

Roma Capitale - Dipartimento PAU

progetto La città dei 15 minuti. Riqualificazione degli spazi aperti.
Municipio VI - Colli. Parco degli orti a Colle degli abeti

Livello di progettazione Progetto di fattibilità tecnico-economica

contenuto T.06 Relazione geologica



DeA società di ingegneria s.r.l.
Via Tommaso Campanella 68
00195 ROMA

Arch. Georg Josef Frisch (coordinatore)
Arch. Alessandro Abaterusso
Arch. Lidia Polimeni



Spin Spazio per l'ingegno
Via Vodice 8 | 00195 ROMA
spazioperlingegno@gmail.com

Arch. Niccolò Cau
Arch. Paes. Carlotta Montefoschi
Ing.jun. Giulia Tasselli

Municipio VI - Colli. Parco degli orti a Colle degli abeti
Relazione geologica

tipo -
stato -
scala -

committente

Roma Capitale
Dipartimento PAU

n.

T.06



data
05/02/2024

rev.
-

lingua
ita

DEA-087.22

		ROMA CAPITALE DIPARTIMENTO DI PROGRAMMAZIONE E ATTUAZIONE URBANISTICA DIREZIONE TRASFORMAZIONE URBANA U.O. RIGENERAZIONE E PROGETTI SPECIALI																	
REDAZIONE DELLA RELAZIONE GEOLOGICA ED ESECUZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE PROPEDEUTICHE ALLE REDAZIONE DEL PFTE DEL PONTE CICLO-PEDONALE VIA PIETRO ORSI ED EDIFICIO ANNESSO, NEL MUNICIPIO VI																			
RESPONSABILE COMMESSA Arch. Enrica de Paulis																			
RELAZIONE GEOLOGICA																			
Via Pietro Orsi – Municipio VI – Roma																			
CODICE PROGETTO		DATA	REVISIONE	PAGINE															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">G</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">_</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">R</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">O</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">M</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">_</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">7</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">3</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">_</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">2</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">3</td> </tr> </table>		G	_	R	O	M	_	7	3	_	2	3	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 100%; text-align: center;">27/12/2023</td> </tr> </table>	27/12/2023	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">0</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">1</td> </tr> </table>	0	1	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 100%; text-align: center;">210</td> </tr> </table>	210
G	_	R	O	M	_	7	3	_	2	3									
27/12/2023																			
0	1																		
210																			
Gruppo di Lavoro																			
Ph.D. Geol. Salvatore Costabile		Direttore Tecnico - Geologo Senior																	
Dott. Geol. Fabio Lombardi		Geologo Senior																	
Dott. Geol. Fabio Liguori		Geologo Junior																	
rev.	descrizione	data	redatto	verificato															
1	Emissione	27/12/2023	Geol. Fabio Lombardi	Ph.D. Geol. Salvatore Costabile															
2																			

Sommario

PREMESSA	3
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	6
2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	9
2.1 GLI AMBITI GEOMORFOLOGICI DEL TERRITORIO COMUNALE	10
2.2 CARATTERI GEOMORFOLOGICI GENERALI DEL TERRITORIO	11
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	19
4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	26
5. CARTE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO	30
6. INDAGINI GEOGNOSTICHE	34
6.1 SONDAGGIO CONTINUO	36
6.1.1 Sondaggio Geognostico S1	37
6.1.2 Sondaggio Geognostico S2_PZ	43
6.1.3 Sondaggio Geognostico S3	49
6.2 PROVE SPT	55
6.2.1 Risultati Prova SPT	58
6.3 PROVA PENETROMETRICA DPSH	59
6.3.1 Risultati Prove Penetrometriche	64
6.4 CAMPIONE INDISTURBATO	89
6.5 MODELLO GEOLOGICO – TECNICO	108
7. INDAGINI GEOFISICHE EFFETTUATE	110
7.1 INDAGINE SISMICA MASW	112
7.1.1 Strumentazione utilizzata e tecniche operative	115
7.1.2 Elaborazione dei dati	116
7.1.3 Risultati prova MASW	117
7.2 INDAGINE HVSR	124
7.2.1 Strumentazione utilizzata ed elaborazioni dati	128
7.2.2 Risultati HVSR	129
8 RISPOSTA SISMICA LOCALE	135
8.1 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	137
8.2 CARATTERISTICHE DI SITO	140
8.3 MODELLAZIONE ED ELABORAZIONE	144
8.3.1 Dati di Base e Analisi di Disaggregazione	146

8.3.2 Elaborazione dei Dati.....	149
8.3 RISULTATI OTTENUTI.....	151
CONCLUSIONI.....	161
BIBLIOGRAFIA	167
ALLEGATI.....	168

PREMESSA

La presente relazione Geologica e Sismica, è stata redatta per conto dell'U.O. Rigenerazione e Progetti Speciali della Direzione Trasformazione Urbana del Dipartimento di Programmazione e Attuazione Urbanistica, domiciliata per tale incarico presso la Sede del DPAU di via della Previdenza Sociale 20. A tal proposito sono state eseguite le indagini Geognostiche e Sismiche propedeutiche alla redazione del PFTE del ponte ciclo-pedonale in via Pietro Orsi ed edificio annesso, nel Municipio VI.

CUP J87B22000590004 – CIG ZB63D87B90

Le indagini eseguite sono consistite in:

- Nr. 3 Sondaggi geognostici (1 vestito a piezometro);
- Nr. 6 Prove SPT (Standard Penetration Test);
- Nr. 4 Prove DPSH;
- Nr. 1 prova sismica di tipo MASW;
- Nr. 1 prova sismica passiva a stazione singola (metodo HVSr – Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

Il seguente studio ha consentito di definire il modello geologico e geologico – tecnico dell'area. Inoltre ha permesso di descrivere, dal punto di vista sismo stratigrafico, il sottosuolo dell'area di indagine e di definire, in accordo con quanto prescritto dalle NTC 2018, le litologie riscontrate in termini di categorie di sottosuolo.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La relazione è stata redatta in conformità con le seguenti normative:

- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. *Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. (pubblicato sulla GU n.35 del 11-2-2019 – Suppl. Ordinario n. 5);*
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988. *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Coordinato con la Circolare del Ministero Lavori Pubblici, 24 settembre 1988, n. 30483 - Istruzioni per l'applicazione";*
- Con riferimento al sopra citato provvedimento è stata emanata la seguente circolare: *Ministero dei lavori pubblici: Circolare del 9 gennaio 1996, n. 218/24/3.*
- Legge 18 maggio 1989, n. 183 *"Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";*
- O.P.C.M. 20 marzo 2003 n°3274 *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";*
- O.P.C.M. 28 aprile 2006 n° 3519 *"Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"* (G.U. n.108 del 11/05/2006);

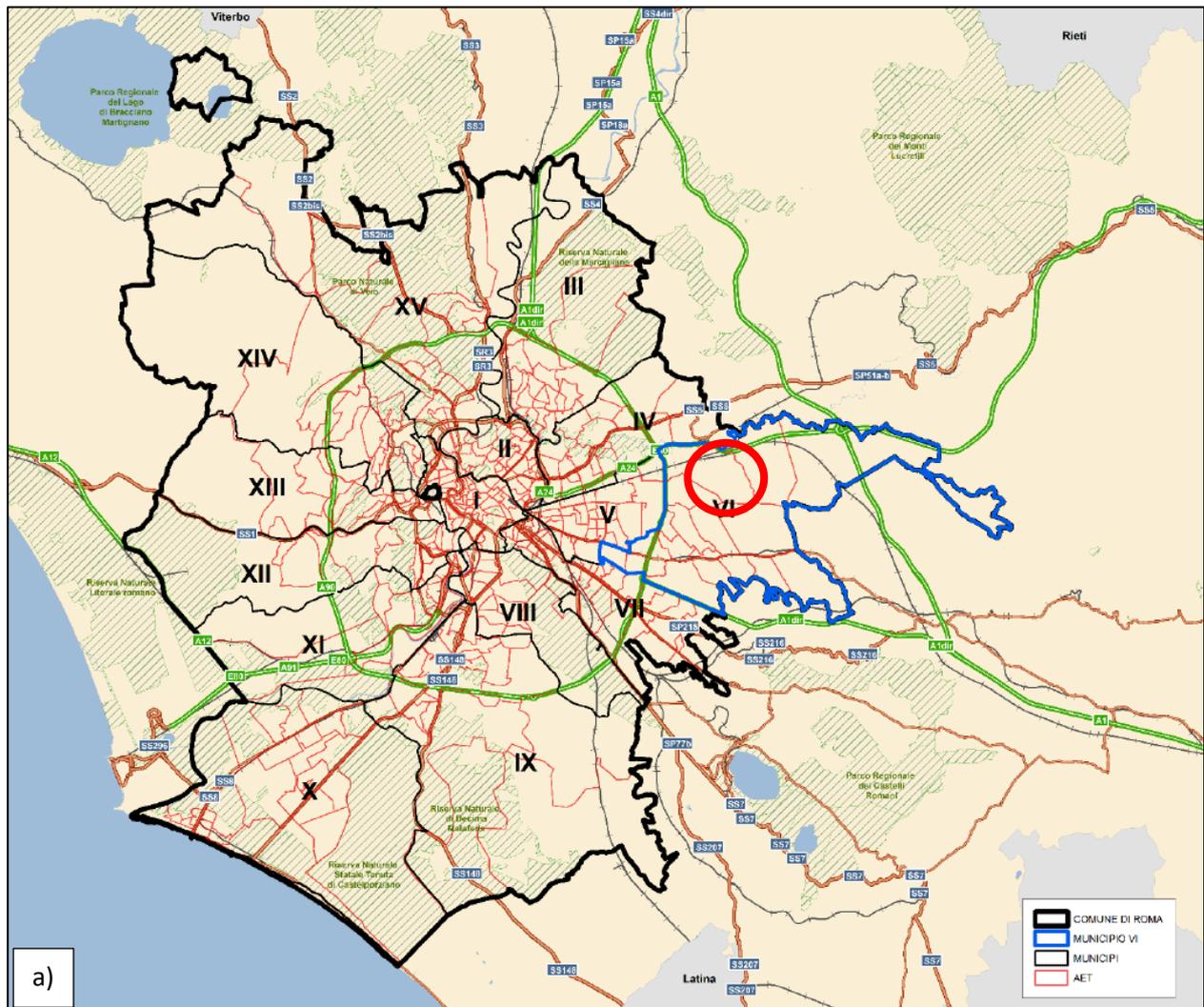
Normativa Regione Lazio

- D.G.R. Lazio n. 2649 del 18/05/1999 - “Linee guida e documentazione per l'indagine geologica e vegetazionale estensione dell'applicabilità della Legge n.64 del 02/02/ 1974 ai comuni individuati tra quelli ad alto rischio sismico in base all'ordinanza n.2788 del 12 Giugno 1998 della Presidenza del Consiglio Dipartimento della Protezione Civile”;
- D.G.R. Lazio 155 del 07/04/2020 - “*Revoca della deliberazione di Giunta regionale 21 ottobre 2011, n. 490 - Approvazione degli Abachi Regionali per gli studi di Livello 2 di Microzonazione Sismica e delle procedure di applicazione nell'ambito dell'espressione del parere ai sensi dell'art. 89 del DPR del 6 giugno 2001 n. 380.*”.

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di studio è ubicata all'interno del territorio comunale della Municipalità VI di Roma (RM), nei pressi di Via Monsignor Pietro Orsi, visibile in *Figura 1.1*. L'area ricade all'interno del codice A08BG "Ponte di Nona", una sezione avente un'estensione di 12.06 km², una popolazione residente pari a 7.880 ed, infine, una densità di popolazione pari a 653/km².

6



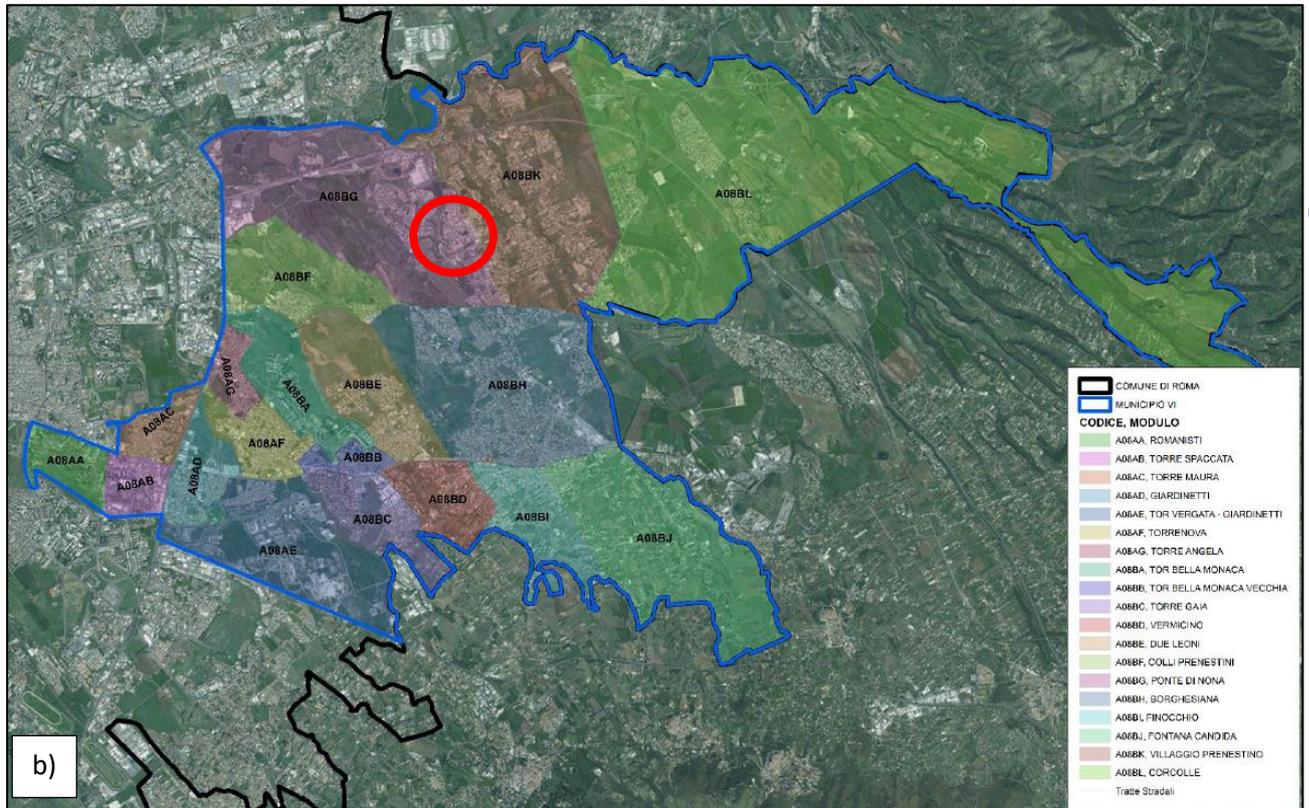


Figura 1.1 - Ubicazione dell'area d'indagine in Roma; a) Municipalità di Roma di appartenenza; b) Dettaglio Municipalità VI

L'area in esame è situata nella zona ad ovest del Comune di Roma (RM), e risulta inquadrata nella CTR della Regione Lazio scala 1:5.000 (volo 2002), Foglio 348021 (Figura 1.2).

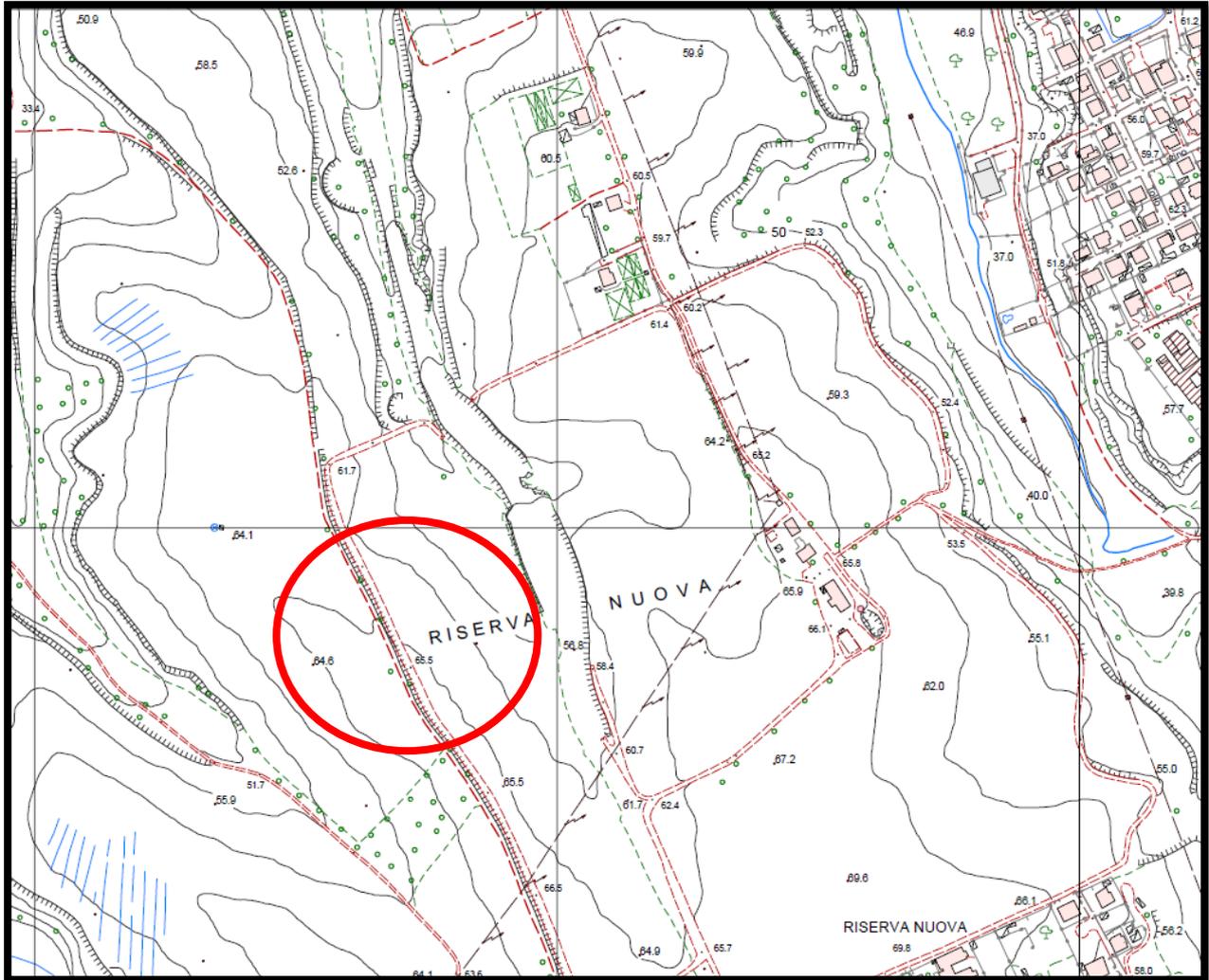


Figura 1.2 – Stralcio della CTR con inquadramento dell'area di studio (in rosso).

La sesta Municipalità fu istituita dall'Assemblea Capitolina, con la delibera n. 11 dell'11 marzo 2013 in sostituzione del preesistente Municipio Roma VIII, detto "delle Torri".

2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'evoluzione geologica del territorio dell'area metropolitana romana ha portato alla formazione di un paesaggio articolato in varie morfologie, prodotte dalla combinazione degli effetti delle attività geodinamiche (o *endogene* alla crosta terrestre) e di quelle *esogene*.

Le *forze endogene* si sono esplicate attraverso:

- La formazione di faglie tettoniche e deformazioni a carattere distensivo della crosta terrestre con sollevamenti e abbassamenti differenziali che, a partire dal Pliocene al Pleistocene medio, interessarono il margine tirrenico;
- Attività eruttive dei complessi vulcanici dei Monti Sabatini e dei Colli Albani che dal Pleistocene medio (circa 600.000 anni fa) al deterioramento climatico dell'ultima fase glaciale di 20.000 anni fa, trasformarono ripetutamente il territorio con imponenti deposizioni di sedimenti prevalentemente piroclastici.

Con l'esaurirsi delle attività vulcaniche costruttive di accumulo, le *forze esogene* prevalsero con la loro azione sul modellamento dei rilievi del territorio mediante:

- la forza della gravità;
- le attività climatiche (acqua, vento, crioclastismo e termoclastismo);
- i processi fluviali, lacustri e marini di erosione, trasporto e deposizione dei sedimenti.

I loro effetti, che hanno dato luogo alla morfologia attuale del paesaggio, si sono diversificati in funzione dei fattori tettonici e litologici, della granulometria, della coesione e intensità di fratturazione dei depositi vulcanici e sedimentari che costituiscono il territorio del Comune di Roma.

2.1 GLI AMBITI GEOMORFOLOGICI DEL TERRITORIO COMUNALE

La struttura paesaggistica del sistema naturale del territorio comunale (SUCCHIARELLI C., 2003) può essere ricondotta a sei ambiti geomorfologici principali:

- *piana deltizia del Fiume Tevere;*
- *terrazzi dell'antica costa tirrenica;*
- *valli fluviali;*
- *altopiani di tipo piroclastico e clastico;*
- *rilievi collinari di alto strutturale.*

10

Per ambito geomorfologico si intende lo spazio di territorio dove le componenti fisiche presentano caratteri di omogeneità nelle forme e nell'ambiente di formazione.

Nell'ambito della caratterizzazione geomorfologica del territorio romano, gli ambiti morfologici sono costituiti da unità di paesaggio geologico (ARNOLDUS – HUYZENDVELD, CORAZZA, DE RITA e ZARLENGA, 1997), prevalentemente riconducibili e connesse, nella loro origine, con le attività vulcaniche (dei Colli Albani e dei Monti Sabatini) e con i processi fluviali e marini.

2.2 CARATTERI GEOMORFOLOGICI GENERALI DEL TERRITORIO

La morfologia del territorio comunale di Roma è stata influenzata in maniera diretta sia dalle vicissitudini geologiche del Pleistocene che dai corsi d'acqua, primo tra tutti il Tevere, che con l'incessante attività erosiva, di trasporto e deposito, hanno modellato i rilievi e agito sulle valli e sulle pianure, modificandole continuamente.

Le caratteristiche morfologiche del territorio comunale di Roma sono, nel loro insieme, abbastanza uniformi.

Nell'area romana è presente in maniera pressoché continua una copertura di terreni di origine vulcanica che ha coperto, e spesso mascherato, i preesistenti terreni sedimentari. Su questa copertura, con l'erosione e il successivo colmamento delle valli, eventi legati all'ultimo glaciale, verificatosi in un arco di tempo tra i 120.000 e i 15.000 anni or sono, si è impostato un sistema idrografico molto ben sviluppato il cui asse drenante principale è il Tevere con i suoi affluenti.

La morfologia, relativamente giovane, risente, soprattutto nella porzione occidentale del territorio, della presenza dei terreni vulcanici a tetto, terreni generalmente lapidei, o comunque coesivi, ricoprenti terreni a bassa coesione e facilmente erodibili. Ciò caratterizza gran parte dei rilievi che mostrano abbastanza spesso cigli di scarpata netti con pareti a pendenza elevata.

La presenza di ottimi materiali da costruzione (tufi, pozzolana, lave, sabbia, ghiaia e argilla) e la presenza di Roma e di altri centri abitati importanti hanno favorito lo svilupparsi di una intensa attività di escavo.

Tale attività ha notevolmente alterato settori importanti del territorio, particolarmente negli immediati dintorni della città di Roma, ma anche attorno ai centri abitati minori.

Attorno al centro storico di Roma, ma anche intorno a centri periferici del Comune, in epoca antica sono stati scavati ambienti e lungo cunicoli a scopo cultuale. La gran parte di questi è stata esplorata, ma ancora oggi si rinvengono ambienti ipogei mai segnalati.

L'escavazione si è sviluppata spesso in sotterraneo con la creazione di gallerie alte e ramificate anche su più livelli.

La ricostruzione topografica di tale rete di cunicoli e gallerie è impossibile. Esistono parziali rilievi per le aree di recente urbanizzazione e per alcune aree del centro storico. Per il resto,

l'individuazione delle zone ove possono essere presenti gallerie non può che essere delegata alla geologia e alla geomorfologia.

Lungo le valli, ove le pozzolane e il tufo litoide erano ricoperti da coltri di spessori importanti di terreni di scarso interesse, l'escavazione avveniva in galleria.

Se in tali aree vi sono indicazioni della presenza di ipogei è possibile, se non probabile, che esistano gallerie che possono estendersi per molti chilometri.

Le cave a cielo aperto sono spesso ricolmate con materiali di riporto di varia natura.

In termini generali i principali elementi geomorfologici messi in luce che possono destare qualche preoccupazione ai fini urbanistici vengono appresso descritti.

➤ *Il rischio esondazione*

Il Tevere ha una lunghezza complessiva di circa 403 km ed in esso confluiscono 42 affluenti principali.

La superficie totale del bacino ammonta complessivamente a circa 17.156 km². Sul territorio del bacino del Tevere si ha (dall'analisi degli Annali idrologici degli anni 1921- 1990) una piovosità media di circa 1.044 mm.

La portata media del Tevere all'interno di Roma è pari a circa 232,49 mc/s con portate minime di 53 mc/s e massime di circa 3.300 mc/s (piena del 2 dicembre 1900). La variabilità delle portate del Tevere è tale da poterlo assimilare ad un corso d'acqua a regime torrentizio.

La città di Roma è nata per il sommarsi di diversi fattori il più importante dei quali è stato la presenza lungo il Tevere di un'area bassa, paludosa, facilmente guadabile (almeno in certi periodi dell'anno) che facilitava gli scambi commerciali tra le due sponde, quella etrusca in destra e quella sabina e latina in sinistra.

Durante tutta la sua storia la città ed i suoi dintorni sono stati sempre soggetti a ristagni d'acqua e ad inondazioni e, in conseguenza, sono state progettati e spesso realizzati interventi di bonifica di aree paludose o di modifica più o meno pronunciata dell'andamento dell'alveo del Tevere e delle sue sponde.

Basti pensare alle opere di epoca romana per la bonifica di estese aree cittadine (valga per tutte l'esempio di Trastevere, il Circo Massimo, Campo Marzio e i Fori), all'apertura sotto l'imperatore Claudio del canale di Fiumicino, ai ponti, all'Isola Tiberina (che deve la sua

forma particolare all'essere stata trasformata nel Tempio del dio Eusculapio) o alle infinite costruzioni che nel corso dei secoli e dei millenni si sono succedute sulle sue sponde.

Ciascuna di queste opere ha apportato delle variazioni, talora minime, ma più spesso di notevole importanza, sia sulle modalità di deflusso delle acque che sul sistema territoriale circostante.

Alle alterazioni antropiche devono essere sommate quelle di origine naturale derivanti da eventi eccezionali che hanno portato a modifiche anche sostanziali degli equilibri naturali preesistenti. Un esempio per tutti potrebbe essere la grande piena del 1557 che tagliò il meandro di Ostia, variando la linea di costa e rendendo inutilizzabile il Castello di Ostia, costringendo, così, alla costruzione della Torre Ottagonale di S. Michele.

Nel corso dei secoli Roma è stata sempre sottoposta a numerose piene, spesso disastrose, che hanno provocato danni e morti, ma solo a seguito della grande inondazione del 1870 fu deciso di intraprendere una serie di azioni per eliminare o, perlomeno, limitare gli effetti delle piene sulla città.

A monte della città le opere si limitarono alla realizzazione di una serie di aree di laminazione arginate per la regolazione delle piene, mentre a valle sono state realizzate le opere di ampliamento dell'alveo e di sistemazione del Canale di Fiumicino e l'apertura del Drizzagno di Spinaceto.

All'interno della città le opere sono consistite nella realizzazione dei "muraglioni" (muri di sponda distanti tra loro 100 metri ed alti 12 metri, protetti al piede da ampie banchine). In pari data furono costruiti i due collettori paralleli alle sponde per convogliare gli scarichi urbani e le acque pluviali cadenti sulla città a valle della città stessa.

Queste opere (di regolazione a monte con la realizzazione di grandi invasi e di bacini protetti di laminazione, di contenimento degli effetti delle portate di piena con la costruzione dei muraglioni e di miglioramento del deflusso a valle) hanno permesso negli ultimi 130 anni un miglior controllo delle piene.

Salvo fatti occasionali, ai quali si sta tentando di dare una soluzione, dalla realizzazione delle opere di difesa ad oggi si sono avuti pochi eventi con danni.

Gli scarsi danni hanno dimostrato come, in generale, le misure adottate, con l'aggiunta dei miglioramenti eseguiti nel corso degli anni e che saranno ulteriormente migliorati con le

ultime proposte dell'Autorità di Bacino in corso di valutazione, permettano una sufficiente salvaguardia del territorio cittadino.

Sufficiente salvaguardia per la città, ma non ancora sufficiente per le aree attorno ad essa. Infatti in molte zone sussiste ancora, in caso di piene eccezionali, il rischio di esondazione del Tevere, dell'Aniene e del Fosso Galeria.

Le portate massime di un corso d'acqua sono molto importanti in quanto dalla loro valutazione e dalle caratteristiche topografiche di sezioni idrauliche, è possibile individuare quali possono essere gli eventi di piena capaci di portare a fenomeni di esondazione e quali quindi le zone a rischio.

Gli studi eseguiti sul Tevere indicano probabilità di:

- piene di 1700-2000 mc/s con tempi di ritorno di 10 anni,
- piene di 2500-3350 mc/s con tempi di ritorno di 100 anni,
- piene di 3000-4000 mc/s con tempi di ritorno di 200 anni,
- piene di 4000-5000 mc/s con tempi di ritorno di 500 anni.

Ad ognuna di queste portate corrispondono aree a rischio di esondazione.

Per la delimitazione cartografica di tali aree ci si è rifatti agli elaborati dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere, ente autonomo, nato con la legge 183 del 18/5/1989, responsabile della sicurezza idraulica dell'intero bacino del Tevere.

L'Autorità ha presentato ed adottato il "Piano di Bacino per il 1° Stralcio funzionale – Tratto tra Orte e Castel Giubileo" ed ha in via di completamento il Piano per il tratto tra Castel Giubileo e la foce.

Il rischio di esondazione rappresentato nella Carta Morfologica è quello corrispondente alla simulazione di un evento di piena con portate dell'ordine di 3350 mc/s associabile ad un periodo di ritorno di 200 anni. Tale simulazione è significativa per il tratto di monte, da Castel Giubileo a Ponte Milvio e da Ponte Marconi all'area di Ostia.

Per il tratto cittadino, la simulazione riportata in carta è puramente indicativa della probabile situazione che si verrebbe a creare in occasione di una piena della portata di quella prevista, in

quanto non è stato ancora ben definito il perimetro di espansione per la mancanza di un rilievo topografico adeguato e, pertanto, potrà essere soggetta a possibili variazioni.

Allo stesso modo è parzialmente disponibile la simulazione per il tratto Ostia – Fiumicino per il quale sono state indicate con frecce le direzioni di espansione probabili verso aree depresse e bonificate con opere di canalizzazione e di pompaggio con idrovore.

15

Come si può osservare sull'elaborazione cartografica presentata, le aree sono molto vaste e, sicuramente, con il completamento degli studi sul tratto urbano da parte dell'Autorità di Bacino, potranno ridursi.

Le aree a maggior rischio riguardano i seguenti corsi d'acqua o tratti di essi:

- il Fosso Galeria, nel suo insieme a rischio a causa dello sconvolgimento idraulico e idrogeologico dovuto alla centenaria presenza di attività estrattiva di notevole entità,
- l'Aniene e i suoi affluenti nella porzione compresa tra i rilievi dei Monti Tiburtini e la confluenza con il Tevere,
- il Tevere in alcuni tratti a nord di Roma e in alcuni tratti a sud della città (per quanto attiene il tratto urbano, come detto, si è in attesa di ulteriori elaborazioni).

➤ *Cavità sotterranee*

Il sottosuolo del territorio romano è interessato da numerosissime cavità sotterranee di varia origine e dalle diverse funzioni (cave, catacombe e, soprattutto nella porzione della città storica, cunicoli idraulici, ipogei ed altro).

Anticamente la nascita di queste cavità si è trovata ad essere direttamente legata allo sviluppo della città che da una parte richiedeva maggiori spazi di espansione (bonifiche, grandi sistemi di fognatura e drenaggio) ed un sempre maggior uso di materiale da costruzione (da ricercarsi anche con cave in sotterraneo) e dall'altra esigeva maggiori spazi per culto (ipogei e cimiteri).

Successivamente, almeno per quanto concerne il centro storico, a questi fattori si è andato a sommare lo stato di abbandono e rovina di tanti edifici che hanno portato all'accumulo di metri e metri di materiali di riporto con l'occasionale ricopertura di ambienti più o meno vasti e più o meno integri.

Gli studi e gli scavi archeologici condotti sulla città storica e le opere infrastrutturali e di urbanizzazione della nuova città hanno portato alla scoperta ed alla delimitazione, in alcuni casi esatta ed in altri ipotizzata, di cavità, che possono essere sia puntuali, come singoli ipogei o luoghi di culto, che ramificate e dicotomizzate in una rete ben sviluppata ad occupare una vasta area, come reti fognarie, catacombe o cave.

16

Le volte di queste cavità per cause naturali, e ancora di più se sollecitate, possono crollare provocando dei risentimenti e danni anche notevoli sulla superficie.

Lo studio condotto ha permesso di censire numerose aree dove sono state segnalate cavità sotterranee. Queste sono sviluppate, beninteso, soprattutto nella parte “storica” di Roma, ma la loro presenza è segnalata in gran numero su tutto il territorio.

La distribuzione non è uniforme in quanto se ne sono rinvenute numerose all’uscita della città lungo le grandi vie consolari (ad esempio le aree catacombali della Salaria, della Nomentana, dell’Appia, dell’Ardeatina, ecc.) o in corrispondenza di affioramenti o subaffioramenti delle serie pozzolanacee del Vulcano Laziale (ad esempio le cave in sottterraneo delle zone dell’Appia, della Tuscolana, della Prenestina, della Tiburtina o della Casilina).

Nella Carta Geomorfologica sono state riportate tutte le cavità segnalate cercando, nei limiti del possibile e delle conoscenze, di segnalare e limitare le aree dove si ritiene certa o probabile la loro presenza.

Al fine di una corretta pianificazione territoriale si è ritenuto importante delimitare le aree ove presumibilmente insistono le cavità, anche se tale delimitazione è basata spesso su informazioni non sempre verificabili. Queste delimitazioni, basate su documentazione bibliografica o su fenomenologie note, non sono e non possono essere esatte per tutto il territorio e sovente (in mancanza di dati certi e sulla base di semplici indizi) si riportano le aree dove si ritiene probabile la presenza di cavità.

Per tali aree si ritiene indispensabile l’esecuzione di indagini di dettaglio, mirate all’accertamento della presenza di cavità, prima di qualsiasi intervento edificatorio.

➤ *Stabilità*

Il territorio comunale si presenta, nel suo complesso, stabile. Gli unici piccoli eventi franosi conosciuti sono ubicati all’interno della città (Monteverde, Viale Tiziano, Campidoglio).

Fattori di instabilità sono attribuibili alla presenza di numerosi cigli di scarpate, sia di origine naturale che antropica, che, ancorché si presentino attualmente in equilibrio, potrebbero, se sottoposti a sollecitazioni, presentare dei problemi di rischio.

Nella carta sono stati, pertanto, segnalati i cigli di scarpata; altro elemento di instabilità è dato dagli accumuli dei riporti, particolarmente quelli recenti, che non essendo ancora stabilizzati possono dar luogo a fenomeni di assestamento. I riporti estesi su vaste superfici, in particolare quelli legati alle cave, sono stati riportati nella carta.

Si osserva che il territorio dell'area in esame ha una pendenza media che si attesta a circa 10/12%; ed una quota variabile tra 60/65 m.s.l.m. (Fig. 2.3):

17

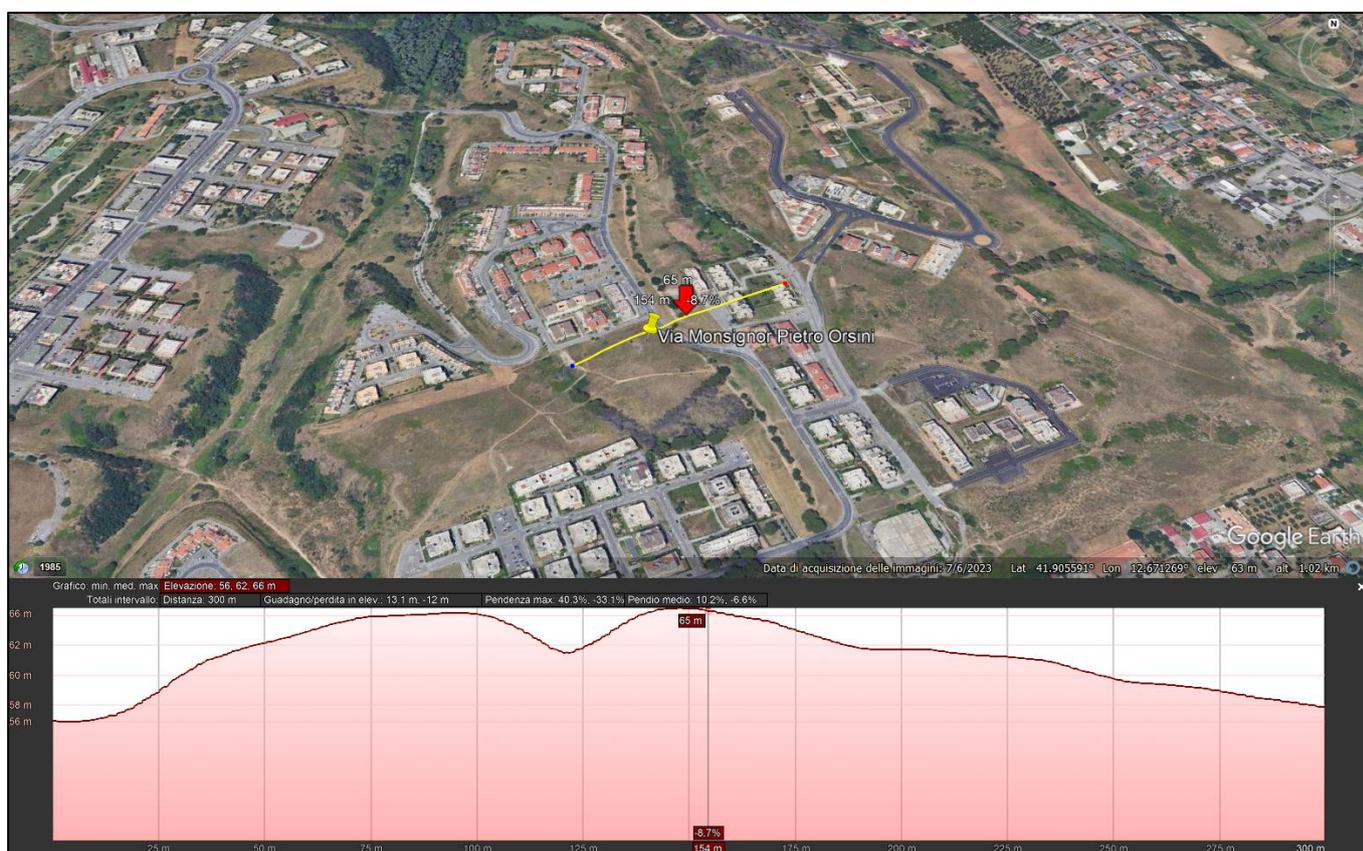
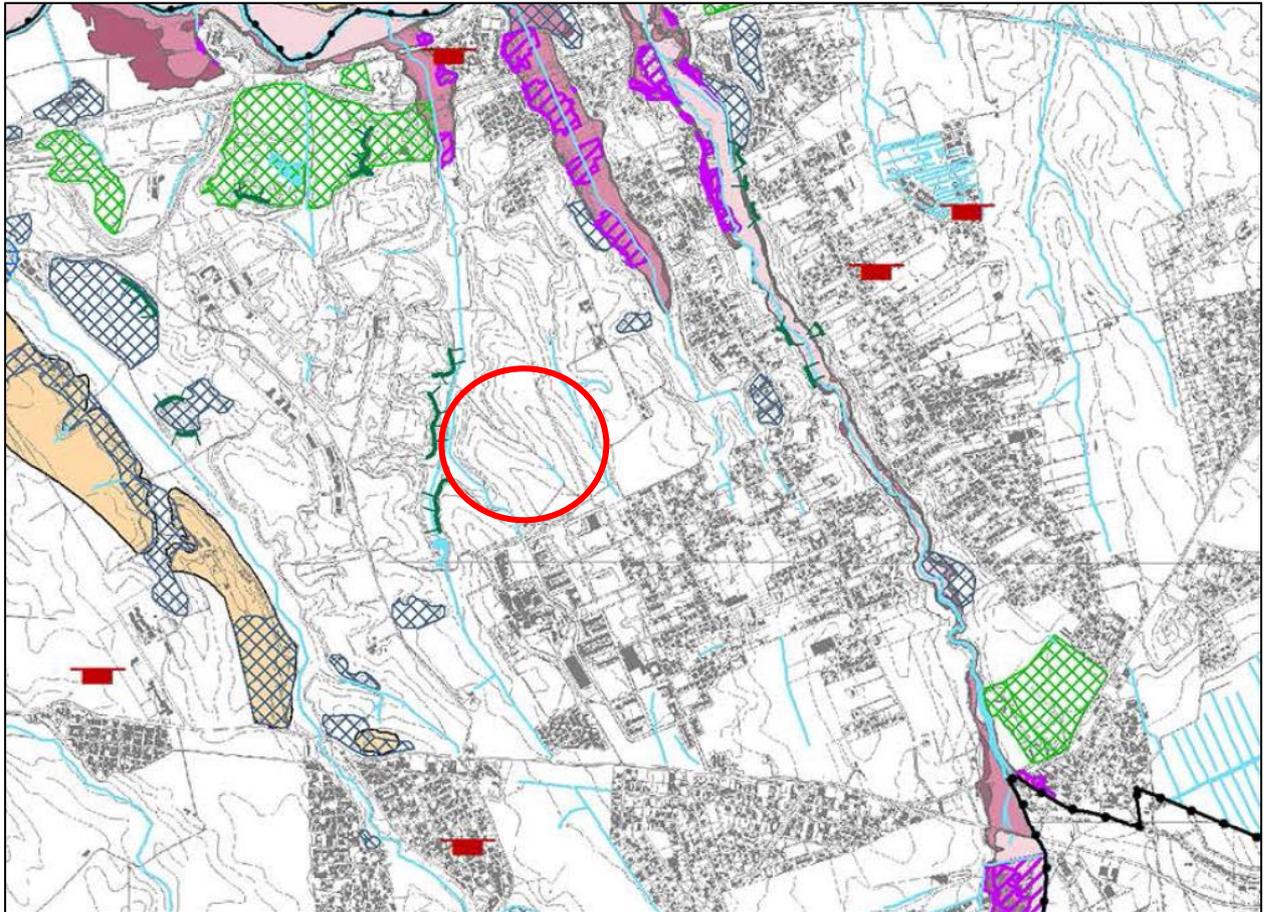


Figura 2.1 – Profilo piano altimetrico della località Santa Giusta

L'area è inquadrata geomorfologicamente nella cartografia rilasciata dal nuovo Piano Regolatore Generale, carta G9.2 “Carta Geomorfologica del Territorio di Roma Capitale – Scala 1:50.000”, approvata dalla delibera di Giunta Capitolina 184/2020 (Aggiornamento).



FORME DI ORIGINE NATURALE E/O ANTROPICA

-  Ciglio di scarpata morfologica
-  Reticolo Idrografico naturale e antropico

Figura 2.2 – Carta Geomorfologica – Scala 1:50.000

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di interesse ricade all'interno Carta Geologica d'Italia in scala 1:50'000 F 375 "Tivoli" (Figura 3.1). L'area in esame ricade ad est di Roma e comprende principalmente depositi vulcanici ed alluvionali.

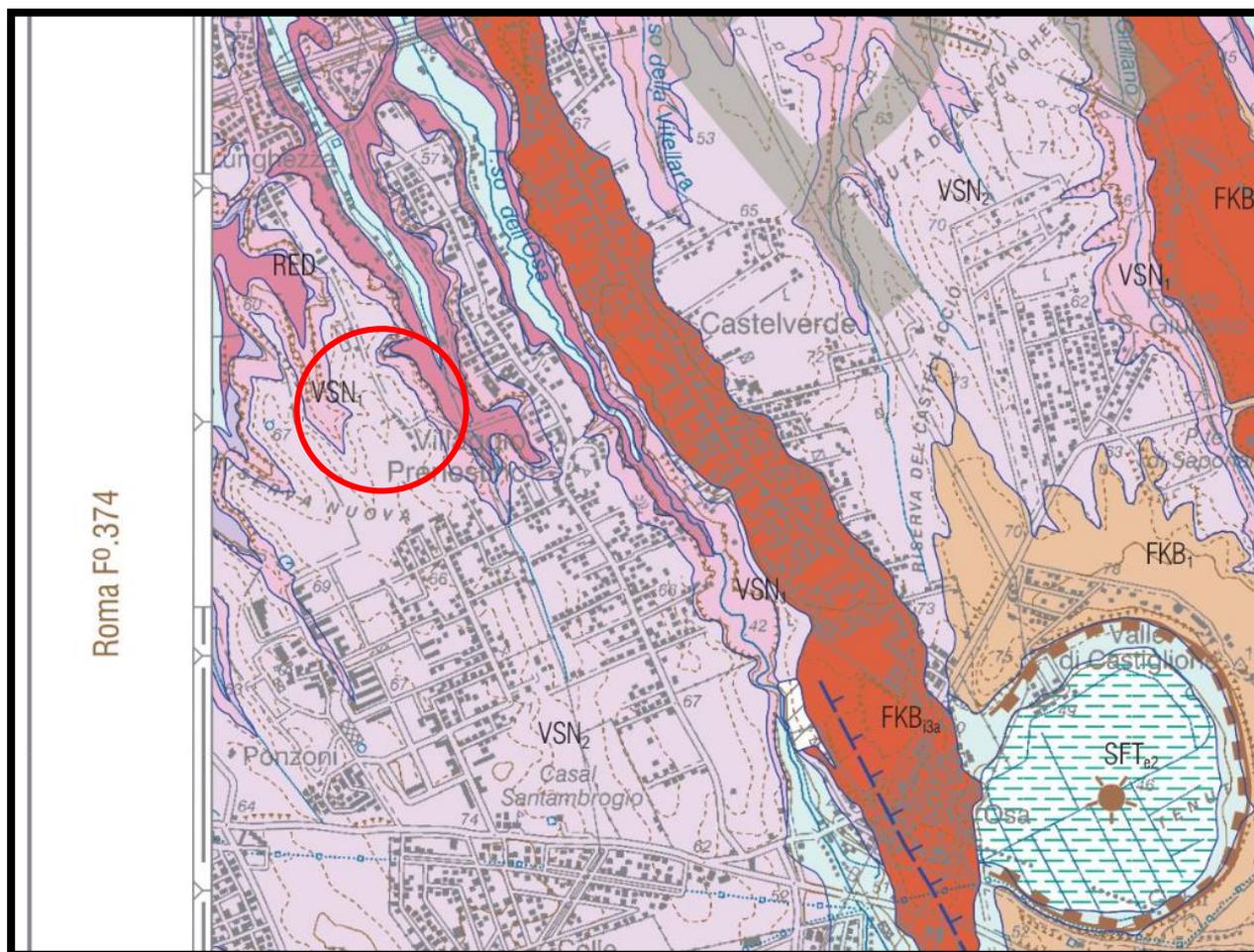


Figura 3.1 – Carta Geologica – Foglio 348 “Antrodoco”, scala 1:50.000; Legenda carta geologica

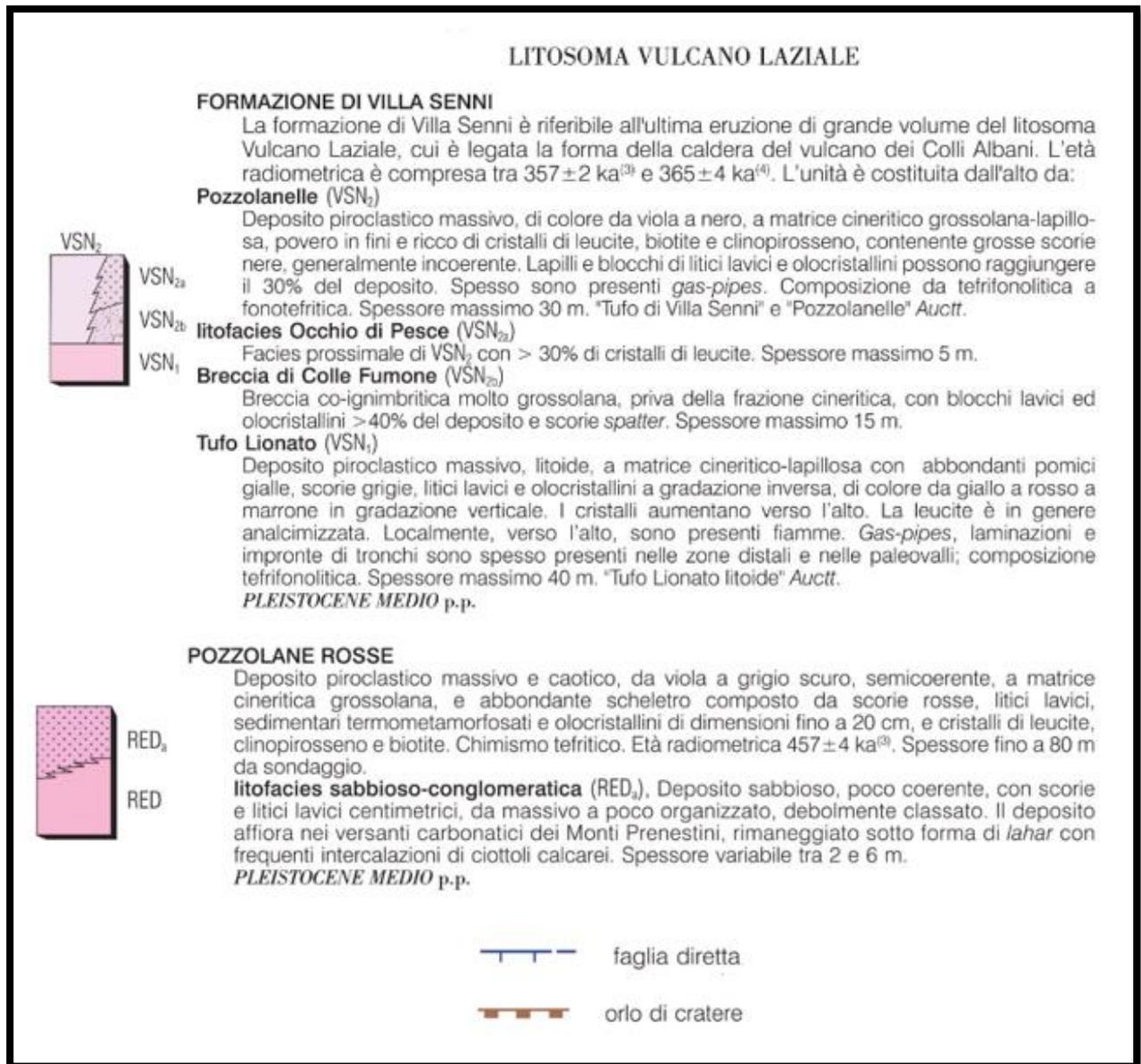


Figura 3.2 – Legenda Carta Geologica

L'area di studio ricade principalmente all'interno della formazione:

- **VSN2 (Formazioni di Villa Senni):** "La formazione di Villa Senni è riferibile all'ultima eruzione di grande volume del litosoma Vulcanico Laziale, cui è legata la forma della caldera del vulcano dei Colli Albano. L'unità è costituita da Pozzolanelle: Deposito piroclastico massivo, di colore da viola a nero, a matrice cineritico grossolana-lapillosa, generalmente incoerente; lapilli e blocchi di litici lavici possono raggiungere il 30% del deposito con spessore massimo di 30 m".

