territorio, si ebbe anche un quasi completo abbandono dell'attività agricola. Infatti oggi, tranne poche aree ancora coltivate, l'intero versante è in completo stato di abbandono con il conseguente smantellamento delle opere di presidio, quali i terrazzamenti, a causa degli agenti esogeni. Va inoltre aggiunto che l'urbanizzazione della collina è stata realizzata non tenendo conto delle condizioni di equilibrio primario della collina. In alcuni punti si rileva inoltre che i materiali di risulta degli sbancamenti sono stati accumulati sui versanti creando riporti che hanno modificato le pendenze originarie. Alla già naturale predisposizione del versante alla instabilità si sono quindi aggiunte cause artificiali che ne hanno ulteriormente alterato l'equilibrio. A dimostrazione di quanto detto nell'area sono state registrati alcuni eventi franosi in tempi recenti che interessarono la coltre di copertura del Tufo Giallo Napoletano. I meccanismi di frana furono di tipo composto, crollo-colata di terra, e furono favoriti dalla forte imbibizione del terreno dovuto alle notevoli precipitazioni meteoriche avutesi nei giorni precedenti gli eventi. Alcune frane sono state determinate da cause naturali, in quanto dovute a scalzamento al piede dei materiali sciolti causato dal crollo di blocchi di tufo a muro della formazione pozzolanica, per altre la causa della frana era da ricercarsi in un anomalo accumulo di detriti che non solo aveva alterato il profilo naturale, ma aveva anche sovraccaricato il versante. Un interessante esempio di arretramento naturale di una falesia lo si riscontra al parco Virgiliano. Tale area è stata oggetto in tempi recenti di gravi fenomeni di instabilità che hanno interessato l'intero versante

da cala Trentaremi, cala Badessa nonché la ripa di Coroglio. Il costone che si sviluppa con un'altezza complessiva di circa 150m è costituito in massima parte da tufo coperto superiormente da una copertura di piroclastiti sciolte. La morfologia risulta essere in stretta dipendenza dalla natura dei materiali.

In particolare il costone assume pendenze praticamente verticali laddove è presente il tufo, pendenze minori, fino ad un massimo di 45° circa, in corrispondenza della copertura piroclastica. Il differente comportamento delle piroclastiti sciolte e dell'ammasso tufaceo determina la presenza di superfici a diversa pendenza soggette a più o meno intensi processi erosivi i quali producono un'ampia fenomenologia franosa che si espleta in crolli e/o distacchi nei litotipi lapidei o pseudo tali ed in scivolamenti nei litotipi più sciolti o non litificati. L'area, nel suo complesso, è sottoposta ad una serie di processi esogeni piuttosto articolati i cui apporti variano al variare delle modificazioni dei luoghi. Questi processi, correlati con le cause predisponenti intrinseche della roccia in situ (fattori geologici strutturali, dislocazioni tettoniche), hanno dato luogo all'odierno stato dei luoghi. Fattore sicuramente determinante sin dall'inizio dell'innescarsi del processo di regolarizzazione del versante è l'azione abrasiva del mare. A tutt'oggi in alcune aree è ancora significativo l'apporto dovuto ai processi di scalzamento al piede determinato da questa dinamica.

Tale erosione, unitamente ai fenomeni connessi dalle acque meteoriche di infiltrazione, accelera i meccanismi che favoriscono l'instabilità dei vari tronchi di colonne tufacee. La stabilità di questi ultimi è legata all'eventuale resistenza a trazione delle discontinuità che sono destinate a franare quando la risultante delle forze applicate non cade entro la base della colonna stessa (che avviene proprio a causa dei processi erosivi descritti). Per un chiaro esempio di interconnessione tra elementi esogeni e caratteristiche intrinseche dell'ammasso tufaceo si può fare riferimento alla meccanica di innesco della recente frana di Cala Badessa (in prossimità dell'imbocco della costruenda galleria per il condotto fognario). Infatti dallo studio dell'evoluzione morfologica, nel tempo, di punta Annone si è potuto determinare come il continuo scalzamento operato dall'abrasione marina abbia ridotto lo spessore dell'istmo, realizzando in tal modo le condizioni per il crollo del sovrastante sperone tufaceo e conseguentemente della sovrastante copertura piroclastica posta a tetto. Da una visione d'insieme dell'intera ripa tufacea rileviamo che l'apporto determinato da singoli fattori viene a differenziarsi per i singoli siti sia arealmente che sulla verticale. Si ritrova, infatti, che in alcune aree l'effetto abrasivo del mare, che ha avuto un ruolo determinante per il passato, risulta estremamente esiguo a causa del formarsi di barriere naturali (cumuli di frana), viene in tal modo ad evidenziarsi il contributo dovuto all'erosione eolica e alle acque dilavanti. Esempi di ciò li ritroviamo nell'area di Coroglio, dove a causa del naturale stato di fratturazione dei materiali, il vento e l'acqua agiscono mediante erosione differenziata la cui conseguenza è l'isolamento di blocchi ed il successivo rilascio. Forme di dissesto simili le ritroviamo anche a cala Trentaremi e cala Badessa; in particolar modo in quest'ultima si evidenziano cunei rocciosi di rilevanti dimensioni per i quali il distacco dalla parete raggiunge anche alcune decine di centimetri. Si è avuto modo di notare che i fenomeni cinematici innescatisi nella copertura sciolta, a tetto dell'ammasso tufaceo, sono, generalmente, immediatamente successivi ai fenomeni franosi che caratterizzano il costone tufaceo come nel già citato esempio di cala Badessa. Tali fenomenologie rivestono particolare importanza poiché interessano la parte superiore della ripa andando a interessare, in tal modo, le opere presenti come nel caso della frana di Trentaremi, la cui nicchia di distacco lambisce il belvedere panoramico del parco Virgiliano. Nell'area di Trentaremi si ritrova la maggiore manifestazione di modifica del versante ad opera dell'uomo. Questa si concretizza nel notevole cumulo di detrito presente a ridosso dell'area più interna della cala. Lo

spessore dei materiali depositati è, in alcuni punti, anche di alcune decine di metri. Questi sono stati depositati in corrispondenza di un preesistente fosso di erosione venutosi a creare ad opera delle acque superficiali che vi trovano un'area di drenaggio preferenziale.

L'accumulo, che ha una pendenza media di 35-40°, ha modificato l'equilibrio del versante, innescando una serie di processi erosivi evidenziati da nicchie di distacco laterali al cumulo e una parete di neoformazione venutasi a creare ai piedi del versante, a seguito dello scalzamento operato dall'abrasione marina. Le modificazioni morfologiche del versante sudorientale della collina sono da imputarsi quasi esclusivamente all'opera dell'uomo. Infatti le fenomenologie più vistose avvengono laddove vi sono grossi fronti verticali dovuti ad attività estrattiva. Il rischio conseguente a questo particolare tipo di strutture è legato al crollo di piccole porzioni di costone o al franamento delle coltri di copertura del tufo, particolarmente laddove non esiste una buona regimentazione delle acque, oppure quando, a monte, si verificano rotture nei sottoservizi idrici. Un particolare esempio di questa evoluzione morfologica indotta dall'opera dell'uomo è visibile all'imbocco di via Orazio (lato Mergellina). In questo punto vi è un grosso fronte di tufo nel quale si apre l'accesso ad una cavità. Questo accesso è quasi completamente riempito di materiali di riporto, la grotta versa in una situazione statica precaria così come tutto il costone. Esistono diversi altri esempi di fronti di scavo in evoluzione, sulla collina di Posillipo. Onde evitare una elencazione monotona basterà citare il costone a monte della stazione di Mergellina dove i dissesti interessanti il tufo e le coltri di copertura sono facilmente visibili da tutti.

Nella parte alta della collina del Vomero l'andamento morfologico quasi pianeggiante non consente fenomeni di evoluzione morfologica. E' evidente che in questa zona la funzionalità dei sottoservizi idrici è essenziale per la stabilità (a titolo di esempio valga il recente cedimento avvenuto in un fabbricato sito in via Scarlatti a causa della rottura di una condotta), come d'altra parte in tutta la città di Napoli. Rotture di fogne o di acquedotti hanno un immediato riscontro nei cedimenti di strade ed edifici; talvolta questi fenomeni hanno degli effetti molto vistosi come il cedimento di una tribuna dello stadio Collana, la cui causa va ricercata in una grossa infiltrazione d'acqua nei terreni di fondazione. In un siffatto territorio risulta essenziale curare sia la regimentazione delle acque superficiali, ma soprattutto tenere sotto controllo i sistemi idrici di adduzione e scarico che sono i maggiori responsabili, in caso di rottura, dei dissesti che si verificano in questa zona e in tutta la città. I fianchi della collina, liberi da insediamenti abitativi, sono soggetti a vistosi fenomeni di dissesto. La collina di S.Martino, nella zona della Pedamentina, è soggetta a fenomeni di dissesto idrogeologico connessi con una totale assenza di opere di regimentazione delle acque piovane. Dissesti sono pure presenti nelle zone di via Tasso, via A.Falcone, c.so V.Emanuele, etc., riguardanti in particolare vecchi muri di contenimento che si presentano molto degradati dall'erosione eolica o anche strutture di contenimento recenti che mancano, però, di adeguate opere di drenaggio. La zona, oltre ad essere interessata ai dissesti connessi alla presenza di cavità in tufo, è anche interessata alla presenza delle "tane di lapillo", vecchie cave di pomici in sotterraneo, i cui cedimenti repentini causano spesso voragini anche di grosse dimensioni. L'area sud di Capodimonte lambisce il percorso Nord della Salita Moiariello. In tale area i problemi di stabilità della collina sono legati essenzialmente ai suoi versanti in quanto la parte alta, più o meno urbanizzata, è soggetta a tutte quelle fenomenologie legate alla presenza di sottoservizi idrici, di cui si è già parlato. Per quanto riguarda, invece, i versanti, i problemi sono notevoli in quanto i fronti di cava sono nella maggior parte dissestati e soggetti a crolli di massi tufacei di dimensioni anche notevoli. Situazioni di questo genere sono presenti al di sotto della chiesa dell'Incoronata, al di sotto

dell'Osservatorio astronomico, a vico Tronari ai Cristallini, etc.. Il crollo dei materiali tufacei arretrando i costoni coinvolge, ovviamente, anche i materiali sciolti di copertura.

## 6. LITOLOGIA

Nel territorio del comune di Napoli vi è un numero limitato di litotipi ed essi presentano natura essenzialmente vulcanica. Su tutti prevalgono i prodotti flegrei rispetto a quelli vesuviani la cui presenza è limitata quasi esclusivamente all'area orientale della città. Questo andamento litologico può essere riassunto dividendo i prodotti in tre categorie:

- Lave;
- prodotti piroclastici;
- alluvioni.

I prodotti piroclastici vanno a loro volta suddivisi in:

- piroclastiti lapidee;
- piroclastiti sciolte.

### Lave

Nell'area di Napoli la presenza di lave è rara. Mancano del tutto le lave vesuviane, tranne la zona orientale, mentre lave di origine flegrea sono presenti, in affioramento, solo in due punti della città. Il primo affioramento è visibile alla base del M.te Spina, all'incrocio fra via Agnano agli Astroni e via Scarfoglio, il secondo all'interno del vulcano degli Astroni in località Caprara. Ma più che per gli affioramenti visibili queste lave sono importanti per gli ammassi esistenti al di sotto dei prodotti affioranti e che sono state rinvenute o nel corso di lavori in sotterraneo, o in occasione di trivellazioni di pozzi. Le segnalazioni riguardanti questi prodotti ci vengono dai lavori per lo scavo della direttissima Napoli Roma; dai lavori per il tunnel della Circumflegrea che incontrò una cupola lavica al di sotto della collina del Vomero; dai lavori per lo scavo di un collettore fognario in p.zza Amedeo; dai lavori per lo scavo di due collettori fognari, emissari di Cuma e Coroglio, che incontrarono una massa lavica al di sotto della collina di Posillipo. Segnalazioni recenti provengono dalla collina dei Camaldoli dove, in località Calori di Sopra, ad una quota di 190 m dal piano campagna fu individuata, durante lo scavo di un pozzo, una massa lavica che fu perforata per oltre 50 m; inoltre dal costruendo tunnel per il raddoppio della ferrovia Circumflegrea, al di sotto della collina del Vomero. Da un punto di vista pratico queste lave, di natura trachitica, non rivestono alcuna importanza in quanto, tranne l'affioramento di M.te Spina, non sono state soggette a coltivazione. E' evidente, però, che rivestono importanza sia da un punto di vista litologico che vulcanologico in quanto aiutano a delineare l'evoluzione dei Campi Flegrei. Le caratteristiche meccaniche di queste lave possono essere riassunte come segue: - Peso specifico apparente medio = 2,5 t/m<sup>3</sup>; - Resistenza media allo schiacciamento ad espansione laterale libera = 1600 Kg/cm<sup>2</sup>



## PIROCLASTI LITOIDI

I prodotti piroclastici litoidi vengono suddivisi in differenti unità litologiche:

### Tufo Grigio

È una piroclastite di colore grigiastro a matrice cineritica, nella massa vi è presenza di pomici e di piccole scorie laviche. Spesso lo si rinviene anche in facies giallastra o grigio giallastra. È generalmente ben cementato, ma non mancano casi in cui la cementazione è molto debole tanto che nei sondaggi viene scambiato per una piroclastite sciolta. Nell'area di Napoli non è presente in affioramento, tranne che in facies giallastra nella zona dei ponti Rossi, in quanto si trova sepolta dai prodotti posteriori della caldera flegrea. È, geneticamente, associato ad una grossa eruzione esplosiva dei Campi Flegrei, che emise una grande quantità di ceneri tanto che la formazione la si ritrova in tutta la piana Campana e in molti punti dell'Appennino casertano, beneventano e avellinese, nonché sulla penisola sorrentina. È stato utilizzato, in passato, come materiale da costruzione nelle zone in cui affiora (Casertano, Angri, Sorrento, Beneventano, etc). Ha caratteristiche meccaniche molto variabili a seconda del luogo di affioramento. Infatti in alcuni punti si ritrova ben litificato, in altri presenta una debole cementazione. Mediamente le caratteristiche meccaniche possono essere riassunte come segue:

- Resistenza allo schiacciamento ad espansione laterale libera 25-60 Kg/cm<sup>2</sup>;
- Peso specifico apparente 1,20 -1,60 t/m<sup>3</sup>.

### Tufo Giallo Napoletano

Il Tufo Giallo Napoletano è il prodotto vulcanico più rappresentativo della litologia urbana. Infatti gli affioramenti si rinvengono un po' dappertutto sulle aree collinari e ai bordi di queste, tanto da costituire il basamento della città. Si tratta di una piroclastite, ovvero una roccia formata per deposizione di ceneri, pomici e frammenti litici a seguito di una eruzione vulcanica. Il Tufo Giallo Napoletano è una roccia a matrice prevalente. La frazione ghiaiosa è rappresentata da pomici, spesso degradate, e da frammenti litici di origine lavica a composizione prevalentemente trachitico-latitica e subordinatamente alcalin-trachitico e trachibasaltico. Generalmente la roccia si presenta di colore giallo paglierino più o meno intenso, a seconda della varietà, è scalfibile con un'unghia tranne che in alcuni tipi più duri dove la scalfittura può avvenire solo tramite una punta d'acciaio. Per poter inquadrare la roccia e comprendere i motivi dell'ampio utilizzo che se ne è fatto a Napoli nel corso dei secoli bisogna definire le seguenti caratteristiche:

- resistenza meccanica;
- densità; - lavorabilità;
- resistenza agli agenti atmosferici;
- capacità di legare con le malte.

**La resistenza meccanica** nelle varietà normali del Tufo Giallo Napoletano è, come già accennato, scalfibile con un'unghia, ciononostante la resistenza allo schiacciamento, che è il parametro che definisce la capacità di una roccia a resistere a dei carichi, è sufficientemente alto per poter permetterne l'utilizzo. Questo parametro è molto variabile da varietà a varietà

anche nell'ambito dello stesso giacimento tanto che fra i cavaatori napoletani vi era il detto "la pietra muta da palmo a palmo". Nelle varietà più scadenti la resistenza allo schiacciamento si aggira intorno ai 20 Kg/cm<sup>2</sup> per arrivare a circa 175 Kg/cm<sup>2</sup> in quelle più resistenti. Il valore medio si aggira sui 50 Kg/cm<sup>2</sup>. Per essere utilizzata la pietra deve avere una resistenza di almeno 30 Kg/cm<sup>2</sup> in quanto le varietà più scadenti possono dare luogo, nel tempo, a fenomeni di schiacciamento con conseguente rottura dei conci e quindi compromissione dell'opera realizzata. Anche il Tufo Giallo Napoletano, come tutte le rocce, se ridotto in forma di lastre offre una resistenza maggiore rispetto al concio.

**La Densità** il Tufo Giallo Napoletano è una roccia molto porosa, questa porosità gli deriva oltre che dai vuoti intergranulari dalla presenza di pomici molto soffiate che normalmente hanno una densità inferiore a quella dell'acqua. Da ciò la roccia si presenta leggera con un peso di volume variabile da 1,1 a 1,4 t/m<sup>3</sup> anche se in genere il l'intervallo di variabilità è più ristretto mantenendosi tra 1,2 e 1,3 t/ m<sup>3</sup>.

**La degradazione chimico-fisica:** per la sua scalfibilità il Tufo Giallo Napoletano è facilmente attaccabile dai fattori fisici quali pioggia e vento. Non è infrequente, infatti, vedere nelle pareti esposte, in particolare verso il mare, degli incavi di erosione ad andamento concoide che isolano dei picchi sporgenti di maggiore resistenza o degli inclusi lavici che sporgono dalla massa tufacea. Come nel caso della resistenza allo schiacciamento anche quelle all'erosione varia da tipo a tipo di tufo e nell'ambito dello stesso giacimento da posto a posto, infatti in alcune pareti la differente erodibilità da luogo a rientranze e sporgenze che danno l'impressione di una stratificazione. La roccia presenta una composizione chimica tale da non poter essere soggetta né ad ossidazione né ad idratazione. Da ciò non sono possibili fenomeni di rigonfiamento o comunque di degradazione chimica. L'unica trasformazione possibile è quella della magnetite ad ematite, ma data la scarsa presenza di questo minerale questo fattore è del tutto ininfluenza.

**L'aderenza con le malte:** L'aderenza delle malte con il Tufo Giallo Napoletano è facilitata dalla porosità della roccia in quanto il grassello di calce si insinua nei pori andando ad aumentare la superficie d'azione del legante. Inoltre, come è noto, il processo di indurimento e presa della calce consiste nella trasformazione dell'idrossido di calcio (calce spenta) in carbonato di calcio. La scabrosità e la porosità esistente nella roccia aumentano la superficie di contatto facilitando il processo chimico. Nella pratica due conci di tufo legati con calce, una volta avvenuto l'indurimento, costituiscono un tutt'uno.

Il Tufo Giallo Napoletano oltre a costituire il litotipo più diffuso nell'area napoletana, è importante per l'uso che se ne è fatto nel corso dei secoli come materiale da costruzione. Da ciò risulta necessario addentrarci nelle sue varietà così come erano viste dai cavaatori, evitando l'errore di considerarlo omogeneo. Il Tufo Giallo Napoletano varia notevolmente da sito a sito e nell'ambito dello stesso giacimento. Queste variazioni, sia verticali che laterali, non sono mai nette, bensì sfumate, passando da una varietà all'altra dolcemente. Questo fa sì che un occhio inesperto difficilmente si avvede delle variazioni nella parete tufacea ed è portato a considerare tutto il banco omogeneo. La valutazione qualitativa di un banco tufaceo oggi non riveste più l'importanza economica di una volta, ma resta comunque necessario saper riconoscere le variazioni all'interno del banco per poter valutare il grado di stabilità di un fronte di cava o di una cavità in tufo, data la grande diffusione di questo tipo di strutture nel tessuto urbano della città. Oggi, tranne pochi tecnici, non vi sono persone capaci di distinguere le varietà di tufo senza ricorrere a prove di laboratorio, ma sicuramente non vi è più nessuno capace di dargli le denominazioni usate dai cavaatori d'altri tempi che usavano distinguere il tufo con nomi che in qualche modo richiamavano le

qualità, o i difetti, o gli inclusi presenti all'interno della massa. Di seguito si riportano, utilizzando le antiche denominazioni, i principali tipi di tufo specificandone le caratteristiche tecniche e per alcuni tipi la probabile collocazione stratigrafica. t/m3.

### Tufo Arenoso

Il nome gli deriva dalla matrice cineritica a granulometria prevalentemente sabbiosa. Di colore grigio giallastro ha l'aspetto di una puddinga, le pomici si presentano arrotondate e poco degradate. Generalmente lo si rinviene al di sotto del "mappamonte", o dove questo manca, direttamente a contatto con le piroclastiti sciolte di copertura. Utilizzato come pietra da costruzione ha una densità apparente media di 1,26t/m<sup>3</sup> e una resistenza media allo schiacciamento di 20 Kg/cm<sup>2</sup>. Si presta alla costruzione di strutture poco impegnative

### Cima di Monte

Con questo nome si definisce il tufo immediatamente al di sotto del "mappamonte" per cui il tufo arenoso può essere cima di monte. Ma in genere con questo nome si indicava una varietà di tufo a matrice cineritica ricca di pomici arrotondate grigio scure. Utilizzato come pietra da costruzione ha una densità apparente media di 1,35 t/m<sup>3</sup> e una resistenza allo schiacciamento di 25 Kg/cm<sup>2</sup>. Questa varietà contempla una sottovarietà scarsamente resistente che veniva detta "cima di monte fradicia".

### Tufo Selvaiolo

Varietà che si rinviene nella parte alta della massa tufacea. Di colore giallo pallido, più chiara del tufo comune, è diffusa alle Fontanelle, Piedigrotta e Coroglio. La massa cineritica è ricca di pomici poco degradate e di forma irregolare. Utilizzata come pietra da costruzione ha una densità apparente media di 1,26 t/m<sup>3</sup> e una resistenza media allo schiacciamento di 30 Kg/cm<sup>2</sup>.

### Tufo Duro

Anche questa varietà si rinviene nella parte alta della massa. Di colore giallo paglierino ha la massa cineritica a granulometria prevalentemente sabbiosa. E' ricca di piccole pomici arrotondate.

### Pietra Tosta

Simile al precedente, di cui è una sottovarietà, si differenzia per la presenza nella massa di piccoli frammenti ossidianici e per una resistenza media allo schiacciamento notevolmente superiore, 98 Kg/cm<sup>2</sup>. La densità apparente è di 1,45 t/m<sup>3</sup>.

### Tufo Comune Fino

E' il tufo giallo per antonomasia, cioè quello più usato in edilizia. La massa cineritica ha una granulometria fine ma non manca la frazione sabbiosa. Le pomici presenti sono di forma irregolare raramente arrotondate. Ha una densità apparente media di 1,21 t/m<sup>3</sup> e una resistenza allo schiacciamento di 35 Kg/cm<sup>2</sup>.

### Tufo Comune Molle

Presente nella massa delle due varietà precedenti si differenzia per la matrice grossolana, sabbia grossa, e per una scarsa cementazione. Scarsamente utilizzato in edilizia, solo in murature a sacco, per le scarse caratteristiche meccaniche. Densità apparente media 1,20 t/m<sup>3</sup>, resistenza allo schiacciamento 16 Kg/cm<sup>2</sup>.

### Tufo Biancolillo

Con caratteristiche meccaniche e fisiche simili al tufo giallo fino, si discosta da questa varietà per il colore più chiaro e per una matrice a granulometria più sottile. Tufo turranello Questa varietà si presenta povera in pomici di grosse dimensioni mentre vi si trovano piccole pomici arrotondate che fanno somigliare il tutto al torrone, da ciò il nome. Resistenza media allo schiacciamento 27 Kg/cm<sup>2</sup> densità apparente media 1,21 t/m<sup>3</sup>.

### Tufo Pomicioso

Il nome ne indica la caratteristica principale cioè la ricchezza in pomici che lo rende molto fragile. Densità media apparente 1,11 t/m<sup>3</sup>, resistenza media allo schiacciamento 20 Kg/cm<sup>2</sup>.

## Tufo Giallo Stratificato

A prima vista si presenta molto simile al Tufo Giallo Napoletano, in realtà si differenzia per la grande quantità di pomici e scorie presenti all'interno della massa che conferiscono all'insieme una netta stratificazione. A Napoli lo si trova in affioramento a Nisida, Coroglio e Trentaremi nonché alla base della collina di Posillipo, lato Fuorigrotta, dove è stato interessato dallo scavo di tunnel a servizio di uno stabilimento militare; nell'area di parco Grifeo e di parco Margherita. A differenza del Tufo Giallo Napoletano presenta spesso una scarsa cementazione e una densità più elevata, che lo rende inidoneo a qualsiasi tipo di applicazione pratica. Non si conoscono le caratteristiche meccaniche, ciò è dovuto al fatto che quando è stato utilizzato è stato confuso col tufo giallo napoletano.

## Piroclastiti Sciolte

Le piroclastiti sciolte, presenti sul territorio di Napoli, sono dei materiali di origine vulcanica, dovuti ad eruzioni di tipo esplosivo, la cui granulometria varia, generalmente tra 5 mm e 0,05 mm. La frazione più grossa, 5 mm, è costituita generalmente da pomici che si rinvencono sotto forma di banchi e/o lenti di varia grandezza e spessore. Molto più diffusi sono i depositi a granulometria inferiore contenenti solo frammenti di dimensioni più grosse. Da ciò divideremo le piroclastiti sciolte in due formazioni, Pomici e Pozzolane.

## Pomici

Le pomici sono brandelli di lava molto soffiati, leggeri e porosi, con una struttura essenzialmente vetrosa. Quelle presenti nell'area di Napoli hanno dimensioni che raramente superano il centimetro. Si rinvencono in strati dallo spessore variabile da pochi cm fino a circa 2 m. Questi materiali sono stati molto usati, in passato, per la costruzione di solai battuti "battuto di lapillo". Queste strutture erano realizzate mischiando le pomici con grassello di malta, quindi gettate in opera e battute fino ad ottenere un solaio che aveva una spiccata caratteristica di leggerezza.

## Pozzolana

Con questo termine a Napoli si definiscono le piroclastiti sciolte, a tetto del Tufo Giallo Napoletano, che hanno una granulometria compresa fra le sabbie e i limi. Esse ammantano tutta l'area cittadina, costituendo la maggior parte dei terreni affioranti. Rivestono una grande importanza, da un punto di vista tecnico, in quanto costituiscono il substrato fondale di buona parte degli edifici esistenti sul territorio cittadino. Inoltre è da tenere presente una caratteristica peculiare delle pozzolane, cioè quella di avere una reattività idraulica se mischiate con calce idrata o con cemento, cioè hanno la capacità di reagire, cementandosi, anche se immerse in acqua.

Questa proprietà, che era conosciuta già all'epoca di Roma, viene detta "proprietà pozzolanica". Oggi questi materiali vengono utilizzati per produrre i cementi idraulici che vengono detti "cementi pozzolanici". Data l'importanza di questi terreni è opportuno approfondirne gli aspetti tecnici. Le pozzolane hanno una granulometria non omogenea che va dalla sabbia limosa al limo sabbioso. Vi è anche presenza di una piccola componente ghiaiosa costituita da pomici e in subordine da piccoli frammenti litici. I granuli hanno una superficie molto irregolare, scabrosa. Questa irregolarità fa sì che la massa dei granuli, una volta depositati, si incastrino in maniera tale da dare alla massa una coesione che gli consente di reggere fronti di scavo quasi verticali. Questa coesione viene detta "apparente" in quanto se questi materiali vengono saturati d'acqua questa proprietà viene a mancare. Questo fatto fa sì che in caso di perdite d'acqua nei sottoservizi cittadini gli edifici, prossimi alla perdita, se fondati su pozzolane vanno soggetti a cedimenti a volte anche notevoli. Questo fatto può essere spiegato con un aumento della pressione interstiziale, dovuta all'acqua, che tende a far assumere alle particelle una configurazione con minori spazi interstiziali, con una conseguente diminuzione di volume che si esplica con cedimenti fondali. Il meccanismo di deposizione delle pozzolane comporta che all'interno di questa formazione le caratteristiche meccaniche varino con la profondità. Queste variazioni sono legate alle caratteristiche granulometriche, all'alterazione subita dopo la messa in posto, alla porosità, al grado di addensamento. I valori meccanici quindi variano al variare della profondità, con un andamento molto irregolare che alterna pozzolane con caratteristiche meccaniche elevate con pozzolane con caratteristiche basse. Molto accentuate sono anche le variazioni laterali. Dall'analisi di numerose prove di laboratorio effettuate su questi materiali si possono riassumere le seguenti caratteristiche: - granulometria: da sabbia limosa a limo sabbioso; - angolo di attrito interno: da 30° a 38°; - coesione: mediamente 0,25 Kg/cm<sup>2</sup>; - porosità: mediamente 25%; - peso specifico apparente: mediamente 1,4

t/m3. Queste caratteristiche fanno sì che le Pozzolane vengano classificate come buoni terreni di fondazione.

## 7. INDAGINI PREGRESSE E BIBLIOGRAFIA

Per la redazione di questo studio (PRIMA FASE) ci si è rifatti alle indagini geologiche effettuate dal Comune di Napoli per l'adeguamento del piano regolatore alla Legge Regionale 07 gennaio 1983 n° 9. Il Comitato Scientifico, che ha presieduto i lavori per l'attuazione della Legge 9/83, ha curato la redazione di una carta geolitologica, di una carta idrogeologica, di una carta della stabilità e di una carta della zonazione del territorio in prospettiva sismica. A questi documenti è stata aggiunta, date le peculiarità del territorio cittadino, una carta con l'ubicazione di tutte le cavità conosciute. Queste carte tematiche sono state elaborate utilizzando dati esistenti in letteratura, dati in possesso degli uffici comunali. Al fine di poter correlare i dati esistenti, integrandoli in una visione scientifica più moderna sono state effettuate una serie di indagini geognostiche, geotecniche, idrogeologiche, ricerca cavità e sismiche come appresso riportate:

81 perforazioni a carotaggio continuo;

21 perforazioni a distruzione di nucleo, nel corso dei quali sono state eseguite n° 671 prove penetrometriche dinamiche tipo SPT e sono stati prelevati n°630 campioni indisturbati e n° 212 spezzoni di "carote".

Sui campioni, opportunamente selezionati, sono state eseguite n° 3712 prove e determinazioni geotecniche di laboratorio.

Per la esecuzione delle indagini geofisiche e idrologiche n° 83 perforazioni sono state condizionate con tubo in PVC per prova sismica in foro e n° 19 con piezometro a tubo aperto. 62 prove penetrometriche statiche con punta elettrica di cui 14 con piezocono. 70 prove sismiche in foro di cui 57 del tipo "down-hole" e 13 del tipo cross.hole.

Inoltre 116 stendimenti sismici a rifrazione. 18 profili sismici marini a riflessione. 20 pozzi per scopo idrogeologico che insieme ai 19 piezometri di nuova perforazione ed ai punti d'acqua rinvenuti sul territorio opportunamente selezionati, formano una rete di controllo di 98 punti totali che sono stati livellati topograficamente mediante 152 Km di battute. Su 251 campioni d'acqua prelevati sono state eseguite analisi di laboratorio. 100 sondaggi elettrici verticali per scopo idrogeologico. Sono state inoltre

rilevate 46 cavità con accesso a mare per una superficie di 9.711 m<sup>2</sup> e 85 cavità nel centro per una superficie di 23.821 m<sup>2</sup>. Queste cavità, fino al momento del rilievo, o erano del tutto sconosciute o non erano mai state esplorate. Appresso passeremo a descrivere la geologia, la situazione geotecnica, l'idrogeologia, le cavità, la stabilità e il rischio sismico rifacendoci agli elaborati sopra citati cercando di dare un quadro complessivo. Eventuali approfondimenti possono essere fatti consultando gli elaborati originali delle indagini effettuate che sono consultabili presso il Comune di Napoli.

## 8. CARTA GEOLITOLOGICA

La carta geolitologica è stata redatta in base ad un rilievo di campagna, su base cartografica 1:4.000, e in base alle risultanze delle indagini geotecniche prima citate. Da essa sono estrapolati i litotipi di nostro interesse che appresso si riportano:

### **Litotipo 1 - Materiale di riporto ed accumulo antropico, scavato di cava.**

Questo litotipo è diffuso su quasi tutto il territorio cittadino, gli spessori maggiori si rinvencono laddove maggiore è stata l'attività antropica. E' costituito da materiali molto eterogenei quali frammenti di tufo, laterizi, pozzolane miste a materiali di scarto ecc. Gli spessori più consistenti si rinvencono nelle zone di colmata. Lo spessore più consistente è stato rinvenuto, tramite sondaggio, alle spalle del cimitero di Poggioreale, 18 m, mentre a P.zza Cavour è stato trovato uno spessore di 16 m. Generalmente questi materiali raramente superano i 2 metri di spessore. Per la sua scarsa consistenza e per la presenza di residui organici ha una scarsissima resistenza meccanica.

### **Litotipo 2 - Depositi eluviali, colluviali e torrentizi, detriti di versante e cumuli di frana caratterizzati da alto grado di rimaneggiamento.**

Questo litotipo comprende tutti i terreni rimaneggiati dagli agenti atmosferici e che hanno subito un trasporto ad opera delle acque di ruscellamento. Questo litotipo è rilevabile sia in superficie che in profondità, in questo secondo caso funge da separazione tra litotipi diversi. In questo litotipo sono stati compresi anche i suoli e i paleosuoli sebbene questi terreni non sono necessariamente interessati da trasporto ad opera delle acque dilavanti. La granulometria di questi materiali è generalmente compresa tra il limo sabbioso argilloso e la sabbia con limo ghiaiosa. Dalle analisi su campioni di questi materiali è risultato un  $\gamma$  (peso di volume apparente) oscillante fra 1 e 1,5 t/m<sup>3</sup> mentre l'angolo di attrito interno variabile tra i 30° e i 40°. La coesione varia tra 0 e 1,0 Kg/cm<sup>2</sup>. Dalle prove edometriche si è potuto



constatare che questi terreni mostrano una deformabilità abbastanza elevata infatti il modulo Eed è compreso tra i 30 e gli 80 Kg/cm<sup>2</sup>. Dalle prove penetrometriche statiche sono risultati valori di rottura alla punta Rp compresi tra 10 e 150 Kg/cm<sup>2</sup>, mentre dalle prove dinamiche, SPT, valori Nt compresi tra 5 e 30 colpi. Da entrambe le prove si è potuto constatare che i valori non sono influenzati dalla profondità. La grande variabilità dei valori meccanici non consente di poter dare, seppure approssimativamente, dei valori meccanici medi. Questo litotipo è riscontrabile su tutta l'area cittadina con spessore dei depositi variabili da frazioni di metro fino a qualche decina di metri; molto spesso è intercalato, con varia potenza, fra depositi diversi. La maggiore continuità laterale di questo deposito si riscontra sui bassi strutturali ( Arenaccia, Ponticelli, ecc.).

**Litotipo 15b e 15c - Formazione del Tufo Giallo Napoletano ( c ) facies litoide zeolitizzata di colore giallo; ( b ) facies da semilitoide ad incoerente, poco o non zeolitizzata di colore grigio.**

Questi litotipi rappresentano il Tufo Giallo Napoletano nella facies litoide (15c) e nella fase semilitoide e incoerente (15b). Il Tufo Giallo Napoletano è una piroclastite a matrice cineritica prevalente contenente pomici di colore grigio o giallo se alterate, frammenti lavici e, in alcune zone, frammenti di tufo verde. Questa unità può essere considerata a giusta ragione il basamento della città di Napoli. Si rinviene in tutta l'area collinare da Posillipo ai Camaldoli, dal Vomero al Centro Storico. Verso est diventa più significativa la facies semilitoide grigia come pure a nord (Poggioreale, Ponti Rossi, Scampia). Nell'area flegrea il Tufo Giallo Napoletano si rinviene sui bordi della collina di Posillipo e sui bordi orientali e settentrionali delle piane di Soccavo e Pianura. In queste zone l'andamento del tufo è molto variabile con generale immersione verso occidente. I dati stratigrafici e morfologici indicano che questa formazione si è depositata su una morfologia molto complessa formata da coni vulcanici, cupole laviche, falesie e spiagge. I valori meccanici, riassumibili nella facies litoide ( c ), con la resistenza allo schiacciamento uniassiale, ci danno valori compresi fra 15 e 170 Kg/cm<sup>2</sup>. I valori medi si attestano sui 50 Kg/cm<sup>2</sup>. La facies semilitoide grigia ha valori meccanici simili alle altre piroclastiti napoletane con le quali è molto spesso confusa.

**Litotipo 16 - Lave. Il litotipo comprende le lave vesuviane, costituite da varie colate laviche prevalentemente a leucite, e la cupola lavica di Montesanto.**

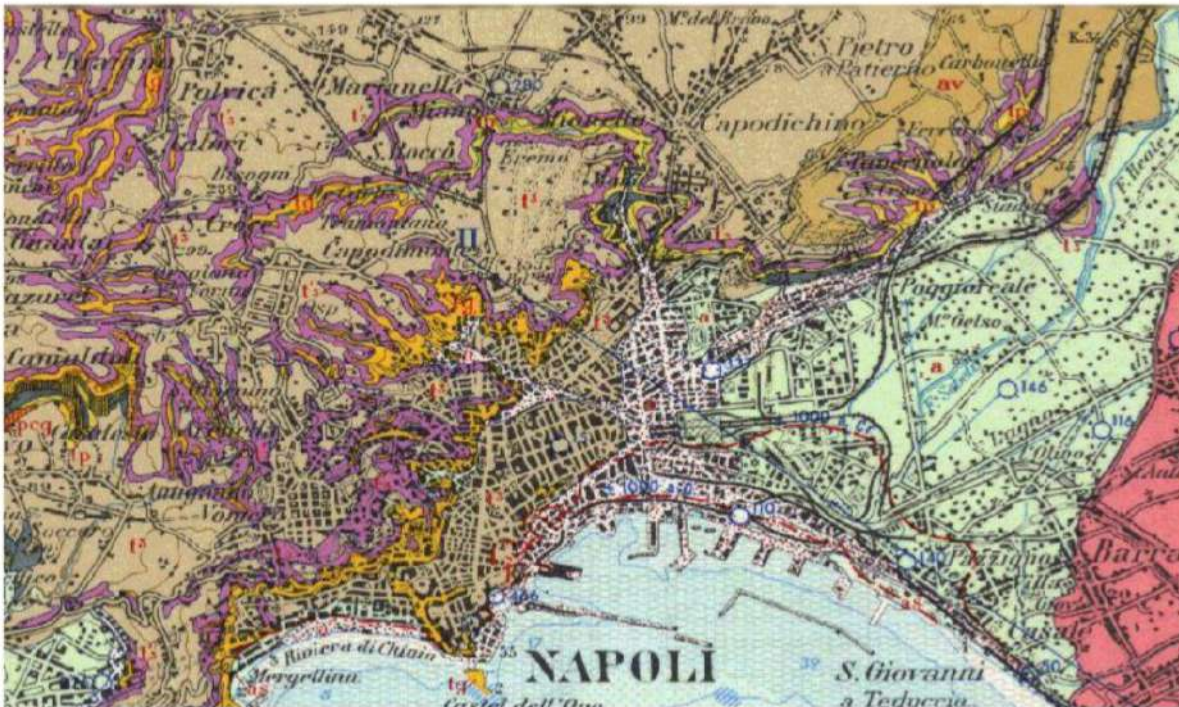
Si rinvengono nel sottosuolo in funzione del meccanismo deposizionale e presentano una composizione petrografica generalmente tefritica con fenocristalli di leucite e pirosseno. La cupola lavica di Montesanto, incontrata durante lo scavo della linea ferroviaria direttissima RomaNapoli e della

Circunflegrea nella tratta “Piave Montesanto” presenta, invece, composizione trachitica con fenocristalli di sanidino. Per una caratterizzazione meccanica si dispone di solo due provini di lava vesuviana che hanno fornito una resistenza allo schiacciamento di 575 e 444 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Litotipo 17 - Tufi antichi. Comprendono i “Tufi Antichi” della “Serie Urbana” e quelli del Somma Vesuvio. Sono costituiti da intercalazioni di tufi litoidi e semilitoidi e cineriti, stratificati e massivi, associati localmente a brecce.**

A questa serie appartengono i tufi stratificati sottostanti il Tufo Giallo Napoletano che affiorano nell’area del Parco Grifeo, Parco Margherita, Gerolomini, Veterinaria, lungo i costoni della collina dei Camaldoli e di Posillipo (Coroglio, Punta del Cavallo, Arsenale Esercito). Sono inoltre compresi i tufi emessi durante l’attività antica del Somma Vesuvio prima del Tufo Vesuviano (litotipo 14) e rinvenibili nell’area orientale. Queste formazioni tufacee hanno caratteri molto variabili che dipendono dall’elevato numero di unità eruttive che le compongono. Si tratta di prodotti di diversi centri eruttivi localizzati prevalentemente in città e aventi un’età compresa tra 11.000 (Tufo Giallo Napoletano ) e 30-35.000 anni (Ignimbrite Campana) che costituiscono l’ossatura più profonda delle parti collinari del territorio comunale. Nell’area orientale questo litotipo è rappresentato da piroclastiti addensate, cineriti e tufi, ad andamento laterale discontinuo, intercalati a lave (litotipo 16) e paleosuoli. I dati tecnici disponibili interessano solo la parte semilitoide ed incoerente dove le prove SPT hanno dato valori di NSPT maggiori di 50. Gli altri valori, granulometria, angolo di attrito interno, ecc., sono in linea con quelli delle altre piroclastiti.

Geologicamente, la città di Napoli ricade nel Foglio 187 (Napoli) della Carta Geologica d’Italia a scala 1:100.000. di cui di seguito si riporta lo stralcio



## 9. IDROGEOLOGIA

Di seguito si riportano i principali lineamenti idrogeologici della città di Napoli ricordando che il riferimento sono le indagini per l'adeguamento del PRG alla Legge Regionale n° 9 del 7/1/83 alle quali si rimanda per eventuali approfondimenti. Nell'ambito delle indagini sopra citate sono stati individuati, nell'area napoletana, nove complessi idrogeologici: Complesso clastico di deposizione continentale e costiera; Complesso clastico di deposizione continentale e costiera sepolto; Complesso delle piroclastiti vesuviane ed indifferenziate flegree; Complesso piroclastico dell'area flegrea; Complesso del tufo vesuviano; Complesso tufaceo principale; Complesso delle lave; Complesso ignimbrico e della Breccia Museo; Complesso piroclastico antico. Di questi complessi sono state considerate le caratteristiche litologiche, cronostratigrafiche, geologiche ed idrodinamiche dei vari litotipi. Nonostante le notevoli eteropie connesse alla natura vulcanica della maggior parte dei terreni presenti, lo schema proposto ha permesso di ricostruire i caratteri generali che condizionano la circolazione e l'accumulo dell'acqua sotterranea.

### **Complesso clastico di deposizione continentale e costiera**

In questo complesso sono raggruppati tutti i sedimenti continentali recenti ed attuali, gli accumuli di origine antropica e i depositi recenti di ambiente litorale. In particolare ci si riferisce alle seguenti unità litologiche:

- Materiale di riporto ed accumulo antropico, scavato di cava;
- Depositi eluviali, colluviali e torrentizi, detriti di versante e cumuli di frana, caratterizzati da alto grado di rimaneggiamento;
- Sabbie e limi di ambiente litorale attuale e recente;
- Depositi fluvio lacustri e palustri, costituiti da intercalazioni di sabbie, limi e livelli torbosi.

Questi terreni sono abbastanza diffusi nel territorio comunale ricoprendo una superficie totale di circa 36 Km<sup>2</sup>. Sono sovrapposti ai depositi piroclastici e/o tufacei, con spessori variabili da qualche metro fino ad oltre 40 metri (piana costiera orientale). I materiali di riporto e di accumulo artificiale si trovano un po' ovunque, in particolare modo nelle aree densamente urbanizzate, in stretta relazione con i vari interventi di natura antropica estesi su gran parte del territorio comunale.. Notevoli spessori di riporto e colmate sono presenti nella zona portuale ed in quella del lungomare cittadino sulla quale è situata la Villa Comunale e via Caracciolo. I depositi eluvio-colluviali e torrentizi, detriti di versante e cumuli di frana sono rinvenibili nelle aree di versante ed in prossimità delle principali aste torrentizie, mentre i depositi fluvio lacustri e palustri (limi e sabbie con livelli torbosi) sono rilevabili nel settore orientale della piana di Agnano, nel settore meridionale di Fuorigrotta e, nell'area orientale, tra piazza Nazionale e Barra Ponticelli, con forti ispessimenti in prossimità del Centro Direzionale. Anche le piane crateriche risultano caratterizzate dall'accumulo di depositi alluvionali, torrentizi e colluviali. I depositi sopra descritti sono spesso caratterizzati da una stratificazione lenticolare con frequenti variazioni granulometriche sia in verticale che lateralmente. Di conseguenza nell'ambito degli stessi terreni si riscontrano condizioni di trasmissività alquanto eterogenee, con un grado di permeabilità variabile da elevato a scarso, in funzione della litologia e granulometria dei depositi. Tuttavia, nel suo insieme, questo complesso può essere definito mediamente permeabile per porosità. I valori medi di trasmissività (T) variano tra  $1,26 \times 10^{-2}$  e  $1,54 \times 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/sec mentre quelli di permeabilità tra  $2 \times 10^{-4}$  e  $6 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/sec.

I depositi appartenenti a questo complesso possono essere sede di circolazione idrica sotterranea localmente anche consistente. A causa della sostanziale caoticità che caratterizza la giacitura di questi

depositi, con intercalazioni lenticolari di litotipi a differente permeabilità, localmente può essere presente una parziale stratificazione della falda. Acquiferi superficiali e discontinui possono infine essere presenti nelle aree più elevate topograficamente in corrispondenza di locali lembi detritici o alluvionali compartimentati dai depositi cineritici e/o tufacei a bassa permeabilità. Queste caratteristiche richiedono sempre verifiche di carattere piezometrico in prospettiva sismica per il fenomeno della liquefazione.

### **Complesso clastico di deposizione continentale e costiera sepolto**

Ad eccezione degli accumuli di origine antropica comprende, sostanzialmente, gli stessi terreni del complesso descritto in precedenza dal quale si differenzia per età e posizione stratigrafica. Infatti questi depositi costituiti essenzialmente da sabbie, sabbie limose e limi depositatisi in ambiente marino e costiero e da depositi fluvio-lacustri e palustri, sono di età più antica (fino a circa 20.000 anni dal presente) e sono rinvenibili solo in profondità al di sotto dei depositi più recenti. I terreni appartenenti a questo complesso sono rinvenibili su quasi tutto il territorio cittadino esclusivamente in sondaggi e a profondità molto variabili a seconda delle condizioni paleoambientali dell'area. Come già citato nel capitolo precedente livelli di sabbie di ambiente costiero si rinvengono anche al di sotto del Tufo Giallo Napoletano e dell'Ignimbrite Campana. I terreni appartenenti a questo complesso hanno una permeabilità per porosità definibile come media. Vi sono tuttavia notevoli variazioni sia orizzontali che verticali che sono funzione della granulometria e del grado di diagenesi dei depositi. In generale questo complesso può costituire singolarmente o associato ad altre formazioni contigue, acquiferi dotati anche di buona produttività.

### **Complesso delle piroclastiti vesuviane ed indifferenziate flegree**

Questo complesso comprende tutti i depositi piroclastici riferibili all'attività vulcanica vesuviana e tutti i prodotti distali indifferenziati delle eruzioni recenti dei Campi Flegrei (810.000 - 3.750 anni dal presente). Tratta si in particolare delle seguenti unità litologiche:

- Ceneri stratificate con rare pomice bianche appartenenti all'eruzione vesuviana del 79 d.C. ;
- Cineriti stratificate di colore biancastro contenenti pomice e frammenti litici, appartenenti all'eruzione vesuviana detta "di Avellino";
- Intercalazioni di livelli di ceneri, pomice e paleosuoli (Tephra indifferenziati) depositatisi essenzialmente per caduta distale dei prodotti delle eruzioni recenti dei Campi Flegrei .

Questi depositi risultano molto diffusi nel territorio del Comune di Napoli ricoprendo una superficie di circa 68 Km<sup>2</sup>. Le ceneri e le cineriti vesuviane si rinvengono in affioramenti pressoché continui nella

parte orientale del territorio comunale fino a Capodichino con spessori che variano da alcuni decimetri (aree distali) fino ad una decina di metri.

La permeabilità d'insieme del complesso è per porosità e si attesta su valori bassi e medio bassi. Nei settori morfologicamente più depressi questo complesso può essere sede di circolazione acquifera anche se in forma discontinua e molto localizzata.

### **Complesso del tufo vesuviano**

Questo complesso comprende i terreni della formazione del tufo vesuviano di S.Giovanni di età compresa tra i 4.000 e gli 11.000 anni dal presente. Questa unità litologica è messa in relazione ad una eruzione di carattere esplosivo del Vesuvio e comprende una facies semilitoide, poco zeolitizzata, che caratterizza le parti alte e basse del deposito e una facies più litoide rinvenibile nel nucleo della formazione. Questa unità non affiora in nessun punto del territorio comunale ed è rinvenibile solo nei sondaggi in tutta l'area orientale ad una profondità variabile dai 10 ai 15 m dal piano campagna. La potenza della formazione varia dai 30 ai 40 metri. Dal punto di vista idrogeologico il tufo vesuviano si differenzia dal Tufo Giallo Napoletano in quanto contiene numerosi frammenti calcarei a spigoli vivi e blocchi di lava a leucite dell'ordine anche di qualche decimetro. Queste caratteristiche, osservabili sia nella fase sciolta che semilitoide, non sono mai state osservate nel Tufo Giallo Napoletano. Queste caratteristiche fanno sì che il tufo vesuviano abbia caratteristiche di permeabilità maggiori rispetto al Tufo Giallo Napoletano con permeabilità di tipo primario e/o per fessurazione che si attesta su valori da medi a medio bassi.

### **Complesso tufaceo principale**

Questo complesso è costituito principalmente dal Tufo Giallo Napoletano che costituisce il substrato di quasi tutto il territorio cittadino. Sono accorpate in questo complesso anche i depositi tufacei minori depositatisi prima e dopo il Tufo Giallo Napoletano. La copertura temporale va dai 4.000 ai 35.000 anni dal presente e comprende, dall'alto in basso, le seguenti unità litologiche:

- tufi gialli stratificati contenenti pomice e scorie, con locali facies semilitoidi appartenenti ai vulcani di S.Teresa, la Pietra, Nisida.
- Tufo Giallo Napoletano, contenente pomice e frammenti litici distribuiti caoticamente nella matrice cineritica; in facies semilitoide, generalmente distale, di colore grigio e in facies litoide di colore giallastro, localmente fratturata.
- tufi antichi della serie urbana, costituiti da intercalazioni di tufi litoidi e semilitoidi, stratificati e massivi ed associati localmente a brecce.

Questa formazione, con particolare riferimento al Tufo Giallo Napoletano, è molto diffusa nel sottosuolo cittadino raggiungendo anche spessori di 100 metri; in affioramento, invece, è relativamente presente coprendo una superficie che non supera i 4 Km<sup>2</sup>. Dal punto di vista idrogeologico questo complesso riveste notevole importanza essendo un elemento strutturale che condiziona l'intera circolazione idrica sotterranea. La permeabilità può essere definita da bassa a medio bassa per porosità (facies incoerenti nell'area orientale) e per fratturazione (facies litoide). Come evidenziato dal rilievo idrogeologico e geostrutturale di campagna le fratture, anche dove risultano localmente diffuse, presentano in genere scarse condizioni di continuità; inoltre non sono mai stati osservati fenomeni di infiltrazione attraverso la rete di fratture anche durante periodi di forte piovosità. Ciò non esclude che localmente, in corrispondenza di ammassi tufacei particolarmente fratturati, si possano rinvenire fenomeni di modesta e locale circolazione idrica sotterranea. Alcuni pozzi perforati durante le indagini per la Legge Regionale n° 9/83 hanno fornito valori di permeabilità K di  $3 \times 10^{-4}$  e  $2 \times 10^{-6}$  m/sec. Il complesso tufaceo principale con i suoi caratteri generali di acquitardo segna i lineamenti essenziali della circolazione idrica sotterranea dell'intero territorio comunale. Infatti in corrispondenza della dorsale Camaldoli-Posillipo la bassa permeabilità, l'incremento di spessore del complesso tufaceo, insieme ai fattori morfologici e tettonici, rappresentano di fatto un elemento di discontinuità idraulica tra la provincia idrogeologica dei Campi Flegrei e quella della zona Napoli-Volla. Nella parte occidentale il complesso tufaceo rappresenta, in linea di massima, la base della circolazione idrica sotterranea. Nell'area del centro cittadino e nella zona collinare il complesso tufaceo si rinvia al tetto dell'acquifero regionale, ciò determina una parziale protezione dell'acquifero da eventuali contaminazioni. Laddove la base del tufo è rinvenibile ad una quota inferiore rispetto alla piezometrica si determinano condizioni parziali di falda in pressione con fenomeni di risalienza. Nell'area orientale il complesso tufaceo, di spessore ridotto, determina una separazione degli acquiferi interponendosi fra la falda alluvionale superficiale e l'acquifero inferiore sottostante il tufo. Questa separazione è però poco incisiva in quanto i due acquiferi tendono all'equilibrio sia per la progressiva diminuzione del livello del tufo e sia a causa del forte sviluppo di opere di captazione abusiva che di fatto collegano le due falde.

### **Complesso delle lave**

Questo complesso è formato da prodotti lavici legati all'attività antica del Somma-Vesuvio e da quelli a composizione trachitica della cupola di Montesanto. Questi litotipi non sono affioranti nel territorio comunale e vengono intercettati solo nei sondaggi (zona orientale per le lave vesuviane).