L'area in cui sorge la città di Roma è caratterizzata da una complessa storia geologica, legata all'evoluzione geodinamica dell'area mediterranea che ha determinato la formazione dell'attuale assetto del territorio, caratterizzato da un paesaggio molto articolato.

Da un punto di vista geodinamico l'area romana è legata alla formazione ed evoluzione del margine tirrenico che, a partire dal Pliocene, con la sua genesi mediante un processo di rifting. A causa di tale processo, che ha generato un assottigliamento crostale tipico dei suddetti fenomeni geodinamici, l'intera area viene sommersa da un mare piuttosto profondo, dal quale emergevano soltanto alti strutturali rappresentati dalle isole del Monte Soratte e dei Monti Cornicolani. All'interno del suddetto bacino di sedimentazione profondo si accumulava nel tempo una potente serie di terreni prevalentemente argilloso-marnosi dello spessore di diverse centinaia di metri. Durante il Pleistocene inferiore, si assiste ad un mutamento delle condizioni paleogeografiche dovute sia a movimenti tettonici sia dal ripetersi di periodi glaciali e interglaciali, che provocarono oscillazioni del livello marino. Tali mutamenti portarono ad una diversificazione dei prodotti di sedimentazione che da depositi prevalentemente argillosi marini passarono progressivamente verso l'alto a sedimenti limosi e sabbiosi di origine continentale. Tali terreni costituiscono oggi le unità più antiche che affiorano sul territorio comunale formando una alternanza di depositi argilloso-marnosi, argilloso-sabbiosi e sabbiosi conosciute in letteratura con diversi nomi: Argille Vaticane, Argille Azzurre, Unità di Monte Vaticano, sabbie dell'Astiano.

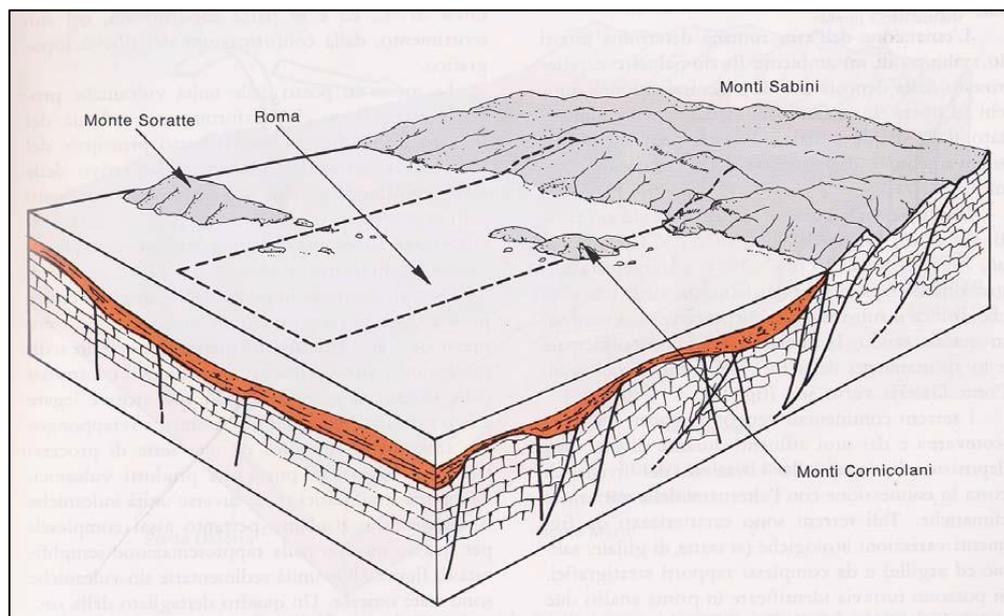


Fig. 3.3 L'area romana durante le ultime fasi del mare pliocenico con rilievi di M. Soratte e dei M. Cornicolani affioranti come isole.

Dopo una fase glaciale (emersione - avanzamento della linea di costa - periodo erosivo), databile a circa 750.000 anni fa, con l'interglaciale (immersione - arretramento della linea di costa - periodo deposizionale) si instaura su gran parte del territorio un ambiente di tipo continentale con deposito di sedimenti argillosi, sabbiosi e ghiaiosi, che ricoprono i sottostanti orizzonti marini del Plio-Pleistocene. A tale sequenza sedimentaria continentale di colmamento viene dato il nome di Unità del Paleotevere 1 e 2 o Formazione di Ponte Galeria (in cui sono state inserite anche altre formazioni conosciute in letteratura con i termini Unità di Santa Cecilia, Monte Ciocci e fosso della Crescenza). L'assetto geolitologico generico rappresentativo dell'area oggetto delle indagini è riconducibile alla suddetta successione di litotipi.

A questo periodo seguono altre glaciazioni e periodi interglaciali, con variazioni del livello del mare e colmamenti delle zone precedentemente incise. Al termine di uno dei cicli glaciali (erosione e poi deposito), si ha la formazione di due distinti distretti vulcanici, i Colli Albani a sud-est e i Sabatini a nord-ovest, della città di Roma, che manifestano la loro attività quasi contemporaneamente. I materiali dei due apparati ricoprono migliaia di km² di territorio, con spessori variabili da pochi metri nelle zone distali, a diverse centinaia di metri nelle aree prossimali ai centri eruttivi. L'attività vulcanica ha dato luogo a vari tipi di depositi: piroclastiti di ricaduta, colate piroclastiche, colate di tipo idromagmatico e colate laviche, che tuttavia non risultano interessare l'area in esame.

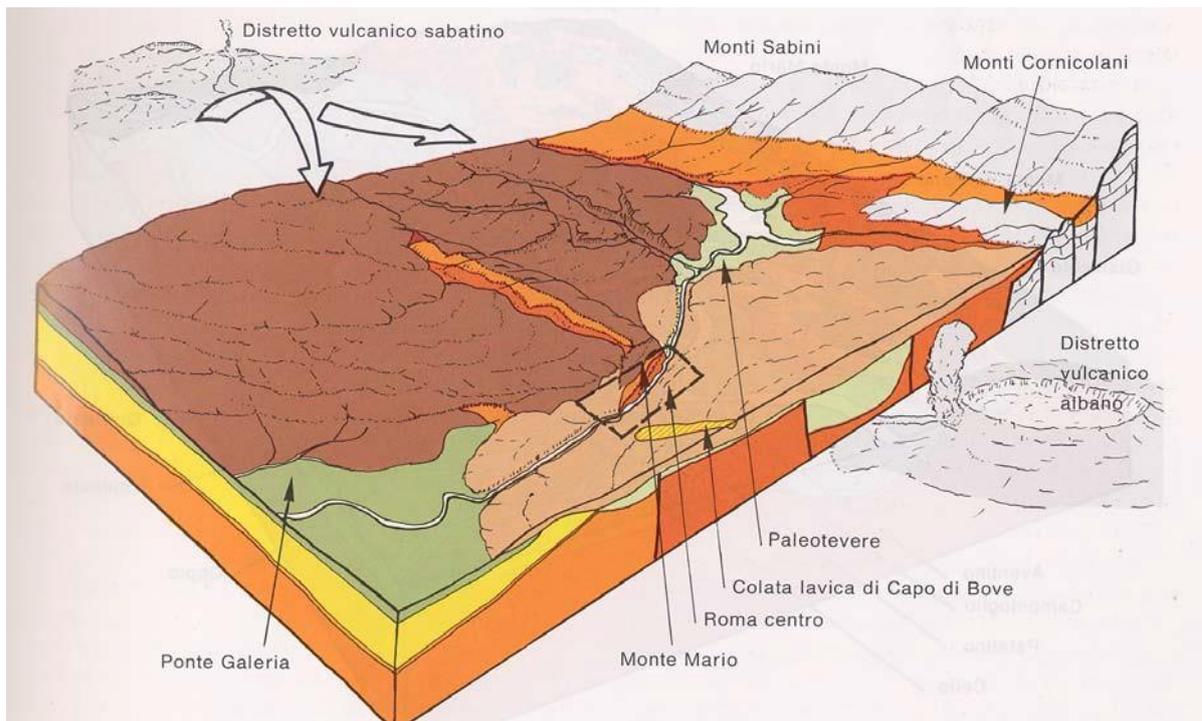


Fig. 3.4 L'area romana durante la fase delle grandi eruzioni dei Distretti vulcanici Sabatino e Albano

Alla messa in posto di questi terreni fa seguito un nuovo periodo erosivo cui segue una fase deposizionale di sedimenti argillosi e sabbiosi, l'Unità Aurelia. Dopo un lungo periodo di stasi, l'attività vulcanica riprende con l'emissione di materiale vulcanico frammisto a brandelli di materiali lapidei delle serie sedimentarie presenti in profondità. Si tratta degli ultimi prodotti degli apparati vulcanici sia dell'area Sabatina che Albana.

L'ultimo glaciale è il responsabile dell'assetto morfologico del territorio così come noi lo osserviamo attualmente. Circa 120 mila anni fa ha inizio l'ultimo importante periodo glaciale che provoca una discesa progressiva e lenta del livello marino fino a raggiungere un minimo di circa -120 m rispetto al livello attuale, tra 15 e 18 mila anni fa. Successivamente, il livello marino risale rapidamente fino a raggiungere una quota prossima a quella attuale circa 5 – 7 mila anni fa. Le ultime modeste variazioni, dell'ordine dei decimetri, sono incerte e ancora oggetto di studio e di dibattito. Questa imponente discesa del livello del mare ha provocato di una forte erosione e modellamento del territorio con la formazione di profonde valli in corrispondenza dei principali corsi d'acqua. La successiva risalita ha portato al riempimento delle valli, dei principali corsi d'acqua (Tevere, Aniene, Galeria, Magliana ecc.)

precedentemente scavate dai fiumi, con l'accumulo di enormi spessori (fino a 70-80 m) di materiale alluvionale.

In considerazione dell'ampiezza del territorio comunale e delle differenze geo-morfologiche anche notevoli esistenti nell'area, l'intero territorio è stato suddiviso in 6 grandi zone, grosso modo coincidenti con la zonazione geologica (orientale, delta del Tevere, sud-occidentale, nord-occidentale, nord-orientale e, infine, la città storica).

24

All'interno di ogni zona, semplificando e schematizzando molto, le caratteristiche geomorfologiche sono più o meno uniformi.

➤ Zona Orientale

In questa zona ricadono proparte i territori del V e del XII Municipio e, interamente, i territori dei municipi VI, VII, VIII, IX X e XI. La zona è delimitata geograficamente a nord dell'Aniene, a sud ed est dai confini del territorio comunale e ad ovest della città storica e, più a sud, della piana del Tevere.

L'area è caratterizzata dalla presenza dei terreni vulcanici derivanti dall'attività dell'Apparato Vulcanico dei Colli Albani. La serie vulcanica, come visto, durante l'ultimo periodo glaciale è stata profondamente incisa dai torrenti principali e dall'Aniene; successivamente, nell'interglaciale, questa incisioni sono state parzialmente colmate da alluvioni recenti.

Al di sopra di questi terreni possono essere presenti localmente terreni di riporto, recenti o antichi, spesso derivanti dal riempimento di depressioni. Artificiali o naturali.

Al di sotto della serie vulcanica è presente un substrato sedimentario antico caratterizzato da terreni alluvionali o fluvio-lacustri, costituiti da ghiaie, sabbie, limi e argille (Formazione del Paleotevere) che presenta alla base i livelli argillosi marini del Plio-Pleistocene, che affiorano vistosamente entro la città e in lembi nella porzione settentrionale, ma sono stati rinvenuti tramite perforazioni su tutta l'area. La successione stratigrafica presente nella zona può essere così schematizzata dal terreno più recente a quello più antico:

Riperti	Terreni di riporto o di colmata	Terreni di riporto, antichi e/o recenti, talora utilizzati a colmamento di depressioni artificiali e/o naturali. Caratteristiche tecniche mediamente scadenti.
Alluvioni recenti	Alluvioni recenti	Depositi alluvionali di riempimento delle incisioni dei corsi d'acqua, sono costituiti da terreni prevalentemente limo-argillosi con livelli organici e di spessore variabile e crescente da monte a valle. Mediamente compressibili ed a caratteristiche tecniche mediamente scadenti localmente peggiorate dalla presenza della falda subaffiorante.
Sedimentario post vulcanico	Unità Aurelia	Limi e argille con livelli ghiaiosi. Caratteristiche tecniche da mediocri a scadenti.
Vulcaniti	Tufo di Villa Senni	Depositi piroclastici di colore marrone prevalentemente litoidi caratterizzati dalla presenza di una matrice cineritica e numerosi inclusi leucitici. Localmente, soprattutto nella porzione orientale, presenza di intercalazioni di colate laviche. Caratteristiche tecniche da buone ad ottime.
	Pozzolanelle (Pozzolane grigie)	Depositi piroclastici incoerenti costituiti da scorie e ceneri vulcaniche in una matrice grigiastra con abbondanti leuciti. Presenza locale di colate laviche. Discreta coesione di origine chimica e caratteristiche tecniche buone.
	Tufo litoide	Deposito piroclastico massivo e litoide di colore da giallo a fulvo è costituito da scorie e pomici in una matrice cineritica, spesso fratturato e, localmente, con fessurazione colonnare. Caratteristiche tecniche ottime, se scalzato al piede è soggetto a crolli.
	Pozzolane inferiori (Pozzolane rosse e nere)	Deposito piroclastico massivo (nella porzione superiore si presenta, talora, rimaneggiato e stratificato) è costituito da scorie rosso-nerastre in matrice cineritico-scoriacea. Presenza locale di colate di lava. Coesione di origine chimica e caratteristiche tecniche buone.
	"Tufi antichi degli autori"	Al di sotto della serie delle vulcaniti connesse con l'apparato dei Colli Albani è presente una serie di terreni vulcanici, spesso rimaneggiati e fluitati, costituiti da tufi pisolitici, tufi argillosi e un particolare tipo di peperino stratificato noto in archeologia come "cappellaccio". Le caratteristiche tecniche di questi terreni sono da buone a mediocri.
Terreni sedimentari pre-vulcanici	Unità del Paleotevere	Depositi alluvionali o fluvio-lacustri costituiti da alternanze di ghiaie, sabbie, limi ed argille.
	Argille Azzurre	Depositi marini prevalentemente argillosi. Le caratteristiche tecniche di questi terreni sono funzione della specifica litologia e dello spessore, ma in generale possono essere considerati mediamente mediocri.

Tab. 2.1 – Possibili litologie affioranti nell'area di interesse

Tutti i termini precedentemente descritti sono coperti in superficie da uno strato di spessore variabile (al massimo 1-2 metri) di terreno vegetale e/o di alterazione a caratteristiche scadenti.

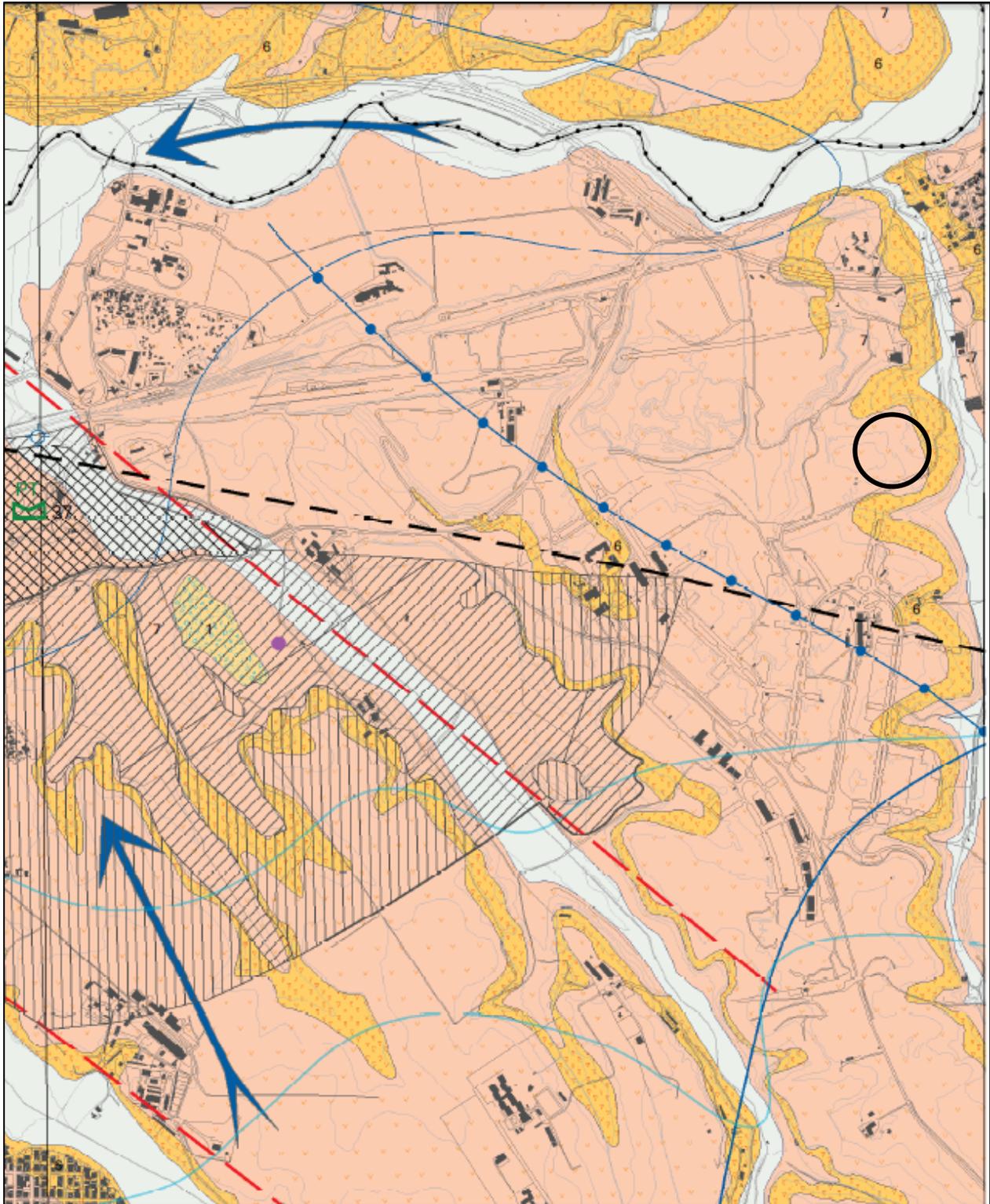
4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico, il corso fluviale principale che passa vicino alla zona di interesse è il Fiume Aniene, detto un tempo anche Teverone; esso è un fiume del Lazio lungo 98.5 km ed è il secondo maggior affluente di sinistra del Tevere dopo il fiume Nera (il suo corso da vita all'omonima valle).

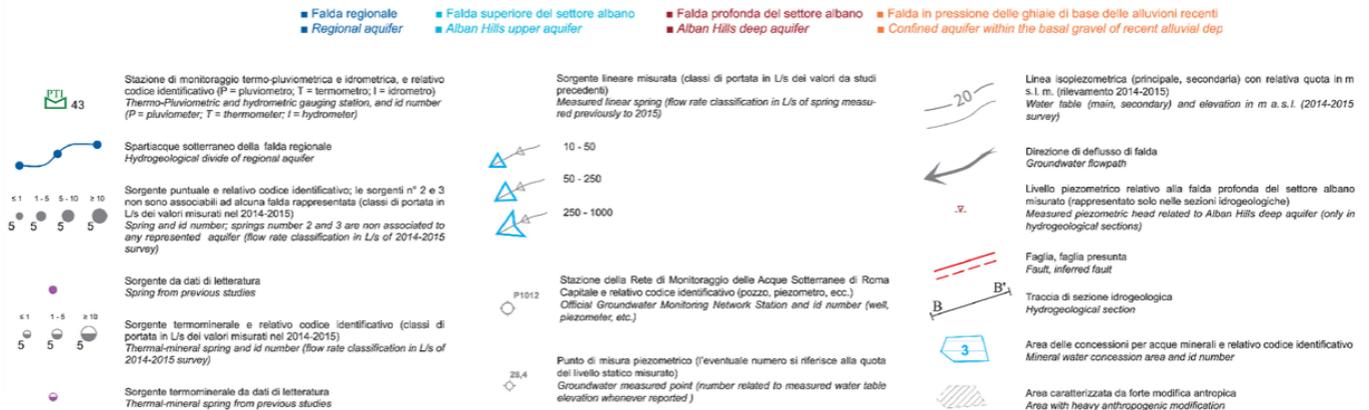
Dalla nuova cartografia geologica del CARG, si può chiaramente notare che in questo settore sono presenti vulcaniti sia di provenienza albana che sabatina che spesso si interdigitano e vanno a mascherare palealvei che sono espressamente del reticolo idrografico pre-vulcanico. In riva destra dell'Aniene dominano le vulcaniti sabatine mentre le albane hanno il loro maggiore sviluppo in riva sinistra. Questi termini vulcanici poggiano su sedimenti prevulcanici continentali. Le incisioni sono state colmate dai depositi alluvionali recenti dell'Aniene e dei suoi affluenti minori.

Per definire la circolazione sotterranea, le litologie presenti nell'area vengono suddivise in complessi acquiferi a seconda della loro capacità di lasciarsi attraversare dall'acqua (carta idrogeologica, PGR di Roma, scala 20.000 Foglio VI – Figura 4.1). L'area ricade nel complesso idrogeologico definito come: **“Complesso delle vulcaniti albane altamente permeabili”**

“Comprende i termini della successione vulcanica albana caratterizzati da elevata permeabilità. È costituito da depositi di colata piroclastica generalmente massivi e caotici, da incoerenti a litoidi, da conici di scorie e dai relativi prodotti vulcanoclastici. Gli spessori sono variabili in funzione della differente natura delle litologie costituenti il complesso e vanno da qualche metro a oltre 50 metri. Il complesso affiora in modo esteso lungo tutto il settore orientale della carta in corrispondenza dei versanti del vulcano albano. La geometria dei depositi che costituiscono il complesso è anch'essa variabile, poiché la maggior parte dei prodotti emessi si è deposta tendendo a livellare la paleomorfologia. Il complesso è sede della falda regionale presente in riva sinistra del Tevere ed è, laddove in contatto stratigrafico, in connessione idraulica con il complesso ghiaioso-sabbioso della formazione del Fosso della Crescenza. La porzione più superficiale del complesso, lungo le pendici del Vulcano dei Colli Albani, è sede della falda superiore del settore albano, sostenuta da interdigitazioni del Complesso del Tufo Lionato. Le principali sorgenti lineari presenti nella carta in sinistra del Tevere sono alimentate da questo complesso. Il grado di permeabilità relativa è alto per porosità e subordinatamente per fratturazione”.



Simbologia / Symbology
la simbologia grigia assume, in carta, il colore relativo alla falda di appartenenza / grey symbology is replaced, on the map, with the proper color of the distinguished aquifers



AREE DI SALVAGUARDIA DEGLI IMPIANTI DI CAPTAZIONE DI ACQUA VERGINE, TORRE ANGELA E FINOCCHIO (Fonte: Regione Lazio, Direzione Regionale Ambiente e Sistemi Naturali, Ufficio Servizio Tutela delle Acque)

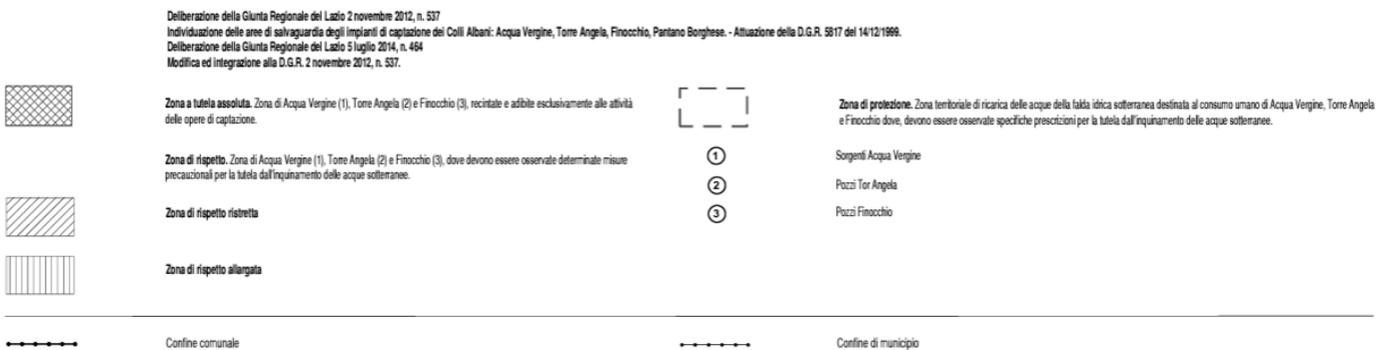


Figura 4.1 – Cartografia Idrogeologica (PNG Roma) con relativa leggenda

La circolazione nelle falde in area romana è sostenuta dal bedrock costituito dalle argille pleistoceniche che costituiscono, per il loro basso grado di permeabilità e per il loro spessore, un vero e proprio acquiclude. I complessi acquiferi che sovrastano il substrato sono dal più antico al più recente: il Complesso dei sedimenti pleistocenici (Formazioni di Fosso della Crescenza e formazione di S. Cecilia), Complesso delle vulcaniti, e delle vulcaniti ad alta permeabilità, il Complesso delle alluvioni recenti e il Complesso delle coltri di riporto.

Il complesso delle vulcaniti fa parte dei terreni vulcanici alban e in minima parte sabatini, presenti in spessori variabili in molte zone dell'area presa in esame, sono costituiti da orizzonti a diversa permeabilità. Principalmente i depositi vulcanici possono essere “poco permeabili” quando massivi e litoidi, “permeabili per fratturazione”, come molte lave o colate piroclastiche fratturate, o “permeabili per porosità”, come molti tufi particolarmente porosi e i depositi pozzolaneei. Gli spessori delle vulcaniti nell'area in esame sono modesti nella porzione settentrionale e aumentano a partire dal quartiere Tiburtino procedendo verso Sud. La circolazione idrica quindi assume

importanza solo nei corpi pozzolaneei che hanno continuità idraulica (Complesso delle vulcaniti ad alta permeabilità). La falda regionale scendendo con una circolazione radiale dalle alture albane alla periferia del distretto verso Roma, viene fortemente drenata dai grandi fossi affluenti del Tevere e dell'Aniene dando inoltre luogo, presso la località di Salone, all'importante emergenza dell'Acqua Vergine, anticamente convogliata in acquedotto dai romani e tuttora captata dall'ACEA.

29

Il reticolo idrografico minore nel contesto urbano risulta desinato a scomparire per essere convogliato in collettori fognari, tuttavia un ristretto numero di fossi confluiscono ancora naturalmente verso l'Aniene, e localmente sono presenti aree sorgive che costituiscono un vero relitto del paesaggio pre-urbano

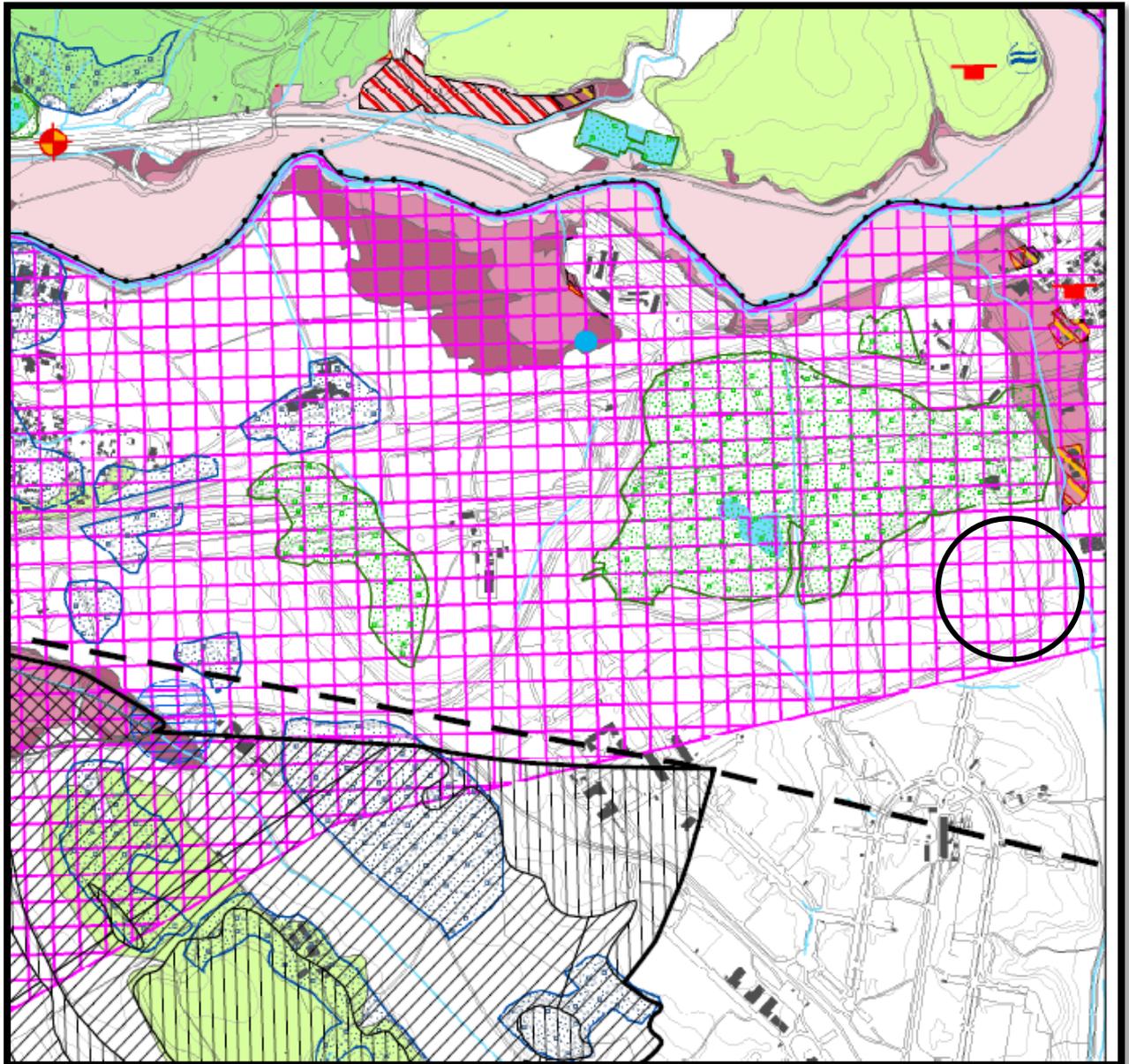
L'area di interesse è situata all'interno del Bacino del Fosso di Tor Sapienza, con un'estensione areale di più di 110 km², costituendo il più grande sottobacino dell'Aniene nel suo tratto urbano. Partendo dalle pendici dei Colli Albani a circa 400 m.s.l.m. i fossi che compongono il bacino percorrono più di 20 km fino ad arrivare con una pendenza media del 1.5% alla confluenza con l'Aniene posta a quota 20 m.s.l.m. Il bacino interessa quasi l'intera porzione meridionale dell'area studiata. Esso presenta un reticolo costituito da numerosi piccoli corsi d'acqua che confluiscono nel Fosso di Tor Sapienza poco prima della sua immissione nell'Aniene.

Dalla cartografia a disposizione risulta che la falda si attesta attorno ai 30 metri di profondità.

5. CARTE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO

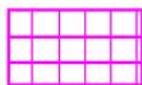
Dall'esame della carta della pericolosità e vulnerabilità geologica del territorio comunale, del Piano Regolatore del Comune di Roma (delibera Giunta Capitolina 184/2020) (Figura 5.1), l'area di studio ricade in Aree critiche per l'uso compatibile della risorsa idrica degli acquiferi sotterranei.

30





Aree critiche e aree di attenzione riguardanti il prelievo per l'uso compatibile della risorsa idrica degli acquiferi sotterranei (Autorità di Bacino del Fiume Tevere - Autorità dei Bacini Regionali - Università degli Studi Roma Tre, Piano Stralcio dell'Uso Compatibile della Risorsa Idrica, PUC)



Area critica, in cui la concentrazione dei prelievi determina un depauperamento della circolazione idrica sotterranea e un'alterazione dei livelli piezometrici significativamente superiore a quella delle aree circostanti, con rischio di compromissione, in tempi brevi, dell'approvvigionamento idrico delle attività che vi insistono



Area occupata da cava non in esercizio (dismessa o per attività estrattiva temporaneamente sospesa) *



Fascia B, area di esondazione diretta e indiretta delle piene con $Tr=200$ anni e area marginale della piena con $Tr=50$ anni; in queste aree deve essere garantita l'espansione naturale della piena e il recupero e la tutela del patrimonio storico-ambientale con il controllo della pressione antropica



Fascia C, area di esondazione diretta e indiretta delle piene con $Tr=500$ anni e area marginale con $Tr=200$ anni; non sono previste limitazioni delle attività antropiche ma sussiste la necessità di piani di protezione civile; in queste aree si deve assicurare la sicurezza alle popolazioni insediate, ai beni e ai luoghi mediante la predisposizione dei Piani di Emergenza di cui alla Legge 225/92



Sorgente principale

PRINCIPALI AREE POTENZIALMENTE SOGGETTE AD INQUINAMENTO INTERESSATE DA VINCOLI E PRESCRIZIONI RIGUARDANTI LA TUTELA QUALITATIVA E QUANTITATIVA DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Deliberazione della Giunta Regionale del Lazio 2 novembre 2012, n. 537

Individuazione delle aree di salvaguardia degli impianti di captazione dei Colli Albani: Acqua Vergine, Torre Angela, Finocchio, Pantano Borghese. - Attuazione della D.G.R. 5817 del 14/12/1999.

Deliberazione della Giunta Regionale del Lazio 5 luglio 2014, n. 464

Modifica ed integrazione alla D.G.R. 2 novembre 2012, n. 537.



Zona a tutela assoluta. Zona di Acqua Vergine (1), Torre Angela (2) e Finocchio (3), recintate e adibite esclusivamente alle attività delle opere di captazione.

Zona di rispetto. Zona di Acqua Vergine (1), Torre Angela (2) e Finocchio (3), dove devono essere osservate determinate misure precauzionali per la tutela dall'inquinamento delle acque sotterranee.



Zona di rispetto ristretta



Zona di rispetto allargata



Captazione di acque (pozzo romano, pozzo trivellato o sorgente) con presenza di coliformi totali e/o fecali in 100 ml [ARPA Lazio (ex Presidio Multizonale di Prevenzione di Roma - USL RM 5, 1992)]

Figura 5.1 – Stralcio della carta della pericolosità geologica del Comune di Roma (PRG)

Dall'analisi del catalogo IFFI "Rischio Frane" (*Figura 5.2*) **non risultano frane attive** ne aree alluvionabili nella zona di interesse del comune di Roma, Municipalità VI (*Figura 5.3*).

<



Pericolosità e rischio						
Frane	Territorio	Popolazione	Famiglie	Edifici	Imprese	Beni culturali
Molto Elevata P4	0,11 (0,2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Elevata P3	0,42 (0,7%)	1 (0,2%)	1 (0,4%)	3 (0,4%)	0 (0%)	1 (5,9%)
Media P2	0,11 (0,2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Moderata P1	0,1 (0,2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Aree Attenzione AA	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
P4 + P3	0,53 (0,9%)	1 (0,2%)	1 (0,4%)	3 (0,4%)	0 (0%)	1 (5,9%)
Alluvioni	Territorio	Popolazione	Famiglie	Edifici	Imprese	Beni culturali
Elevata	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Media	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Bassa	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

Figura 5.2 – Tavola rischio frana ed aree alluvionabili (in rosso l'area di studio)

6. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le indagini geognostiche previste dal progetto per la ricostruzione del modello geotecnico si sono articolate in:

- Esecuzione di Nr.3 sondaggio geognostico (Nr. 1 rivestito a piezometro);
- Esecuzione di Nr. 6 indagini SPT;
- Esecuzione di Nr. 4 indagini DPSH;
- Prelievo di 4 campioni indisturbati

34

Nelle tabelle 6.1 sono riportati i dettagli delle prove geognostiche eseguite con le relative coordinate espresse nel sistema Geodetico UTM - WGS 84.

ID Indagine	Profondità prova dal p.c. (m)	Lat.	Long.	Quota (m s.l.m.)
S1	20.00	41.904945°	12.671386°	65.0
S2_PZ	20.00	41.904823°	12.670913°	65.0
S3	20.00	41.904788°	12.670426°	65.0
C.I. 1-S1	2.00-2.30	41.904945°	12.671386°	63.0-62.7
C.I. 1-S2PZ	3.00-3.40	41.904823°	12.670913°	62.0-61.6
C.I. 1-S3	1.50-1.80	41.904788°	12.670426°	63.5-63.20
C.I. 2-S3	10.50-11.00	41.904788°	12.670426°	54.5-54.0
SPT 1-S1	2.30	41.904945°	12.671386°	62.7
SPT 2-S1	9.70	41.904945°	12.671386°	55.3
SPT 1-S2PZ	3.40	41.904823°	12.670913°	61.6
SPT 2-S2PZ	7.50	41.904823°	12.670913°	57.5
SPT 1-S3	1.80	41.904788°	12.670426°	63.2
SPT 2-S3	8.00	41.904788°	12.670426°	57.0

DPSH_1	1.80	41.904943°	12.671453°	65.0
DPSH_2	3.00	41.904788°	12.670934°	65.0
DPSH_3	2.20	41.904749°	12.670714°	65.0
DPSH_4	1.60	41.904876°	12.670618°	65.0

35

Tabella 6.1 – Ubicazione dei sondaggi geognostici e delle prove eseguite

Di seguito si riportano le ubicazioni delle rispettive indagini geognostiche effettuate (**Figura 6.1**).



Figura 6.1 – Ubicazione delle indagini geognostiche nell'area di studio (coordinate espresse nel sistema di riferimento WGS84/UTM 33 N)

6.1 SONDAGGIO CONTINUO

Per la ricostruzione stratigrafica sono stati realizzati n.3 sondaggi a carotaggio continuo, spinti fino ad una profondità di 20,00 metri dal p.c.; i sondaggi sono stati eseguiti con una sonda cingolata a rotazione Franza MAF 600, con velocità di rotazione di 300 giri/min, coppia massima > 600 Kgm.

36

A corredo della macchina perforatrice sono state utilizzate le seguenti attrezzature:

- ✓ carotiere semplice ϕ 101 mm in acciaio;
- ✓ carotiere doppio T2 ϕ 101 mm;
- ✓ corona con inserti duri in carburo di silicio inseriti (Widia) ϕ 101 mm;
- ✓ corona diamantata ϕ 101 mm;
- ✓ batteria di aste ϕ 76 mm in acciaio in spezzoni giuntabili da 3,0-1,5-1,0 m;
- ✓ tubazione di rivestimento ϕ 127 mm in acciaio in spezzoni giuntabili da 1,5 m;
- ✓ canaletta in PVC per lo scarotaggio;
- ✓ cavalletti posa-aste in acciaio;
- ✓ campionatore SHELBY per fustelle Inox con ϕ 88.9 mm;
- ✓ cassette porta-carote in PVC con cinque settori della lunghezza di 1 m;
- ✓ gruppo SPT per le prove geotecniche in situ.

Durante il carotaggio è stata utilizzata acqua come fluido di circolazione, senza uso di additivi, per attraversare i livelli più compatti. Le carote estratte sono state sistemate in apposite cassette catalogatrici, di dimensioni 0,5 m x 1 m. Al termine dei sondaggi i fori sono stati accuratamente richiusi con materiale reperito in loco. Inoltre, tutte le fasi delle indagini in oggetto sono state seguite da un Geologo esperto che ha redatto le colonne stratigrafiche corredate di tutte le informazioni derivate dalla descrizione dei terreni.

6.1.1 Sondaggio Geognostico S1

Il sondaggio a carotaggio continuo S1 (Figura 6.2) è stato eseguito nell'area oggetto di indagine alla Lat. 41.904945° e Long. 12.671386° come riportato in *Figura 6.1*. Dal sondaggio sono stati prelevati 1 campioni indisturbati (C.I. 1-S1) ed un campione rimaneggiato litoide (C.L. 1-S1), infine sono state effettuate 2 indagini SPT (2.3 e 9.7 m).

37





Figura 6.2 – Esecuzione sondaggio a carotaggio continuo SI. a) Esecuzione del Sondaggio Geognostico; b) Esecuzione delle prove SPT.



CASSETTA 1 (0.0 – 5.0 m)



CASSETTA 2 (5.0 – 10.0 m)



CASSETTA 3 (10.0 – 15.0 m)



CASSETTA 4 (15.0 – 20.0 m)

Figura 6.3 – Foto delle cassette catalogatrici

L'analisi delle carote rinvenute durante il sondaggio S1, ubicato alla quota di circa 65.00 metri m s.l.m., ha messo in evidenza litologie che sono concordi con quanto riportato dalla principale cartografia geologica dell'area (Carta Geologica d'Italia in scala 1:50'000 F 375 "Tivoli"). È mostrata in Figura 6.4 la risultante stratigrafia del Sondaggio S1.

Committente: Roma Capitale	Sondaggio: S1
Riferimento: Arch. Enrica De Paulis	Data: 28/12/2023
Coordinate: Lat: 41.904945°; Long. 12.671386°	Quota: 65,00
Perforazione: Sondaggio a Carotaggio Continuo	

SCALA 1:100 **STRATIGRAFIA - S1** Pagina 1/1

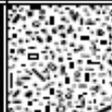
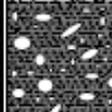
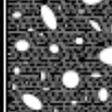
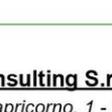
metri [m]	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	A Campioni	Standard Penetration Test		DATI TECNICI
				m	S.P.T. N	
1		Ripporto				
2		Limo Sabbioso	1) Rim - 2,00 2,30	2,3	50/8cm	Rif
3		Limo Sabbioso Ghiaioso				
4		Limo Sabbioso Ghiaioso				
5		Limo Sabbioso Ghiaioso				
6		Limo Sabbioso Ghiaioso				
7		Limo Sabbioso Ghiaioso				
8		Sabbia Limosa Ghiaiosa				
9		Sabbia Limosa Ghiaiosa				
10		Sabbia Limosa Ghiaiosa				
11		Sabbia Limosa Ghiaiosa				
12		Cappellaccio Tufaceo				
13		Tufo Litoide	2) Rim - 13,80 14,30			
14		Tufo Litoide				
15		Tufo Litoide				
16		Tufo Litoide				
17		Tufo Litoide				
18		Tufo Litoide				
19		Tufo Litoide				
20		Tufo Litoide				

Figura 6.4 – Colonna stratigrafica risultante per il sondaggio S1

Il materiale rinvenuto risulta essere:

- (0.00 – 2.00) – Riporto;
- (2.00 – 5.00) – Limo sabbioso;
- (5.00 – 8.00) – Limo Sabbioso Ghiaioso;
- (8.00 – 11.70) – Sabbia Limosa Ghiaiosa;
- (11.70 – 12.50) – Cappellaccio Tufaceo;
- (12.50 – 20.00) – Sabbia Limosa Ghiaiosa.

42

La falda non è stata rinvenuta.

6.1.2 Sondaggio Geognostico S2_PZ

Il sondaggio a carotaggio continuo S2_PZ (Figura 6.5) è stato eseguito nell'area oggetto di indagine alla Lat. 41.904823° e Long. 12.670913° come riportato in *Figura 6.1*. Dal sondaggio sono stati prelevati 1 campioni indisturbati (C.I. 1-S2PZ) ed un campione rimaneggiato litoide (C.L. 1-S2PZ), infine sono state effettuate 2 indagini SPT (3.4 e 7.5 m).

43



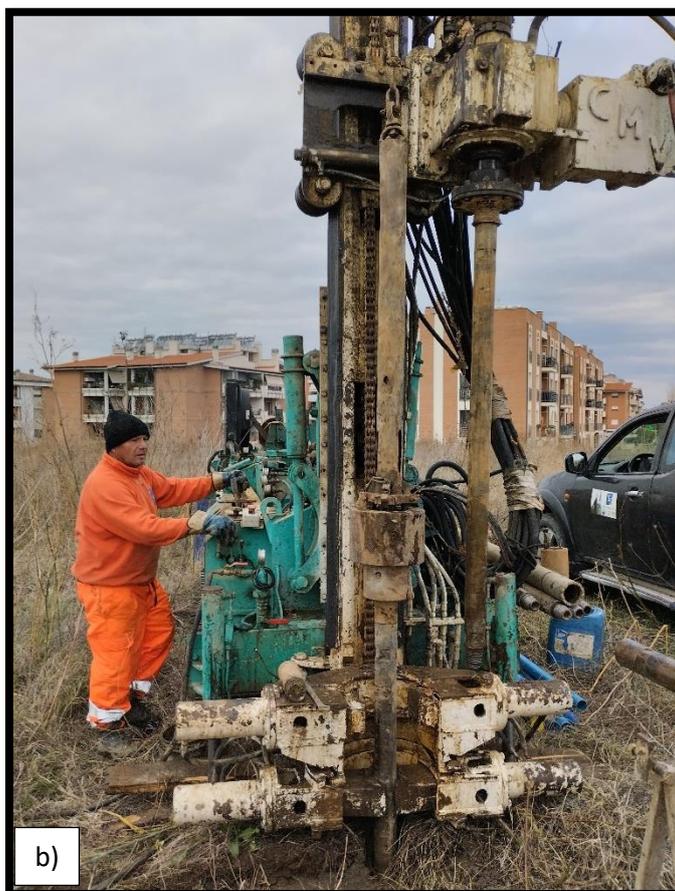


Figura 6.5 – Esecuzione sondaggio a carotaggio continuo S2PZ. a) Esecuzione del sondaggio geognostico; b) Esecuzione delle prove SPT; c) ISTALLAZIONE tubo piezometrico.



CASSETTA 1 (0.0 – 5.0 m)



CASSETTA 2 (5.0 – 10.0 m)



CASSETTA 3 (10.0 – 15.0 m)



CASSETTA 4 (15.0 – 20.0 m)

Figura 6.6 – Foto delle cassette catalogatrici

L'analisi delle carote rinvenute durante il sondaggio S1, ubicato alla quota di circa 65.00 metri m s.l.m., ha messo in evidenza litologie che sono concordi con quanto riportato dalla principale cartografia geologica dell'area (Carta Geologica d'Italia in scala 1:50'000 F 375 "Tivoli"). È mostrata in Figura 6.7 la risultante stratigrafia del Sondaggio S1.

Committente: Roma Capitale	Sondaggio: S2_PZ
Riferimento: Arch. Enrica De Paulis	Data: 28/12/2023
Coordinate: Lat: 41.904823°; Long. 12.670913°	Quota: 65,00
Perforazione: Sondaggio a Carotaggio Continuo	

SCALA 1:100		STRATIGRAFIA - S2_PZ					Pagina 1/1		
metri Int.	LITOLOGIA	prof. m	Spes. m	DESCRIZIONE	A	Standard Penetration Test			DATI TECNICI
						Campioni	m	S.P.T.	
1				Riporto					
3		3,0	3,0			1) Int = 3,00 3,40			
4				Limo Sabbioso			3,4	50/6cm	R
5		5,0	2,0						
6				Sabbia Limosa Ghiaiosa					
7		7,5	2,5				7,5	50/7cm	R
8		8,0	0,5	Cappellaccio Tufaceo					
9				Tufi litoidi					
10									
11									
12									
13									
14		14,5	6,5						
15				Lave					
16									
17									
18									
19						2) Rim = 18,50 19,00			
20		20,0	5,5						

Figura 6.7 – Colonna stratigrafica risultante per il sondaggio S2_PZ

Il materiale rinvenuto risulta essere:

- (0.00 – 3.00) – Riporto;
- (3.00 – 5.00) – Limo Sabbioso;
- (5.00 – 7.50) – Sabbia Limosa Ghiaiosa;
- (7.50 – 8.00) – Cappellaccio Tufaceo.
- (8.00 – 14.50) – Tufi Litoidi.
- (14.50 – 20.00) – Lave.

48

Sono state effettuate misure di falda, con le seguenti letture:

Data	Profondità (m)
28/12/2023	NON RINVENUTA
29/12/2023	NON RINVENUTA

Tabella 6.2 – Letture quota falda

6.1.3 Sondaggio Geognostico S3

Il sondaggio a carotaggio continuo S3 (Figura 6.8) è stato eseguito nell'area oggetto di indagine alla Lat. 41.904788° e Long. 12.670426° come riportato in *Figura 6.1*. Dal sondaggio sono stati prelevati 2 campioni indisturbati (C.I. 1-S3 e C.I. 2-S3), infine sono state effettuate 2 indagini SPT (1.8 e 8.0 m).

49





Figura 6.8 – Esecuzione sondaggio a carotaggio continuo S3; a) Esecuzione del Sondaggio Geognostico; b) Esecuzione delle prove SPT.



CASSETTA 1 (0.0 – 5.0 m)



CASSETTA 2 (5.0 – 10.0 m)



CASSETTA 3 (10.0 – 15.0 m)



CASSETTA 4 (15.0 – 20.0 m)

Figura 6.9 – Foto delle cassette catalogatrici

L'analisi delle carote rinvenute durante il sondaggio S1, ubicato alla quota di circa 65.00 metri m s.l.m., ha messo in evidenza litologie che sono concordi con quanto riportato dalla principale cartografia geologica dell'area (Carta Geologica d'Italia in scala 1:50'000 F 375 "Tivoli"). È mostrata in Figura 6.10 la risultante stratigrafia del Sondaggio S3.

Committente: Roma Capitale	Sondaggio: S3
Riferimento: Arch. Enrica De Paulis	Data: 29/12/2023
Coordinate: Lat: 41.904788°; Long. 12.670426°	Quota: 65,00
Perforazione: Sondaggio a Carotaggio Continuo	

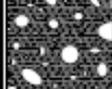
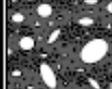
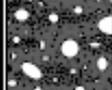
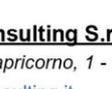
SCALA 1:100		STRATIGRAFIA - S3				Pagina 1/1			
metri lat.	LITOLOGIA	prof. m	Spes. m	DESCRIZIONE	A	Standard Penetration Test			DATI TECNICI
						Campioni	m	S.P.T.	
1		1,5	1,5	Riporto					
2				Limo Sabbioso	1) Ind < 1,00 1,00	1,8	50/10cm	Rf	
3		3,0	1,5	Sabbia Limosa Ghiaiosa					
4									
5									
6									
7									
8						8,0	50/5cm	Rf	
9									
10		9,5	6,5	Cappellaccio Tufaceo					
11		11,0	1,5	Tufo Litoide	2) Ind < 10,00 11,00				
12									
13									
14									
15		15,0	4,0	Ghiaia Sabbiosa (nerastra)					
16									
17									
18									
19									
20		20,0	5,0						

Figura 6.10 – Colonna stratigrafica risultante per il sondaggio S3

Il materiale rinvenuto risulta essere:

- (0.00 – 1.50) – Riporto;
- (1.50 – 3.00) – Limo sabbioso;
- (3.00 – 9.50) – Sabbia Limosa Ghiaiosa;
- (9.50 – 10.50) – Cappellaccio Tufaceo;
- (10.50 – 15.00) – Tufo Litoide;
- (15.00 – 20.00) – Ghiaia Sabbiosa (nerastra).

54

La falda non è stata rinvenuta.

6.2 PROVE SPT

La prova SPT (figura 6.11) si esegue durante la perforazione. Consiste nel registrare il numero di colpi necessari per far penetrare di 45 cm nel terreno a fondo foro un tubo campionatore di dimensioni standard, collegato alla superficie mediante batteria di aste in testa alle quali agisce un maglio del peso di 63.5 kg che cade liberamente da un'altezza di 0.76 m.

55

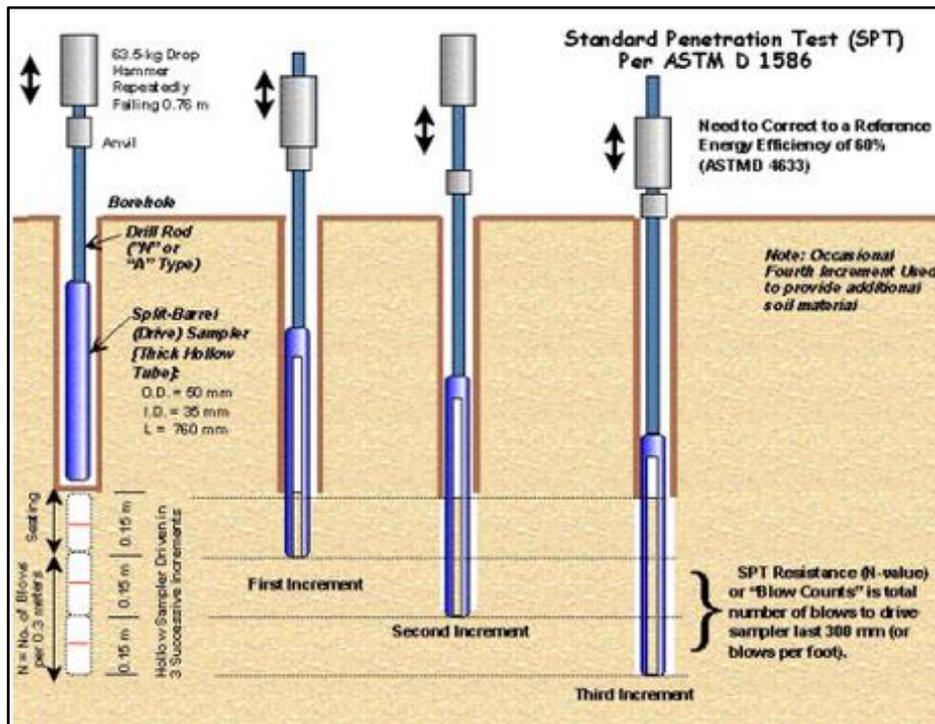


Figura 6.11 Schema della prova S.P.T.

Durante la prova si misura:

N_1 = numero di colpi di maglio necessari a provocare l'avanzamento del campionatore per i primi 15 cm, assunti come tratto di "avviamento";

N_2 = numero di colpi che provoca la penetrazione del campionatore nei successivi 15 cm;

N_3 = numero di colpi necessari per gli ultimi 15 cm di avanzamento.

Si assume come resistenza alla penetrazione il valore:

$$N_{SPT} = N_2 + N_3$$

Si utilizzano le seguenti attrezzature standard:

- Aste d'infissione del diametro esterno 50 mm e peso di 7 kg/m;
- Testa di battuta di acciaio avvitata sulle aste;
- Maglio di acciaio di 63.5 kg;
- Dispositivo automatico che consente la caduta del maglio da un'altezza di 0.76 m;
- Centratore di guida per le aste fra la testa di battuta e il piano campagna;
- Carotiere munito di una punta conica di diametro 51 mm, angolo 60°.

Vi sono numerose correlazioni tra la resistenza alla penetrazione (N_{SPT}) e i parametri geotecnici dei terreni sia granulari che coesivi:

➤ **TERRENI GRANULARI**

Le correlazioni ritenute più attendibili tra la resistenza alla penetrazione (N_{SPT}) ed alcuni parametri geotecnici sono le seguenti:

1) **Correlazione di Gibbs-Holtz**

Permette di determinare la densità relativa dei terreni granulari mediante la relazione tra la resistenza alla penetrazione e la pressione verticale efficace.

2) **Correlazione di De Mello**

Permette di ricavare l'angolo di attrito in funzione dello sforzo verticale efficace.

3) **Le correlazioni di Schmertmann**

Pongono in relazione l'angolo di attrito efficace con la densità relativa in funzione di differenti granulometrie, utilizzando sia i valori della densità relativa D_r elaborati con il metodo di *Gibbs-Holtz* che con il metodo di *Terzaghi-Pech-Skempon*.

$$f = 28 + 0.14 \cdot D_r$$

$$f = 31.5 + 0.115 \cdot D_r$$

$$f = 34.5 + 0.10 \cdot D_r$$

$$f = 38 + 0.08 \cdot D_r$$

4) **Correlazioni tra la resistenza alla penetrazione N_{SPT} e la compressibilità**

I metodi si dividono in due gruppi.

Il primo gruppo collega il valore della resistenza penetrometrica dinamica al cedimento; questo comprende il metodo di *Terzaghi e Peck*, di *Meyerhof* e di *Peck-Bazaraa*.

Il secondo gruppo si basa su correlazioni empiriche tra N_{SPT} ed il modulo di deformazione delle sabbie; il gruppo comprende il metodo di *Alpan*, di *D'Apollonia*, di *Parry*.

Dal confronto dei cedimenti calcolati con i vari metodi e dei cedimenti reali misurati in America da *Peck (1948)* – *Bazaraa (1967)* – *Baker (1965)*, *Parry (1971)* sembra che il metodo di *Parry* risulti più attendibile, mentre i metodi più sperimentati sono quelli di *Meyerhof*, *Peck-Bazaraa*, *Alpan* e di *Burland-Burbidge (1984)*.

6.2.1 Risultati Prova SPT

Le prove SPT eseguite sono 6 in totale (2 per sondaggio), e sono riassunti nella seguente tabella:

ID SONDAGGIO	ID SPT	PROFONDITÀ (m dal p.c.)	Nr. COLPI	Nspt	TIPO DI PUNTA	Litologia
S1	SPT_1	2.30 m	50/8cm	Rif.	Punta Conica Chiusa	Limo sabbioso
	SPT_2	9.70 m	50/6cm	Rif.	Punta Conica Chiusa	Sabbia limosa Ghiaiosa
S2_PZ	SPT_1	3.40 m	50/6cm	Rif.	Punta Conica Chiusa	Limo Sabbioso
	SPT_2	7.50 m	50/7cm	Rif.	Punta Conica Chiusa	Sabbia Limosa Ghiaiosa
S3	SPT_1	1.80 m	50/10cm	Rif.	Punta Conica Chiusa	Limo Sabbioso
	SPT_2	8.00 m	50/5cm	Rif.	Punta Conica Chiusa	Sabbia Limosa Ghiaiosa

58

Tab. 6.3 Dettagli delle prove S.P.T.

La natura vulcanoclastica dei terreni ed il loro alto grado di addensamento hanno fatto sì che tutte le SPT effettuate sono andate a rifiuto, anche se superficiali.

6.3 PROVA PENETROMETRICA DPSH

La prova penetrometrica dinamica DPSH (Dynamic Probing Super Heavy) consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione. Viene registrato il numero di colpi necessari per l'infissione ogni 20 cm di affondamento. L'attrezzatura è composta da una batteria di aste lunghe 1 metro, con diametro di 32 mm, alla cui estremità inferiore è collegata una punta conica avente angolo di apertura di 60° e da un maglio battente di 63.5 kg che viene fatto cadere da un'altezza di 75 cm

59

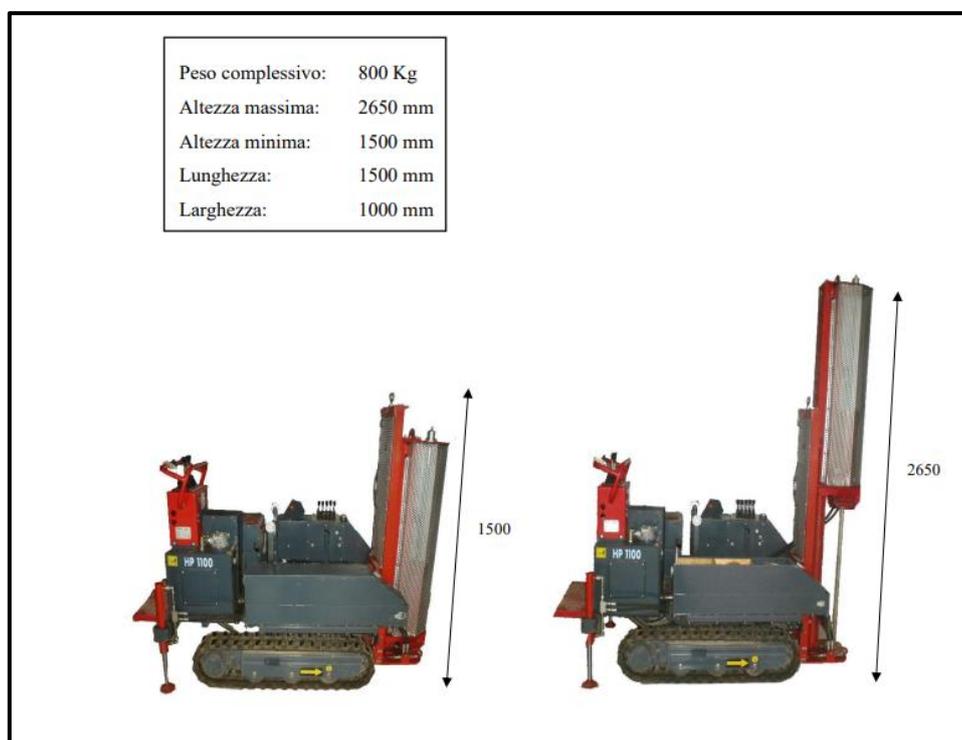


Figura 6.12 – Penetrometro DPSH

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente
------	----------------------	-------------------------	-----------------------------

			(m)
Leggero	DPL (Light)	$M < 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 < M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

Tabella 6.4 – Penetrometro DPSH

➤ Penetrometri in uso in Italia

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

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $d = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $d = 10$ cm, punta conica

($\alpha= 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $d=30$ cm, punta conica

($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27$ cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $d=20-30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

➤ Correlazione con N_{spt}

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

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

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

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

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

- M peso massa battente.
- M' peso aste.
- H altezza di caduta.
- A area base punta conica.
- d passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

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

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

Calcolo di (N 1)60

(N1)60 è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

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

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

- ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
 C_s parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
 C_d funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
 C_r parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

➤ Metodologia di Elaborazione e correlazioni effettuate

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della GeoStru Software. Gli autori presi come riferimento sono citati nelle tabelle inerenti alla prova e interessano la granulometria osservate nei sondaggi. I terreni sono stati trattati come incoerenti.

6.3.1 Risultati Prove Penetrometriche

In totale sono state effettuate 4 prove penetrometriche con l'obiettivo di caratterizzare geomeccanicamente gli orizzonti geologici-deposizionali presenti nel sottosuolo dell'area da indagare.

Le prove penetrometriche è stata spinte fino ad una certa profondità per poi andare a rifiuto.

Nome	Data	Profondità (m)	Lat.	Long.
Penetrometrica 1	20/12/2023	1.80	41.904943°	12.671453°
Penetrometrica 2	20/12/2023	3.00	41.904788°	12.670934°
Penetrometrica 3	20/12/2023	2.20	41.904749°	12.670714°
Penetrometrica 4	20/12/2023	1.60	41.904876°	12.670618°

Tabella 6.5 – Indagini Penetrometriche DPSH

➤ **DPSH_1**

Di seguito viene riportata la foto della prova DPSH_1



Figura 6.13– Foto di campo delle Indagini Penetrometriche DPSH_1

In tabella 6.6 sono mostrati il numero di colpi per la DPSH_1, e successivamente i parametri geomeccanici stimati; la penetrometrica si è spinta fino ad una profondità 1.80 m. per poi andare a rifiuto. In figura 6.14 i risultati della prova in forma grafica, dalla quale risulta:

- (0.00 – 1.20) – **Riporto**
- (1.20 – 1.80) – **Limo sabbioso**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 1
 Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: COMUNE DI ROMA
 Descrizione:
 Località: VIA MONSIGNOR PIETRO ORSI

Scala 1:50

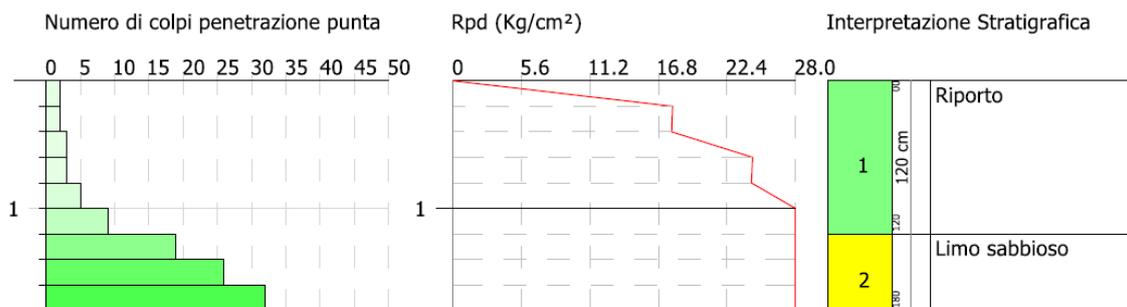


Figura 6.14– Stratigrafia risultante dai dati geotecnici ottenuti.

PROVA ...DPSH 1

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 22-01-2024
 Profondità prova 1.80 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.00 - 1.20					Riporto	
1.20 - 1.80					Limo sabbioso	

						(Kg/cm ²)	
0.20	2	0.855	17.96	21.01	1.80	2.10	
0.40	2	0.851	17.88	21.01	1.79	2.10	
0.60	3	0.847	24.50	28.93	2.45	2.89	
0.80	3	0.843	24.40	28.93	2.44	2.89	
1.00	5	0.840	40.49	48.22	4.05	4.82	
1.20	9	0.836	72.58	86.79	7.26	8.68	
1.40	19	0.783	143.44	183.23	14.34	18.32	
1.60	26	0.730	169.02	231.68	16.90	23.17	
1.80	32	0.676	192.85	285.15	19.29	28.51	

Tabella 6.6 – Tabella colpi DPSH_1

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlazione con Nspt	NSPT	Descrizione
1.2	4	39.15	Incoerente	0	1.58	1.89	0.09	1.47	5.88	Riporto
1.8	25.67	233.35	Incoerente - coesivo	0	0.0	0.0	0.19	1.47	37.73	Limo sabbioso

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH 1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Schmertmann 1975	De Beer
[2] - Limo sabbioso	37.73	1.80	2.55	3.76	4.72

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[2] - Limo sabbioso	37.73	1.80	Robertson (1983)	75.46

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner
[2] - Limo sabbioso	37.73	1.80	386.62

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze
[2] - Limo sabbioso	37.73	1.80	413.50

68

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] - Limo sabbioso	37.73	1.80	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[2] - Limo sabbioso	37.73	1.80	Meyerhof	2.40

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[2] - Limo sabbioso	37.73	1.80	Meyerhof	2.50

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Skempton 1986
[1] - Riporto	5.88	1.20	28.11	23.14
[2] - Limo sabbioso	37.73	1.80	70.25	70.52

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Meyerhof (1965)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)
[1] - Riporto	5.88	1.20	5.88	32.04	24.39
[2] - Limo sabbioso	37.73	1.80	37.73	41.13	38.79

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Schmertmann (1978) (Sabbie)
[1] - Riporto	5.88	1.20	5.88	47.04
[2] - Limo sabbioso	37.73	1.80	37.73	301.84

 Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)
[1] - Riporto	5.88	1.20	5.88	39.54
[2] - Limo sabbioso	37.73	1.80	37.73	104.96

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Riporto	5.88	1.20	5.88	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Limo sabbioso	37.73	1.80	37.73	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Riporto	5.88	1.20	5.88	Terzaghi-Peck 1948	1.42
[2] - Limo sabbioso	37.73	1.80	37.73	Terzaghi-Peck 1948	1.77

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Riporto	5.88	1.20	5.88	Terzaghi-Peck 1948	1.89
[2] - Limo sabbioso	37.73	1.80	37.73	Terzaghi-Peck 1948	2.10

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Riporto	5.88	1.20	5.88	(A.G.I.)	0.34
[2] - Limo	37.73	1.80	37.73	(A.G.I.)	0.28

sabbioso					
----------	--	--	--	--	--

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Riporto	5.88	1.20	5.88	368.98
[2] - Limo sabbioso	37.73	1.80	37.73	1148.86

Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	K0
[1] - Riporto	5.88	1.20	5.88	5.88
[2] - Limo sabbioso	37.73	1.80	37.73	37.73

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Riporto	5.88	1.20	5.88	5.88
[2] - Limo sabbioso	37.73	1.80	37.73	37.73

➤ DPSH_2

Di seguito viene riportata la foto della prova DPSH_2

71



Figura 6.15– Foto di campo delle Indagini Penetrometriche DPSH_2

In tabella 6.7 sono mostrati il numero di colpi per la DPSH_2, e successivamente i parametri geomeccanici stimati; la penetrometrica si è spinta fino ad una profondità di 3.00 m. per poi andare a rifiuto.

In figura 6.16 i risultati della prova in forma grafica, dalla quale risulta:

- (0.00 – 2.00) – **Riporto**;
- (2.00 – 3.00) – **Limo sabbioso**;

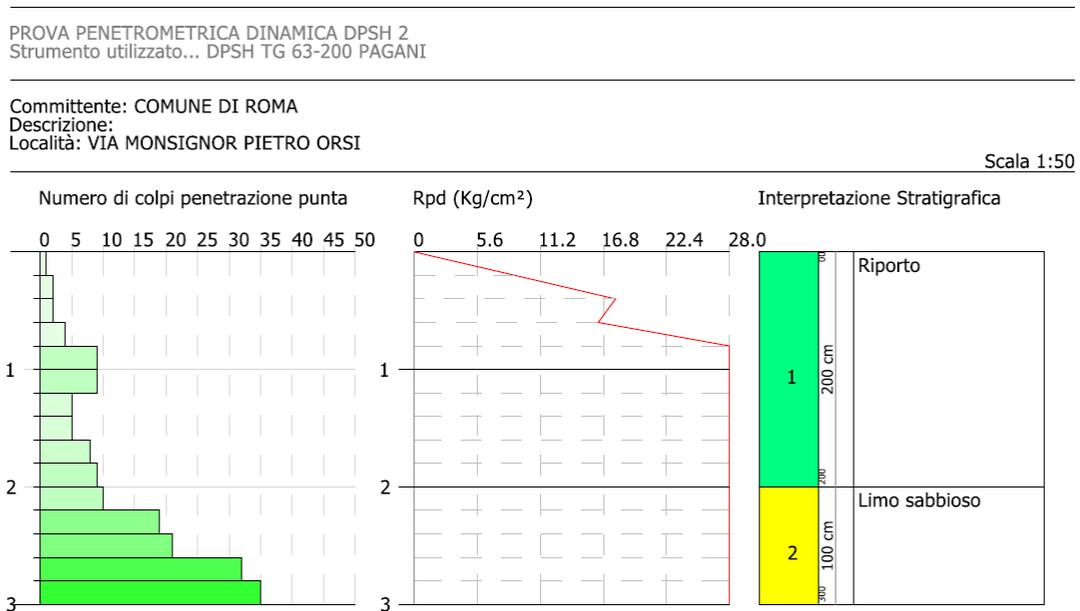


Figura 6.16– Stratigrafia risultante dai dati geotecnici ottenuti

PROVA ...DPSH 2

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 22-01-2024
 Profondità prova 3.00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	1	0.855	8.98	10.51	0.90	1.05
0.40	2	0.851	17.88	21.01	1.79	2.10
0.60	2	0.847	16.34	19.29	1.63	1.93
0.80	4	0.843	32.53	38.57	3.25	3.86
1.00	9	0.840	72.88	86.79	7.29	8.68
1.20	9	0.836	72.58	86.79	7.26	8.68
1.40	5	0.833	40.16	48.22	4.02	4.82
1.60	5	0.830	36.96	44.55	3.70	4.46
1.80	8	0.826	58.91	71.29	5.89	7.13
2.00	9	0.823	66.02	80.20	6.60	8.02
2.20	10	0.820	73.08	89.11	7.31	8.91
2.40	19	0.767	129.88	169.31	12.99	16.93
2.60	21	0.714	124.22	173.92	12.42	17.39
2.80	32	0.661	175.29	265.01	17.53	26.50
3.00	35	0.659	190.92	289.86	19.09	28.99

Tabella 6.7 – Tabella colpi DPSH_2

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2	5.4	50.72	Incoerente	0	1.66	1.91	0.17	1.47	7.94	Riporto
3	23.4	197.44	Incoerente - coesivo	0	0.0	0.0	0.33	1.47	34.4	Limo sabbioso

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH 2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	U.S.D.M.S.M
[2] - Limo sabbioso	34.4	3.00	2.32	1.27

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[2] - Limo sabbioso	34.4	3.00	Robertson (1983)	68.80

74

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner
[2] - Limo sabbioso	34.4	3.00	352.65

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze
[2] - Limo sabbioso	34.4	3.00	375.20

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] - Limo sabbioso	34.4	3.00	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[2] - Limo sabbioso	34.4	3.00	Meyerhof	2.26

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[2] - Limo sabbioso	34.4	3.00	Meyerhof	2.50

TERRENI INCOERENTI
Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Skempton 1986
[1] - Riporto	7.94	2.00	32.64	28.26
[2] - Limo sabbioso	34.4	3.00	63.9	67.67

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza	Malcev (1964)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD)

			falda		BRIDGE SPECIFICATI ON)
[1] - Riporto	7.94	2.00	7.94	32.26	25.91
[2] - Limo sabbioso	34.4	3.00	34.4	33.13	37.72

75

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Schmertmann (1978) (Sabbie)
[1] - Riporto	7.94	2.00	7.94	63.52
[2] - Limo sabbioso	34.4	3.00	34.4	275.20

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Riporto	7.94	2.00	7.94	43.77	56.37	73.41
[2] - Limo sabbioso	34.4	3.00	34.4	98.12	244.24	191.42

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Riporto	7.94	2.00	7.94	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Limo sabbioso	34.4	3.00	34.4	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Riporto	7.94	2.00	7.94	Terzaghi-Peck 1948	1.45
[2] - Limo sabbioso	34.4	3.00	34.4	Terzaghi-Peck 1948	1.74

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Riporto	7.94	2.00	7.94	Terzaghi-Peck 1948	1.90
[2] - Limo sabbioso	34.4	3.00	34.4	Terzaghi-Peck 1948	2.08

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Riporto	7.94	2.00	7.94	(A.G.I.)	0.34
[2] - Limo sabbioso	34.4	3.00	34.4	(A.G.I.)	0.29

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Riporto	7.94	2.00	7.94	443.30
[2] - Limo sabbioso	34.4	3.00	34.4	1085.79

Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	K0
[1] - Riporto	7.94	2.00	7.94	7.94
[2] - Limo sabbioso	34.4	3.00	34.4	34.40

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Riporto	7.94	2.00	7.94	7.94
[2] - Limo sabbioso	34.4	3.00	34.4	34.40

➤ **DPSH_3**

Di seguito viene riportata la foto della prova DPSH_3

77



Figura 6.17– Foto di campo delle Indagini Penetrometriche DPSH_3

In tabella 6.8 sono mostrati il numero di colpi per la DPSH_2, e successivamente i parametri geomeccanici stimati; la penetrometrica si è spinta fino ad una profondità di 2.20 m. per poi andare a rifiuto.

78

In figura 6.18 i risultati della prova in forma grafica, dalla quale risulta:

- (0.00 – 1.60) – **Riporto;**
- (1.60 – 2.20) – **Limo sabbioso;**
-

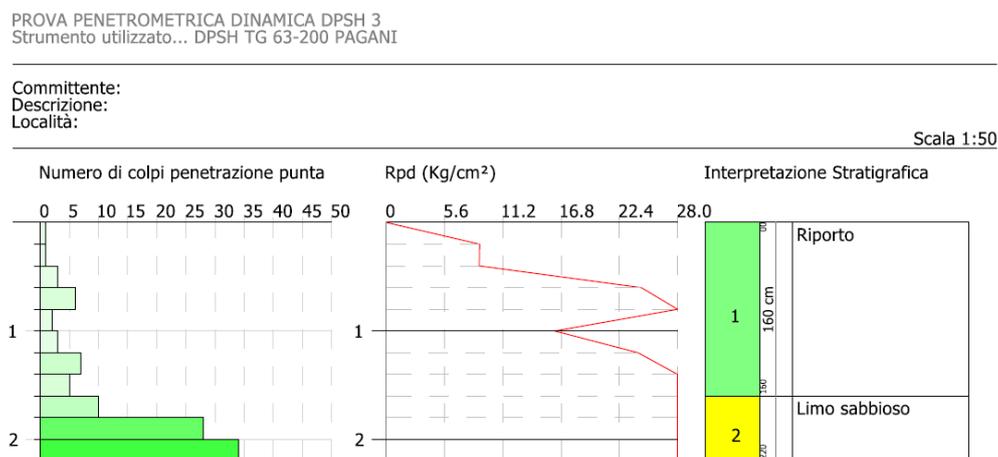


Figura 6.18– Foto di campo delle Indagini Penetrometriche DPSH_1

PROVA DPSH 3

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 22-01-2024

Profondità prova 2.20 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione	Res. dinamica ridotta	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione	Pres. ammissibile Herminier -
0.00 - 1.60	~10					
1.60 - 2.20	~30					

		sonda Chi	(Kg/cm ²)		Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	1	0.855	8.98	10.51	0.90	1.05
0.40	1	0.851	8.94	10.51	0.89	1.05
0.60	3	0.847	24.50	28.93	2.45	2.89
0.80	6	0.843	48.80	57.86	4.88	5.79
1.00	2	0.840	16.20	19.29	1.62	1.93
1.20	3	0.836	24.19	28.93	2.42	2.89
1.40	7	0.833	56.22	67.50	5.62	6.75
1.60	5	0.830	36.96	44.55	3.70	4.46
1.80	10	0.826	73.63	89.11	7.36	8.91
2.00	28	0.723	180.44	249.50	18.04	24.95
2.20	34	0.670	203.03	302.97	20.30	30.30

Tabella 6.8 – Tabella colpi DPSH_3

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlazione con Nspt	NSPT	Descrizione
1.6	3.5	33.51	Incoerente	0	1.54	1.89	0.12	1.47	5.14	Riporto
2.2	24	213.86	Incoerente - coesivo	0	0.0	0.0	0.25	1.47	35.28	Limosabbioso

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH 3

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Terzaghi-Peck (1948)	Schmertmann 1975	De Beer
[2] - Limo sabbioso	35.28	2.20	2.38	0.00	3.52	4.41

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[2] - Limo sabbioso	35.28	2.20	Robertson (1983)	70.56

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner
[2] - Limo sabbioso	35.28	2.20	161.87	361.63

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze
[2] - Limo sabbioso	35.28	2.20	385.32

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] - Limo sabbioso	35.28	2.20	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[2] - Limo sabbioso	35.28	2.20	Meyerhof	2.29

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[2] - Limo sabbioso	35.28	2.20	Meyerhof	2.50

TERRENI INCOERENTI
Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Skempton 1986
[1] - Riporto	5.14	1.60	24.94	21.21
[2] - Limo sabbioso	35.28	2.20	66.77	68.45

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Meyerhof (1965)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATIO N)
[1] - Riporto	5.14	1.60	5.14	31.73	23.78
[2] - Limo sabbioso	35.28	2.20	35.28	40.72	38

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Schmertmann (1978) (Sabbie)
[1] - Riporto	5.14	1.60	5.14	41.12
[2] - Limo sabbioso	35.28	2.20	35.28	282.24

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)
[1] - Riporto	5.14	1.60	5.14	38.02
[2] - Limo sabbioso	35.28	2.20	35.28	99.93

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Riporto	5.14	1.60	5.14	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Limo sabbioso	35.28	2.20	35.28	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Riporto	5.14	1.60	5.14	Terzaghi-Peck 1948	1.41
[2] - Limo sabbioso	35.28	2.20	35.28	Terzaghi-Peck 1948	1.75

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Riporto	5.14	1.60	5.14	Terzaghi-Peck 1948	1.88
[2] - Limo sabbioso	35.28	2.20	35.28	Terzaghi-Peck 1948	2.09

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Riporto	5.14	1.60	5.14	(A.G.I.)	0.34
[2] - Limo sabbioso	35.28	2.20	35.28	(A.G.I.)	0.28

 Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Riporto	5.14	1.60	5.14	339.87
[2] - Limo sabbioso	35.28	2.20	35.28	1102.68

Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Riporto	5.14	1.60	5.14		5.14
[2] - Limo sabbioso	35.28	2.20	35.28		35.28

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Riporto	5.14	1.60	5.14		5.14
[2] - Limo sabbioso	35.28	2.20	35.28		35.28

➤ **DPSH_4**

Di seguito viene riportata la foto della prova DPSH_4



Figura 6.19– Foto di campo delle Indagini Penetrometriche DPSH_1

In tabella 6.9 sono mostrati il numero di colpi per la DPSH_4, e successivamente i parametri geomeccanici stimati; la penetrometrica si è spinta fino ad una profondità di 2.20 m. per poi andare a rifiuto.

In figura 6.20 i risultati della prova in forma grafica, dalla quale risulta:

- (0.00 – 1.60) – **Riporto**;
- (1.60 – 1.80) – **Limo sabbioso**;

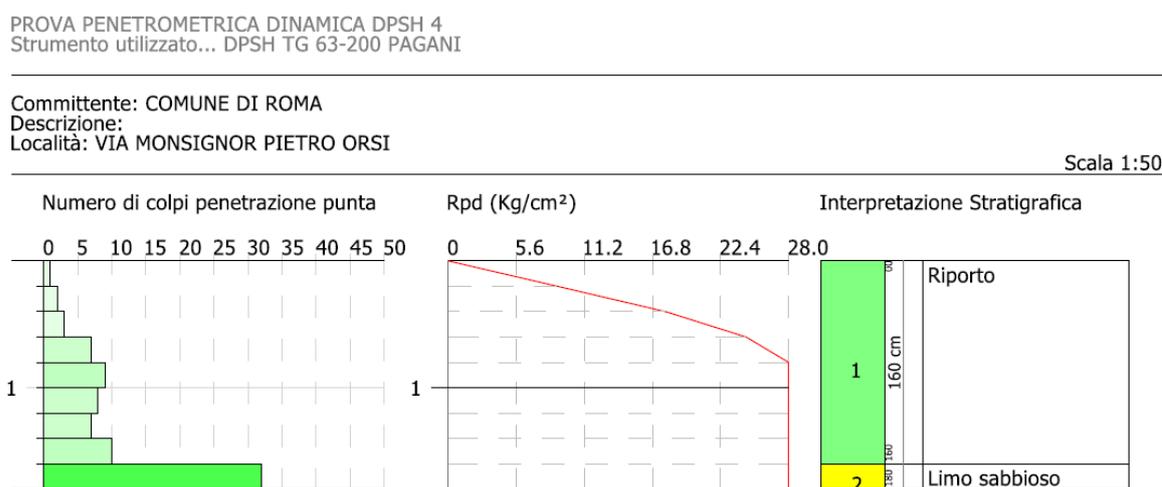


Figura 6.20– Foto di campo delle Indagini Penetrometriche DPSH_1

PROVA DPSH 4

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 22-01-2024
Profondità prova 1.80 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff.	Res. dinamica	Res. dinamica	Pres. ammissibile	Pres. ammissibile
0.00 - 1.60	1					
1.60 - 1.80	2					

		riduzione sonda Chi	ridotta (Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	1	0.855	8.98	10.51	0.90	1.05
0.40	2	0.851	17.88	21.01	1.79	2.10
0.60	3	0.847	24.50	28.93	2.45	2.89
0.80	7	0.843	56.93	67.50	5.69	6.75
1.00	9	0.840	72.88	86.79	7.29	8.68
1.20	8	0.836	64.52	77.15	6.45	7.71
1.40	7	0.833	56.22	67.50	5.62	6.75
1.60	10	0.830	73.92	89.11	7.39	8.91
1.80	32	0.676	192.85	285.15	19.29	28.51

Tabella 6.9 – Tabella colpi DPSH_4

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlazione con Nspt	NSPT	Descrizione
1.6	5.88	56.06	Incoerente	0	1.68	1.91	0.13	1.47	8.64	Riporto
1.8	32	285.15	Incoerente - coesivo	0	0.0	0.0	0.27	1.47	47.04	Limo sabbioso

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH 4

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Schmertmann 1975	De Beer
[2] - Limo sabbioso	47.04	1.80	3.18	4.70	5.88

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[2] - Limo sabbioso	47.04	1.80	Robertson (1983)	94.08

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner

[2] - Limo sabbioso	47.04	1.80	215.82	481.57
---------------------	-------	------	--------	--------

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze
[2] - Limo sabbioso	47.04	1.80	520.56

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] - Limo sabbioso	47.04	1.80	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[2] - Limo sabbioso	47.04	1.80	Meyerhof	2.50

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[2] - Limo sabbioso	47.04	1.80	Meyerhof	2.50

TERRENI INCOERENTI
Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Skempton 1986
[1] - Riporto	8.64	1.60	35.08	29.91
[2] - Limo sabbioso	47.04	1.80	74.51	77.93

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Meyerhof (1965)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATIO N)
[1] - Riporto	8.64	1.60	8.64	33.15	26.38
[2] - Limo sabbioso	47.04	1.80	47.04	42.26	41.56

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Schmertmann (1978) (Sabbie)
[1] - Riporto	8.64	1.60	8.64	69.12
[2] - Limo sabbioso	47.04	1.80	47.04	376.32

87

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)
[1] - Riporto	8.64	1.60	8.64	45.21
[2] - Limo sabbioso	47.04	1.80	47.04	124.09

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Riporto	8.64	1.60	8.64	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Limo sabbioso	47.04	1.80	47.04	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Riporto	8.64	1.60	8.64	Terzaghi-Peck 1948	1.46
[2] - Limo sabbioso	47.04	1.80	47.04	Terzaghi-Peck 1948	1.83

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Riporto	8.64	1.60	8.64	Terzaghi-Peck 1948	1.91
[2] - Limo sabbioso	47.04	1.80	47.04	Terzaghi-Peck 1948	2.14

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza	Correlazione	Poisson
--	------	------------------	----------------------------	--------------	---------

			falda		
[1] - Riporto	8.64	1.60	8.64	(A.G.I.)	0.34
[2] - Limo sabbioso	47.04	1.80	47.04	(A.G.I.)	0.26

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Riporto	8.64	1.60	8.64	466.79
[2] - Limo sabbioso	47.04	1.80	47.04	1314.58

Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	K0
[1] - Riporto	8.64	1.60	8.64	8.64
[2] - Limo sabbioso	47.04	1.80	47.04	47.04

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Riporto	8.64	1.60	8.64	8.64
[2] - Limo sabbioso	47.04	1.80	47.04	47.04

6.4 CAMPIONE INDISTURBATO

Le prove di laboratorio sono state effettuate dal laboratorio certificato ILAG s.r.l. con sede presso Via Terracina 169/d, Napoli. I campioni analizzati risultano essere 4 indisturbati e 2 campioni litoidi (rimaneggiati) come visibile dalla Tabella 6.4:

89

ROMA - VIA ORSI			
S1	Profondità (m)	INDISTURBATI	LITOIDE (Rimm.)
		CAMPIONE 1	CAMPIONE 2
		C.I. 1_S1	C.L. 2_S1
		2.00 - 2.30	13.80-14.30
	Litologia	Limo Sabbisoo	Tufo Litoide
	Ubicazione	Lat. 41.904945° Long. 12.671386°	
Falda	Non Rilevata		
S2_PZ	Profondità (m)	INDISTURBATI	LITOIDE (Rimm.)
		CAMPIONE 1	CAMPIONE 2
		C.I. 1_S2PZ	C.L. 2_S2PZ
		3.00 - 3.40	18.50 - 19.00
	Litologia	Limo Sabbioso	Lava Compatta
	Ubicazione	Lat. 41.904823° Long. 12.670913°	
Falda	Non Rilevata		
S3	Profondità (m)	INDISTURBATI	
		CAMPIONE 1	CAMPIONE 2
		C.I. 1_S2	C.I. 2_S2
		1.50 - 1.80	10.50 - 11.00
	Litologia	Limo Sabbioso	Cappellaccio Tufaceo
	Ubicazione	Lat. 41.904788° Long. 12.670426°	
Falda	Non Rilevata		

Tabella 6.4 – Ubicazione campioni Via Monsignor Pietro Orsi – Roma (RM)

Le prove di laboratorio che sono state eseguite vengono riassunte nella seguente tabella:

Campione	Prof. (m)	Caratt. fisiche generali	Analisi granul. Sed+stacc	Prova di taglio diretto	Prova Tx CID	Prova Edometrica
S1 - C1	2.00:2.30	X	X	X	-	X
S2_Pz- C1	3.00:3.40	X	X	-	X	X
S3 - C1	4.50:4.80	X	X	-	-	X
S3 - C2	10.50:11.00	X	X	-	-	-

Tabella 6.5 – Prove di laboratorio effettuate sui campioni

➤ C.I. S1_PZ

I Campioni prelevati sono mostrati in *Figura 6.12*, precisamente un campione indisturbato (2.0/2.30 m) ed un campione litoide (13.8/14.3):

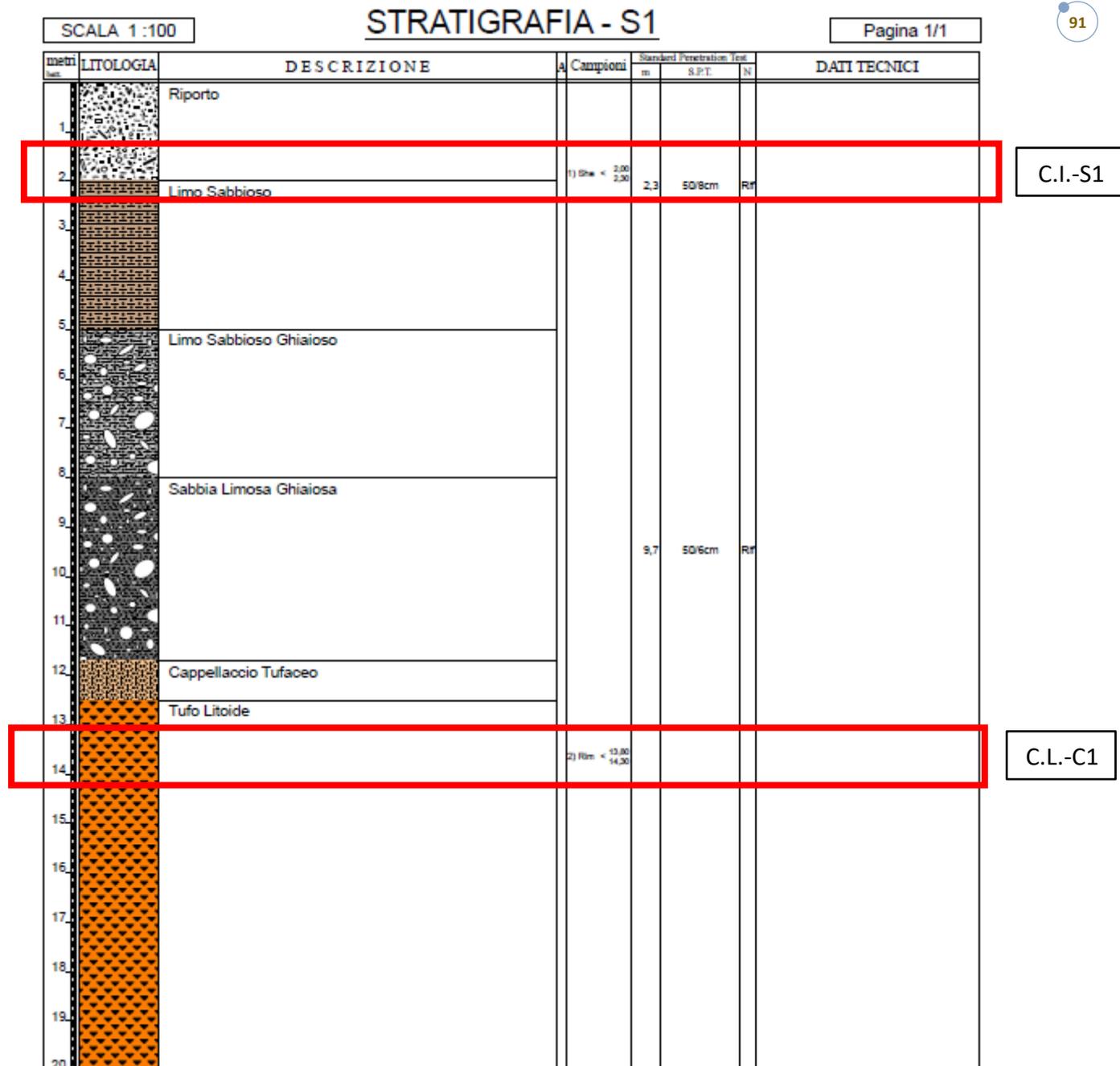


Figura 6.21 – Ubicazione Campione S1

➤ C1 S1

La descrizione del campione all'apertura della fustella, risulta essere:

“Sabbia limosa di colore marrone. Presenti inclusi lapidei millimetrici e numerose tracce biancastre di sericite. Qualche traccia nerastra di sostanza organica. Mediamente addensata. Umida”.

92

- Apertura campione:

	Campione C1-S1_PZ
Plasticità	Non plastico
Addensamento	Mediamente addensato
Grado di Umidità	Umido
Alterazione	Assente
Reazione con HCL	Nulla
Struttura	Massiva
Fratturazione	Assente
Cementazione	Assente

Tabella 6.8 – Apertura Campione.

- Caratteristiche fisiche generali:

	Campione C1-S1_PZ
Peso specifico dei grani medio (kN/m ³)	25.91
Contenuto d'acqua	0.247
Peso dell'unità di volume umido (kN/m ³)	15.27

Peso dell'unità di volume secco (kN/m^3)	12.25
Porosità	0.527
Indice di porosità	1.116
Grado di saturazione	0.573

Tabella 6.9 – Caratteristiche fisiche generali.

- Analisi Granulometrica per setacciatura e sedimentazione:

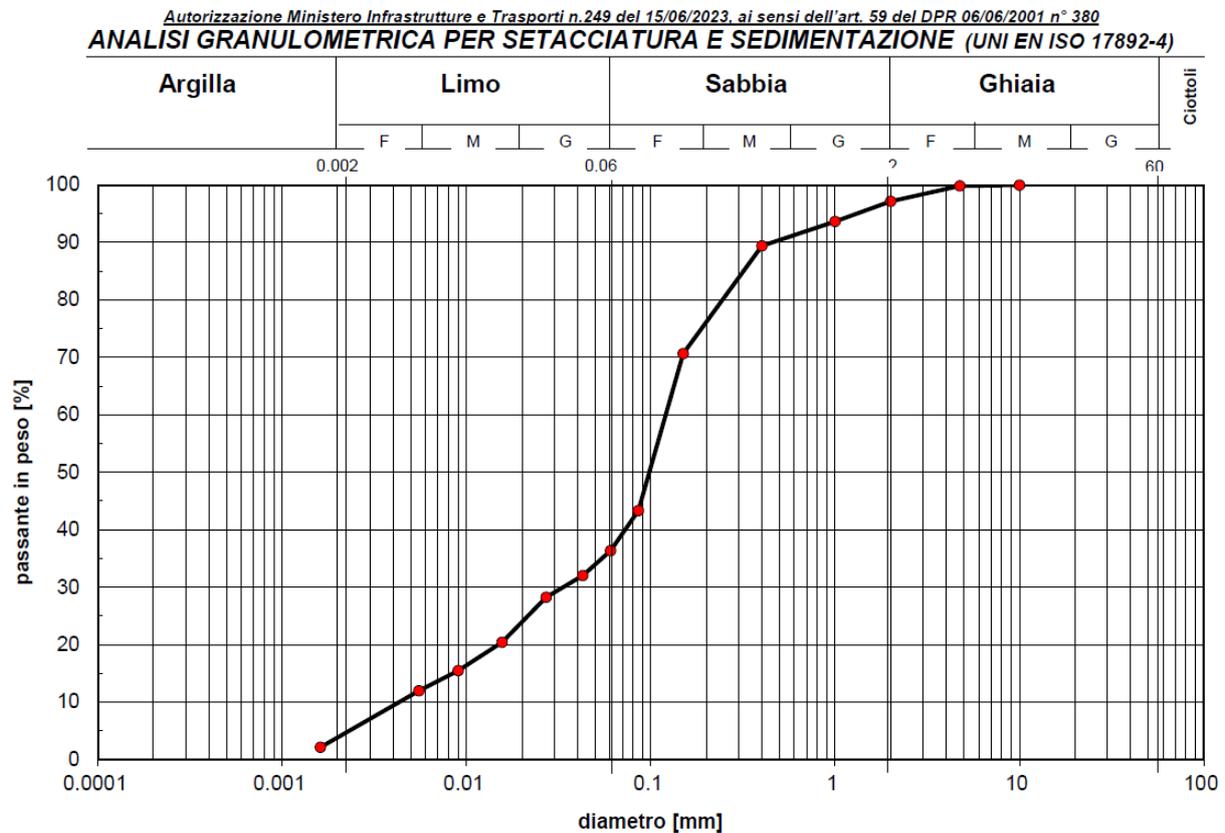


Figura 6.22 – Curva Granulometrica.

Argilla (%)	3.11
Limo (%)	33.13
Sabbia (%)	60.95
Ghiaia (%)	2.81

Tabella 6.10 – Percentuali delle frazioni granulometriche presenti.