## **Complesso piroclastico antico**

Questo complesso comprende i tufi antichi della serie urbana e quelli vesuviani. Litologicamente questi depositi, generalmente posti al di sotto dell'Ignimbrite Campana e al Piperno-Breccia Museo, sono costituiti da cineriti addensate e tufi teneri con intercalazioni di paleosuoli e livelli sabbiosi di origine marina. Dal punto di vista idrogeologico a questo complesso si può attribuire una permeabilità per porosità e fratturazione con prevalenza della prima. La permeabilità varia da bassa a media. Il complesso piroclastico antico è sede di acquifero.

### **9.1 STRUTTURE ACQUIFERE PRINCIPALI**

La circolazione idrica sotterranea della piana campana avviene in serbatoi dotati di permeabilità sia primaria che secondaria. Il deflusso va da est verso ovest cioè dal bordo della catena appenninica alla linea costiera. L'alimentazione avviene quindi sulla catena appenninica in corrispondenza dei complessi carbonatici.. Diversi autori ipotizzano che l'alimentazione zenitale, a scala regionale, sia modesta o trascurabile mentre è di notevole importanza la quota di ricarica dovuta al reticolo idrico superficiale. Il senso generale del deflusso sotterraneo è fortemente condizionato all'altezza di Napoli, dai due principali sistemi vulcanici: il Somma-Vesuvio e i Campi Flegrei. Il Somma-Vesuvio funge da sbarramento tra l'Appennino e il mare deviando la falda verso il Sarno in prossimità delle pendici sud orientali, verso il fosso Volla lungo le pendici nordoccidentali e verso il mare lungo le pendici sudoccidentali. L'altro sistema idrico sotterraneo che interessa il territorio comunale coincide con l'antica caldera del Campi Flegrei. Anche in questo caso la presenza dell'apparato vulcanico induce le direttrici di flusso a disporsi radialmente ai bordi. A differenza del Somma-Vesuvio nei Campi Flegrei a causa della vastità della caldera si è potuta instaurare un sistema sotterraneo, detto flegreo, autonomo rispetto al sistema della piana Campana. In questo sistema la piana di Volla, incassata tra il Somma-Vesuvio e i Campi Flegrei, costituisce il sistema di raccordo che consente al flusso idrico di mantenere, in questo tratto la direzione principale, e di convogliare le acque direttamente a mare. Il sistema del Volla raccoglie, quindi, i contributi sotterranei degli ammassi carbonatici dell'Appennino, delle pendici nordoccidentali del Vesuvio e di quelle sudorientali dei Campi Flegrei. In sintesi si possono distinguere, nell'ambito del territorio comunale 2 sistemi strutturali principali, la struttura acquifera Napoli-Volla, che costituisce un settore del sistema regionale campano e che comprende tutta la porzione centrale ed il sistema subregionale dei Campi Flegrei che caratterizza la porzione occidentale del territorio comunale.



Il modello strutturale dell'acquifero a Napoli e nella piana di Volla è regolato dalla presenza dei terreni vulcanici prima descritti con un modello di circolazione a volte complesso proprio a causa dell'anisotropia dei depositi. Nel caso del sistema della piana di Volla abbiamo che in alcuni punti si può parlare di due sistemi sovrapposti separati dalla formazione del Tufo Giallo Napoletano che laddove questa formazione tende ad assottigliarsi o scomparire diventa un unico sistema. Per quanto riguarda il sistema flegreo questo può essere assimilato ad una conca in parte sottomarina dovuta allo sprofondamento della caldera in cui la circolazione idrica avviene nei materiali vulcanici e il cui basamento è costituito dai depositi più antichi. (per approfondimenti si rimanda all'elaborato "idrogeologia" delle indagini effettuate dal Comune di Napoli per l'adeguamento del PRG alla L.R. n °9 del 7/1/1983).

## 10 OSSERVAZIONI SULLA CARTA DI STABILITÀ

La carta di stabilità, redatta in osservanza della legge regionale 9/83, è stata realizzata in base ai risultati ottenuti dalla carta delle pendenze in scala 1:4.000. Il territorio è stato, quindi, suddiviso in 3 classi di acclività.

1. p minore del 20%
2. p compreso fra il 20% e il 50%
3. p superiore al 50%.

Questa prima operazione è stata effettuata in quanto la pendenza è uno dei fattori che influenza in misura maggiore l'equilibrio geomorfologico di un'area tanto da poter ritenere che il grado di instabilità sia in molti casi, proporzionato alla pendenza. All'aumentare dell'acclività si raggiungono condizioni di disequilibrio dei terreni, accentuate anche dalla più intensa azione erosiva ad opera delle acque meteoriche. In questo elaborato la instabilità "potenziale" viene definita come vocazione delle aree ad una maggiore o minore instabilità geomorfologica e viene valutata sommando, per ogni area, il contributo di tre fattori.

- a - litologia dei terreni;
- b - pendenza dei versanti;
- c - giacitura degli strati.

Dalla valutazione di questi elementi si perviene ad una valutazione del grado di stabilità di un versante quale propensione naturale, non condizionata dal suo uso reale, dallo stato di conservazione del suolo e dalla presenza di eventuali opere di stabilizzazione. Nella carta il grado di instabilità è stato rappresentato mediante 4 classi:

- 1 - aree ad instabilità alta;
- 2 - aree ad instabilità media;
- 3 - aree ad instabilità bassa;
- 4 - aree stabili, instabilità nulla.

Situazioni ad alta instabilità si determinano in presenza di materiali a litologia incoerente o scarsamente coerente, con scadenti proprietà meccaniche ed in corrispondenza di cospicue acclività dei versanti. Tali condizioni si manifestano anche in litotipi litoidi qualora questi sono interessati da intensa fratturazione ed alterazione. Queste situazioni comuni a molte aree di versante, si accentuano notevolmente in quelle aree caratterizzate da un ruscellamento non regimato delle acque.

Nell'area urbana di Napoli vengono individuate tre grandi aree ad alta instabilità:

- 1. Versante della collina di Posillipo rivolto a sud e ad ovest da grotta dei Tuoni a Villanova;
- 2. Versanti interni della cinta di Agnano con esclusione del lato nordoccidentale (versante esterno del vulcano Astroni);
- 3. Versanti meridionale, occidentale e settentrionale della collina dei Camaldoli (dal vallone del Verdolino a località Bietola).

Al di fuori di queste tre grandi aree si individuano aree più limitate che pure presentano problemi di instabilità. Fra queste va' ricordato:

1. estremo versante settentrionale della collina dei Camaldoli a sud dell'abitato di Chiaiano;
2. versante orientale della collina di S. Elmo.

Vi sono inoltre numerose piccole aree, potenzialmente instabili, su tutta l'area collinare legate a particolari morfologie poco estese.

Nell'area della Collina di Posillipo la carta di stabilità mette in evidenza che una lunga fascia del versante della collina, da grotta del Tuono sino a Villanova, presenta condizioni di alta instabilità. Questa fascia si estende quasi senza soluzione di continuità ed ha al suo interno delle "isole" considerate a bassa instabilità. Tutto il versante può essere considerato instabile per condizioni geomorfologiche, cioè per eccessiva acclività e per particolari condizioni geologiche. Ciò è particolarmente vero per il versante meridionale dove l'instabilità è dovuta oltre alle pendenze, che in alcuni punti sono prossime ai 90°, alla erosione accentuate dovuta all'azione del mare ai piedi della falesia e alla particolare aggressività dei venti provenienti dal mare. In questa zona, alcuni anni fa, si ebbe una grossa frana di crollo che investì l'imbocco del costruendo tunnel per il condotto fognario. Il versante occidentale, rivolto verso Fuorigrotta, può essere suddiviso in tre fasce. Una fascia alta, costituita da materiali sciolti o poco coerenti, che sebbene considerata ad alta instabilità laddove coltivata a terrazzamenti o boscata non ha dato origine a fenomeni franosi negli ultimi dieci anni. Una fascia centrale, costituita da affioramenti di tufo giallo, dove si ha una netta rottura di pendenza con aumento dell'acclività. Una fascia bassa, che si raccorda con la piana di Fuorigrotta, dove si hanno zone coltivate e zone boscate. Questo versante della collina che è da considerare morfologicamente attivo, cioè predisposto ad eventi franosi, ha dato, negli ultimi dieci anni, tre grossi eventi franosi circoscritti temporalmente nel febbraio 1986 e spazialmente al di sotto della via De Bonis. Questi tre eventi furono causati essenzialmente per un eccessivo appesantimento del versante a causa dei lavori di sbancamento e riporto connessi con l'urbanizzazione dell'area. E' da ricordare che le piroclastiti flegree danno origine a fenomeni franosi poco profondi e di non rilevante estensione areale che interessano, generalmente, porzione di terreno alterate prive di una sufficiente copertura vegetale e sono accentuate laddove il reticolo idrografico naturale è stato alterato da insediamenti antropici. Nel

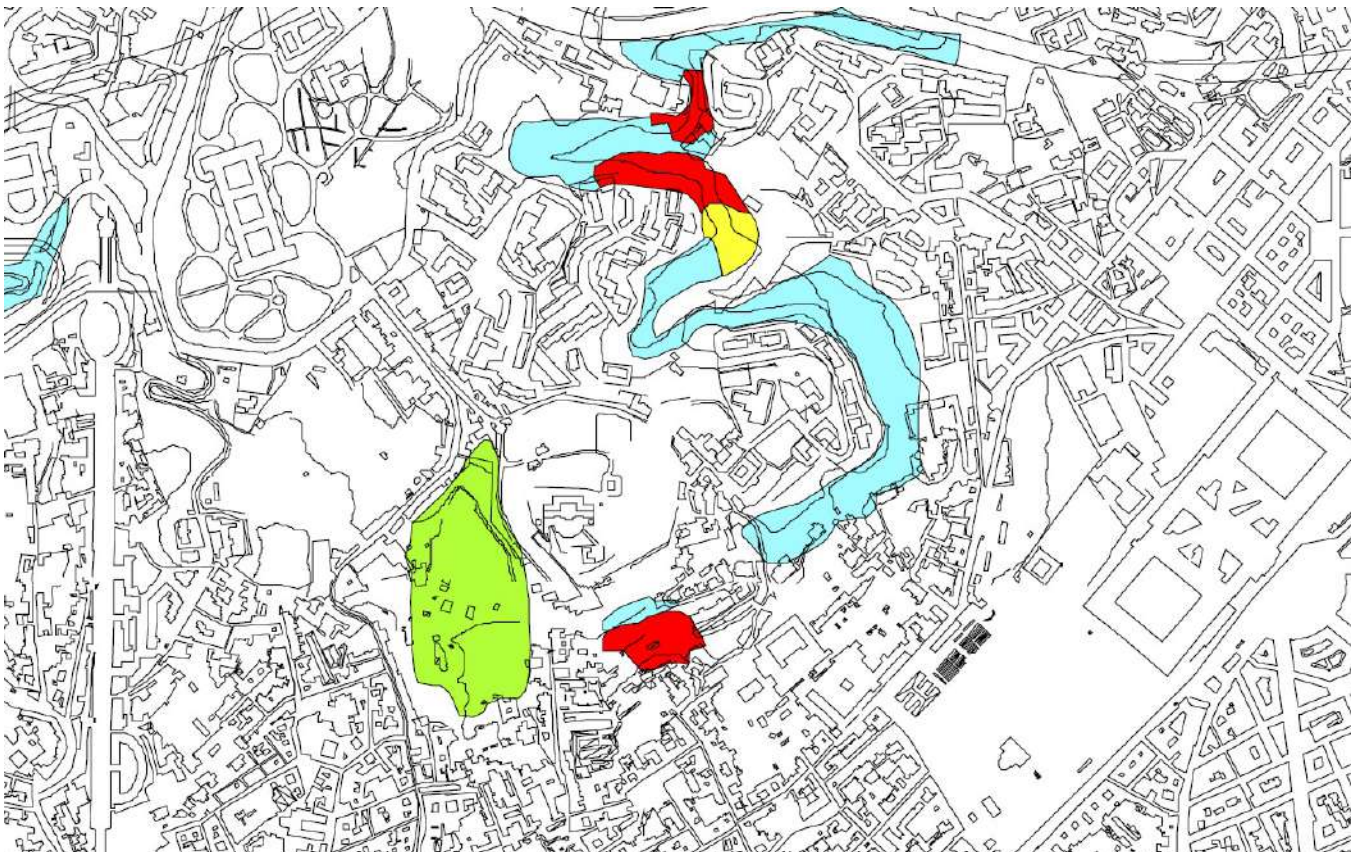
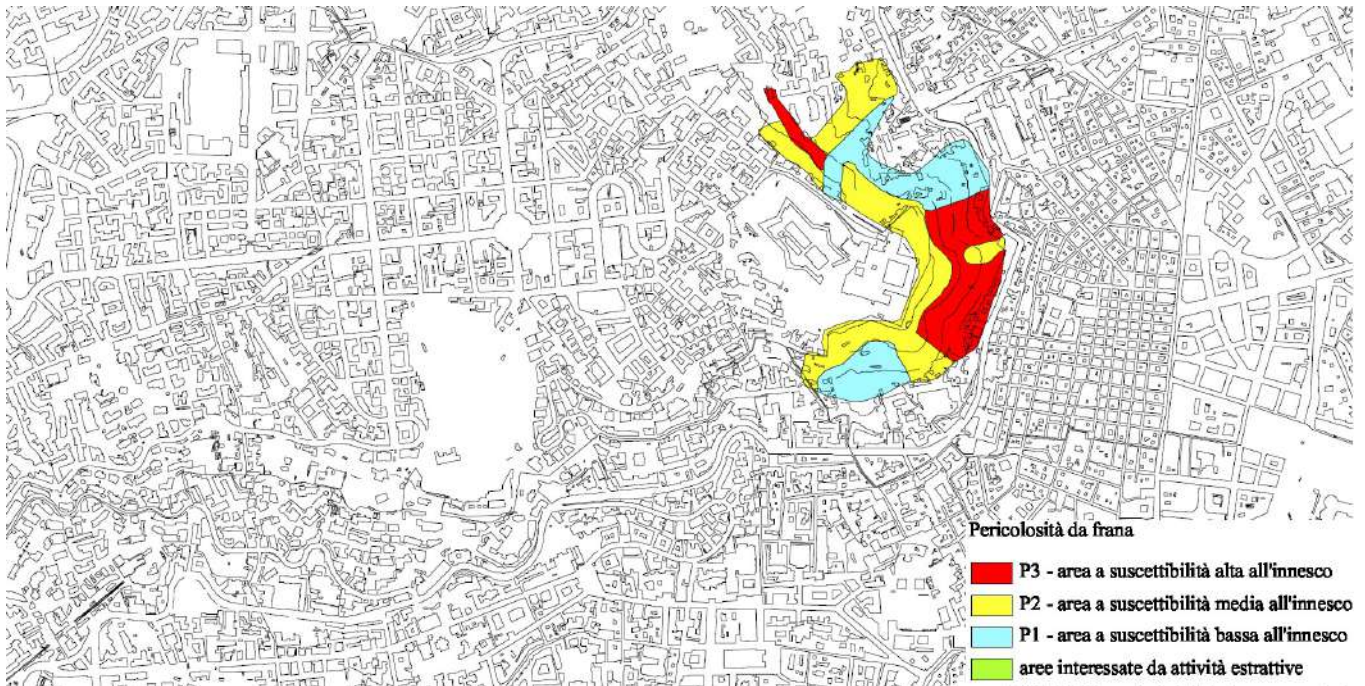
caso del versante occidentale della collina di Posillipo vi è da attendersi fenomeni franosi soprattutto laddove è stata abbandonata la pratica agricola e dove si ha una cattiva regimentazione delle acque pluviali a causa dell'impermeabilizzazione della parte sommitale.

Nelle altre aree cartografate come instabili, ma più ristrette arealmente, si riscontrano situazioni diverse a secondo dei casi.

In particolare Il versante orientale della collina di S.Elmo è stato cartografato ad alta instabilità.

In effetti l'andamento delle pendenze fa temere il rischio di dissesti. Negli ultimi anni si sono avuti dissesti a carico dei muri di contenimento esistenti a ridosso del corso V.Emanuele. L'area si presenta terrazzata a fini agricoli e ciò è sicuramente una garanzia per la tenuta del versante particolarmente se verrà mantenuto.

Altre aree instabili Dalla carta della stabilità si evince che la città, anche nella parte fortemente urbanizzata, è interessata da aree ad alta instabilità. Queste zone, a volte molto piccole, sono dovute a situazione morfologiche ma soprattutto a situazione antropiche. Infatti tutta l'area collinare o pedecollinare della città è interessata da antiche cave di tufo che hanno lasciato piazzali e pareti a 90°. Molte di queste pareti non sono più visibili perché coperte dagli edifici sorti sui piazzali. Situazioni del genere sono al c.so Vittorio Emanuele, nei Ventaglieri, ai Miracoli, alla Sanità, alle Fontanelle, ai quartieri Spagnoli,. A volte queste pareti di cava si presentano molto fratturate tanto da dare delle frane di crollo anche di grosse dimensioni. Inoltre sono inglobate in aree instabili alcuni piazzali di cava che sebbene per pendenza e costituzione geologica potevano essere considerate a bassa instabilità o addirittura stabili, essendo circondate da fronti di scavo o da versanti ad alta o media instabilità sarebbero in caso di dissesti coinvolti dai materiali di frana. Tali situazioni si verificano su tutti i versanti collinari e in particolar modo su quelli di Posillipo.



Carta da pericolosità da frana del PRG di Napoli, aree d'interesse

## 11 CAVITÀ SOTTERRANEE

Nell'ambito delle ricerche per la realizzazione degli elaborati della già più volte citata L.R. n° 9/83 una particolare attenzione è stata data alle cavità esistenti nel sottosuolo della città di Napoli. Questa particolare attenzione si è resa necessaria in quanto la costituzione geologica del territorio cittadino ha consentito, nel corso di oltre due millenni, che per vari motivi fossero cavati una serie innumerevoli di cisterne, cave di tufo, cunicoli acquedottistici etc. La presenza di questi vuoti sotterranei rende, evidentemente, particolarmente fragile il soprassuolo e ciò non tanto per l'esistenza dei vuoti ma piuttosto perché tutte le opere realizzate nel soprassuolo e in sottosuolo non tengono in alcun conto questa peculiarità. Il cammino di ricerca adoperato partendo dai dati già conosciuti ha consentito di arrivare alla conoscenza di 592 cavità, di cui 131 sconosciute fino al momento della ricerca, e dell'individuazione di altre 141 di cui non è stato possibile effettuare il rilievo a causa delle ostruzioni che ne impedivano l'accesso. Sono stati inoltre individuati 2.199 accessi a cavità facenti parte di cavità conosciute e di cavità sconosciute con una tipologia di accesso per il 49% per pozzi, per il 26% per scale e per il 25% a raso. Nel corso dell'elaborazione dei dati esistenti e di quelli di nuova acquisizione è stata redatta una carta dove sono state posizionate tutte le cavità a cui è stato assegnato un indice di stabilità da 1 a 5 dove al n° 1 viene assegnato un valore di stabilità elevata fino ad arrivare a 5 che viene considerato il parametro di massima instabilità. Per una maggior approfondimento su questo aspetto si rinvia alla consultazione della carta e degli elaborati a corredo. Come già visto nei capitoli precedenti la città di Napoli poggia su un substrato litoide formato essenzialmente dal Tufo Giallo Napoletano questo materiale, come già visto ha delle caratteristiche meccaniche che lo rendono un ottimo materiali da costruzione. Questa peculiarità ha fatto sì che il tufo sia stato cavato già dai primi coloni greci che ivi si insediarono. Le cave sia a giorno che in sotterraneo hanno, nel corso dei secoli, profondamente modificato la morfologia della città tanto che molte edifici poggiano su piazzali di cava (si veda piazza S.Luigi, via Mergellina, ecc.) All'attività di cava si aggiunse la necessità dei rifornimenti idrici; infatti ben tre acquedotti scavati nel tufo corrono nel sottosuolo di Napoli. Il primo, di probabile origine greca conosciuto come "Bolla"; il secondo di epoca romana conosciuto come "Claudio" anche se l'epoca di costruzione è augustea, il terzo di epoca vicereale conosciuto come "Carmignano". Queste tre strutture percorrono con un dedalo di cisterne e cunicoli tutto il sottosuolo della città esistente al 1885, epoca dell'entrata in funzione dell'acquedotto intubato, con numerosissimi pozzi, praticamente in ogni palazzo, che servivano per attingere l'acqua.

## 12 INQUADRAMENTO SISMICO DELL'AREA

In seguito all' Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 dell'8 maggio 2003, recante "primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche" per le costruzioni in zona sismica, sono stati approvati i criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la formazione e aggiornamento degli elenchi delle medesime zone di cui all'allegato 1 dell'O.P.C.M.

In tale normativa le zone sismiche sono individuate sulla base di specifici criteri, secondo i valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $ag$ ) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riportati nella tabella seguente.

| Zona sismica | Fenomeni riscontrati                                                                                                            | Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $ag/g$ ) | Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) ( $ag/g$ ) |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1            | Zona con pericolosità sismica <b>alta</b> . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.            | $ag > 0,25g$                                                                               | <b>0,35g</b>                                                                                           |
| 2            | Zona con pericolosità sismica <b>media</b> , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.                               | $0,15 \leq ag < 0,25g$                                                                     | <b>0,25g</b>                                                                                           |
| 3            | Zona con pericolosità sismica <b>bassa</b> , che può essere soggetta a scuotimenti modesti.                                     | $0,05 \leq ag < 0,15g$                                                                     | <b>0,15g</b>                                                                                           |
| 4            | Zona con pericolosità sismica <b>molto bassa</b> . E' la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse. | $ag < 0,05g$                                                                               | <b>0,05g</b>                                                                                           |

Tabella 2: Classificazione zone sismiche

In ottemperanza a tale normativa la Regione Campania, ha approvato la classificazione sismica dei comuni aggiornata con la Delibera della Giunta 5447 del 07/11/2002 , in cui il territorio è suddiviso in quattro zone sismiche, di cui quella a maggiore sismicità è la zona 1 mentre quella a minore sismicità è la zona 4.

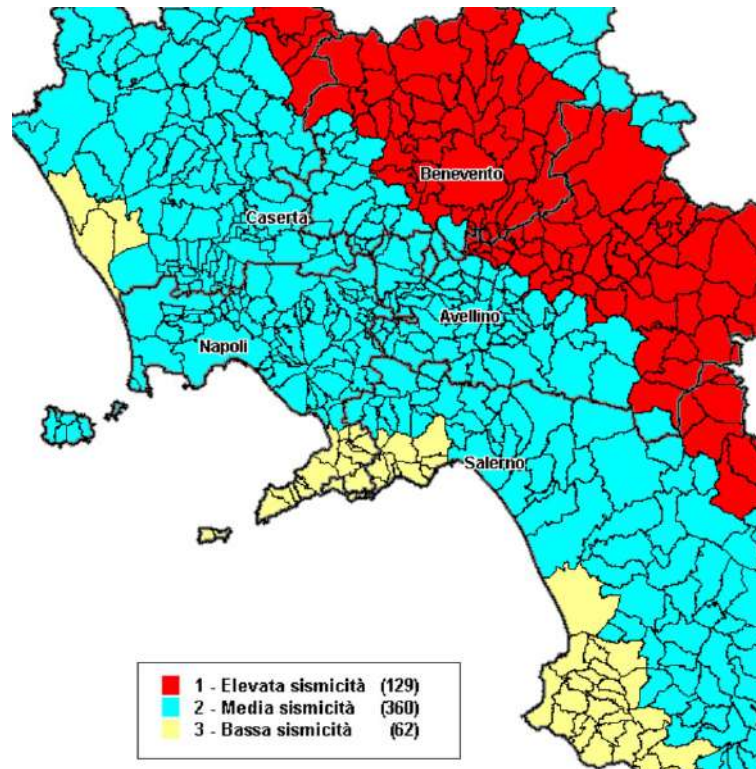


Fig. 6: Classificazione sismica del territorio della Regione Campania. Napoli ricade in zona a media sismicità

Gli Studi riguardanti la distribuzione delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani indicano, per il Comune di Napoli, come principali eventi sismici quelli nella Tabella 2 e Figura 7, di seguito riportata con:

I - Intensità sismica al sito (MCS);

Data - Anno mese giorno e orario;

Ax Zona epicentrale;

Np - numero di osservazioni macrosismiche del terremoto;

Io - Intensità sismica epicentrale (MCS);

Mw - Magnitudo momento.



| Int. | Year Mo Da Ho Mi Se | Epicentral area              | NMDP | Io  | Mw   |
|------|---------------------|------------------------------|------|-----|------|
| D    | 1280                | Napoli                       | 1    |     |      |
| 7    | 1293 09 04          | Sannio-Matese                | 6    | 8-9 | 5.8  |
| 7-8  | 1349 09 09          | Lazio-Molise                 | 24   | 10  | 6.8  |
| 7-8  | 1386 03 17          | Napoli                       | 1    | 7-8 | 3.75 |
| 5    | 1406 09 16          | Napoli                       | 1    | 5   | 3.12 |
| 8    | 1456 12 05          | Appennino centro-meridionale | 199  | 11  | 7.19 |
| 7    | 1456 12 30 08 20    | Appennino centro-meridionale | 2    |     |      |
| 6    | 1457 01 08          | Napoli                       | 1    | 6   | 3.37 |
| F    | 1457 02 10          | Capua                        | 2    | 5-6 | 4.4  |
| 5    | 1466 01 15 02 25    | Irpinia-Basilicata           | 31   | 8-9 | 5.98 |
| 5    | 1498 10 07          | Campi Flegrei (Pozzuoli)     | 2    | 5-6 | 3.25 |
| F    | 1498 10 20          | Campi Flegrei (Pozzuoli)     | 2    | 7   | 3.63 |
| 5    | 1499 03 18 01 45    | Napoli                       | 1    | 5   | 3.12 |
| 6    | 1505 05 18 08 55    | Campi Flegrei (Agnano)       | 3    | 7-8 | 3.75 |
| 5    | 1508 07 19 08 55    | Napoli                       | 1    | 5   | 3.12 |
| 5    | 1517 03 29 19       | Irpinia                      | 3    | 7-8 | 5.33 |
| 5    | 1520 01 28 23 50    | Campi Flegrei (Pozzuoli)     | 2    | 6-7 | 3.5  |
| 5    | 1536 08 07          | Napoli                       | 1    | 5   | 3.12 |
| 4    | 1537 02 14          | Campi Flegrei (Pozzuoli)     | 2    | 6-7 | 3.5  |
| 6    | 1538 04 20          | Campi Flegrei                | 1    | 5-6 | 3.25 |
| 4    | 1538 09 20          | Campi Flegrei (Pozzuoli)     | 3    | 5-6 | 3.25 |
| 4    | 1538 09 22          | Campi Flegrei (Pozzuoli)     | 3    | 5-6 | 3.25 |
| 4    | 1538 09 23          | Campi Flegrei (Pozzuoli)     | 3    | 5-6 | 3.25 |
| 4    | 1538 09 24          | Campi Flegrei (Pozzuoli)     | 3    | 5-6 | 3.25 |
| 4    | 1538 09 25          | Campi Flegrei (Pozzuoli)     | 3    | 5-6 | 3.25 |
| 4    | 1538 09 26          | Campi Flegrei (Pozzuoli)     | 3    | 5-6 | 3.25 |
| 4    | 1538 09 27          | Campi Flegrei (Pozzuoli)     | 3    | 5-6 | 3.25 |
| 4    | 1538 09 28 06 00    | Campi Flegrei (Pozzuoli)     | 2    | 5-6 | 3.25 |
| 4    | 1538 09 28 17 30    | Campi Flegrei (Pozzuoli)     | 2    | 5-6 | 3.25 |
| 4    | 1538 09 29 11 00    | Campi Flegrei (Pozzuoli)     | 2    | 5-6 | 3.25 |
| 5    | 1538 09 29 18 30    | Campi Flegrei (Pozzuoli)     | 2    | 8   | 3.88 |
| 3    | 1560 05 11 04 40    | Costa pugliese centrale      | 7    | 8   | 5.66 |
| 7    | 1561 07 31 20 10    | Penisola sorrentina          | 5    | 8   | 5.56 |
| 4-5  | 1561 08 19 15 50    | Vallo di Diano               | 32   | 10  | 6.72 |
| 5-6  | 1564 07             | Campi Flegrei                | 2    | 5   | 3.12 |
| 5    | 1566 05 06 22 45    | Campi Flegrei                | 2    | 5   | 3.12 |
| 4-5  | 1568 12 27          | Campi Flegrei (Pozzuoli)     | 2    | 6   | 3.37 |
| 5    | 1570 04 30 23 06    | Campi Flegrei (Pozzuoli)     | 2    | 6-7 | 3.5  |

COMUNE DI NAPOLI – Area Ambiente – Servizio Verde della città  
RIQUALIFICAZIONE DEI PERCORSI PEDONALI TRA LA COLLINA E IL MARE

|     |                  |                             |     |       |      |
|-----|------------------|-----------------------------|-----|-------|------|
| 6-7 | 1575 06 05 20 30 | Napoli                      | 2   | 5-6   | 3.25 |
| 5   | 1582 06 05 07 08 | Campi Flegrei (Pozzuoli)    | 2   | 8     | 3.88 |
| 5   | 1601 08 10       | Napoli                      | 1   | 5     | 3.12 |
| 5   | 1627 07 30 10 50 | Capitanata                  | 64  | 10    | 6.66 |
| 5-6 | 1631 12          | Area Vesuviana              | 2   | 5-6   | 3.25 |
| 3   | 1638 03 27 15 05 | Calabria centrale           | 213 | 11    | 7.09 |
| 5   | 1646 05 31       | Gargano                     | 35  | 10    | 6.72 |
| F   | 1654 07 24 00 25 | Sorano                      | 44  | 9-10  | 6.33 |
| 4-5 | 1657 01 29 02    | Capitanata                  | 12  | 8-9   | 5.96 |
| 5   | 1685 05          | Penisola Sorrentina         | 5   | 5-6   | 4.73 |
| 5   | 1687 04 25 00 30 | Penisola Sorrentina         | 2   | 6     | 4.63 |
| 8   | 1688 06 05 15 30 | Sannio                      | 215 | 11    | 7.06 |
| 3   | 1688 07 23       | Capitanata                  | 3   | 7-8   | 5.33 |
| 3   | 1688 08 14       | Beneventano                 | 3   | 6-7   | 4.86 |
| 5   | 1692 03 04 22 20 | Irpinia                     | 9   | 8     | 5.88 |
| F   | 1693 01 08       | Pollino                     | 16  | 7     | 5.27 |
| 7   | 1694 09 08 11 40 | Irpinia-Basilicata          | 251 | 10    | 6.73 |
| F   | 1694 10 07 15    | Penisola sorrentina         | 9   | 5-6   | 4.71 |
| 3   | 1694 10 09       | Avellino                    | 2   | 5-6   | 4.4  |
| 5   | 1702 03 14 04 30 | Sannio-Irpinia              | 4   | 6-7   | 4.86 |
| 6   | 1702 03 14 05    | Sannio-Irpinia              | 37  | 10    | 6.56 |
| 4-5 | 1702 04 02 06 20 | Sannio-Irpinia              | 4   | 6-7   | 4.86 |
| 3-4 | 1703 01 14 18    | Valnerina                   | 197 | 11    | 6.92 |
| 3   | 1703 01 16 13 30 | Appennino laziale-abruzzese | 22  |       |      |
| 3   | 1703 02 02 11 05 | Aquilano                    | 69  | 10    | 6.67 |
| 4-5 | 1706 11 03 13    | Maiella                     | 99  | 10-11 | 6.84 |
| 5   | 1720 08 28       | Cassinese                   | 2   | 5-6   | 4.35 |
| 5   | 1731 03 20 03    | Tavoliere delle Puglie      | 49  | 9     | 6.33 |
| 4-5 | 1731 10 17 11    | Tavoliere delle Puglie      | 6   | 6-7   | 4.86 |
| 7   | 1732 11 29 07 40 | Irpinia                     | 183 | 10-11 | 6.75 |
| 3   | 1733 05 15 00 30 | Puglia                      | 3   |       |      |
| 3-4 | 1735 01 26       | Casertano                   | 3   | 5     | 4.16 |
| 4   | 1737 03 31 17 20 | Monti di Avella             | 3   | 7     | 5.1  |
| 3   | 1739 02 12 21 30 | Tavoliere delle Puglie      | 5   | 5-6   | 4.4  |
| 4   | 1739 02 27 04 20 | Benevento                   | 3   | 5-6   | 4.4  |
| 4   | 1741 08 06 13 30 | Irpinia                     | 8   | 7-8   | 5.44 |
| 5-6 | 1742 08 17       | Napoli                      | 1   | 5-6   | 3.25 |
| 4-5 | 1743 02 20       | Ionio settentrionale        | 84  | 9     | 6.68 |
| 6-7 | 1756 10 22 14    | Napoletano                  | 5   | 6-7   | 3.5  |
| 4-5 | 1760 12 23       | Area vesuviana              | 7   | 6-7   | 3.5  |
| 4-5 | 1777 06 06 16 15 | Tirreno meridionale         | 9   |       |      |

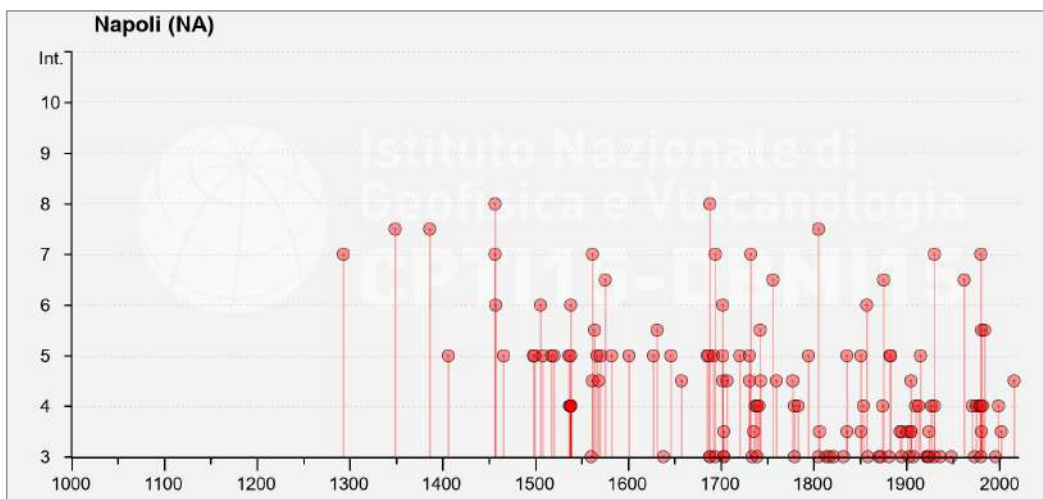
COMUNE DI NAPOLI – Area Ambiente – Servizio Verde della città  
RIQUALIFICAZIONE DEI PERCORSI PEDONALI TRA LA COLLINA E IL MARE

|     |                  |                         |     |      |      |
|-----|------------------|-------------------------|-----|------|------|
| 4   | 1779 10 01 00 45 | Napoletano              | 3   | 6    | 3.37 |
| 3   | 1779 12 12       | Napoletano              | 5   | 6    | 3.37 |
| F   | 1782 01 11       | Benevento               | 2   | 5    | 4.16 |
| NF  | 1783 02 05 12    | Calabria meridionale    | 356 | 11   | 7.1  |
| 4   | 1783 03 28 18 55 | Calabria centrale       | 323 | 11   | 7.03 |
| 5   | 1794 06 12 22 30 | Irpinia                 | 16  | 7    | 5.26 |
| F   | 1794 06 15       | Area vesuviana          | 3   | 4    | 2.87 |
| 7-8 | 1805 07 26 21    | Molise                  | 220 | 10   | 6.68 |
| 3   | 1805 10 13 22    | Pianura Campana         | 3   | 7    | 5.1  |
| F   | 1806 07 21 09    | Cassinese               | 5   | 5-6  | 4.4  |
| 3-4 | 1806 08 26 07 35 | Colli Albani            | 35  | 8    | 5.61 |
| 3   | 1814 11 25       | Beneventano             | 2   | 5-6  | 4.4  |
| 3   | 1817 04 17       | Potentino               | 7   | 4-5  | 3.97 |
| F   | 1821 08 02       | Calabria centrale       | 3   | 7    | 5.1  |
| 3   | 1821 11 22 01 15 | Costa molisana          | 9   | 7-8  | 5.59 |
| F   | 1826 02 01 16    | Potentino               | 18  | 8    | 5.74 |
| F   | 1826 10 26 18    | Salento                 | 7   | 6-7  | 5.22 |
| NF  | 1828 02 02 09 15 | Isola d'Ischia          | 10  | 8-9  | 4.01 |
| 3   | 1832 03 08 18 30 | Crotonese               | 99  | 10   | 6.65 |
| 3-4 | 1836 04 25 00 20 | Calabria settentrionale | 44  | 9    | 6.18 |
| 5   | 1836 11 20 07 30 | Appennino lucano        | 17  | 8    | 5.86 |
| F   | 1841 02 21       | Gargano                 | 13  | 6-7  | 5.17 |
| F   | 1846 08 08       | Potentino               | 13  | 6-7  | 5.18 |
| 5   | 1851 08 14 13 20 | Vulture                 | 103 | 10   | 6.52 |
| 3-4 | 1851 08 14 14 40 | Vulture                 | 10  | 7-8  | 5.48 |
| 4   | 1853 04 09 12 45 | Irpinia                 | 47  | 8    | 5.6  |
| 2   | 1854 02 12 17 50 | Cosentino               | 89  | 10   | 6.34 |
| 6   | 1857 12 16 21 15 | Basilicata              | 340 | 11   | 7.12 |
| F   | 1858 03 07 14    | Campania meridionale    | 9   | 7-8  | 5.39 |
| F   | 1858 03 07 19    | Vibonati                | 3   | 4    | 3.7  |
| 3   | 1858 05 24 09 20 | Tavoliere delle Puglie  | 13  | 4-5  | 4.35 |
| F   | 1861 12 09       | Torre del Greco         | 3   | 5-6  | 3.25 |
| 2   | 1867 08 15 23 30 | Isola d'Ischia          | 2   | 4-5  | 2.99 |
| 3   | 1870 10 04 16 55 | Cosentino               | 54  | 9-10 | 6.24 |
| 3   | 1872 10 08 13 25 | Cosentino               | 6   | 5    | 4.72 |
| 2   | 1873 03 12 20 04 | Appennino marchigiano   | 196 | 8    | 5.85 |
| 2-3 | 1873 07 12 06 06 | Val Comino              | 61  | 7-8  | 5.38 |
| 4   | 1874 12 06 15 50 | Val Comino              | 43  | 7-8  | 5.48 |
| NF  | 1875 03 17 23 51 | Costa romagnola         | 144 | 8    | 5.74 |
| 6-7 | 1875 12 06       | Gargano                 | 97  | 8    | 5.86 |
| NF  | 1880 07 24 05 40 | Isola di Ventotene      | 5   | 6    | 4.63 |

COMUNE DI NAPOLI – Area Ambiente – Servizio Verde della città  
RIQUALIFICAZIONE DEI PERCORSI PEDONALI TRA LA COLLINA E IL MARE

|     |                        |                          |      |       |      |
|-----|------------------------|--------------------------|------|-------|------|
| NF  | 1881 03 04 12 15       | Isola d'Ischia           | 17   | 9     | 4.14 |
| 3   | 1881 09 10 07          | Chietino                 | 43   | 7-8   | 5.41 |
| 5   | 1882 06 06 05 40       | Isernino                 | 50   | 7     | 5.2  |
| 5   | 1883 07 28 20 25       | Isola d'Ischia           | 27   | 9-10  | 4.26 |
| 2   | 1885 09 17 09 35       | Benevento                | 22   | 5     | 4.26 |
| 2   | 1885 12 26 02          | Molise                   | 28   | 5-6   | 4.66 |
| NF  | 1887 12 03 03 45       | Calabria settentrionale  | 142  | 8     | 5.55 |
| 2   | 1889 12 08             | Gargano                  | 122  | 7     | 5.47 |
| 3-4 | 1893 01 25             | Vallo di Diano           | 134  | 7     | 5.15 |
| 3-4 | 1895 02 01 07 24 35.00 | Monti del Partenio       | 40   | 5     | 4.29 |
| 3   | 1895 08 09 17 38 20.00 | Adriatico centrale       | 103  | 6     | 5.11 |
| 3-4 | 1901 07 31 10 38 30.00 | Sorano                   | 76   | 7     | 5.16 |
| F   | 1903 05 04 03 44       | Valle Caudina            | 78   | 7     | 4.69 |
| 3   | 1903 12 07 05 58       | Beneventano              | 9    | 4-5   | 4.14 |
| 4-5 | 1905 03 14 19 16       | Avellinese               | 94   | 6-7   | 4.9  |
| F   | 1905 08 25 20 41       | Valle Peligna            | 29   | 6     | 5.15 |
| 3-4 | 1905 09 08 01 43       | Calabria centrale        | 895  | 10-11 | 6.95 |
| 3-4 | 1905 11 26             | Irpinia                  | 122  | 7-8   | 5.18 |
| 3   | 1907 12 18 19 21       | Monti Picentini          | 35   | 5-6   | 4.52 |
| 2   | 1908 12 28 04 20 27.00 | Stretto di Messina       | 772  | 11    | 7.1  |
| 4   | 1910 06 07 02 04       | Irpinia-Basilicata       | 376  | 8     | 5.76 |
| 4   | 1913 10 04 18 26       | Molise                   | 205  | 7-8   | 5.35 |
| 5   | 1915 01 13 06 52 43.00 | Marsica                  | 1041 | 11    | 7.08 |
| NF  | 1915 09 23 18 07       | Marsica                  | 18   | 6     | 5.07 |
| F   | 1916 07 03 23 21       | Isola di Stromboli       | 18   | 5-6   | 4.66 |
| 2-3 | 1919 10 22 06 10       | Anzio                    | 142  | 6-7   | 5.22 |
| 3   | 1922 12 29 12 22 06.00 | Val Roveto               | 119  | 6-7   | 5.24 |
| 3   | 1923 11 08 12 28       | Appennino campano-lucano | 28   | 6     | 4.73 |
| 3   | 1924 03 26 20 50       | Sannio                   | 12   | 4     | 4.06 |
| 3-4 | 1924 05 09 05 48       | Irpinia                  | 8    | 4     | 4.71 |
| 2   | 1925 09 24 13 33 46.00 | Molise occidentale       | 50   | 7     | 5.26 |
| 4   | 1927 05 25 02 50       | Sannio                   | 54   | 6     | 4.98 |
| NF  | 1927 12 26 15 06 14.00 | Colli Albani             | 38   | 7     | 4.89 |
| 4   | 1930 04 27 01 46       | Salernitano              | 26   | 7     | 4.98 |
| 7   | 1930 07 23 00 08       | Irpinia                  | 547  | 10    | 6.67 |
| 3   | 1930 10 30 07 13       | Senigallia               | 268  | 8     | 5.83 |
| 3   | 1936 04 03 18 42       | Valle Caudina            | 10   | 5-6   | 4.25 |
| 3   | 1948 08 18 21 12 20.00 | Gargano                  | 58   | 7-8   | 5.55 |
| 2   | 1956 09 22 03 19 39.00 | Gargano                  | 57   | 6     | 4.64 |
| 6-7 | 1962 08 21 18 19       | Irpinia                  | 562  | 9     | 6.15 |
| NF  | 1967 12 09 03 09 56.00 | Adriatico centrale       | 22   |       | 4.36 |

|     |                        |                          |      |     |      |
|-----|------------------------|--------------------------|------|-----|------|
| 4   | 1971 05 06 03 45 05.00 | Irpinia                  | 68   | 6   | 4.83 |
| F   | 1971 11 29 18 49 35.37 | Alta Val d'Agri          | 17   | 5   | 4.5  |
| 3   | 1973 08 08 14 36 26.00 | Appennino campano-lucano | 29   | 5-6 | 4.75 |
| 4   | 1975 06 19 10 11       | Gargano                  | 61   | 6   | 5.02 |
| 2   | 1977 07 24 09 55 29.00 | Irpinia                  | 85   | 5-6 | 4.37 |
| 2   | 1978 02 08 04 10 29.00 | Irpinia                  | 100  | 5-6 | 4.44 |
| 4   | 1979 09 19 21 35 37.00 | Valnerina                | 694  | 8-9 | 5.83 |
| 3   | 1980 06 14 20 56 50.00 | Marsica                  | 69   | 5-6 | 4.96 |
| 7   | 1980 11 23 18 34 52.00 | Irpinia-Basilicata       | 1394 | 10  | 6.81 |
| 4   | 1980 12 03 23 54 22.00 | Irpinia-Basilicata       | 11   | 6   | 4.83 |
| 3-4 | 1981 01 09 00 12 49.00 | Irpinia-Basilicata       | 6    | 5-6 | 4.36 |
| 5-6 | 1981 02 14 17 27 45.00 | Monti di Avella          | 85   | 7-8 | 4.88 |
| 4   | 1982 03 21 09 44 01.59 | Golfo di Policastro      | 125  | 7-8 | 5.23 |
| NF  | 1984 04 29 05 02 59.00 | Umbria settentrionale    | 709  | 7   | 5.62 |
| 5-6 | 1984 05 07 17 50       | Monti della Meta         | 911  | 8   | 5.86 |
| 3   | 1996 04 03 13 04 34.98 | Irpinia                  | 557  | 6   | 4.9  |
| 4   | 1999 10 09 05 41 05.47 | Area vesuviana           | 38   | 5   | 3.24 |
| 3-4 | 2002 11 01 15 09 01.92 | Molise                   | 638  | 7   | 5.72 |
| 2   | 2003 06 01 15 45 18.04 | Molise                   | 501  | 5   | 4.44 |
| F   | 2016 08 24 01 36 32.00 | Monti della Laga         | 221  | 10  | 6.18 |
| F   | 2016 10 26 19 18 07.42 | Valnerina                | 77   |     | 6.07 |
| 4-5 | 2016 10 30 06 40 17.32 | Valnerina                | 379  |     | 6.61 |

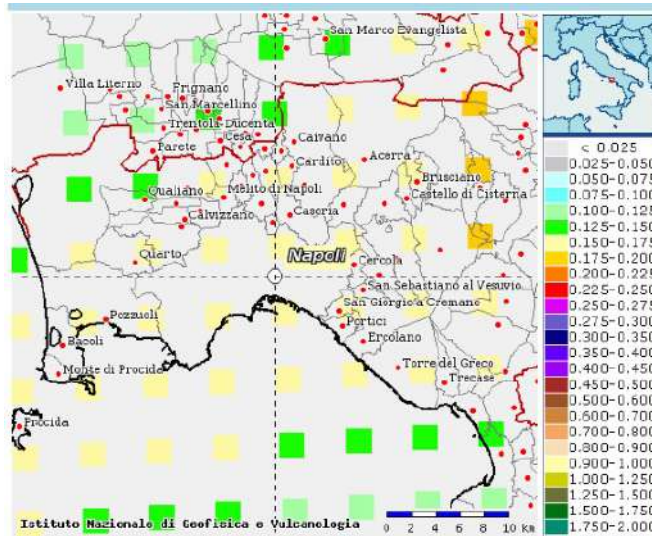


La zona in esame è compresa nell'ambito territoriale del Comune di Napoli, che ricade in zona sismica 2. L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base", in

condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A nelle NTC). Le valutazioni della “pericolosità sismica di base”, debbono derivare da studi condotti a livello nazionale, su dati aggiornati con procedure trasparenti e metodologie validate. I dati utilizzati per le valutazioni devono essere resi pubblici, in modo che sia possibile la riproduzione dell'intero processo. La “pericolosità sismica di base costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le NTC e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio sia in termini geografici che in termini temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte se i risultati dello studio di pericolosità sono forniti:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra definite
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi;

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale. L'immagine sotto riportata evidenzia la mappa interattiva di pericolosità sismica a cura dell'INGV ove l'area in esame è compresa tra i valori da intendere come frazioni di  $g$  pari a 0,1500 - 0,175, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.




Mappa interattiva di pericolosità sismica

### 13 COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

In merito alle perimetrazioni definite nel “Piano Stralcio per l’assetto idrogeologico” redatto dall’Autorità di Bacino Campania Centrale si segnala che in riferimento al rischio frane l’area in esame ad est di Castel Sant’Elmo ricade in condizione di rischio. Pertanto nella seconda fase di studio le indagini saranno approfondite in corrispondenza dei siti in condizione di criticità onde verificare la stabilità degli stessi, ed in quelli in cui ricadono interventi di rilevante incidenza sul territorio, che sempre in tale fase dovranno essere correttamente inquadrati.




**rischio atteso - per fattori di pericolosità idraulica e da frana**

 R1 - rischio basso


 R2 - rischio medio

 R3 - rischio elevato

 R4 - rischio molto elevato

 1 - fasce di possibili crisi idrauliche

 2 - aree a suscettibilità di allagamento

 3 - aree il cui livello di rischio potrà essere definito a seguito di studi e indagini di dettaglio

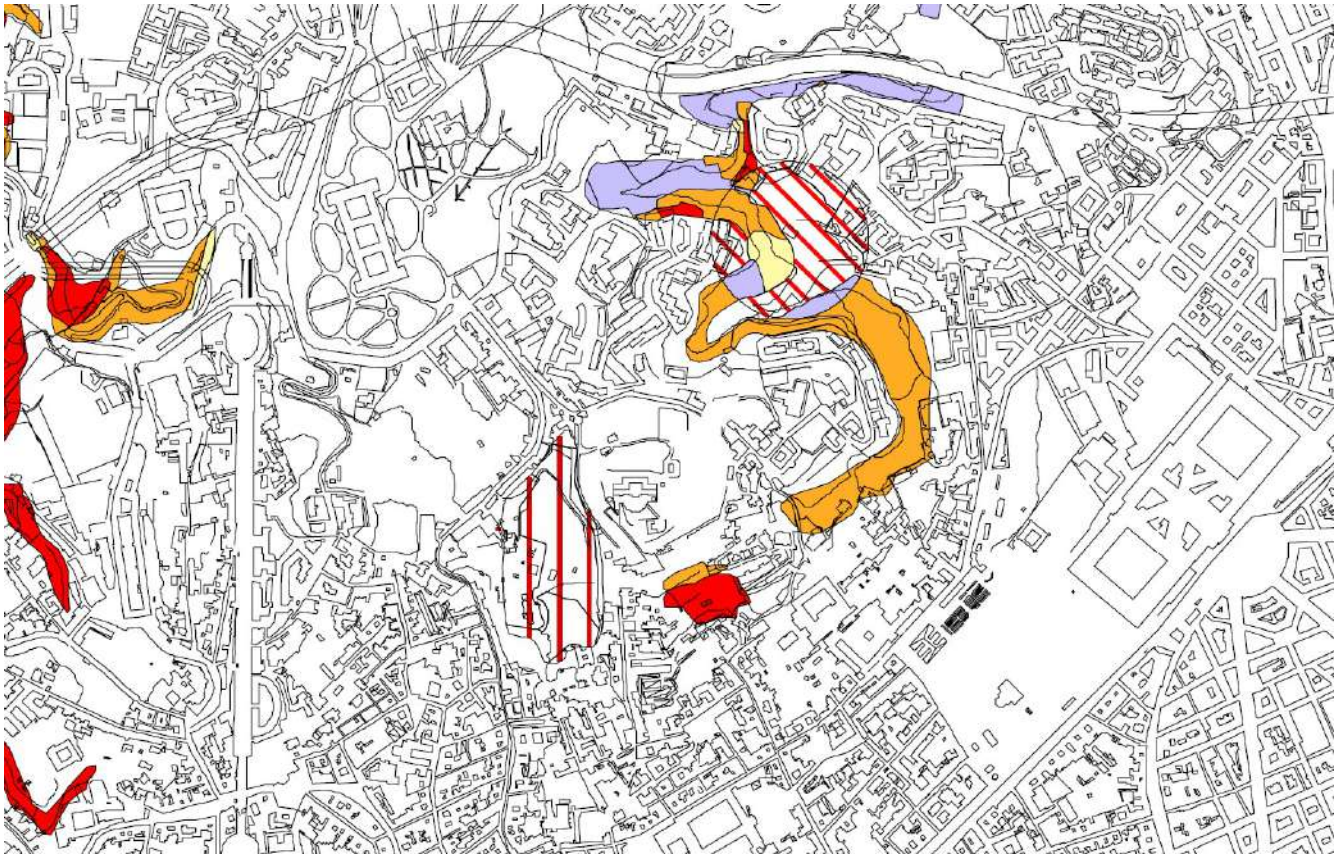




Carta del rischio atteso del PRG di Napoli, zona Salita Caciottoli; Scala Montesanto; Via Pedementina; Salita San Petraio



Carta del rischio atteso del PRG di Napoli, zona Calata San Francesco



Carta del rischio atteso del PRG di Napoli, zona Salita Moiariello

#### 14 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

Per quanto concerne la verifica a liquefacibilità da realizzare ai sensi della 7.11.3.4, questa può essere esclusa in relazione alla distribuzione granulometrica, ove definita ampiamente esterna al fuso granulometrico con possibilità di liquefazione dei terreni

#### 15 INDAGINI DA PRODURRE

Lo studio presente costituisce una valutazione ai fini della realizzazione delle pavimentazioni, ma è in corso di produzione un idoneo studio geologico-tecnico e sismico, contenente le stratigrafie derivanti da indagini geognostiche e di laboratorio condotte secondo la normativa vigente per tutti i punti in cui si intende realizzare strutture fondate, modifiche morfologiche, o risanamento opere esistenti. Tenuto

conto del fatto che se pur a profondità elevata sono presenti cavità antropiche è in corso di predisposizione uno studio, dal quale si evincerà per quanto possibile:

- informazioni sulla reale posizionamento delle cavità e loro esatta profondità ed eventuale interferenza con gli interventi a farsi;
- definizione delle Categoria di suolo di fondazione, ai sensi del decreto ministeriale 17 gennaio 2018 – Norme tecniche per le costruzioni.