Classificazione: **Sabbia limosa**

- Prova di compressione edometrica

Intervallo di carico tra: 78 e 147 kPa	M = 3.6MPa
Intervallo di carico tra: 147 e 294 kPa	M = 6.3 MPa
Intervallo di carico tra: 294 e 588 kPa	M = 10.5 MPa
Intervallo di carico tra: 588 e 1176 kPa	M = 19.9 MPa
Intervallo di carico tra: 1176 e 2451 kPa	-

Tabella 6.11– Prova di compressione edometrica

94

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5): diagramma $e - \log \sigma'_v$

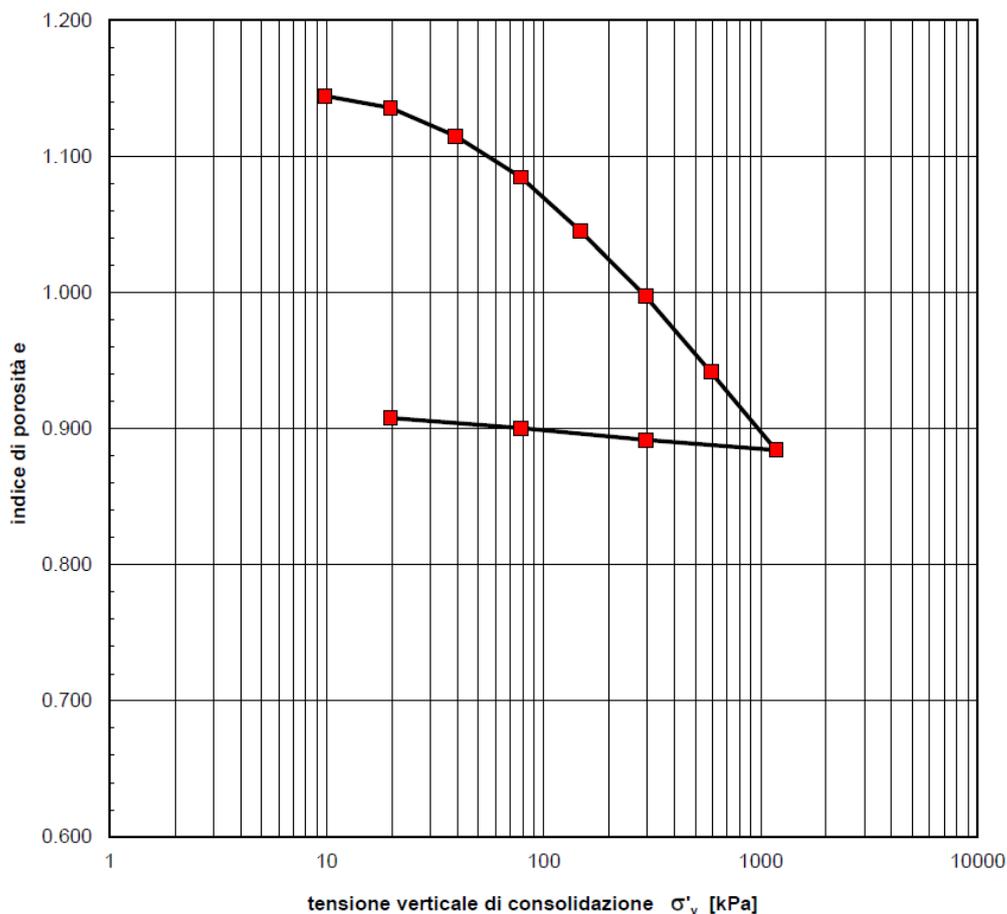


Figura 6.23 – Grafico prova di compressione edometrica

- Prova di taglio diretto

Angolo di attrito efficace	42°
Coesione efficace	11 kPa

Diagramma sperimentale $\tau - \delta$

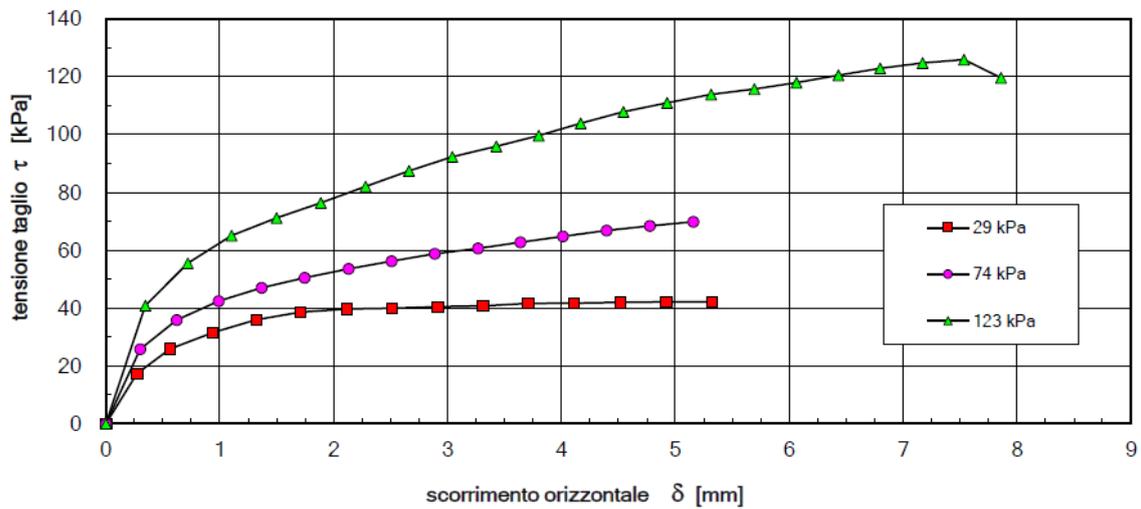


Diagramma sperimentale $\Delta h - \delta$

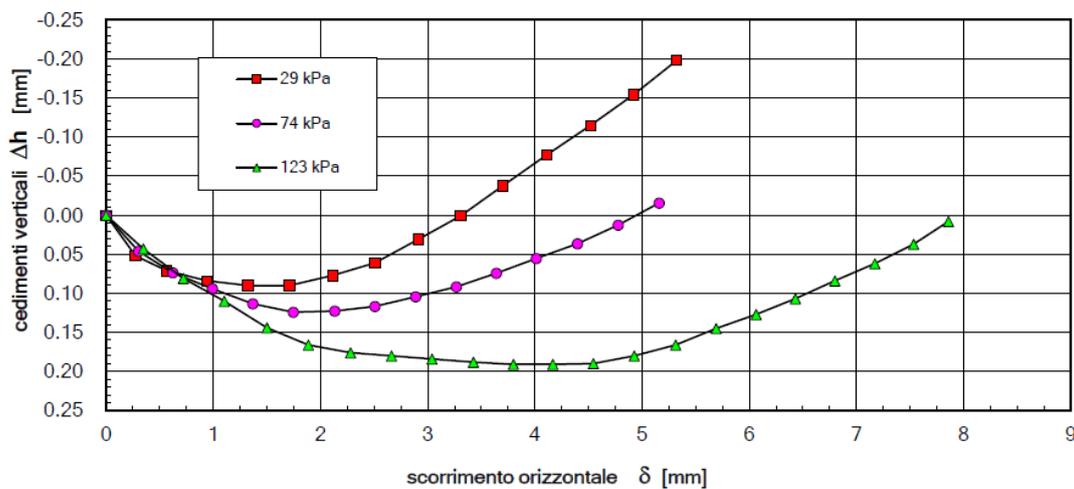


Figura 6.24 – Prova di taglio diretto

➤ C.I. S2_PZ

I Campioni prelevati sono mostrati in *Figura 6.X*, precisamente un campione indisturbato (3.0/3.40 m) ed un campione litoide (18.5/19):

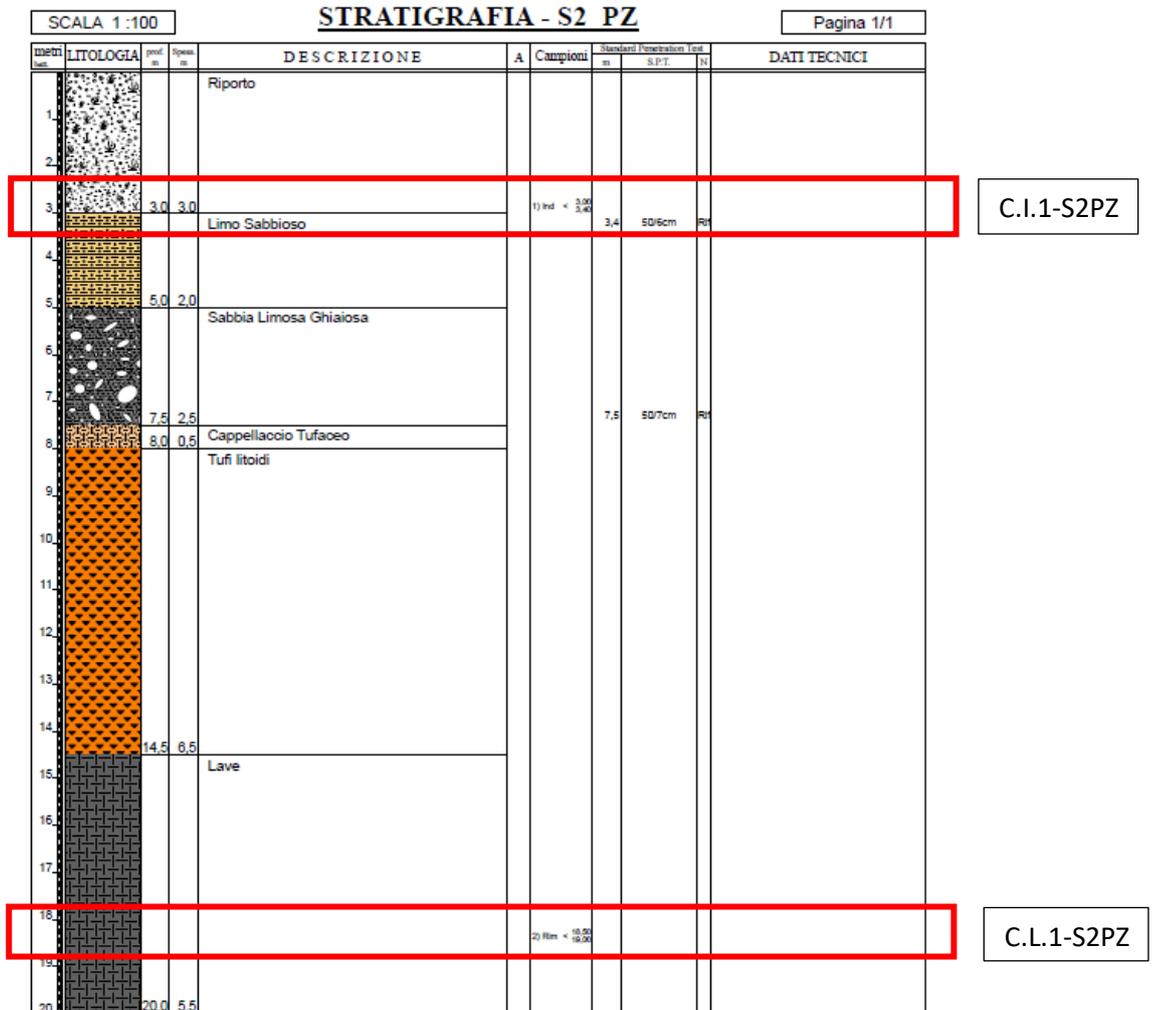


Figura 6.25 – Campioni prelevati lungo il sondaggio S2_PZ

➤ C1 S2_PZ

La descrizione del campione all'apertura della fustella, risulta essere:

“Campione non omogeneo. La parte superiore (10 cm) è costituita da una sabbia limosa di colore marrone, satura, poco addensata. La parte inferiore (20 cm) è costituita da una sabbia limosa debolmente ghiaiosa di colore marrone scuro, con numerose tracce biancastre di sericite, qualche macchia nerastra di sostanza organica e inclusi millimetrici. Mediamente addensata, umida.”

97

- Apertura campione:

	Campione C2-S1_PZ
Plasticità	Non plastico
Addensamento	Da poco (P.I.) a mediamente addensato (P.S.)
Grado di Umidità	Da umido (P.I.) a Saturo (P.S)
Alterazione	Assente
Reazione con HCL	Nulla
Struttura	Massiva
Fratturazione	Assente
Cementazione	Assente

Tabella 6.12 – Apertura Campione

- Caratteristiche fisiche generali:

	Campione C2-S1_PZ
Peso specifico dei grani medio (kN/m3)	25.89
Contenuto d'acqua	0.279
Peso dell'unità di volume umido (kN/m3)	15.93

Peso dell'unità di volume secco (kN/m ³)	12.45
Porosità	0.519
Indice di porosità	1.079
Grado di saturazione	0.670

Tabella 6.13 – Caratteristiche fisiche generali

- Analisi Granulometrica per setacciatura e sedimentazione:

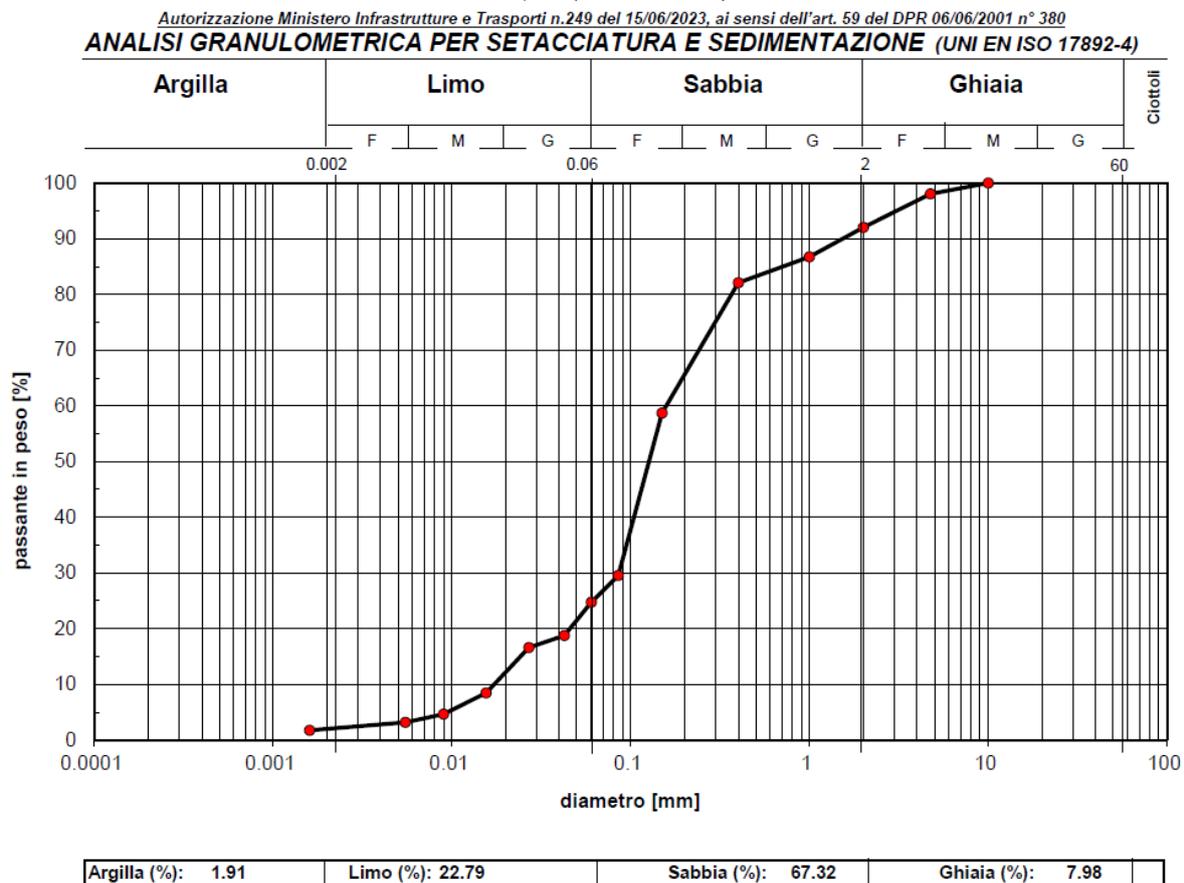


Figura 6.26 – Curva Granulometrica

Argilla (%)	1.91
Limo (%)	22.79
Sabbia (%)	67.32

Ghiaia (%)	7.98
-------------------	------

Tabella 6.14 – Percentuali delle frazioni granulometriche presenti

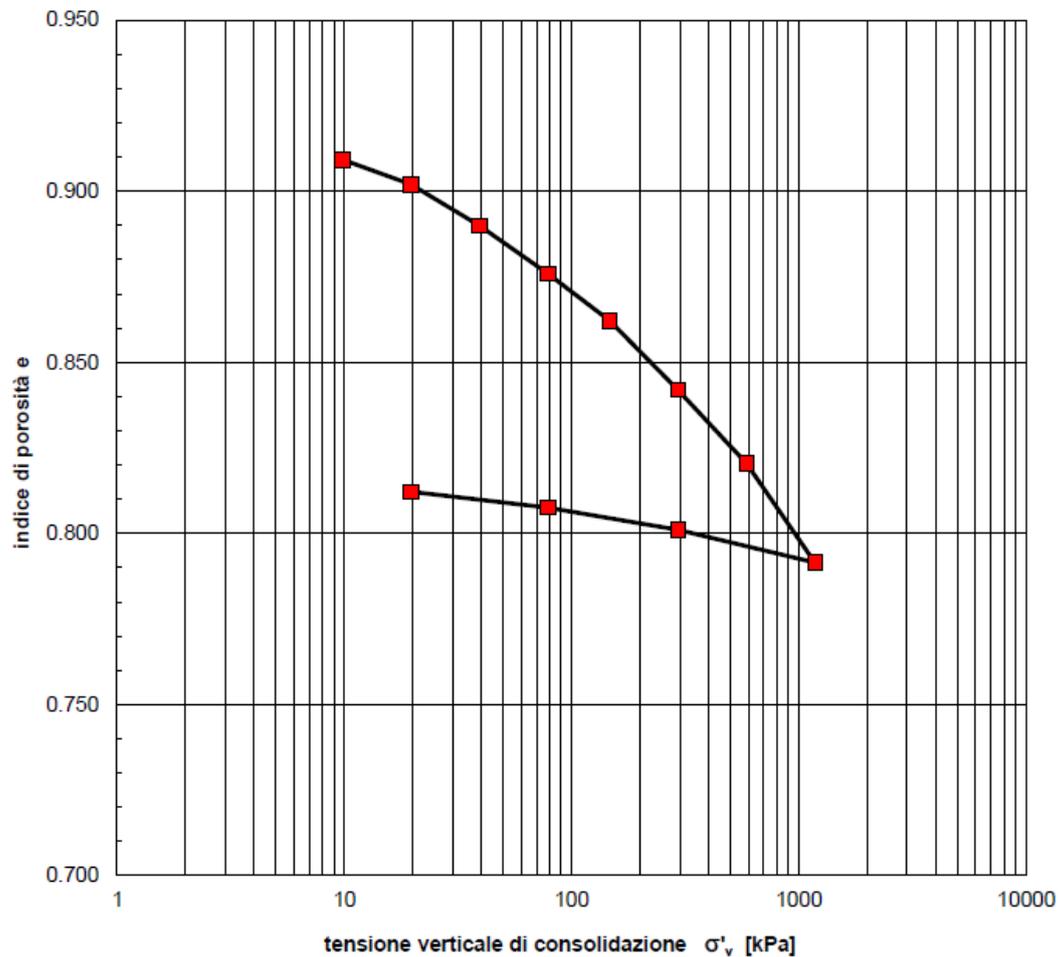
Classificazione: **Sabbia limosa debolmente ghiaiosa**

- Prova di compressione edometrica

Intervallo di carico tra: 78 e 147 kPa	M = 9.3 MPa
Intervallo di carico tra: 147 e 294 kPa	M = 13.5 MPa
Intervallo di carico tra: 294 e 588 kPa	M = 25.3 MPa
Intervallo di carico tra: 588 e 1176 kPa	M = 36.9 MPa
Intervallo di carico tra: 1176 e 2451 kPa	-

Tabella 6.14– Prova di compressione edometrica

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5): diagramma e - log σ'_v



- Prova triassiale C.D.:

Coesione efficace	16 kPa
Angolo di attrito efficace	40°

Prova di compressione triassiale tipo C.D. (UNI EN ISO 17892-9) : stress path

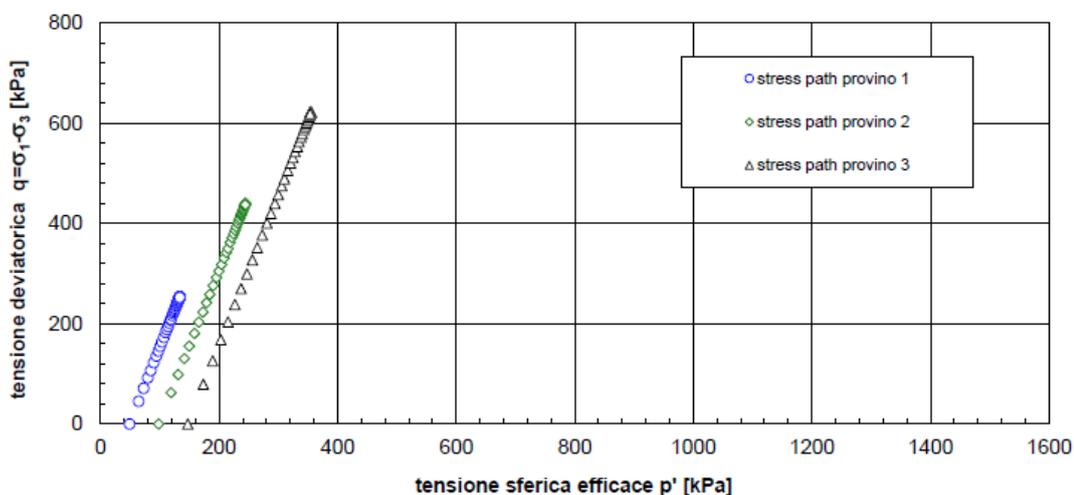
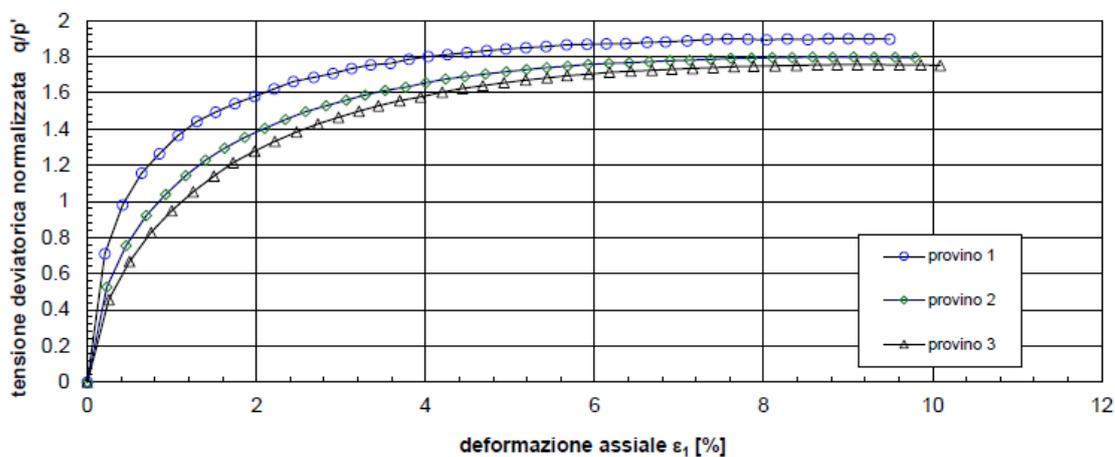


Figura 6.27 – Prova di compressione triassiale

➤ C.I. S3

I Campioni prelevati sono mostrati in *Figura 6.X*, precisamente due campioni indisturbati (1.5/1.8 e 10.5/11.0 m).

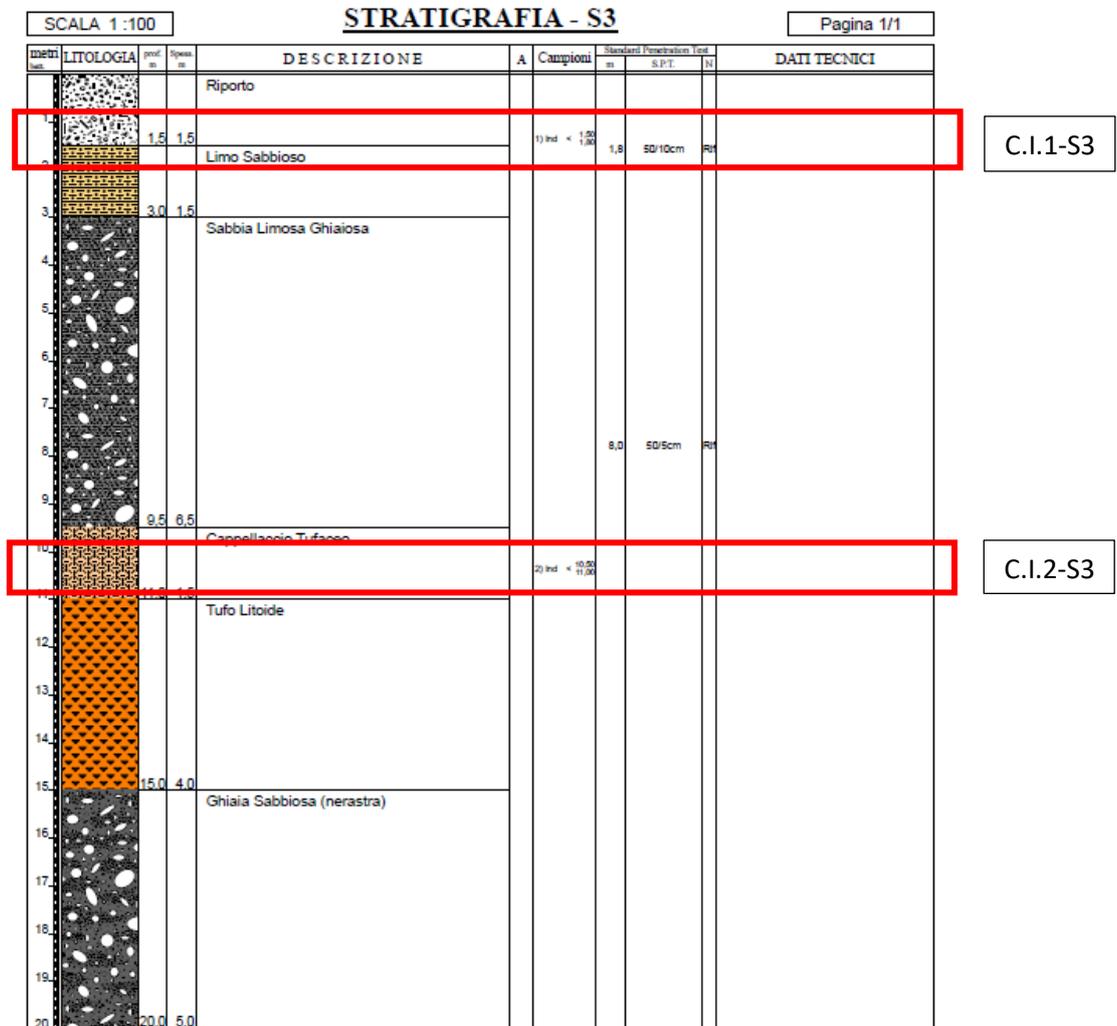


Figura 6.28 – Campioni prelevati lungo il sondaggio S3

➤ C1 S3

La descrizione del campione all'apertura della fustella, risulta essere:

“Sabbia limosa e ghiaiosa di colore marrone. Presenti inclusi lapidei e pomici alterate e disfatte. Mediamente addensata, umida. Qualche frustolo vegetale”.

103

• Apertura campione:

	Campione C3-S1_PZ
Plasticità	Non plastico
Addensamento	Mediamente addensato
Grado di Umidità	Umido
Alterazione	Assente
Reazione con HCL	Nulla
Struttura	Massiva
Fratturazione	Assente
Cementazione	Assente

Tabella 6.15 – Apertura Campione

• Caratteristiche fisiche generali:

	Campione C3-S1_PZ
Peso specifico dei grani medio (kN/m ³)	25.91
Contenuto d'acqua	0.287
Peso dell'unità di volume naturale (kN/m ³)	16.22
Peso dell'unità di volume secco (kN/m ³)	12.60
Porosità	0.514
Indice di porosità	1.056
Grado di saturazione	0.705

Tabella 6.16 – Caratteristiche fisiche generali

- Analisi Granulometrica per setacciatura e sedimentazione:

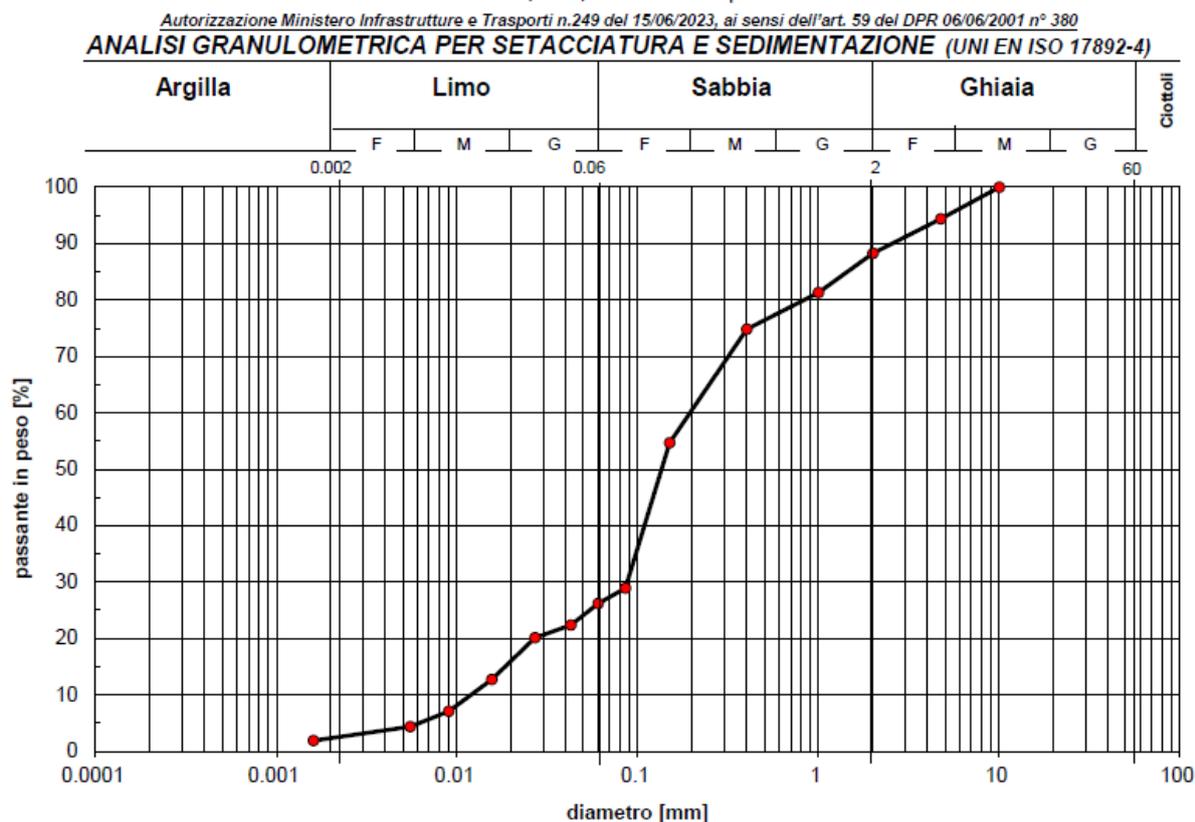


Figura 6.29 – Curva granulometrica

Argilla (%)	2.13
Limo (%)	24.04
Sabbia (%)	62.10
Ghiaia (%)	11.73

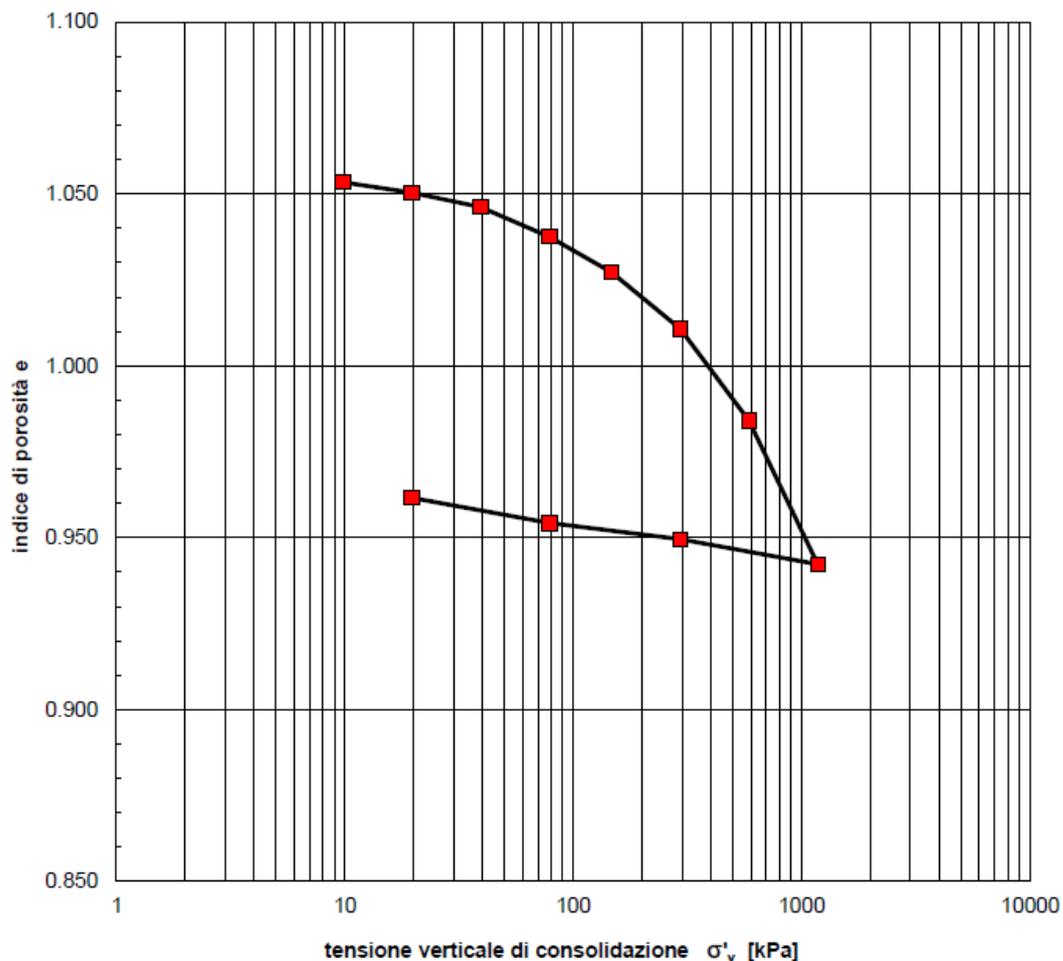
Tabella 6.17 – Percentuali delle frazioni granulometriche presenti

Classificazione: **Sabbia limosa e ghiaiosa**

- Prova di compressione edometrica

Intervallo di carico tra: 78 e 147 kPa	M = 13.5 MPa
Intervallo di carico tra: 147 e 294 kPa	M = 18.1 MPa
Intervallo di carico tra: 294 e 588 kPa	M = 22.1 MPa
Intervallo di carico tra: 588 e 1176 kPa	M = 28.0 MPa
Intervallo di carico tra: 1176 e 2451 kPa	-

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5): diagramma e - log σ'_v



➤ C2 S3

La descrizione del campione all'apertura della fustella, risulta essere:

“Campione a struttura caotica costituito da una matrice sabbio-limosa di colore marrone-rossiccio, in cui sono presente numerosi inclusi lapidei, talora con diametro=diametro carotiere, a volte disfatte in piccole scaglie. Umido. Tracce nerastre di stanza organica. Non è stato possibile prelevare provini per prove fisico-meccaniche causa abbondanza di inclusi”.

106

• Apertura campione:

	Campione C4-S1_PZ
Plasticità	Non plastico
Addensamento	Addensato
Grado di Umidità	Umido
Alterazione	Assente
Reazione con HCL	Nulla
Struttura	Caotica
Fratturazione	Assente
Cementazione	Assente

Tabella 6.20 – Prova triassiale

• Caratteristiche fisiche generali:

	Campione S1-C4
Peso specifico dei grani medio (kN/m ³)	25.99
Contenuto d'acqua	0.367
Peso dell'unità di volume umido naturale (kN/m ³)	-
Peso dell'unità di volume secco (kN/m ³)	-
Porosità	-
Indice di porosità	-

Grado di saturazione	-
----------------------	---

Tabella 6.21 – Prova triassiale

- Analisi Granulometrica per setacciatura e sedimentazione:

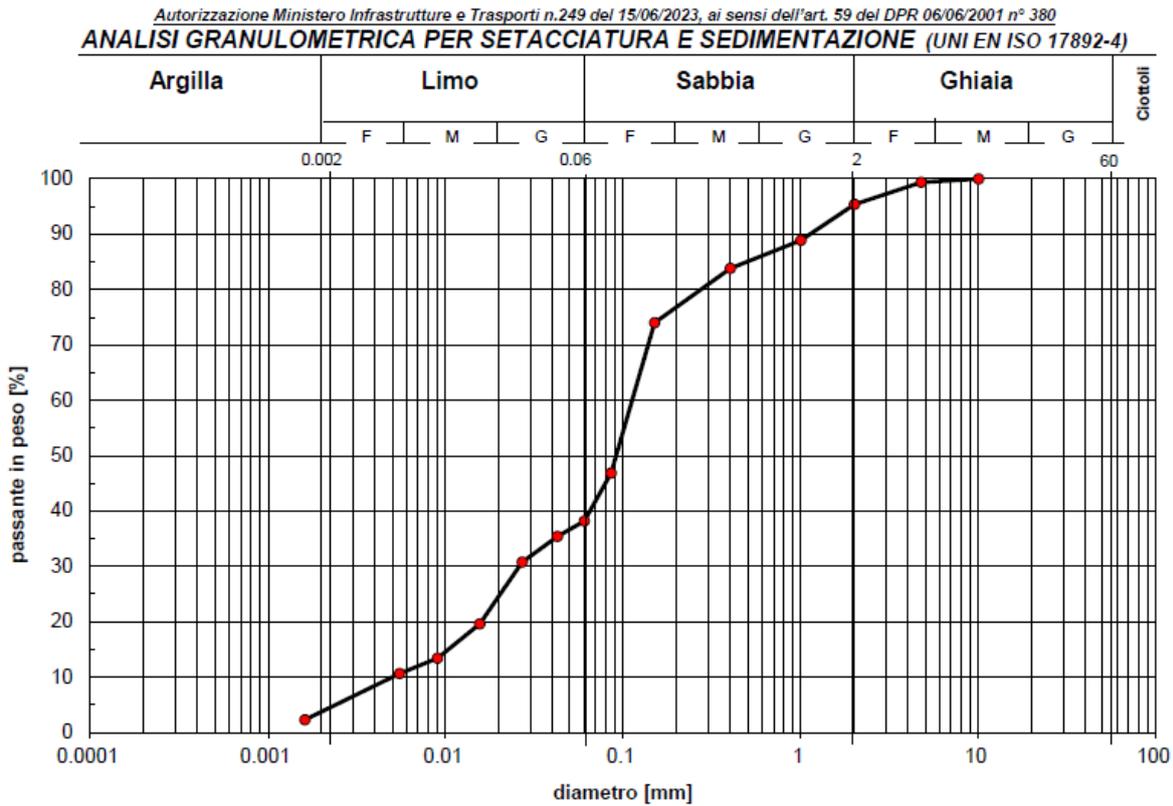


Figura 6.19 – Curva granulometrica

Argilla (%)	3.11
Limo (%)	34.98
Sabbia (%)	57.31
Ghiaia (%)	4.60

Tabella 6.30 – Percentuali delle frazioni granulometriche presenti

Classificazione: **Sabbia con limo**

6.5 MODELLO GEOLOGICO – TECNICO

Sulla base dei risultati delle stratigrafie e delle SPT e delle DPSH eseguite è stato possibile definire il modello geotecnico per i sondaggi S1, S2_PZ e S3

- Il modello, riferito ai sondaggi, indica la presenza di 3 distinte unità geotecniche (con falda non rinvenuta.), i cui parametri medi sono riportati nelle rispettive tabelle di sintesi:

108

- 1) Un primo livello, con uno spessore di circa variabile dai 3.00 agli 6.00 m è costituito da **Limo sabbioso-ghiaioso**.

Peso unità di volume kN/m³	12.45
Peso unità di volume saturo kN/m³	15.93
Densità Relativa (%)	70.00
Angolo di attrito ϕ' (°)	32.00°
Modulo di Young (Kg/cm²)	301.00
Modulo Edometrico (Kg/cm²)	215.00
Resistenza Punta Penetrometro Statico (Kg/cm²)	104.00
Coefficiente di spinta a riposo	37.70
Coesione non Drenata (Kg/cm²)	37.70

Tabella 6.5 – Limo sabbioso ghiaioso

- 2) Segue quindi un'unità geotecnica con uno spessore variabile dai 3 ai 7 metri circa costituita da **Sabbia limosa ghiaiosa**

Peso unità di volume kN/m³	12.60
Peso unità di volume saturo kN/m³	16.22
Densità Relativa (%)	79.97
Angolo di attrito ϕ' (°)	52.50
Modulo di Young (Kg/cm²)	622.00
Modulo Edometrico (Kg/cm²)	568.00
Resistenza Punta Penetrometro Statico (Kg/cm²)	95.00
Coefficiente di spinta a riposo	95.00

Tabella 6.6 – Sabbia Ghiaiosa deb. Limosa

- 3) Infine, vi è un **tufo litoide** a partire dagli 8.0 - 11.0 metri di profondità.

7. INDAGINI GEOFISICHE EFFETTUATE

110

A seguito dell'incarico ricevuto è stata eseguita una campagna di indagine geofisica per determinare il valore del v_{seq} ed individuare la frequenza caratteristica di risonanza di sito, ai sensi del D.M. 17/01/2018.

A tale scopo sono state effettuate le seguenti indagini, visibili in *Figura 7.1*:

- n° 1 profilo sismico tipo M.A.S.W. (Multichannel analysis of surface waves);
- n° 1 misura HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).



Figura 7.1 – Ubicazione indagini geofisiche

A differenza dei sondaggi geognostici, le indagini geofisiche rappresentano studi di tipo “indiretto”, poiché misurano la variazione di determinate proprietà fisiche dei terreni da cui poter

elaborare dei modelli geologici del sottosuolo. Più nel dettaglio, l'approccio utilizzato nelle indagini geofisiche effettuate nel corso di questo lavoro è di tipo artificiale ma anche naturale.

7.1 INDAGINE SISMICA MASW

Il rilievo sismico MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine geofisica attiva non invasiva, utilizzato per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio (v_s) tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh effettuata con algoritmi genetici; questa tecnica consiste nella energizzazione del terreno e nella successiva acquisizione delle onde di superficie generate con un array lineare dei geofoni (Figura 7.2).

112

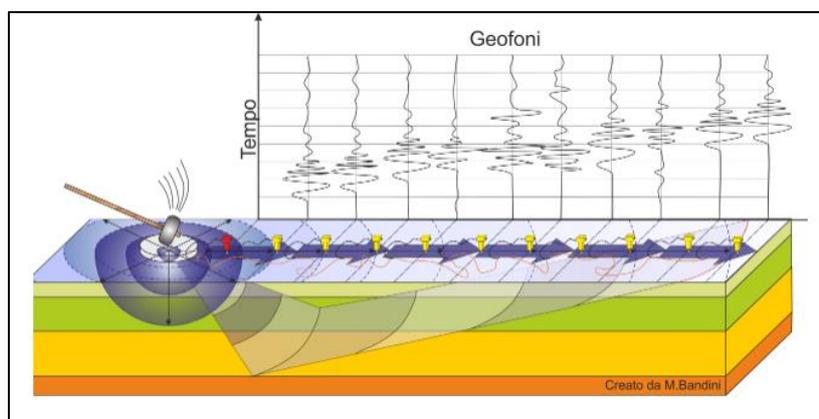


Figura 7.2 – Grafico esecuzione indagine MASW. (GeoStru, s.d.)

Il segnale sismico generato alla sorgente può essere scomposto in più fasi (onde di volume P ed S, onde di superficie Rayleigh e Love), ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche stesse. In particolare, le onde di superficie si generano in presenza di una superficie libera - come la superficie della Terra - e si propagano parallelamente ad essa. Le onde di Rayleigh inducono un moto lungo un'ellissi polarizzata nel piano verticale contenente la direzione di propagazione dell'onda, mentre le onde di Love implicano un movimento trasversale rispetto alla direzione di propagazione. Nelle onde di Rayleigh, l'ampiezza del moto indotto decade in modo esponenziale con la profondità, diventando trascurabile, in un mezzo omogeneo, all'incirca entro una lunghezza d'onda (λ) dalla superficie. In mezzi verticalmente eterogenei, il decadimento dell'ampiezza del moto con la profondità non può essere previsto a priori senza conoscere la struttura del sottosuolo. Essa infatti dipende dalle caratteristiche fisico-meccaniche del sottosuolo ed è caratterizzata dalla *dispersione geometrica*: le onde elastiche di diverse lunghezze d'onda λ si propagano a diverse profondità, quindi per ogni lunghezza d'onda la velocità di fase dipende dalle proprietà elastiche e dalla densità del sottosuolo alle varie profondità

interessate dalla propagazione. Si ricorda infatti che $\lambda = v/f$, dove λ rappresenta la lunghezza d'onda, v rappresenta la velocità dell'onda sismica e f è la frequenza d'onda, questo quindi comporta come conseguenza che essendo le onde di superficie, onde a più alta frequenza (5 – 70 Hz), esse si propagano con una piccola lunghezza d'onda, per tanto non riescono a penetrare gli strati più profondi, per tanto danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo (30-50 m).

113

Tramite le MASW, e quindi attraverso l'analisi delle onde di superficie, è possibile determinare gli spessori degli strati nel sottosuolo e le relative velocità, riuscendo quindi a generare un profilo di velocità v_s delle onde S (onde di volume di tipo trasversali che si diffondono provocando nel materiale attraversato oscillazioni perpendicolari alla loro direzione di propagazione, anche note come onde di taglio), allo scopo quindi di andare a classificare la categoria del sottosuolo, secondo i riferimenti normativi, attraverso un calcolo della velocità media relativa ai primi trenta metri di sottosuolo che fornirà un valore specifico di velocità equivalente v_{Seq} (espressa in m/s), definita dalla seguente relazione:

$$v_{Seq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{v_{S_i}}}$$

Dove:

- H rappresenta la profondità del substrato, espressa in metri (m), alla quale si riscontra una velocità delle onde S superiore a **800 m/s** , che fa riferimento a una roccia o terreno molto rigido;
- h_i è lo spessore dell' i -esimo strato espresso in metri (m);
- N rappresentano il numero di strati;
- V_{S_i} è la velocità delle onde S relative all' i -esimo strato considerato.

Per depositi con profondità H del substrato superiore ai trenta metri (30 m), la velocità equivalente delle onde di taglio v_{Seq} è definita dal parametro v_{S30} , ottenuto ponendo $H = 30 m$ nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

In accordo con il piano d'indagini, è stata quindi eseguita n. 1 acquisizione di sismica attiva di tipo MASW, ubicata come in *Figura 7.3*, le cui coordinate sono indicate in *Tabella 7.1*, per la caratterizzazione sismica del sottosuolo.

ID Indagine	Geofoni (nr.)	Distanza Intergeofonica	Frequenza geofoni	Lunghezza Stendimento	Lat/Long G1	Lat/Long G24.
MASW	24	1 m	4.5 Hz	48 m	41.905177°/ 12.671385°	41.904991°/ 12.671527°

Tabella 7.1 – Dettagli MASW.

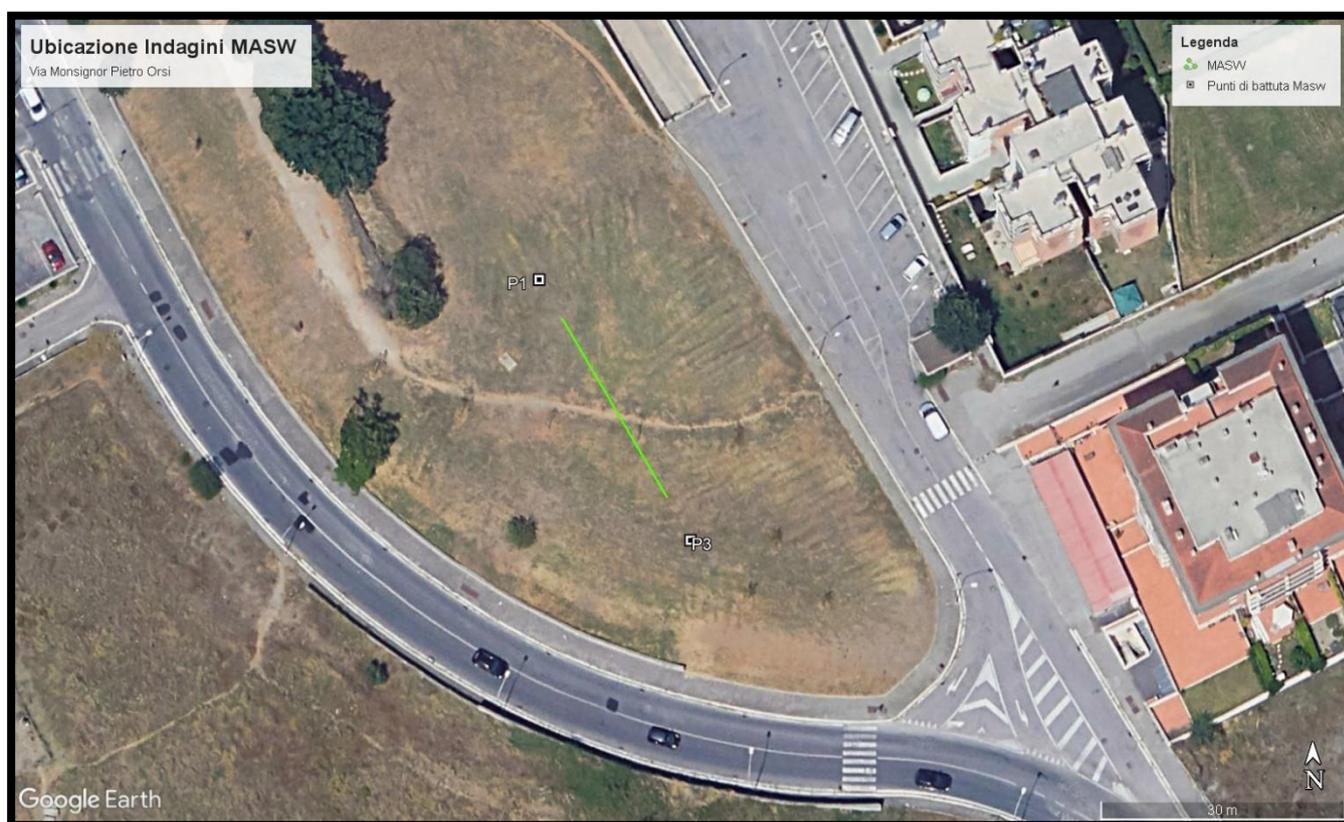


Figura 7.3 – Ubicazione indagini MASW effettuate.