## 16 ROCCE E TERRE DA SCAVO

I materiali edili e le pavimentazioni derivanti dagli interventi di demolizione dovranno essere smaltiti in discarica, mentre le rocce e terre da scavo di risulta derivanti dalla esecuzione degli scavi, dovranno essere sottoposte mediante prelievo di campioni rappresentativi del terreno in posto, da prelevare in corrispondenza di ciascuna variante litologica, ed in presenza di terreni a sospetta contaminazione, ad indagini di laboratorio volte a verificare la assenza da inquinanti e la eventuale idoneità come sottoprodotti idonei alla realizzazione di rilevati, reinterri e modellazioni di versante, quindi potranno essere a tal fine riutilizzati qualora dotati di caratteristiche meccaniche e di salubrità idonee all'uso.

## 17 CONCLUSIONI

Lo studio preliminare ha consentito di inquadrare l'area dal punto di vista geologico, geomorfologico e sismico, nonché di evidenziare alcune criticità geomorfologiche che sono oggetto ove necessario, di rilievi geologici di dettaglio, e d'indagini adeguatamente programmate nelle successive fasi di progettazione definitiva ed esecutiva.

Considerata la fase embrionale del progetto e atteso che le indagini geognostiche esistenti risultano eseguite in aree limitrofe a quella di interesse, non è stato possibile in questa fase elaborare un dettagliato modello geologico geotecnico di riferimento per opere di rilevante incidenza sul territorio da attenzionare, ripristinare e realizzare, mentre nella fase di progettazione successiva è in corso di definizione la natura delle criticità, in particolare di alcune opere di sostegno presenti in posizione significativa rispetto alla viabilità, che dovranno essere risanate tramite un'accurata progettazione basata sui risultati delle indagini che determineranno l'approfondimento della caratterizzazione geologica, stratigrafica, geotecnica e sismica di dettaglio per ciascun sito d'intervento.

Ad oggi le previsioni progettuali risultano compatibili con la natura geologico geotecnica e morfologico evolutiva del territorio interessato, oltre che con le Norme di Attuazione del PAI, e non sono pregiudizievoli per l'assetto idrogeologico e geomorfologico locale, mentre sono in fase di approfondimento e risoluzione le criticità rilevate e prima descritte.



## ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA

### 1. INDAGINI ESEGUITE

La presente contiene gli allegati alla Relazione Geologica redatta in data 15/01/2020 e ne costituisce parte integrante. Il congruo lasso di tempo intercorso tra la fase preliminare di studio e l'esecuzione dell'indagine (che ha reso possibile la definizione di modelli geologici, geotecnici e geofisici di sufficiente dettaglio nei siti occupati dalle opere che dovranno essere realizzate o ristrutturate in attuazione al progetto di riqualificazione) consegue allo stop prima ed al rallentamento poi delle attività lavorative imposto dalle misure sanitarie adottate dal Governo per il contrasto della pandemia da Covid 19. L'indagine geotecnica come ampiamente esposto di seguito in dettaglio, è stata condotta mediante l'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche ove le caratteristiche geologiche del sito e la natura e la complessità degli interventi da realizzare, hanno reso necessario investigare i terreni in maniera più approfondita, mentre nei casi in cui gli interventi si presentavano poco rilevanti, o comunque le caratteristiche geologiche apparivano sufficientemente chiare e permettevano una agevole stima cautelativa dei parametri geotecnici da adottare, si è ricorso alla esecuzione di scavi a mano per definire la situazione geologica e stratigrafica puntuale. L'indagine geognostica è stata direttamente seguita dal Dott. Geol. Gianluca Minin, il quale in virtù della sua comprovata esperienza locale è stato in grado di fornire una corretta interpretazione dei modelli geologico stratigrafico, ed una valutazione cautelativa dei parametri geotecnici da adottare in sede progettuale. Anche per quanto concerne la geofisica le categorie di sottosuolo sono state definite in corrispondenza dei punti interessati dalla realizzazione delle opere di maggior rilevanza mediante l'esecuzione di MASW, mentre ove le opere da realizzare presenteranno una incidenza sul territorio estremamente modesta se non trascurabile (in quanto trattasi di semplici plinti isolati e piccole platee su cui posizionare punti luce e leggere pensiline) la categoria di sottosuolo è stata definita mediante l'esecuzione di HVSR. Tali scelte conseguono anche dalla oggettiva difficoltà logistica consistita nell'operare nell'ambito di un territorio vasto ed intensamente antropizzato, con mezzi di apprezzabili dimensioni, in aree sovente anguste e da essi potenzialmente inaccessibili. Si è optato pertanto per l'esecuzione di pozzetti geognostici escavati a mano. Si ritiene comunque che nonostante ciò le indagini geotecnica e sismica della quale si riportano di seguito ampie relazioni, forniscano dati corretti, significativi e adeguatamente commisurati alla dimensione dei singoli interventi, funzionali al dimensionamento degli stessi.

### 2. ELENCO ALLEGATI

- 1) Relazione Tecnica (sulle indagini geognostiche e prove geotecniche)
- 2) Indagine Sismica (sui terreni di imposta fondale per la definizione della azione sismica di progetto ai sensi del 3.2.2 delle NTC2018)



## COMUNE DI NAPOLI



### COMMITTENTE

R.T.P. Sab s.r.l. (mandataria), B5 s.r.l. (mandante), Ing. A. Capitanucci (mandante)

### OGGETTO

Patto per Napoli - La Città Verticale:  
Riqualificazione dei percorsi pedonali tra la collina e il mare.  
Interventi di riqualificazione dei percorsi pedonali relativi allo  
scalone monumentale di Montesanto, Pedamentina di San Martino,  
Calata San Francesco, Salita Cacciottoli, Salita Moiarriello e Gradini del Petraio.

Prot. Lav.: 8/2020

Data: 31/05/2021

## RELAZIONE TECNICA

## INDICE

|                                                      |           |
|------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. PREMESSA .....</b>                             | <b>3</b>  |
| <b>2. CAMPAGNA INDAGINI .....</b>                    | <b>3</b>  |
| 2.1 Prova penetrometrica dinamica pesante DPSH ..... | 3         |
| 2.2 Micro carotaggi orizzontali nelle murature.....  | 4         |
| 2.3 Scavi a mano .....                               | 4         |
| <b>3. PEDAMENTINA di SAN MARTINO .....</b>           | <b>6</b>  |
| 3.1 Prove penetrometriche dinamiche DPSH .....       | 6         |
| 3.2 Micro carotaggi .....                            | 12        |
| 3.3 Prove con martinetto piatto .....                | 15        |
| <b>4. SALITA MOIARIELLO.....</b>                     | <b>22</b> |
| 4.1 Scavo a mano .....                               | 22        |
| <b>5. SCALONE DI MONTESANTO.....</b>                 | <b>27</b> |
| 5.1 Scavo a mano .....                               | 27        |
| <b>6. GRADINI DEL PETRAIO .....</b>                  | <b>31</b> |
| 6.1 Scavo a mano .....                               | 31        |
| <b>7. SALITA CACCIOTTOLI.....</b>                    | <b>34</b> |
| 7.1 Scavo a mano .....                               | 34        |

## 1. PREMESSA

Nel febbraio 2020, la scrivente società è stata incaricata dal Raggruppamento Temporaneo d'Imprese costituito dalla soc. R.T.P. Sab s.r.l. (mandataria), B5 s.r.l. (mandante), Ing. A. Capitanucci (mandante), di realizzare una campagna di indagini costituita da indagini geognostiche e diagnostiche finalizzate al progetto di *“Interventi di riqualificazione dei percorsi pedonali relativi allo scalone monumentale di Montesanto, Pedamentina di San Martino, Calata San Francesco, Salita Cacciottoli, Salita Moiariello e Gradini del Petraio - Patto per Napoli - La Città Verticale: Riqualificazione dei percorsi pedonali tra la collina e il mare”*.

## 2. CAMPAGNA INDAGINI

La campagna di indagini ha previsto la realizzazione della seguente tipologia di prove:

- Prove penetrometriche dinamiche del tipo DPSH;
- Micro carotaggi orizzontali nelle murature;
- Scavi a mano
- Prove con martinetto piatto, singolo e doppio.

### 2.1 Prova penetrometrica dinamica pesante DPSH

Le prove penetrometriche dinamiche pesanti DPSH sono state realizzate unicamente a monte della scala denominata “Pedamentina”, all’interno del piazzale utilizzando un penetrometro Statico-Dinamico PAGANI mod. TG 63-200 KN cingolato; le prove sono consistite nell’infissione a battuta nel terreno di una punta metallica conica, misurando il numero di colpi, forniti da un maglio, necessari per ottenere avanzamenti progressivi di 20 cm, valutando, quindi, la resistenza offerta da un terreno alla penetrazione che, per i terreni incoerenti, si esprime in differenti stati di addensamento.

Si riportano qui di seguito le principali caratteristiche meccaniche del PAGANI TG 63-200 KN:

- motore da 18 HP diesel raffreddato ad aria con avviamento elettrico;
- trasmissione idraulica con motore lento, pompa a portata variabile e distributori tarati;
- maglio di battuta da 63.5 Kg;
- altezza di caduta = 0.75 m;
- peso del maglio passivo = 20 Kg;
- lunghezza aste = 1.00 m;
- peso aste = 5.1 Kg;



- diametro interno aste = 16 mm;
- diametro esterno aste = 34 mm;
- diametro punta conica = 50.5 mm;
- angolo di apertura punta = 90°.

Di seguito si riporta una tabella che riepiloga le profondità raggiunte dalle prove DPSH.

| Sigla Prova | Profondità raggiunta in m | Causa del rifiuto                       |
|-------------|---------------------------|-----------------------------------------|
| DPSH1       | 25.00                     | Cappellaccio del Tufo Giallo Napoletano |
| DPSH2       | 12.00                     | Cappellaccio del Tufo Giallo Napoletano |

**Tabella n° 1:** Sintesi delle prove DPSH.

## 2.2 Micro carotaggi orizzontali nelle murature

Nel sito denominato Pedamentina\_01 sono state realizzate perforazioni di piccolo diametro al fine di stabilire lo spessore del muro compreso tra Largo S. Martino e la prima rampa di scale; le perforazioni orizzontali sono state realizzate con carotiere da 4 cm.

Di seguito, si riporta una tabella che sintetizza la lunghezza delle perforazioni.

| Sigla perforazione | Lunghezza micro carotaggi in m |
|--------------------|--------------------------------|
| F1                 | 7.00                           |
| F2                 | 7.00                           |

**Tabella 2:** Lunghezza perforazioni.

## 2.3 Scavi a mano

Sono stati realizzati scavi a mano finalizzati alla ricostruzione geologica dell'immediato sottosuolo in punti in cui è prevista la realizzazione di pensiline ovvero in punti in cui sono previsti interventi di messa in sicurezza di muri di contenimento, parzialmente crollati o interessati da lesioni.

Gli scavi hanno previsto la rimozione temporanea dei basoli lavici e, successivamente, lo scavo fino a profondità massime di 1.10 m; terminati gli scavi, e dopo aver effettuati i rilievi, è

stata ripristinato lo stato dei luoghi.

Il materiale rinvenuto durante gli scavi è sempre stato materiale di riporto costituito da una matrice sabbioso-limosa all'interno della quale sono stati rilevati frammenti da centimetri a decimetrici di tufo giallo e frammenti di ceramica e terracotta, questi ultimi per gran parte di epoca variabile dal '800 al '900. Il materiale di riporto è stato rinvenuto sempre in condizioni secche ed in facies incoerente con uno stato di addensamento nullo.

Considerato che gli scavi sono stati realizzati in presenza di un geologo con particolare esperienza nella caratterizzazione dei suddetti materiali, è stato possibile, in via del tutto indicativa, stimare i valori di alcuni parametri geotecnici caratteristici degli stessi materiali.

| Descrizione             | Profondità<br>m | Angolo di<br>attrito<br>$\Phi$ in gradi | Modulo<br>Edometrico<br>Eed<br>Kg/cm <sup>2</sup> | Densità<br>relativa<br>D.R. in % | Peso di<br>unità di<br>volume $\gamma$<br>in g/cm <sup>3</sup> |
|-------------------------|-----------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Materiale di<br>riporto | 0.00 - 1.10     | 25-27                                   | 20-30                                             | 35-50                            | 1,4-1,5                                                        |

**Tabella 3:** Parametri indicativi medi dei materiali di riporto rinvenuti durante gli scavi a mano.

Solo nel caso dello scavo realizzato nella scala denominata Cacciottoli, è stata rinvenuta la formazione del Tufo Giallo napoletano che costituisce il piano di fondazione di un muro di contenimento.

### 3. PEDAMENTINA di SAN MARTINO

#### 3.1 Prove penetrometriche dinamiche DPSH

Sono state realizzate n° 2 prove penetrometriche, entrambe ad una distanza di 4.0 m dal limite esterno del muro compreso tra Largo S. Martino e la prima rampa di scale, più un ulteriore tentativo di realizzazione di una terza prova che, tuttavia, non è andato a buon fine. L'ipotesi di progetto era quella di realizzare prima le prove penetrometriche e, successivamente, i sondaggi a carotaggio continuo con l'obiettivo di caratterizzare i terreni presenti nel sottosuolo da un punto di vista geologico e verificare l'eventuale presenza di manufatti antichi.

La prova DPSH1 ha raggiunto i 25 m di profondità dove si è avuto il rifiuto strumentale a causa del raggiungimento della Formazione del Tufo Giallo Napoletano; la prova DPSH2 non è stata realizzata dove previsto da progetto perché il tentativo realizzato ha verificato la presenza di cemento a circa 2 m di profondità che ha impedito la prosecuzione della prova stessa.

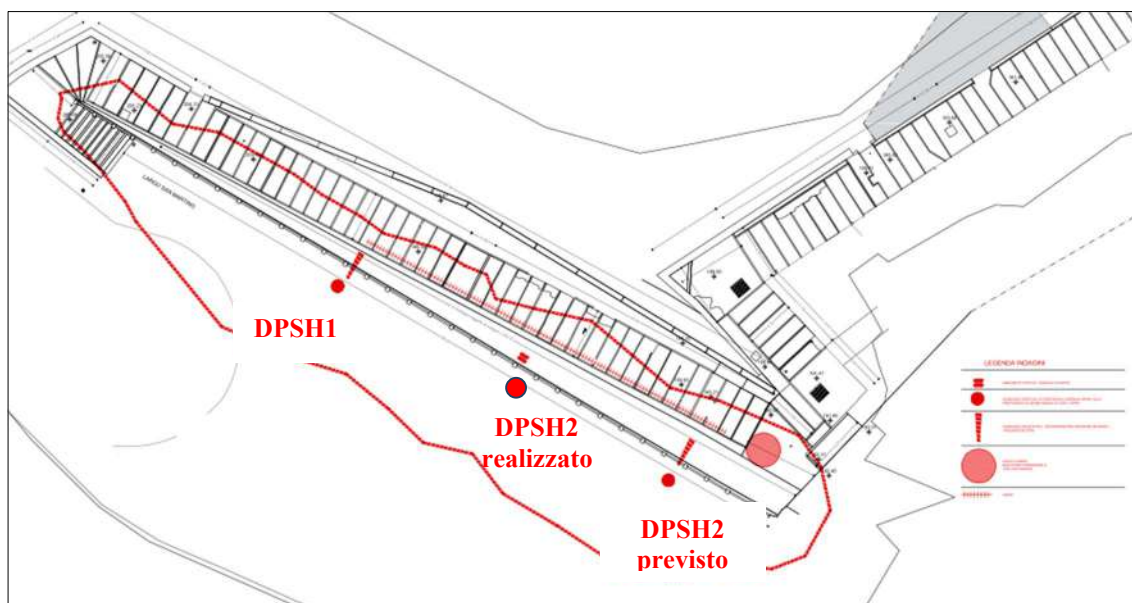
La prova DPSH 2 è stata, quindi sposta in direzione nord-ovest dove è stata eseguita completamente raggiungendo la profondità di 12.00 m dal piano campagna dove si è avuto il rifiuto strumentale a causa raggiungimento della Formazione del Tufo Giallo Napoletano ovvero di una muratura in tufo (§ Figura nn° 1 e 2).

Le prove realizzate hanno attraversato totalmente materiali di riporto sovrapposti a depositi di natura vulcanica fortemente rimaneggiati e sono terminate in coincidenza del rifiuto strumentale.

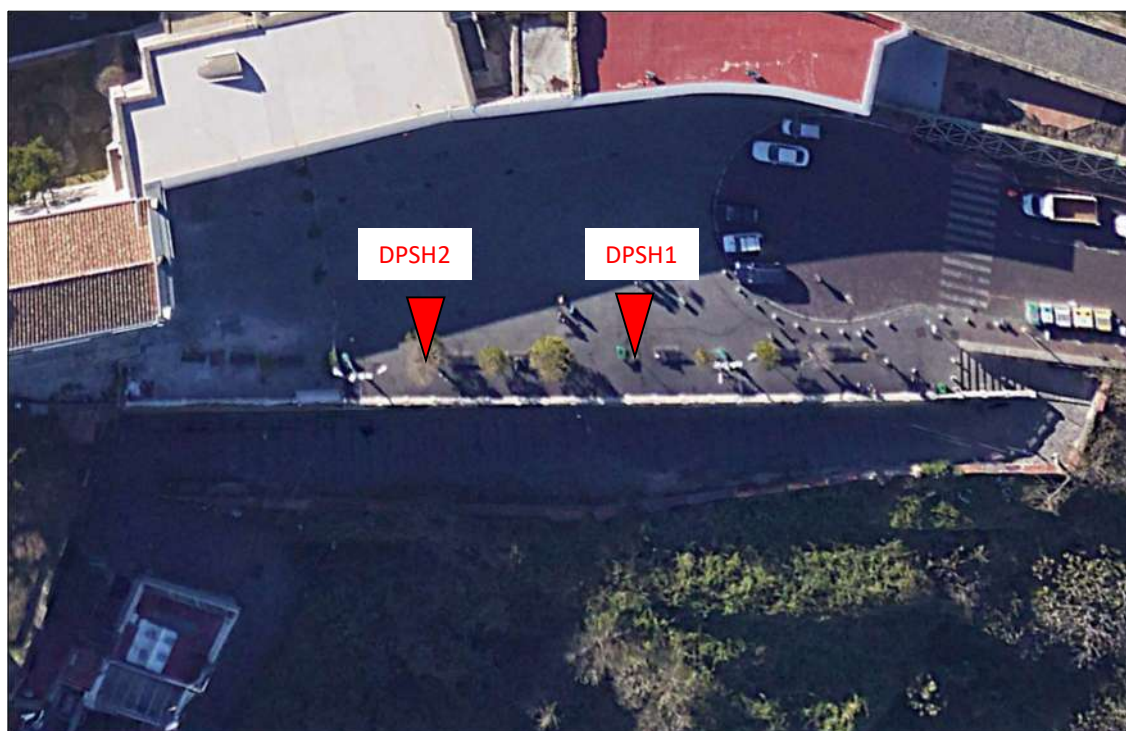
Di seguito, si riporta la tabella 1 che sintetizza le profondità raggiunte dalle prove.

| Sigla prova | Profondità raggiunta in m | Causa del rifiuto strumentale                              |
|-------------|---------------------------|------------------------------------------------------------|
| DPSH1       | 21.00                     | Cappellaccio del Tufo Giallo Napoletano                    |
| DPSH2       | 12.00                     | Cappellaccio del Tufo Giallo Napoletano o muratura in tufo |

**Tabella 1:** Profondità raggiunte dalle prove DPSH.



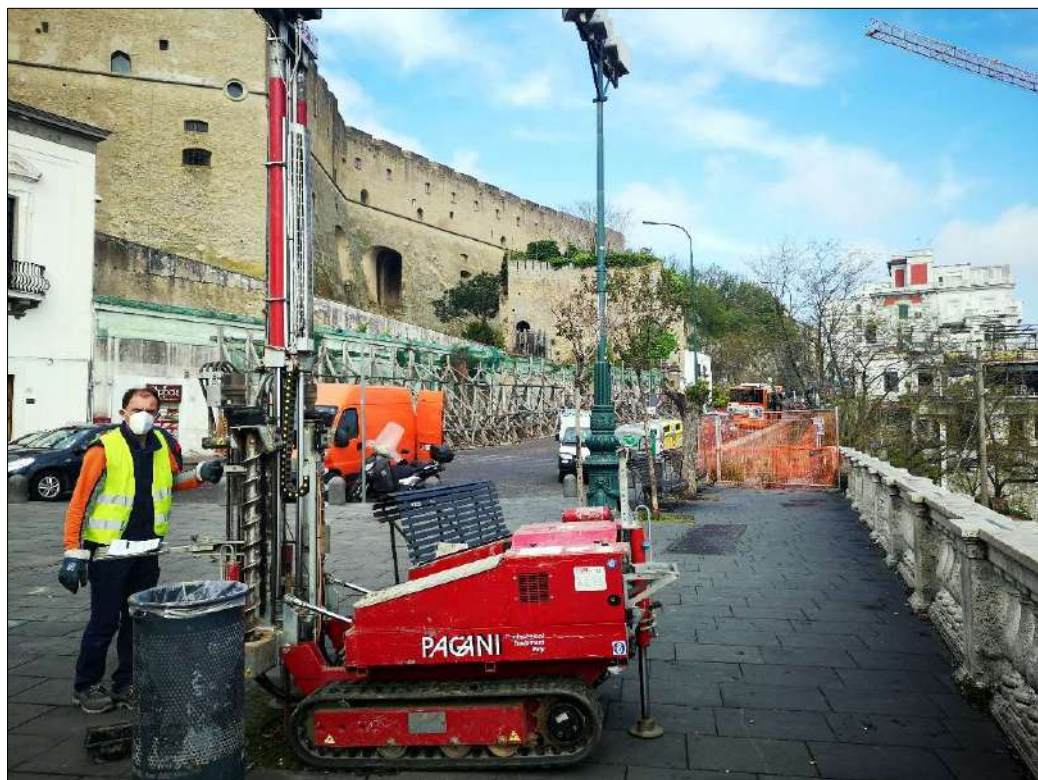
**Figura 1:** Ubicazione prove penetrometriche DPSH.



**Figura 2:** Ubicazione prove penetrometriche DPSH.



**Foto 1:** Area in cui è stata realizzata la prova DPSH n° 1



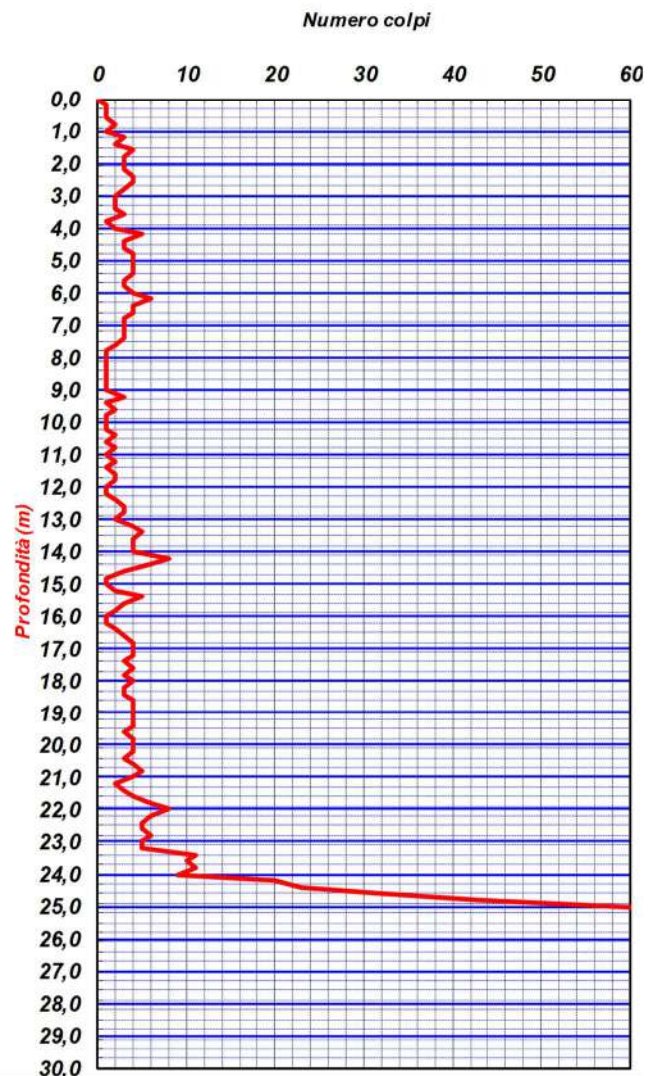
**Foto 2:** Area in cui è stata realizzata la prova DPSH n° 1.



**Foto 3:** Area in cui è stata realizzata la prova DPSH n° 2.

| PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH |                                                                 |                           |                           |                |               |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------|---------------|
| COMMITTENTE:                               | Comune di Napoli                                                |                           |                           | N° Certificato |               |
| OGGETTO:                                   | Riqualificazione dei percorsi pedonali tra la collina e il mare |                           |                           | Sigla Prova    | <b>DPSH 1</b> |
| LOCALITA':                                 | Largo S. Martino                                                |                           |                           | Data emissione | 10/05/2021    |
| MODELLO SONDA:                             | TG63-200 KN                                                     | PESO ASTE: 6,5 Kg         | APERTURA DELLA PUNTA: 90° |                |               |
| COORDINATE GEOGRAFICHE                     | Lat: 40°50'38.81" N                                             |                           | Long: 14°14'26.88" E      |                |               |
| DATA ESECUZIONE PROVA:                     | 19/04/2021                                                      | campione indisturbato (m) |                           | Pagina         | 1/1           |

| Prof. | num. Colpi | Prof. | num. Colpi | Prof. | num. Colpi | Prof. | num. Colpi |
|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|
| 0,00  | 0          | 8,20  | 1          | 16,40 | 2          | 24,60 | 31         |
| 0,20  | 1          | 8,40  | 1          | 16,60 | 3          | 24,80 | 43         |
| 0,40  | 1          | 8,60  | 1          | 16,80 | 4          | 25,00 | 60         |
| 0,60  | 1          | 8,80  | 1          | 17,00 | 4          |       |            |
| 0,80  | 2          | 9,00  | 1          | 17,20 | 4          |       |            |
| 1,00  | 1          | 9,20  | 3          | 17,40 | 3          |       |            |
| 1,20  | 3          | 9,40  | 1          | 17,60 | 4          |       |            |
| 1,40  | 2          | 9,60  | 2          | 17,80 | 3          |       |            |
| 1,60  | 4          | 9,80  | 1          | 18,00 | 4          |       |            |
| 1,80  | 3          | 10,00 | 1          | 18,20 | 3          |       |            |
| 2,00  | 3          | 10,20 | 1          | 18,40 | 3          |       |            |
| 2,20  | 3          | 10,40 | 2          | 18,60 | 4          |       |            |
| 2,40  | 4          | 10,60 | 1          | 18,80 | 4          |       |            |
| 2,60  | 4          | 10,80 | 2          | 19,00 | 4          |       |            |
| 2,80  | 3          | 11,00 | 1          | 19,20 | 4          |       |            |
| 3,00  | 2          | 11,20 | 2          | 19,40 | 4          |       |            |
| 3,20  | 2          | 11,40 | 1          | 19,60 | 3          |       |            |
| 3,40  | 2          | 11,60 | 2          | 19,80 | 4          |       |            |
| 3,60  | 3          | 11,80 | 2          | 20,00 | 4          |       |            |
| 3,80  | 1          | 12,00 | 1          | 20,20 | 4          |       |            |
| 4,00  | 2          | 12,20 | 1          | 20,40 | 3          |       |            |
| 4,20  | 5          | 12,40 | 2          | 20,60 | 4          |       |            |
| 4,40  | 3          | 12,60 | 3          | 20,80 | 5          |       |            |
| 4,60  | 3          | 12,80 | 3          | 21,00 | 4          |       |            |
| 4,80  | 4          | 13,00 | 2          | 21,20 | 2          |       |            |
| 5,00  | 4          | 13,20 | 4          | 21,40 | 3          |       |            |
| 5,20  | 4          | 13,40 | 5          | 21,60 | 4          |       |            |
| 5,40  | 4          | 13,60 | 4          | 21,80 | 6          |       |            |
| 5,60  | 3          | 13,80 | 4          | 22,00 | 8          |       |            |
| 5,80  | 3          | 14,00 | 4          | 22,20 | 6          |       |            |
| 6,00  | 4          | 14,20 | 8          | 22,40 | 5          |       |            |
| 6,20  | 6          | 14,40 | 6          | 22,60 | 5          |       |            |
| 6,40  | 4          | 14,60 | 3          | 22,80 | 6          |       |            |
| 6,60  | 4          | 14,80 | 1          | 23,00 | 5          |       |            |
| 6,80  | 3          | 15,00 | 1          | 23,20 | 5          |       |            |
| 7,00  | 3          | 15,20 | 2          | 23,40 | 11         |       |            |
| 7,20  | 3          | 15,40 | 5          | 23,60 | 10         |       |            |
| 7,40  | 3          | 15,60 | 3          | 23,80 | 11         |       |            |
| 7,60  | 2          | 15,80 | 2          | 24,00 | 9          |       |            |
| 7,80  | 1          | 16,00 | 1          | 24,20 | 20         |       |            |
| 8,00  | 1          | 16,20 | 1          | 24,40 | 23         |       |            |



**GENDA**

Prof. = profondità dal piano campagna (m)  
 num. colpi. = numero di colpi

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH

**1**

|                              |                         |  |                       |
|------------------------------|-------------------------|--|-----------------------|
| <b>Committente</b>           |                         |  |                       |
| <b>Località</b>              | Napoli - Pedamentina_01 |  |                       |
| <b>Data esecuzione Prova</b> |                         |  | <b>Certificato n.</b> |

| Prof. | num. Colpi | n.colpi corretto | Φ     | Cu   | Eed   | D.R. | Prof. | num. Colpi | n.colpi corretto | Φ     | Cu    | Eed   | D.R.  | Prof. | num. Colpi | n.colpi corretto | Φ     | Cu   | Eed   | D.R.  |
|-------|------------|------------------|-------|------|-------|------|-------|------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|------------------|-------|------|-------|-------|
| 0,20  | 1          | 1                | 22,45 | 0,00 | 10,43 | 29,8 | 9,00  | 1          | 1                | 21,98 | 0,00  | 10,43 | 18,18 | 17,80 | 3          | 4                | 25,61 | 0,00 | 31,29 | 24,01 |
| 0,40  | 1          | 1                | 22,44 | 0,00 | 10,43 | 29,3 | 9,20  | 3          | 4                | 26,13 | 0,00  | 31,29 | 31,27 | 18,00 | 4          | 6                | 26,69 | 0,00 | 41,72 | 27,61 |
| 0,60  | 1          | 1                | 22,43 | 0,00 | 10,43 | 28,7 | 9,40  | 1          | 1                | 21,96 | 0,00  | 10,43 | 17,93 | 18,20 | 3          | 4                | 25,59 | 0,00 | 31,29 | 23,8  |
| 0,80  | 2          | 3                | 25,04 | 0,00 | 20,86 | 39,9 | 9,60  | 2          | 3                | 24,58 | 0,00  | 20,86 | 25,18 | 18,40 | 3          | 4                | 25,57 | 0,00 | 31,29 | 23,7  |
| 1,00  | 1          | 1                | 22,4  | 0,00 | 10,43 | 27,8 | 9,80  | 1          | 1                | 21,94 | 0,00  | 10,43 | 17,68 | 18,60 | 4          | 6                | 26,65 | 0,00 | 41,72 | 27,25 |
| 1,20  | 3          | 4                | 26,56 | 0,00 | 31,29 | 47,3 | 10,00 | 1          | 1                | 21,93 | 0,00  | 10,43 | 17,56 | 18,80 | 4          | 6                | 26,64 | 0,00 | 41,72 | 27,13 |
| 1,40  | 2          | 3                | 25,01 | 0,00 | 20,86 | 38,0 | 10,20 | 1          | 1                | 21,92 | 1,00  | 10,43 | 17,45 | 19,00 | 4          | 6                | 26,63 | 0,00 | 41,72 | 27,02 |
| 1,60  | 4          | 6                | 27,63 | 0,00 | 41,72 | 53,0 | 10,40 | 2          | 3                | 24,53 | 2,00  | 20,86 | 24,51 | 19,20 | 4          | 6                | 26,62 | 0,00 | 41,72 | 26,9  |
| 1,80  | 3          | 4                | 26,53 | 0,00 | 31,29 | 45,2 | 10,60 | 1          | 1                | 21,89 | 3,00  | 10,43 | 17,22 | 19,40 | 4          | 6                | 26,61 | 0,00 | 41,72 | 26,79 |
| 2,00  | 3          | 4                | 26,52 | 0,00 | 31,29 | 44,5 | 10,80 | 2          | 3                | 24,51 | 4,00  | 20,86 | 24,2  | 19,60 | 3          | 4                | 25,51 | 0,00 | 31,29 | 23,11 |
| 2,20  | 3          | 4                | 26,51 | 0,00 | 31,29 | 43,9 | 11,00 | 1          | 1                | 21,87 | 5,00  | 10,43 | 17,01 | 19,80 | 4          | 6                | 26,59 | 0,00 | 41,72 | 26,57 |
| 2,40  | 4          | 6                | 27,59 | 0,00 | 41,72 | 50,0 | 11,20 | 2          | 3                | 24,49 | 6,00  | 20,86 | 23,9  | 20,00 | 4          | 6                | 26,57 | 0,00 | 41,72 | 26,46 |
| 2,60  | 4          | 6                | 27,58 | 0,00 | 41,72 | 49,4 | 11,40 | 1          | 1                | 21,85 | 7,00  | 10,43 | 16,8  | 20,20 | 4          | 6                | 26,56 | 0,00 | 41,72 | 26,36 |
| 2,80  | 3          | 4                | 26,47 | 0,00 | 31,29 | 42,2 | 11,60 | 2          | 3                | 24,47 | 8,00  | 20,86 | 23,61 | 20,40 | 3          | 4                | 25,46 | 0,00 | 31,29 | 22,74 |
| 3,00  | 2          | 3                | 24,93 | 0,00 | 20,86 | 34,0 | 11,80 | 2          | 3                | 24,46 | 9,00  | 20,86 | 23,47 | 20,60 | 4          | 6                | 26,54 | 0,00 | 41,72 | 26,15 |
| 3,20  | 2          | 3                | 24,92 | 0,00 | 20,86 | 33,6 | 12,00 | 1          | 1                | 21,82 | 10,00 | 10,43 | 16,5  | 20,80 | 5          | 7                | 27,37 | 0,00 | 52,15 | 29,12 |
| 3,40  | 2          | 3                | 24,91 | 0,00 | 20,86 | 33,2 | 12,20 | 1          | 1                | 21,76 | 11,00 | 10,43 | 16    | 21,00 | 4          | 6                | 26,52 | 0,00 | 41,72 | 25,94 |
| 3,60  | 3          | 4                | 26,43 | 0,00 | 31,29 | 40,2 | 12,40 | 2          | 3                | 24,38 | 12,00 | 20,86 | 22,5  | 21,20 | 2          | 3                | 23,88 | 0,00 | 20,86 | 18,27 |
| 3,80  | 1          | 1                | 22,26 | 0,00 | 10,43 | 22,9 | 12,60 | 3          | 4                | 25,91 | 13,00 | 31,29 | 27,39 | 21,40 | 3          | 4                | 25,4  | 0,00 | 31,29 | 22,29 |
| 4,00  | 2          | 3                | 24,87 | 0,00 | 20,86 | 32,1 | 12,80 | 3          | 4                | 25,89 | 14,00 | 31,29 | 27,24 | 21,60 | 4          | 6                | 26,48 | 0,00 | 41,72 | 25,65 |
| 4,20  | 5          | 7                | 28,34 | 0,00 | 52,15 | 50,1 | 13,00 | 2          | 3                | 24,35 | 15,00 | 20,86 | 22,11 | 21,80 | 6          | 9                | 28,01 | 0,00 | 62,58 | 31,29 |
| 4,40  | 3          | 4                | 26,39 | 0,00 | 31,29 | 38,4 | 13,20 | 4          | 6                | 26,96 | 16,00 | 41,72 | 31,1  | 22,00 | 8          | 12               | 29,09 | 0,00 | 83,44 | 36    |
| 4,60  | 3          | 4                | 26,38 | 0,00 | 31,29 | 38,0 | 13,40 | 5          | 7                | 27,8  | 17,00 | 52,15 | 34,57 | 22,20 | 6          | 9                | 27,99 | 0,00 | 62,58 | 31,06 |
| 4,80  | 4          | 6                | 27,46 | 0,00 | 41,72 | 43,5 | 13,60 | 4          | 6                | 26,94 | 18,00 | 41,72 | 30,75 | 22,40 | 5          | 7                | 27,28 | 0,00 | 52,15 | 28,25 |
| 5,00  | 4          | 6                | 27,45 | 0,00 | 41,72 | 43,0 | 13,80 | 4          | 6                | 26,93 | 19,00 | 41,72 | 30,59 | 22,60 | 5          | 7                | 27,27 | 0,00 | 52,15 | 28,14 |
| 5,20  | 4          | 6                | 27,44 | 0,00 | 41,72 | 42,6 | 14,00 | 4          | 6                | 26,92 | 20,00 | 41,72 | 30,42 | 22,80 | 6          | 9                | 27,95 | 0,00 | 62,58 | 30,72 |
| 5,40  | 4          | 6                | 27,43 | 0,00 | 41,72 | 42,2 | 14,20 | 8          | 12               | 29,53 | 21,00 | 83,44 | 42,79 | 23,00 | 5          | 7                | 27,25 | 0,00 | 52,15 | 27,94 |
| 5,60  | 3          | 4                | 26,33 | 0,00 | 31,29 | 36,2 | 14,40 | 6          | 9                | 28,43 | 22,00 | 62,58 | 36,87 | 23,20 | 5          | 7                | 27,24 | 0,00 | 52,15 | 27,84 |
| 5,80  | 3          | 4                | 26,31 | 0,00 | 31,29 | 35,9 | 14,60 | 3          | 4                | 25,79 | 23,00 | 31,29 | 25,93 | 23,40 | 11         | 16               | 30,13 | 0,00 | 114,7 | 40,04 |
| 6,00  | 4          | 6                | 27,39 | 0,00 | 41,72 | 41,0 | 14,80 | 1          | 1                | 21,61 | 24,00 | 10,43 | 14,89 | 23,60 | 10         | 15               | 29,75 | 0,00 | 104,3 | 38,04 |
| 6,20  | 6          | 9                | 28,92 | 0,00 | 62,58 | 49,8 | 15,00 | 1          | 1                | 21,6  | 25,00 | 10,43 | 14,82 | 23,80 | 11         | 16               | 30,1  | 0,00 | 114,7 | 39,76 |
| 6,40  | 4          | 6                | 27,37 | 0,00 | 41,72 | 40,3 | 15,20 | 2          | 3                | 24,22 | 26,00 | 20,86 | 20,85 | 24,00 | 9          | 13               | 29,33 | 0,00 | 93,87 | 35,84 |
| 6,60  | 4          | 6                | 27,36 | 0,00 | 41,72 | 39,9 | 15,40 | 5          | 7                | 27,68 | 27,00 | 52,15 | 32,8  | 24,20 | 20         | 29               | 32,34 | 0,00 | 208,6 | 53,23 |
| 6,80  | 3          | 4                | 26,26 | 0,00 | 31,29 | 34,3 | 15,60 | 3          | 4                | 25,73 | 28,00 | 31,29 | 25,28 | 24,40 | 23         | 34               | 32,86 | 0,00 | 239,9 | 56,89 |
| 7,00  | 3          | 4                | 26,25 | 0,00 | 31,29 | 34,0 | 15,80 | 2          | 3                | 24,19 | 29,00 | 20,86 | 20,54 | 24,60 | 31         | 46               | 33,98 | 0,00 | 323,3 | 65,82 |
| 7,20  | 3          | 4                | 26,24 | 0,00 | 31,29 | 33,7 | 16,00 | 1          | 1                | 21,55 | 30,00 | 10,43 | 14,46 | 24,80 | 43         | 63               | 35,21 | 0,00 | 448,5 | 77,25 |
| 7,40  | 3          | 4                | 26,23 | 0,00 | 31,29 | 33,5 | 16,20 | 1          | 1                | 21,53 | 31,00 | 10,43 | 14,39 | 25,00 | 60         | 88               | 36,46 | 0,00 | 625,8 | 90,94 |
| 7,60  | 2          | 3                | 24,68 | 0,00 | 20,86 | 27,1 | 16,40 | 2          | 3                | 24,15 | 32,00 | 20,86 | 20,25 |       |            |                  |       |      |       |       |
| 7,80  | 1          | 1                | 22,04 | 0,00 | 10,43 | 19,0 | 16,60 | 3          | 4                | 25,68 | 33,00 | 31,29 | 24,68 |       |            |                  |       |      |       |       |
| 8,00  | 1          | 1                | 22,03 | 0,00 | 10,43 | 18,9 | 16,80 | 4          | 6                | 26,76 | 34,00 | 41,72 | 28,37 |       |            |                  |       |      |       |       |
| 8,20  | 1          | 1                | 22,02 | 0,00 | 10,43 | 18,7 | 17,00 | 4          | 6                | 26,75 | 35,00 | 41,72 | 28,24 |       |            |                  |       |      |       |       |
| 8,40  | 1          | 1                | 22,01 | 0,00 | 10,43 | 18,6 | 17,20 | 4          | 6                | 26,73 | 36,00 | 41,72 | 28,11 |       |            |                  |       |      |       |       |
| 8,60  | 1          | 1                | 22    | 0,00 | 10,43 | 18,4 | 17,40 | 3          | 4                | 25,63 | 37,00 | 31,29 | 24,23 |       |            |                  |       |      |       |       |
| 8,80  | 1          | 1                | 21,99 | 0,00 | 10,43 | 18,3 | 17,60 | 4          | 6                | 26,71 | 38,00 | 41,72 | 27,85 |       |            |                  |       |      |       |       |

## LEGENDA

Prof. = profondità dal piano campagna (m)

num. colpi. = numero di colpi

Φ = angolo di attrito (gradi)

Eed = modulo di compressibilità edometrica (Kg/cm<sup>2</sup>)

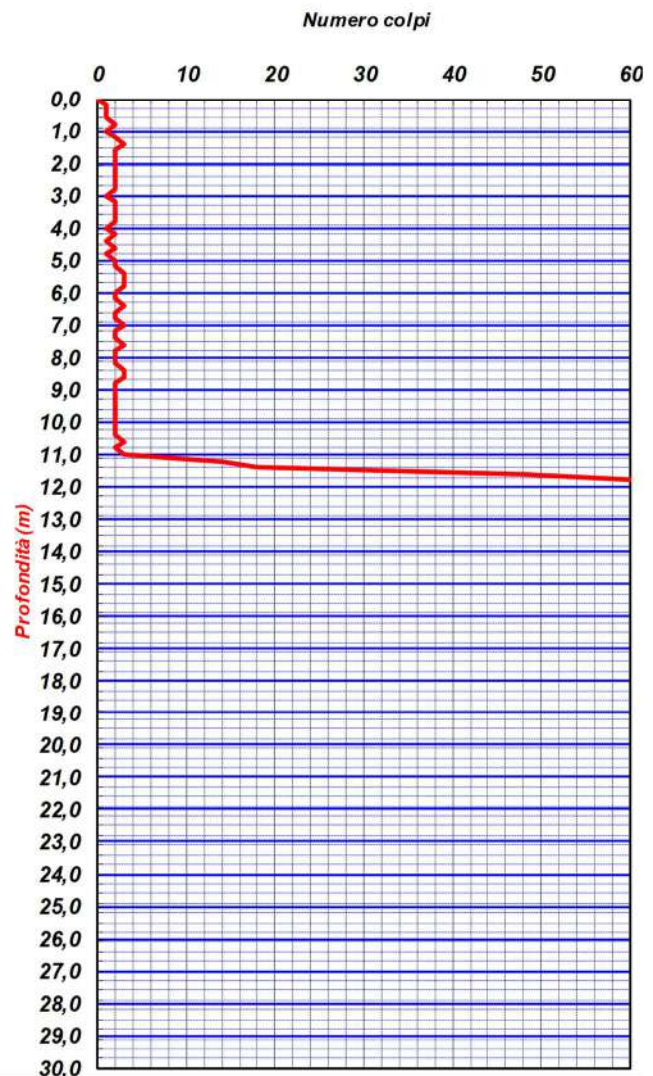
Dr = densità relativa (%)

Cu = coesione non drenata ( Kg/cm<sup>2</sup>)



| PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH |                                                                 |                           |                           |                |            |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------|------------|
| COMMITTENTE:                               | Comune di Napoli                                                |                           |                           | N° Certificato |            |
| OGGETTO:                                   | Riqualificazione dei percorsi pedonali tra la collina e il mare |                           |                           | Sigla Prova    | DPSH 2     |
| LOCALITA':                                 | Largo S. Martino                                                |                           |                           | Data emissione | 10/05/2021 |
| MODELLO SONDA:                             | TG63-200 KN                                                     | PESO ASTE: 6,5 Kg         | APERTURA DELLA PUNTA: 90° |                |            |
| COORDINATE GEOGRAFICHE                     | Lat: 40°50'38.54" N                                             |                           | Long: 14°14'27.50" E      |                |            |
| DATA ESECUZIONE PROVA:                     | 23/04/2021                                                      | campione indisturbato (m) |                           | Pagina         | 1/1        |

| Prof. | num. Colpi | Prof. | num. Colpi | Prof. | num. Colpi | Prof. | num. Colpi |
|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|
| 0,00  | 0          | 8,20  | 2          | 16,40 |            | 24,60 |            |
| 0,20  | 1          | 8,40  | 3          | 16,60 |            | 24,80 |            |
| 0,40  | 1          | 8,60  | 3          | 16,80 |            | 25,00 |            |
| 0,60  | 1          | 8,80  | 2          | 17,00 |            |       |            |
| 0,80  | 2          | 9,00  | 2          | 17,20 |            |       |            |
| 1,00  | 1          | 9,20  | 2          | 17,40 |            |       |            |
| 1,20  | 2          | 9,40  | 2          | 17,60 |            |       |            |
| 1,40  | 3          | 9,60  | 2          | 17,80 |            |       |            |
| 1,60  | 2          | 9,80  | 2          | 18,00 |            |       |            |
| 1,80  | 2          | 10,00 | 2          | 18,20 |            |       |            |
| 2,00  | 2          | 10,20 | 2          | 18,40 |            |       |            |
| 2,20  | 2          | 10,40 | 2          | 18,60 |            |       |            |
| 2,40  | 2          | 10,60 | 3          | 18,80 |            |       |            |
| 2,60  | 2          | 10,80 | 2          | 19,00 |            |       |            |
| 2,80  | 2          | 11,00 | 3          | 19,20 |            |       |            |
| 3,00  | 1          | 11,20 | 14         | 19,40 |            |       |            |
| 3,20  | 2          | 11,40 | 18         | 19,60 |            |       |            |
| 3,40  | 2          | 11,60 | 48         | 19,80 |            |       |            |
| 3,60  | 2          | 11,80 | 60         | 20,00 |            |       |            |
| 3,80  | 2          | 12,00 |            | 20,20 |            |       |            |
| 4,00  | 1          | 12,20 |            | 20,40 |            |       |            |
| 4,20  | 2          | 12,40 |            | 20,60 |            |       |            |
| 4,40  | 1          | 12,60 |            | 20,80 |            |       |            |
| 4,60  | 2          | 12,80 |            | 21,00 |            |       |            |
| 4,80  | 1          | 13,00 |            | 21,20 |            |       |            |
| 5,00  | 2          | 13,20 |            | 21,40 |            |       |            |
| 5,20  | 2          | 13,40 |            | 21,60 |            |       |            |
| 5,40  | 3          | 13,60 |            | 21,80 |            |       |            |
| 5,60  | 3          | 13,80 |            | 22,00 |            |       |            |
| 5,80  | 3          | 14,00 |            | 22,20 |            |       |            |
| 6,00  | 2          | 14,20 |            | 22,40 |            |       |            |
| 6,20  | 2          | 14,40 |            | 22,60 |            |       |            |
| 6,40  | 3          | 14,60 |            | 22,80 |            |       |            |
| 6,60  | 2          | 14,80 |            | 23,00 |            |       |            |
| 6,80  | 2          | 15,00 |            | 23,20 |            |       |            |
| 7,00  | 3          | 15,20 |            | 23,40 |            |       |            |
| 7,20  | 2          | 15,40 |            | 23,60 |            |       |            |
| 7,40  | 2          | 15,60 |            | 23,80 |            |       |            |
| 7,60  | 3          | 15,80 |            | 24,00 |            |       |            |
| 7,80  | 2          | 16,00 |            | 24,20 |            |       |            |
| 8,00  | 2          | 16,20 |            | 24,40 |            |       |            |



**GENDA**

Prof. = profondità dal piano campagna (m)  
 num. colpi. = numero di colpi

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH**

**2**

|                              |                         |                       |
|------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| <b>Committente</b>           |                         |                       |
| <b>Località</b>              | Napoli - Pedamentina_01 |                       |
| <b>Data esecuzione Prova</b> |                         | <b>Certificato n.</b> |

| Prof. | num. Colpi | n.colpi corretto | Φ     | Cu   | Eed   | D.R. | Prof. | num. Colpi | n.colpi corretto | Φ     | Cu    | Eed   | D.R.  | Prof. | num. Colpi | n.colpi corretto | Φ  | Cu   | Eed | D.R. |
|-------|------------|------------------|-------|------|-------|------|-------|------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|------------------|----|------|-----|------|
| 0,20  | 1          | 1                | 22,45 | 0,00 | 10,43 | 29,8 | 9,00  | 2          | 3                | 24,61 | 0,00  | 20,86 | 25,71 | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 0,40  | 1          | 1                | 22,44 | 0,00 | 10,43 | 29,3 | 9,20  | 2          | 3                | 24,6  | 0,00  | 20,86 | 25,53 | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 0,60  | 1          | 1                | 22,43 | 0,00 | 10,43 | 28,7 | 9,40  | 2          | 3                | 24,59 | 0,00  | 20,86 | 25,35 | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 0,80  | 2          | 3                | 25,04 | 0,00 | 20,86 | 39,9 | 9,60  | 2          | 3                | 24,58 | 0,00  | 20,86 | 25,18 | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 1,00  | 1          | 1                | 22,4  | 0,00 | 10,43 | 27,8 | 9,80  | 2          | 3                | 24,56 | 0,00  | 20,86 | 25,01 | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 1,20  | 2          | 3                | 25,02 | 0,00 | 20,86 | 38,6 | 10,00 | 2          | 3                | 24,55 | 0,00  | 20,86 | 24,84 | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 1,40  | 3          | 4                | 26,55 | 0,00 | 31,29 | 46,6 | 10,20 | 2          | 3                | 24,54 | 1,00  | 20,86 | 24,68 | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 1,60  | 2          | 3                | 25    | 0,00 | 20,86 | 37,4 | 10,40 | 2          | 3                | 24,53 | 2,00  | 20,86 | 24,51 | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 1,80  | 2          | 3                | 24,99 | 0,00 | 20,86 | 36,9 | 10,60 | 3          | 4                | 26,06 | 3,00  | 31,29 | 29,83 | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 2,00  | 2          | 3                | 24,98 | 0,00 | 20,86 | 36,4 | 10,80 | 2          | 3                | 24,51 | 4,00  | 20,86 | 24,2  | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 2,20  | 2          | 3                | 24,97 | 0,00 | 20,86 | 35,9 | 11,00 | 3          | 4                | 26,04 | 5,00  | 31,29 | 29,46 | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 2,40  | 2          | 3                | 24,96 | 0,00 | 20,86 | 35,4 | 11,20 | 14         | 21               | 31,87 | 6,00  | 146   | 63,24 | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 2,60  | 2          | 3                | 24,95 | 0,00 | 20,86 | 34,9 | 11,40 | 18         | 26               | 32,81 | 7,00  | 187,7 | 71,27 | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 2,80  | 2          | 3                | 24,94 | 0,00 | 20,86 | 34,4 | 11,60 | 48         | 71               | 36,52 | 8,00  | 500,6 | 115,7 | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 3,00  | 1          | 1                | 22,3  | 0,00 | 10,43 | 24,1 | 11,80 | 60         | 88               | 37,35 | 9,00  | 625,8 | 128,6 | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 3,20  | 2          | 3                | 24,92 | 0,00 | 20,86 | 33,6 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 10,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 3,40  | 2          | 3                | 24,91 | 0,00 | 20,86 | 33,2 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 11,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 3,60  | 2          | 3                | 24,89 | 0,00 | 20,86 | 32,8 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 12,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 3,80  | 2          | 3                | 24,88 | 0,00 | 20,86 | 32,4 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 13,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 4,00  | 1          | 1                | 22,25 | 0,00 | 10,43 | 22,7 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 14,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 4,20  | 2          | 3                | 24,86 | 0,00 | 20,86 | 31,7 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 15,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 4,40  | 1          | 1                | 22,22 | 0,00 | 10,43 | 22,2 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 16,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 4,60  | 2          | 3                | 24,84 | 0,00 | 20,86 | 31,0 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 17,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 4,80  | 1          | 1                | 22,2  | 0,00 | 10,43 | 21,7 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 18,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 5,00  | 2          | 3                | 24,82 | 0,00 | 20,86 | 30,4 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 19,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 5,20  | 2          | 3                | 24,81 | 0,00 | 20,86 | 30,1 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 20,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 5,40  | 3          | 4                | 26,34 | 0,00 | 31,29 | 36,5 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 21,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 5,60  | 3          | 4                | 26,33 | 0,00 | 31,29 | 36,2 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 22,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 5,80  | 3          | 4                | 26,31 | 0,00 | 31,29 | 35,9 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 23,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 6,00  | 2          | 3                | 24,77 | 0,00 | 20,86 | 29,0 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 24,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 6,20  | 2          | 3                | 24,76 | 0,00 | 20,86 | 28,7 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 25,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 6,40  | 3          | 4                | 26,28 | 0,00 | 31,29 | 34,9 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 26,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 6,60  | 2          | 3                | 24,73 | 0,00 | 20,86 | 28,2 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 27,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 6,80  | 2          | 3                | 24,72 | 0,00 | 20,86 | 28,0 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 28,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 7,00  | 3          | 4                | 26,25 | 0,00 | 31,29 | 34,0 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 29,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 7,20  | 2          | 3                | 24,7  | 0,00 | 20,86 | 27,5 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 30,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 7,40  | 2          | 3                | 24,69 | 0,00 | 20,86 | 27,3 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 31,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 7,60  | 3          | 4                | 26,22 | 0,00 | 31,29 | 33,2 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 32,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 7,80  | 2          | 3                | 24,67 | 0,00 | 20,86 | 26,9 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 33,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 8,00  | 2          | 3                | 24,66 | 0,00 | 20,86 | 26,7 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 34,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 8,20  | 2          | 3                | 24,65 | 0,00 | 20,86 | 26,5 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 35,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 8,40  | 3          | 4                | 26,18 | 0,00 | 31,29 | 32,2 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 36,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 8,60  | 3          | 4                | 26,17 | 0,00 | 31,29 | 31,9 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 37,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |
| 8,80  | 2          | 3                | 24,62 | 0,00 | 20,86 | 25,9 | 0,00  | 0          | 0                | 21    | 38,00 | 0     | 0     | 0,00  | 0          | 0                | 21 | 0,00 | 0   | 0    |

**LEGENDA**

Prof. = profondità dal piano campagna (m)

num. colpi. = numero di colpi

Φ = angolo di attrito (gradi)

Eed = modulo di compressibilità edometrica (Kg/cm<sup>2</sup>)

Dr = densità relativa (%)

Cu = coesione non drenata ( Kg/cm<sup>2</sup>)

### 3.2 Micro carotaggi

Sono stati realizzati n° 2 micro carotaggi orizzontali a carotaggio continuo con diametro da 40 mm e lunghezza di 7 m, ubicati alla base del muro compreso tra il Largo S. Martino e la prima rampa della scala della Pedamentina (§ Figura n° 3); i carotaggi hanno necessitato, in primo luogo, il fissaggio della carotatrice a terra e sulla parete verticale del muro e, successivamente, il collegamento della stessa carotatrice con le cisterne dell'acqua e con il generatore di corrente posti entrambi su un furgone parcheggiato nel piazzale di S. Martino.