7.1.1 Strumentazione utilizzata e tecniche operative

L'indagine è stata eseguita utilizzando la seguente strumentazione (*Figura 7.4*):

- a) Sismografo multicanale Ambrogeo;
- b) Cavo sismico con 24 multi coppie per collegamento dei geofoni al sismografo;
- c) 24 geofoni a componente verticale con frequenza di 4.5 Hz;
- d) Geofono verticale trigger completo di cavo e connettore da 4.5 Hz;
- e) Mazza battente non strumentata di 8 Kg per energizzare onde di tipo compressivo;
- f) Piastra di battuta in alluminio con diametro pari a 210 mm e spessore pari a 28 mm.

115

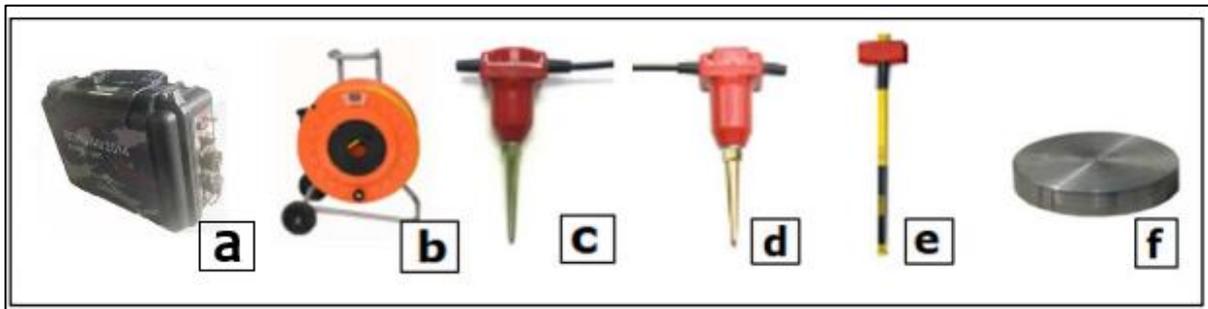


Figura 7.4– Attrezzatura utilizzata per effettuare le indagini sismiche di tipo MASW.

Il profilo sismico eseguito ha una lunghezza di 24 metri costituito da 24 geofoni distanziati di 1 m. In riferimento agli stendimenti delle indagini sismiche eseguite sono state effettuate 4 energizzazioni ad entrambi gli estremi degli stendimenti ottenendo più registrazioni di onde superficiali, al fine di fornire un modello sismo-stratigrafico del sottosuolo più affidabile, infatti la somma di più energizzazioni per una medesima posizione della sorgente (stack) incrementa il rapporto segnale/rumore e quindi migliora la stima della velocità di fase. L'off-set di tali energizzazioni è stato rispettivamente di 5 e 10 m rispettivamente dalla stesa dei geofoni.

7.1.2 Elaborazione dei dati

Il software *winMASW* consente di analizzare dati sismici (*common-shot gathers* acquisiti in campagna) in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della v_s (velocità delle onde di taglio). Tale risultato è ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

116

La procedura prevede tre fasi di elaborazione:

- La prima fase consiste nell'identificazione della curva di dispersione (*relazione che lega la frequenza alla velocità di fase*) e nel calcolo della velocità di fase corrispondente sperimentalmente, relativa alle onde di superficie;
- La seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase numerica, attraverso l'assegnazione per tentativi di diversi valori della velocità v_s , degli spessori h e del coefficiente di Poisson ν , cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale, tramite il processo di picking dei massimi di ampiezza del modo fondamentale e degli eventuali modi superiori.
- La terza ed ultima fase consiste nell'individuazione finale del profilo di velocità delle onde di taglio verticali v_s , attraverso un processo di inversione, andando quindi ad ottimizzare i parametri che descrivono il modello (lo spessore h , le velocità delle onde di taglio v_s , il coefficiente di Poisson ν , la densità ρ degli strati), che permette quindi di definire i parametri d'interesse v_{seq} e v_{s30} .

Uno degli aspetti critici nell'uso dei dati ricavati da prove sismiche per onde superficiali attive è dato dalla non-unicità della soluzione. Diverse combinazioni dei parametri del modello (v_s – spessore strato) possono essere associate a curve di dispersione molto simili e praticamente equivalenti rispetto ai dati sperimentali disponibili. Da ciò la buona norma di vincolare uno dei parametri che interviene con indagini o conoscenze diverse. Lo scopo dell'intera procedura è identificare il modello la cui curva di dispersione meno si scosta dai dati osservati.

7.1.3 Risultati prova MASW

La prova MASW è stata ubicata lungo una traversa nei pressi di Via Monsignor Pietro Orsi, Roma (RM). Per eseguire l'indagine è stato utilizzato uno stendimento di lunghezza pari a 24 metri, costituito da 24 geofoni distanziati di 1 m. I colpi sono stati eseguiti ad un'interdistanza rispettivamente di 5 e 10 metri (Figura 7.5 e Figura 7.6).

117

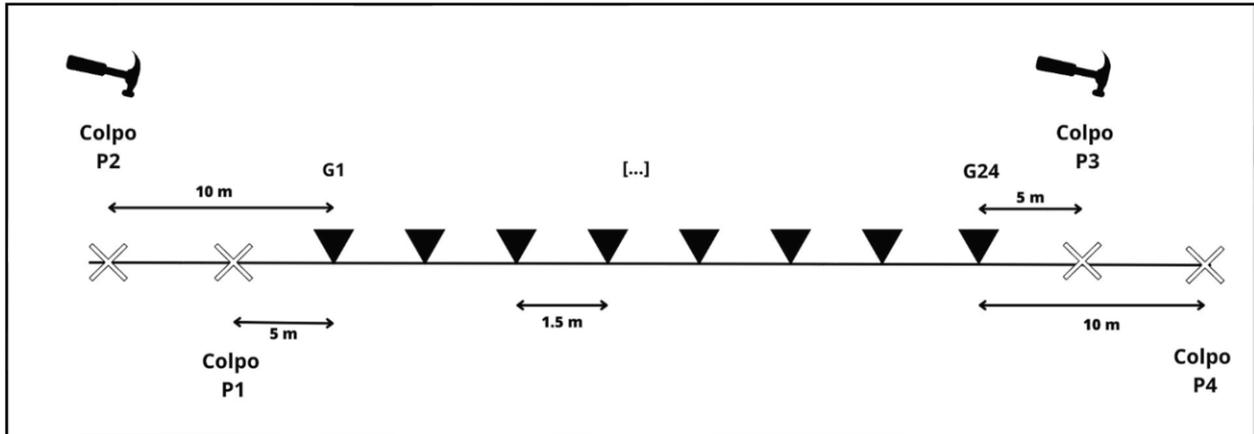


Figura 7.5 - Schema colpi effettuati in funzione dello stendimento dei geofoni.





Figura 7.6 – Foto di campo

Per l'elaborazione dei dati sono stati utilizzati i parametri contenuti nella *Tabella 7.2*.

Frequenza minima di elaborazione (Hz)	3
Frequenza massima di elaborazione (Hz)	30
Velocità minima di elaborazione (m/s)	100
Velocità massima di elaborazione (m/s)	1500

Tabella 7.2 – Dati utilizzati

Nella *Figura 7.7* è raffigurato un sismogramma rappresentativo per l'acquisizione nell'area

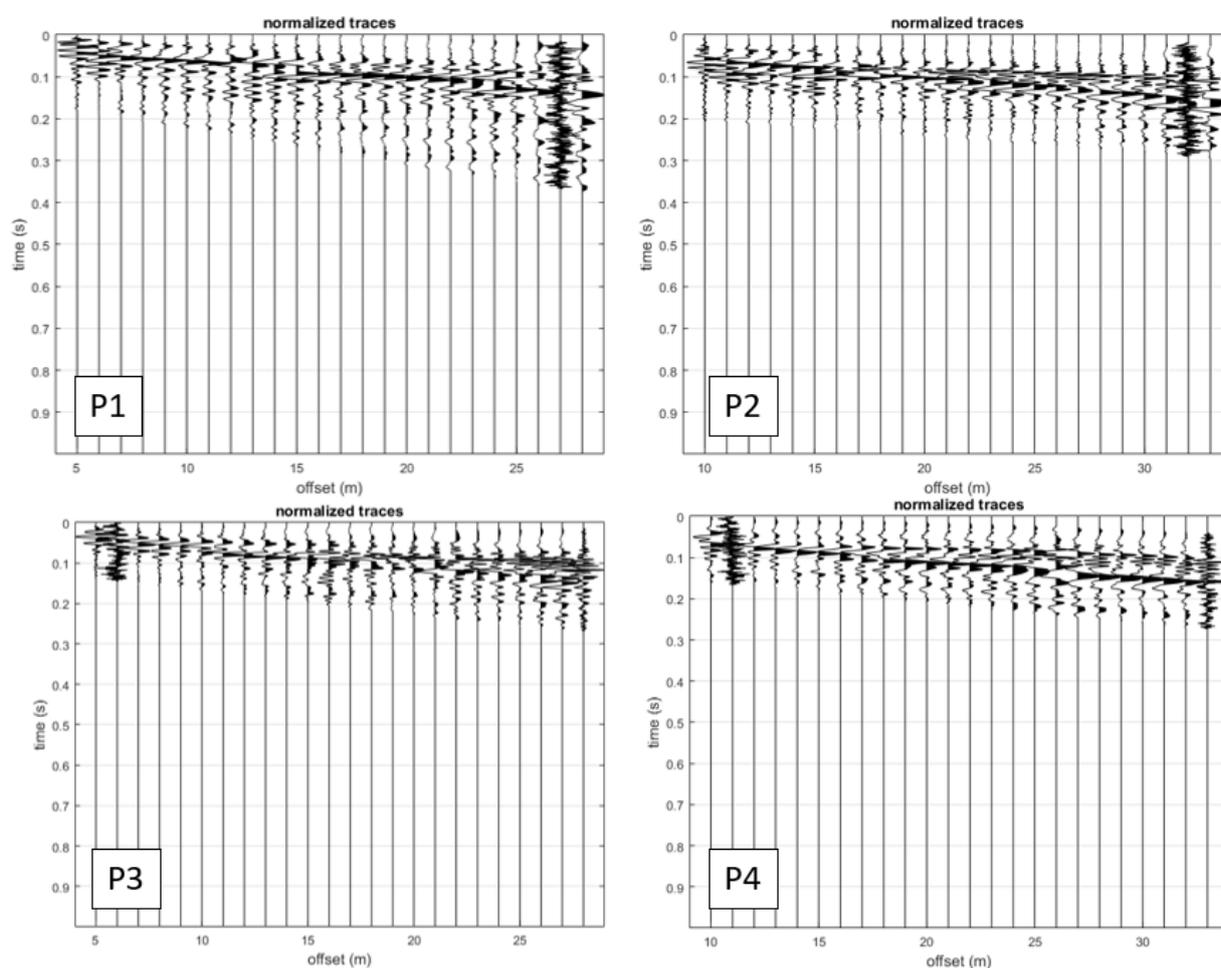


Figura 7.7 – Sismogrammi ottenuti per diversi shots effettuati.

Per il prosieguo dell'elaborazione, qui è stato scelto di mostrare soltanto il colpo P1, avente un offset pari a 5 metri, dalla cui analisi si è ottenuta la curva di dispersione, *Figura 7.8*, sulla quale è possibile osservare il picking manuale effettuato per l'inversione, così da ottenere il modello delle velocità (*Figura 7.9*) e il modello sismo-stratigrafico del sottosuolo (*Figura 7.10*).

120

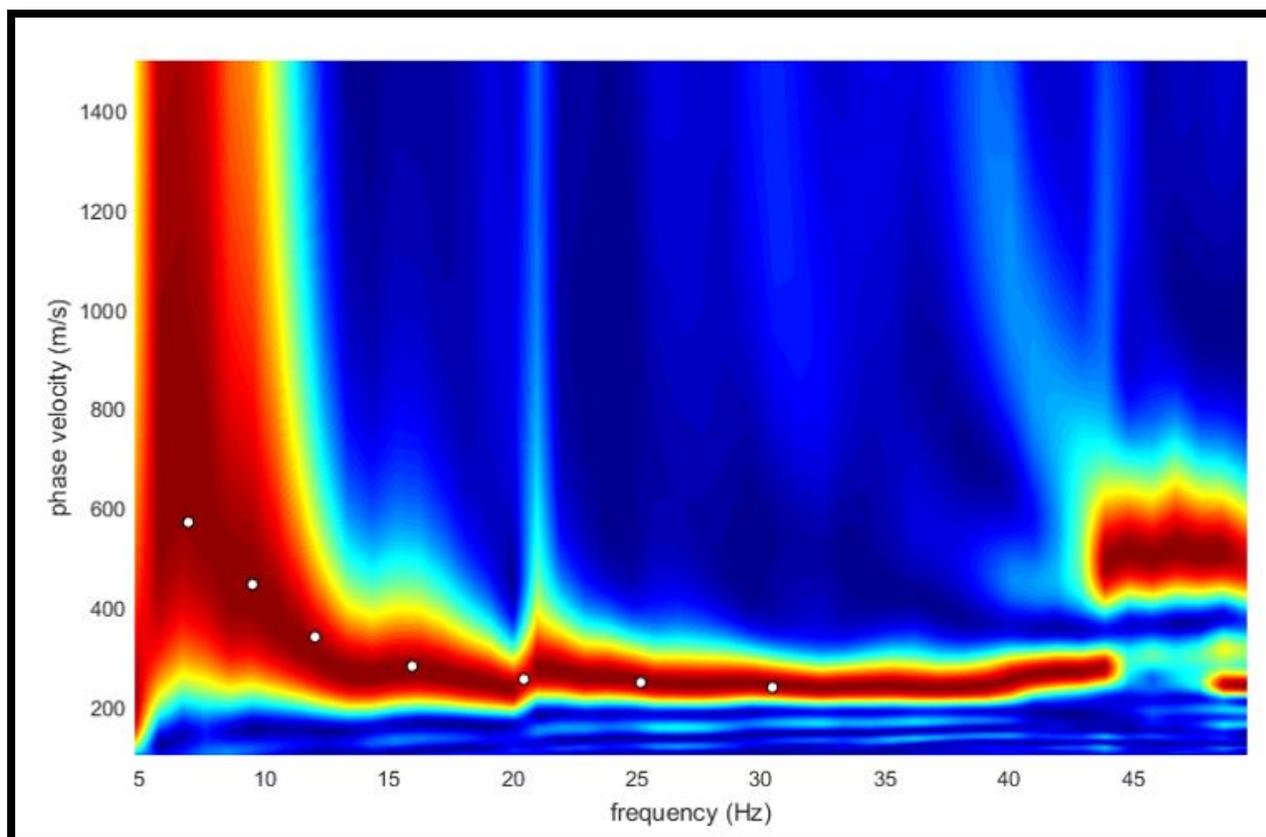


Figura 7.8 – Curva di dispersione con relativo picking

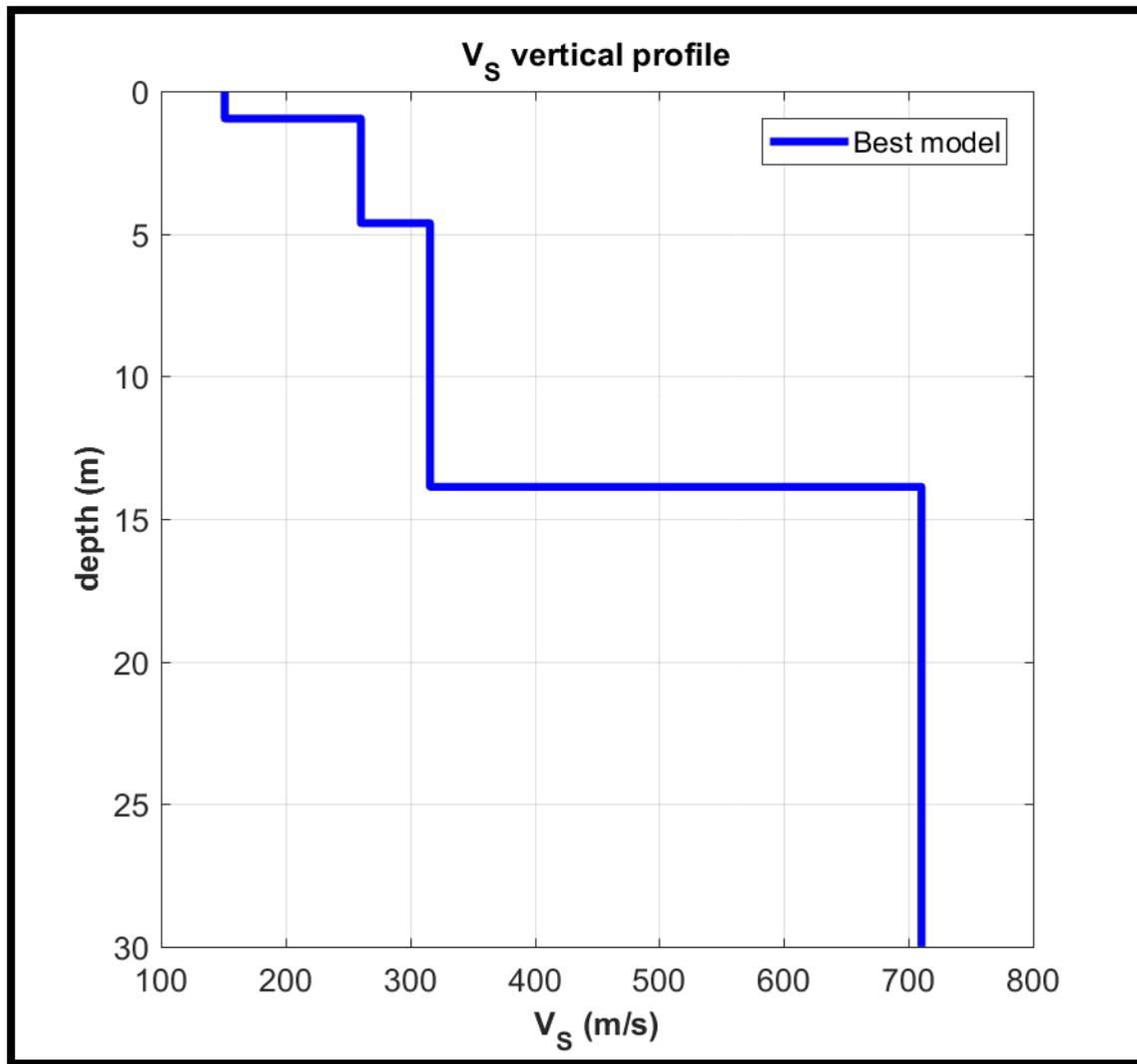


Figura 7.9 – Profilo verticale delle velocità delle onde S.

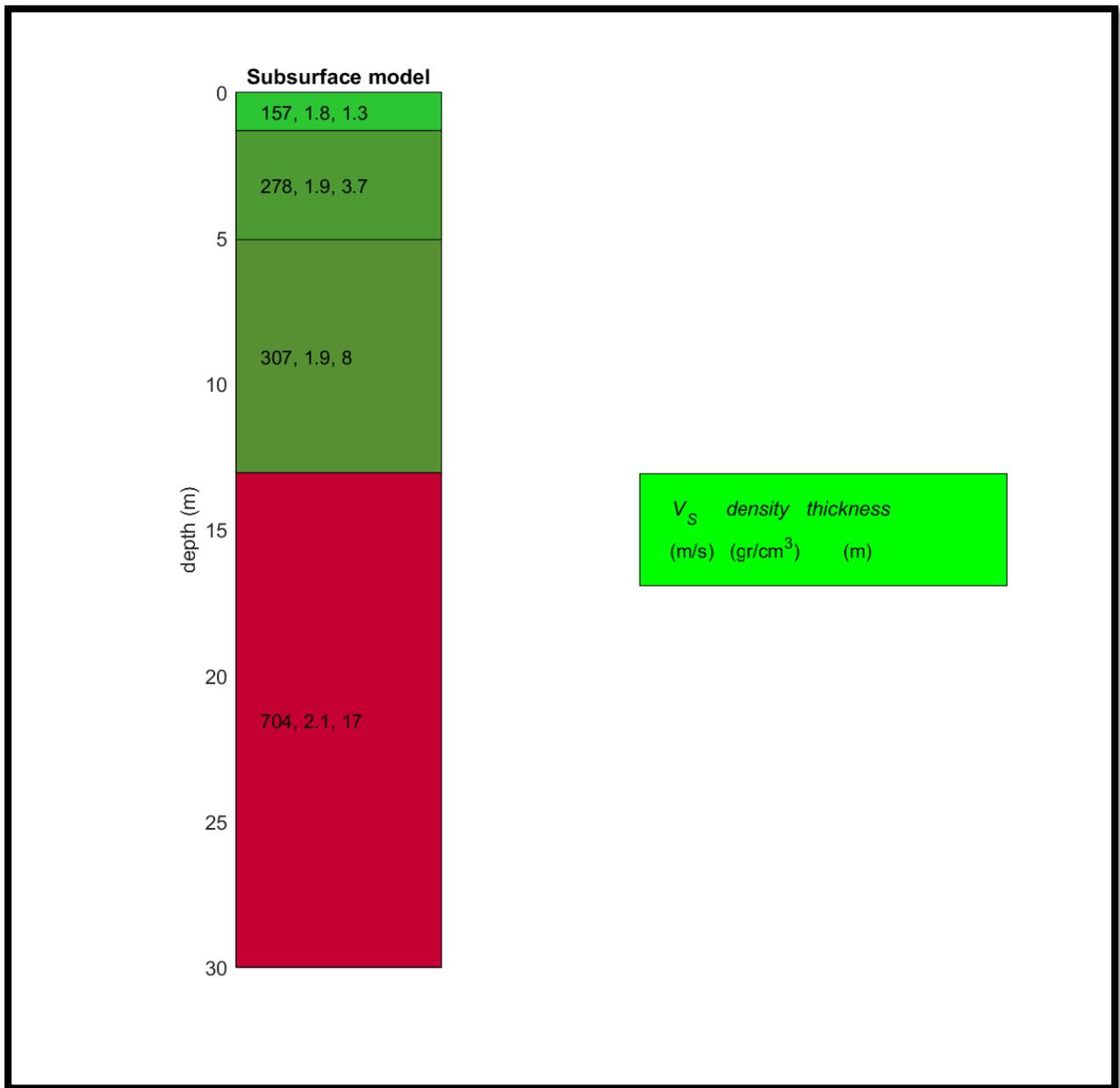


Figura 7.10 – Modello stratigrafico del sottosuolo.

Dal momento che il substrato ha una profondità superiore ai 30 metri, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S_{eq}}$ è definita dal parametro $V_{S_{30}}$, pari a:

$$V_{S_{30}} = 417 \text{ m/s}$$

Categoria di suolo: **B** - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

7.2 INDAGINE HVSR

L'indagine sismica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), detta anche tecnica H/V (rapporto tra le componenti spettrali verticali e orizzontali), è una tecnica di indagine sismica passiva a stazione singola, non invasiva, di rapida esecuzione, che si può applicare ovunque. Si ricorda infatti che per indagini di sismica passiva si intendono tutte quelle misure che non necessitano di sollecitazioni artificiali (come massa battente, esplosioni o vibrazioni indotte meccanicamente). Nel dettaglio, questa tecnica si basa sul metodo di *Nakamura*, che consiste nella misura del rumore sismico ambientale, il quale risulta prodotto sia da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) sia dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si parla infatti di micro-tremore, in quanto riguarda oscillazioni molto piccole ($10 - 15 \text{ m/s}^2$ in termini di accelerazione, lunghezze d'onda molto grandi), inferiori di diversi ordini di grandezza rispetto a quelle indotte dai terremoti di campo vicino.

124

Il metodo, determina la “funzione di trasferimento del mezzo”, ovvero come il moto sismico viene alterato durante il passaggio di esso nel substrato partendo da un terreno alluvionale fino al raggiungimento del substrato rigido. Infatti, a causa di condizioni litostratigrafiche particolari possono verificarsi condizioni di amplificazione del moto sismico, definiti come “effetti di sito” (*Figura 7.11*).

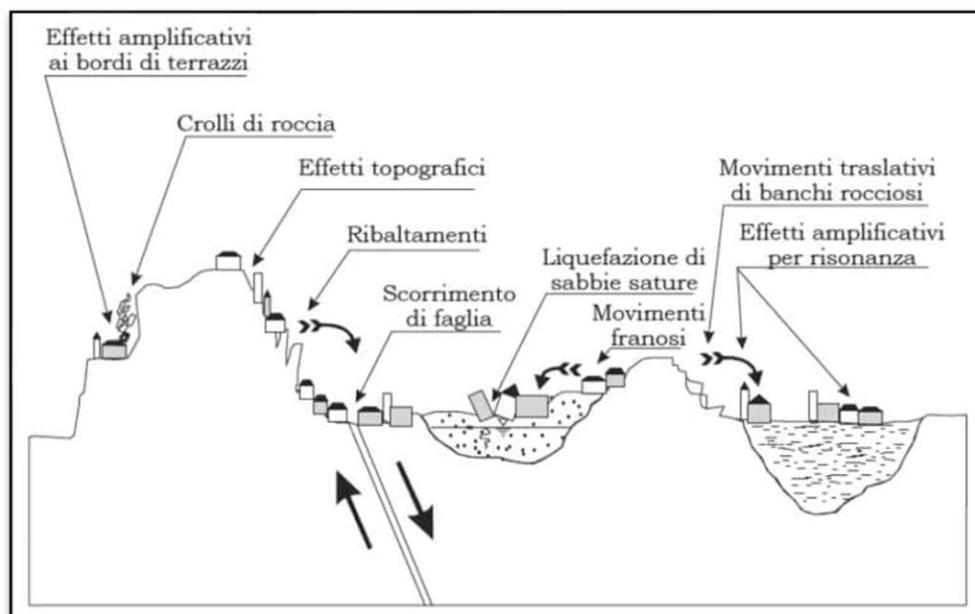


Figura 7.11 – Effetti di sito.

Gli utilizzi principali di questa tecnica riguardano principalmente la definizione della frequenza di risonanza di un sito, delle strutture e/o edifici, per valutazioni stratigrafiche o alternativamente, di velocità delle onde di taglio (v_s) e per misure vibro-metriche su edifici. Ecco perché i risultati di una indagine HVSR locale sono un potente strumento per il supporto nella progettazione. Pertanto, questa prova ha lo scopo principale di mettere in luce la presenza di fenomeni di risonanza sismica e consentire una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato.

125

Il metodo HVSR considera i micro tremori come composti principalmente da onde di Rayleigh e presuppone che l'amplificazione relativa agli effetti di sito sia causata dalla presenza di uno strato sedimentario giacente su di un semispazio elastico. In queste condizioni le componenti del moto sismico da analizzare sono quattro (Wang & Xu, 2021):

- quelle orizzontali di superficie (H_s) e quelle orizzontali al bed rock (H_b);
- quelle verticali di superficie (V_s) e quelle verticali al bed rock (V_b).

Secondo Nakamura, è inoltre possibile fare una stima della forma spettrale della sorgente dei micro tremori $A_s(\omega)$ (in funzione della frequenza) con la seguente relazione:

$$A_s(\omega) = \frac{V_s(\omega)}{V_b(\omega)}$$

in cui $V_s(\omega)$ e $V_b(\omega)$ sono le ordinate spettrali delle componenti verticali del moto, rispettivamente in superficie e al tetto del bed rock.

Nakamura definisce poi come effetto di sito il rapporto spettrale $S_e(\omega)$:

$$S_e(\omega) = \frac{H_s(\omega)}{H_b(\omega)}$$

dove $H_s(\omega)$ e $H_b(\omega)$ sono le ordinate spettrali delle componenti orizzontali del moto, rispettivamente in superficie e al tetto del bed rock. Infine assume che per tutte le frequenze di interesse $H_b(\omega)/V_b(\omega) = 1$, basandosi su registrazioni, sperimentalmente verificate da lui, di microtremori in pozzo; quindi l'effetto di sito modificato $S_m(\omega)$ è descritto da:

$$S_m(\omega) = \frac{S_e(\omega)}{A_s(\omega)} = \frac{H_s(\omega)}{V_s(\omega)}$$

Per tanto il rapporto tra le componenti orizzontali (H) del moto del suolo e quelle verticali (V), da cui H/V (o HVSR), mette in luce *la frequenza di risonanza di un terreno*. Nel dettaglio la frequenza

di risonanza è ricercata al primo picco individuato dal rapporto tra la componente orizzontale (H) e quella verticale (V) dei segnali registrati. (ESA, s.d.)

La risonanza è dovuta all'intrappolamento delle onde tra due superfici in cui si verifica una variazione di impedenza acustica. La frequenza fondamentale di risonanza f del terreno dipende dallo spessore h del terreno stesso e dalla velocità media v delle onde che lo attraversano. Dunque, conoscendo lo spessore h del sedimento è possibile avere informazioni sulla velocità media delle onde S e viceversa conoscendo quest'ultima è possibile definire lo spessore dello strato di copertura. In casi semplici (coperture soffici al di sopra di un basamento sismico rigido) è possibile dimostrare che esiste una relazione diretta tra la frequenza di risonanza e lo spessore dello strato soffice; questa relazione è regolata dall'equazione seguente:

$$f = \frac{v_s}{4h}$$

dove v_s è la velocità delle onde di taglio e h è lo spessore dello strato. Emerge quindi che la tecnica H/V può fornire indicazioni di carattere stratigrafico: nota la v_s delle coperture si può stimare la profondità dei riflettori sismici principali e viceversa. A tal proposito sono stati prodotti degli abachi preliminari (Tabella 7.4) per stimare la profondità del contrasto di impedenza responsabile degli effetti osservati.

F_0 (Hz)	h (m)
<1	>100
1-2	50-100
2-3	30-50
3-5	20-30
5-8	10-20
8-20	5-10
>20	<5

Tabella 7.4 – Abaco per la stima dello spessore delle coperture (h) a partire dai valori delle frequenze di risonanza (f_0) determinate dalla misura H/V.

Utilizzando questo strumento, le frequenze di risonanza possono tentativamente essere convertite in spessori permettendo una identificazione preliminare delle interfacce risonanti con il solo scopo (sotto stretto controllo geologico) di fornire indicazioni preliminari sulla struttura del sottosuolo e orientare le indagini successive. In accordo con il piano d'indagini, sono state quindi eseguite un

numero n.1 acquisizioni di sismica passiva di tipo HVSR, le cui coordinate sono indicate in *Tabella 7.5*, che segue.

ID Indagine	Durata (min)	Frequenza acquisizione (Hz)	Quota s.l.m. (m)	Latitudine	Longitudine
HVSR	30	128	65	41.905157°	12.671129°

Tabella 7.5 – Dettagli indagini HVSR effettuate.

7.2.1 Strumentazione utilizzata ed elaborazioni dati

Per l'acquisizione dei dati HVSR è stato utilizzato un tromografo digitale TROMINO (Figura 7.12).



128

Figura 7.12 – Tromino utilizzato per effettuare le indagini di sismica passiva di tipo HVSR.

Lo strumento è dotato di tre sensori velocimetrici elettrodinamici ortogonali ad alta risoluzione, i quali trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore.

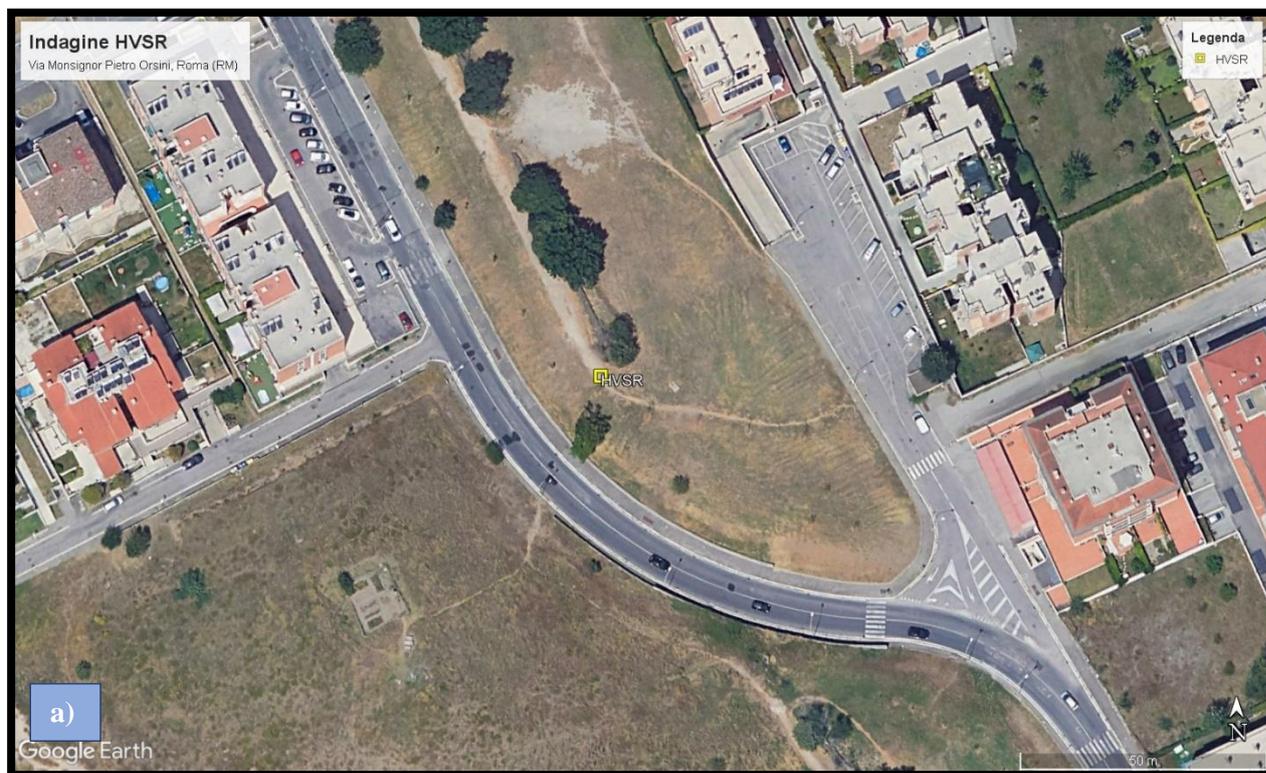
L'ancoraggio al suolo avviene tramite infissione di appositi piedini; l'orizzontalità è controllata per mezzo di una bolla sferica.

Il TROMINO viene posizionato con il suo asse maggiore allineato nella direzione N-S e messo in opera nel punto considerato più opportuno nel sito oggetto di indagine. Ottenuto il miglior accoppiamento dei sensori con il terreno viene messo in acquisizione per un lasso di circa 16 min. con una frequenza di campionamento di 128 Hz. Su memoria interna vengono salvati in un unico file i dati rilevati in automatico; si tratta delle velocità misurate secondo le direzioni ortogonali est-ovest, nord-sud (dello strumento) e sulla verticale.

I dati registrati sono stati successivamente elaborati mediante il software *Grilla*.

7.2.2 Risultati HVSR

L'indagine **HVSR** è stata ubicata lungo una traversa nei pressi Via Monsignor Pietro Orsi, Roma (RM):



129



Figura 7.13 – Ubicazione indagine HVSRI (a) e posizione in sito (b).

Come indicato in *Figura 7.13*, il TROMINO è stato posizionato al fine di determinare le frequenze di risonanza caratteristiche del sito, e lasciato acquisire in modo manuale per un tempo di 30 minuti. I grafici ottenuti sono rappresentati nelle *Figure 7.14, 7.15, 7.16, 7.17* mentre nella *Tabella 7.5* sono riportati i valori del modello del profilo verticale delle velocità ottenute, con rispettiva *Figura 7.18*.

ROMA CAPITALE, VIA ORSI HVSR_1

Instrument: TEB-0504/01-19;

Data format: 32 bit;

Full scale [mV]: 89;

Start recording: 20/12/2023 14:15:48 End recording: 20/12/2023 14:45:48;

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; Y+ Y- ; X+ X- ; Z+ Z-;

GPS data not available.

131

Trace length: 0h30'00". Analysis performed on the entire trace;

Sampling rate: 512 Hz;

Window size: 20 s;

Smoothing type: Triangular window;

Smoothing: 10%.

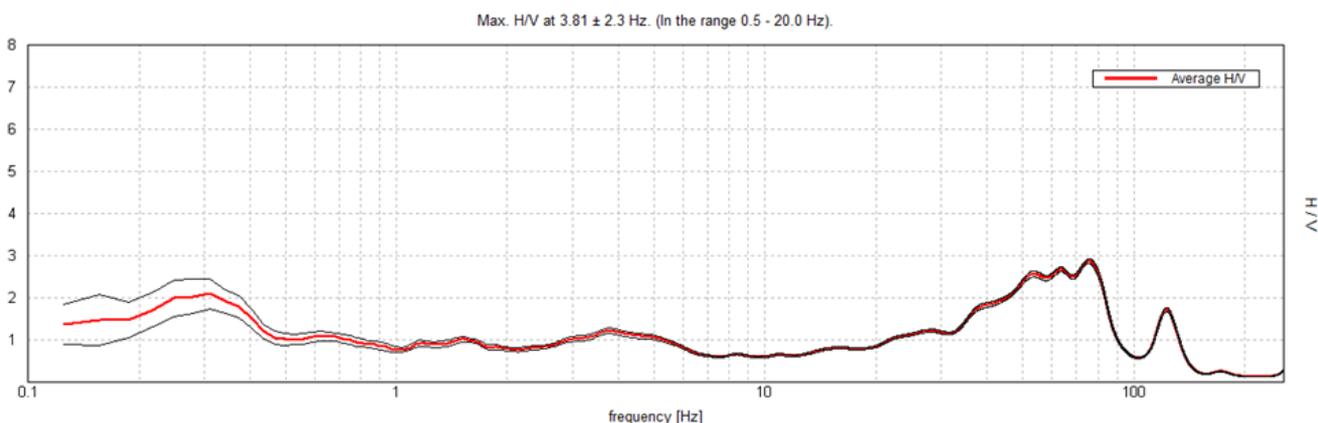


Figura 7.14 – Rapporto spettrale orizzontale su verticale H/V.

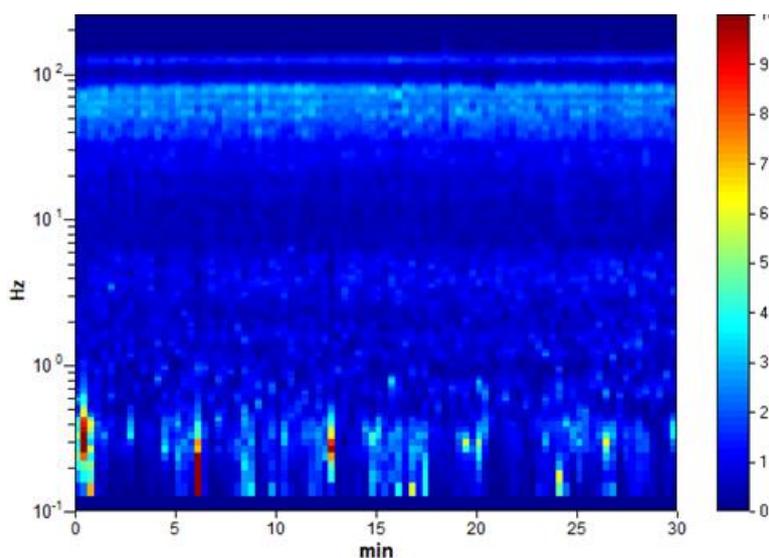


Figura 7.15 – Serie Temporale H/V.

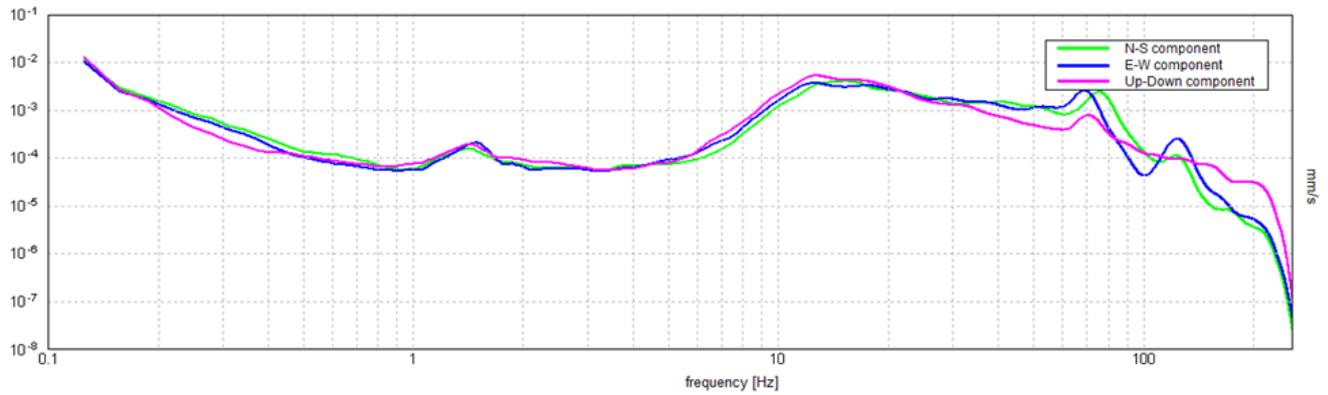


Figura 7.16 – Spettri delle singole componenti.

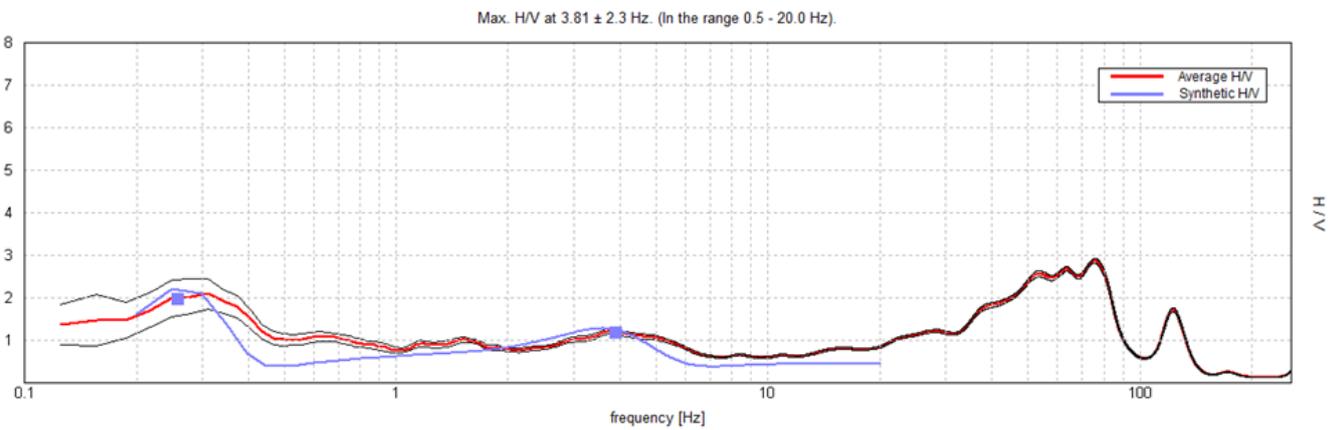


Figura 7.17 – H/V sperimentale vs H/V sintetico.

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
14.00	14.00	298	0.45
335.00	320.00	521	0.42
inf.	inf.	836	0.42

Tabella 7.5 – Stratigrafia sismica derivata dalla prova HVSR

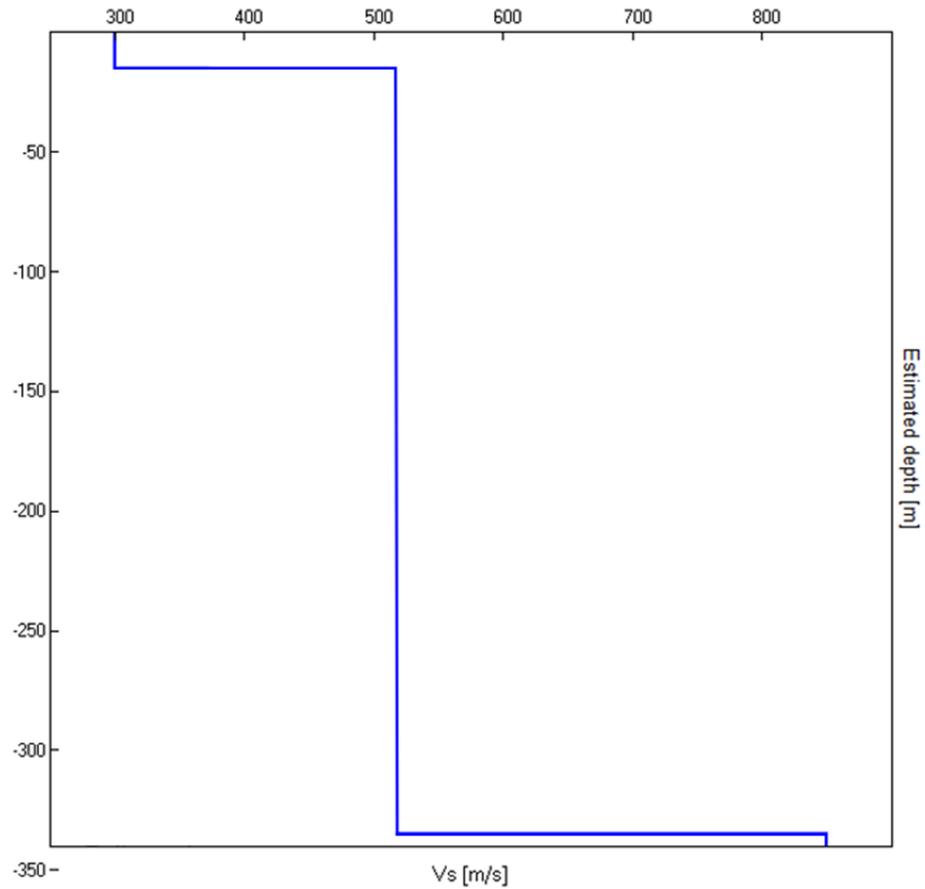


Figura 7.18 – Profilo verticale delle velocità secondo il modello descritto in Tabella 7.9.

Max. H/V at 3.81 ± 2.3 Hz (in the range 0.5 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	3.81 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	6862.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 184 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	7.281 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.23 > 2		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.60295 < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.29876 < 0.19063		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.0633 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Il picco evidenziato a 3.81 Hz, più superficiale, è da associare a valori di profondità intorno ai 13/15 m (tetto dei tufi), mentre, come si evince dalla stratigrafia derivata dall'indagine HVSR, il *bedrock sismico* può essere individuato a profondità superiori ai 335 m.

8 RISPOSTA SISMICA LOCALE

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto nei modi previsti dalle NTC, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1), in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti. Il sito di riferimento sarà dunque caratterizzato da sottosuolo di categoria A e superficie topografica di categoria T1. In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica PVR:

135

- a_g = accelerazione orizzontale massima al sito in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A);
- F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Facendo riferimento ad informazioni così dettagliate e puntuali è possibile adottare, nella progettazione e verifica delle costruzioni, valori dell'azione sismica meglio correlati alla pericolosità sismica del sito, alla vita nominale della costruzione e all'uso cui essa è destinata, consentendo soluzioni più appropriate ed anche economiche, e nello stesso tempo, trattare le problematiche connesse alla pericolosità sismica adottando una classificazione sismica riferibile anche a porzioni territoriali dei singoli comuni. Nei confronti delle azioni sismiche, riferendosi alla costruzione nella sua complessità, quindi includendo elementi strutturali, non strutturali ed impianti, vengono identificate due categorie di Stato Limite, quelli di *esercizio* e quelli denominati *ultimi*, che a loro volta si suddividono in altre due sottocategorie.

➤ Stati limite di Esercizio, che sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** al seguito del terremoto la costruzione, nel suo complesso, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significanti;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione, nel suo complesso, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e rigidità nei confronti delle azioni verticali e

orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature;

➤ Stati Limite Ultimi, che sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una significativa rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

8.1 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

Le azioni sismiche di un progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfonologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale. In particolare la pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g , e costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche; in particolare viene definita come la *probabilità che in una data area e in un certo intervallo di tempo accada un terremoto che superi una soglia d'intensità, magnitudo o accelerazione di picco (PGA) di nostro interesse.*

137

Nel caso specifico, il territorio di Roma (Municipalità VI) è classificato come “Zona sismica 2B” indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 e la delibera della Giunta Capitolina n. 392/2013. Tale zona presenta valori di accelerazione al suolo (PGA) < a **0,20 g** ed ha una pericolosità sismica media: Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti. La sottozona 2B indica un valore di $a_g < 0,20g$.