**Figura 3:** Ubicazione dei micro carotaggi.

I micro carotaggi sono stati realizzati per tutta la loro lunghezza all'interno di muratura costituita da blocchi di tufo alternati con livelli di malta, questi ultimi con spessori variabili dal centimetro ad alcuni decimetri.

Si specifica che i micro carotaggi sono terminati a 7 metri di profondità poiché erano terminate le aste di perforazione; pertanto, la muratura attraversata presenta uno spessore certamente maggiore.



**Foto 4:** Micro carotaggio n° 1 alla base della prima rampa della scala.



**Foto 5:** Particolare della foto precedente.



**Foto 6:** Micro carotaggio n° 2 nella parte alta della prima rampa della scala.



**Foto 7:** Micro carotaggio n° 2 nella parte alta della prima rampa della scala.

### 3.3 Prove con martinetto piatto

Come da ipotesi di progetto sono state realizzate due prove con martinetto singolo e doppio per individuare la resistenza a rottura di due muri e le tensioni sviluppate dagli stessi.

La prima prova, denominata Ms1-Md1, è stata realizzata a metà della prima rampa di scale, sul muro compreso tra Largo S. Martino e i gradini della scala stessa, tra la lesione visibile sulla parete del muro ed il micro carotaggio (§ Figura 4); la seconda prova, denominata Ms2-Md2, è stata realizzata sul muro meridionale della quarta rampa della scala, tra il secondo e terzo barbacane che si rinvencono scendendo la scala stessa (§ Figura 5).

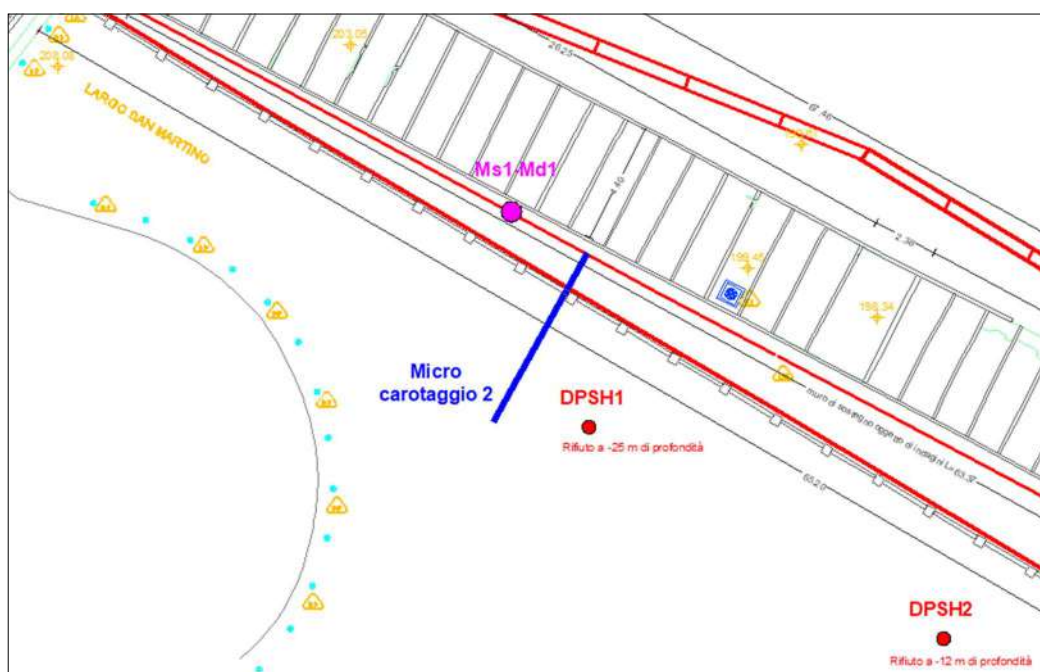
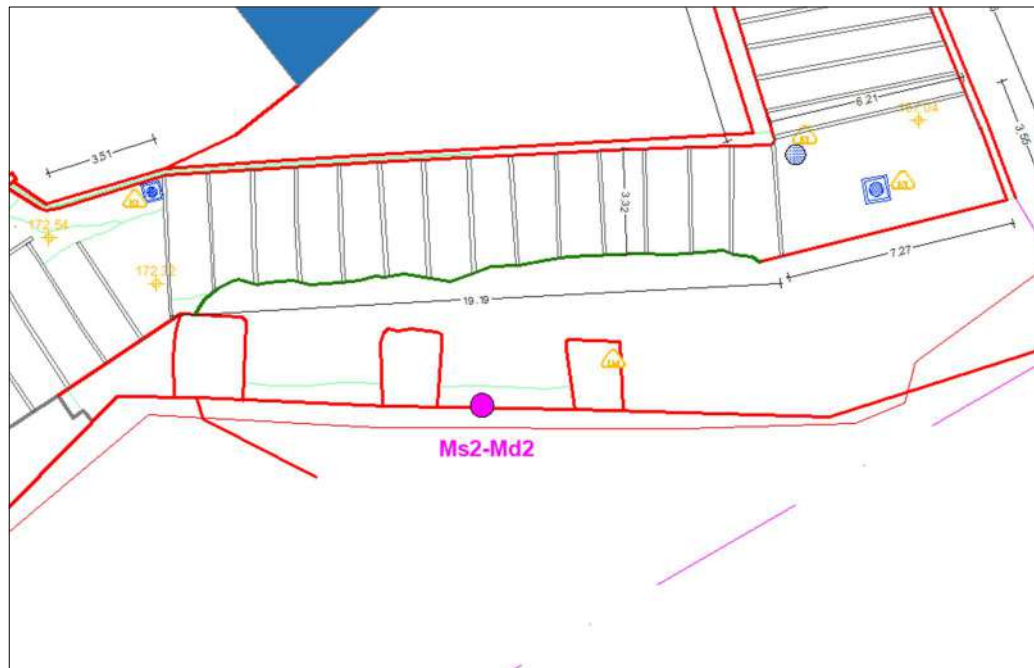


Figura 4: Ubicazione prova con martinetto singolo e doppio Ms1-Md1.



Foto 8: Martinetto piatto singolo MS1 e doppio MD1.



**Figura 5:** Ubicazione prova con martinetto singolo e doppio Ms2-Md2.



**Foto 9:** Martinetto piatto singolo MS2 e doppio MD2.



**Foto 10:** Martinetto piatto singolo MS2 e doppio MD2.



## Prova con i martinetti piatti: Martinetto singolo MS1

### Informazioni generali

Committente: Comune di Napoli  
 Località: Largo S. Martino  
 Cantiere: Scala Pedamentina - prima rampa  
 Posizione: muro  
 Data: 28/04/2021  
 Martinetti: semicircolari 260\*350 mm  
 Distanza basi di misura: mm 300  
 Muratura: conci regolari di tufo  
 Note: muratura in condizioni buone  
 Kt: 0,92 Km: 0,915

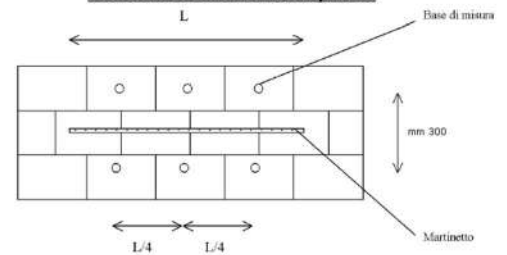
### Foto della prova



### Dati riassuntivi

| Letture (mm)            | V1               | V2    | V3    | Delta |
|-------------------------|------------------|-------|-------|-------|
| Lettura iniziale        | 2,855            | 2,895 | 0,785 | 0,000 |
| Successiva al taglio    | 2,705            | 2,821 | 0,696 | 0,104 |
| Pressione di ripristino | <b>0,185 MPa</b> |       |       |       |

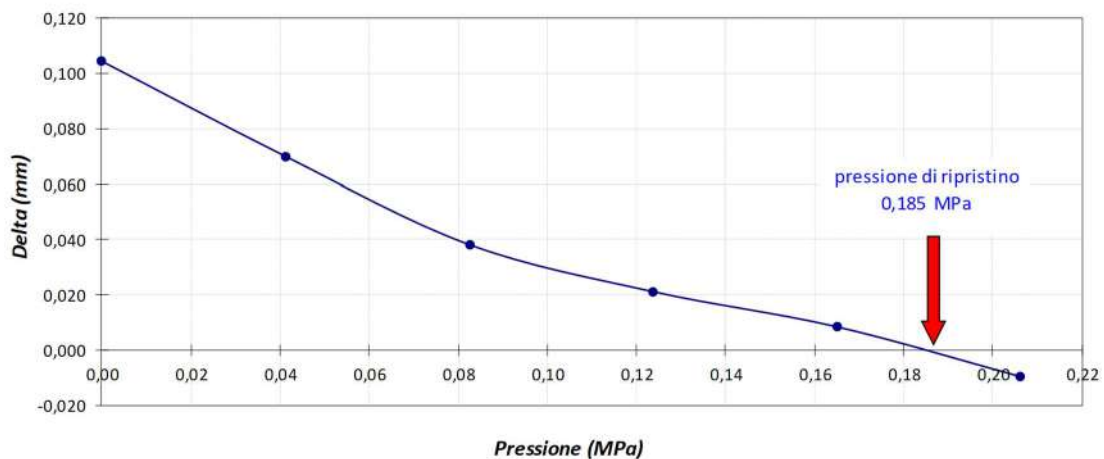
### Schema esecutivo della prova



### Dati sperimentali

| Pressione Bar | Pressione MPa | letture al deformometro |       |       | Delta  |        |        | D Medio |
|---------------|---------------|-------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|
|               |               | v1                      | v2    | v3    | v1     | v2     | v3     |         |
| 0             | 0,00          | 2,855                   | 2,895 | 0,785 | 0,000  | 0,000  | 0,000  | 0,000   |
| 0             | 0,00          | 2,705                   | 2,821 | 0,696 | -0,150 | -0,074 | -0,089 | 0,104   |
| 0,5           | 0,04          | 2,755                   | 2,85  | 0,720 | -0,100 | -0,045 | -0,065 | 0,070   |
| 1             | 0,08          | 2,811                   | 2,873 | 0,736 | -0,044 | -0,022 | -0,049 | 0,038   |
| 1,5           | 0,12          | 2,828                   | 2,891 | 0,752 | -0,027 | -0,004 | -0,033 | 0,021   |
| 2             | 0,16          | 2,841                   | 2,899 | 0,769 | -0,014 | 0,004  | -0,016 | 0,009   |
| 2,5           | 0,21          | 2,860                   | 2,921 | 0,782 | 0,005  | 0,026  | -0,003 | -0,009  |

Singolo martinetto MS1  
 Grafico deformazioni/pressioni

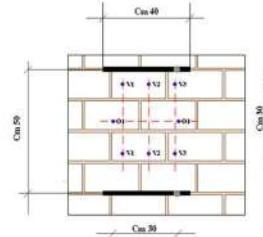


**PROVA CON MARTINETTI PIATTI: Martinetto doppio - MD1**

**Informazioni di base**

Committente: Comune di Napoli  
 Località: Largo S. Martino  
 Cantiere: Scala Pedamentina - prima rampa  
 Posizione: **muro**  
 Data: **28/04/2021**  
 Martinetti: **semicircolari 260\*350 mm**  
 Distanza basi di misura: **mm 300**  
 Muratura: **conci regolari di tufo**  
 Note: **muratura in condizioni buone**  
 Kt: **0,92** Km: **0,915**

**Schema esecutivo della prova**



**Foto della prova**



**Dati sperimentali**

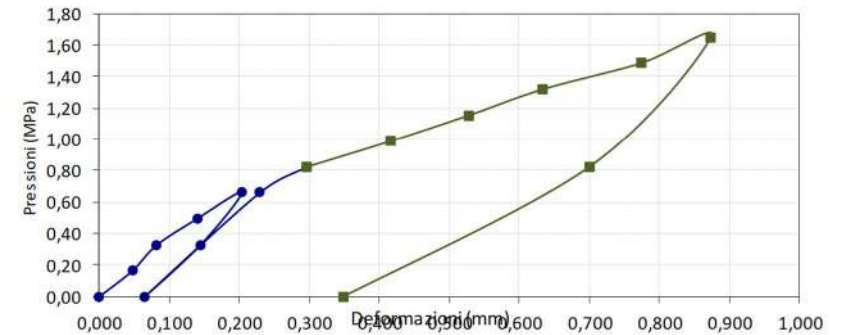
| Bar | Press. MPa | letture al deformometro |       |       |        | Delta |       |       |       | Media |       |
|-----|------------|-------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     |            | 1v                      | 2v    | 3v    | 1o     | 1v    | 2v    | 3v    | 1o    | V     | O     |
| 0   | 0,00       | -0,441                  | 1,784 | 1,950 | -1,182 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 2   | 0,16       | -0,488                  | 1,720 | 1,918 | -1,177 | 0,047 | 0,064 | 0,032 | 0,005 | 0,048 | 0,005 |
| 4   | 0,33       | -0,523                  | 1,697 | 1,870 | -1,170 | 0,082 | 0,087 | 0,080 | 0,012 | 0,083 | 0,012 |
| 6   | 0,49       | -0,577                  | 1,629 | 1,821 | -1,160 | 0,136 | 0,155 | 0,129 | 0,022 | 0,140 | 0,022 |
| 8   | 0,66       | -0,640                  | 1,572 | 1,750 | -1,152 | 0,199 | 0,212 | 0,200 | 0,030 | 0,204 | 0,030 |
| 4   | 0,33       | -0,581                  | 1,623 | 1,815 | -1,161 | 0,140 | 0,161 | 0,135 | 0,021 | 0,145 | 0,021 |
| 0   | 0,00       | -0,476                  | 1,717 | 1,857 | -1,180 | 0,035 | 0,067 | 0,093 | 0,002 | 0,065 | 0,002 |
| 8   | 0,66       | -0,654                  | 1,522 | 1,736 | -1,154 | 0,213 | 0,262 | 0,214 | 0,028 | 0,230 | 0,028 |
| 10  | 0,82       | -0,735                  | 1,470 | 1,667 | -1,139 | 0,294 | 0,314 | 0,283 | 0,043 | 0,297 | 0,043 |
| 12  | 0,99       | -0,849                  | 1,350 | 1,540 | -1,129 | 0,408 | 0,434 | 0,410 | 0,053 | 0,417 | 0,053 |
| 14  | 1,15       | -0,959                  | 1,239 | 1,426 | -1,116 | 0,518 | 0,545 | 0,524 | 0,066 | 0,529 | 0,066 |
| 16  | 1,32       | -1,066                  | 1,138 | 1,319 | -1,095 | 0,625 | 0,646 | 0,631 | 0,087 | 0,634 | 0,087 |
| 18  | 1,48       | -1,199                  | 0,995 | 1,176 | -1,059 | 0,758 | 0,789 | 0,774 | 0,123 | 0,774 | 0,123 |
| 20  | 1,65       | -1,300                  | 0,902 | 1,070 | -1,012 | 0,859 | 0,882 | 0,880 | 0,170 | 0,874 | 0,170 |
| 10  | 0,82       | -1,125                  | 1,069 | 1,248 | -1,051 | 0,684 | 0,715 | 0,702 | 0,131 | 0,700 | 0,131 |
| 0   | 0,00       | -0,776                  | 1,429 | 1,595 | -1,123 | 0,335 | 0,355 | 0,355 | 0,059 | 0,348 | 0,059 |

**Tensione di rottura [MPa]:** >1,65

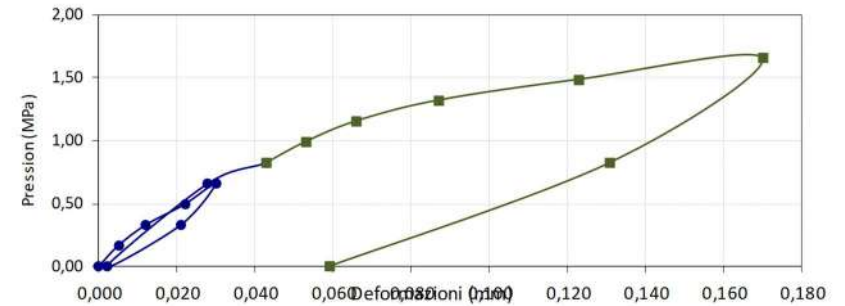
**Modulo di elasticità sec. E0-8 [MPa]:** 1427,8

**Grafici di restituzione**

**Grafico delle deformazioni verticali**



**Grafico delle deformazioni orizzontali**



**NOTA:** Sono stati eseguiti due cicli di carico e scarico fino alla pressione massima di 20 bar, oltre la quale non si è andati visto il modesto contrasto superiore.

## Prova con i martinetti piatti: Martinetto singolo MS2

### Informazioni generali

Committente: Comune di Napoli  
 Località: Largo S. Martino  
 Cantiere: Scala Pedamentina - prima rampa  
 Posizione: **muro**  
 Data: **28/04/2021**  
 Martinetti: **semicircolari 260\*350 mm**  
 Distanza basi di misura: **mm 300**  
 Muratura: **conci irregolari di tufo**  
 Note: **muratura in condizioni normali**  
 Kt: **0,92** Km: **0,915**

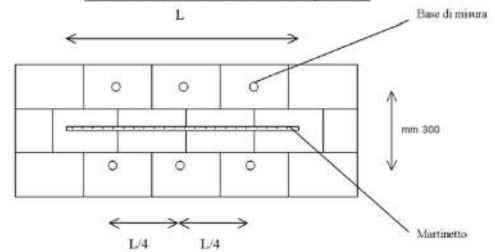
### Foto della prova



### Dati riassuntivi

| Letture (mm)            | V1              | V2     | V3     | Delta |
|-------------------------|-----------------|--------|--------|-------|
| Lettura iniziale        | -4,085          | -0,131 | -1,563 | 0,000 |
| Successiva al taglio    | -4,155          | -0,181 | -1,595 | 0,051 |
| Pressione di ripristino | <b>0,31 MPa</b> |        |        |       |

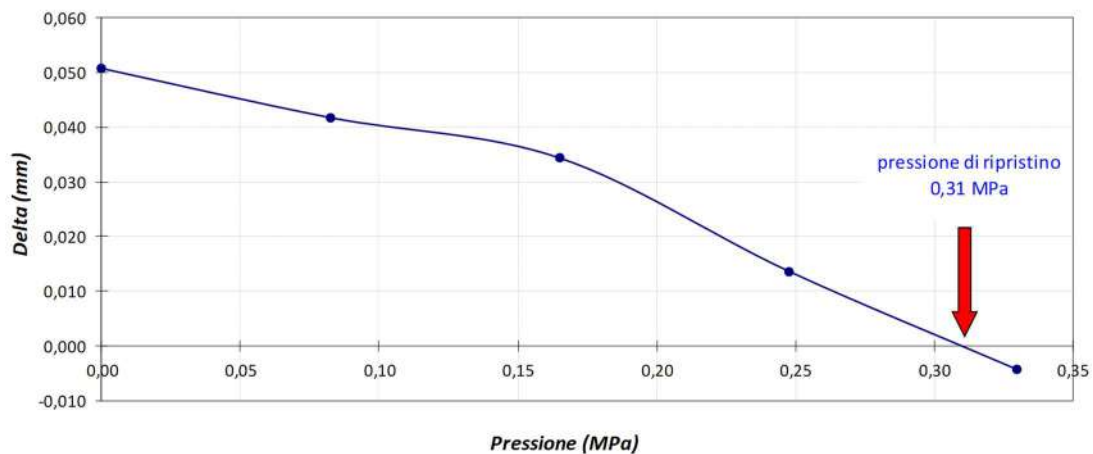
### Schema esecutivo della prova



### Dati sperimentali

| Pressione Bar | Pressione MPa | letture al deformometro |        |        | Delta  |        |        | D Medio       |
|---------------|---------------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|
|               |               | v1                      | v2     | v3     | v1     | v2     | v3     |               |
| 0             | 0,00          | -4,085                  | -0,131 | -1,563 | 0,000  | 0,000  | 0,000  | <b>0,000</b>  |
| 0             | 0,00          | -4,155                  | -0,181 | -1,595 | -0,070 | -0,050 | -0,032 | <b>0,051</b>  |
| 1             | 0,08          | -4,152                  | -0,177 | -1,575 | -0,067 | -0,046 | -0,012 | <b>0,042</b>  |
| 2             | 0,16          | -4,147                  | -0,163 | -1,572 | -0,062 | -0,032 | -0,009 | <b>0,034</b>  |
| 3             | 0,25          | -4,122                  | -0,146 | -1,552 | -0,037 | -0,015 | 0,011  | <b>0,014</b>  |
| 4             | 0,33          | -4,101                  | -0,132 | -1,533 | -0,016 | -0,001 | 0,030  | <b>-0,004</b> |

Singolo martinetto MS2  
 Grafico deformazioni/pressioni

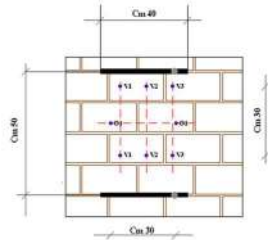


**PROVA CON MARTINETTI PIATTI: Martinetto doppio - MD2**

**Informazioni di base**

Committente: Comune di Napoli  
 Località: Largo S. Martino  
 Cantiere: Scala Pedamentina - prima rampa  
 Posizione: **muro**  
 Data: **28/04/2021**  
 Martinetti: **semicirculari 260\*350 mm**  
 Distanza basi di misura: **mm 300**  
 Muratura: **conci irregolari di tufo**  
 Note: **muratura in condizioni normali**  
 Kt: **0,92** Km: **0,915**

**Schema esecutivo della prova**



**Foto della prova**



**Dati sperimentali**

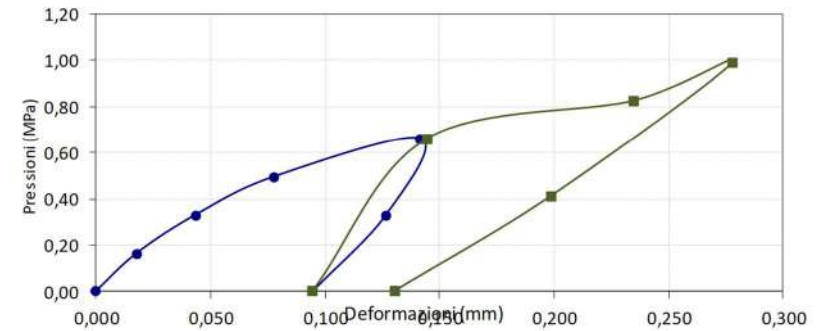
| Bar | Press. MPa | letture al deformometro |        |        |        | Delta |       |       |       | Media |       |
|-----|------------|-------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     |            | 1v                      | 2v     | 3v     | 1o     | 1v    | 2v    | 3v    | 1o    | V     | O     |
| 0   | 0,00       | -0,723                  | -0,466 | -5,317 | -0,736 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 2   | 0,16       | -0,747                  | -0,477 | -5,336 | -0,728 | 0,024 | 0,011 | 0,019 | 0,008 | 0,018 | 0,008 |
| 4   | 0,33       | -0,757                  | -0,512 | -5,368 | -0,717 | 0,034 | 0,046 | 0,051 | 0,019 | 0,044 | 0,019 |
| 6   | 0,49       | -0,795                  | -0,545 | -5,400 | -0,707 | 0,072 | 0,079 | 0,083 | 0,029 | 0,078 | 0,029 |
| 8   | 0,66       | -0,852                  | -0,605 | -5,474 | -0,703 | 0,129 | 0,139 | 0,157 | 0,033 | 0,142 | 0,033 |
| 4   | 0,33       | -0,836                  | -0,593 | -5,457 | -0,721 | 0,113 | 0,127 | 0,140 | 0,015 | 0,127 | 0,015 |
| 0   | 0,00       | -0,813                  | -0,558 | -5,419 | -0,733 | 0,090 | 0,092 | 0,102 | 0,003 | 0,095 | 0,003 |
| 8   | 0,66       | -0,858                  | -0,610 | -5,472 | -0,677 | 0,135 | 0,144 | 0,155 | 0,059 | 0,145 | 0,059 |
| 10  | 0,82       | -0,934                  | -0,699 | -5,578 | -0,665 | 0,211 | 0,233 | 0,261 | 0,071 | 0,235 | 0,071 |
| 12  | 0,99       | -0,975                  | -0,754 | -5,611 | -0,612 | 0,252 | 0,288 | 0,294 | 0,124 | 0,278 | 0,124 |
| 5   | 0,41       | -0,894                  | -0,693 | -5,516 | -0,671 | 0,171 | 0,227 | 0,199 | 0,065 | 0,199 | 0,065 |
| 0   | 0,00       | -0,840                  | -0,597 | -5,460 | -0,691 | 0,117 | 0,131 | 0,143 | 0,045 | 0,130 | 0,045 |

**Tensione di rottura [MPa]:** >0,99

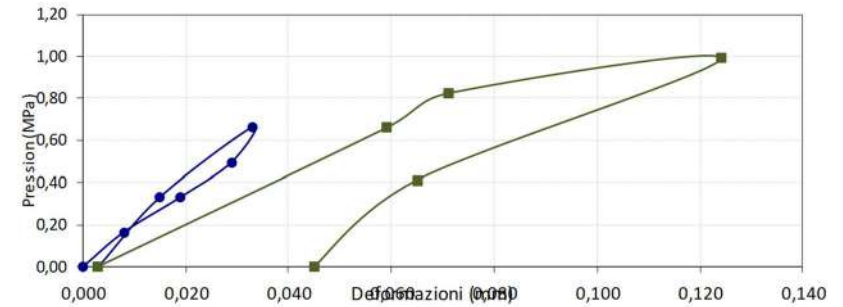
**Modulo di elasticità sec. E0-8 [MPa]:** 4212,6

**Grafici di restituzione**

**Grafico delle deformazioni verticali**



**Grafico delle deformazioni orizzontali**



**NOTA:** Sono stati eseguiti due cicli di carico e scarico fino alla pressione massima di 12 bar, oltre la quale non si è andati visto il modesto contrasto superiore.

## 4. SALITA MOIARIELLO

### 4.1 Scavo a mano

Sono stati realizzati n° 2 scavi a mano in adiacenza al muro che si sviluppa sul lato sinistro salendo la scala del MoiarIELLO; in primo luogo, sono stati rimossi i basoli in lava e, successivamente, sono stati approfonditi gli scavi fino al raggiungimento della base della fondazione del muro stesso, attraversando unicamente materiali di riporto di epoca ottocentesca.

Il primo scavo è stato realizzato in adiacenza al muro crollato, mentre il secondo nel punto in cui sarà realizzata una pensilina (§ Figura n° 1); in particolare, lo scavo n° 1 ha raggiunto la profondità di 1.10 m dal piano campagna portando alla luce la base della fondazione e le modalità esecutrici della stessa, mentre lo scavo n° 2 ha raggiunto la profondità di 80 cm terminando in coincidenza di un letto di cemento fuso di colore grigio verdastro su cui è stata poggiata la fondazione.

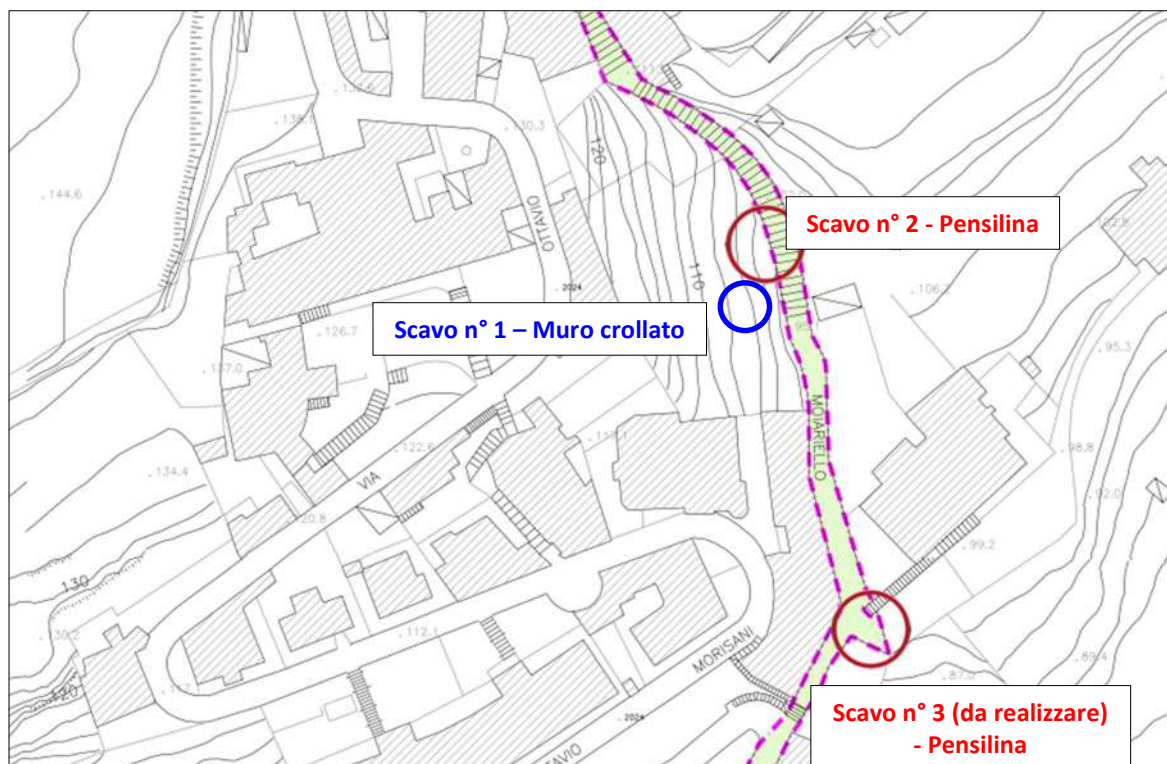


Figura 1: Ubicazione scavi a mano.



**Foto 1:** Scavo n° 1 realizzato in prossimità del muro crollato.



**Foto 2:** Scavo n° 1 realizzato in prossimità del muro crollato.



**Foto 3:** Scavo n° 1 realizzato in prossimità del muro crollato.



**Foto 4:** Particolare della fondazione del muro visibile nello scavo n° 1.



**Foto 5:** Particolare dei frammenti di ceramica e di terracotta rinvenuti nello scavo.



**Foto 6:** Ripristino dello stato dei luoghi.



**Foto 7:** Scavo n° 2 in esecuzione.



**Foto 8:** Scavo n° 2 ultimato.





**Foto 9:** Scavo n° 2 ultimato in coincidenza di un livello di cemento fuso su cui è posizionata la fondazione



**Foto 10:** Dettaglio del cemento fuso presente alla base della fondazione.



**Foto 11:** Ripristino dello stato dei luoghi.

## 5. SCALONE DI MONTESANTO

### 5.1 Scavo a mano

Sono stati realizzati n° 2 scavi a mano, il primo in adiacenza al muro che si sviluppa sul lato sinistro salendo la scala di Montesanto, ed il secondo nell'area a verde presente nel settore di monte della stessa scala (§ Figura 1).

Nello scavo n° 1 sono stati, in primo luogo, rimossi i basoli in lava e, successivamente, è stato approfondito lo scavo fino al raggiungimento della profondità di 1.20 m dal piano campagna, attraversando unicamente materiali di riporto costituito da una prevalente matrice terrosa a granulometria sabbioso-limosa all'interno della quale sono stati rinvenuti clasti tufacei di dimensioni centimetriche; lo scavo è stato realizzato nel punto in cui sarà realizzata una pensilina.

Lo scavo n° 2 è stato realizzato per comprendere la tipologia dei materiali in affioramento al di sotto della vegetazione arbustiva presente; lo scavo ha raggiunto la profondità di 50 cm ed è stato realizzato totalmente all'interno di materiale di riporto moderno costituito da clasti eterometrici ed eterogenei in matrice terrosa a granulometria sabbioso-limosa.

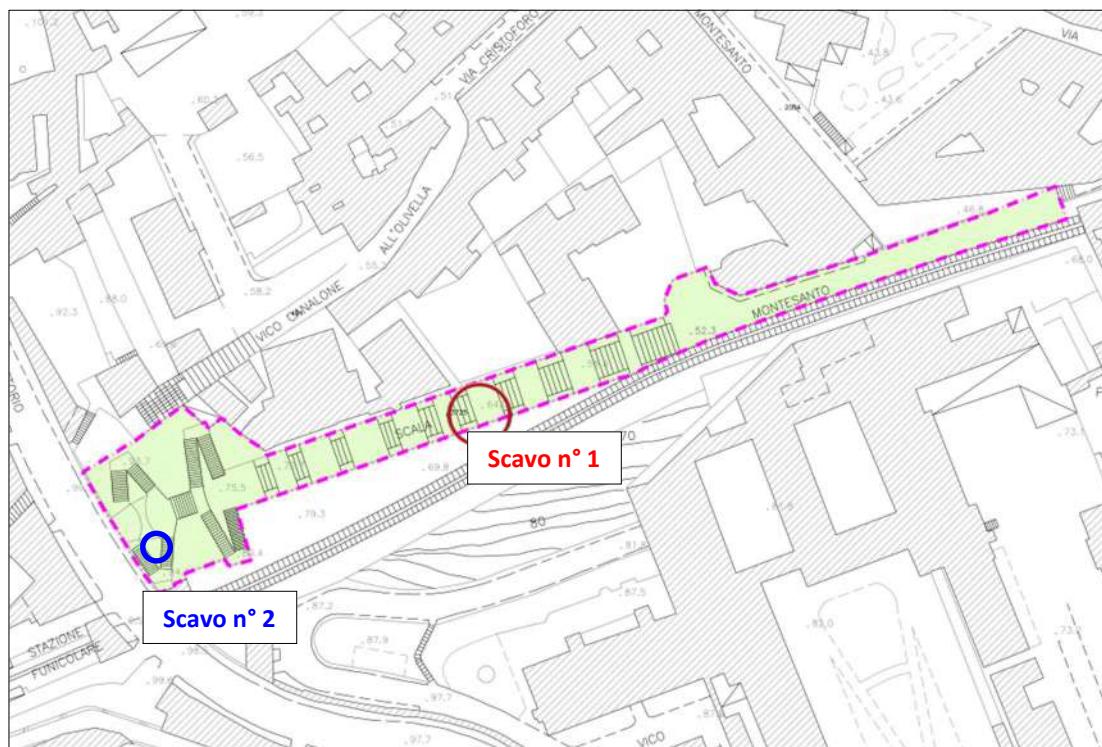


Figura 1: Ubicazione scavi a mano.



**Foto 1:** Scavo n° 1 realizzato nel punto in cui sarà realizzata una pensilina.



**Foto 2:** Panoramica dello scavo n° 1.



**Foto 3:** Panoramica dello scavo n° 1.



**Foto 4:** Ripristino dello stato dei luoghi scavo n° 1.



**Foto 5:** Panoramica area in cui è stato realizzato lo scavo n° 2.



**Foto 6:** Particolare dello scavo n° 2.

## 6. GRADINI DEL PETRAIO

### 6.1 Scavo a mano

E' stato realizzato uno scavo a mano con l'obiettivo di ricostruire le caratteristiche geologiche dell'immediato sottosuolo che sarà interessato dalle strutture fondali di una pensilina; lo scavo è stato, quindi, realizzato in adiacenza al muretto che si sviluppa sul lato destro scendendo la scala del Petraio (§ Figura 1 e Foto n° 1).

In primo luogo, sono stati rimossi alcune mattonelle in cemento e, successivamente, è stato approfondito lo scavo fino al raggiungimento della profondità di 1.00 m dal piano campagna (§ Foto n° 3 e 4), attraversando unicamente materiali di riporto costituito da una prevalente matrice cineritica a granulometria sabbioso-limosa di colore grigio verdastro, all'interno della quale sono stati rinvenuti clasti tufacei di dimensioni centimetriche e decimetriche e frammenti di vasellame ottocentesco (§ Foto n° 4).

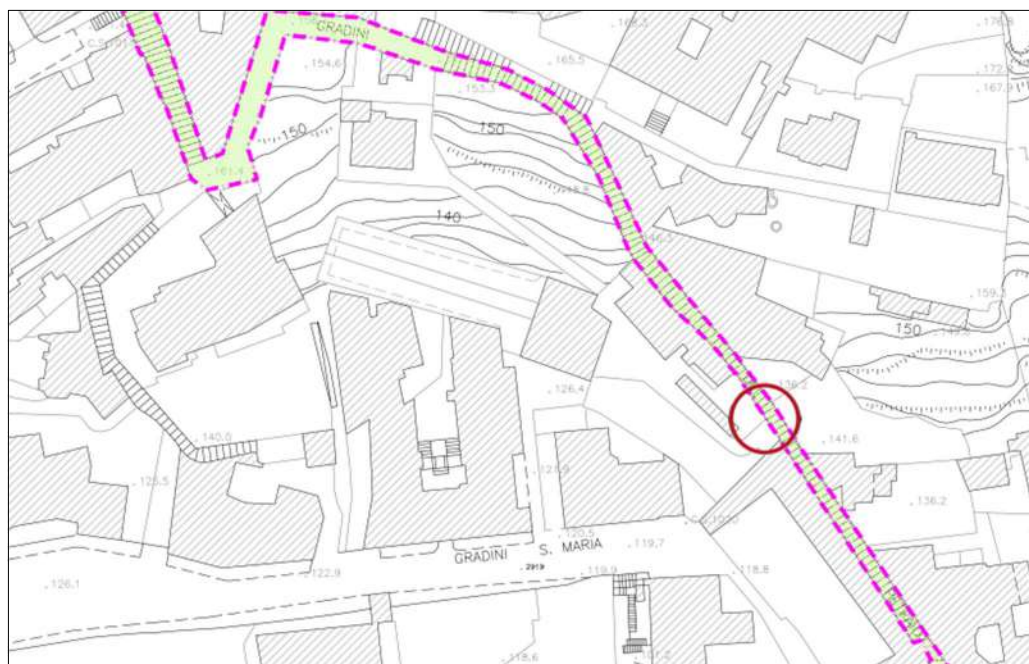


Figura 1: Ubicazione scavo a mano.



**Foto 1:** Area dello scavo.



**Foto 2:** Particolare dello scavo; visibile lato adiacente la scala del Petraio.



**Foto 3:** Particolare dello scavo; visibile tubo nero per cavo sul lato opposto rispetto alla scala del Petraio.



**Foto 4:** Frammento ottocentesco di bugia portacandela.



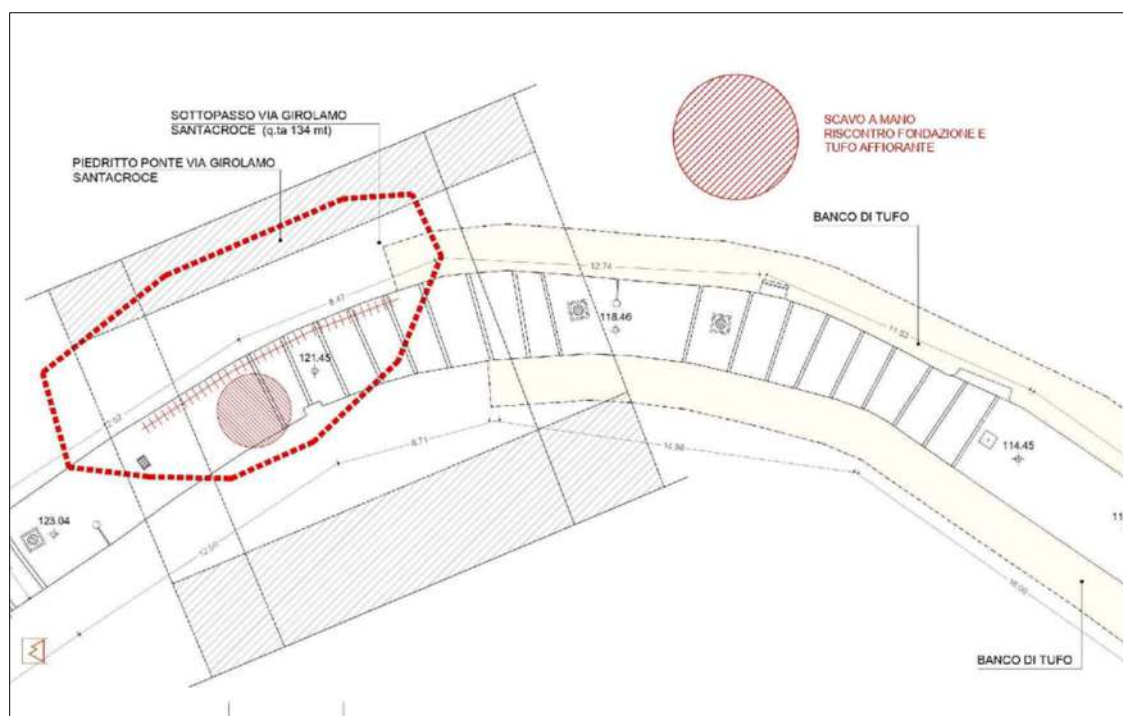
## 7. SALITA CACCIOTTOLI

### 7.1 Scavo a mano

E' stato realizzato uno scavo a mano con l'obiettivo di ricostruire il piano di posa del muro di contenimento interessato da due lesioni che interessano, in un caso, il muro per tutta la sua altezza (§ Foto 1), e, nell'altro caso, solo i primi 3 m di altezza; lo scavo è stato, quindi, realizzato in adiacenza al muro che si sviluppa sul lato destro scendendo la scala di Cacciottoli (§ Figura 1 e Foto n° 2).

In primo luogo, sono stati rimossi i basoli in lava e, successivamente, è stato approfondito lo scavo fino al raggiungimento della profondità di 0.80 m dal piano campagna (§ Foto n° 3 e 4), attraversando unicamente materiali di riporto costituito da una prevalente matrice terrosa a granulometria sabbioso-limosa all'interno della quale sono stati rinvenuti clasti tufacei di dimensioni centimetriche e decimetriche.

Lo scavo ha evidenziato che il muro ha una fondazione poggiata direttamente sulla formazione tufacea, presente a circa 50 cm dal piano campagna; si segnala la presenza di due corrugati di colore rosso rinvenuti sul fondo dello scavo a circa 30 cm dal filo del muro (§ Foto nn° 3 e 4).



**Figura 1:** Ubicazione scavo a mano.



**Foto 1:** Lesione che interessa tutta l'altezza del muro.



**Foto 2:** Panoramica area in cui è stato realizzato lo scavo.



**Foto 3:** Particolare dello scavo.



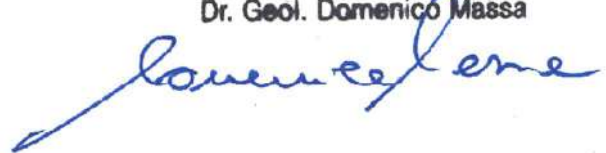
**Foto 4:** Particolare dello scavo- vista verso monte.



**Foto 5:** Ripristino dello stato dei luoghi.

Napoli, 31 maggio 2021

**INGEO SRL.**  
*L'Amministratore unico*  
Dr. Geol. Domenico Massa

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Domenico Massa". The signature is written in a cursive style.



REGIONE CAMPANIA  
COMUNE DI NAPOLI



## Patto per Napoli - La città Verticale

INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE DEI PERCORSI PEDONALI RELATIVI  
ALLO SCALONE MONUMENTALE DI MONTESANTO, PEDAMENTINA DI  
SAN MARTINO, CALATA SAN FRANCESCO, SALITA CACCIOTTOLI,  
SALITA MOIARIELLO, GRADINI DEL PIETRAIO.



Committente:

R.P.T. **Sab s.r.l.** (mandataria)

**B5 s.r.l.** (mandante)

Ing. **Capitanucci** (mandante)

Il Tecnico:

Geol. **Franco GUGLIELMELLI**



## INDAGINE SISMICA

Data:  
Maggio 2021

Rev:  
001

*Blu Gaia srl - Geophysical Survey -  
Via Matteo Cosentino, 20 - 85034 Francavilla in Sinni(PZ)  
tel/fax .: (+39) 0973.577332 - email: blugaia.guglielmelli@gmail.com  
pec: blugaia@pec.it*

## Sommario

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. PREMESSA.....                                                                            | 2  |
| 2. INDAGINE GEOGNOSTICA: indagini indirette.....                                            | 2  |
| 3. METODOLOGIE SISMICHE UTILIZZATE .....                                                    | 3  |
| 3.1. M.A.S.W (Multichannel Analysis of Surface Waves).....                                  | 3  |
| 3.2 INDAGINI SISMICHE TRAMITE TECNICA H.V.S.R. ....                                         | 5  |
| 4. SCALINATA CACCIOTTOLI .....                                                              | 7  |
| 4.1. HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratios).....                                     | 7  |
| 4.2. Elaborazione acquisizioni HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) - HVSr 1 ..... | 9  |
| 5. CALATA SAN FRANCESCO.....                                                                | 14 |
| 5.1. HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratios).....                                     | 14 |
| 5.3. Elaborazione acquisizioni HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) - HVSr 2 ..... | 21 |
| 6. SALITA MOIARIELLO.....                                                                   | 25 |
| 6.1. HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratios).....                                     | 25 |
| 6.2. MASW ((Multichannel Analysis of Surface) .....                                         | 25 |
| 6.3. Elaborazione acquisizioni HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) - HVSr 1 ..... | 28 |
| 6.4. Elaborazione acquisizioni HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) - HVSr 2 ..... | 32 |
| 6.5 winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves - MASW 1 .....                    | 36 |
| 7. SCALA MONTESANTO .....                                                                   | 38 |
| 7.1. HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratios).....                                     | 38 |
| 7.2. Elaborazione acquisizioni HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) - HVSr 1 ..... | 40 |
| 8. SCALINATA PEDAMENTINA.....                                                               | 45 |
| 8.1. HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratios).....                                     | 45 |
| 8.2. Elaborazione acquisizioni HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) - HVSr 1 ..... | 48 |
| 8.3. Elaborazione acquisizioni HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) - HVSr 2 ..... | 52 |
| 8.4. Elaborazione acquisizioni HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) - HVSr 3 ..... | 56 |
| 8.5 winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves - MASW 1 .....                    | 60 |
| 9. GRADINI DEL PETRAIO .....                                                                | 62 |
| 9.1. HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratios).....                                     | 62 |
| 9.2. Elaborazione acquisizioni HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) - HVSr 1 ..... | 63 |
| 10 SINTESI CATEGORIE DI SUOLO .....                                                         | 68 |



## 1. PREMESSA

La Blugaia S.r.l. è stata incaricata dell'esecuzione di indagini sperimentali sui terreni propedeutiche al Progetto di Riqualificazione dei percorsi pedonali tra la collina e il mare. Si tratta degli interventi relativi allo Scalone monumentale di Montesanto, Pedamentina di San Martino, Calata San Francesco, Salita Cacciottoli, Salita Moiariello e Gradini del Petraio nel Comune di Napoli.

Le indagini effettuate si articolano come indicato nella tabella seguente:

| Tipologia di indagine                                                                                                                    | Numerosità |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| prospezione sismica con il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) per la caratterizzazione sismica del suolo               | 2          |
| misura HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) per la stima diretta della frequenza di risonanza (periodo proprio) delle coperture. | 10         |

Tali indagini sono state effettuate per conto della R.T.P. Sab s.r.l. (mandataria), B5 s.r.l. (mandante), Ing. A. Capitanucci (mandante).

## 2. INDAGINE GEOGNOSTICA: indagini indirette

Al fine di ottemperare a quanto previsto dalle Norme Nazionali (determinazione della categoria del suolo di fondazione in ottemperanza al Decreto Ministeriale del 17-01-2018) e Regionali, sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche indirette distribuite sulle singole aree, come di seguito:

- Salita Cacciottoli;
- Calata San Francesco;
- Scalinata Moiarello
- Scala Montesanto
- Scalinata Pedamentina
- Gradini del Petraio



### 3. METODOLOGIE SISMICHE UTILIZZATE

#### 3.1. M.A.S.W (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Sono state eseguite prospezioni sismiche superficiali del tipo M.A.S.W (Multichannel Analysis of Surface Waves). Tale indagine è stata finalizzata principalmente per la determinazione della Velocità Equivalente delle onde di taglio sui primi 30m di terreno ( $V_{seq}$ ), per stabilire la categoria del suolo di fondazione del sito e quindi per definire l'azione sismica di progetto. Le direttive delle NTC 2018 e successive attribuiscono alle diverse località del Territorio Nazionale un valore di scuotimento sismico di riferimento espresso in termini di incremento dell'accelerazione al suolo e propongono l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo mediante 5 tipologie (A - B - C - D - E) di suolo.

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh in onda P (MASW), è una prospezione sismica che serve per la determinazione delle velocità delle onde di taglio  $V_s$ . Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un sismografo multicanale. Queste onde durante la loro propagazione sono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso appositi algoritmi sfruttando la capacità dispersiva delle onde superficiali, basate sul riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La procedura consiste di 3 passi fondamentali: Acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (mazza battente su piastra), e/o rumore di fondo, lungo uno stendimento:

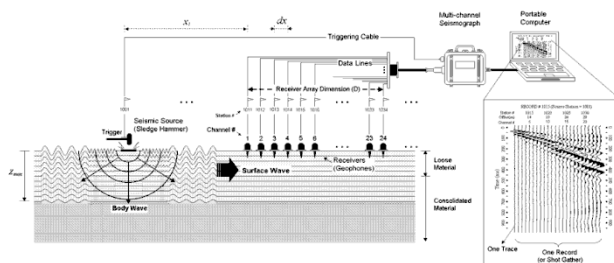


Fig. 1 - Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo MASW

In fase di elaborazione si procede all'estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh. La fase successiva





consiste nell'inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali delle Vs. Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità di distinguere tutte le onde sismiche dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni. L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali. Le proprietà della dispersione delle onde di volume e superficiali sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti in un'immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni. Successivamente, il modo fondamentale (proprietà della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico

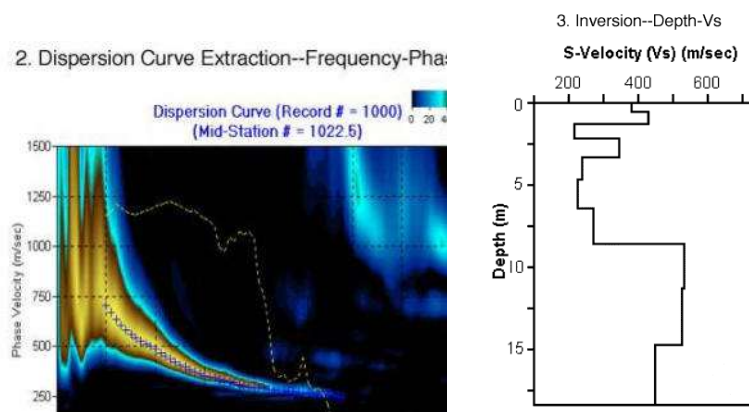


Fig. 2 –Curva di dispersione velocità di fase-Frequenza e profilo verticale delle Vs

Per tale lavoro è stata utilizzato un sismografo DAQLink III della Seismic Source, composta da una unità di acquisizione a 12/24 canali con un convertitore sigma delta ad alta velocità a 24 Bit, dotata di memoria per la cumulabilità degli impulsi. Mentre i geofoni verticali impiegati hanno una frequenza propria di 4,5 Hz ad interasse di 3m, l'impulso è costituito da una massa battente di 8kg. Durante la fase di acquisizione dei dati di campagna per il medesimo stendimento si sono registrati più files con energizzazioni eseguite a diversa distanza. Le tracce registrate hanno una lunghezza temporale T=2s e un passo di



campionamento  $dt=1ms$ . Per l'elaborazione dei dati acquisiti in campagna è stato utilizzato il software winMASW Academy 2018. Dall'acquisizione delle onde superficiali si è ricostruita una curva di dispersione e mediante procedura d'inversione è stato ottenuto il profilo verticale delle  $V_{seq}$ , che rappresenta la velocità equivalente dei primi 30 metri.