Per quanto riguarda la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento, fornito dai dati pubblicati sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (<https://esse1-gis.mi.ingv.it/>) la cabina ricade sul nodo con ID: **28515** (posto nel centro della mappa) che presenta valori di accelerazioni di picco orizzontali del suolo con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido, compreso tra **0,150 < a_g < 0,175** come mostrato nella *Figura 8.1*.

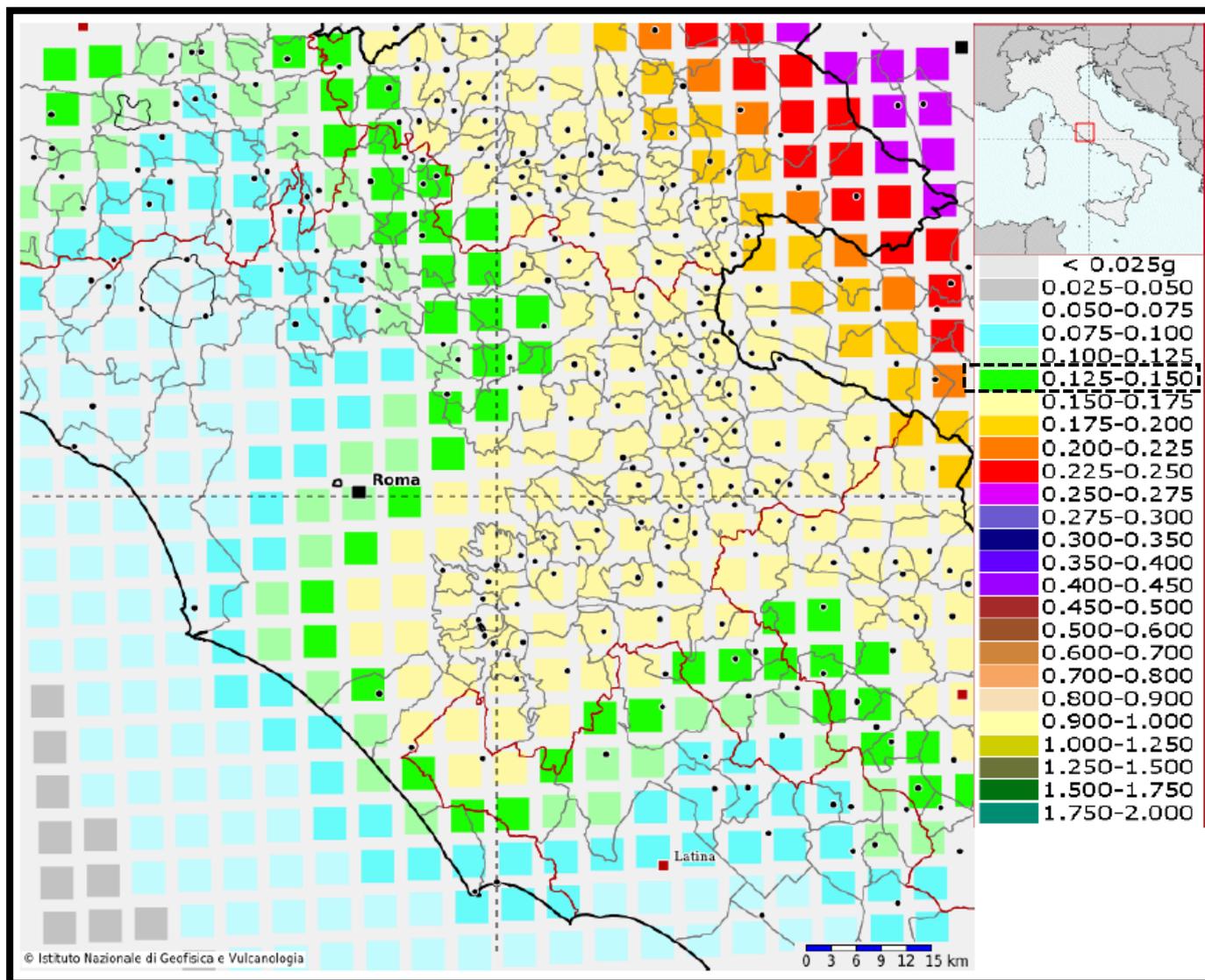


Figura 8.1 – Modello di pericolosità sismica INGV.

I suddetti valori devono essere quindi riformulati in base ai parametri sismici riferibili ad un sottopasso. È necessario infatti considerare la Vita Nominale dell’opera, intesa come il numero di anni nel quale la struttura, anche soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. Nel caso in esame, tale valore VN dev'essere pari almeno a 50 anni e tale verrà ipotizzato nel calcolo dello spettro di risposta sismica.

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione al periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d’uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Per l'opera d'interesse, la classe d'uso dev'essere pari alla Classe III (Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi), al quale quindi corrisponde un coefficiente d'uso C_U pari a 1.5. Per tanto, la V_N risulterà pari a 75 anni (50×1.5).

Infine, la valutazione della sicurezza e la progettazione dovranno essere eseguite, in accordo a quanto prescritto nel Capitolo 7 delle NTC 2018, con riferimento agli Stati Limite Ultimi e di Esercizio. Le Verifiche agli SLU possono essere eseguite rispetto alla condizione di salvaguardia della vita (SLV) o, in alternativa, alla condizione di collasso (SLC).

8.2 CARATTERISTICHE DI SITO

Una volta definita la pericolosità sismica di base, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare anche l'effetto della risposta sismica locale mediante il ricorso ad un approccio semplificato al fine di ottenere la categoria del suolo di fondazione del sito in esame così come definita nella *Tabella 8.1*.

140

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

Tabella 8.1 – Classificazione sismica del sottosuolo.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, velocità equivalente v_{Seq} (espressa in m/s), definita dalla seguente relazione:

$$v_{Seq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{v_{S_i}}}$$

Dove:

- H rappresenta la profondità del substrato, espressa in metri (m), alla quale si riscontra una velocità delle onde S superiore a **800 m/s**, che fa riferimento a una roccia o terreno molto rigido;
- h_i è lo spessore dell' i -esimo strato espresso in metri (m);
- N rappresentano il numero di strati;
- V_{S_i} è la velocità delle onde S relative all' i -esimo strato considerato.

Per depositi con profondità H del substrato superiore ai trenta metri (**30 m**), la velocità equivalente delle onde di taglio v_{Seq} è definita dal parametro v_{S30} , ottenuto ponendo $H = 30\text{ m}$ nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

In accordo con i piani di indagine, nel sito è stata eseguita n.1 acquisizioni di sismica attiva di tipo MASW, n.1 acquisizioni sismiche passive di tipo HVSr, che hanno permesso di ricostruire il profilo di velocità delle onde di taglio V_s ed il calcolo della v_{S30} .

- Dalle indagini geofisiche effettuate, risulta che tutti i siti dell'intera area ricadono in **Categoria B**, come visibile nella prossima *Tabella 8.2*:

	v_{Seq}
MASW_1	417

Tabella 8.2 – Risultati per la categoria di sottosuolo

Entrambe le indagini hanno quindi fornito un valore attribuibile alla categoria di suolo **B**:

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti S_s e C_c valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E, i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_o e T_c^* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella *Tabella 8.3* (Tab. 3.2.IV delle NTC2018), nelle quali $g = 9,81\text{ m/s}^2$ e l'accelerazione di gravità e T_c^* e espresso in secondi.

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

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

142

Tabella 8.3 – Tab 3.2.IV delle NTC2018.

Una volta definita la pericolosità sismica di base, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare anche l'effetto della risposta sismica locale mediante il ricorso ad un approccio semplificato al fine di ottenere la categoria del suolo di fondazione del sito in esame così come definita nella *Tabella 8.4*.

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

Tabella 8.4 – Classificazione sismica del sottosuolo.

Per la progettazione o la verifica di opere e sistemi geotecnici realizzati su versanti e per l'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii, la valutazione dell'amplificazione topografica può essere effettuata mediante analisi di risposta sismica locale o utilizzando il coefficiente di amplificazione topografica S_T . Il parametro S_T deve essere applicato nel caso di configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, di altezza superiore a 30 m. Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15° , altrimenti si applicano i criteri indicati nel capitolo 3.2.2. del D.M. 17.01.2018 secondo le categorie topografiche indicate nelle tabelle seguenti.

143

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 8.5 – Categorie topografiche.

Nel caso in esame l'area risulta caratterizzata da gradienti di pendenza $< 15^\circ$, per cui ricade nella **categoria T1** a cui va attribuito un coefficiente di amplificazione topografica S_T pari a 1,0 come riportato nella tabella 3.2 V delle N.T.C. 2018.

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

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

Tabella 8.6 – Valori di amplificazione topografica S_T .

8.3 MODELLAZIONE ED ELABORAZIONE

L'analisi di risposta sismica locale, per come dettato dalle Norme Tecniche sulle Costruzioni, è un tipo di studio approfondito che deve essere applicato qualora le costruzioni ricadano in classe d'uso III o IV, quando si riscontrano delle significative inversioni nel profilo di velocità delle onde di taglio, o quando la morfologia di superficie e/o della stratigrafia non è considerata semplice.

144

Attraverso questa metodologia si valutano le variazioni in termini di ampiezza e frequenza, che subisce un input sismico (accelero gramma spettro-compatibile) nella sua propagazione dal substrato sismico (velocità delle onde di taglio di almeno 800 m/s) fino alla superficie (o al piano di imposta delle fondazioni), a seconda delle caratteristiche fisico-meccaniche degli strati attraversati.

L'input sismico è rappresentato da almeno una settupla di accelerogrammi naturali qualora la valutazione sia effettuata sul loro spettro medio (o in alternativa da 7 accelerogrammi per la direzione X, e 7 accelerogrammi per la direzione Y, entrambi riferiti alla componente orizzontale). L'impiego di accelerogrammi artificiali o sintetici non è consentito dalle vigenti Norme Tecniche sulle Costruzioni – D.M. 17/01/2018). Lo spettro di risposta in accelerazione di input, deve avere una forma spettrale compatibile con quella del sito in esame; gli accelerogrammi naturali provengono da registrazioni reali di eventi sismici. La loro scelta si basa sulla disaggregazione, ovvero il contributo alla pericolosità del sito che è dato da una determinata sorgente sismogenetica posta ad una certa distanza epicentrale R che genera un evento di magnitudo M.

Le fasi per eseguire la risposta sismica locale sono le seguenti:

- Scelta dell'input sismico spettro-compatibile con quello del sito in esame riferito ad un suolo rigido attraverso un'analisi di disaggregazione per gli stati limite richiesti;
- Definizione della stratigrafia compresa nell'intervallo bedrock sismico – superficie (o piano di imposta delle fondazioni) e caratterizzazione fisico-meccanica;
- Calcolo dell'output sismico alla superficie (o al piano di posa delle fondazioni) tramite la funzione di trasferimento e di amplificazione che tiene conto delle eventuali modificazioni del segnale di input derivanti dalle differenti caratteristiche elastiche e meccaniche degli strati attraversati nella propagazione;

- Estrapolazione dei parametri dipendenti di output per la progettazione per gli stati limite richiesti.

8.3.1 Dati di Base e Analisi di Disaggregazione

Per la selezione dell'input sismico utilizzato nella modellazione, si deve far riferimento ad alcune caratteristiche del sito in esame e dell'opera in progetto:

- Coordinate del sito;
- Classe d'Uso dell'opera;
- Vita nominale dell'opera;
- Stato limite di riferimento;
- Disaggregazione del sito.

146

Nello specifico di questo studio la riposta sismica locale è stata eseguita per tutti gli stati limite previsti dalla vigente normativa (SLO, SLD, SLV, SLC). Il sito in esame è identificato dalle seguenti coordinate:

Latitudine: 41.9051 **Longitudine:** 12.6711

Comune di Roma

I dati di base del sito sono riassunti nella *Tabella 8.7*.

PARAMETRO	VALORE
Vita Nominale della Costruzione V_N	50 Anni
Classe d'Uso della Costruzione	III
Coefficiente d'Uso C_U	1.5
Periodo di Riferimento per la Costruzione $V_R = V_N \times C_U$	75 Anni

Tabella 8.7 – Parametri di input per classe d'uso III.

Sulla base quindi dei dati sopra riportati si ottengono per i vari stati limite previsti in normativa, i valori riportati nella *Tabella 8.8*.

Stato Limite	Tr (anni)	a_g (g)	Fo	Tc'
Operatività (SLO)	45	0.063	2.463	0.267
Danno (SLD)	75	0.081	2.436	0.274
Salvaguardia vita (SLV)	712	0.184	2.523	0.283
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.2286	2.498	0.291

Tabella 8.8 – Valori di Tr, a_g , Fo e Tc' per edificio classe III con Vn pari a 50 anni.

La ricerca della coppia distanza–magnitudo (disaggregazione) utilizzate per la successiva scelta dell'input sismico, è stata fatta tramite la pagina dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano <http://essel-gis.mi.ingv.it>, dedicata ai dati di pericolosità sismica nazionale. Successivamente, si è proceduto, con il software REXELweb alla ricerca dell'input sismico spettro–compatibile della componente orizzontale per il sito di studio (7 accelerogrammi) e per ciascuno stato limite, facendo riferimento al database di ricerca European Strong-motion Database (ESD), e a suolo di tipo rigido (A) e pianeggiante (T1). Di seguito si riporta l'analisi di disaggregazione per l'estrapolazione degli accelerogrammi spettro – compatibili (Tabella 8.9).

STATO LIMITE	PROBABILITA' IN 50 ANNI	DISTANZA	MAGNITUDO
SLO	81%	0 – 50 km	5.5 – 6.5
SLD	63%	0 – 50 km	5.5 – 6.5
SLV	10%	0 – 50 km	5.0 – 6.5
SLC	5%	0 – 60 km	4.5 – 6.5

Tabella 8.9 – Input Magnitudo – Distanza.

Nella Figura 8.2 si riportano le combinazioni medie spettro–compatibili dello stato limite SLV, per il sito in esame, con minore scarto estrapolate da Rexelweb, i cui 7 accelerogrammi per combinazione che ne generano lo spettro in accelerazione medio, sono stati utilizzati come input al bed rock per l'analisi RSL ai rispettivi stati limite. Lo stesso spettro elastico viene poi normalizzato in modo da avere una grafitizzazione simile a quelli di normativa, di cui si riportano i parametri analitici di rappresentazione (Tabella 8.11 a fine paragrafo).

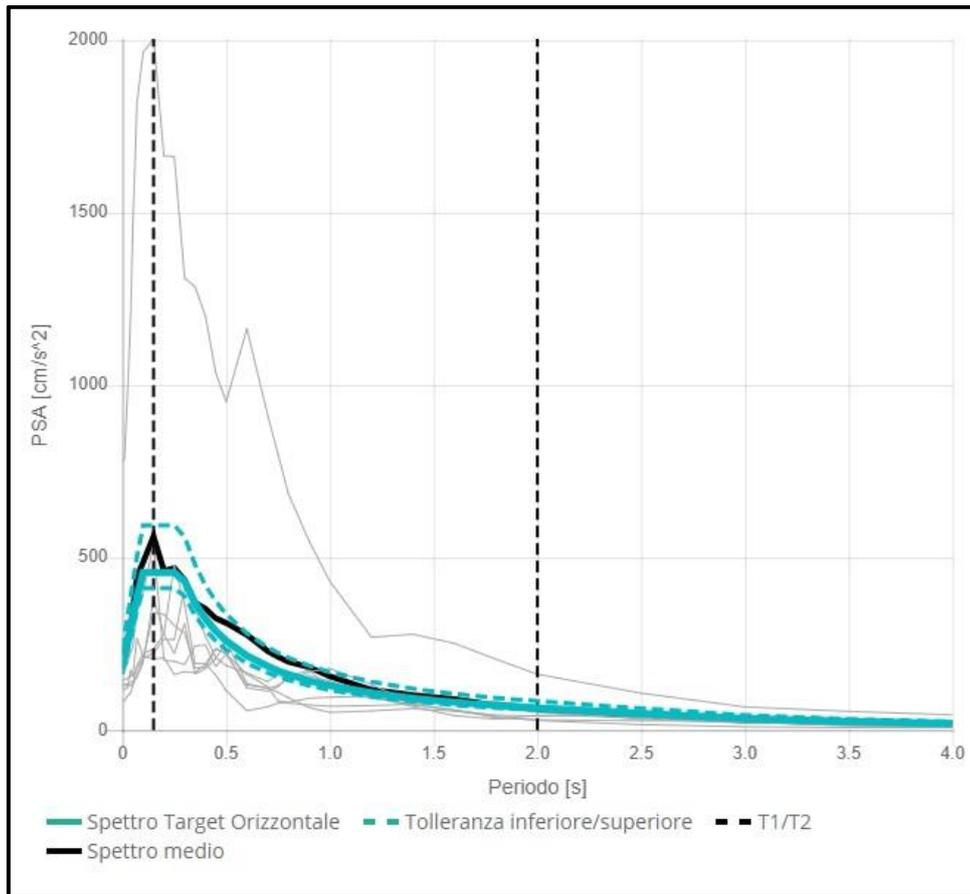


Figura 8.2 – Spettrogrammi utilizzati per SLV.

8.3.2 Elaborazione dei Dati

Al fine di valutare la risposta sismica locale e la reale attendibilità delle Categorie di Sottosuolo e del coefficiente Topografico è stato utilizzato il codice di calcolo STRATA, all'interno del quale ciascun punto della superficie esaminato viene definito mediante un modello di sottosuolo monodimensionale, ossia a strati paralleli, in cui bisogna specificare la stratigrafia lungo la verticale considerata. Nel rispetto della normativa vigente è stata effettuata una modellazione numerica assegnando una severità dell'azione sismica con la probabilità di superamento, P , e con il periodo di ritorno, T_r , relativi agli stati limite considerati. In particolare, è stata considerata una vita nominale della costruzione (V_N) di 50 anni, una classe d'uso (C_u) di III con il relativo coefficiente pari a 1.5 e quindi una vita di riferimento $V_R = 75$ anni. A partire da queste indicazioni si è determinato un periodo di ritorno dell'azione sismica di 712 anni corrispondenti allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV).

149

Una volta estrapolati gli accelerogrammi spettro compatibili con il sito di esame, e dopo aver costruito un adeguato modello di terreno, si è proceduti all'analisi di risposta sismica locale facendo propagare gli accelerogrammi di input, opportunamente scalati rispetto alla PGA di riferimento per ciascun stato limite, dal bedrock alla superficie. Gli input sismici utilizzati sono rappresentati da una settupla di storie accelerometriche applicate alla base del modello per lo stato limite considerato e riferite agli spettri di normativa calcolati per il sito in esame, considerando un sottosuolo di roccia affiorante (classe A) con topografia sub-orizzontale (T1) e correttamente deconvoluto (v. Dynamic Analysis della ITASCA, 2018).

Il modello di terreno utilizzato nelle modellazioni è stato ricostruito sulla base di tutte le prove geofisiche e geotecniche in situ e di laboratorio, che sono state eseguite nel sito di indagine.

I parametri richiesti per la modellazione numerica di risposta sismica locale, sono:

- Spessore degli strati;
- Velocità delle onde di taglio nei singoli sismostrati identificati;
- Peso di volume;
- Parametri dinamici dei terreni (smorzamento D e modulo di taglio G/G_{max} in funzione della deformazione).
- Stima del bedrock profondo da dati bibliografici, in particolare dalla lettura e analisi del CARG (1:50'000 F 348 “Antrodoco”).

150

Riguardo la velocità delle onde di taglio dei sismostrati si è fatto riferimento ai risultati ottenuti dalle prove sismiche MASW eseguite in situ; per il peso di volume alle prove di laboratorio.

Il modello sismo-stratigrafico utilizzato per l'analisi di risposta sismica locale è riportato in *Figura 8.3*.

Soil Types

+ Add Insert - Remove

	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G _{max} Model	Damping Model	Notes
1	Riporto	14.00	Vucetic & Dobry, PI = 0	Vucetic & Dobry, PI = 0	
2	Pozzolana	15.27	Vucetic & Dobry, PI = 0	Vucetic & Dobry, PI = 0	
3	Tufo litoide	16.00	Vucetic & Dobry, PI = 0	Vucetic & Dobry, PI = 0	
4	Cineriti e lapilli	15.00	Vucetic & Dobry, PI = 15	Vucetic & Dobry, PI = 15	

Site Profile

+ Add Insert - Remove

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	V _s (m/s)
1	0.00	2.00	Riporto	150.00
2	2.00	5.00	Pozzolana	285.00
3	7.00	25.00	Tufo litoide	500.00
4	32.00	Half-Space	Bedrock	800.00

Bedrock Layer

Unit weight: 22.00 kN/m³ Damping: 1.00 %

Water Table Depth

Depth: 30.00 m

Figura 8.3. – Modello sismo-stratigrafico utilizzato nel software STRATA per l'analisi di RSL.

8.3 RISULTATI OTTENUTI

In *Figura 8.4* sono raffigurati gli spettri di risposta elastica calcolati in superficie (tetto del modello) per ogni evento sismico modellizzato, la cui media è rappresentata dalla linea rossa.

151

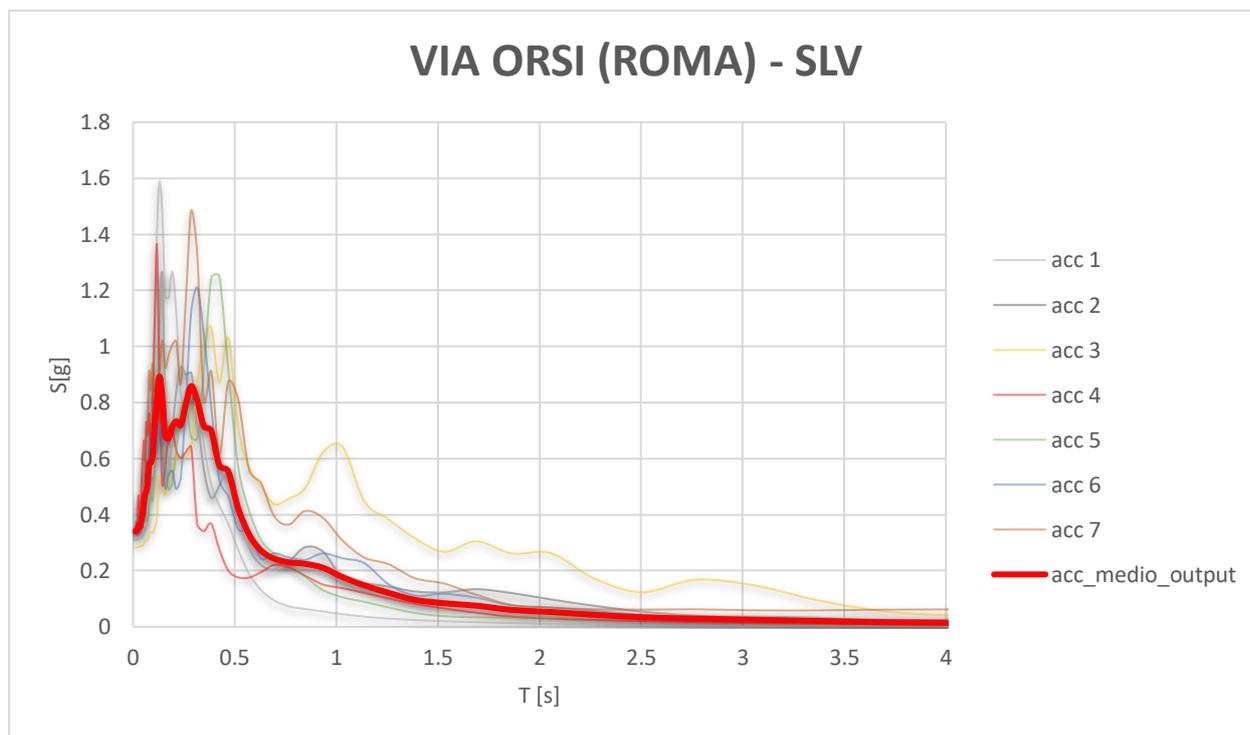


Figura 8.4 – Spetrogramma SLV

Lo spettro di risposta medio viene confrontato con quelli derivanti dalla procedura semplificata di risposta sismica locale e identificabile nelle categorie di sottosuolo. In particolare, lo spettro di risposta elastico ottenuto, presenta valori massimi (per SLV) di a_g di circa $0,893 a_g/g$ a circa $0,129$ s.

Si va a paragonare ora lo spettro ottenuto con lo spettro di normativa di riferimento (calcolato utilizzando la categoria di sottosuolo B, coefficiente d'uso III e categoria topografica T1), riportato in *Figura 8.5*.

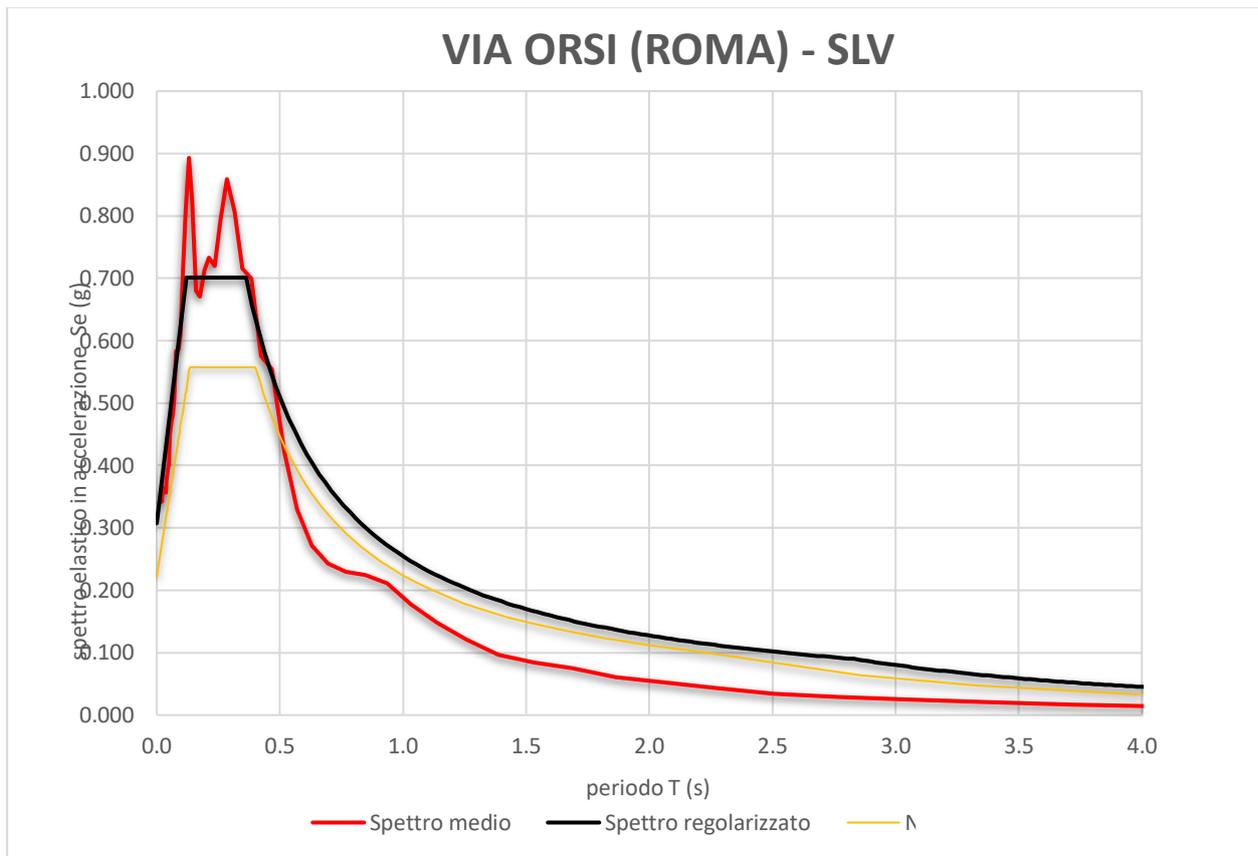


Figura 8.5 – Confronto con spettri di risposta e quelli di normativa.

Dal grafico sopra riportato, si può osservare che lo spettro normalizzato (in nero) ottenuto con la modellazione, risulta sempre superiore allo spettro di sottosuolo di categoria C-T1 delle NTC fino al periodo 0,36 s per poi tendere asintoticamente allo spettro di normativa per periodi maggiori.

Analogamente a quanto fatto per lo stato limite di salvaguardia, attraverso il software STRATA, sono stati valutati gli spettri di risposta elastici per i restanti stati limite previsti in normativa (SLO; SLD; SLC). Di seguito si riportano i seguenti parametri sismici e relativi spettri di risposta:

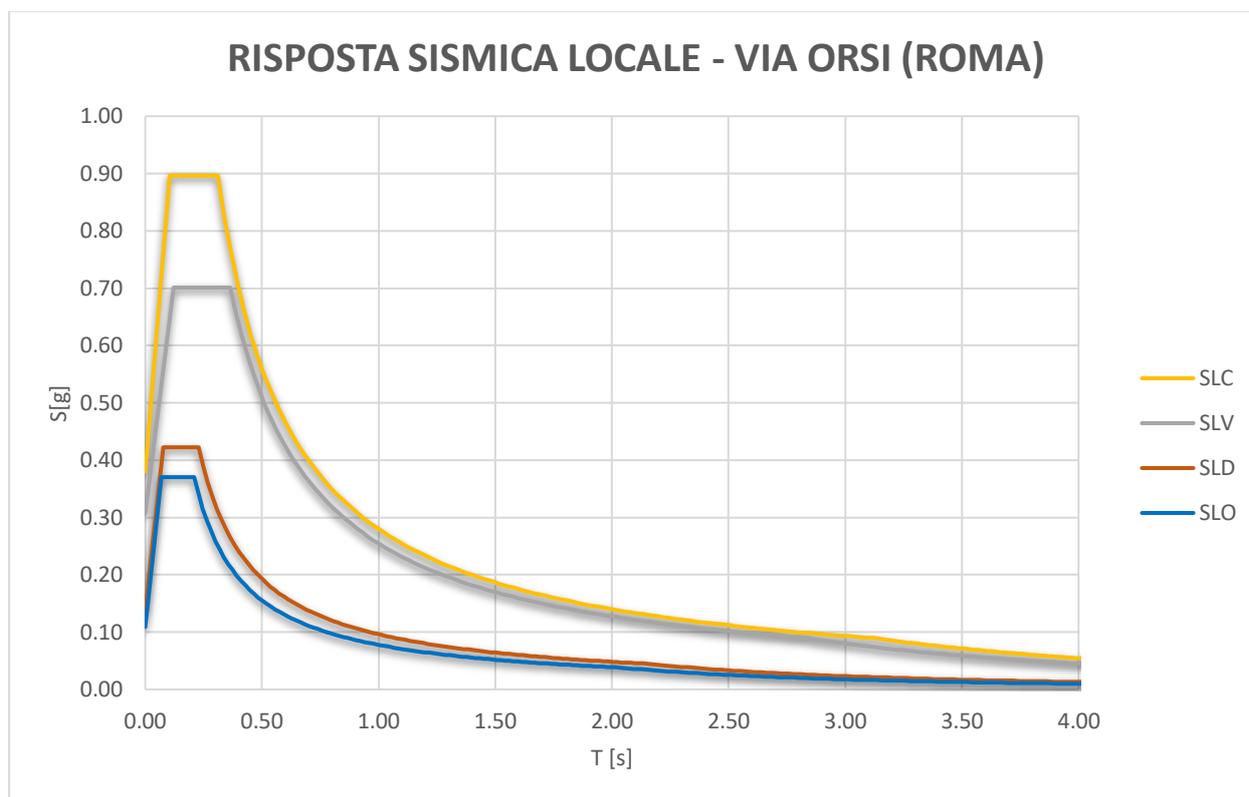


Figura 8.6 – Spettri elastici ottenuti per i diversi stati limite, componente orizzontale.

	Cu	a_g (g)	F_o	Tc' [s]	T_B [s]	T_C [s]	T_D [s]	Se
SLO	1.5	0,108	3.408	0.267	0,070	0,210	2.034	0.372
SLD	1.5	0,138	3,041	0,274	0,076	0,228	2,155	0,422
SLV	1.5	0,307	2,278	0,283	0,121	0,363	2.831	0,701
SLC	1.5	0.379	2.36	0.291	0.104	0.312	3.119	0.896

Tabella 8.12 – Valori di risposta sismica locale.

A seguire nelle Figure 8.7, 8.8 e 8.9 vengono riportati gli spettri ottenuti per gli altri stati limite (SLC, SLD, SLO) a confronto con i rispettivi spettri di normativa, dai quali si desume che:

- Per SLC lo spettro di risposta è sempre superiore a quello di normativa;
- Per SLD lo spettro di risposta risulta sempre superiore a quello di normativa;
- Per SLO lo spettro di risposta risulta sempre superiore a quello di normativa.

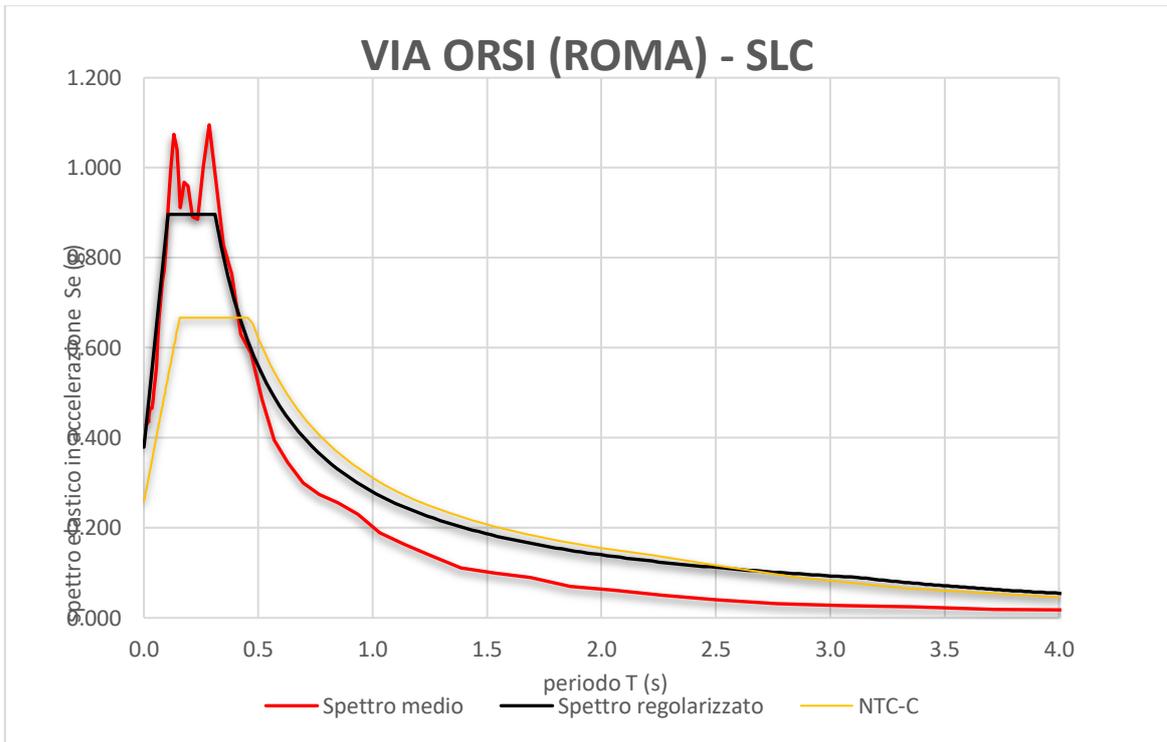


Figura 8.7 – SLC via Orsi - Roma

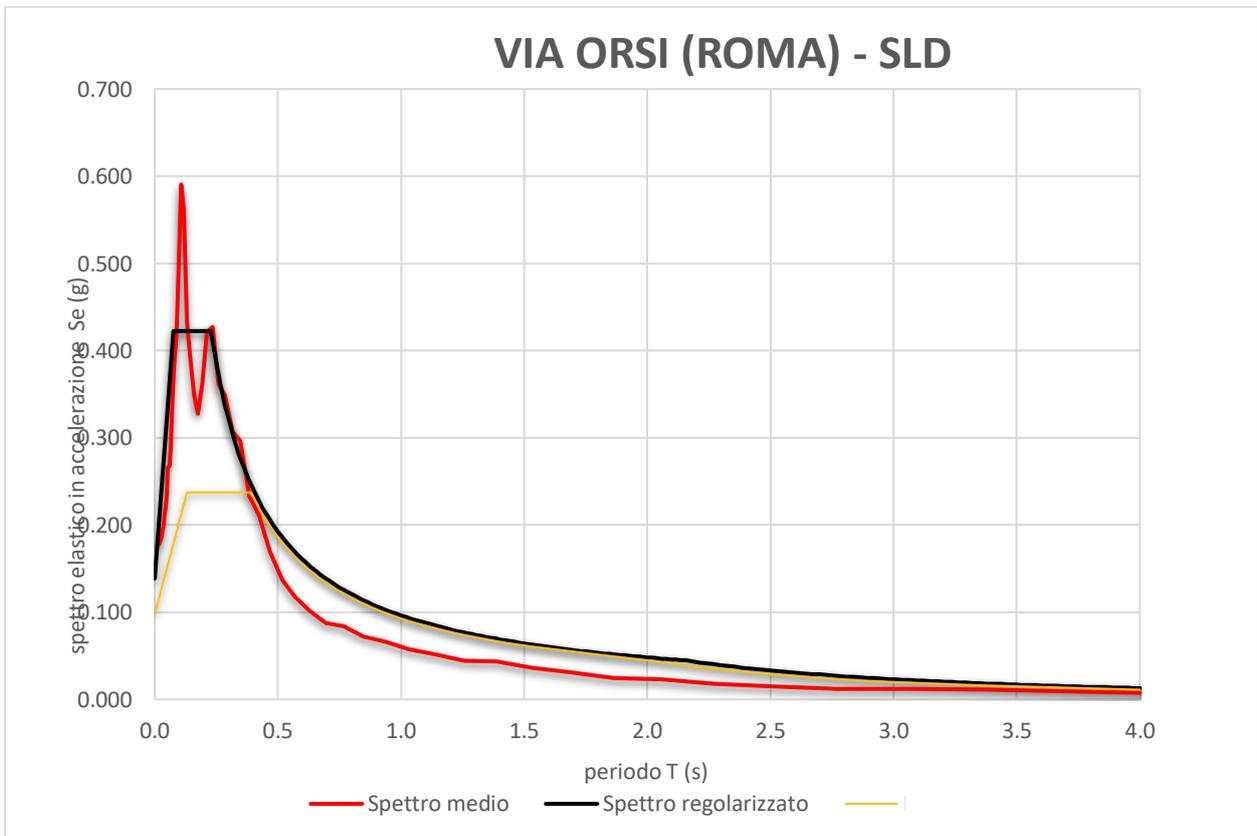


Figura 8.8 – SLD via Orsi - Roma

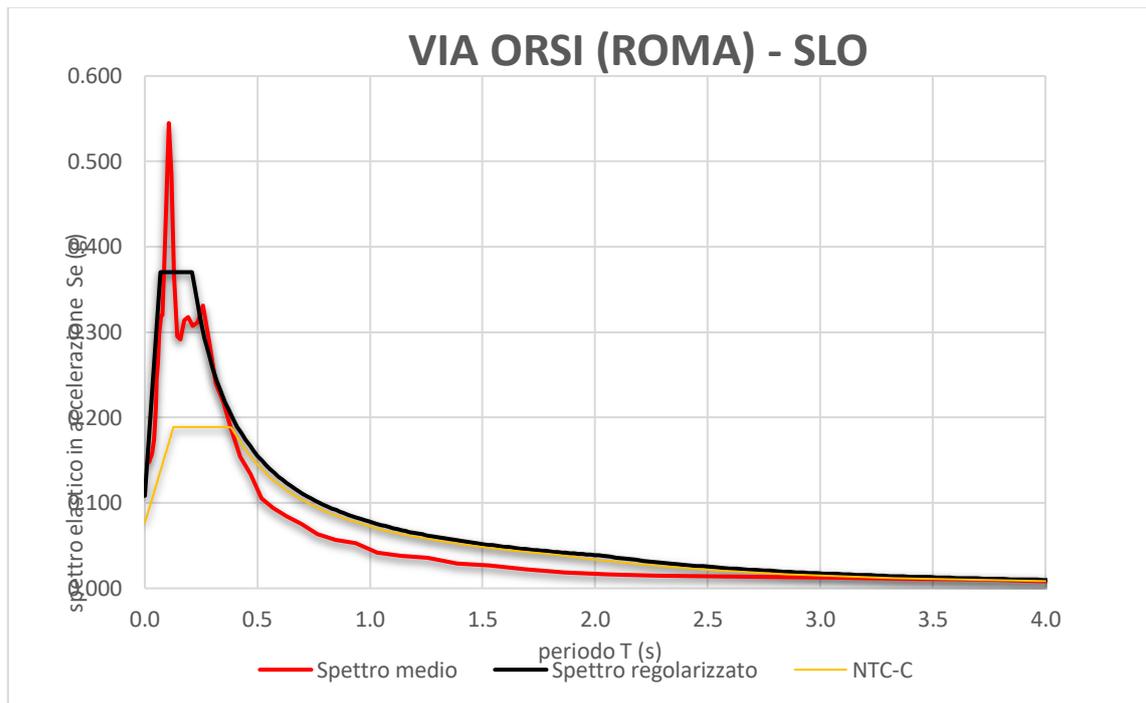


Figura 8.9 – SLO via Orsi - Roma

Si riporta infine nella *Tabella 8.13* i valori che costruiscono gli spettri normalizzati riportati nella *Figura 8.6*.

SLC		SLV		SLD		SLO	
0	0.37975	0.0000	0.3078	0.0000	0.1389	0.00000	0.10865
0.10406	0.8965	0.1211	0.7011	0.0760	0.4224	0.07000	0.37028
0.31217	0.8965	0.3634	0.7011	0.2280	0.4224	0.21001	0.37028
0.34024	0.82255	0.3881	0.6565	0.2473	0.3895	0.22826	0.34068
0.3683	0.75986	0.4128	0.6172	0.2666	0.3613	0.24650	0.31546
0.39637	0.70605	0.4375	0.5824	0.2858	0.3369	0.26475	0.29372
0.42444	0.65936	0.4621	0.5513	0.3051	0.3157	0.28299	0.27479
0.45251	0.61846	0.4868	0.5234	0.3244	0.2969	0.30124	0.25814
0.48058	0.58234	0.5115	0.4981	0.3437	0.2802	0.31949	0.24340
0.50865	0.5502	0.5362	0.4752	0.3629	0.2654	0.33773	0.23025
0.53671	0.52143	0.5608	0.4543	0.3822	0.2520	0.35598	0.21845
0.56478	0.49552	0.5855	0.4352	0.4015	0.2399	0.37422	0.20780
0.59285	0.47206	0.6102	0.4176	0.4208	0.2289	0.39247	0.19814
0.62092	0.45072	0.6349	0.4013	0.4400	0.2189	0.41072	0.18934
0.64899	0.43122	0.6595	0.3863	0.4593	0.2097	0.42896	0.18128
0.67706	0.41335	0.6842	0.3724	0.4786	0.2012	0.44721	0.17389

0.70512	0.39689	0.7089	0.3594	0.4979	0.1934	0.46545	0.16707
0.73319	0.3817	0.7336	0.3473	0.5171	0.1862	0.48370	0.16077
0.76126	0.36763	0.7582	0.3360	0.5364	0.1795	0.50194	0.15492
0.78933	0.35455	0.7829	0.3254	0.5557	0.1733	0.52019	0.14949
0.8174	0.34238	0.8076	0.3155	0.5750	0.1675	0.53844	0.14442
0.84547	0.33101	0.8323	0.3061	0.5942	0.1621	0.55668	0.13969
0.87353	0.32038	0.8569	0.2973	0.6135	0.1570	0.57493	0.13526
0.9016	0.3104	0.8816	0.2890	0.6328	0.1522	0.59317	0.13110
0.92967	0.30103	0.9063	0.2811	0.6521	0.1477	0.61142	0.12718
0.95774	0.29221	0.9310	0.2737	0.6713	0.1435	0.62967	0.12350
0.98581	0.28389	0.9556	0.2666	0.6906	0.1395	0.64791	0.12002
1.01387	0.27603	0.9803	0.2599	0.7099	0.1357	0.66616	0.11673
1.04194	0.26859	1.0050	0.2535	0.7292	0.1321	0.68440	0.11362
1.07001	0.26155	1.0297	0.2474	0.7484	0.1287	0.70265	0.11067
1.09808	0.25486	1.0544	0.2417	0.7677	0.1255	0.72090	0.10787
1.12615	0.24851	1.0790	0.2361	0.7870	0.1224	0.73914	0.10521
1.15422	0.24247	1.1037	0.2308	0.8062	0.1195	0.75739	0.10267
1.18228	0.23671	1.1284	0.2258	0.8255	0.1167	0.77563	0.10026
1.21035	0.23122	1.1531	0.2210	0.8448	0.1140	0.79388	0.09795
1.23842	0.22598	1.1777	0.2163	0.8641	0.1115	0.81212	0.09575
1.26649	0.22097	1.2024	0.2119	0.8833	0.1090	0.83037	0.09365
1.29456	0.21618	1.2271	0.2076	0.9026	0.1067	0.84862	0.09163
1.32263	0.21159	1.2518	0.2035	0.9219	0.1045	0.86686	0.08971
1.35069	0.2072	1.2764	0.1996	0.9412	0.1023	0.88511	0.08786
1.37876	0.20298	1.3011	0.1958	0.9604	0.1003	0.90335	0.08608
1.40683	0.19893	1.3258	0.1922	0.9797	0.0983	0.92160	0.08438
1.4349	0.19504	1.3505	0.1887	0.9990	0.0964	0.93985	0.08274
1.46297	0.1913	1.3751	0.1853	1.0183	0.0946	0.95809	0.08116
1.49104	0.18769	1.3998	0.1820	1.0375	0.0928	0.97634	0.07965
1.5191	0.18423	1.4245	0.1789	1.0568	0.0911	0.99458	0.07819
1.54717	0.18088	1.4492	0.1758	1.0761	0.0895	1.01283	0.07678
1.57524	0.17766	1.4738	0.1729	1.0954	0.0879	1.03108	0.07542
1.60331	0.17455	1.4985	0.1700	1.1146	0.0864	1.04932	0.07411
1.63138	0.17155	1.5232	0.1673	1.1339	0.0849	1.06757	0.07284
1.65945	0.16865	1.5479	0.1646	1.1532	0.0835	1.08581	0.07162
1.68751	0.16584	1.5725	0.1620	1.1725	0.0821	1.10406	0.07043
1.71558	0.16313	1.5972	0.1595	1.1917	0.0808	1.12230	0.06929
1.74365	0.1605	1.6219	0.1571	1.2110	0.0795	1.14055	0.06818
1.77172	0.15796	1.6466	0.1547	1.2303	0.0783	1.15880	0.06711
1.79979	0.1555	1.6713	0.1525	1.2496	0.0771	1.17704	0.06607
1.82786	0.15311	1.6959	0.1502	1.2688	0.0759	1.19529	0.06506
1.85592	0.15079	1.7206	0.1481	1.2881	0.0748	1.21353	0.06408

1.88399	0.14855	1.7453	0.1460	1.3074	0.0737	1.23178	0.06313
1.91206	0.14637	1.7700	0.1439	1.3267	0.0726	1.25003	0.06221
1.94013	0.14425	1.7946	0.1420	1.3459	0.0716	1.26827	0.06131
1.9682	0.14219	1.8193	0.1400	1.3652	0.0705	1.28652	0.06044
1.99627	0.14019	1.8440	0.1382	1.3845	0.0696	1.30476	0.05960
2.02433	0.13825	1.8687	0.1363	1.4038	0.0686	1.32301	0.05878
2.0524	0.13636	1.8933	0.1346	1.4230	0.0677	1.34126	0.05798
2.08047	0.13452	1.9180	0.1328	1.4423	0.0668	1.35950	0.05720
2.10854	0.13273	1.9427	0.1312	1.4616	0.0659	1.37775	0.05644
2.13661	0.13098	1.9674	0.1295	1.4809	0.0650	1.39599	0.05570
2.16468	0.12928	1.9920	0.1279	1.5001	0.0642	1.41424	0.05499
2.19274	0.12763	2.0167	0.1263	1.5194	0.0634	1.43248	0.05429
2.22081	0.12602	2.0414	0.1248	1.5387	0.0626	1.45073	0.05360
2.24888	0.12444	2.0661	0.1233	1.5580	0.0618	1.46898	0.05294
2.27695	0.12291	2.0907	0.1219	1.5772	0.0611	1.48722	0.05229
2.30502	0.12141	2.1154	0.1204	1.5965	0.0603	1.50547	0.05165
2.33309	0.11995	2.1401	0.1191	1.6158	0.0596	1.52371	0.05104
2.36115	0.11853	2.1648	0.1177	1.6350	0.0589	1.54196	0.05043
2.38922	0.11713	2.1894	0.1164	1.6543	0.0582	1.56021	0.04984
2.41729	0.11577	2.2141	0.1151	1.6736	0.0575	1.57845	0.04927
2.44536	0.11445	2.2388	0.1138	1.6929	0.0569	1.59670	0.04870
2.47343	0.11315	2.2635	0.1126	1.7121	0.0563	1.61494	0.04815
2.5015	0.11188	2.2882	0.1113	1.7314	0.0556	1.63319	0.04761
2.52956	0.11064	2.3128	0.1102	1.7507	0.0550	1.65144	0.04709
2.55763	0.10942	2.3375	0.1090	1.7700	0.0544	1.66968	0.04657
2.5857	0.10823	2.3622	0.1079	1.7892	0.0538	1.68793	0.04607
2.61377	0.10707	2.3869	0.1067	1.8085	0.0533	1.70617	0.04558
2.64184	0.10593	2.4115	0.1057	1.8278	0.0527	1.72442	0.04510
2.66991	0.10482	2.4362	0.1046	1.8471	0.0521	1.74266	0.04462
2.69797	0.10373	2.4609	0.1035	1.8663	0.0516	1.76091	0.04416
2.72604	0.10266	2.4856	0.1025	1.8856	0.0511	1.77916	0.04371
2.75411	0.10162	2.5102	0.1015	1.9049	0.0506	1.79740	0.04326
2.78218	0.10059	2.5349	0.1005	1.9242	0.0501	1.81565	0.04283
2.81025	0.09959	2.5596	0.0995	1.9434	0.0496	1.83389	0.04240
2.83832	0.0986	2.5843	0.0986	1.9627	0.0491	1.85214	0.04199
2.86638	0.09763	2.6089	0.0977	1.9820	0.0486	1.87039	0.04158
2.89445	0.09669	2.6336	0.0967	2.0013	0.0481	1.88863	0.04117
2.92252	0.09576	2.6583	0.0958	2.0205	0.0477	1.90688	0.04078
2.95059	0.09485	2.6830	0.0950	2.0398	0.0472	1.92512	0.04039
2.97866	0.09395	2.7076	0.0941	2.0591	0.0468	1.94337	0.04001
3.00673	0.09308	2.7323	0.0932	2.0784	0.0463	1.96162	0.03964
3.03479	0.09222	2.7570	0.0924	2.0976	0.0459	1.97986	0.03928