### 3.2 INDAGINI SISMICHE TRAMITE TECNICA H.V.S.R.

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. 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 liscciamento 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.



## 4. SCALINATA CACCIOTTOLI

### 4.1. HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios)

La misura HVSR è stata eseguita come da allegata planimetria, utile a definire il rapporto spettrale H/V. Con l'ausilio di prove eseguite in situ e dati regressi sulla stratigrafia dei siti indagati è stato possibile definire la categoria di suolo ( $V_{seq}$ )

Di seguito si allegano le acquisizioni, gli Spettri di ampiezza delle tre componenti ed il rapporto spettrale H/V delle due misure. Vengono allegati anche i grafici relativi alla Persistenze (*funzione del tempo*) ed alla Direzionalità (*funzione della direzione di provenienza del segnale*). Nei grafici sull'asse delle ordinate è rappresentata la frequenza e il colore indica l'ampiezza del rapporto H/V.

7

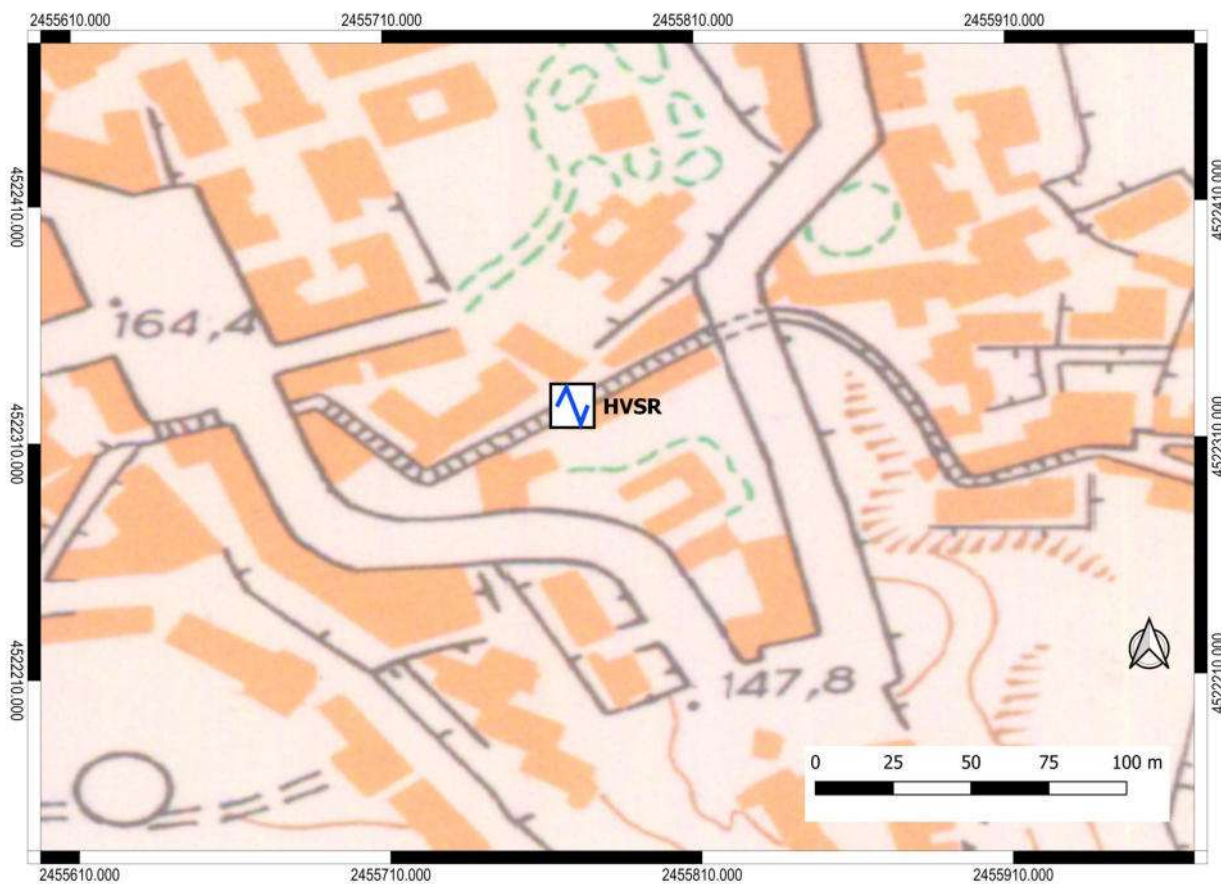


Fig. 3 – Ubicazione Indagini





## 4.2. Elaborazione acquisizioni HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) - HVSR 1

Dataset: MT\_20210427\_174458.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 27-04-2021

DATA PROCESSING

Date: 5 5 2021

Sampling frequency (Hz): 64

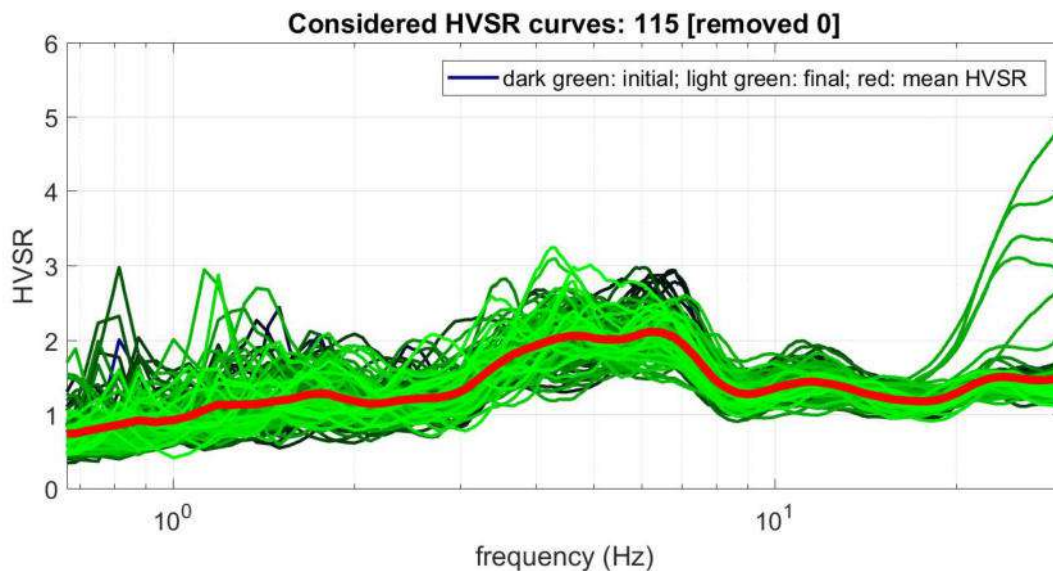
Window length (sec): 15

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.6Hz

Length of analysed dataset (min): 15.0

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 20



##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.1-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 6.2 ( $\pm 2.4$ )

Peak HVSR value: 2.1 ( $\pm 0.2$ )

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

#1. [f0 > 10/Lw]: 6.200 > 0.66667 (OK)

#2. [nc > 200]: 10694 > 200 (OK)

#3. [f0 > 0.5Hz; sigmaA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

#1. [exists f- in the range [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0/2]: yes (considering standard deviations), frequency 1.6Hz (OK)

#2. [exists f+ in the range [f0, 4f0] | AH/V(f+) < A0/2]: yes (considering standard deviations), frequency Hz (OK)

#3. [A0 > 2]: 2.1 > 2 (OK)

#4. [fpeak[Ah/v(f) a sigmaA(f)] = f0 a 5%]: (NO)

#5. [sigmaf < epsilon(f0)]: 2.407 > 0.310 (NO)

#6. [sigmaA(f0) < theta(f0)]: 0.310 < 1.58 (OK)



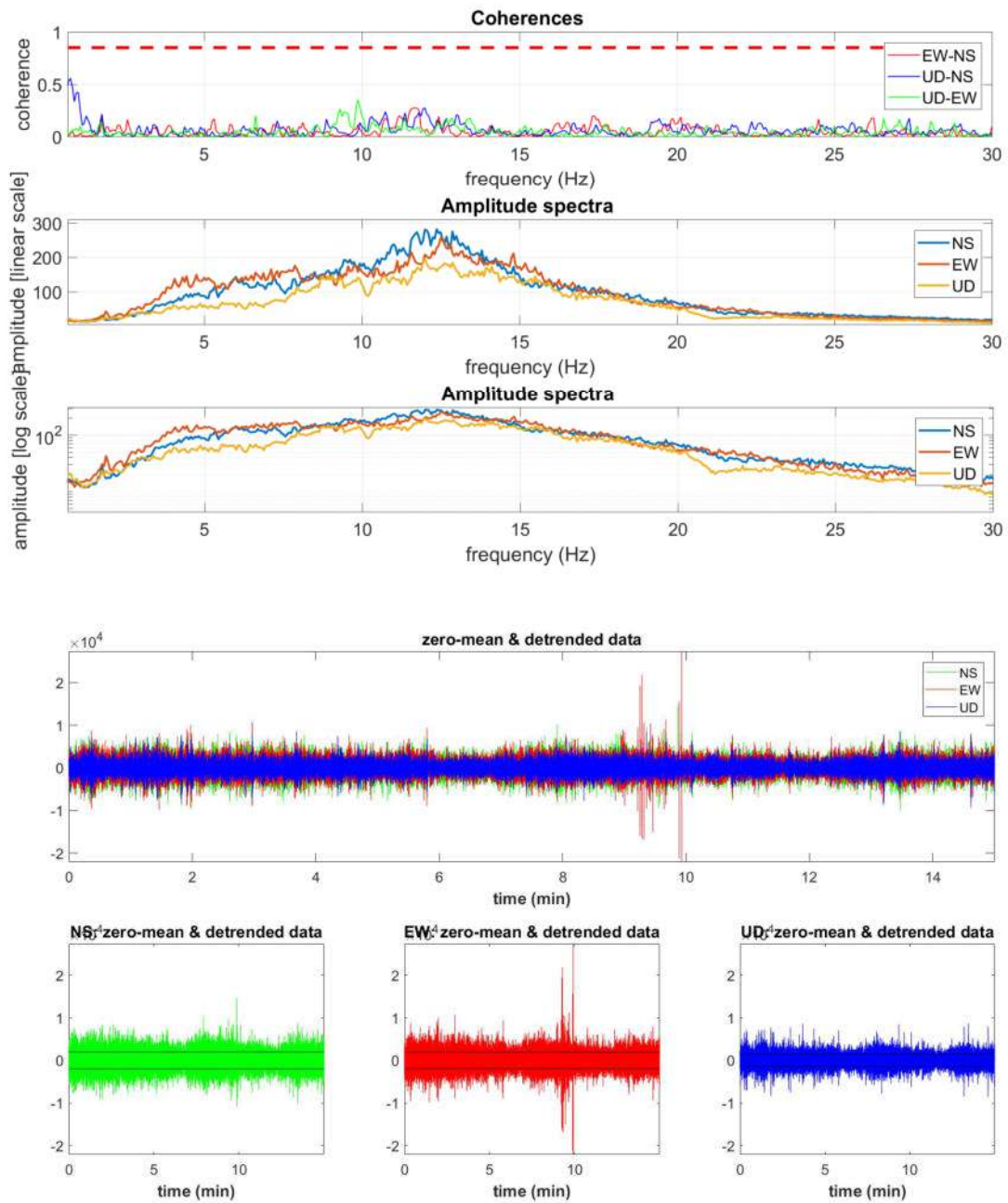


Fig. 4 - Acquisizione dati HVSr



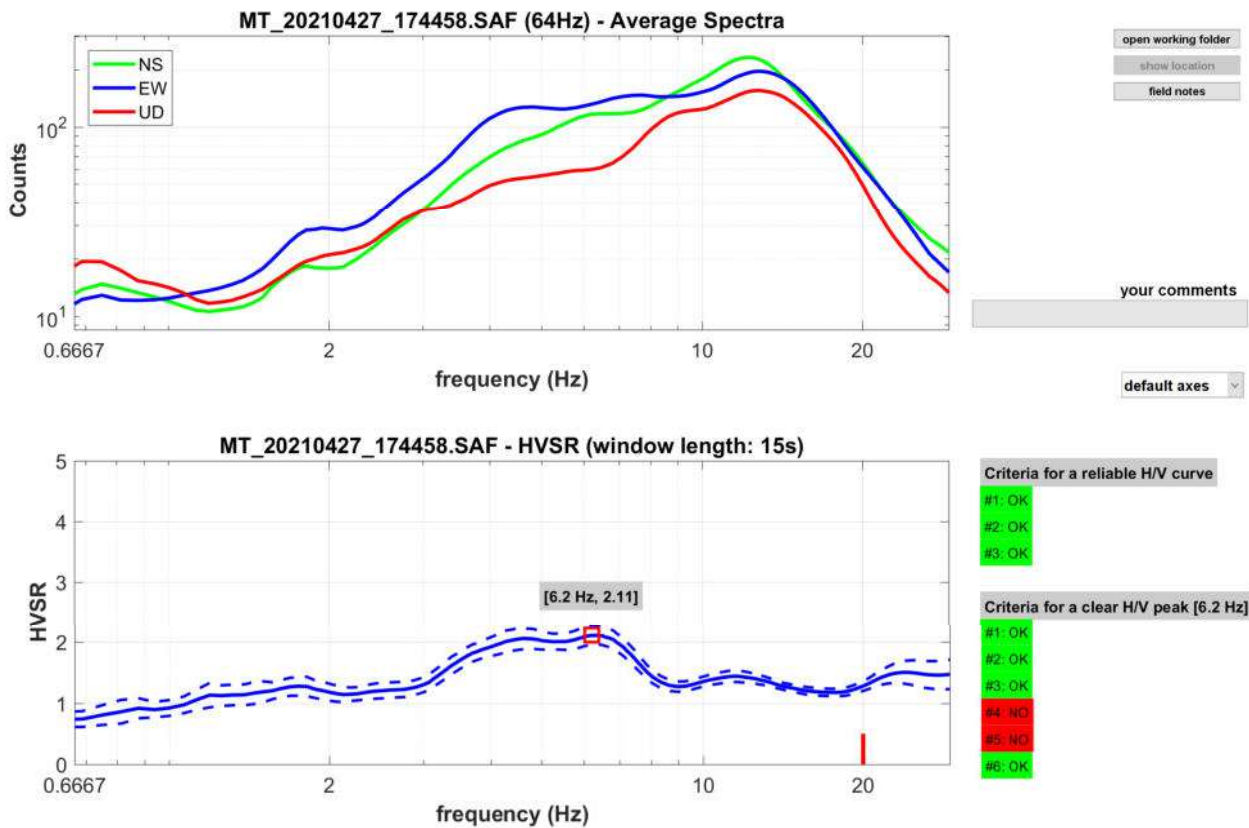


Fig. 5 - a) Spettri di ampiezza delle tre componenti, b) Rapporto spettrale HVSR

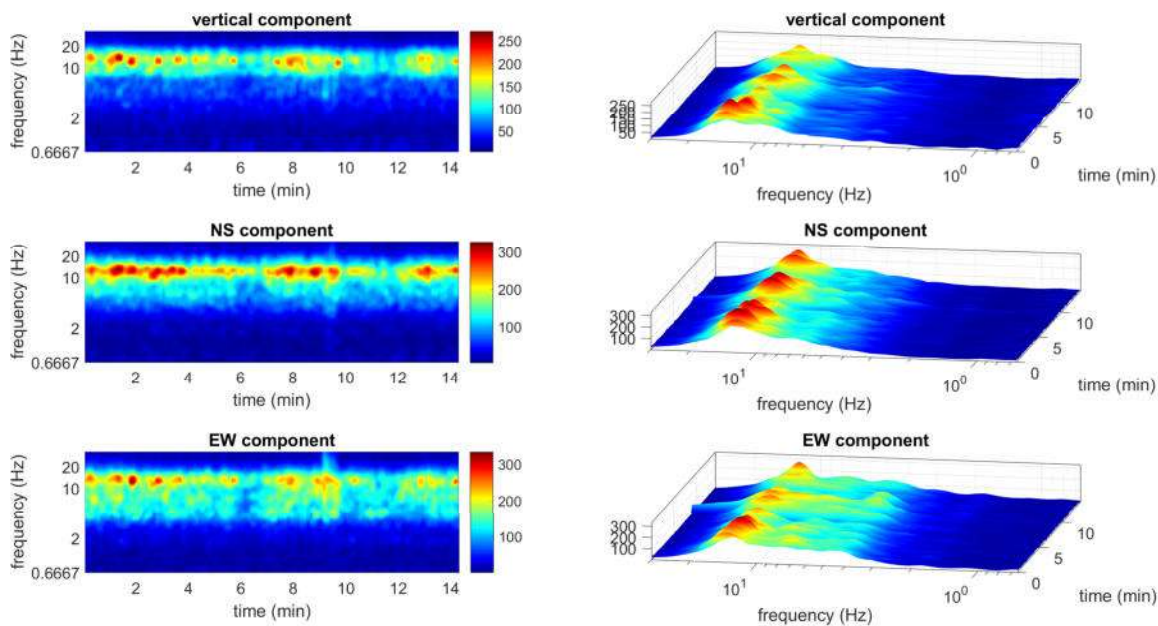


Fig. 6 - Continuità della Persistenza del Rapporto Spettrale della H/V





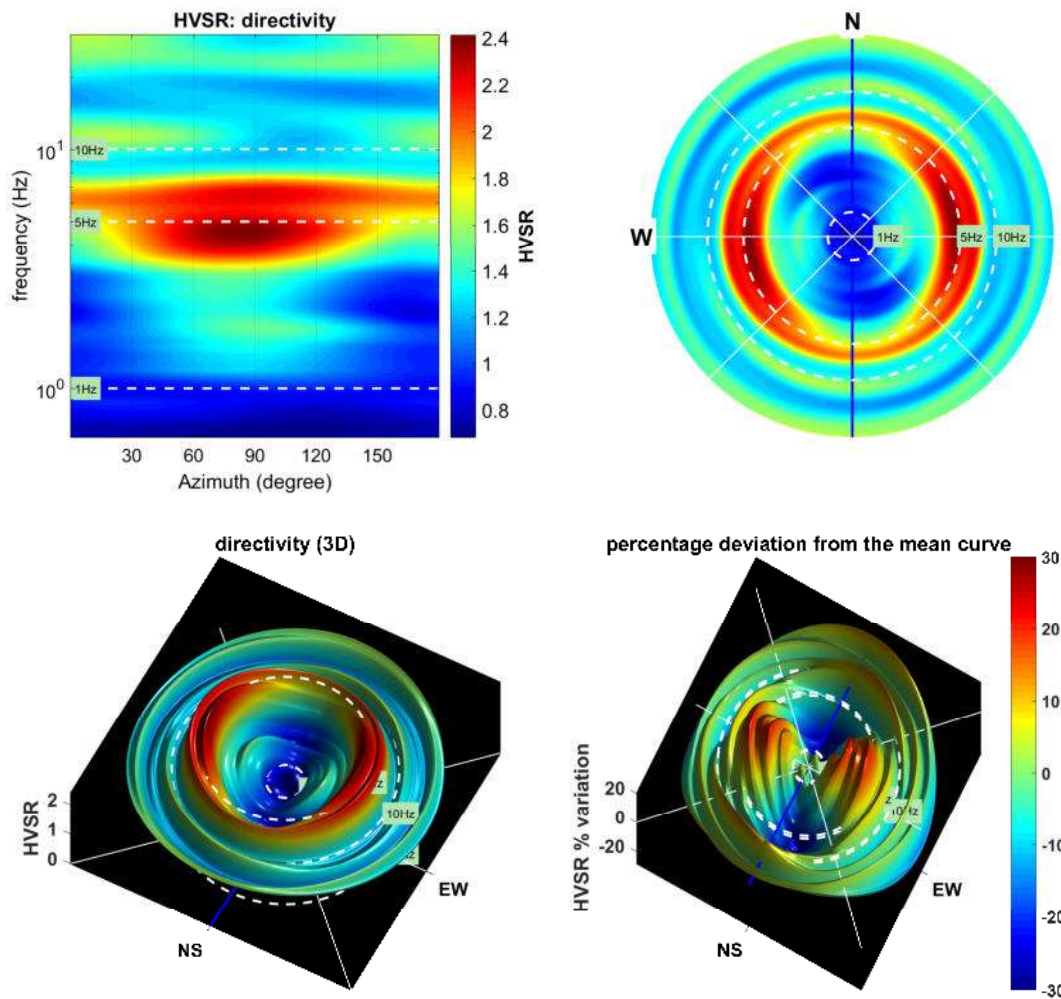


Fig. 7 - Grafico della Direzionalità del Rapporto Spettrale della H/V



**Modello stratigrafico**

Definito con stratigrafie estrapolate dalle indagini dirette e altre pregresse nelle vicinanze del sito

Dati riepilogativi:

Numero strati: 8  
 Frequenza del picco dell'ellitticità: 5.75 Hz  
 Valore di disadattamento: 0.70  
 Valore Vseq: 225.09 m/s

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              | 1.2          | 17                                          | 0.38              | 90                            |
| 2      | 1.2            | 1.8          | 17.5                                        | 0.35              | 110                           |
| 3      | 3              | 2            | 18                                          | 0.35              | 180                           |
| 4      | 5              | 1.8          | 18                                          | 0.35              | 150                           |
| 5      | 6.8            | 4            | 18.5                                        | 0.35              | 220                           |
| 6      | 10.8           | 6            | 19                                          | 0.33              | 275                           |
| 7      | 16.8           | 8.5          | 20                                          | 0.33              | 300                           |
| 8      | 25.3           | 5            | 20                                          | 0.3               | 400                           |

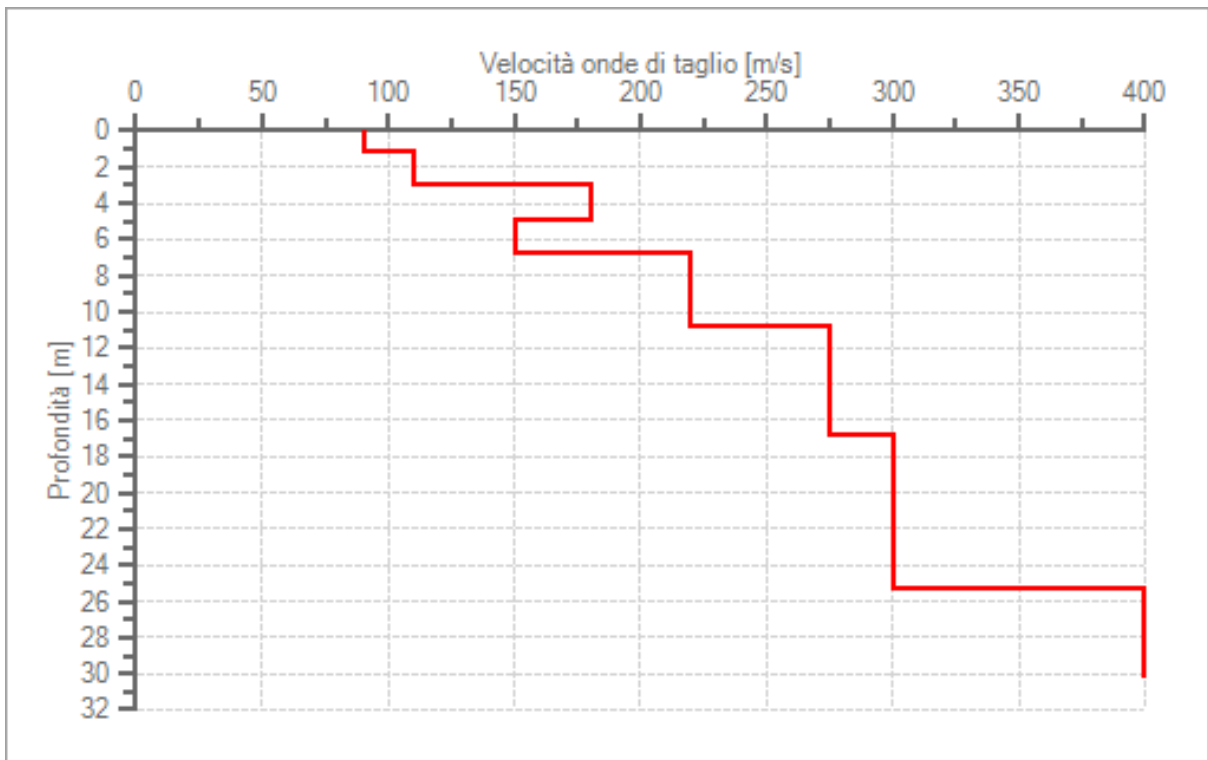


Fig. 8 - Profilo delle velocità delle onde di taglio.



## 5. CALATA SAN FRANCESCO

### 5.1. HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios)

Sono state eseguite 2 misure HVSR come da allegata planimetria, utili a definire il rapporto spettrale H/V. Con l'ausilio di prove eseguite in situ e dati regressi sulla stratigrafia dei siti indagati è stato possibile definire la categoria di suolo (Vseq)

Di seguito si allegano le acquisizioni, gli Spettri di ampiezza delle tre componenti ed il rapporto spettrale H/V delle due misure. Vengono allegati anche i grafici relativi alla Persistenze (*funzione del tempo*) ed alla Direzionalità (*funzione della direzione di provenienza del segnale*). Nei grafici sull'asse delle ordinate è rappresentata la frequenza e il colore indica l'ampiezza del rapporto H/V.

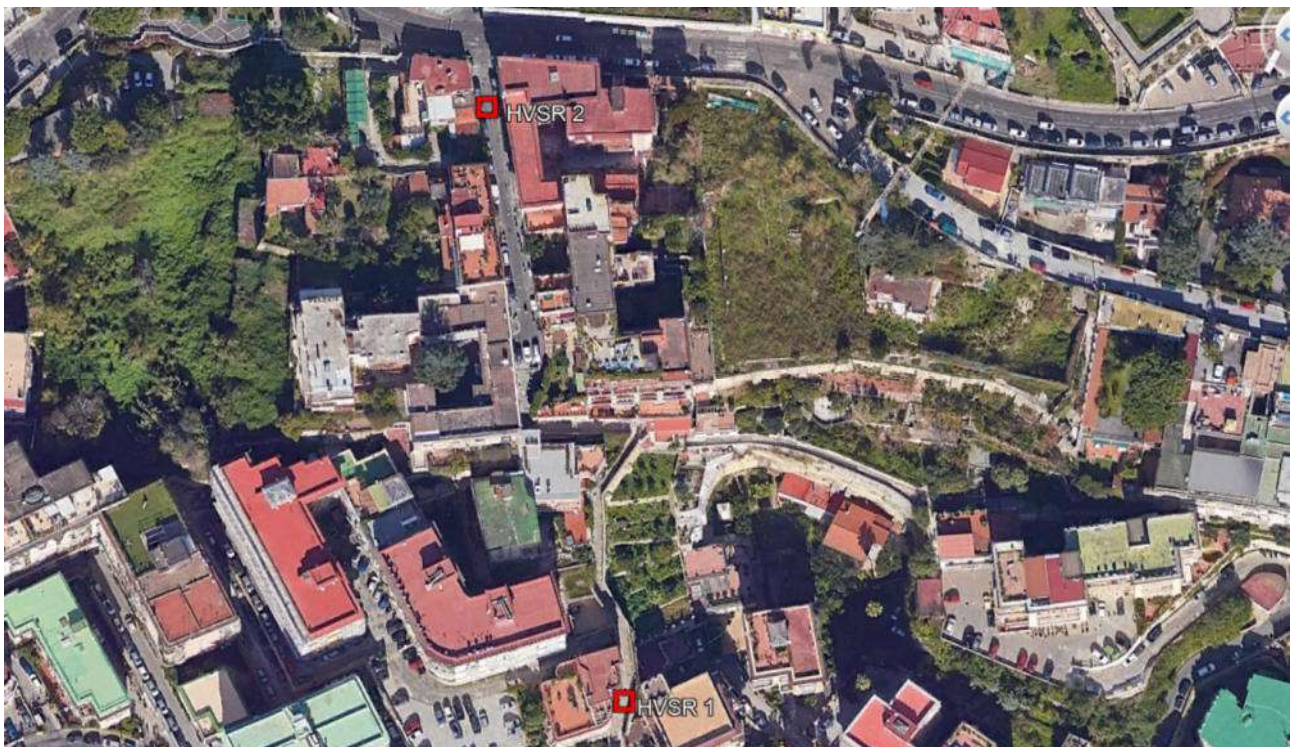
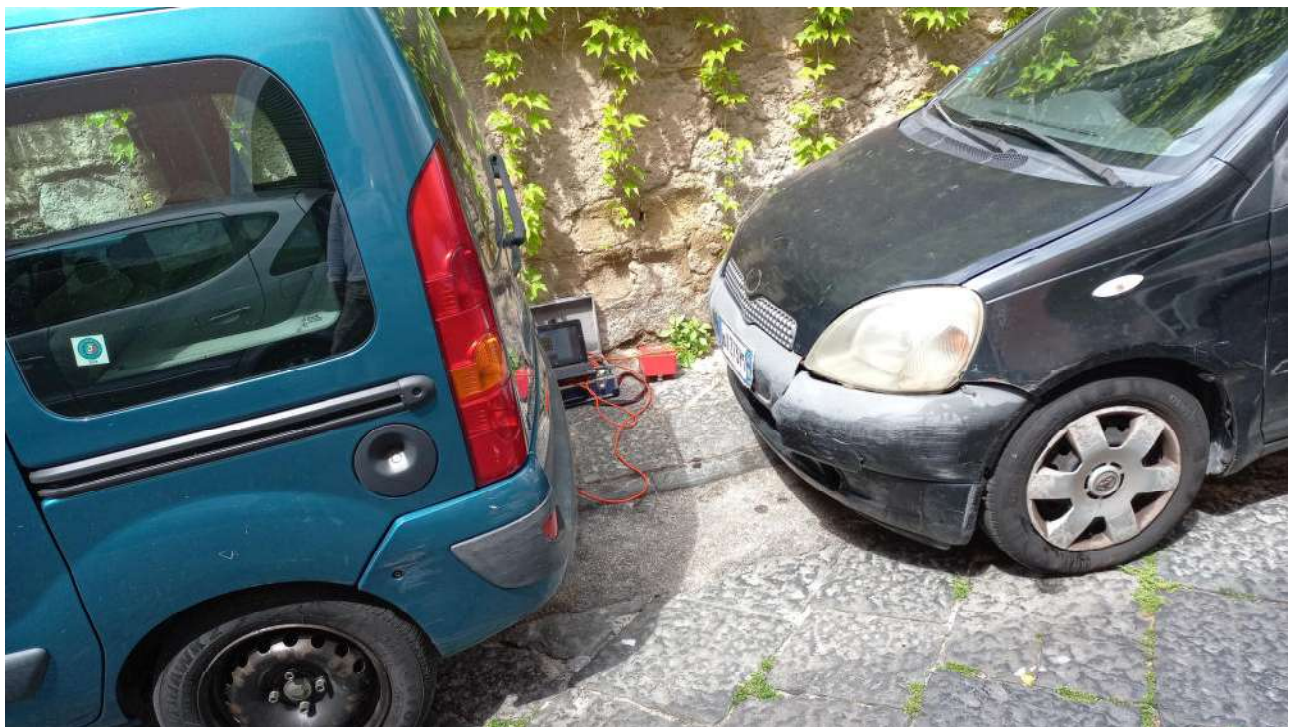


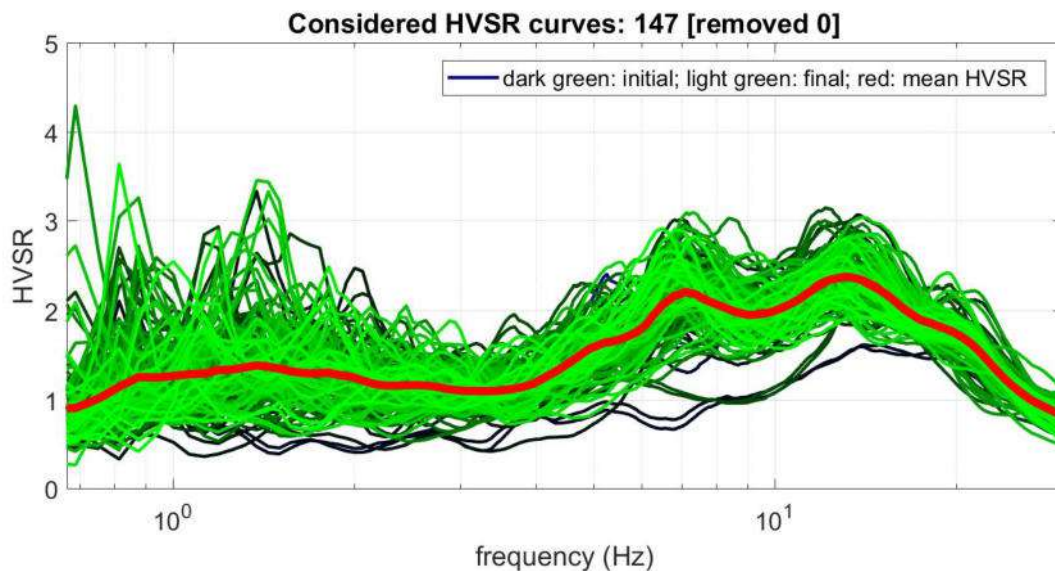
Fig. 9 – Ubicazione Indagini





## 5.2. Elaborazione acquisizioni HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) - HVSR 1

Dataset: MT\_20210427\_102417\_F.SAF  
 DATA ACQUISITION  
 Date and time: 27-04-2021  
 DATA PROCESSING  
 Date: 5 5 2021  
 Sampling frequency (Hz): 64  
 Window length (sec): 15  
 Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.6Hz  
 Length of analysed dataset (min): 19.06  
 Tapering (%): 5  
 Smoothing (%): 20



##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.1-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 13.1 (±5.3)

Peak HVSR value: 2.4 (±0.1)

=== Criteria for a reliable H/V curve ===

- #1. [f0 > 10/Lw]: 13.088 > 0.66667 (OK)
- #2. [nc > 200]: 28859 > 200 (OK)
- #3. [f0>0.5Hz; sigmaA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) ===

- #1. [exists f- in the range [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0/2]: yes, at frequency 3.3Hz (OK)
- #2. [exists f+ in the range [f0, 4f0] | AH/V(f+) < A0/2]: yes, at frequency 24.6Hz (OK)
- #3. [A0 > 2]: 2.4 > 2 (OK)
- #4. [fpeak[Ah/v(f) a sigmaA(f)] = f0 a 5%]: (NO)
- #5. [sigmaf < epsilon(f0)]: 5.344 > 0.654 (NO)
- #6. [sigmaA(f0) < theta(f0)]: 0.274 < 1.58 (OK)



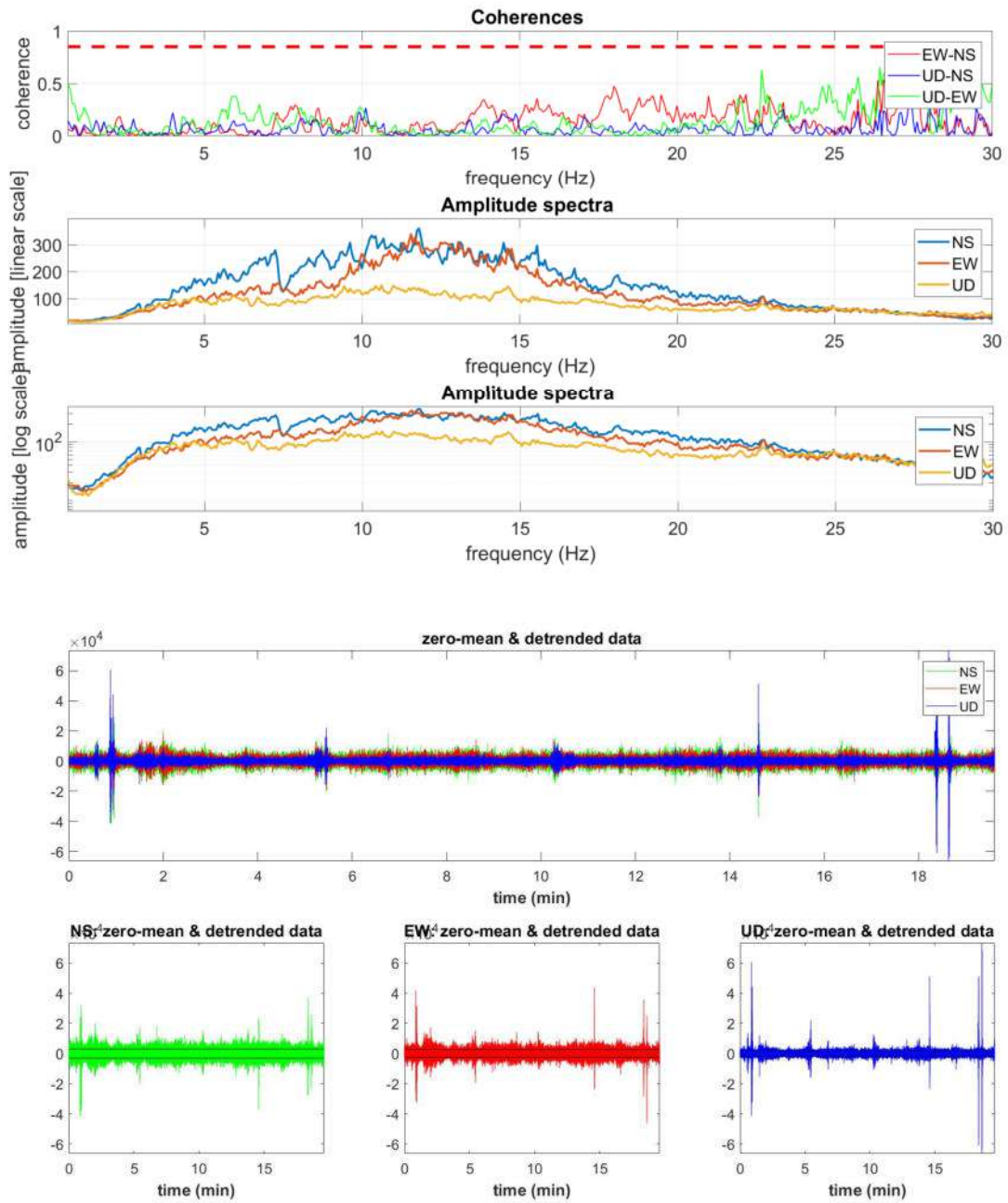


Fig. 10 - Acquisizione dati HVSR



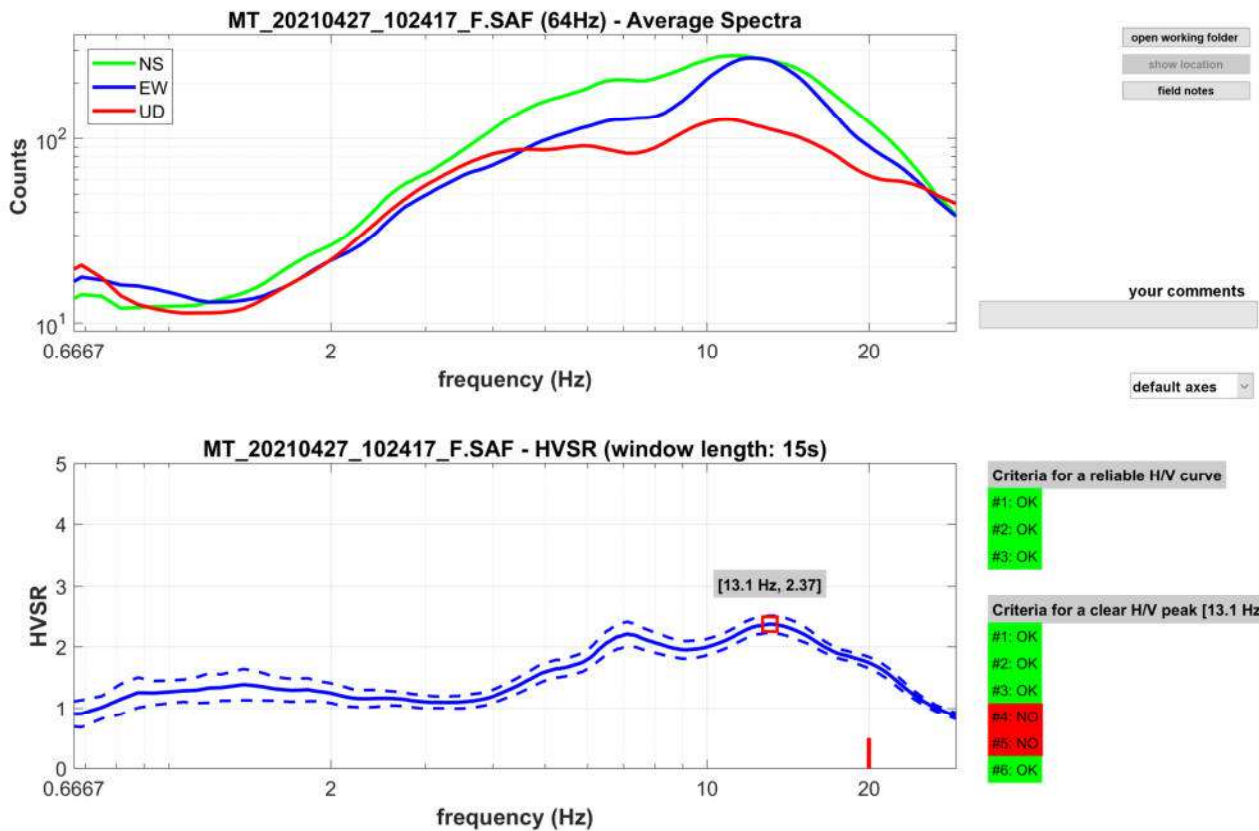


Fig. 11 - a) Spettri di ampiezza delle tre componenti, b) Rapporto spettrale HVSR

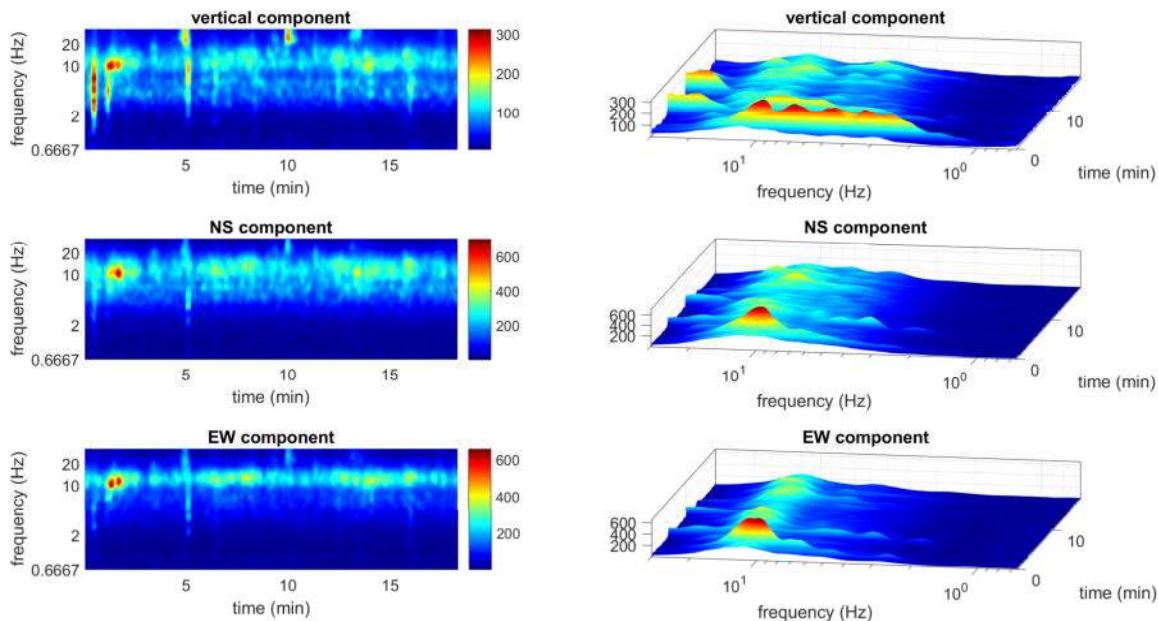


Fig. 12 - Continuità della Persistenza del Rapporto Spettrale della H/V



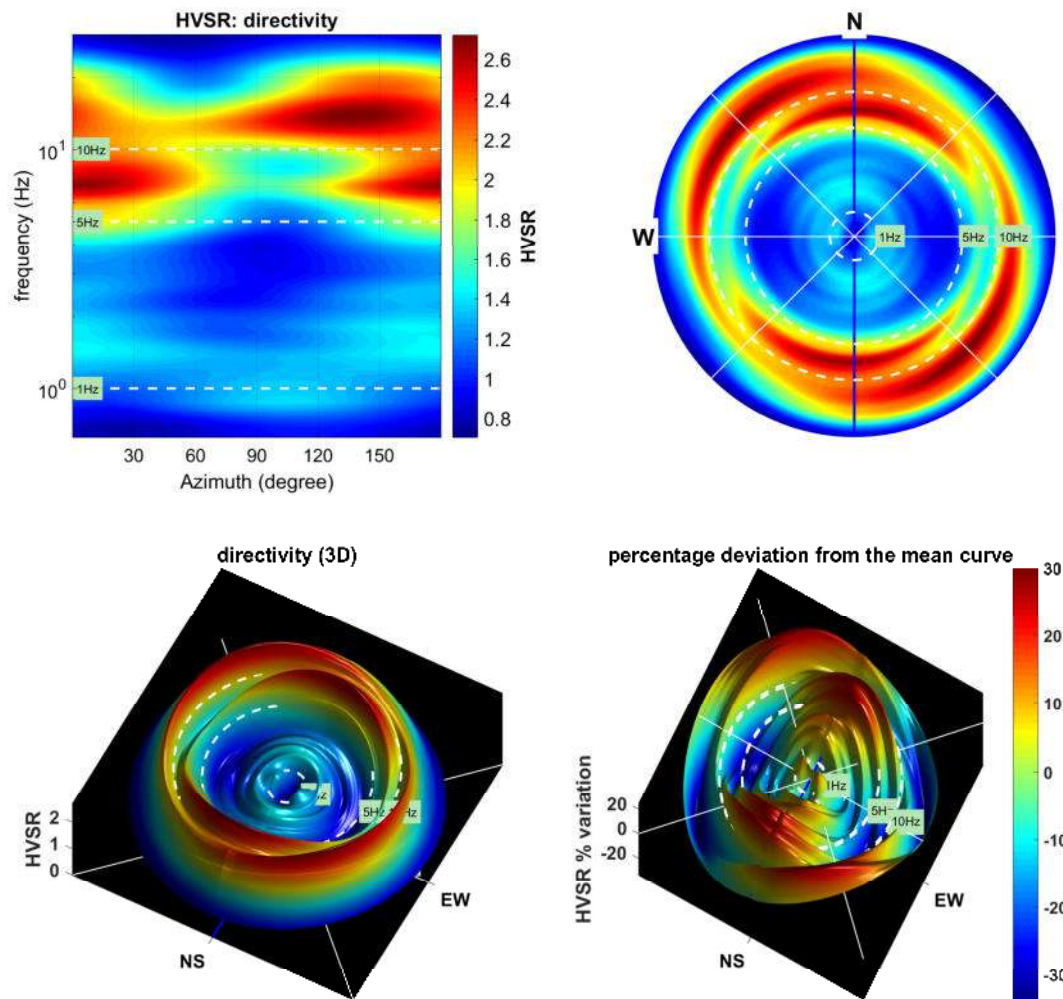


Fig. 13 - Grafico della Direzionalità del Rapporto Spettrale della H/V





### Modello stratigrafico

Definito con stratigrafie estrapolate dalle indagini dirette e altre pregresse nelle vicinanze del sito

#### Dati riepilogativi:

Numero strati: 9  
 Frequenza del picco dell'ellitticità: 6.05 Hz  
 Valore di disadattamento: 0.70  
 Valore Vseq: 271.33 m/s

#### 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              | 0.5          | 17                                          | 0.38              | 90                            |
| 2      | 0.5            | 1.0          | 17.5                                        | 0.35              | 110                           |
| 3      | 1.5            | 1.0          | 18                                          | 0.35              | 150                           |
| 4      | 2.5            | 2.0          | 18                                          | 0.35              | 130                           |
| 5      | 4.5            | 2.0          | 18.5                                        | 0.35              | 220                           |
| 6      | 6.5            | 3.0          | 19                                          | 0.33              | 275                           |
| 7      | 9.5            | 5.0          | 20                                          | 0.33              | 300                           |
| 8      | 14.5           | 5.5          | 20                                          | 0.3               | 380                           |
| 9      | 20             | 10           | 20                                          | 0.3               | 440                           |

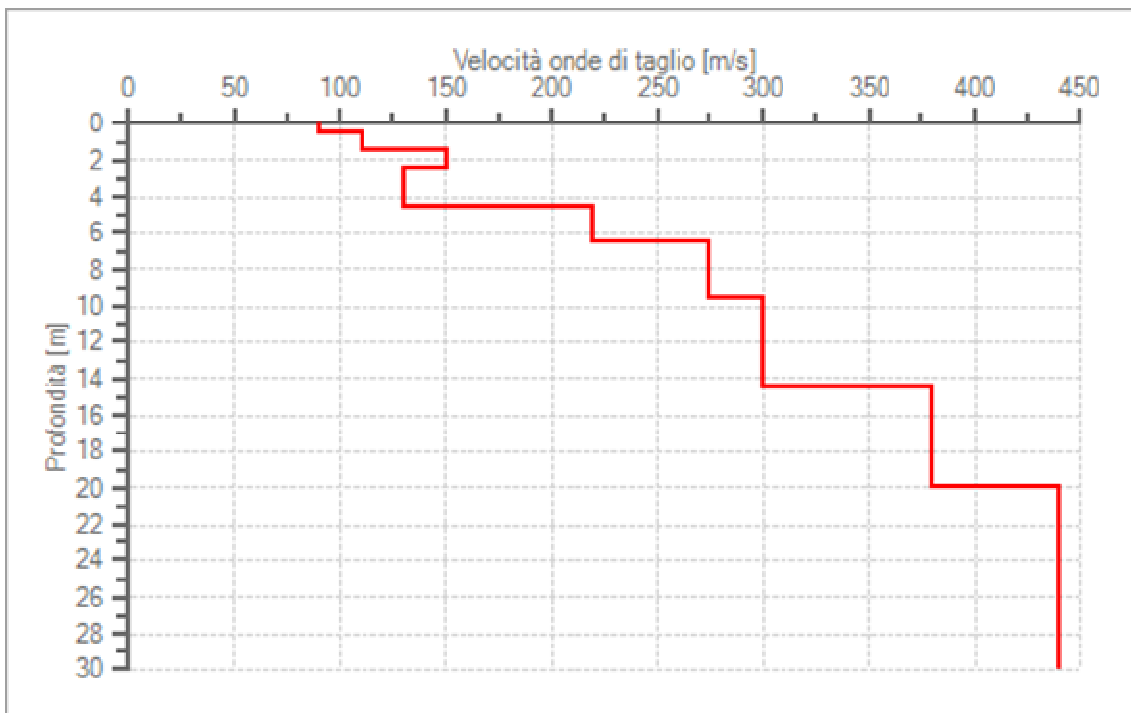


Fig. 14 - Profilo delle velocità delle onde di taglio.



### 5.3. Elaborazione acquisizioni HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) - HVSR 2

Dataset: MT\_20210427\_105931.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 27-04-2021

DATA PROCESSING

Date: 5 5 2021

Sampling frequency (Hz): 100

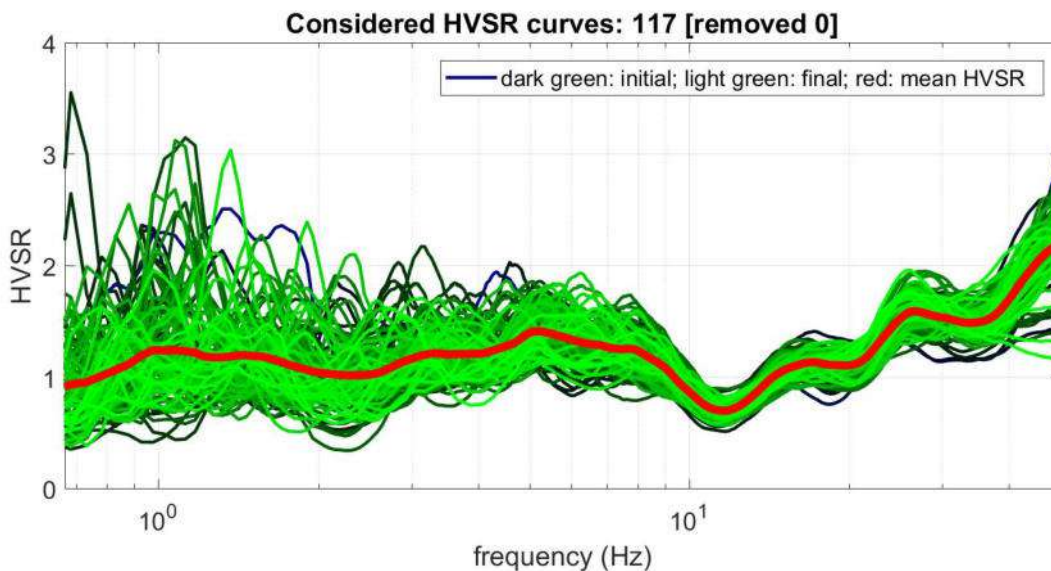
Window length (sec): 15

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.6Hz

Length of analysed dataset (min): 14.98

Tapering (%): 7

Smoothing (%): 20



##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.1-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 0.1 ( $\pm 1.0$ )

Peak HVSR value: 3.2 ( $\pm 2.3$ )

=== Criteria for a reliable H/V curve ===

- #1. [f0 > 10/Lw]: 0.098 < 0.66667 (NO)
- #2. [nc > 200]: 172 < 200 (NO)
- #3. [f0 < 0.5Hz; sigmaA(f) < 3 for 0.5f0 < f < 2f0] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) ===

- #1. [exists f- in the range [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0/2]: yes (considering standard deviations), at frequency 0.0Hz (OK)
- #2. [exists f+ in the range [f0, 4f0] | AH/V(f+) < A0/2]: yes, at frequency 0.3Hz (OK)
- #3. [A0 > 2]: 3.2 > 2 (OK)
- #4. [fpeak[Ah/v(f) a sigmaA(f)] = f0 a 5%]: (NO)
- #5. [sigmaf < epsilon(f0)]: 1.012 > 0.024 (NO)
- #6. [sigmaA(f0) < theta(f0)]: 87.687 < 3 (NO)



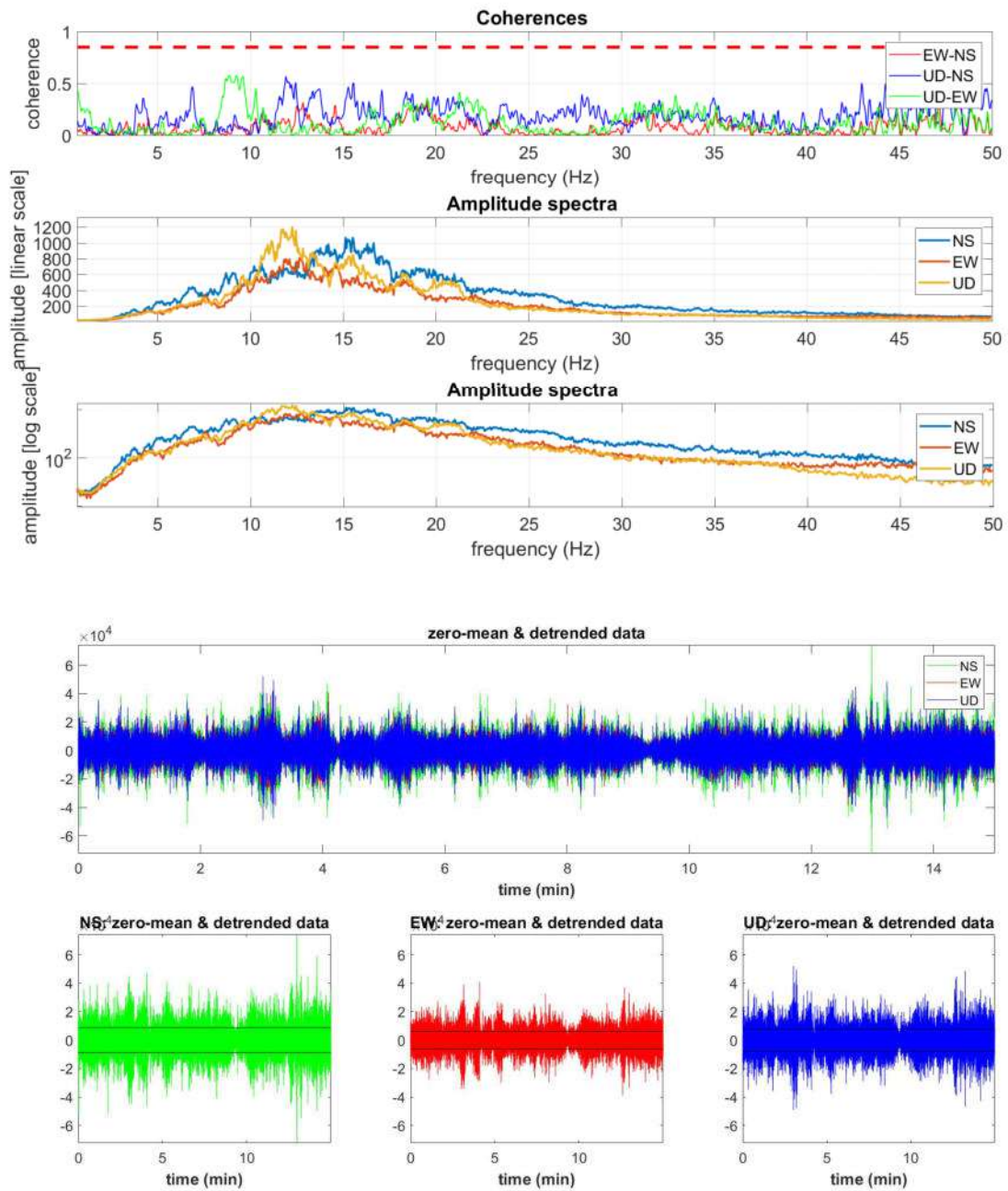


Fig. 15 - Acquisizione dati HVSR



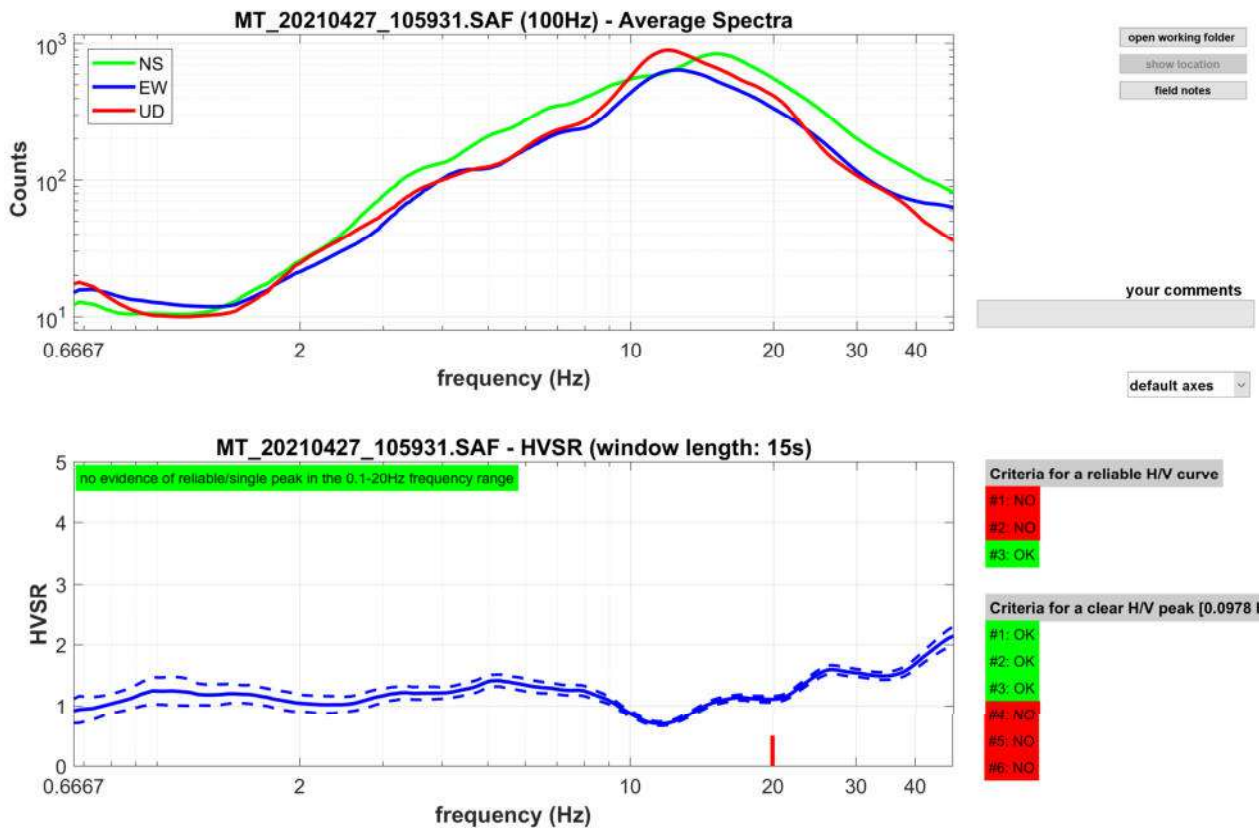


Fig. 16 - a) Spettri di ampiezza delle tre componenti, b) Rapporto spettrale HVSR

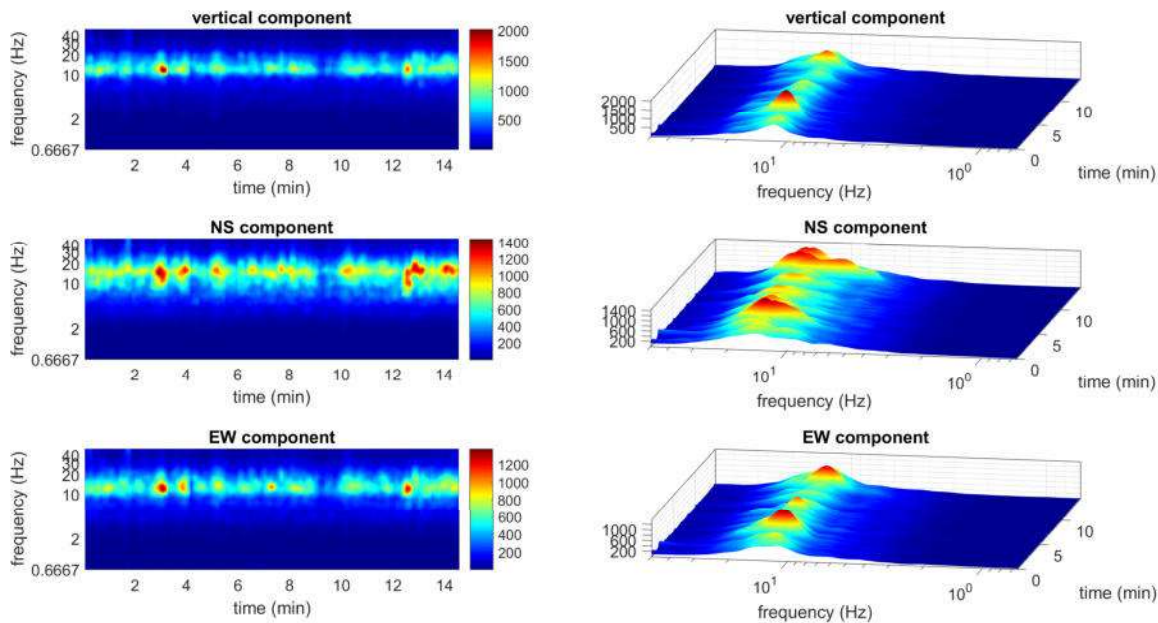


Fig. 17 - Continuità della Persistenza del Rapporto Spettrale della H/V



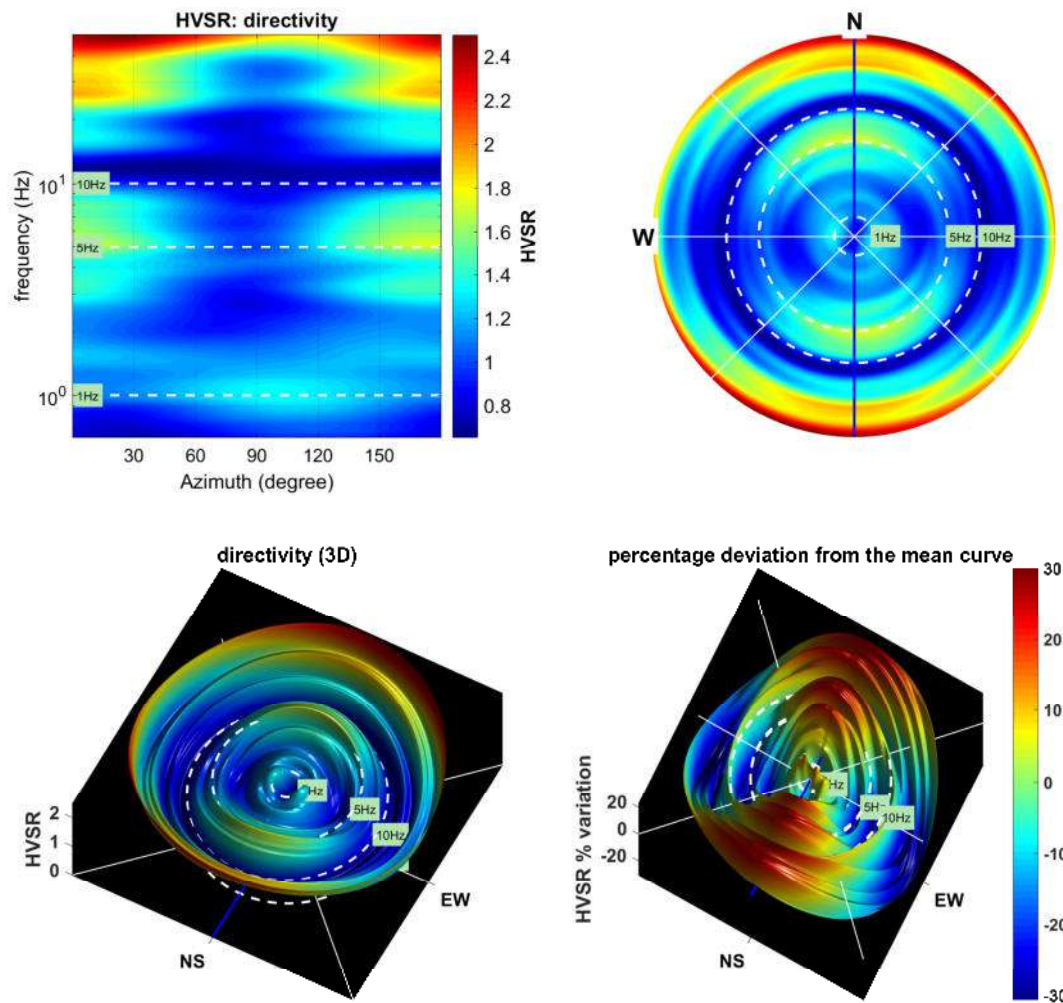


Fig. 18 - Grafico della Direzionalità del Rapporto Spettrale della H/V

L'assenza di picchi definiti e netti non ha permesso di utilizzare, con adeguatezza, i dati sperimentali in termini di curva di ellitticità per indagare profondità maggiori e migliorare i risultati restituiti dal processo di inversione della sola curva di dispersione. Pertanto in sede di valutazione del profilo di velocità delle onde di taglio si terrà conto della MASW 1.



## 6. SALITA MOIARIELLO

### 6.1. HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratios)

Sono state eseguite 2 misure HVSr come da allegata planimetria, utili a definire il rapporto spettrale H/V. Con l'ausilio di prove eseguite in situ e dati regressi sulla stratigrafia dei siti indagati è stato possibile definire la categoria di suolo (Vseq)

Di seguito si allegano le acquisizioni, gli Spettri di ampiezza delle tre componenti ed il rapporto spettrale H/V delle due misure. Vengono allegati anche i grafici relativi alla Persistenze (*funzione del tempo*) ed alla Direzionalità (*funzione della direzione di provenienza del segnale*). Nei grafici sull'asse delle ordinate è rappresentata la frequenza e il colore indica l'ampiezza del rapporto H/V.

25

### 6.2. MASW ((Multichannel Analysis of Surface)

La logistica dei luoghi e gli spazi necessari alla esecuzione dello stendimento hanno permesso l'esecuzione dello stesso. Con tale tecnica di indagine non invasiva è stato possibile definire il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs ed ottenere la categoria di suolo.



Fig. 19 – Ubicazione Indagini









### 6.3. Elaborazione acquisizioni HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) - HVSR 1

Dataset: MT\_20210427\_122305.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 27-04-2021

DATA PROCESSING

Date: 5 5 2021

Sampling frequency (Hz): 100

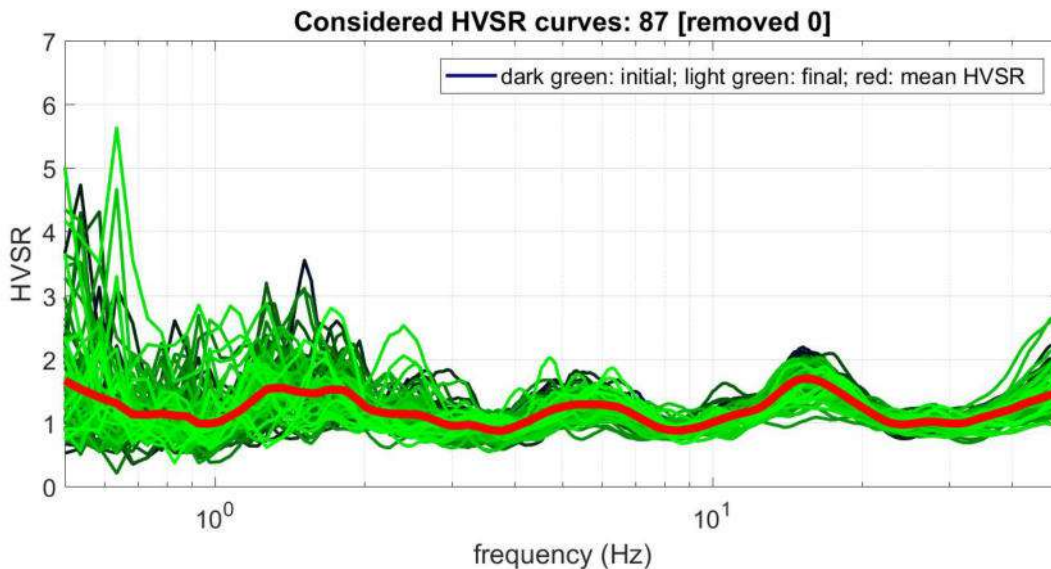
Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 15.00

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 15



##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.1-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 0.5 ( $\pm 4.5$ )

Peak HVSR value: 1.7 ( $\pm 0.5$ )

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

- #1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]:  $0.489 < 0.5$  (NO)
- #2. [ $nc > 200$ ]:  $850 > 200$  (OK)
- #3. [ $f_0 < 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

- #1. [exists f- in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists f+ in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f+) < A_0/2$ ]: yes (considering standard deviations), at frequency Hz (OK)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]:  $1.7 < 2$  (NO)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f)] \text{ a } \sigma_A(f) = f_0 \text{ a } 5\%$ ]: (NO)
- #5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]:  $4.457 > 0.098$  (NO)
- #6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]:  $37.342 < 2.5$  (NO)



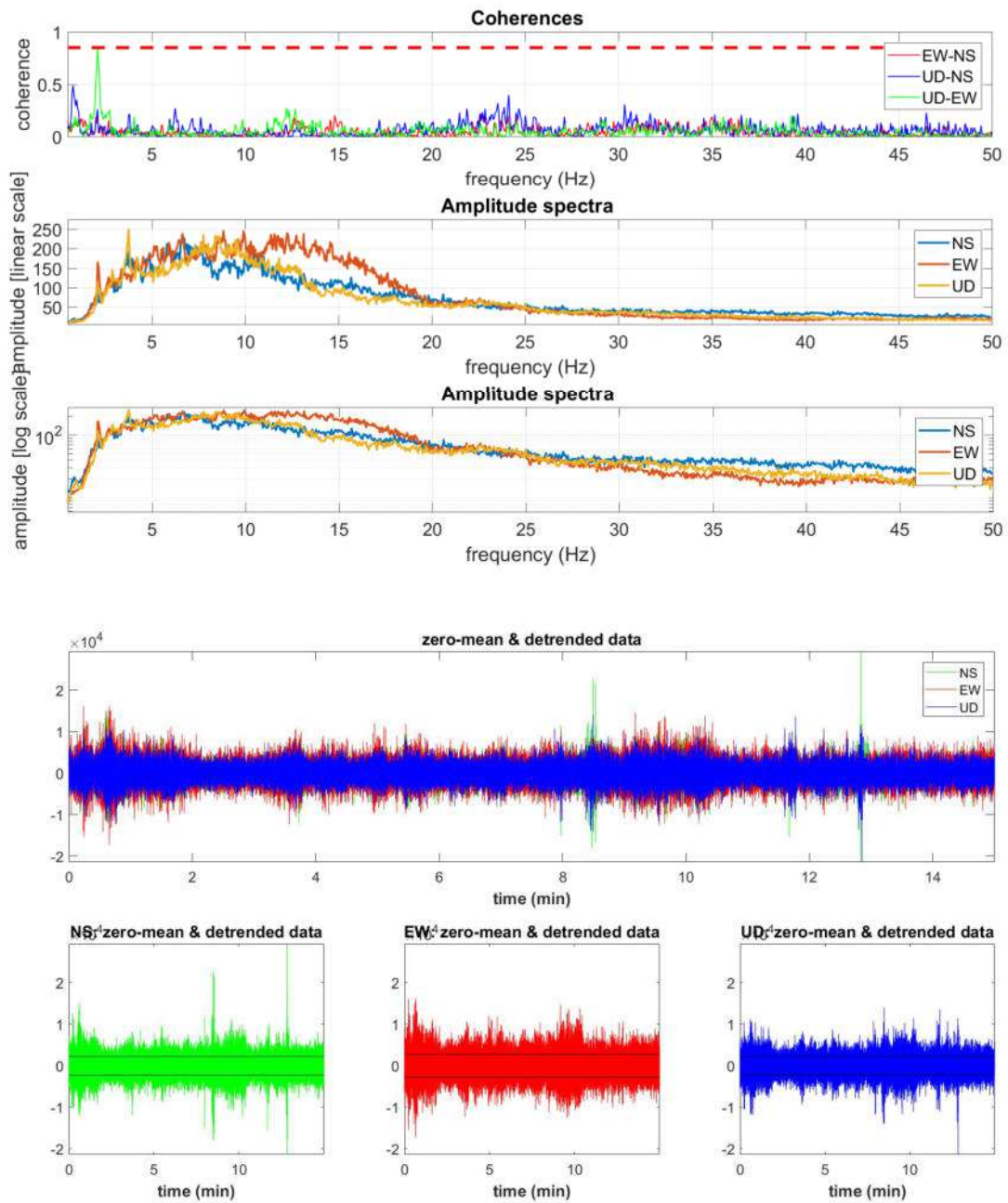


Fig. 20 - Acquisizione dati HVSR



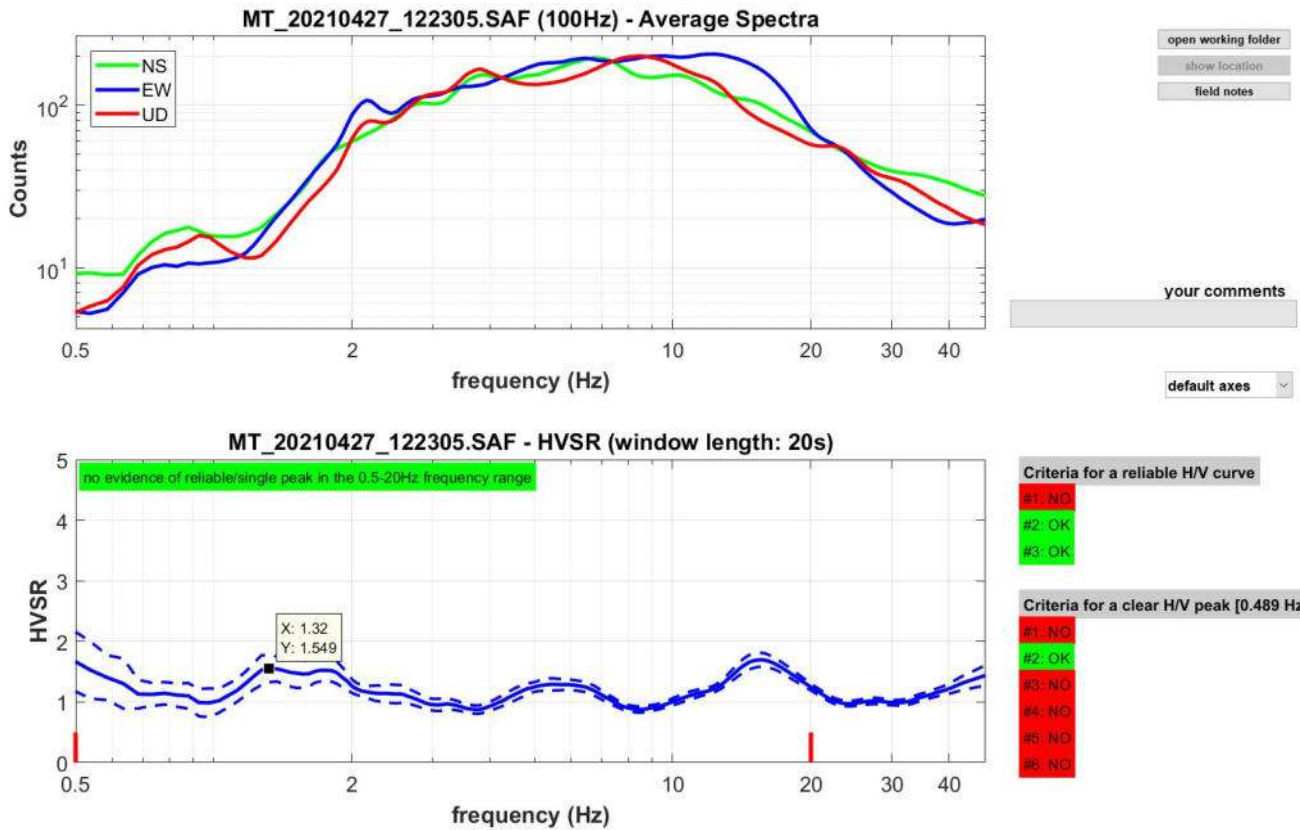


Fig. 21 - a) Spettri di ampiezza delle tre componenti, b) Rapporto spettrale HVSr

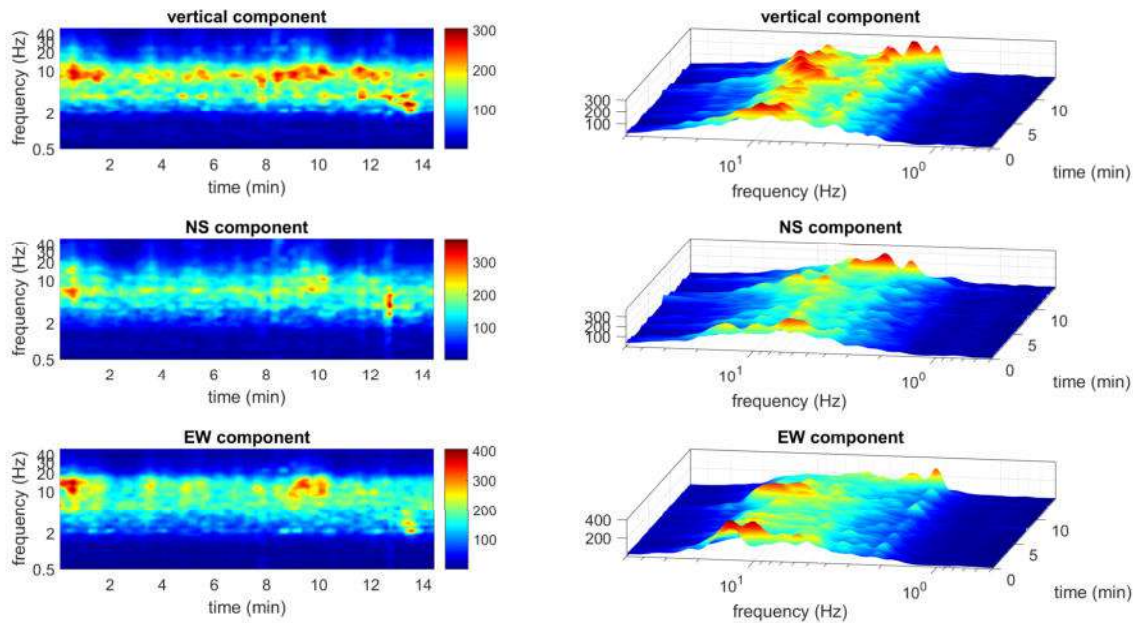


Fig. 22 - Continuità della Persistenza del Rapporto Spettrale della H/V



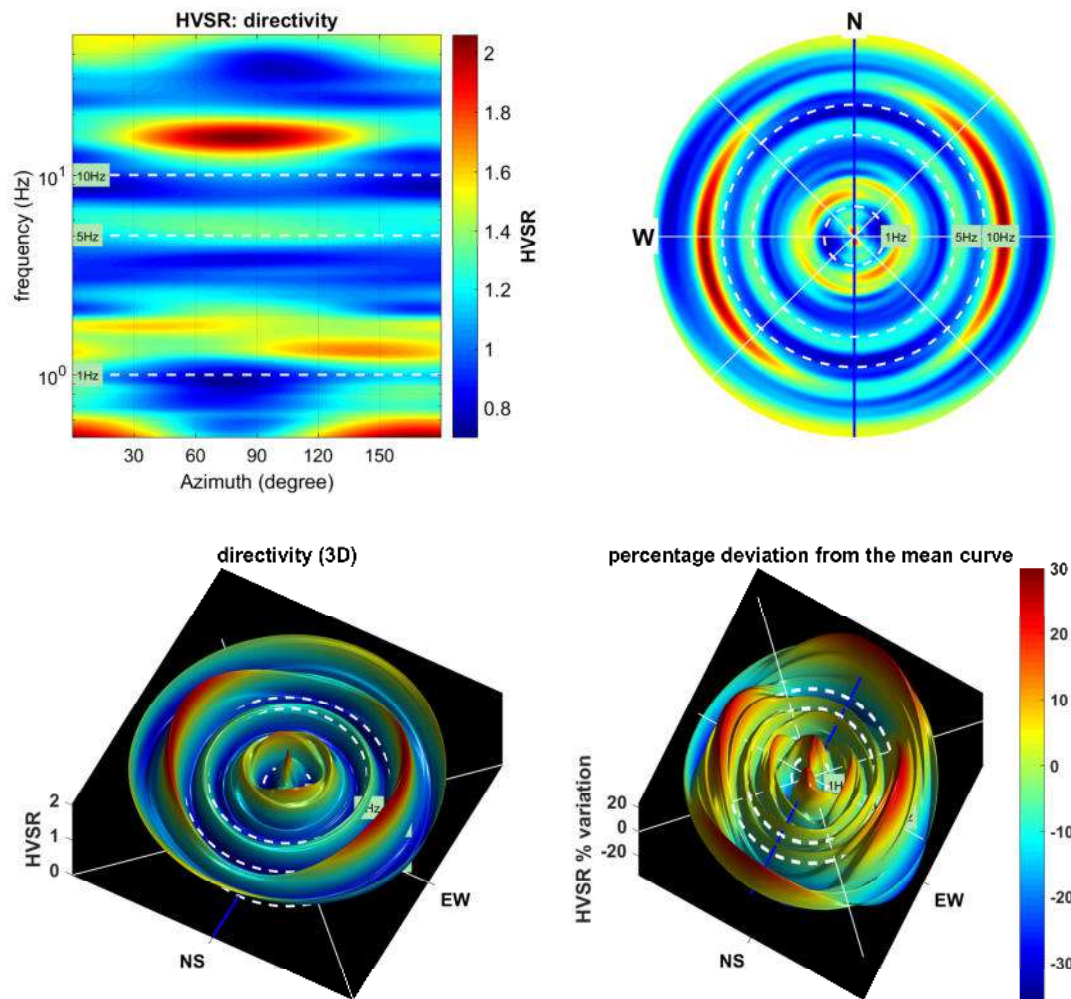


Fig. 23 - Grafico della Direzionalità del Rapporto Spettrale della H/V



### 6.4. Elaborazione acquisizioni HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) - HVSR 2

Dataset: MT\_20210427\_124246 F.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 27-04-2021

DATA PROCESSING

Date: 5 5 2021

Sampling frequency (Hz): 64

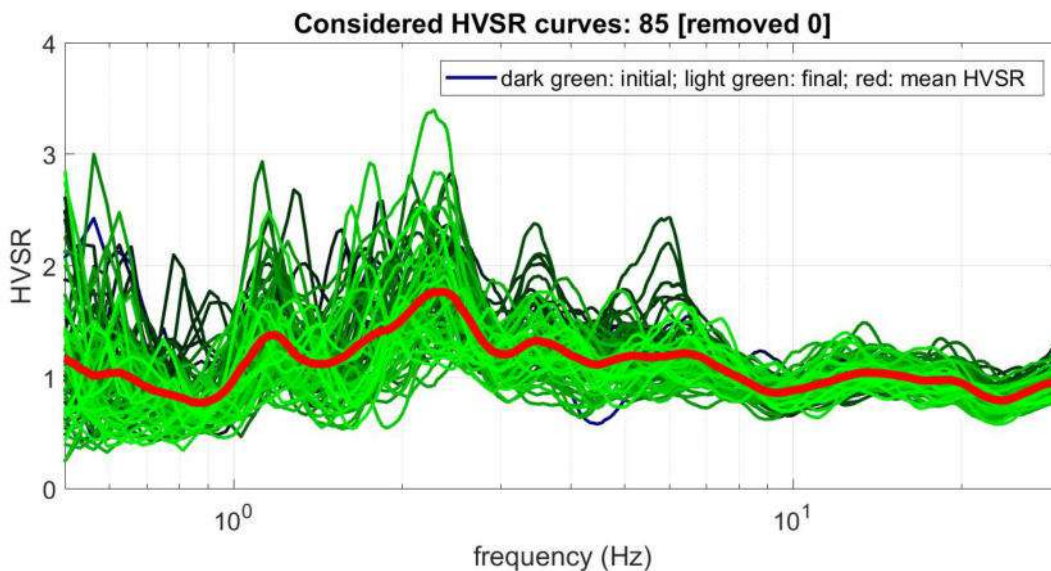
Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 14.70

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 15



##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.1-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 2.3 ( $\pm 0.9$ )

Peak HVSR value: 1.8 ( $\pm 0.2$ )

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 2.346 > 0.5 (OK)

#2. [ $nc > 200$ ]: 3988 > 200 (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

#1. [exists f- in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 0.8Hz (OK)

#2. [exists f+ in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 8.9Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]: 1.8 < 2 (NO)

#4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f)] \text{ a } \sigma_A(f) = f_0 \text{ a } 5\%$ ]: (OK)

#5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]: 0.923 > 0.117 (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.399 < 1.58 (OK)



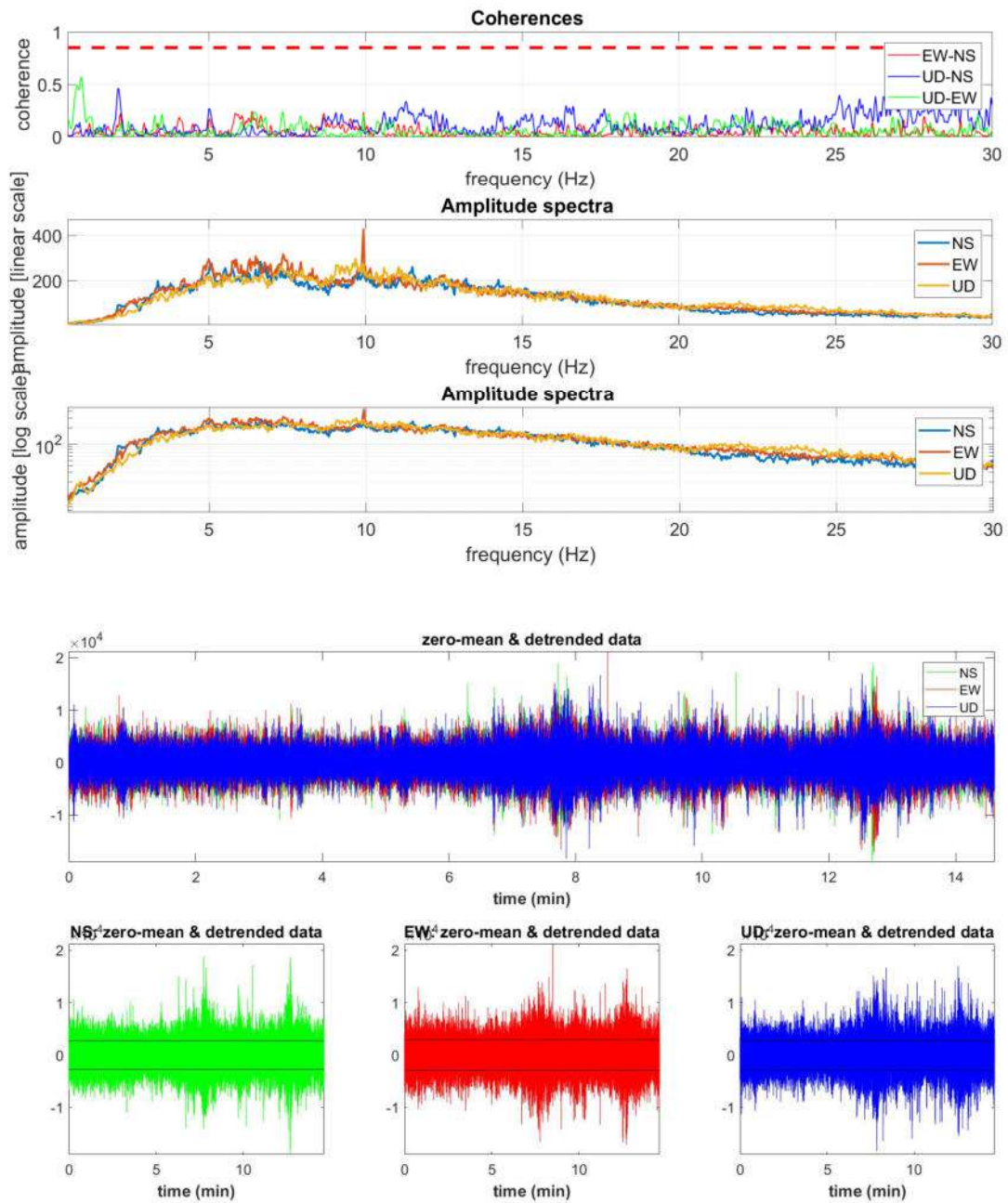


Fig. 24 - Acquisizione dati HVSR



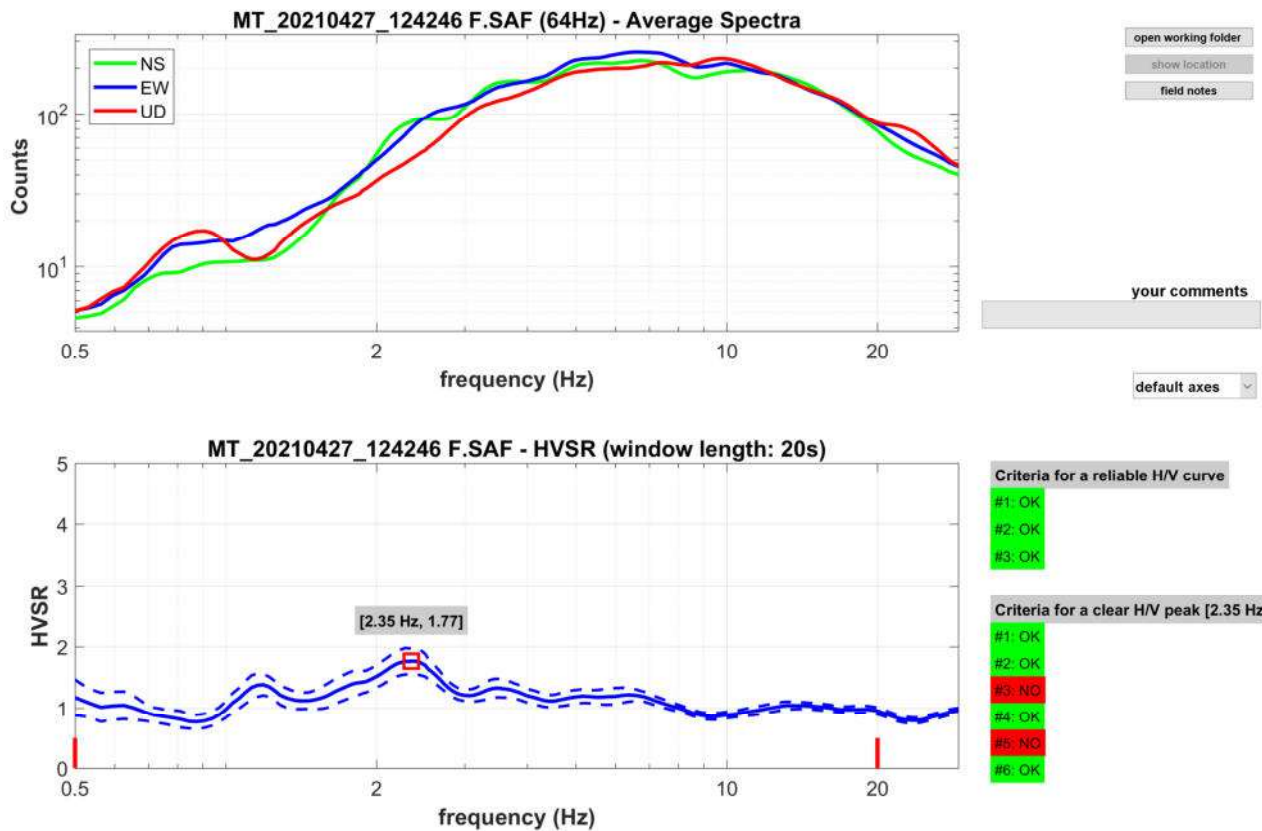


Fig. 25 - a) Spettri di ampiezza delle tre componenti, b) Rapporto spettrale HVSR

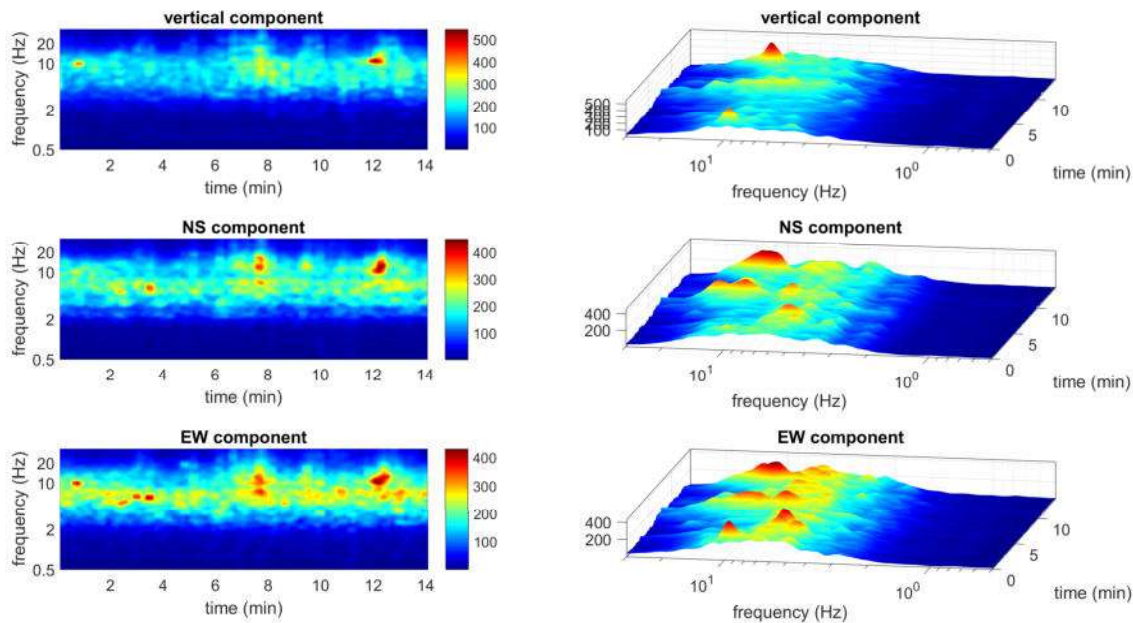


Fig. 26 - Continuità della Persistenza del Rapporto Spettrale della H/V



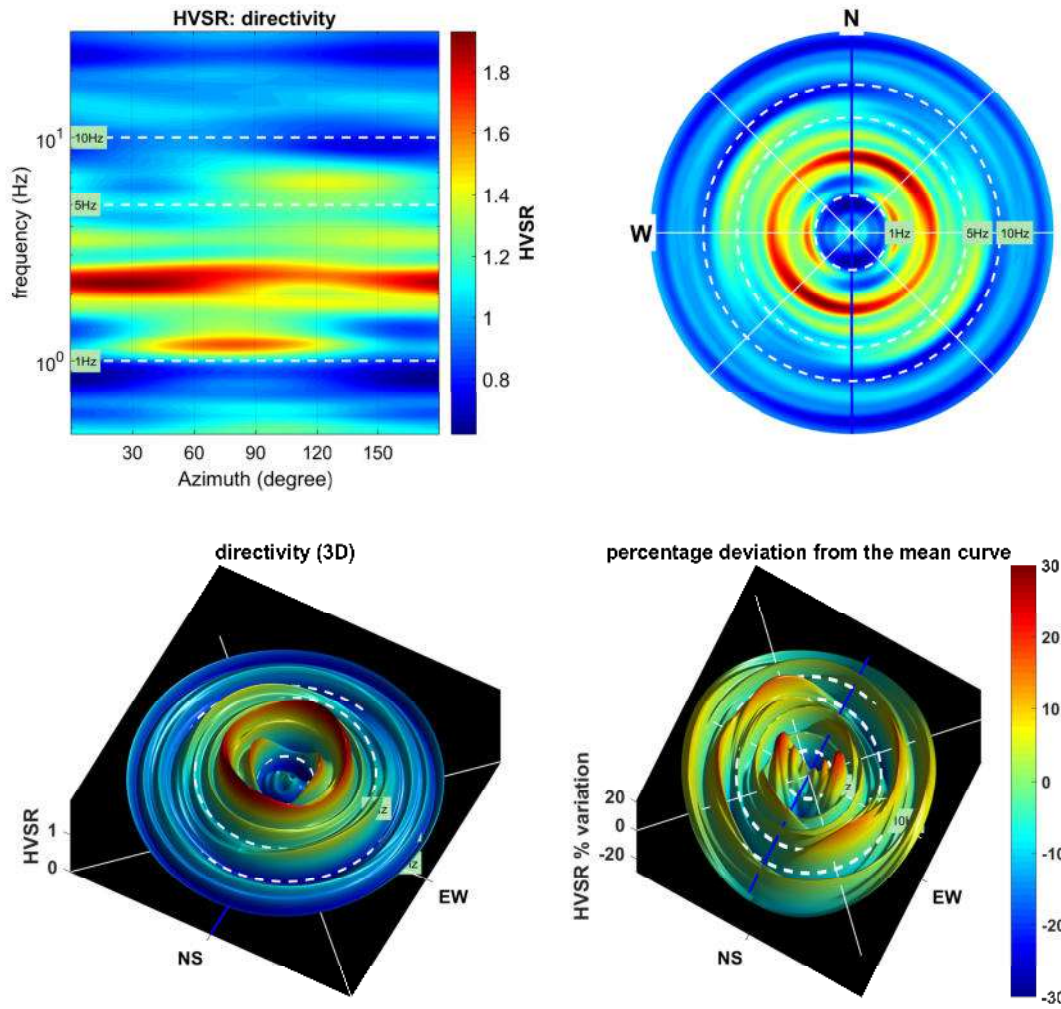


Fig. 27 - Grafico della Direzionalità del Rapporto Spettrale della H/V





### 6.5 winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves - MASW 1

Main results

Date Acquisition: 27 04 2021

Time: 12 00

Dataset: 00000316 9m.sg2

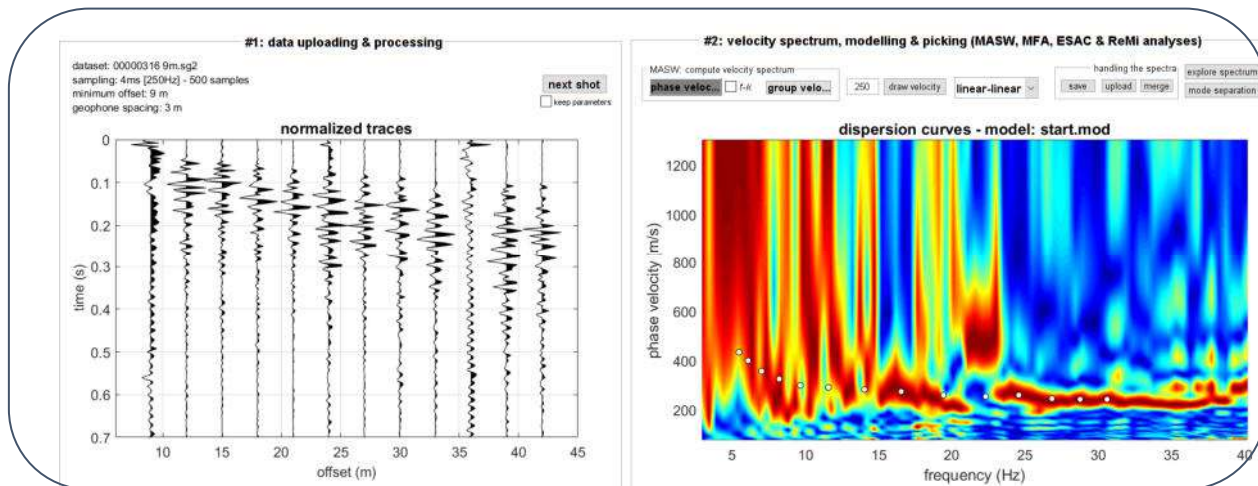


Fig. 28 - Dati acquisiti, elaborazione spettro velocità

#### Mean model

Vs (m/s): 72, 99, 158, 259, 240, 297, 351, 422  
 Standard deviations (m/s): 7, 14, 11, 4, 3, 5, 16, 45  
 Thickness (m): 0.2, 0.3, 0.8, 1.9, 2.6, 3.7, 9.5  
 Standard deviations (m/s): 0.0, 0.0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 1.3

Analysis: Rayleigh Waves

**VsEq (m/s): 320**

#### Best model

| layer | Vs (m/s) | thickness (m) | depth (m) |
|-------|----------|---------------|-----------|
| 1     | 70       | 0.1404        | 0.1404    |
| 2     | 92       | 0.2320        | 0.3724    |
| 3     | 159      | 0.8000        | 1.1724    |
| 4     | 260      | 1.9445        | 3.1169    |
| 5     | 241      | 2.5802        | 5.6971    |
| 6     | 299      | 3.1302        | 8.8273    |
| 7     | 358      | 10.2802       | 19.1075   |
| 8     | 455      | 0             | 0         |

Fig. 29 - Modello ottenuto (mean model e best model) e Vseq



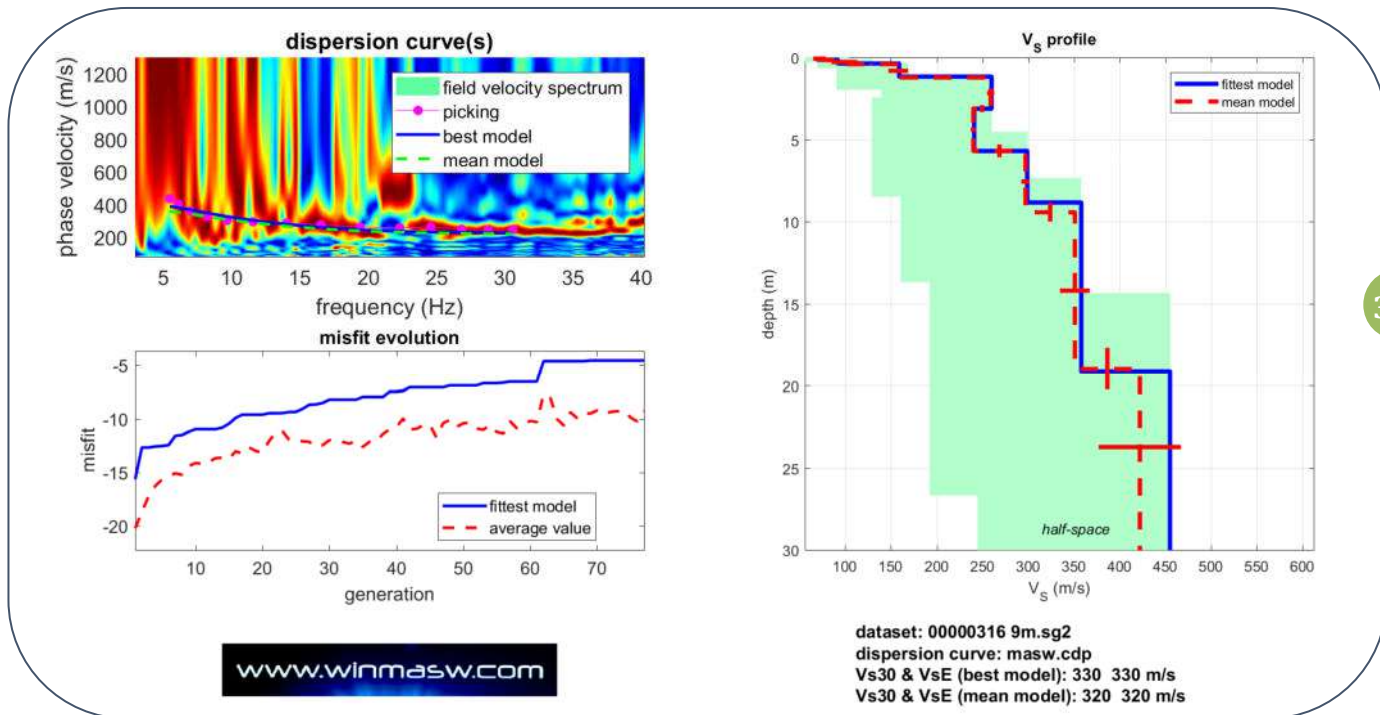


Fig. 30a e 30b - In alto a sinistra la Densità spettrale delle onde superficiali nel piano frequenza-velocità di fase ed il picking della curva di dispersione relativa al modo fondamentale. Il profilo verticale del parametro velocità delle onde di taglio (Vs), relativo ai modelli considerati, è riportato in alto a destra e nel profilo verticale delle Vs in basso.