3.06286	0.09137	2.7817	0.0916	2.1169	0.0455	1.99811	0.03892
3.09093	0.09054	2.8063	0.0908	2.1362	0.0451	2.01635	0.03857
3.119	0.08973	2.8310	0.0900	2.1555	0.0447	2.03460	0.03822
3.13781	0.08865	2.8527	0.0886	2.1839	0.0435	2.06425	0.03713
3.15662	0.0876	2.8744	0.0873	2.2124	0.0424	2.09391	0.03609
3.17543	0.08657	2.8961	0.0860	2.2408	0.0413	2.12356	0.03509
3.19424	0.08555	2.9178	0.0847	2.2692	0.0403	2.15322	0.03413
3.21305	0.08455	2.9395	0.0835	2.2977	0.0393	2.18287	0.03320
3.23186	0.08357	2.9612	0.0823	2.3261	0.0384	2.21252	0.03232
3.25067	0.08261	2.9829	0.0811	2.3546	0.0374	2.24218	0.03147
3.26948	0.08166	3.0045	0.0799	2.3830	0.0366	2.27183	0.03065
3.28829	0.08073	3.0262	0.0788	2.4115	0.0357	2.30149	0.02987
3.3071	0.07981	3.0479	0.0776	2.4399	0.0349	2.33114	0.02911
3.32591	0.07891	3.0696	0.0766	2.4684	0.0341	2.36079	0.02839
3.34472	0.07803	3.0913	0.0755	2.4968	0.0333	2.39045	0.02769
3.36353	0.07716	3.1130	0.0744	2.5252	0.0326	2.42010	0.02701
3.38234	0.0763	3.1347	0.0734	2.5537	0.0318	2.44976	0.02636
3.40115	0.07546	3.1564	0.0724	2.5821	0.0311	2.47941	0.02574
3.41996	0.07463	3.1781	0.0714	2.6106	0.0305	2.50906	0.02513
3.43877	0.07382	3.1998	0.0705	2.6390	0.0298	2.53872	0.02455
3.45758	0.07301	3.2214	0.0695	2.6675	0.0292	2.56837	0.02398
3.47639	0.07223	3.2431	0.0686	2.6959	0.0286	2.59803	0.02344
3.4952	0.07145	3.2648	0.0677	2.7244	0.0280	2.62768	0.02291
3.51401	0.07069	3.2865	0.0668	2.7528	0.0274	2.65733	0.02241
3.53282	0.06994	3.3082	0.0659	2.7813	0.0268	2.68699	0.02191
3.55163	0.0692	3.3299	0.0651	2.8097	0.0263	2.71664	0.02144
3.57044	0.06847	3.3516	0.0642	2.8381	0.0258	2.74630	0.02098
3.58925	0.06776	3.3733	0.0634	2.8666	0.0253	2.77595	0.02053
3.60806	0.06705	3.3950	0.0626	2.8950	0.0248	2.80560	0.02010
3.62687	0.06636	3.4166	0.0618	2.9235	0.0243	2.83526	0.01968
3.64568	0.06567	3.4383	0.0610	2.9519	0.0238	2.86491	0.01928
3.66449	0.065	3.4600	0.0603	2.9804	0.0234	2.89457	0.01888
3.6833	0.06434	3.4817	0.0595	3.0088	0.0229	2.92422	0.01850
3.70211	0.06369	3.5034	0.0588	3.0373	0.0225	2.95387	0.01813
3.72092	0.06305	3.5251	0.0580	3.0657	0.0221	2.98353	0.01777
3.73973	0.06241	3.5468	0.0573	3.0942	0.0217	3.01318	0.01743
3.75854	0.06179	3.5685	0.0566	3.1226	0.0213	3.04284	0.01709
3.77735	0.06118	3.5902	0.0560	3.1510	0.0209	3.07249	0.01676
3.79616	0.06057	3.6119	0.0553	3.1795	0.0205	3.10214	0.01644
3.81497	0.05998	3.6335	0.0546	3.2079	0.0202	3.13180	0.01613
3.83378	0.05939	3.6552	0.0540	3.2364	0.0198	3.16145	0.01583
3.85259	0.05881	3.6769	0.0534	3.2648	0.0195	3.19111	0.01554

3.8714	0.05824	3.6986	0.0527	3.2933	0.0191	3.22076	0.01525
3.89021	0.05768	3.7203	0.0521	3.3217	0.0188	3.25041	0.01498
3.90902	0.05712	3.7420	0.0515	3.3502	0.0185	3.28007	0.01471
3.92783	0.05658	3.7637	0.0509	3.3786	0.0182	3.30972	0.01444
3.94664	0.05604	3.7854	0.0503	3.4071	0.0179	3.33938	0.01419
3.96545	0.05551	3.8071	0.0498	3.4355	0.0176	3.36903	0.01394
3.98426	0.05499	3.8288	0.0492	3.4639	0.0173	3.39868	0.01370
4.00307	0.05447	3.8504	0.0487	3.4924	0.0170	3.42834	0.01346
4.02188	0.05396	3.8721	0.0481	3.5208	0.0167	3.45799	0.01323
4.04069	0.05346	3.8938	0.0476	3.5493	0.0165	3.48765	0.01301
4.0595	0.05297	3.9155	0.0470	3.5777	0.0162	3.51730	0.01279
4.07831	0.05248	3.9372	0.0465	3.6062	0.0160	3.54695	0.01258
4.09712	0.052	3.9589	0.0460	3.6346	0.0157	3.57661	0.01237
4.11593	0.05153	3.9806	0.0455	3.6631	0.0155	3.60626	0.01217
4.13474	0.05106	4.0023	0.0450	3.6915	0.0152	3.63592	0.01197
4.15355	0.0506	4.0240	0.0445	3.7200	0.0150	3.66557	0.01178
4.17236	0.05014	4.0457	0.0441	3.7484	0.0148	3.69522	0.01159
4.19117	0.04969	4.0673	0.0436	3.7768	0.0146	3.72488	0.01140
4.20998	0.04925	4.0890	0.0431	3.8053	0.0143	3.75453	0.01122
4.22879	0.04881	4.1107	0.0427	3.8337	0.0141	3.78419	0.01105
4.2476	0.04838	4.1324	0.0422	3.8622	0.0139	3.81384	0.01088
4.26641	0.04795	4.1541	0.0418	3.8906	0.0137	3.84349	0.01071
4.28522	0.04753	4.1758	0.0414	3.9191	0.0135	3.87315	0.01055
4.30403	0.04712	4.1975	0.0409	3.9475	0.0133	3.90280	0.01039
4.32284	0.04671	4.2192	0.0405	3.9760	0.0131	3.93246	0.01023
4.34165	0.04631	4.2409	0.0401	4.0044	0.0129	3.96211	0.01008
4.36046	0.04591	4.2625	0.0397	4.0329	0.0128	3.99176	0.00993
4.37927	0.04551	4.2842	0.0393	4.0613	0.0126	4.02142	0.00978
4.39808	0.04513	4.3059	0.0389	4.0897	0.0124	4.05107	0.00964
4.41689	0.04474	4.3276	0.0385	4.1182	0.0122	4.08073	0.00950
4.4357	0.04436	4.3493	0.0381	4.1466	0.0121	4.11038	0.00936
4.45451	0.04399	4.3710	0.0378	4.1751	0.0119	4.14003	0.00923
4.47332	0.04362	4.3927	0.0374	4.2035	0.0117	4.16969	0.00910
4.49213	0.04326	4.4144	0.0370	4.2320	0.0116	4.19934	0.00897
4.51094	0.0429	4.4361	0.0367	4.2604	0.0114	4.22900	0.00885
4.52975	0.04254	4.4578	0.0363	4.2889	0.0113	4.25865	0.00872
4.54856	0.04219	4.4794	0.0359	4.3173	0.0111	4.28830	0.00860
4.56737	0.04184	4.5011	0.0356	4.3458	0.0110	4.31796	0.00849
4.58618	0.0415	4.5228	0.0353	4.3742	0.0108	4.34761	0.00837
4.60499	0.04116	4.5445	0.0349	4.4026	0.0107	4.37727	0.00826
4.6238	0.04083	4.5662	0.0346	4.4311	0.0106	4.40692	0.00815
4.64261	0.0405	4.5879	0.0343	4.4595	0.0104	4.43657	0.00804

4.66142	0.04017	4.6096	0.0339	4.4880	0.0103	4.46623	0.00793
4.68023	0.03985	4.6313	0.0336	4.5164	0.0102	4.49588	0.00783
4.69904	0.03953	4.6530	0.0333	4.5449	0.0101	4.52554	0.00773
4.71785	0.03922	4.6747	0.0330	4.5733	0.0099	4.55519	0.00762
4.73666	0.03891	4.6963	0.0327	4.6018	0.0098	4.58484	0.00753
4.75547	0.0386	4.7180	0.0324	4.6302	0.0097	4.61450	0.00743
4.77428	0.03829	4.7397	0.0321	4.6587	0.0096	4.64415	0.00734
4.79309	0.03799	4.7614	0.0318	4.6871	0.0094	4.67381	0.00724
4.8119	0.0377	4.7831	0.0315	4.7155	0.0093	4.70346	0.00715
4.83071	0.03741	4.8048	0.0312	4.7440	0.0092	4.73311	0.00706
4.84952	0.03712	4.8265	0.0310	4.7724	0.0091	4.76277	0.00697
4.86833	0.03683	4.8482	0.0307	4.8009	0.0090	4.79242	0.00689
4.88714	0.03655	4.8699	0.0304	4.8293	0.0089	4.82208	0.00680
4.90595	0.03627	4.8916	0.0301	4.8578	0.0088	4.85173	0.00672
4.92476	0.03599	4.9132	0.0299	4.8862	0.0087	4.88138	0.00664
4.94357	0.03572	4.9349	0.0296	4.9147	0.0086	4.91104	0.00656
4.96238	0.03545	4.9566	0.0294	4.9431	0.0085	4.94069	0.00648
4.98119	0.03518	4.9783	0.0291	4.9716	0.0084	4.97035	0.00640
5	0.03492	5.0000	0.0289	5.0000	0.0083	5.00000	0.00633

Tabella 8.13 – Spettrogrammi tabellati.

CONCLUSIONI

La presente relazione Geologica e Sismica, è stata redatta per conto dell'U.O. Rigenerazione e Progetti Speciali della Direzione Trasformazione Urbana del Dipartimento di Programmazione e Attuazione Urbanistica, domiciliata per tale incarico presso la Sede del DPAU di via della Previdenza Sociale 20.

161

Le indagini eseguite sono consistite in:

- Nr. 3 Sondaggio geognostico (1 vestito a piezometro);
- Nr. 6 Prove SPT (Standard Penetration Test);
- Nr. 4 Prove DPSH;
- Nr. 1 prova sismica di tipo MASW;
- Nr. 1 prova sismica passiva a stazione singola (metodo HVSR – Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

L'area di studio è ubicata all'interno del territorio comunale della Municipalità VI di Roma (RM), nei pressi di Via Monsignor Pietro Orsi. L'area in esame è situata nella zona ad ovest del Comune di Roma (RM), e risulta inquadrata nella CTR della Regione Lazio scala 1:5.000 (volo 2002), Foglio 348021.

L'evoluzione geologica del territorio dell'area metropolitana romana ha portato alla formazione di un paesaggio articolato in varie morfologie, prodotte dalla combinazione degli effetti delle attività geodinamiche (o *endogene* alla crosta terrestre) e di quelle *esogene*.

Le *forze endogene* si sono esplicate attraverso:

- La formazione di faglie tettoniche e deformazioni a carattere distensivo della crosta terrestre con sollevamenti e abbassamenti differenziali che, a partire dal Pliocene al Pleistocene medio, interessarono il margine tirrenico;
- Attività eruttive dei complessi vulcanici dei Monti Sabatini e dei Colli Albani che dal Pleistocene medio (circa 600.000 anni fa) al deterioramento climatico dell'ultima fase glaciale di 20.000 anni fa, trasformarono ripetutamente il territorio con imponenti deposizioni di sedimenti prevalentemente piroclastici.

L'area di interesse ricade all'interno Carta Geologica d'Italia in scala 1:50'000 F 375 "Tivoli"
L'area in esame ricade ad est di Roma e comprende principalmente depositi vulcanici ed alluvionali. L'area di studio ricade principalmente all'interno della formazione:

- **VSN2 (Formazioni di Villa Senni):** *“La formazione di Villa Senni è riferibile all'ultima eruzione di grande volume del litosoma Vulcanico Laziale, cui è legata la forma della caldera del vulcano dei Colli Albano. L'unità è costituita da Pozzolanelle: Deposito piroclastico massivo, di colore da viola a nero, a matrice cineritico grossolana-lapillosa, generalmente incoerente; lapilli e blocchi di litici lavici possono raggiungere il 30% del deposito con spessore massimo di 30 m”.*

162

Dal punto di vista idrogeologico, il corso fluviale principale che passa vicino alla zona di interesse è il Fiume Aniene, detto un tempo anche Teverone; esso è un fiume del Lazio lungo 98.5 km ed è il secondo maggior affluente di sinistra del Tevere dopo il fiume Nera (il suo corso da vita all'omonima valle).

Dalla nuova cartografia geologica del CARG, si può chiaramente notare che in questo settore sono presenti vulcaniti sia di provenienza albana che sabatina che spesso si interdigitano e vanno a mascherare palealvei che sono espressamente del reticolo idrografico pre-vulcanico. In riva destra dell'Aniene dominano le vulcaniti sabatine mentre le albane hanno il loro maggiore sviluppo in riva sinistra. Questi termini vulcanici poggiano su sedimenti prevulcanici continentali. Le incisioni sono state colmate dai depositi alluvionali recenti dell'Aniene e dei suoi affluenti minori.

Dall'esame della carta della pericolosità e vulnerabilità geologica del territorio comunale, del Piano Regolatore del Comune di Roma (delibera Giunta Capitolina 184/2020), l'area di studio ricade in Aree critiche per l'uso compatibile della risorsa idrica degli acquiferi sotterranei.

Dall'analisi del catalogo IFFI “Rischio Frane” **non risultano frane attive** ne aree alluvionabili nella zona di interesse del comune di Roma, Municipalità VI.

Le indagini geognostiche previste dal progetto per la ricostruzione del modello geotecnico si sono articolate in:

- Esecuzione di Nr.3 sondaggio geognostico (Nr. 1 rivestito a piezometro);
- Esecuzione di Nr. 6 indagini SPT;
- Esecuzione di Nr. 4 indagini DPSH;
- Prelievo di 4 campioni indisturbati

➤ Il materiale rinvenuto sondaggio S1 risulta essere:

- **(0.00 – 2.00)** – Riporto;
- **(2.00 – 5.00)** – Limo sabbioso;
- **(5.00 – 8.00)** – Limo Sabbioso Ghiaioso;
- **(8.00 – 11.70)** – Sabbia Limosa Ghiaiosa;
- **(11.70 – 12.50)** – Cappellaccio Tufaceo;
- **(12.50 – 20.00)** – Sabbia Limosa Ghiaiosa.

La falda non è stata rinvenuta

➤ Il materiale rinvenuto nel sondaggio S2_PZ risulta essere:

- **(0.00 – 3.00)** – Riporto;
- **(3.00 – 5.00)** – Limo Sabbioso;
- **(5.00 – 7.50)** – Sabbia Limosa Ghiaiosa;
- **(7.50 – 8.00)** – Cappellaccio Tufaceo.
- **(8.00 – 14.50)** – Tufi Litoidi.
- **(14.50 – 20.00)** – Lave.

Sono state effettuate misure di falda, con le seguenti letture:

Data	Profondità (m)
28/12/2023	NON RINVENUTA
29/12/2023	NON RINVENUTA

- Il materiale rinvenuto risulta essere:
- (0.00 – 1.50) – Riporto;
 - (1.50 – 3.00) – Limo sabbioso;
 - (3.00 – 9.50) – Sabbia Limosa Ghiaiosa;
 - (9.50 – 10.50) – Cappellaccio Tufaceo;
 - (10.50 – 15.00) – Tufo Litoide;
 - (15.00 – 20.00) – Ghiaia Sabbiosa (nerastra).

La falda non è stata rinvenuta.

Sulla base dei risultati delle stratigrafie, delle analisi dei campioni e delle SPT è stato possibile definire il modello geotecnico per i sondaggi S1, S2_PZ e S3

- Il modello, riferito ai sondaggi, indica la presenza di 3 distinte unità geotecniche (con falda non rinvenuta.), i cui parametri medi sono riportati nelle rispettive tabelle di sintesi:

- 1) Un primo livello, con uno spessore di circa variabile dai 3.00 agli 6.00 m è costituito da **Limo sabbioso-ghiaioso**.

Peso unità di volume kN/m³	12.45
Peso unità di volume saturo kN/m³	15.93
Densità Relativa (%)	70.00
Angolo di attrito ϕ' (°)	32.00°
Modulo di Young (Kg/cm²)	301.00
Modulo Edometrico (Kg/cm²)	215.00
Resistenza Punta Penetrometro Statico (Kg/cm²)	104.00
Coefficiente di spinta a riposo	37.70
Coesione non Drenata (Kg/cm²)	37.70

- 2) Segue quindi un'unità geotecnica con uno spessore variabile dai 3 ai 7 metri circa costituita da Sabbia limosa ghiaiosa

Peso unità di volume kN/m³	12.60
Peso unità di volume saturo kN/m³	16.22
Densità Relativa (%)	79.97
Angolo di attrito ϕ' (°)	52.50
Modulo di Young (Kg/cm²)	622.00
Modulo Edometrico (Kg/cm²)	568.00
Resistenza Punta Penetrometro Statico (Kg/cm²)	95.00
Coefficiente di spinta a riposo	95.00

- 3) Infine, vi è un tufo litoide a partire dagli 8.0 - 11.0 metri di profondità.

A seguito dell'incarico ricevuto è stata eseguita una campagna di indagine geofisica per determinare il valore del v_{Seq} ed individuare la frequenza caratteristica di risonanza di sito, ai sensi del D.M. 17/01/2018.

A tale scopo sono state effettuate le seguenti indagini, visibili in *Figura 7.1*:

- n° 1 profilo sismico tipo M.A.S.W. (Multichannel analysis of surface waves);
- n° 1 misura HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

Dal momento che il substrato ha una profondità inferiore ai 30 metri, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{Seq} è quindi pari a:

$$V_{Seq} = 417 \text{ m/s}$$

Categoria di suolo: **B** - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

Il picco evidenziato a 3.81 Hz, più superficiale, è da associare a valori di profondità intorno ai 13/15 m (tetto dei tufi), mentre, come si evince dalla stratigrafia derivata dall'indagine HVSR, il *bedrock sismico* può essere individuato a profondità superiori ai 335 m.

Il successivo studio di **Risposta Sismica Locale** è stato condotto secondo un'analisi avanzata di RSL basata sulla classificazione del sottosuolo alla luce delle indagini geofisiche effettuate e l'individuazione, mediante apposite tabelle fornite dalla normativa, del coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S , del coefficiente di amplificazione topografica S_T nonché del coefficiente C_C che modifica il periodo T_C e di conseguenza gli altri periodi notevoli dello spettro di risposta elastico (NTC 2018, §3.2.2-3). Inoltre, sono stati estrapolati gli accelerogrammi spettrocompatibili per il sito di esame, e dopo aver costruito un adeguato modello del sottosuolo, si è proceduto all'analisi di risposta sismica locale facendo propagare gli accelerogrammi di input, opportunamente scalati rispetto alla PGA di riferimento per ciascun stato limite, dal bedrock alla superficie.

Le analisi condotte hanno quindi evidenziato le seguenti risultanze, considerando una **Classe di uso III** ed una **Vita Nominale di 50 anni**:

sulla base delle indagini geofisiche, il terreno del sito in esame rientra sismicamente nella categoria di sottosuolo Categoria di suolo: **B**.

- l'area risulta caratterizzata da pendenze inferiori a 15°, per cui ricade nella **categoria T1** a cui va attribuito un coefficiente di amplificazione topografica S_T pari a 1 come riportato nella tabella 3.2 V delle N.T.C. 2018.
- il valore della PGA di sito, è pari a 0.639 g per lo Stato Limite di Operatività (valore minimo di riferimento per la continuità di funzionamento dell'impiantistica critica) e a 2.286 g per lo Stato Limite di Collasso (valore limite per la resistenza della struttura portante);
- gli spettri di risposta mostrano come il valore massimo di accelerazione orizzontale vari per ciascun stato limite passando da 0,54 g per SLO a 1.09 g per SLC.

BIBLIOGRAFIA

- Google Earth Pro per desktop;
- INGV – Carta della pericolosità Sismica;
- Carta Geologica d'Italia in scala 1:50'000 F 375 “Tivoli”
- NTC 2018 Norme Tecniche per le costruzioni;
- Dall'esame delle cartografie di riferimento del P.A.I. (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PSAI);
- Consultazione del portale geologico nazionale ISPRA al fine di individuare indagini pregresse eseguite in zone limitrofe;
- Progetto IFFI – Inventario dei fenomeni franosi in Italia.

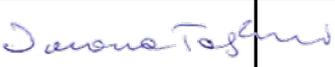
ALLEGATI

ROMA CAPITALE Direzione Tecnica Municipio VI

**Attività Geognostiche e Sismiche,
 per la redazione del PFTE
 ponte ciclo-pedonale in via Pietro Orsi ed edificio
 annesso, Municipio VI – Roma**

Prove geotecniche di laboratorio



2401/lab/00	Rev. 00	17/01/2024	 geol. S. Tagliarini	 ing. R.Rippa D.T.	ing. R.Rippa D.T.
Codice	Stato	Data	Redatto	Verificato	Approvato
			Nome Funzione	Nome Funzione	Nome Funzione

ROMA CAPITALE Direzione Tecnica Municipio VI, per il tramite di GIA Consulting s.r.l., ha dato incarico alla nostra Società di eseguire prove geotecniche di laboratorio su n° 4 campioni indisturbati di terreno, prelevati presso il ponte ciclo-pedonale in via Pietro Orsi ed edificio annesso, Municipio VI – Roma, nell’ambito delle “Attività Geognostiche e Sismiche, per la redazione del PFTE”.

Sui campioni prelevati, dal Committente, è stato indicato un programma di prove sperimentali.

La sperimentazione ha previsto la descrizione geotecnica, la determinazione delle caratteristiche fisiche generali, l’analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione, l’esecuzione di prove miranti alla determinazione della resistenza a rottura (una prova di taglio diretto CD e una prova di compressione triassiale consolidata drenata CID) e prove di compressione edometrica.

Il programma delle prove originariamente previsto è stato attuato parzialmente, in relazione alla natura ed allo stato dei campioni ed al quantitativo di materiale effettivamente utilizzabile per le prove.

Nelle tabelle che seguono è riepilogato il programma di prove effettivamente eseguite.

Tutta la sperimentazione è stata eseguita secondo le Normative e le Raccomandazioni di riferimento, citate su ogni certificato di prova.

Tabella 1 – Via Pietro Orsi - Roma – Prove eseguite

Campione	Prof. (m)	Caratt. fisiche generali	Analisi granul. Sed+stacc	Prova di taglio diretto	Prova Tx CID	Prova Edometrica
S1 - C1	2.00:2.30	X	X	X	-	X
S2_Pz- C1	3.00:3.40	X	X	-	X	X
S3 - C1	4.50:4.80	X	X	-	-	X
S3 - C2	10.50:11.00	X	X	-	-	-

Napoli, gennaio 2024

Il Direttore Tecnico

(dott. ing. Roberto Rippa)



Committente: **Roma Capitale Dir. Tec. Municipio VI**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**

Accettazione n°	711
prova n:	4098/01
cod. prova	Des2995

Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ponte ciclo-pedonale via P. Orsi - Roma - Municipio VI**

Sondaggio: **S1** Campione: **C1** Profondità (m): **2.00:2.30**

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (A.S.T.M. D2488-09a)

Data ricevimento:	03/01/2024	Dimensioni del campione:
Data di apertura:	08/01/2024	diametro: 85 mm
Stato del campione:	Indisturbato	lunghezza: 340 mm

Descrizione del campione	<i>Sabbia limosa di colore marrone. Presenti inclusi lapidei millimetrici e numerose tracce biancastre di sericite. Qualche traccia nerastra di sostanza organica. Mediamente addensata. Umida.</i>
--------------------------	---

Colore:	marrone
---------	---------

Plasticità:	<input checked="" type="checkbox"/> Non plastico <input type="checkbox"/> Poco plastico <input type="checkbox"/> Mediam. plastico <input type="checkbox"/> Molto plastico
-------------	---

Addensamento: (terreni granulari)	<input type="checkbox"/> Sciolto <input type="checkbox"/> Poco addensato <input checked="" type="checkbox"/> Mediam. addensato <input type="checkbox"/> Addensato
--------------------------------------	---

Consistenza: (terreni coesivi)	<input type="checkbox"/> Poco consistente <input type="checkbox"/> Mediam. consistente <input type="checkbox"/> Consistente <input type="checkbox"/> Molto consistente
-----------------------------------	--

Grado di umidità:	<input type="checkbox"/> Asciutto <input type="checkbox"/> Poco umido <input checked="" type="checkbox"/> Umido <input type="checkbox"/> Molto umido <input type="checkbox"/> Saturo
-------------------	--

Alterazione:	<input checked="" type="checkbox"/> Assente <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Elevata
--------------	---

Reazione con HCl	<input checked="" type="checkbox"/> Nulla <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Moderata <input type="checkbox"/> Elevata
------------------	--

Accettazione n°	711
prova n:	4098/01

Struttura	<input checked="" type="checkbox"/> Massiva <input type="checkbox"/> Stratificata <input type="checkbox"/> Scagliosa <input type="checkbox"/> Laminata <input type="checkbox"/> Caotica <input type="checkbox"/> Altro:.....
Fratturazione	<input checked="" type="checkbox"/> Assente <input type="checkbox"/> Moderata <input type="checkbox"/> Elevata
Cementazione	<input checked="" type="checkbox"/> Assente <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Elevata

PROVE ESEGUITE

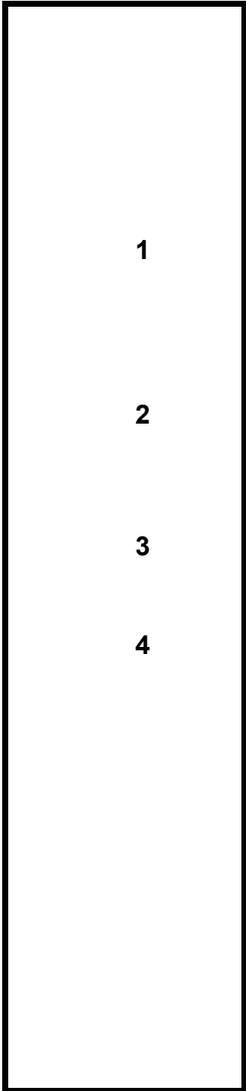
L totale= 34 cm

Parte Superiore (P.S.)
 _____ cm

Parte Centrale (P.C.)
 _____ cm

- 1) Caratteristiche fisiche generali
- 2) Analisi granulometrica
- 3) Prova di taglio diretto CD
- 4) Prova di compressione edometrica

Parte Inferiore (P.I.)
 _____ cm



Pocket penetrometer
 (Kg/cm²)

Vane test
 (Kg/cm²)

Committente: **Roma Capitale Dir. Tec. Municipio VI**

Accettazione n°:	711
Prova n°:	4098/02
cod. prova	ngw17003

Direttore dei Lavori: **non dichiarato**

Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ponte ciclo-pedonale via P. Orsi - Roma - Municipio VI**

Sondaggio: **S1** Campione: **C1** Profondità (m): **2.00:2.30**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Data ricevimento 03/01/2024
Data inizio prova: 08/01/2024

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³

Peso specifico dei grani (UNI EN ISO 17892-3)

Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P's=	10.00 g	$\gamma'_s = 25.89 \text{ kN/m}^3$	Peso specifico dei grani medio $\gamma_s = 25.91 \text{ kN/m}^3$
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P'2=	156.49 g		
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P'1=	150.28 g		
Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P"s=	10.00 g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P"2=	153.61 g	$\gamma''_s = 25.92 \text{ kN/m}^3$	
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P"1=	147.39 g		

Contenuto d'acqua (UNI EN ISO 17892-1), peso di volume umido e secco (UNI EN ISO 17892-2)

Diametro del provino:	68 mm	Contenuto d'acqua Peso dell'unità di volume umido Peso dell'unità di volume secco	w = 0.247 $\gamma = 15.27 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_d = 12.25 \text{ kN/m}^3$
Altezza del provino:	20 mm		
Area del provino:	36.00 cm ²		
Volume del provino:	71.99 cm ³		
Peso pesafiltro vuoto:	32.00 g		
Peso pes.+provino umido	144.11 g		
Peso pes.+provino secco	121.92 g		

Porosità, indice di porosità e grado di saturazione (parametri derivati dai precedenti)

Peso specifico dei grani	$\gamma_s = 25.9 \text{ kN/m}^3$	Porosità	n = 0.527
Contenuto d'acqua	w = 0.247	Indice di porosità	e = 1.116
Peso di vol. secco	$\gamma_d = 12.25 \text{ kN/m}^3$	Grado di saturazione	Sr = 0.573

Tenore in carbonati (A.S.T.M. D4373-14)

Pressione barometrica	mm Hg	Tenore in carbonati %
Temperatura	° C	
Quantità di materiale	g	
Acido carbonico sviluppato	cm ³	
Assorbimento di CO ₂ nella soluzione con HCl	cm ³	

Sostanze organiche (A.S.T.M. D2974-14)

Peso pesafiltro vuoto:	Contenuto di sostanze organiche
Peso pes.+terreno essiccato a 105°	
Peso pes.+terreno dopo calcinazione	

Accettazione n°:	711
Prova n°:	4098/03
cod. prova:	gr19645
Data ricevimento:	03/01/24
Data inizio prova:	10/01/24

Committente: **Roma Capitale Dir. Tec. Municipio VI non dichiarato**
 Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
 (Richiesta non sottoscritta dal D.L.)

Indagine: **Ponte ciclo-pedonale via P. Orsi - Roma - Municipio VI**

Sondaggio: **S1**
 Campione: **C1**
 Profondità (m): **2.00:2.30**
 Peso campione: **285.24 g** (1° setacciatura)
 Peso secco sed: **39.18 g** (sedimentazione)
 Temperatura: **19 °C**

Peso specifico dei grani $\gamma_s =$ **25.91 kN/m³**

Setaccio	diametro [mm]	Trattenuto [%]	passante cumul. [%]
UNI 10	10.00	0.00	100.00
ASTM 4	4.75	0.13	99.87
ASTM 10	2.00	2.68	97.19
ASTM 18	1.00	3.54	93.65
ASTM 40	0.40	4.25	89.39
ASTM 100 (setacc. materiale decantato)	0.15	18.76	70.64
SEDIMENTAZIONE	0.0854	27.32	43.32
	0.0604	6.96	36.36
	0.0427	4.35	32.01
	0.0270	3.77	28.24
	0.0156	7.83	20.40
	0.0090	4.93	15.47
	0.0055	3.48	11.99
	0.0016	9.86	2.13



Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.249 del 15/06/2023, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (UNI EN ISO 17892-4)



Committente: **Roma Capitale Dir. Tec. Municipio VI**
Indagine: **Ponte ciclo-pedonale via P. Orsi - Roma - Municipio VI**

Accettazione n°	711
Prova n°	4098/04

Sondaggio: **S1** Campione: **C1** Profondità (m): **2.00:2.30**

Diagramma sperimentale $\tau - \delta$

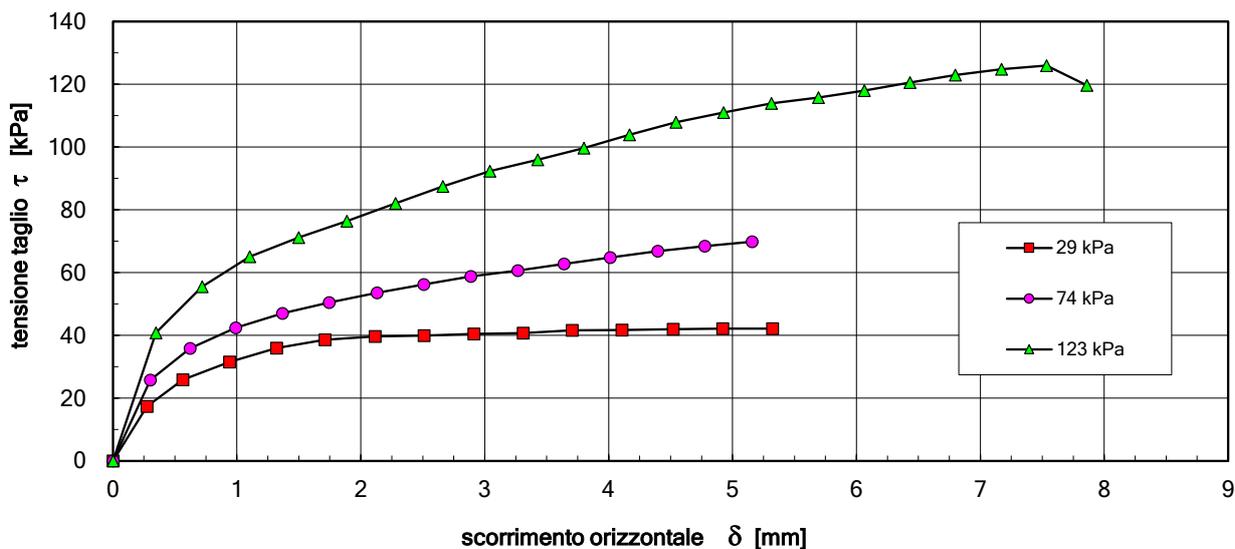
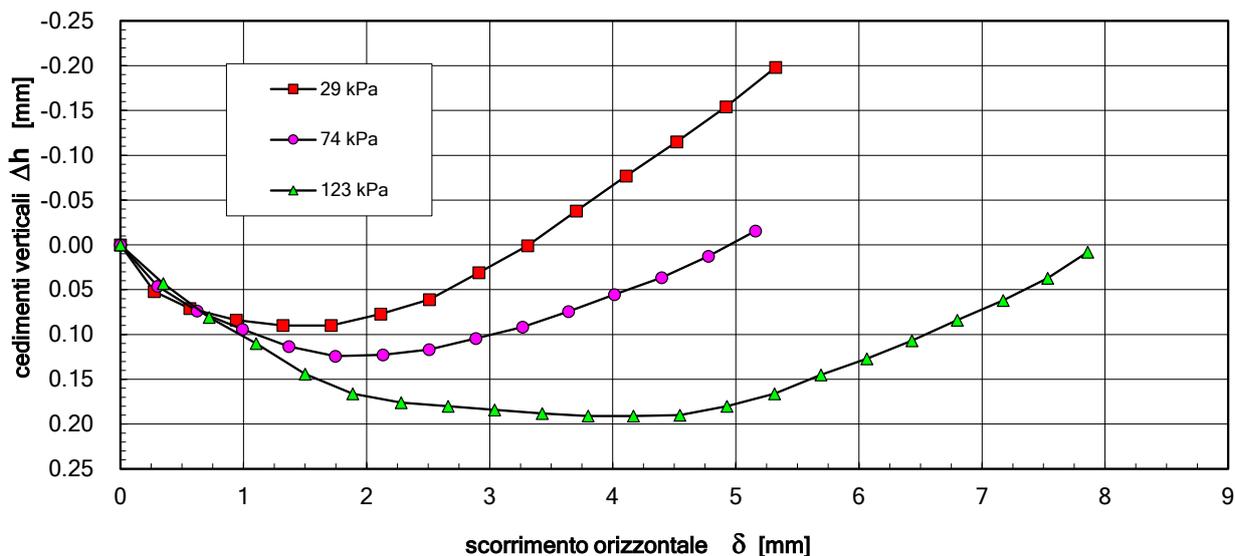


Diagramma sperimentale $\Delta h - \delta$



Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.249 del 15/06/2023, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Roma Capitale Dir. Tec. Municipio VI**
 Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
 (Richiesta non sottoscritta dal D.L.)
 Indagine: **Ponte ciclo-pedonale via P. Orsi - Roma - Municipio VI**
 Sondaggio: **S1** Campione: **C1** Profondità (m): **2.00:2.30**

Accettazione n°:	711
Prova n°:	4098/05
Cod. prova:	Ed4345
Data ricevimento:	03/01/24
Data inizio prova:	08/01/24

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5): dati sperimentali

Caratteristiche iniziali del provino:

Peso specifico dei grani $\gamma_s = 25.91 \text{ kN/m}^3$
 Contenuto d'acqua $w = 0.249$
 Peso di volume umido $\gamma = 15.04 \text{ kN/m}^3$
 Indice di porosità $e = 1.151$

Dimensioni del provino:

Diametro: 56 mm
 Altezza: 20 mm

Fattori di conversione

$1 \text{ kN/m}^3 = 0.102 \text{ g/cm}^3$
 $1 \text{ kPa} = 1 \text{ kN/m}^2 = 0.0102 \text{ kg/cm}^2$
 $1 \text{ MPa} = 1000 \text{ kN/m}^2 = 10.2 \text{ kg/cm}^2$

pressione [kPa]	cedim. progr. [mm]	indice dei pori e	modulo edometrico M [MPa]	coeff. di consolid. Cv [cm ² /s]	coeff. di permeab. K [cm/s]
10	0.060	1.144	2.4		
20	0.141	1.136			
39	0.334	1.115			
78	0.615	1.085			
147	0.982	1.045			
294	1.427	0.997			
588	1.946	0.942			
1176	2.479	0.884			
294	2.409	0.892			
78	2.329	0.900			
20	2.259	0.908			

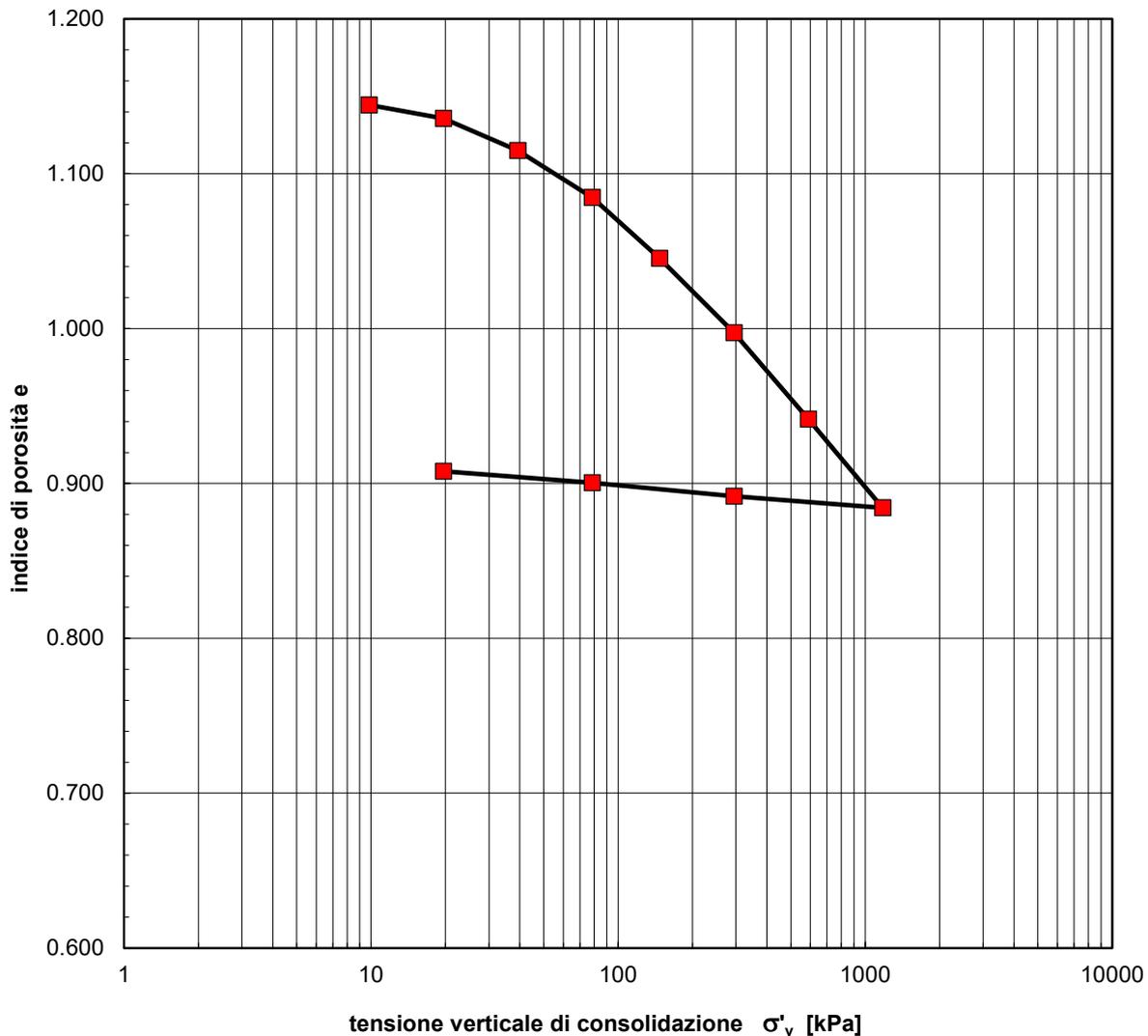
Committente: **Roma Capitale Dir. Tec. Municipio VI**

Accettazione n°	711
Prova n°:	4098/05

Indagine: **Ponte ciclo-pedonale via P. Orsi - Roma - Municipio VI**

Sondaggio: **S1** Campione: **C1** Profondità (m): **2.00:2.30**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5): diagramma e - log σ'_v



Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.249 del 15/06/2023, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

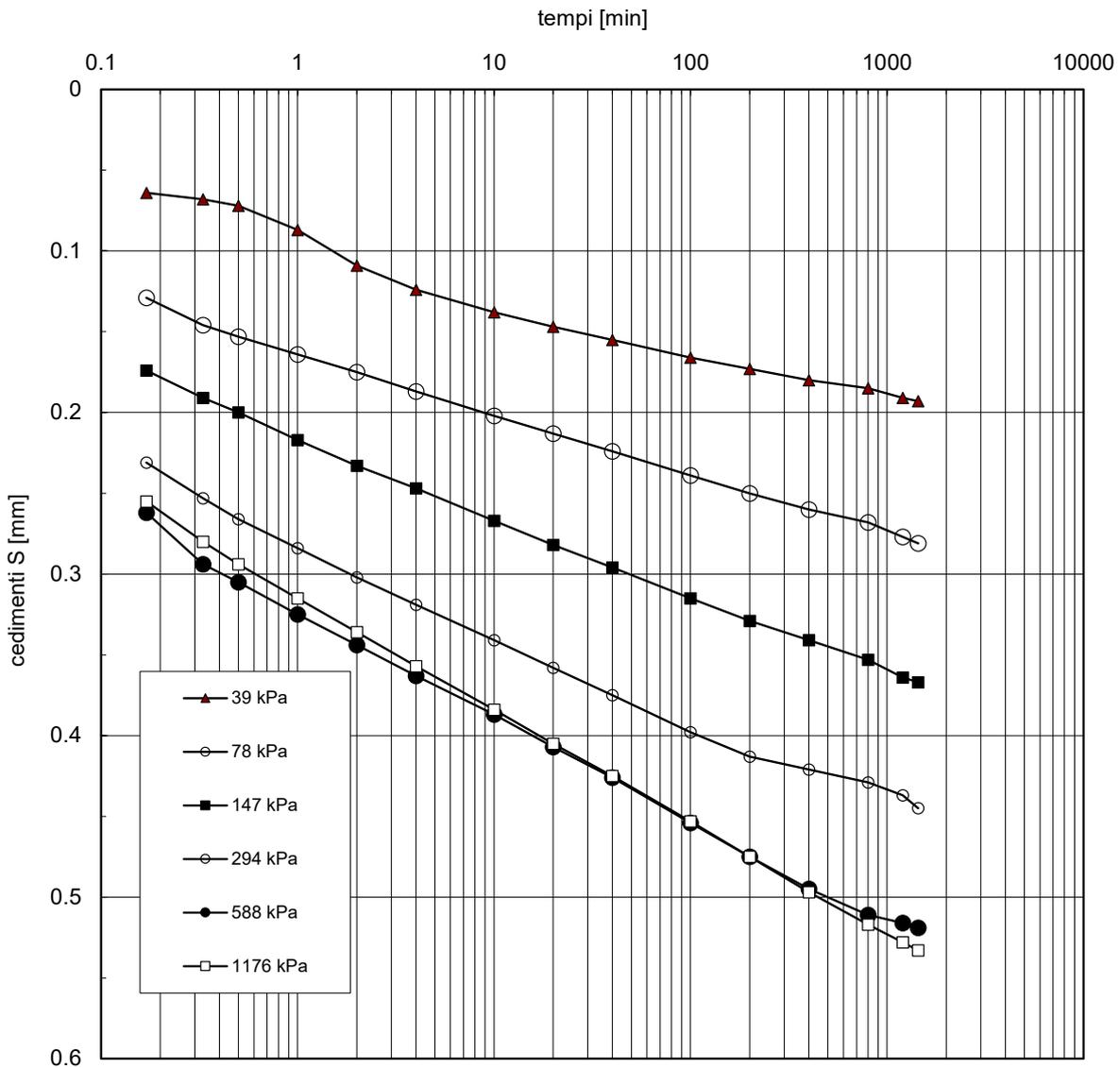
Committente: **Roma Capitale Dir. Tec. Municipio VI**

Accettazione n°	711
Prova n°:	4098/05

Indagine: **Ponte ciclo-pedonale via P. Orsi - Roma - Municipio VI**

Sondaggio: **S1** Campione: **C1** Profondità (m): **2.00:2.30**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5):diagrammi cedimenti-tempo



Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.249 del 15/06/2023, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: Roma Capitale Dir. Tec. Municipio VI	Accettazione n° 711
Indagine: Ponte ciclo-pedonale via P. Orsi - Roma - Municipio VI	Prova n°: 4098/05

Sondaggio: **S1** Campione: **C1** Profondità (m): **2.00:2.30**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5): dati sperimentali

1° incremento di carico		2° incremento di carico		3° incremento di carico		4° incremento di carico	
pressione=10 kPa		pressione=20 kPa		pressione=39 kPa		pressione=78 kPa	
Tempi (min)	Cedimento (mm)						
0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000
0.17	0.040	0.17	0.038	0.17	0.064	0.17	0.129
0.33	0.041	0.33	0.039	0.33	0.068	0.33	0.146
0.50	0.041	0.50	0.042	0.50	0.072	0.50	0.153
1	0.043	1	0.047	1	0.087	1	0.164
2	0.046	2	0.050	2	0.109	2	0.175
4	0.048	4	0.054	4	0.124	4	0.187
10	0.052	10	0.060	10	0.138	10	0.202
20	0.056	20	0.064	20	0.147	20	0.213
40	0.060	40	0.069	40	0.155	40	0.224
		100	0.076	100	0.166	100	0.239
		200	0.081	200	0.173	200	0.250
				400	0.180	400	0.260
				800	0.185	800	0.268
				1200	0.191	1200	0.277
				1440	0.193	1440	0.281

5° incremento di carico		6° incremento di carico		7° incremento di carico		8° incremento di carico	
pressione=147 kPa		pressione=294 kPa		pressione=588 kPa		pressione=1176 kPa	
Tempi (min)	Cedimento (mm)						
0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000
0.17	0.174	0.17	0.231	0.17	0.262	0.17	0.255
0.33	0.191	0.33	0.253	0.33	0.294	0.33	0.280
0.50	0.200	0.50	0.266	0.50	0.305	0.50	0.294
1	0.217	1	0.284	1	0.325	1	0.315
2	0.233	2	0.302	2	0.344	2	0.336
4	0.247	4	0.319	4	0.363	4	0.357
10	0.267	10	0.341	10	0.387	10	0.384
20	0.282	20	0.358	20	0.407	20	0.405
40	0.296	40	0.375	40	0.426	40	0.425
100	0.315	100	0.398	100	0.454	100	0.453
200	0.329	200	0.413	200	0.475	200	0.475
400	0.341	400	0.421	400	0.495	400	0.497
800	0.353	800	0.429	800	0.511	800	0.517
1200	0.364	1200	0.437	1200	0.516	1200	0.528
1440	0.367	1440	0.445	1440	0.519	1440	0.533

Committente: **Roma Capitale Dir. Tec. Municipio VI**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**

Accettazione n°	711
prova n:	4099/01
cod. prova	Des2996

Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ponte ciclo-pedonale via P. Orsi - Roma - Municipio VI**

Sondaggio: **S2_Pz** Campione: **C1** Profondità (m): **3.00:3.40**

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (A.S.T.M. D2488-09a)

Data ricevimento:	03/01/2024	Dimensioni del campione:	
Data di apertura:	08/01/2024	diametro:	85 mm
Stato del campione:	Indisturbato	lunghezza:	300 mm

Descrizione del campione	<i>Campione non omogeneo. La parte superiore (10 cm) è costituita da una sabbia limosa di colore marrone, satura, poco addensata. La parte inferiore (20 cm) è costituita da una sabbia limosa debolmente ghiaiosa di colore marrone scuro, con numerose tracce biancastre di sericite, qualche macchia nerastra si sostanza organica e inclusi millimetrici. Mediamente addensata, umida.</i>
--------------------------	--

Colore:	P.I. marrone scuro; P.S. marrone
---------	----------------------------------

Plasticità:	<input checked="" type="checkbox"/> Non plastico <input type="checkbox"/> Poco plastico <input type="checkbox"/> Mediam. plastico <input type="checkbox"/> Molto plastico
-------------	---

Addensamento: (terreni granulari)	<input type="checkbox"/> Sciolto P.I. <input checked="" type="checkbox"/> Poco addensato P.S. <input checked="" type="checkbox"/> Mediam. addensato <input type="checkbox"/> Addensato
--------------------------------------	--

Consistenza: (terreni coesivi)	<input type="checkbox"/> Poco consistente <input type="checkbox"/> Mediam. consistente <input type="checkbox"/> Consistente <input type="checkbox"/> Molto consistente
-----------------------------------	--

Grado di umidità:	<input type="checkbox"/> Asciutto <input type="checkbox"/> Poco umido P.I. <input checked="" type="checkbox"/> Umido <input type="checkbox"/> Molto umido P.S. <input checked="" type="checkbox"/> Saturo
-------------------	---

Alterazione:	<input checked="" type="checkbox"/> Assente <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Elevata
--------------	---

Reazione con HCl	<input checked="" type="checkbox"/> Nulla <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Moderata <input type="checkbox"/> Elevata
------------------	--

Accettazione n°	711
prova n:	4099/01

Struttura	<input checked="" type="checkbox"/> Massiva <input type="checkbox"/> Stratificata <input type="checkbox"/> Scagliosa <input type="checkbox"/> Laminata <input type="checkbox"/> Caotica <input type="checkbox"/> Altro:.....
Fratturazione	<input checked="" type="checkbox"/> Assente <input type="checkbox"/> Moderata <input type="checkbox"/> Elevata
Cementazione	<input checked="" type="checkbox"/> Assente <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Elevata

PROVE ESEGUITE

L totale= 30 cm

Parte Superiore (P.S.)