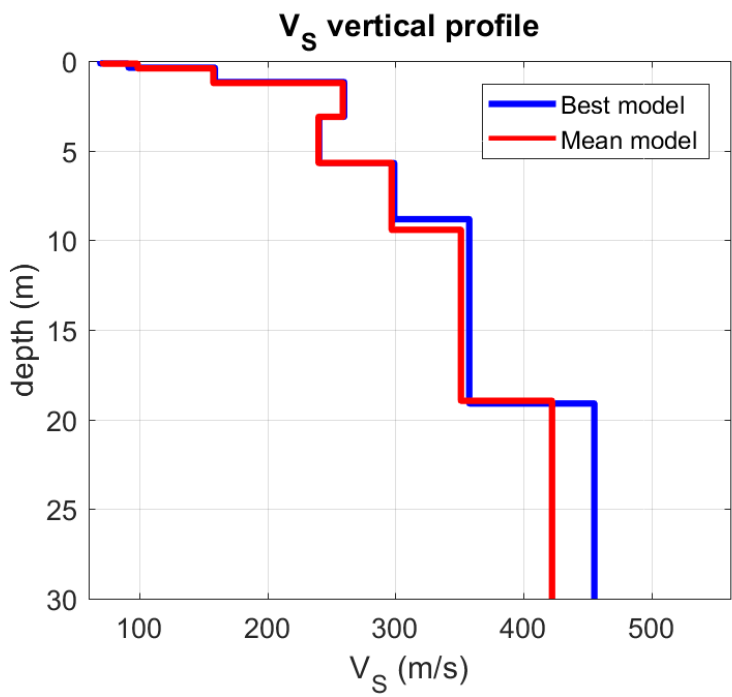


Fig. 30c – Confronto mean model and best model



## 7. SCALA MONTESANTO

### 7.1. HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratios)

La misura HVSr è stata eseguita come da allegata planimetria, utile a definire il rapporto spettrale H/V. Con l'ausilio di prove eseguite in situ e dati regressi sulla stratigrafia dei siti indagati è stato possibile definire la categoria di suolo (Vseq)

38

Di seguito si allegano le acquisizioni, gli Spettri di ampiezza delle tre componenti ed il rapporto spettrale H/V delle due misure. Vengono allegati anche i grafici relativi alla Persistenze (*funzione del tempo*) ed alla Direzionalità (*funzione della direzione di provenienza del segnale*). Nei grafici sull'asse delle ordinate è rappresentata la frequenza e il colore indica l'ampiezza del rapporto H/V.



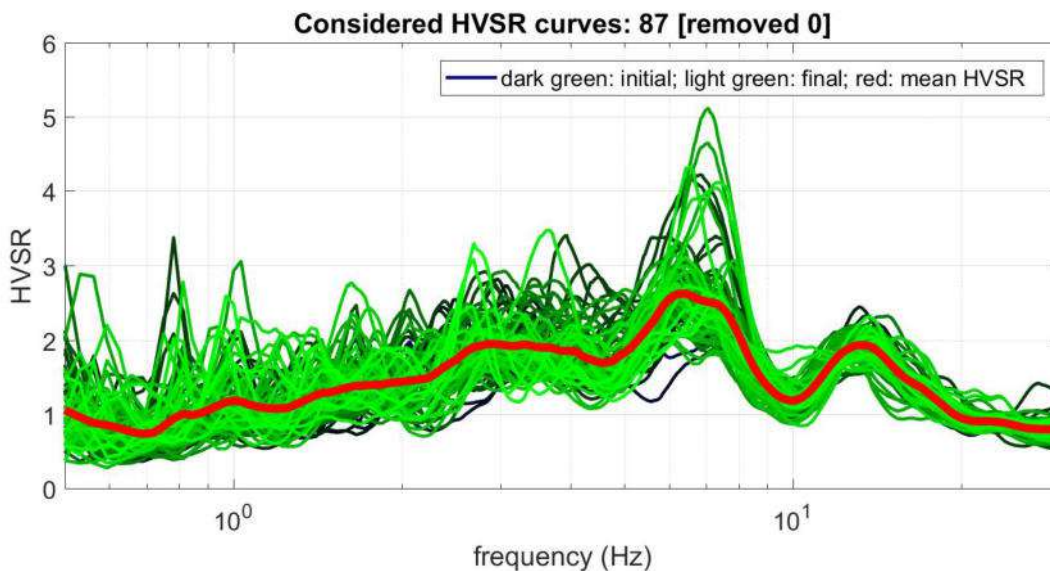
Fig. 31 – Ubicazione Indagini





**7.2. Elaborazione acquisizioni HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) - HVSR 1**

Dataset: 2021 04 27 08 52 54.000  
 DATA ACQUISITION  
 Date and time: 27-04-2021  
 DATA PROCESSING  
 Date: 6 5 2021  
 Sampling frequency (Hz): 64  
 Window length (sec): 20  
 Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz  
 Length of analysed dataset (min): 15.00  
 Tapering (%): 5  
 Smoothing (%): 15



##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.1-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 6.4 (±1.6)  
 Peak HVSR value: 2.6 (±0.3)

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

- #1. [f0 > 10/Lw]: 6.413 > 0.5 (OK)
- #2. [nc > 200]: 11158 > 200 (OK)
- #3. [f0>0.5Hz; sigmaA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

- #1. [exists f- in the range [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0/2]: yes (considering standard deviations), frequency 1.6Hz (OK)
- #2. [exists f+ in the range [f0, 4f0] | AH/V(f+) < A0/2]: yes, at frequency 9.2Hz (OK)
- #3. [A0 > 2]: 2.6 > 2 (OK)
- #4. [fpeak[Ah/v(f) a sigmaA(f)] = f0 a 5%]: (OK)
- #5. [sigmaf < epsilon(f0)]: 1.592 > 0.321 (NO)
- #6. [sigmaA(f0) < theta(f0)]: 0.374 < 1.58 (OK)



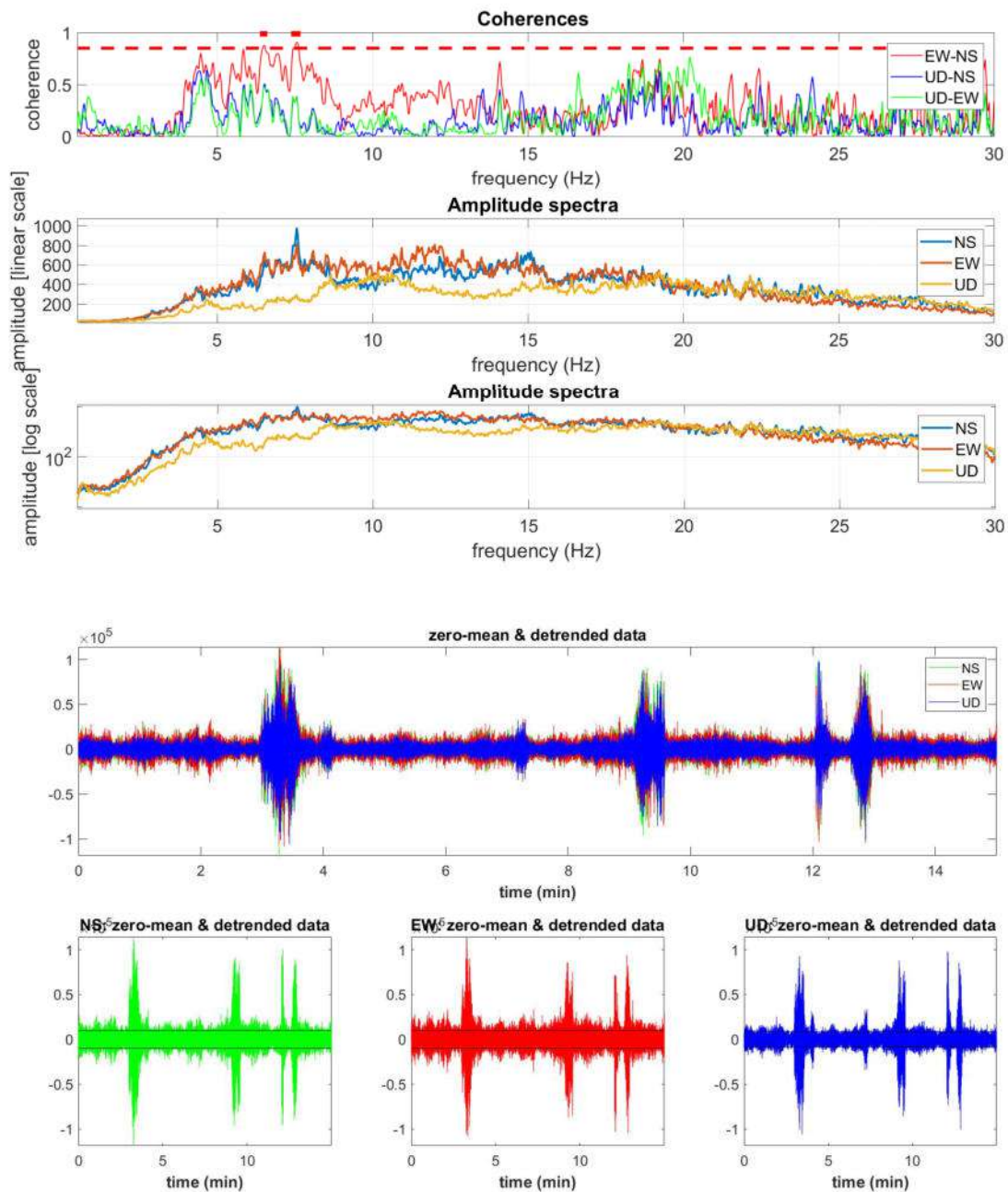


Fig. 32 - Acquisizione dati HVSR



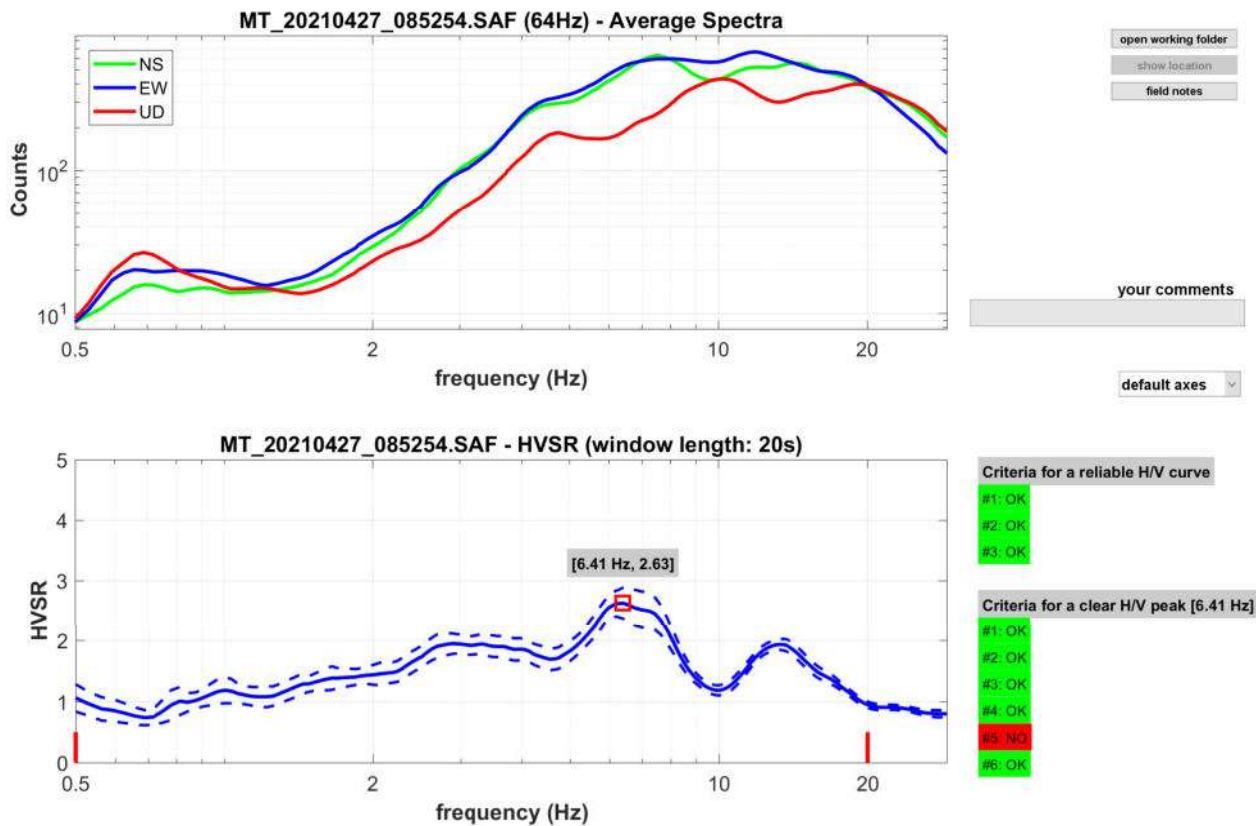


Fig. 33 - a) Spettri di ampiezza delle tre componenti, b) Rapporto spettrale HVSR

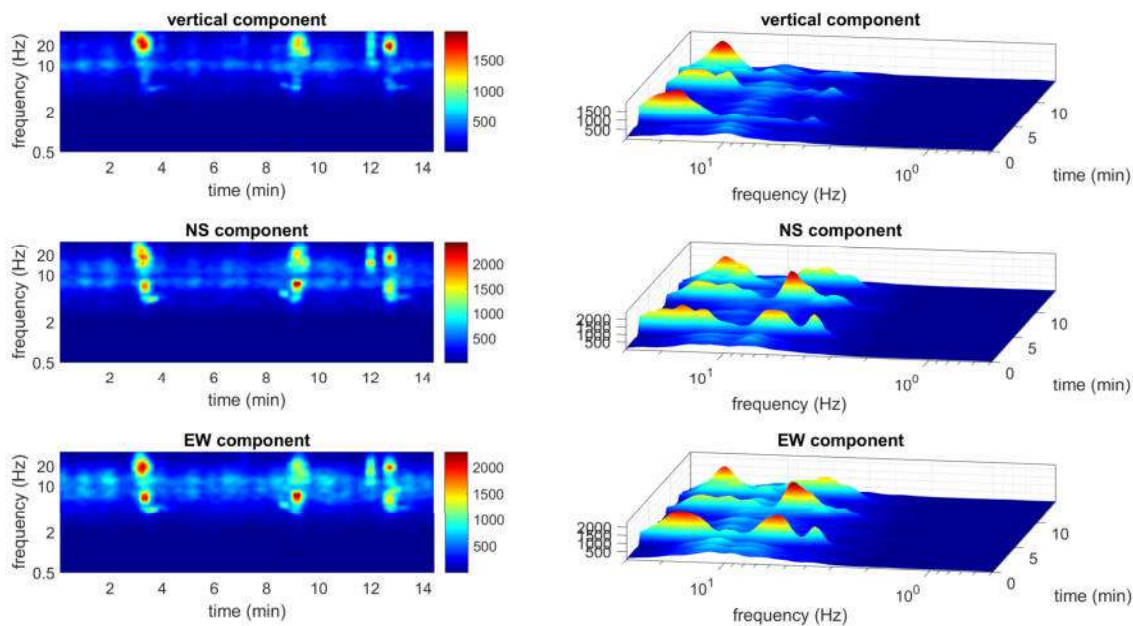


Fig. 34 - Continuità della Persistenza del Rapporto Spettrale della H/V



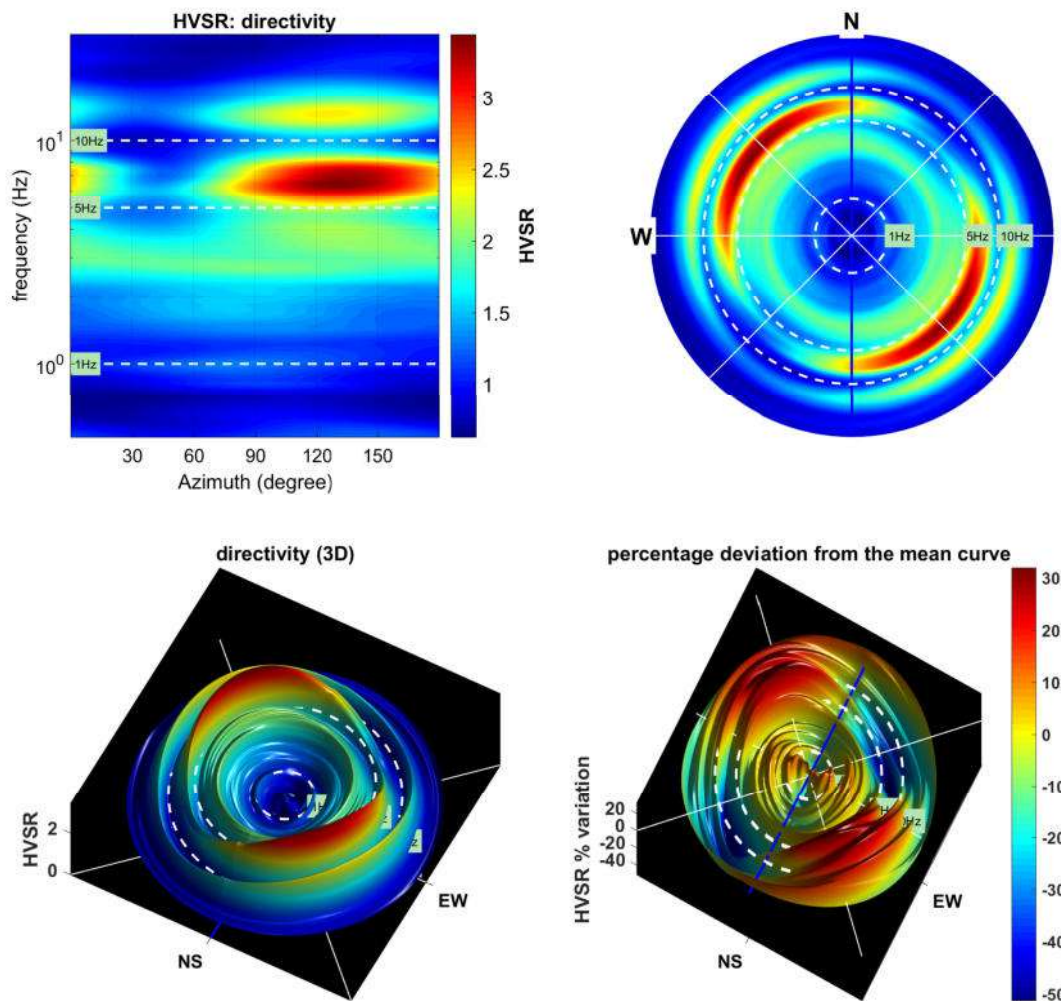


Fig. 35 - Grafico della Direzionalità del Rapporto Spettrale della H/V





**Modello stratigrafico**

Definito con stratigrafie estrapolate dalle indagini dirette e altre pregresse nelle vicinanze del sito

Dati riepilogativi:

Numero strati: 6  
 Frequenza del picco dell'ellitticità: 1.55 Hz  
 Valore di disadattamento: 0.62  
 Valore Vseq: 227.38 m/s

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            | 0.8          | 17                                          | 0.38              | 85                            |
| 2      | 0.8            | 2.0          | 17.5                                        | 0.35              | 145                           |
| 3      | 2.8            | 3.6          | 18                                          | 0.35              | 240                           |
| 4      | 6.4            | 8.0          | 18                                          | 0.35              | 185                           |
| 5      | 14.4           | 9.0          | 18.5                                        | 0.35              | 310                           |
| 6      | 23.4           | 6.5          | 19                                          | 0.33              | 420                           |

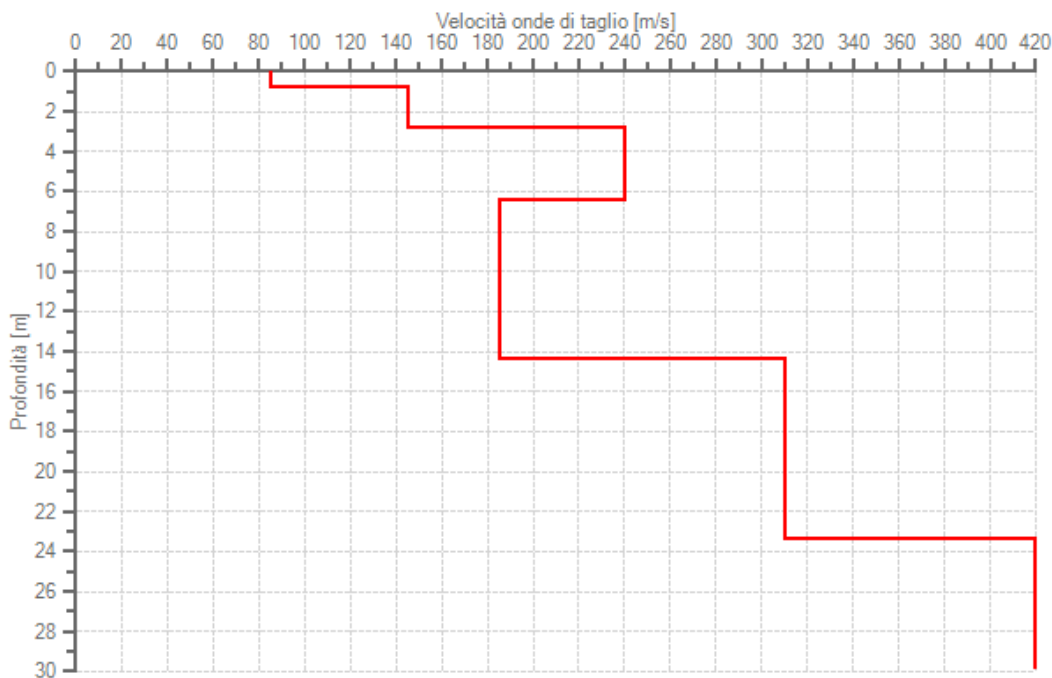


Fig. 35a - Profilo delle velocità delle onde di taglio



## 8. SCALINATA PEDAMENTINA

### 8.1. HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios)

La misura HVSR è stata eseguita come da allegata planimetria, utile a definire il rapporto spettrale H/V. Con l'ausilio di prove eseguite in situ e dati regressi sulla stratigrafia dei siti indagati è stato possibile definire la categoria di suolo (Vseq)

Di seguito si allegano le acquisizioni, gli Spettri di ampiezza delle tre componenti ed il rapporto spettrale H/V delle due misure. Vengono allegati anche i grafici relativi alla Persistenze (*funzione del tempo*) ed alla Direzionalità (*funzione della direzione di provenienza del segnale*). Nei grafici sull'asse delle ordinate è rappresentata la frequenza e il colore indica l'ampiezza del rapporto H/V.

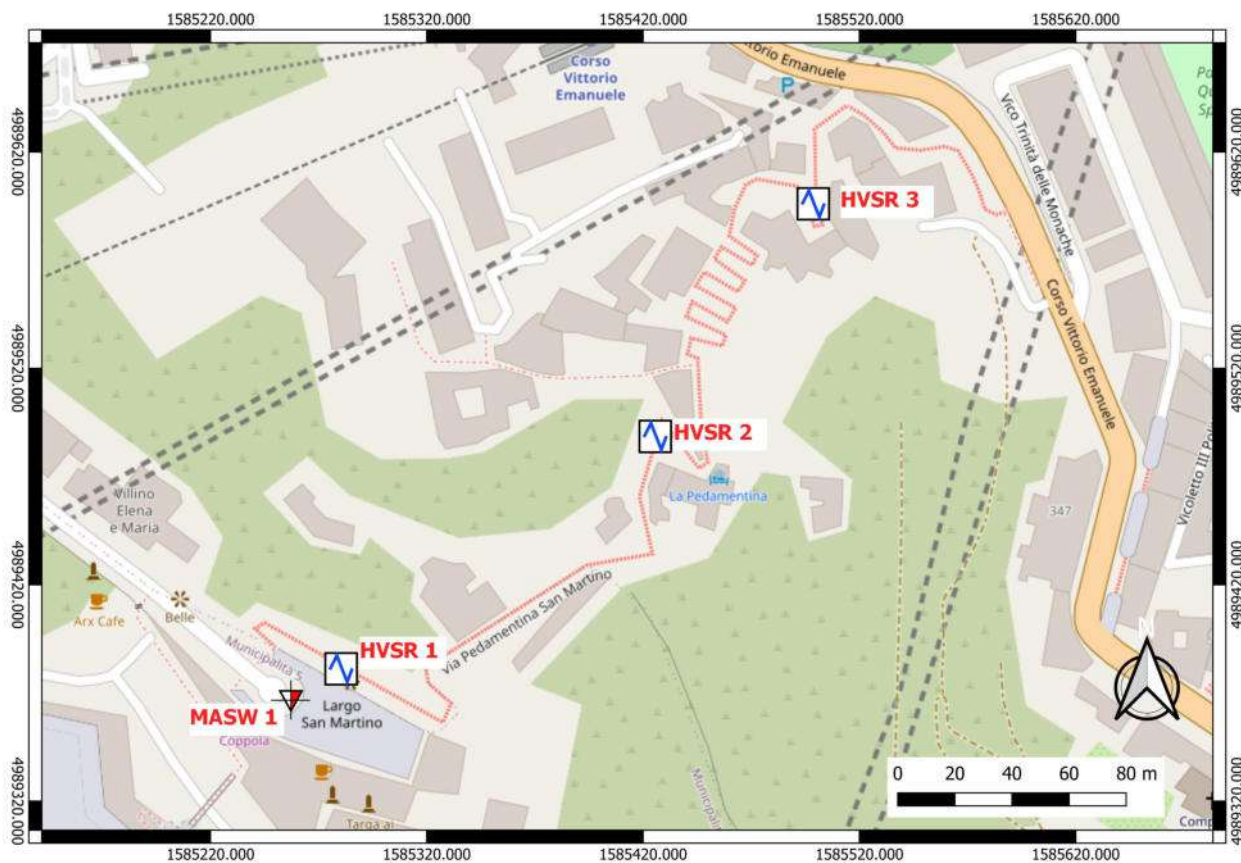


Fig. 36 – Ubicazione Indagini







**8.2. Elaborazione acquisizioni HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) - HVSR 1**

Dataset: MT\_20210426\_113043.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 26-04-2021

DATA PROCESSING

Date: 6 5 2021

Sampling frequency (Hz): 64

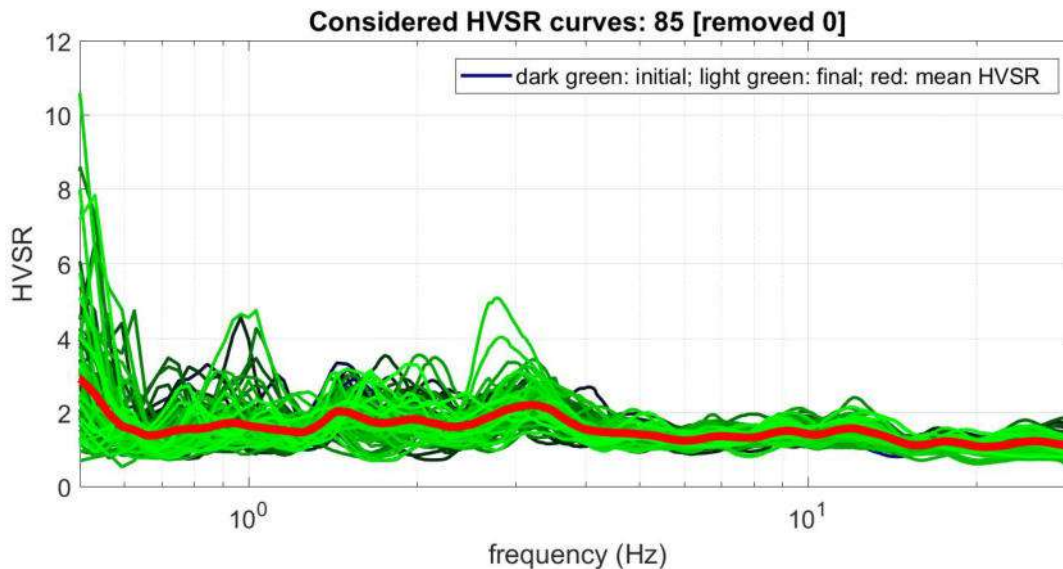
Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 15.00

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 15



##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.1-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 0.5 (±1.5)

Peak HVSR value: 2.9 (±0.7)

=== Criteria for a reliable H/V curve ===

- #1. [f0 > 10/Lw]: 0.500 > 0.5 (OK)
- #2. [nc > 200]: 851 > 200 (OK)
- #3. [f0>0.5Hz; sigmaA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) ===

- #1. [exists f- in the range [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0/2]: (NO)
- #2. [exists f+ in the range [f0, 4f0] | AH/V(f+) < A0/2]: yes, at frequency 0.7Hz (OK)
- #3. [A0 > 2]: 2.9 > 2 (OK)
- #4. [fpeak[Ah/v(f) a sigmaA(f)] = f0 a 5%]: (NO)
- #5. [sigmaf < epsilon(f0)]: 1.516 > 0.075 (NO)
- #6. [sigmaA(f0) < theta(f0)]: 29.154 < 2 (NO)



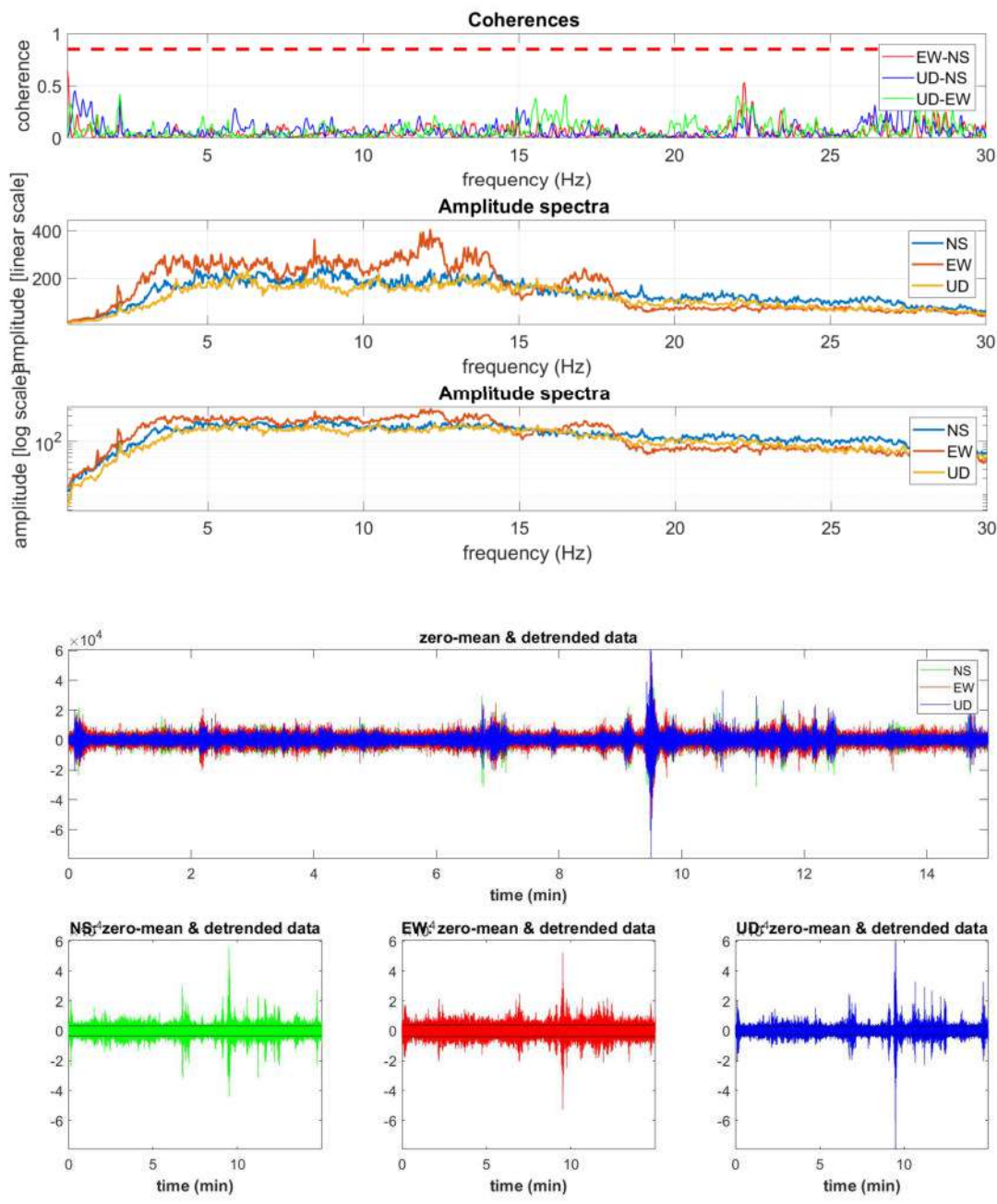


Fig. 37 - Acquisizione dati HVSR



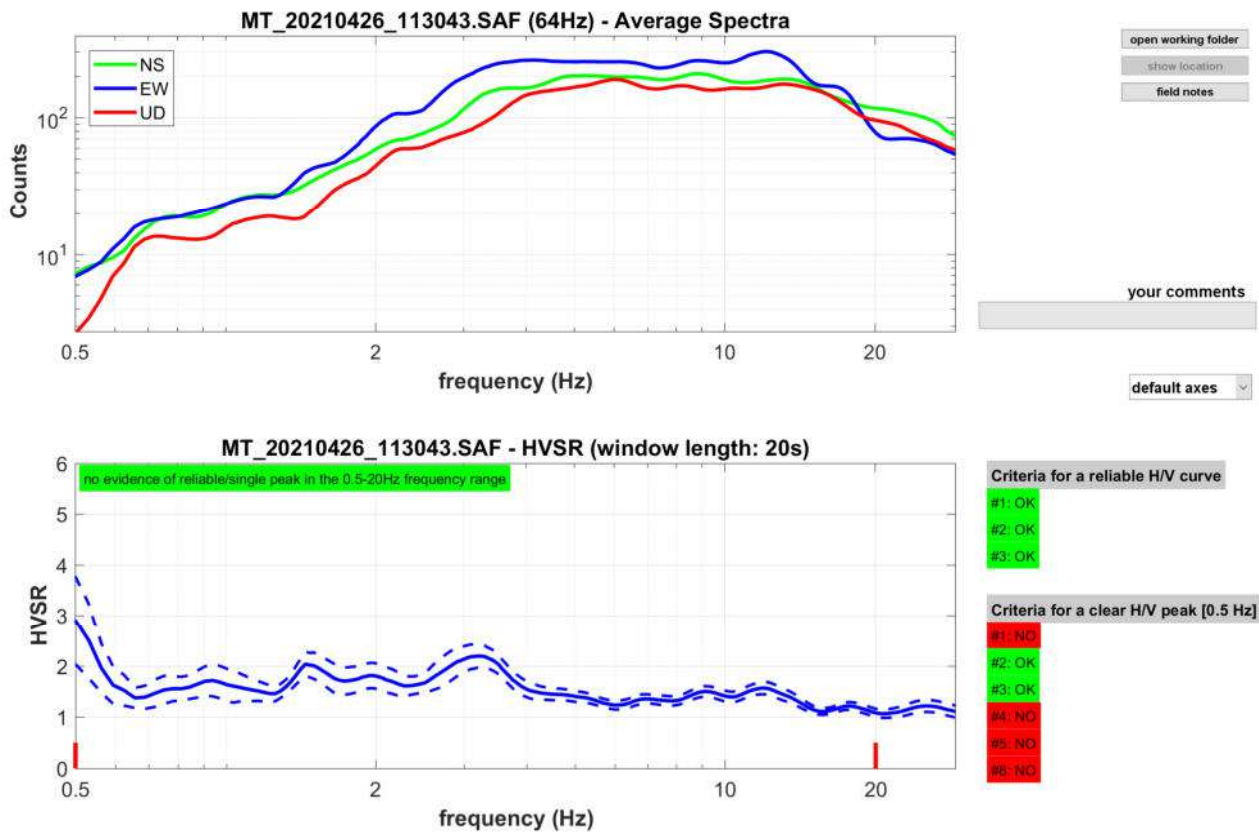


Fig. 38 - a) Spettri di ampiezza delle tre componenti, b) Rapporto spettrale HVSR

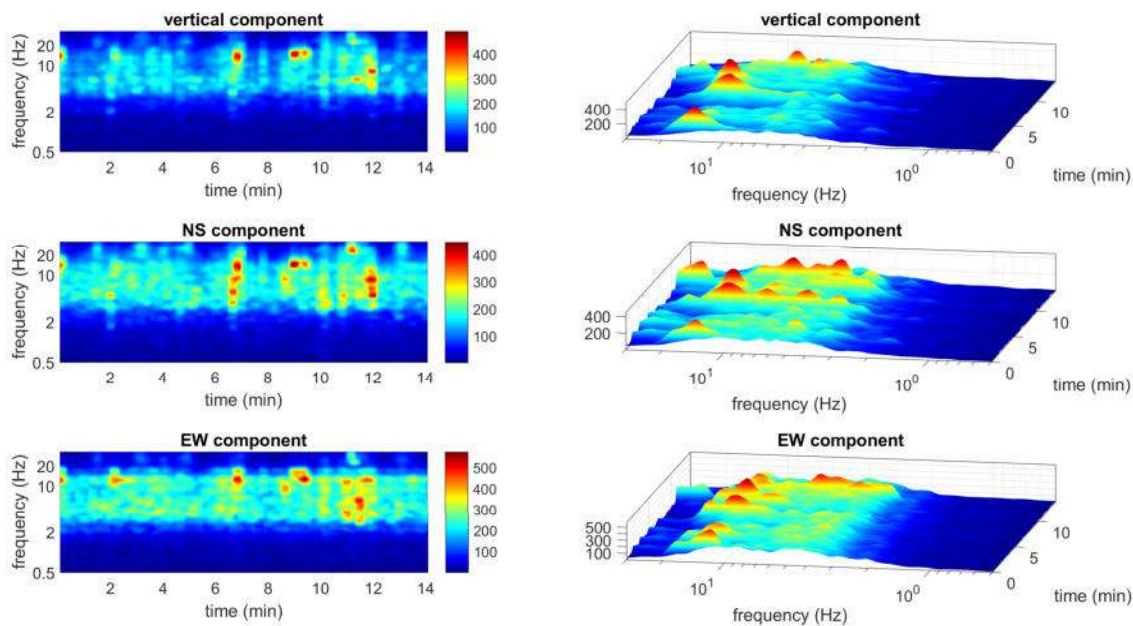


Fig. 39 - Continuità della Persistenza del Rapporto Spettrale della H/V



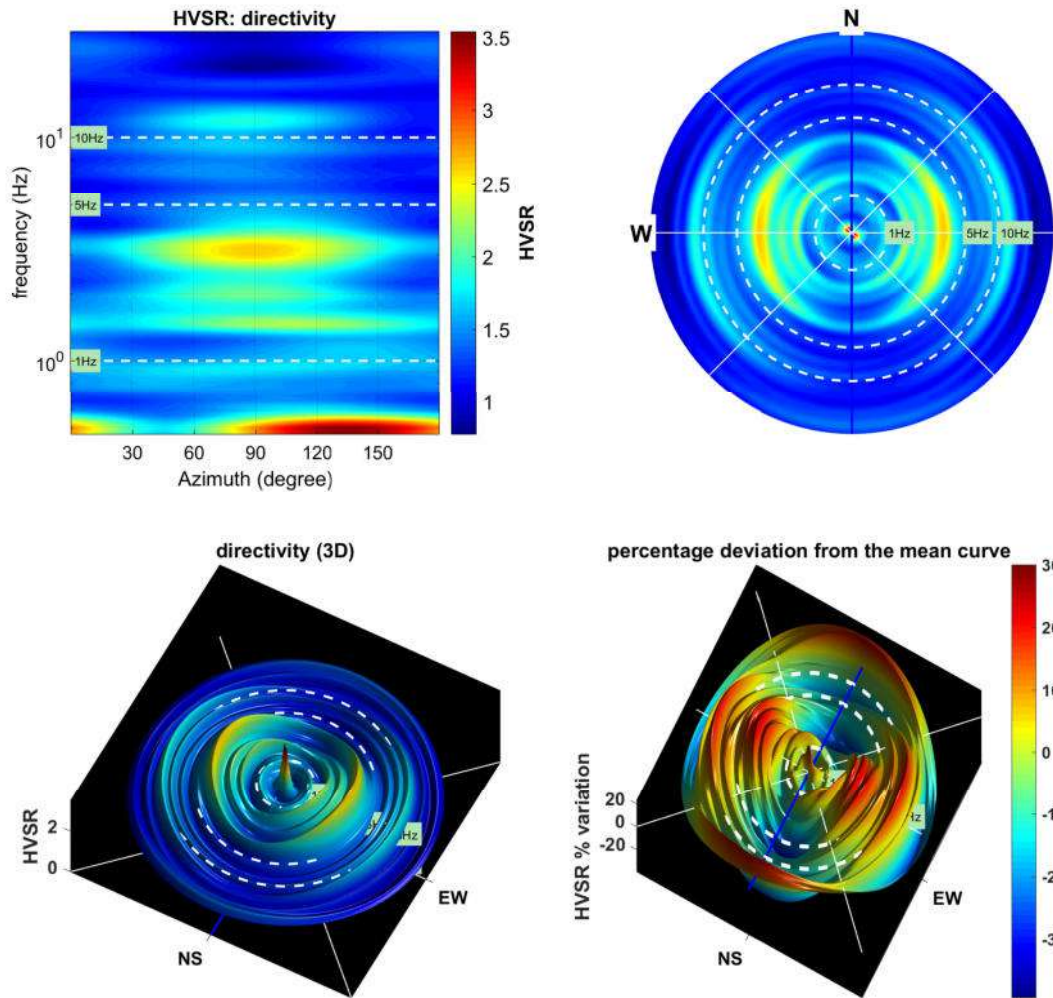


Fig. 40 - Grafico della Direzionalità del Rapporto Spettrale della H/V





### 8.3. Elaborazione acquisizioni HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) - HVSR 2

Dataset: 2021 04 26 12 40 46.000

DATA ACQUISITION

Date and time: 26-04-2021

DATA PROCESSING

Date: 6 5 2021

Sampling frequency (Hz): 64

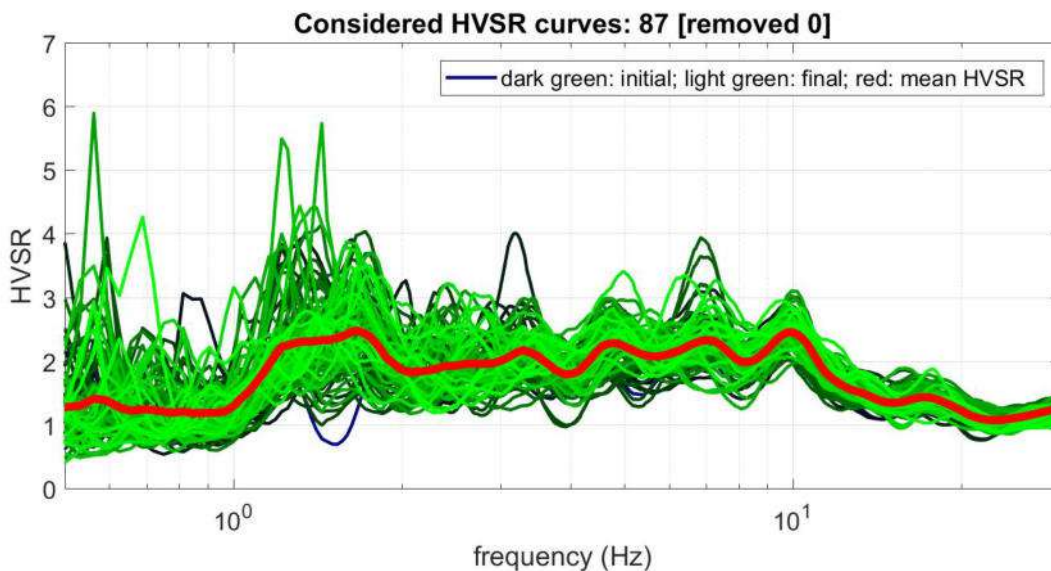
Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 15.00

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 15



##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.1-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 1.7 ( $\pm 2.9$ )

Peak HVSR value: 2.5 ( $\pm 0.3$ )

=== Criteria for a reliable H/V curve ===

- #1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 1.658 > 0.5 (OK)
- #2. [ $nc > 200$ ]: 2885 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) ===

- #1. [exists f- in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 0.7Hz (OK)
- #2. [exists f+ in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f+) < A_0/2$ ]: (NO)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 2.5 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[A_h/v(f)] \text{ a } \sigma_A(f) = f_0 \text{ a } 5\%$ ]: (NO)
- #5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]: 2.887 > 0.166 (NO)
- #6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.528 < 1.78 (OK)



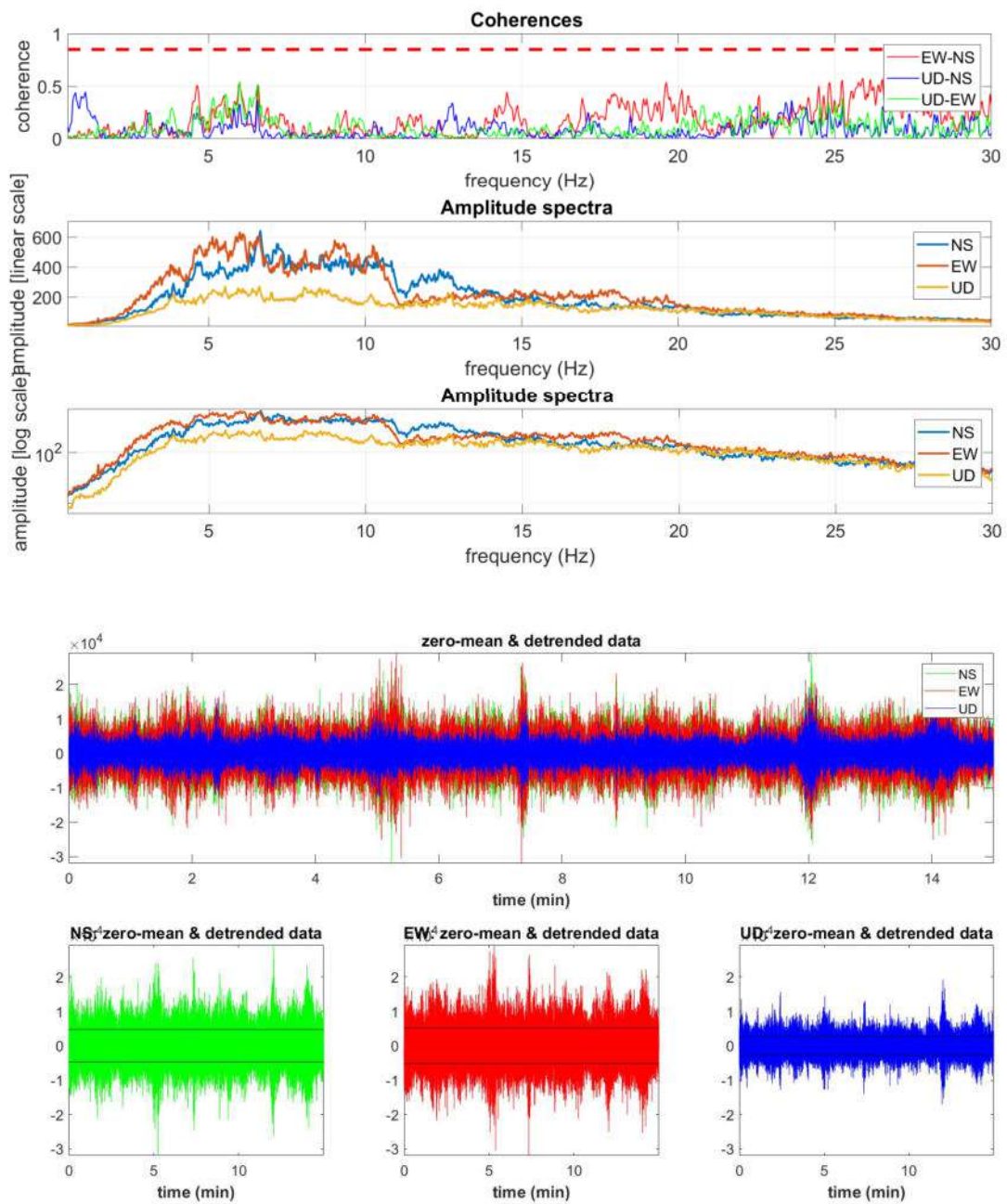


Fig. 41 - Acquisizione dati HVSR



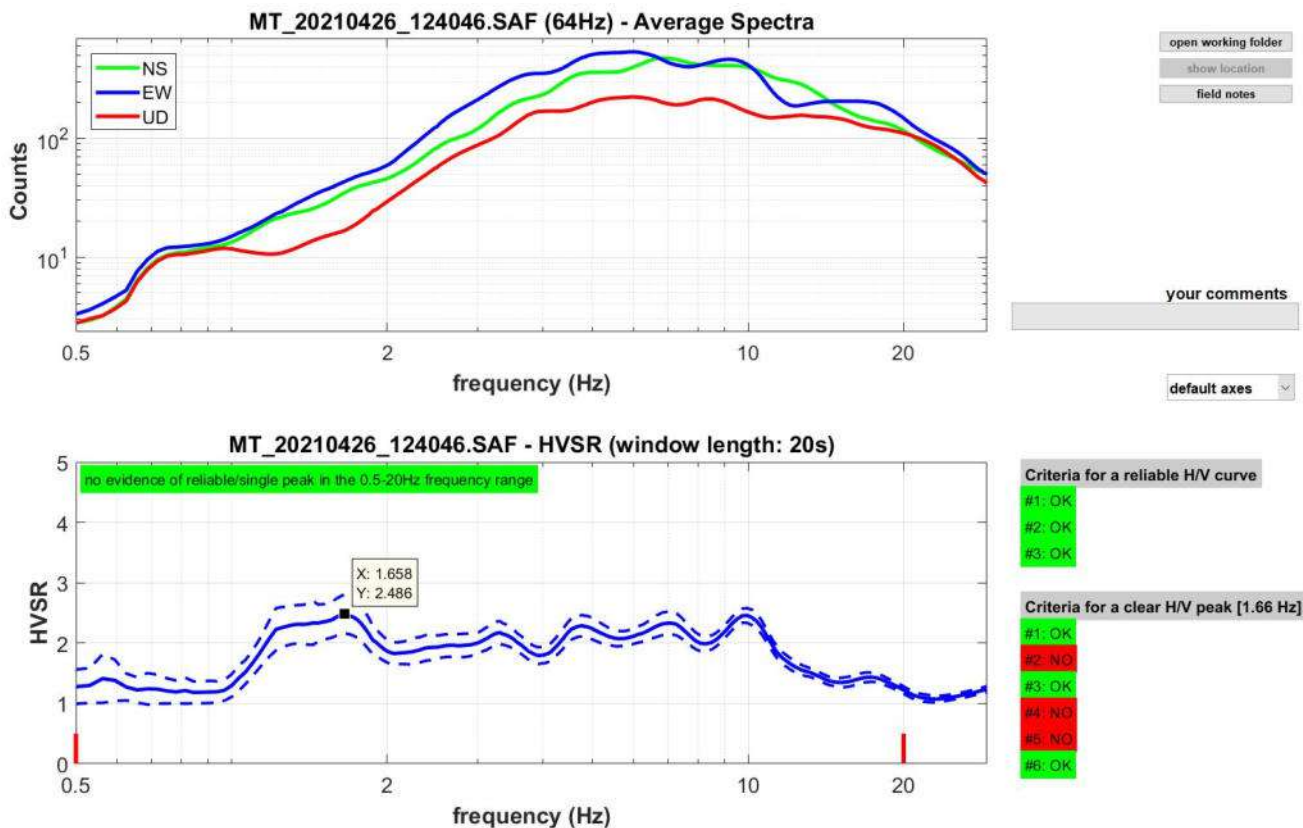


Fig. 42 - a) Spettri di ampiezza delle tre componenti, b) Rapporto spettrale HVSR

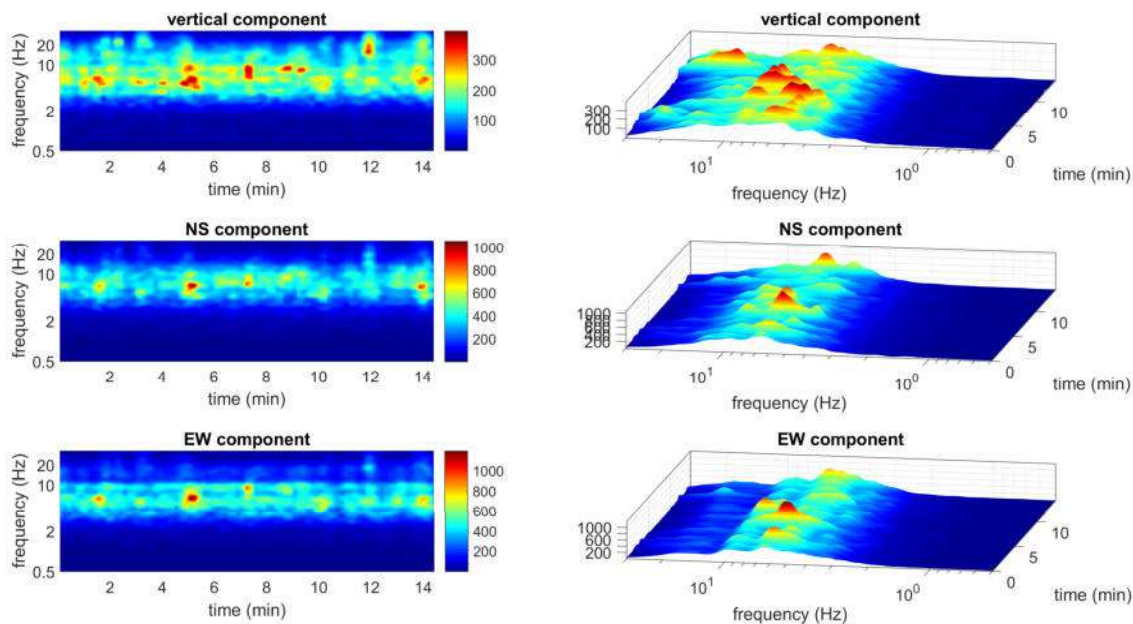


Fig. 43 - Continuità della Persistenza del Rapporto Spettrale della H/V



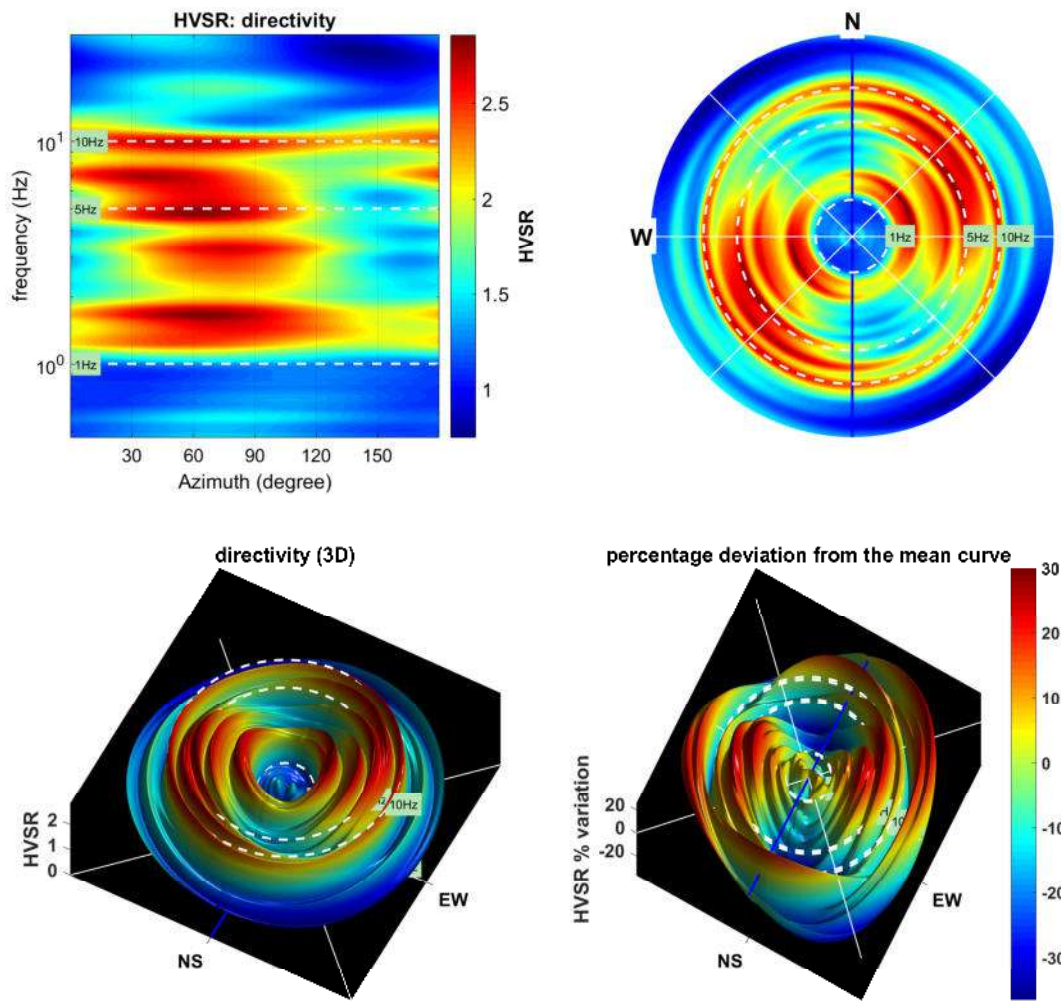
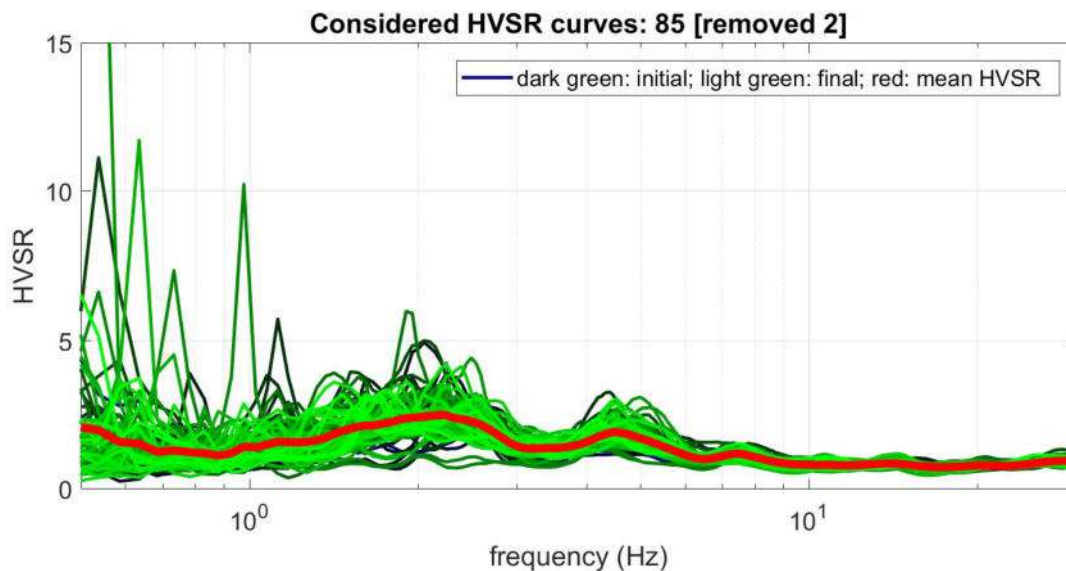


Fig. 44 - Grafico della Direzionalità del Rapporto Spettrale della H/V



### 8.4. Elaborazione acquisizioni HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) - HVSR 3

Dataset: 2021 04 26 12 40 46.000  
 DATA ACQUISITION  
 Date and time: 26-04-2021  
 DATA PROCESSING  
 Date: 6 5 2021  
 Sampling frequency (Hz): 100  
 Window length (sec): 20  
 Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz  
 Length of analysed dataset (min): 15.00  
 Tapering (%): 5  
 Smoothing (%): 15



##### SESAME criteria #####  
**In the following the results considering the data in the 0.1-20.0Hz frequency range**  
 Peak frequency (Hz): 1.7 ( $\pm 2.9$ )  
 Peak HVSR value: 2.5 ( $\pm 0.3$ )

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

- #1.  $[f_0 > 10/Lw]$ :  $2.199 > 0.5$  (OK)
- #2.  $[nc > 200]$ :  $3827 > 200$  (OK)
- #3.  $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$  (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

- #1.  $[\text{exists } f^- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f^-) < A_0/2]$ : yes, at frequency 0.7Hz (OK)
- #2.  $[\text{exists } f^+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f^+) < A_0/2]$ : yes, at frequency 5.9Hz (OK)
- #3.  $[A_0 > 2]$ :  $2.5 > 2$  (OK)
- #4.  $[f_{\text{peak}}[Ah/v(f)] \text{ a } \sigma_A(f)] = f_0 \text{ a } 5\%]$ : (NO)
- #5.  $[\sigma_{\text{maf}} < \text{epsilon}(f_0)]$ :  $0.836 > 0.110$  (NO)
- #6.  $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$ :  $0.583 < 1.58$  (OK)



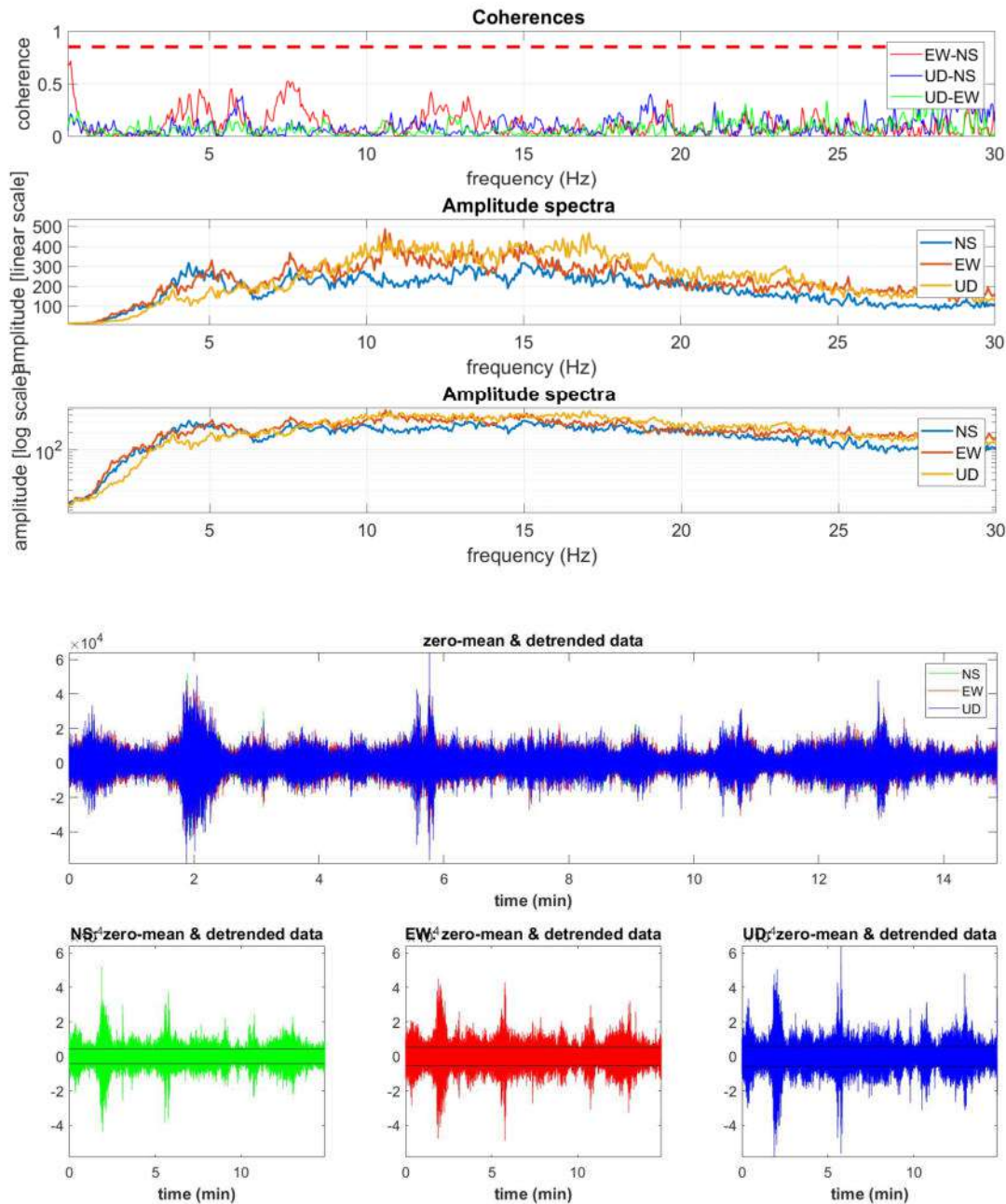


Fig. 45 - Acquisizione dati HVSR



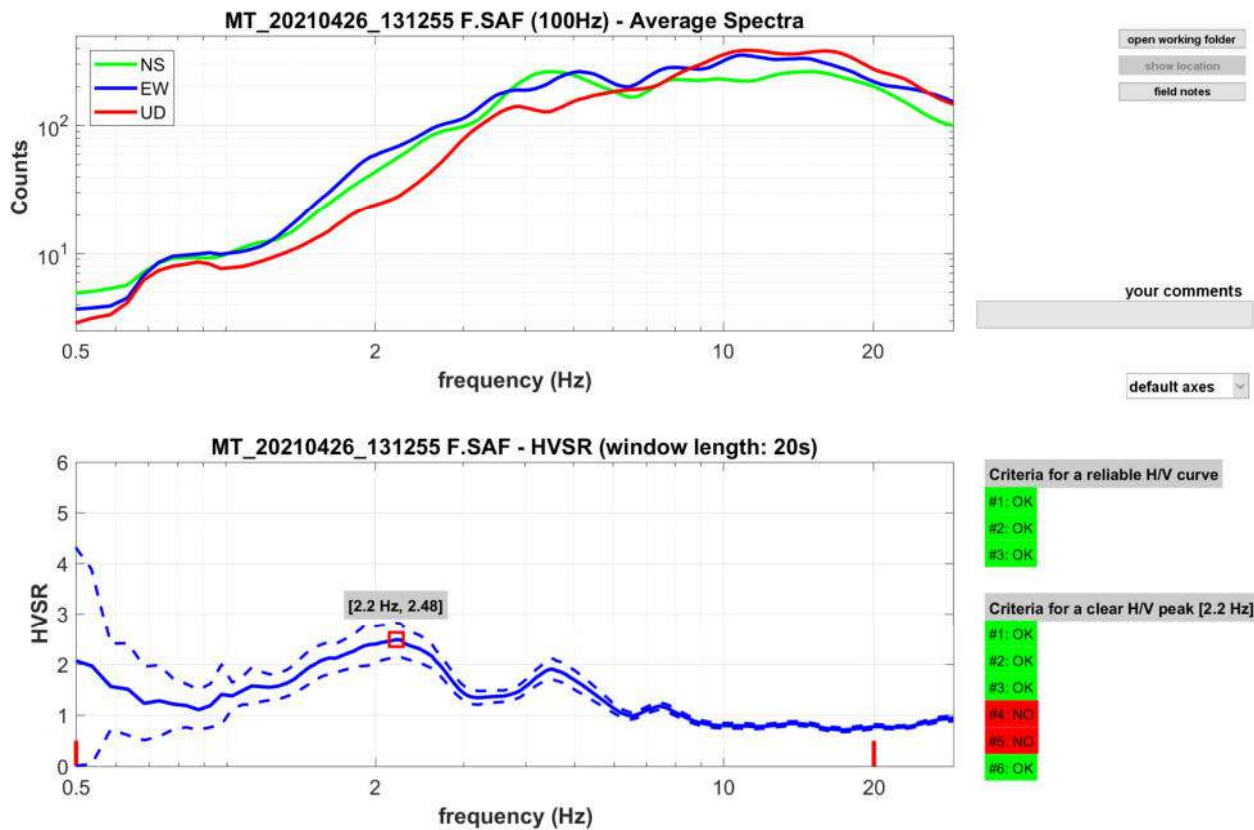


Fig. 46 - a) Spettri di ampiezza delle tre componenti, b) Rapporto spettrale HVSR

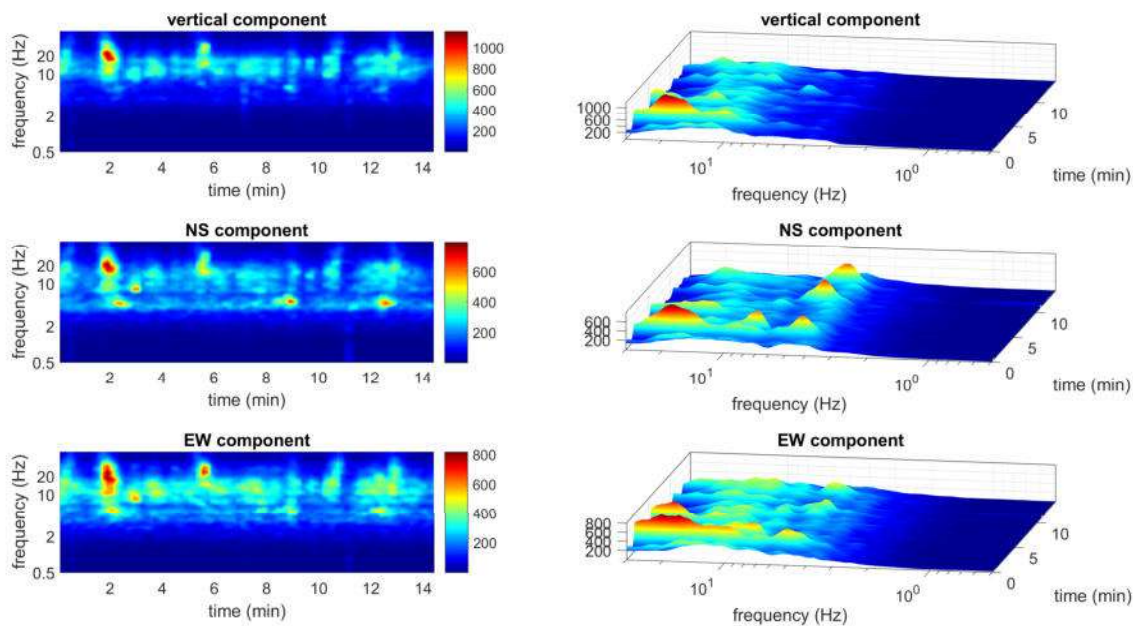


Fig. 47 - Continuità della Persistenza del Rapporto Spettrale della H/V



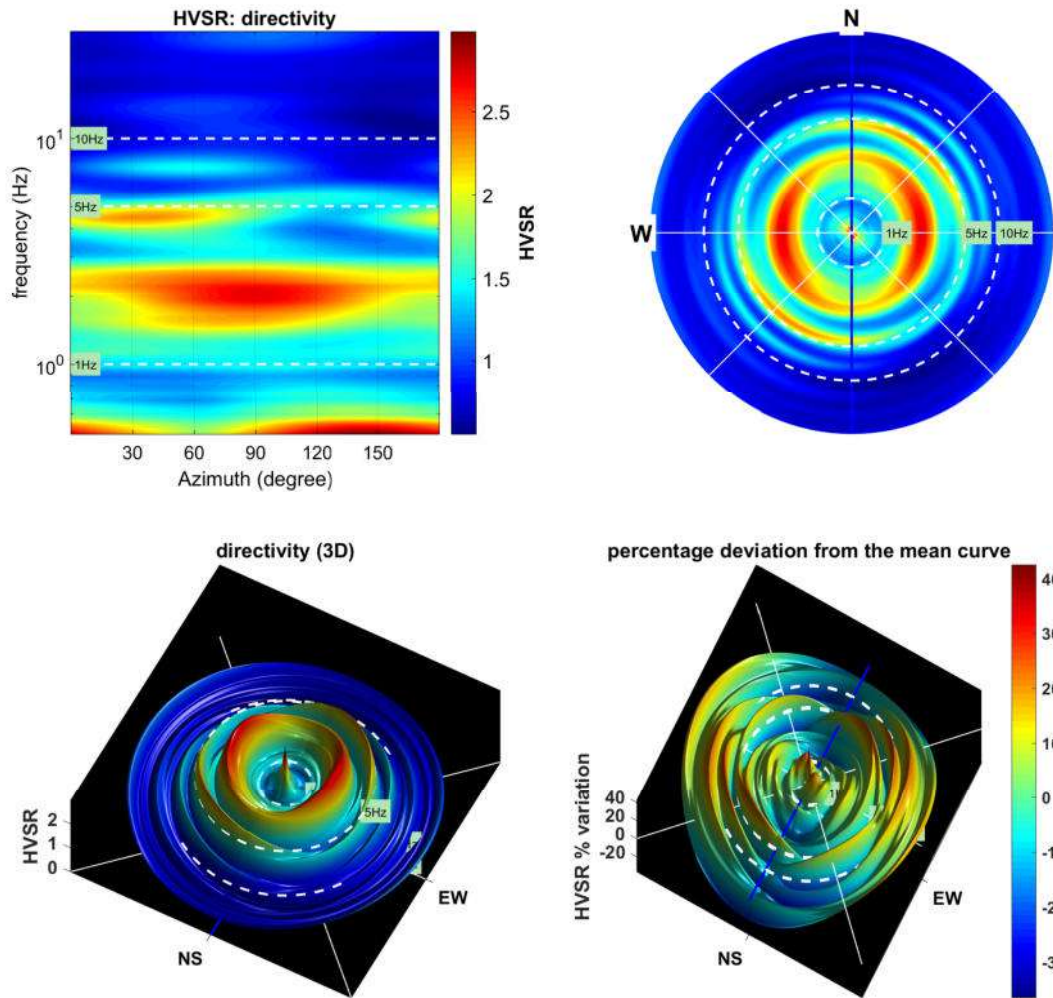


Fig. 48 - Grafico della Direzionalità del Rapporto Spettrale della H/V





## 8.5 winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves - MASW 1

### Main results

Date Acquisition: 26 04 2021

Time: 12 20

Dataset: 00000314 10m piazzale.sg2

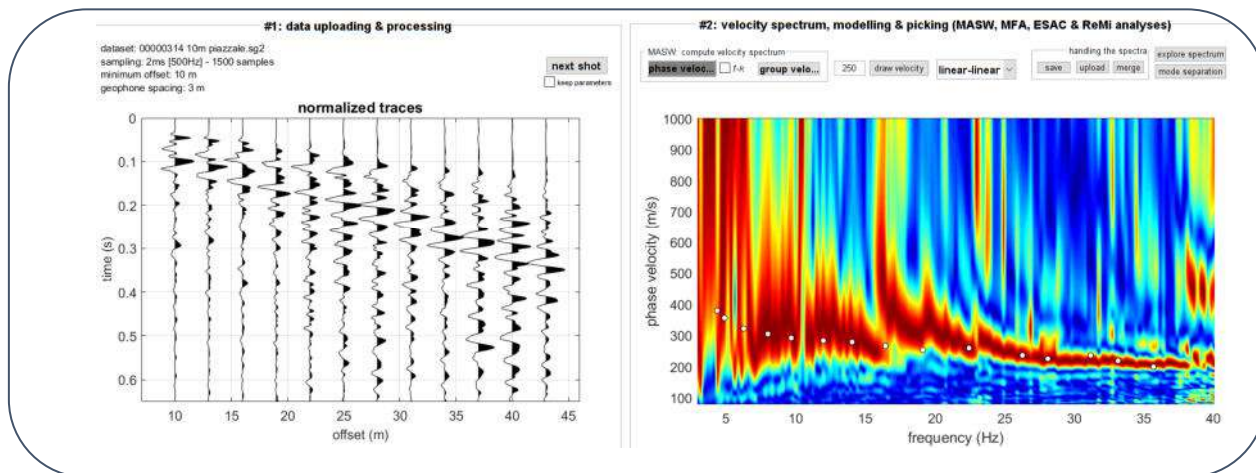


Fig. 49 - Dati acquisiti, elaborazione spettro velocità

60

### Mean model

$V_s$  (m/s): 92, 136, 176, 259, 239, 291, 378, 327, 401

Standard deviations (m/s): 11, 11, 17, 3, 3, 11, 26, 30, 38

Thickness (m): 0.3, 0.4, 0.7, 1.6, 2.3, 3.1, 7.4, 8.0

Standard deviations (m/s): 0.0, 0.0, 0.1, 0.3, 0.3, 0.4, 0.8, 1.1

### Analysis: Rayleigh Waves

$V_{sEq}$  (m/s): 313

### Mean and Best model

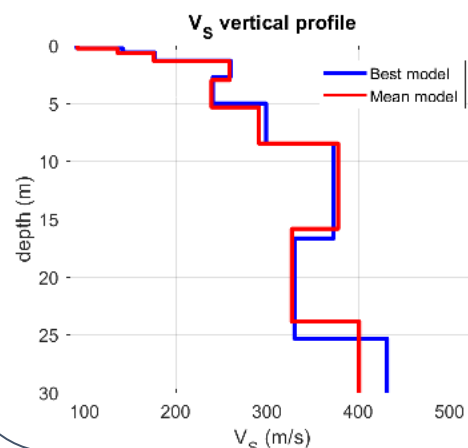


Fig. 50 - Modello ottenuto (Mean model – best model) e  $V_{seq}$



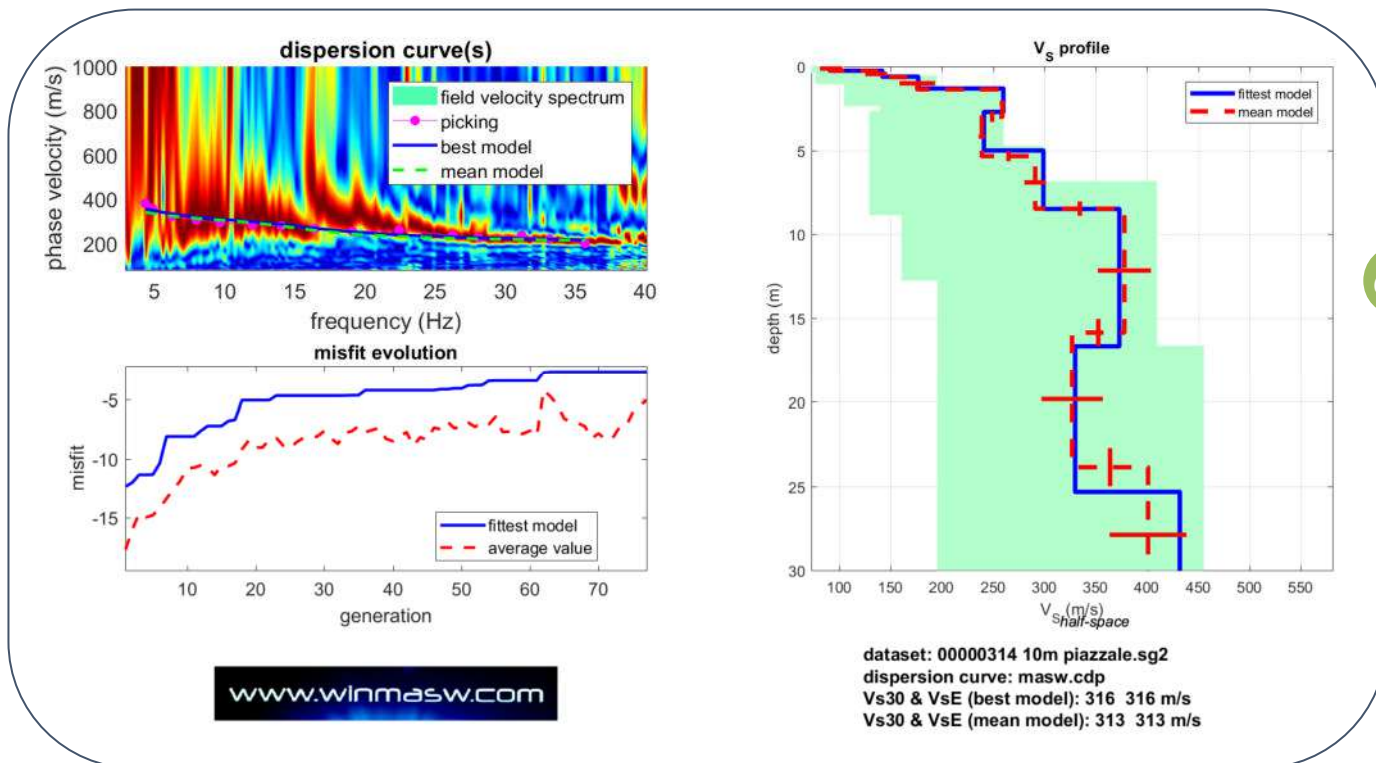


Fig. 51a e 51b - In alto a sinistra la Densità spettrale delle onde superficiali nel piano frequenza-velocità di fase ed il picking della curva di dispersione relativa al modo fondamentale. Il profilo verticale del parametro velocità delle onde di taglio (Vs), relativo ai modelli considerati, è riportato in alto a destra e nel profilo verticale delle Vs in basso.



## 9. GRADINI DEL PETRAIO

### 9.1. HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratios)

La misura HVSr è stata eseguita come da allegata planimetria, utile a definire il rapporto spettrale H/V. Con l'ausilio di prove eseguite in situ e dati regressi sulla stratigrafia dei siti indagati è stato possibile definire la categoria di suolo (Vseq)

Di seguito si allegano le acquisizioni, gli Spettri di ampiezza delle tre componenti ed il rapporto spettrale H/V delle due misure. Vengono allegati anche i grafici relativi alla Persistenze (*funzione del tempo*) ed alla Direzionalità (*funzione della direzione di provenienza del segnale*). Nei grafici sull'asse delle ordinate è rappresentata la frequenza e il colore indica l'ampiezza del rapporto H/V.

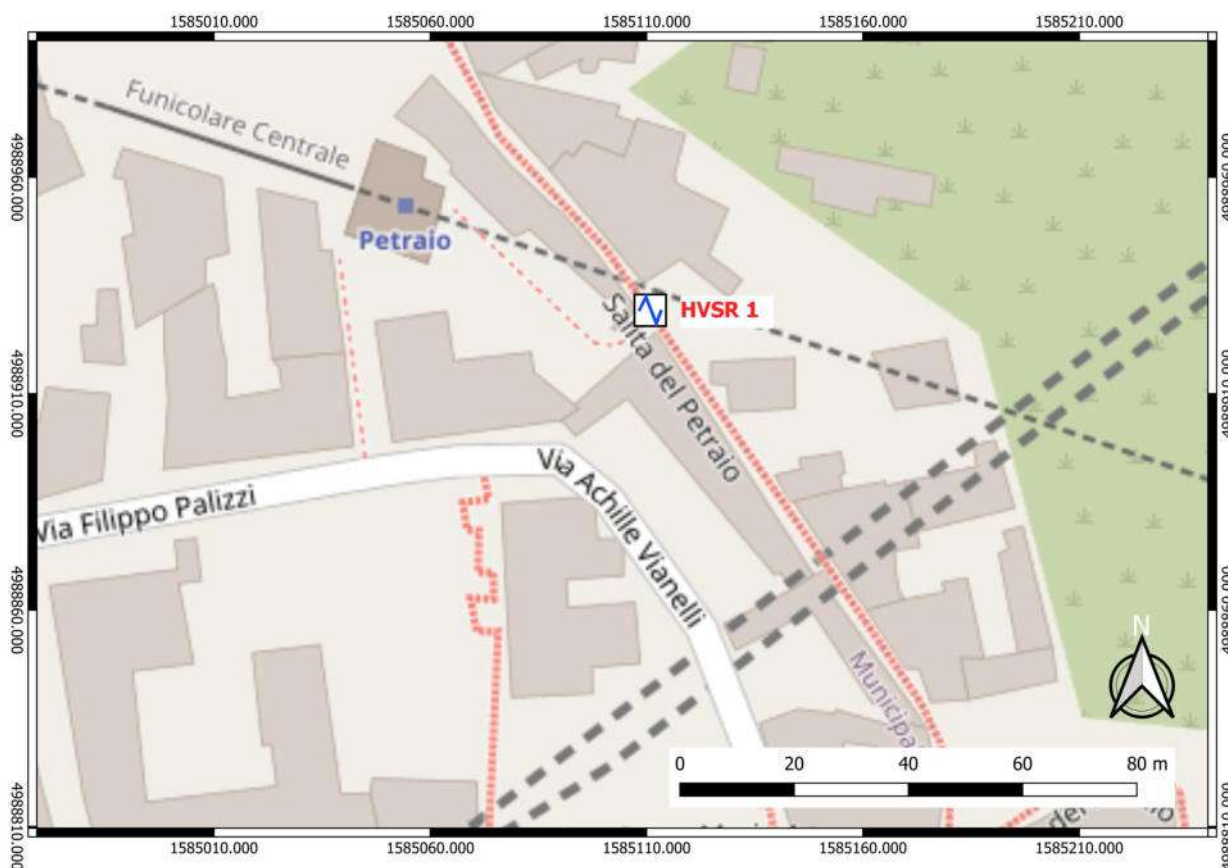
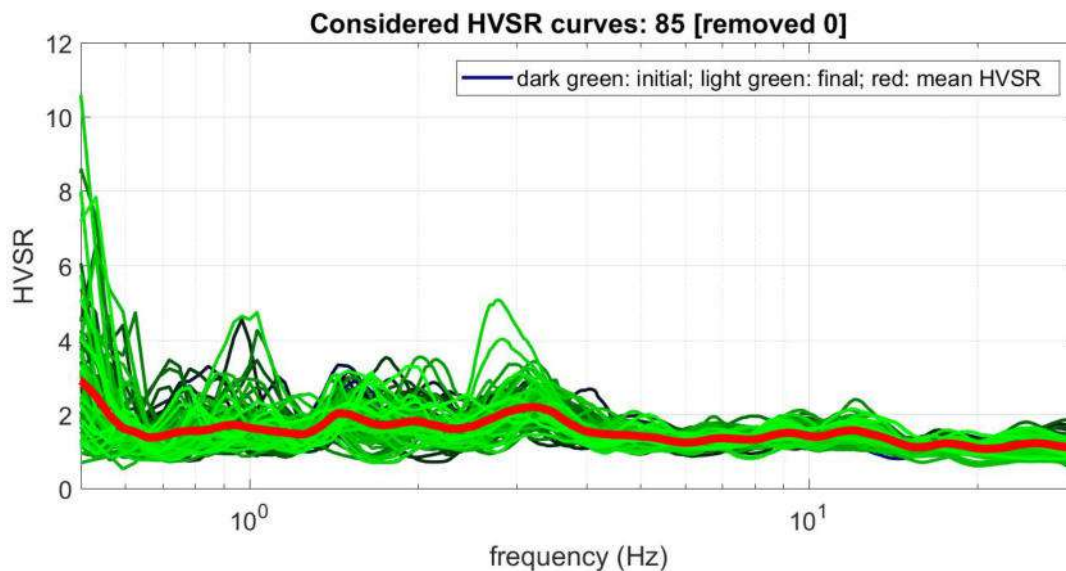


Fig. 52 – Ubicazione Indagini



## 9.2. Elaborazione acquisizioni HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) - HVSR 1

Dataset: 00000299a.sg2  
 DATA ACQUISITION  
 Date and time: 12-05-2021  
 DATA PROCESSING  
 Date: 22 5 2021  
 Sampling frequency (Hz): 64  
 Window length (sec): 20  
 Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz  
 Length of analysed dataset (min): 20.00  
 Tapering (%): 5  
 Smoothing (%): 15



##### SESAME criteria #####

**In the following the results considering the data in the 0.1-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 1.0 ( $\pm 1.8$ )  
 Peak HVSR value: 3.1 ( $\pm 0.5$ )

=== Criteria for a reliable H/V curve ===

- #1.  $[f_0 > 10/Lw]$ :  $1.032 > 0.5$  (OK)
- #2.  $[nc > 200]$ :  $2333 > 200$  (OK)
- #3.  $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$  (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) ===

- #1.  $[\text{exists } f^- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f^-) < A_0/2]$ : yes (considering standard deviations), at frequency 0.3Hz (OK)
- #2.  $[\text{exists } f^+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f^+) < A_0/2]$ : yes, at frequency 2.7Hz (OK)
- #3.  $[A_0 > 2]$ :  $3.1 > 2$  (OK)
- #4.  $[f_{\text{peak}}[Ah/v(f)] \text{ a } \sigma_A(f) = f_0 \text{ a } 5\%]$ : (NO)
- #5.  $[\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)]$ :  $1.796 > 0.103$  (NO)
- #6.  $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$ :  $1.407 < 1.78$  (OK)



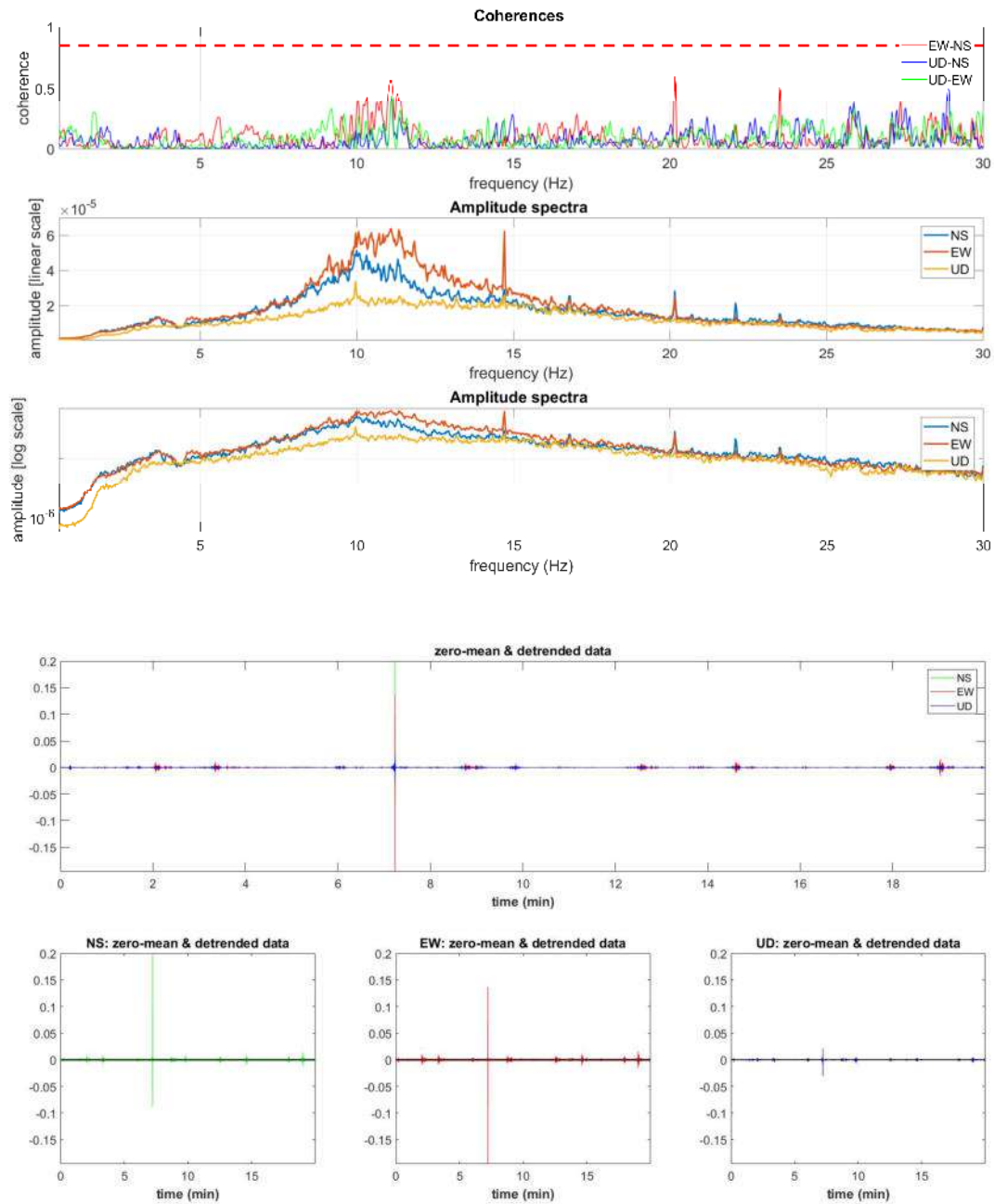


Fig. 53 - Acquisizione dati HVSR



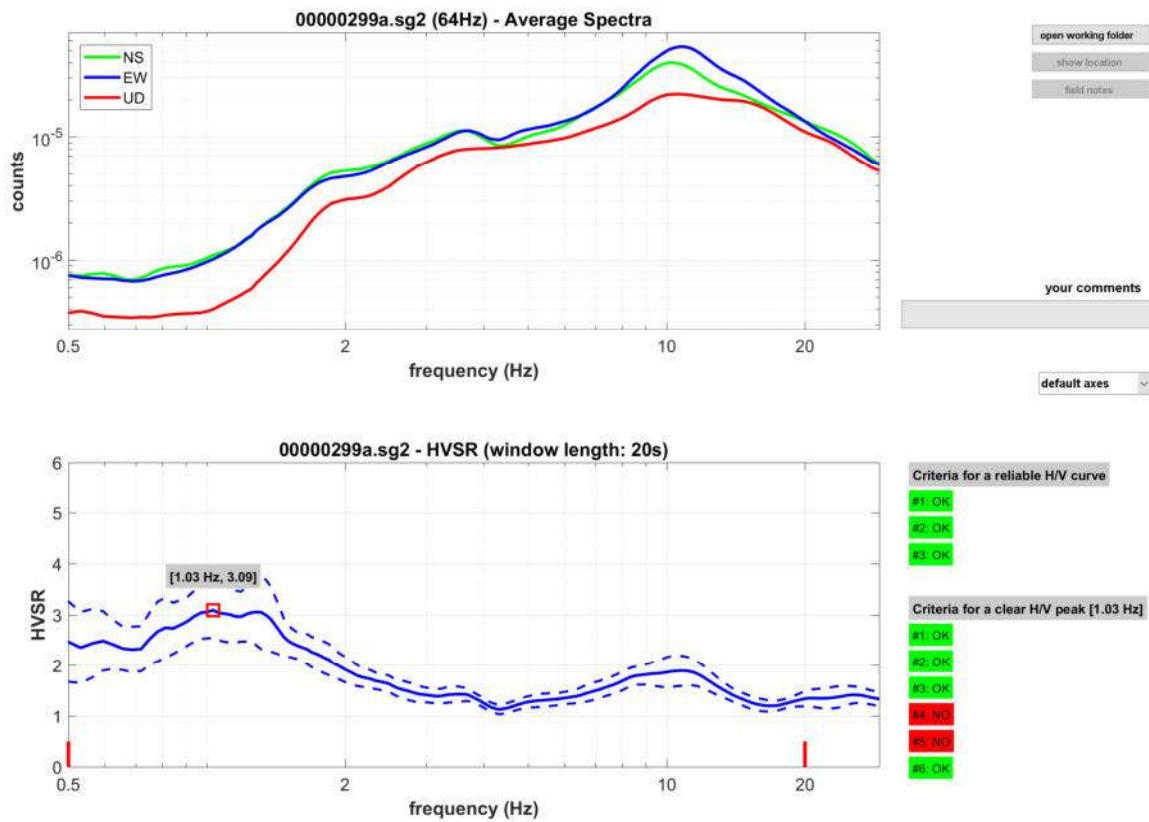


Fig. 19 - a) Spettri di ampiezza delle tre componenti, b) Rapporto spettrale HVSR

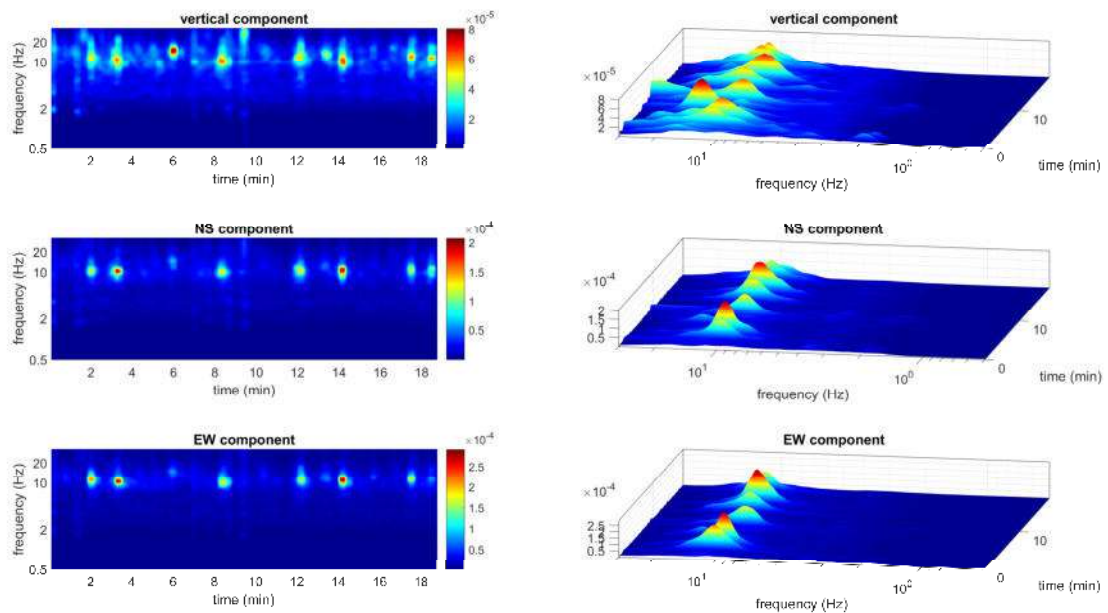


Fig. 54 - Continuità della Persistenza del Rapporto Spettrale della H/V



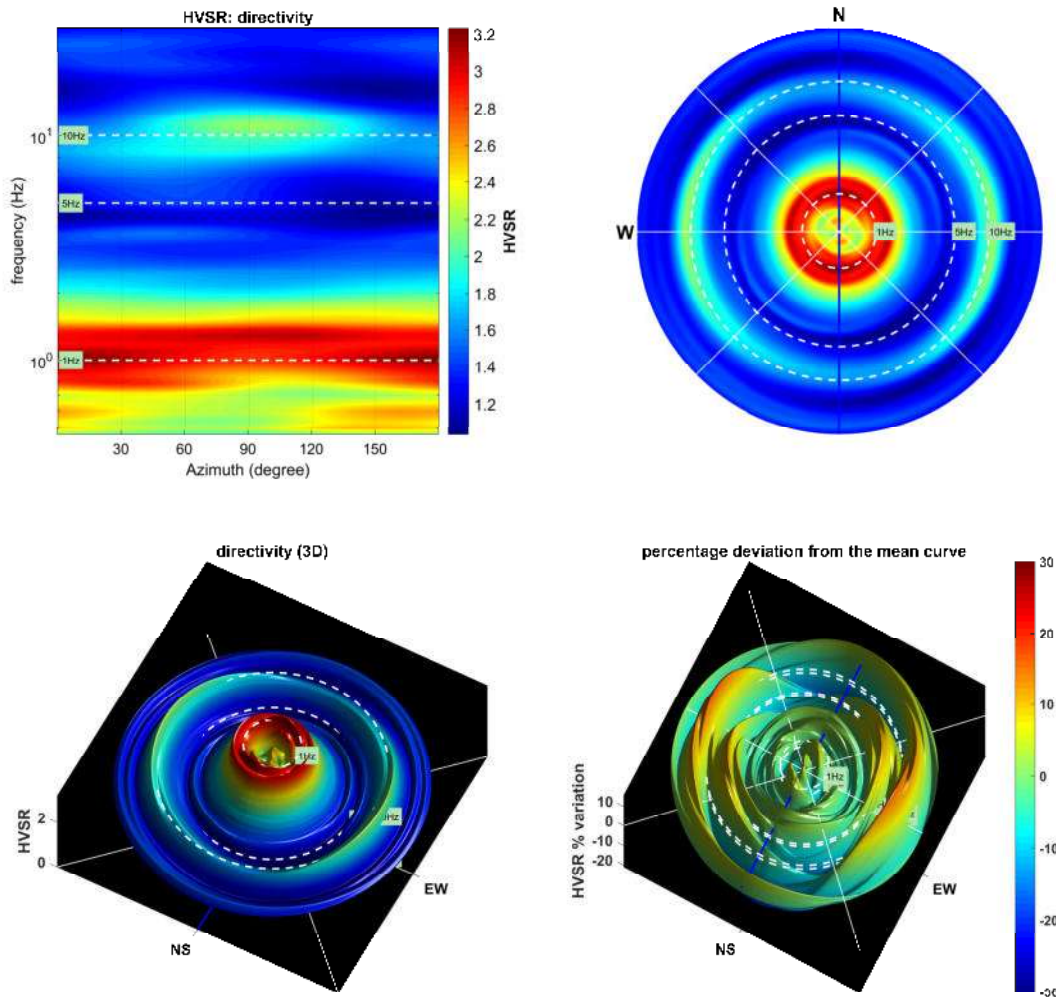


Fig. 55 - Grafico della Direzionalità del Rapporto Spettrale della H/V



### Modello stratigrafico

Definito con stratigrafie estrapolate dalle indagini dirette e altre pregresse nelle vicinanze del sito

#### Dati riepilogativi:

Numero strati: 8  
 Frequenza del picco dell'ellitticità: 2.12 Hz  
 Valore di disadattamento: 0.552  
 Valore Vseq: 315.30 m/s

#### 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            | 0.9          | 17                                          | 0.38              | 110                           |
| 2      | 0.9            | 1.6          | 17.5                                        | 0.35              | 185                           |
| 3      | 2.5            | 2.6          | 18                                          | 0.35              | 260                           |
| 4      | 5.1            | 2.5          | 18                                          | 0.35              | 235                           |
| 5      | 7.6            | 9.2          | 18.5                                        | 0.35              | 340                           |
| 6      | 16.8           | 6.3          | 19                                          | 0.33              | 275                           |
| 7      | 23.1           | 3.1          | 19                                          | 0.33              | 440                           |
| 8      | 26.2           | 3.8          | 20                                          | 0.33              | 510                           |

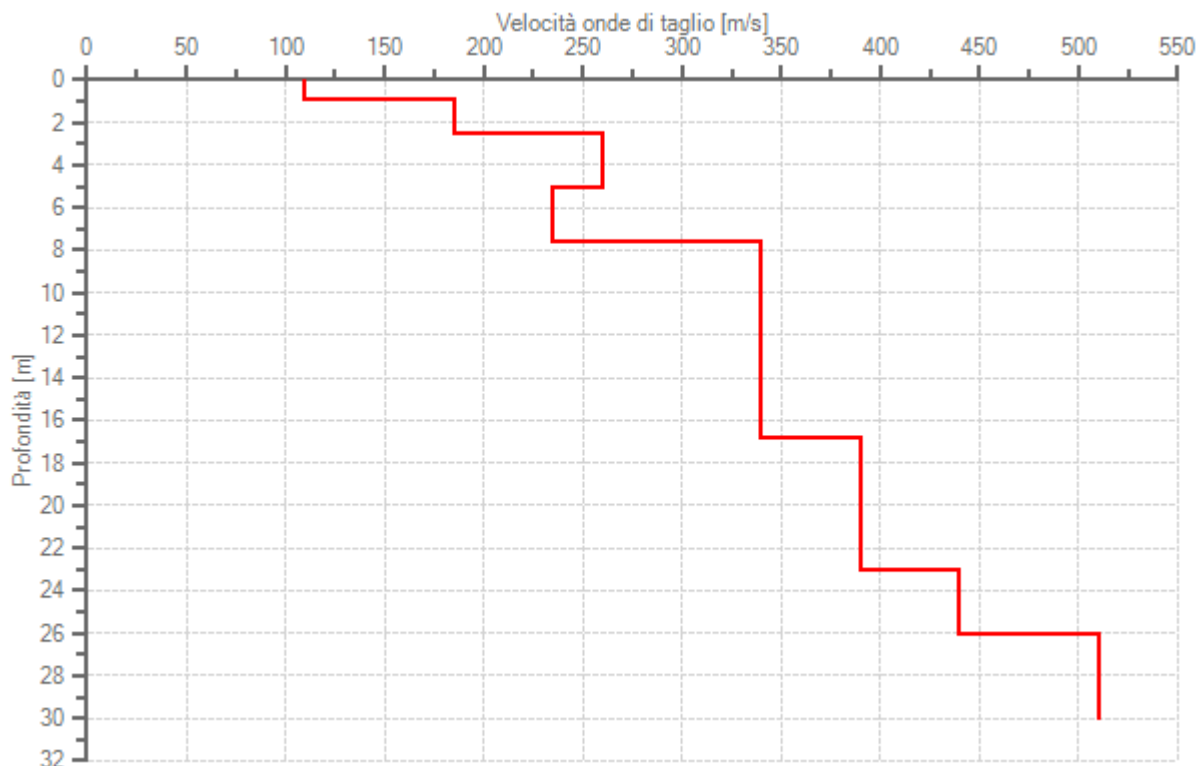


Fig. 35a - Profilo delle velocità delle onde di taglio





## 10 SINTESI CATEGORIE DI SUOLO

Il valore di Velocità Equivalente  $V_{sEQ}$  (m/s) definito sui singoli siti di progetto, può riassumersi come di seguito:

| SITI DI PROGETTO      | $V_{sEQ}$ (m/s) | Categoria di suolo |
|-----------------------|-----------------|--------------------|
| Salita Cacciottoli    | 225,09          | C                  |
| Calata San Francesco  | 271,33          | C                  |
| Scalinata Moiarello   | 320,00          | C                  |
| Scala Montesanto      | 227,38          | C                  |
| Scalinata Pedamentina | 313,00          | C                  |
| Gradini del Petraio   | 315,30          | C                  |

Tab 3 - Categorie di suolo dei siti oggetto di indagini

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

Tab 4 - Categorie del suolo di fondazione e caratteristiche della superficie topografica (nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 17 gennaio 2018 (Gazzetta Ufficiale 20 febbraio 2018, n. 42 - S.O. n. 8)

Policoro, maggio 2021

Geol. Franco Guglielmelli