10 cm

4) Prova di compressione edometrica

4

Pocket penetrometer
(Kg/cm²)

Vane test
(Kg/cm²)

Parte Centrale (P.C.)

_____ cm

1

Parte Inferiore (P.I.)

20 cm

- 1) Caratteristiche fisiche generali
- 2) Analisi granulometrica
- 3) Prova di compressione triassiale consolidata drenata CID

2

Committente: **Roma Capitale Dir. Tec. Municipio VI**

Accettazione n°:	711
Prova n°:	4099/02
cod. prova	ngw17004

Direttore dei Lavori: **non dichiarato**

Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ponte ciclo-pedonale via P. Orsi - Roma - Municipio VI**

Sondaggio: **S2_Pz** Campione: **C1** Profondità (m): **3.00:3.40 P.I.**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Data ricevimento 03/01/2024
Data inizio prova: 08/01/2024

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³

Peso specifico dei grani (UNI EN ISO 17892-3)

Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P's=	10.00 g		Peso specifico dei grani medio $\gamma_s = 25.89 \text{ kN/m}^3$
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P'2=	158.28 g	$\gamma'_s = 25.91 \text{ kN/m}^3$	
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P'1=	152.06 g		
Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P"s=	10.00 g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P"2=	156.08 g	$\gamma''_s = 25.87 \text{ kN/m}^3$	
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P"1=	149.87 g		

Contenuto d'acqua (UNI EN ISO 17892-1), peso di volume umido e secco (UNI EN ISO 17892-2)

Diametro del provino:	56 mm	Contenuto d'acqua w = 0.279 Peso dell'unità di volume umido $\gamma = 15.93 \text{ kN/m}^3$ Peso dell'unità di volume secco $\gamma_d = 12.45 \text{ kN/m}^3$
Altezza del provino:	20 mm	
Area del provino:	24.63 cm²	
Volume del provino:	49.26 cm³	
Peso pesafiltro vuoto:	33.93 g	
Peso pes.+provino umido	113.97 g	
Peso pes.+provino secco	96.51 g	

Porosità, indice di porosità e grado di saturazione (parametri derivati dai precedenti)

Peso specifico dei grani	$\gamma_s = 25.9 \text{ kN/m}^3$	Porosità	n = 0.519
Contenuto d'acqua	w = 0.279	Indice di porosità	e = 1.079
Peso di vol. secco	$\gamma_d = 12.45 \text{ kN/m}^3$	Grado di saturazione	Sr = 0.670

Tenore in carbonati (A.S.T.M. D4373-14)

Pressione barometrica	mm Hg	Tenore in carbonati %
Temperatura	° C	
Quantità di materiale	g	
Acido carbonico sviluppato	cm³	
Assorbimento di CO ₂ nella soluzione con HCl	cm³	

Sostanze organiche (A.S.T.M. D2974-14)

Peso pesafiltro vuoto:	Contenuto di sostanze organiche
Peso pes.+terreno essiccato a 105°	
Peso pes.+terreno dopo calcinazione	

Accettazione n°:	711
Prova n°:	4099/03
cod. prova:	gr19646
Data ricevimento:	03/01/24
Data inizio prova:	10/01/24

Committente: **Roma Capitale Dir. Tec. Municipio VI non dichiarato**
 Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
 (Richiesta non sottoscritta dal D.L.)

Indagine: **Ponte ciclo-pedonale via P. Orsi - Roma - Municipio VI**

Sondaggio: **S2_Pz**
 Campione: **C1**

Profondità (m): **3.00:3.40 P.I.**

Peso campione: **300.00 g** (1° setacciatura)
 Peso secco sed: **39.46 g** (sedimentazione)
 Temperatura: **19 °C**

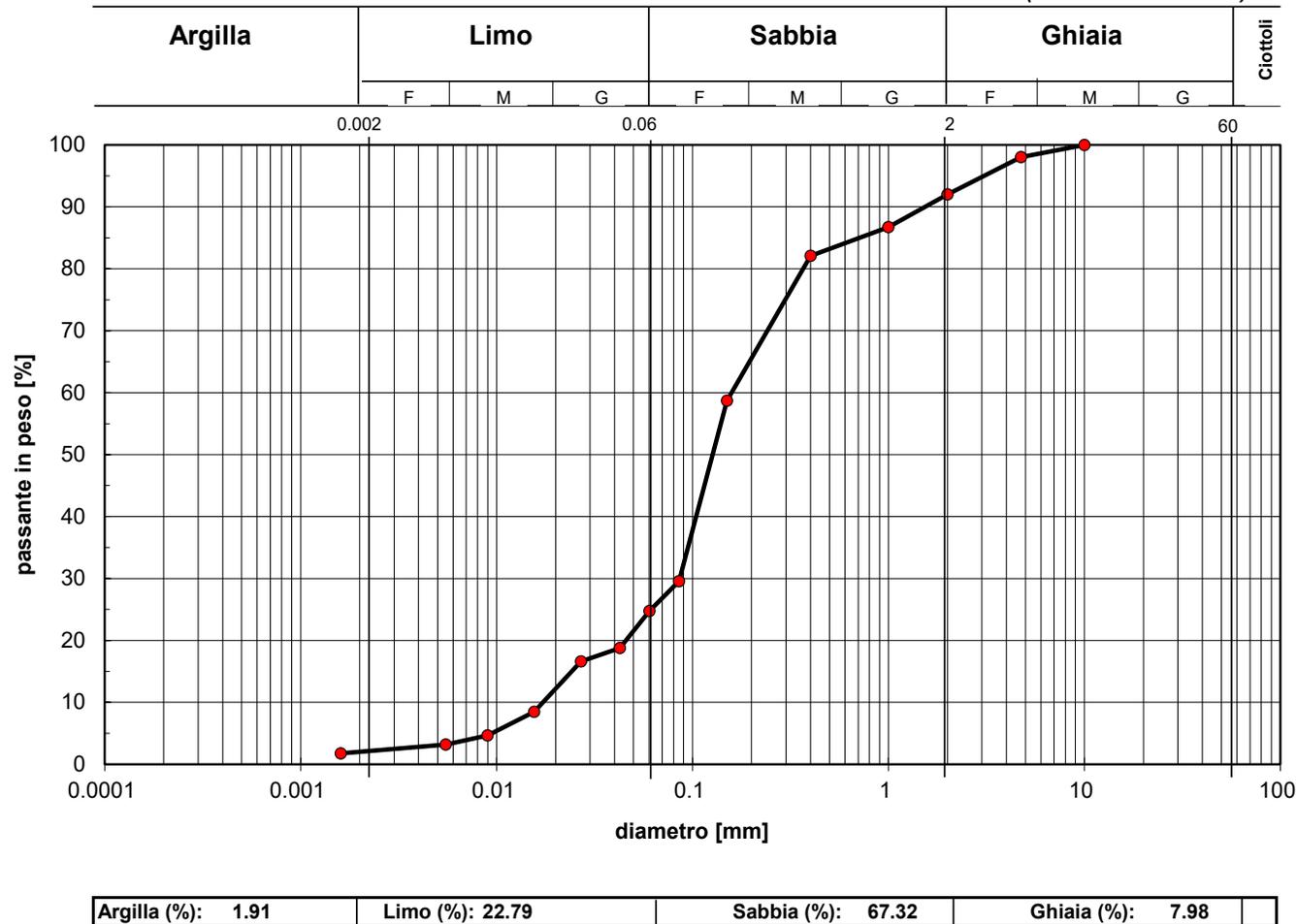
Peso specifico dei grani $\gamma_s =$ **25.89 kN/m³**

Setaccio	diametro [mm]	Trattenuto [%]	passante cumul. [%]
UNI 10	10.00	0.00	100.00
ASTM 4	4.75	1.96	98.04
ASTM 10	2.00	6.02	92.02
ASTM 18	1.00	5.29	86.73
ASTM 40	0.40	4.63	82.09
ASTM 100 (setacc. materiale decantato)	0.15	23.38	58.71
SEDIMENTAZIONE	0.0852	29.17	29.53
	0.0602	4.79	24.75
	0.0426	5.99	18.76
	0.0269	2.16	16.60
	0.0156	8.14	8.46
	0.0090	3.83	4.63
	0.0055	1.44	3.19
	0.0016	1.44	1.76

Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.249 del 15/06/2023, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (UNI EN ISO 17892-4)



Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.249 del 15/06/2023, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Roma Capitale Dir. Tec. Municipio VI**
 Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
 (Richiesta non sottoscritta dal D.L.)
 Indagine: **Ponte ciclo-pedonale via P. Orsi - Roma - Municipio VI**
 Sondaggio: **S2_Pz** Campione: **C1** Profondità (m): **3.00:3.40 P.S.**

Accettazione n°:	711
Prova n°:	4099/04
Cod. prova:	Ed4346
Data ricevimento:	03/01/24
Data inizio prova:	08/01/24

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5): dati sperimentali

Caratteristiche iniziali del provino:

Peso specifico dei grani $\gamma_s = 25.89 \text{ kN/m}^3$
 Contenuto d'acqua $w = 0.351$
 Peso di volume umido $\gamma = 18.16 \text{ kN/m}^3$
 Indice di porosità $e = 0.926$

Dimensioni del provino:

Diametro: 56 mm
 Altezza: 20 mm

Fattori di conversione

$1 \text{ kN/m}^2 = 0.102 \text{ g/cm}^3$
 $1 \text{ kPa} = 1 \text{ kN/m}^2 = 0.0102 \text{ kg/cm}^2$
 $1 \text{ MPa} = 1000 \text{ kN/m}^2 = 10.2 \text{ kg/cm}^2$

pressione [kPa]	cedim. progr. [mm]	indice dei pori e	modulo edometrico M [MPa]	coeff. di consolid. Cv [cm ² /s]	coeff. di permeab. K [cm/s]	
10	0.173	0.909	2.6			
20	0.248	0.902				
39	0.373	0.890		3.1		
78	0.519	0.876		5.3		
147	0.662	0.862		9.3		
294	0.873	0.842		13.5		
588	1.095	0.820		25.3		
1176	1.396	0.791		36.9		
294	1.297	0.801				
78	1.229	0.808				
20	1.181	0.812				

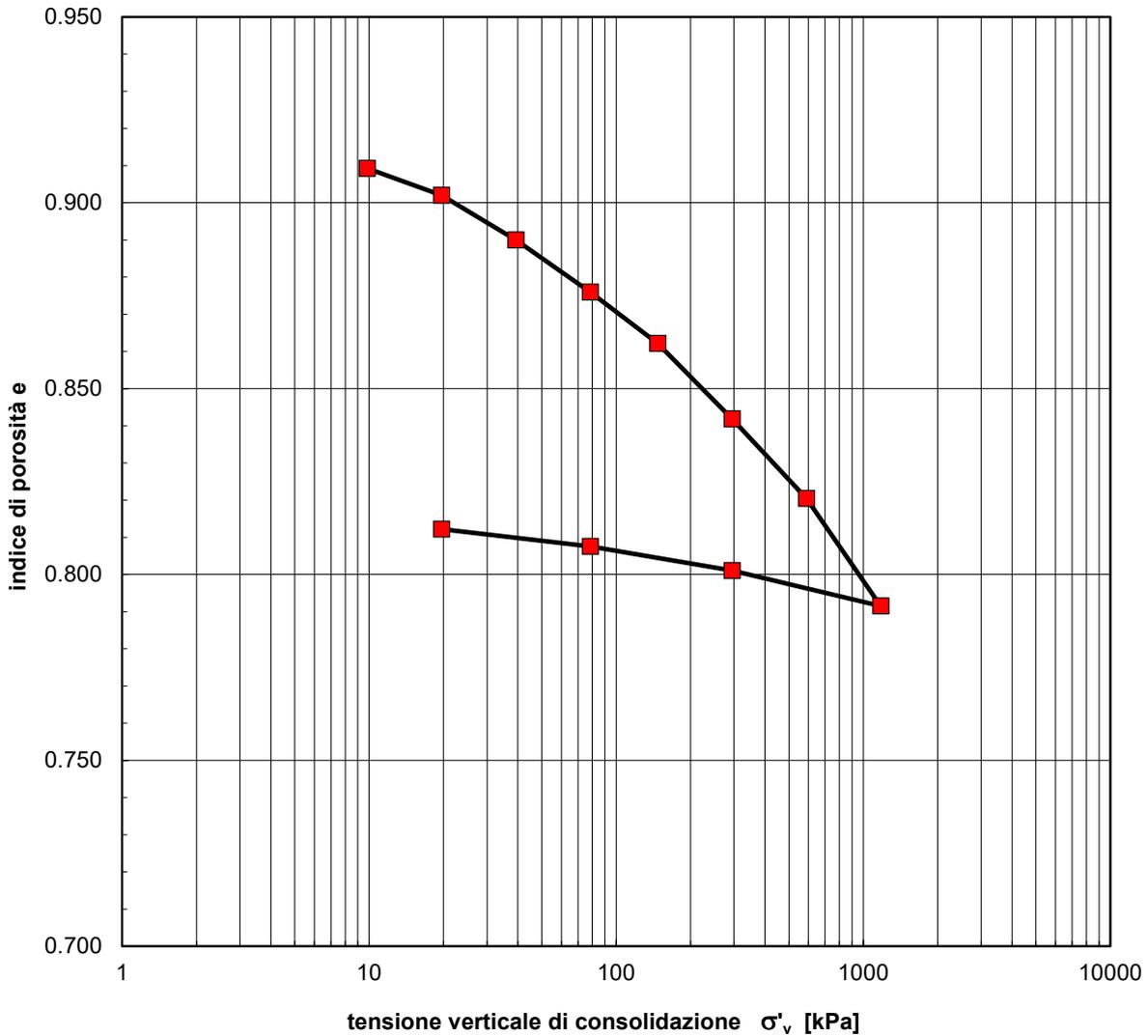
Committente: **Roma Capitale Dir. Tec. Municipio VI**

Accettazione n°	711
Prova n°:	4099/04

Indagine: **Ponte ciclo-pedonale via P. Orsi - Roma - Municipio VI**

Sondaggio: **S2_Pz** Campione: **C1** Profondità (m): **3.00:3.40 P.S.**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5): diagramma e - log σ'_v



Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.249 del 15/06/2023, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

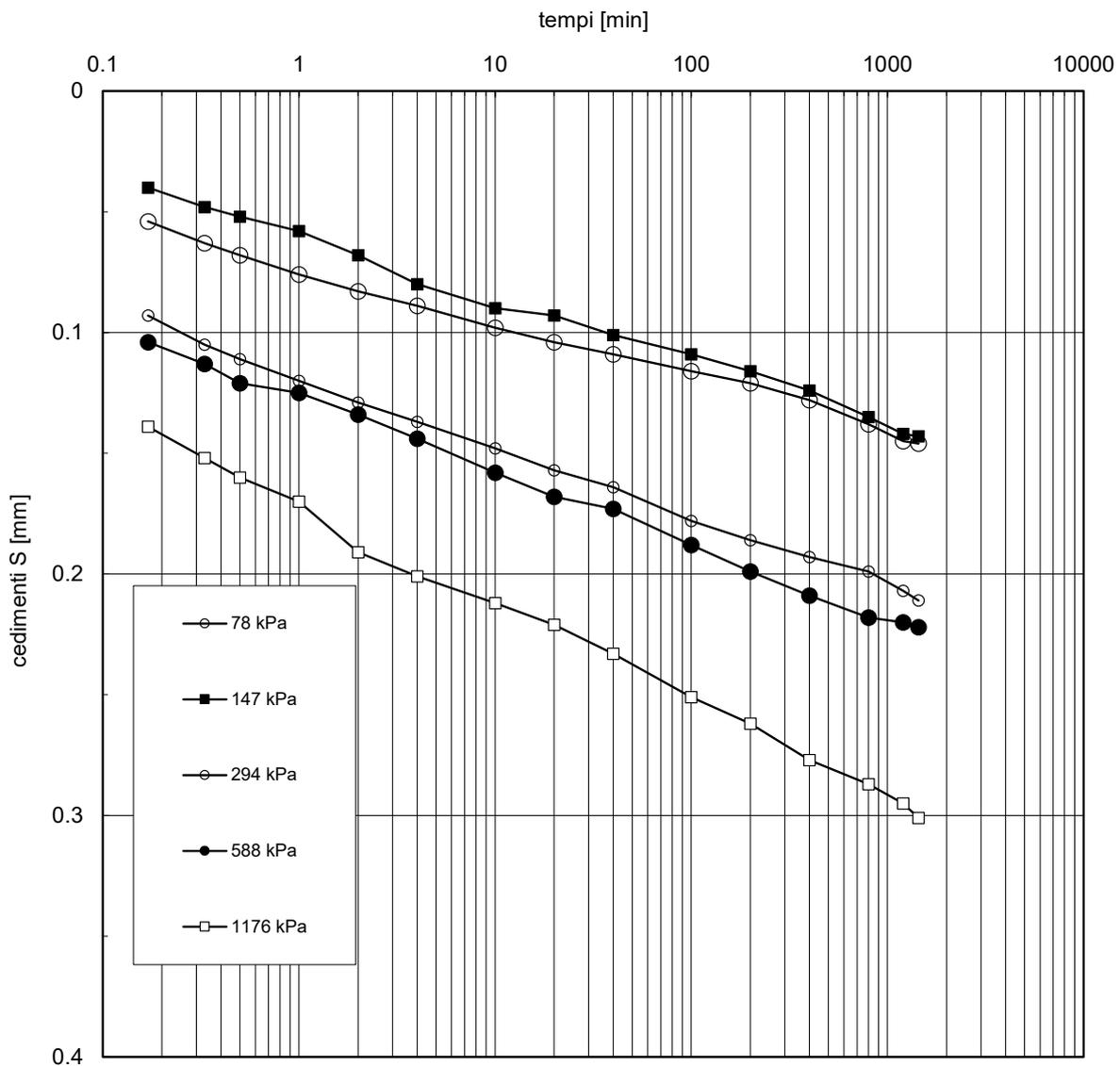
Committente: **Roma Capitale Dir. Tec. Municipio VI**

Accettazione n°	711
Prova n°:	4099/04

Indagine: **Ponte ciclo-pedonale via P. Orsi - Roma - Municipio VI**

Sondaggio: **S2_Pz** Campione: **C1** Profondità (m): **3.00:3.40 P.S.**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5):diagrammi cedimenti-tempo



Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.249 del 15/06/2023, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Roma Capitale Dir. Tec. Municipio VI**
 Indagine: **Ponte ciclo-pedonale via P. Orsi - Roma - Municipio VI**

Accettazione n° 711
Prova n°: 4099/04

Sondaggio: **S2_Pz** Campione: **C1** Profondità (m): **3.00:3.40 P.S.**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5) :dati sperimentali

1° incremento di carico		2° incremento di carico		3° incremento di carico		4° incremento di carico	
pressione=10 kPa		pressione=20 kPa		pressione=39 kPa		pressione=78 kPa	
Tempi (min)	Cedimento (mm)						
0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000
0.17	0.075	0.17	0.025	0.17	0.044	0.17	0.054
0.33	0.095	0.33	0.031	0.33	0.054	0.33	0.063
0.50	0.108	0.50	0.034	0.50	0.059	0.50	0.068
1	0.128	1	0.039	1	0.066	1	0.076
2	0.140	2	0.043	2	0.073	2	0.083
4	0.147	4	0.047	4	0.078	4	0.089
10	0.154	10	0.052	10	0.085	10	0.098
20	0.158	20	0.057	20	0.091	20	0.104
40	0.163	40	0.061	40	0.097	40	0.109
100	0.167	100	0.068	100	0.106	100	0.116
200	0.173	200	0.075	200	0.112	200	0.121
				400	0.120	400	0.128
				800	0.125	800	0.138
						1200	0.145
						1440	0.146

5° incremento di carico		6° incremento di carico		7° incremento di carico		8° incremento di carico	
pressione=147 kPa		pressione=294 kPa		pressione=588 kPa		pressione=1176 kPa	
Tempi (min)	Cedimento (mm)						
0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000
0.17	0.040	0.17	0.093	0.17	0.104	0.17	0.139
0.33	0.048	0.33	0.105	0.33	0.113	0.33	0.152
0.50	0.052	0.50	0.111	0.50	0.121	0.50	0.160
1	0.058	1	0.120	1	0.125	1	0.170
2	0.068	2	0.129	2	0.134	2	0.191
4	0.080	4	0.137	4	0.144	4	0.201
10	0.090	10	0.148	10	0.158	10	0.212
20	0.093	20	0.157	20	0.168	20	0.221
40	0.101	40	0.164	40	0.173	40	0.233
100	0.109	100	0.178	100	0.188	100	0.251
200	0.116	200	0.186	200	0.199	200	0.262
400	0.124	400	0.193	400	0.209	400	0.277
800	0.135	800	0.199	800	0.218	800	0.287
1200	0.142	1200	0.207	1200	0.220	1200	0.295
1440	0.143	1440	0.211	1440	0.222	1440	0.301

Committente: **Roma Capitale Dir. Tec. Municipio VI**

Direttore dei Lavori: **non dichiarato**

(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)

Indagine: **Ponte ciclo-pedonale via P. Orsi - Roma - Municipio VI**

Sondaggio: **S2_Pz**

Campione: **C1**

Profondità (m): **3.00:3.40 P.I.**

Accettazione n°	711
Prova n°	4099/05
Cod. prova	Sbp6785
Data ricevimento:	03/01/2024
Data inizio prova:	08/01/2024

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE tipo C.D. UNI EN ISO 17892-9): dati sperimentali

Tipo prova: Consolidata drenata [CD] con applicazione di back pressure

Dimensioni dei provini: Diametro: 38 mm Altezza: 72 mm

Durata della consolidazione: 16 ore

Fattori di conversione: 1kN/m³=0.102 g/cm³

Velocità di deformazione: 0.005 mm/min

1kPa=1kN/m²=0.0102 kg/cm²

Provino		1	2	3	4
Condizioni prima della prova:					
Contenuto d'acqua	w	0.282	0.294	0.307	
Peso di volume umido	γ [kN/m ³]	16.02	16.00	15.99	
Peso di volume secco	γ_d [kN/m ³]	12.49	12.36	12.24	
Grado di saturazione	Sr	0.690	0.706	0.721	
Condizioni iniziali di prova:					
Pressione laterale totale (*)	σ_3 [kPa]	245	294	343	
Back-pressure	Uo [kPa]	196	196	196	
Pressione laterale efficace	σ'_3 [kPa]	49	98	147	
Test di B a fine consolidazione	$B=\Delta U/\Delta\sigma_3$	0.96	0.97	0.96	
Condizioni a rottura (+):					
Tensione deviatorica	$(\sigma_1-\sigma_3)_r$ [kPa]	254	440	623	
Deformazione assiale	ϵ_{1r} [%]	8.77	9.06	9.11	
Contenuto d'acqua	w _f	0.280	0.297	0.314	
Schema del provino a rottura					

(*)Le condizioni di rottura sono individuate in corrispondenza del massimo della curva $(\sigma_1-\sigma_3)-\epsilon_1$.

Osservazioni:

Committente: **Roma Capitale Dir. Tec. Municipio VI**

Accettazione n°	711
Prova n°	4099/05

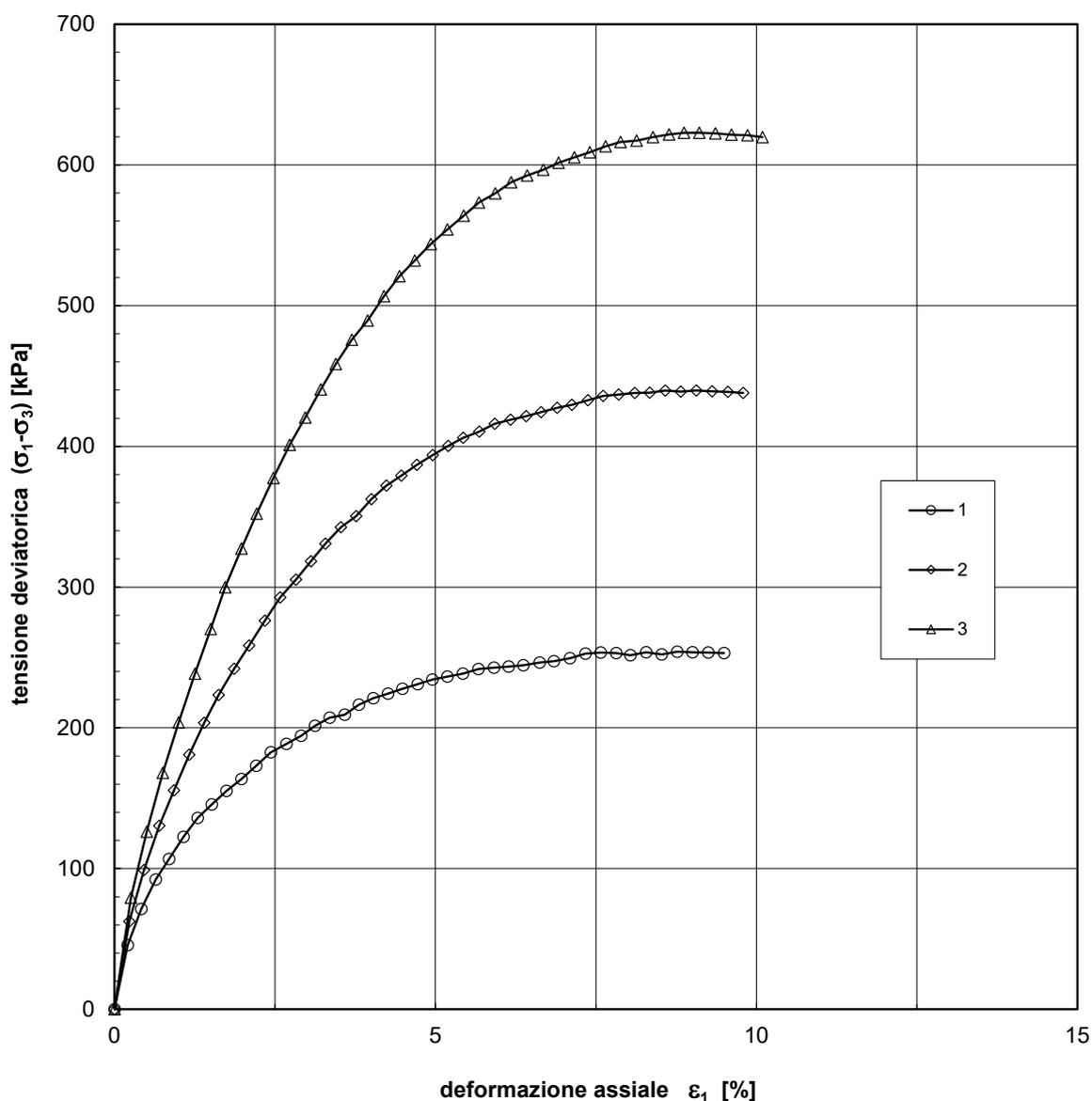
Indagine: **Ponte ciclo-pedonale via P. Orsi - Roma - Municipio VI**

Sondaggio: **S2_Pz**

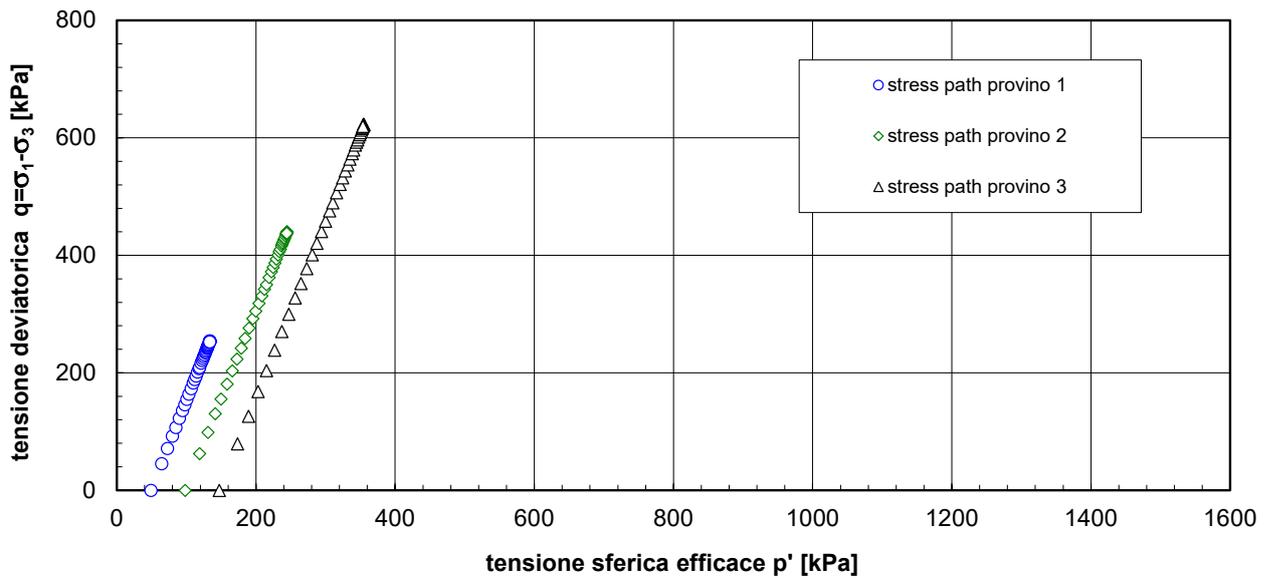
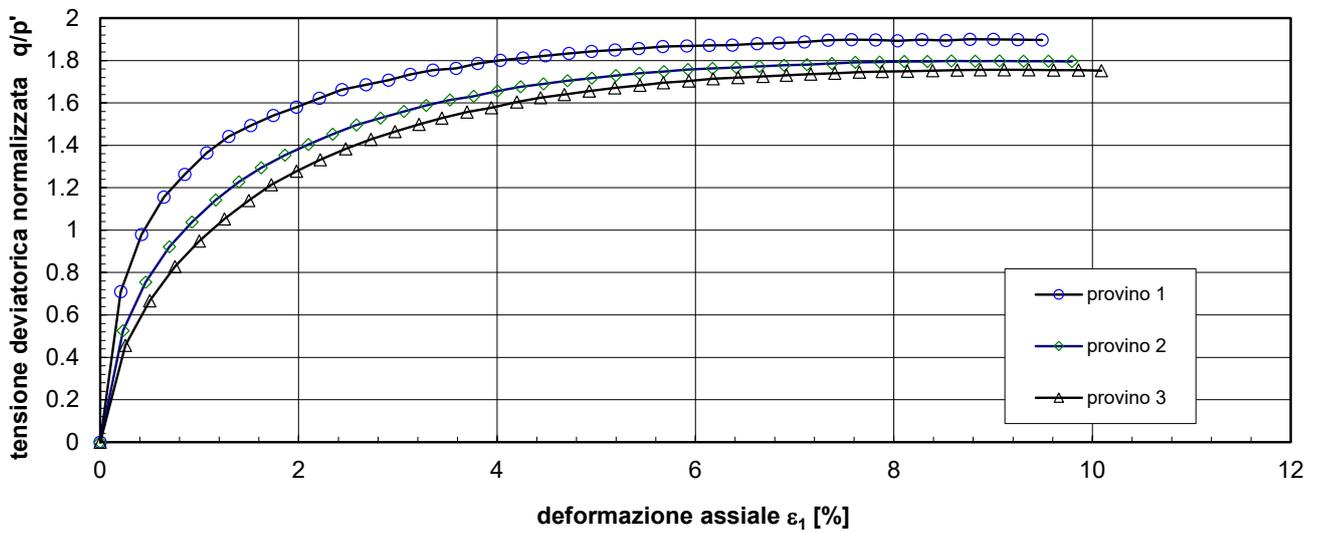
Campione: **C1**

Profondità (m): **3.00:3.40 P.I.**

Prova di compressione triassiale tipo C.D. (UNI EN ISO 17892-9) : diagrammi sperimentali



Prova di compressione triassiale tipo C.D. (UNI EN ISO 17892-9): stress path



Committente: **Roma Capitale Dir. Tec. Municipio VI**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**

Accettazione n°	711
prova n:	4100/01
cod. prova	Des2997

Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ponte ciclo-pedonale via P. Orsi - Roma - Municipio VI**

Sondaggio: **S3** Campione: **C1** Profondità (m): **4.50:4.80**

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (A.S.T.M. D2488-09a)

Data ricevimento:	03/01/2024	Dimensioni del campione:
Data di apertura:	08/01/2024	diametro: 85 mm
Stato del campione:	Indisturbato	lunghezza: 110 mm

Descrizione del campione	<i>Sabbia limosa e ghiaiosa di colore marrone. Presenti inclusi lapidei e pomici alterate e disfatte. Mediamente addensata, umida. Qualche frustolo vegetale.</i>
--------------------------	---

Colore:	marrone
---------	---------

Plasticità:	<input checked="" type="checkbox"/> Non plastico <input type="checkbox"/> Poco plastico <input type="checkbox"/> Mediam. plastico <input type="checkbox"/> Molto plastico
-------------	---

Addensamento: (terreni granulari)	<input type="checkbox"/> Sciolto <input type="checkbox"/> Poco addensato <input checked="" type="checkbox"/> Mediam. addensato <input type="checkbox"/> Addensato
--------------------------------------	---

Consistenza: (terreni coesivi)	<input type="checkbox"/> Poco consistente <input type="checkbox"/> Mediam. consistente <input type="checkbox"/> Consistente <input type="checkbox"/> Molto consistente
-----------------------------------	--

Grado di umidità:	<input type="checkbox"/> Asciutto <input type="checkbox"/> Poco umido <input checked="" type="checkbox"/> Umido <input type="checkbox"/> Molto umido <input type="checkbox"/> Saturo
-------------------	--

Alterazione:	<input checked="" type="checkbox"/> Assente <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Elevata
--------------	---

Reazione con HCl	<input checked="" type="checkbox"/> Nulla <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Moderata <input type="checkbox"/> Elevata
------------------	--

Accettazione n°	711
prova n:	4100/01

Struttura	<input checked="" type="checkbox"/> Massiva <input type="checkbox"/> Stratificata <input type="checkbox"/> Scagliosa <input type="checkbox"/> Laminata <input type="checkbox"/> Caotica <input type="checkbox"/> Altro:.....
Fratturazione	<input checked="" type="checkbox"/> Assente <input type="checkbox"/> Moderata <input type="checkbox"/> Elevata
Cementazione	<input checked="" type="checkbox"/> Assente <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Elevata

PROVE ESEGUITE

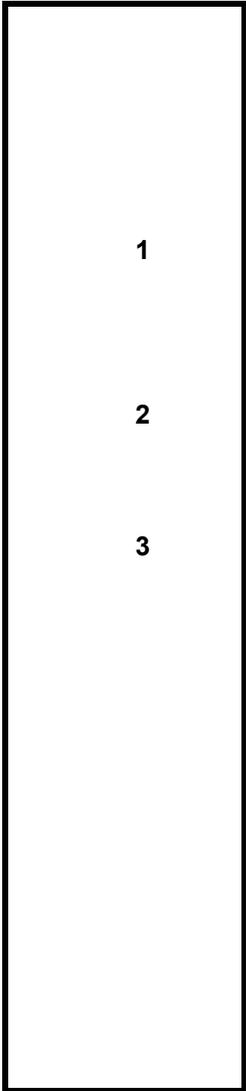
L totale= 11 cm

Parte Superiore (P.S.)
 _____ cm

Parte Centrale (P.C.)
 _____ cm

- 1) Caratteristiche fisiche generali
- 2) Analisi granulometrica
- 3) Prova di compressione edometrica

Parte Inferiore (P.I.)
 _____ cm



Pocket penetrometer
 (Kg/cm²)

Vane test
 (Kg/cm²)

Accettazione n°:	711
Prova n°:	4100/03
cod. prova:	gr19647
Data ricevimento:	03/01/24
Data inizio prova:	10/01/24

Committente: **Roma Capitale Dir. Tec. Municipio VI**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**

(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)

Indagine: **Ponte ciclo-pedonale via P. Orsi - Roma - Municipio VI**

Sondaggio: **S3**

Campione: **C1**

Profondità (m): **4.50:4.80**

Peso campione: **300.00 g** (1° setacciatura)

Peso secco sed: **39.06 g** (sedimentazione)

Temperatura: **19 °C**

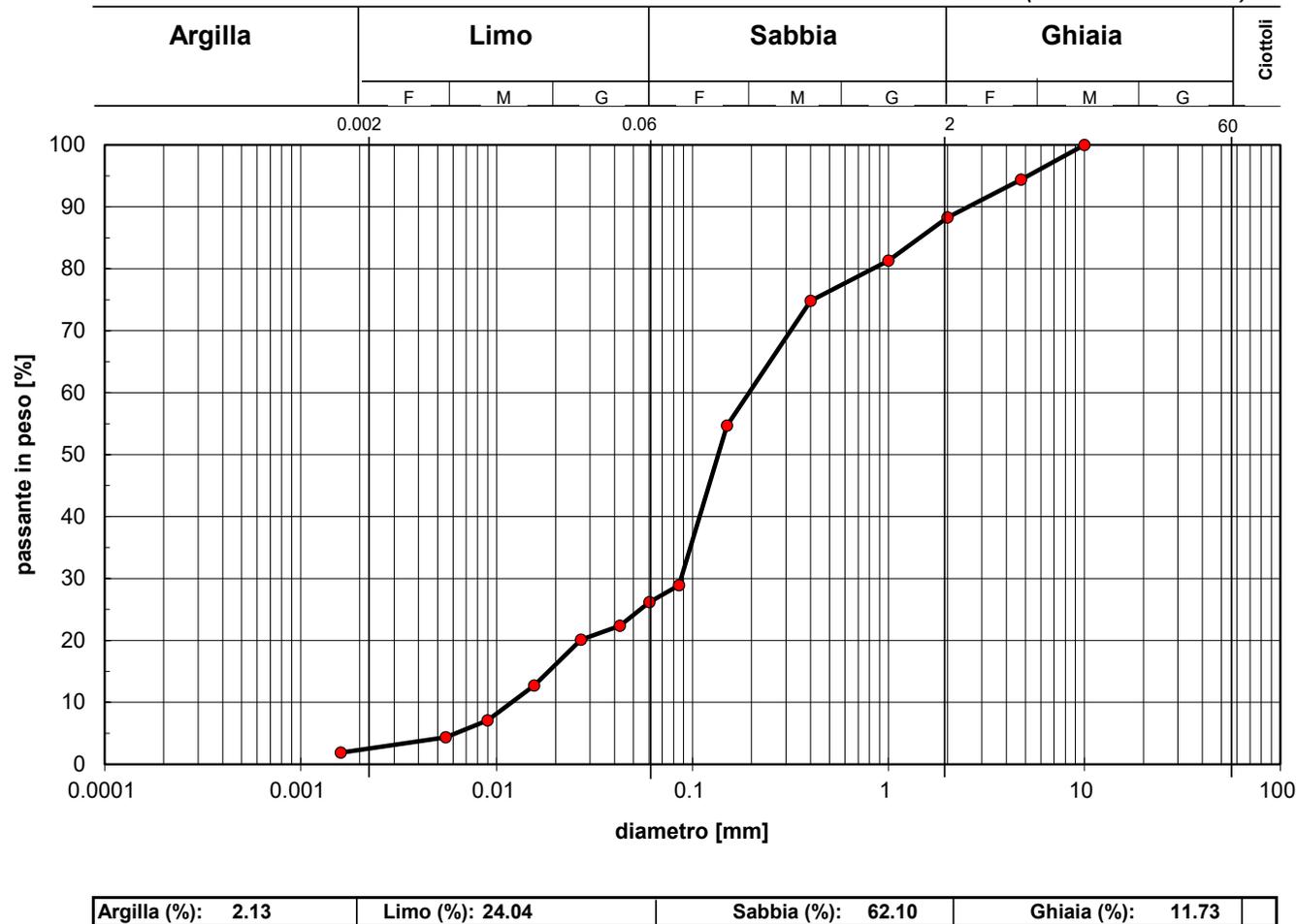
Peso specifico dei grani $\gamma_s =$ **25.91 kN/m³**

Setaccio	diametro [mm]	Trattenuto [%]	passante cumul. [%]
UNI 10	10.00	0.00	100.00
ASTM 4	4.75	5.62	94.38
ASTM 10	2.00	6.11	88.27
ASTM 18	1.00	6.95	81.32
ASTM 40	0.40	6.50	74.82
ASTM 100 (setacc. materiale decantato)	0.15	20.15	54.67
SEDIMENTAZIONE	0.0852	25.77	28.90
	0.0602	2.70	26.20
	0.0426	3.83	22.37
	0.0269	2.25	20.12
	0.0155	7.43	12.69
	0.0090	5.63	7.06
	0.0055	2.70	4.36
	0.0016	2.48	1.88

Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.249 del 15/06/2023, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (UNI EN ISO 17892-4)



Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.249 del 15/06/2023, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Roma Capitale Dir. Tec. Municipio VI**
 Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
 (Richiesta non sottoscritta dal D.L.)
 Indagine: **Ponte ciclo-pedonale via P. Orsi - Roma - Municipio VI**
 Sondaggio: **S3** Campione: **C1** Profondità (m): **4.50:4.80**

Accettazione n°:	711
Prova n°:	4100/05
Cod. prova:	Ed4347
Data ricevimento:	03/01/24
Data inizio prova:	08/01/24

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5): dati sperimentali

Caratteristiche iniziali del provino:

Peso specifico dei grani $\gamma_s = 25.91 \text{ kN/m}^3$
 Contenuto d'acqua $w = 0.287$
 Peso di volume umido $\gamma = 16.22 \text{ kN/m}^3$
 Indice di porosità $e = 1.056$

Dimensioni del provino:

Diametro: 56 mm
 Altezza: 20 mm

Fattori di conversione

$1 \text{ kN/m}^2 = 0.102 \text{ g/cm}^3$
 $1 \text{ kPa} = 1 \text{ kN/m}^2 = 0.0102 \text{ kg/cm}^2$
 $1 \text{ MPa} = 1000 \text{ kN/m}^2 = 10.2 \text{ kg/cm}^2$

pressione [kPa]	cedim. progr. [mm]	indice dei pori e	modulo edometrico M [MPa]	coeff. di consolid. Cv [cm ² /s]	coeff. di permeab. K [cm/s]
10	0.026	1.053	6.8		
20	0.055	1.050			
39	0.096	1.046	9.5		
78	0.180	1.038	9.3		
147	0.281	1.027	13.5		
294	0.441	1.011	18.1		
588	0.701	0.984	22.1		
1176	1.107	0.942	28		
294	1.036	0.950			
78	0.990	0.954			
20	0.919	0.962			

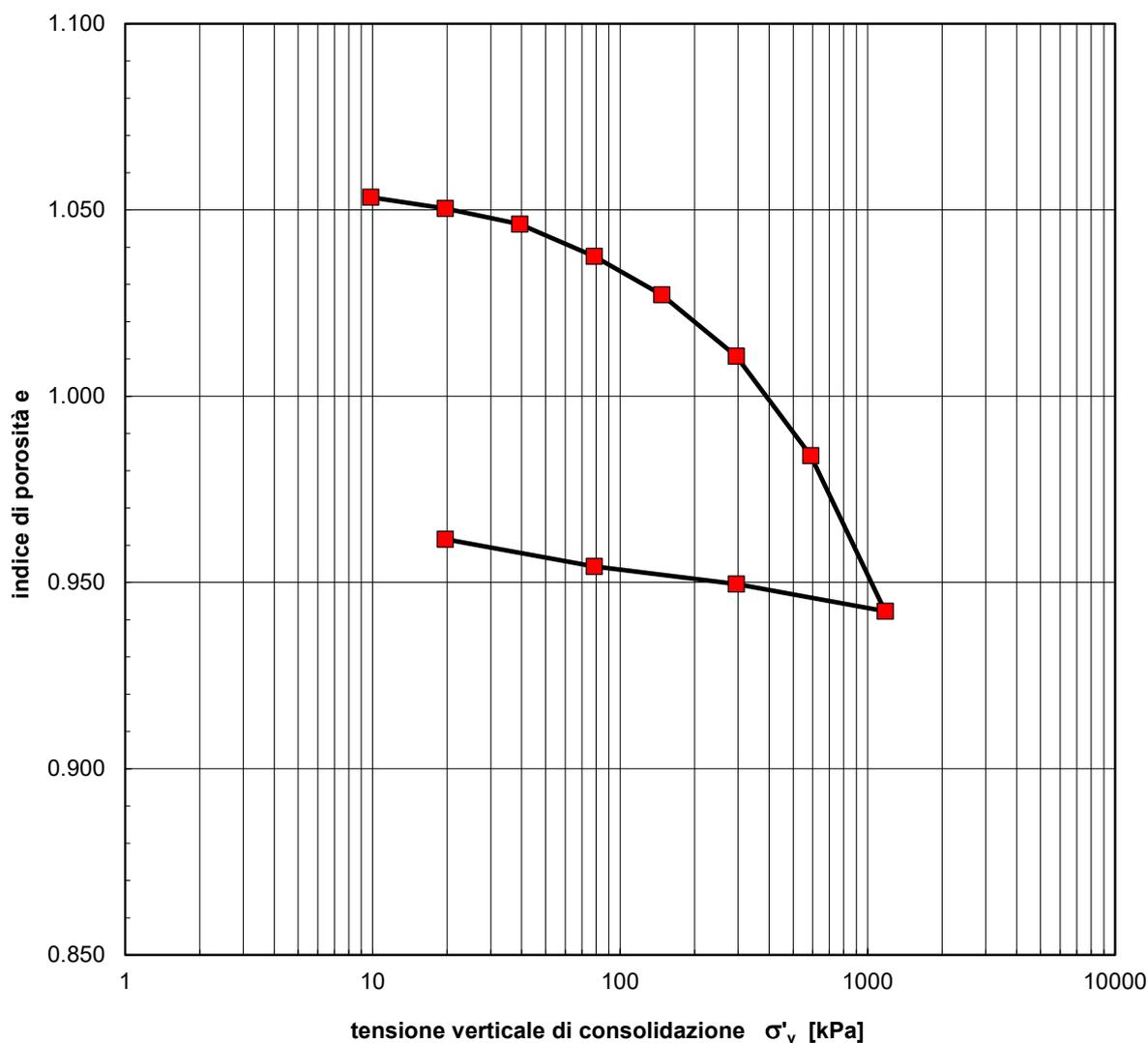
Committente: **Roma Capitale Dir. Tec. Municipio VI**

Accettazione n°	711
Prova n°:	4100/05

Indagine: **Ponte ciclo-pedonale via P. Orsi - Roma - Municipio VI**

Sondaggio: **S3** Campione: **C1** Profondità (m): **4.50:4.80**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5): diagramma e - log σ'_v



Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.249 del 15/06/2023, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

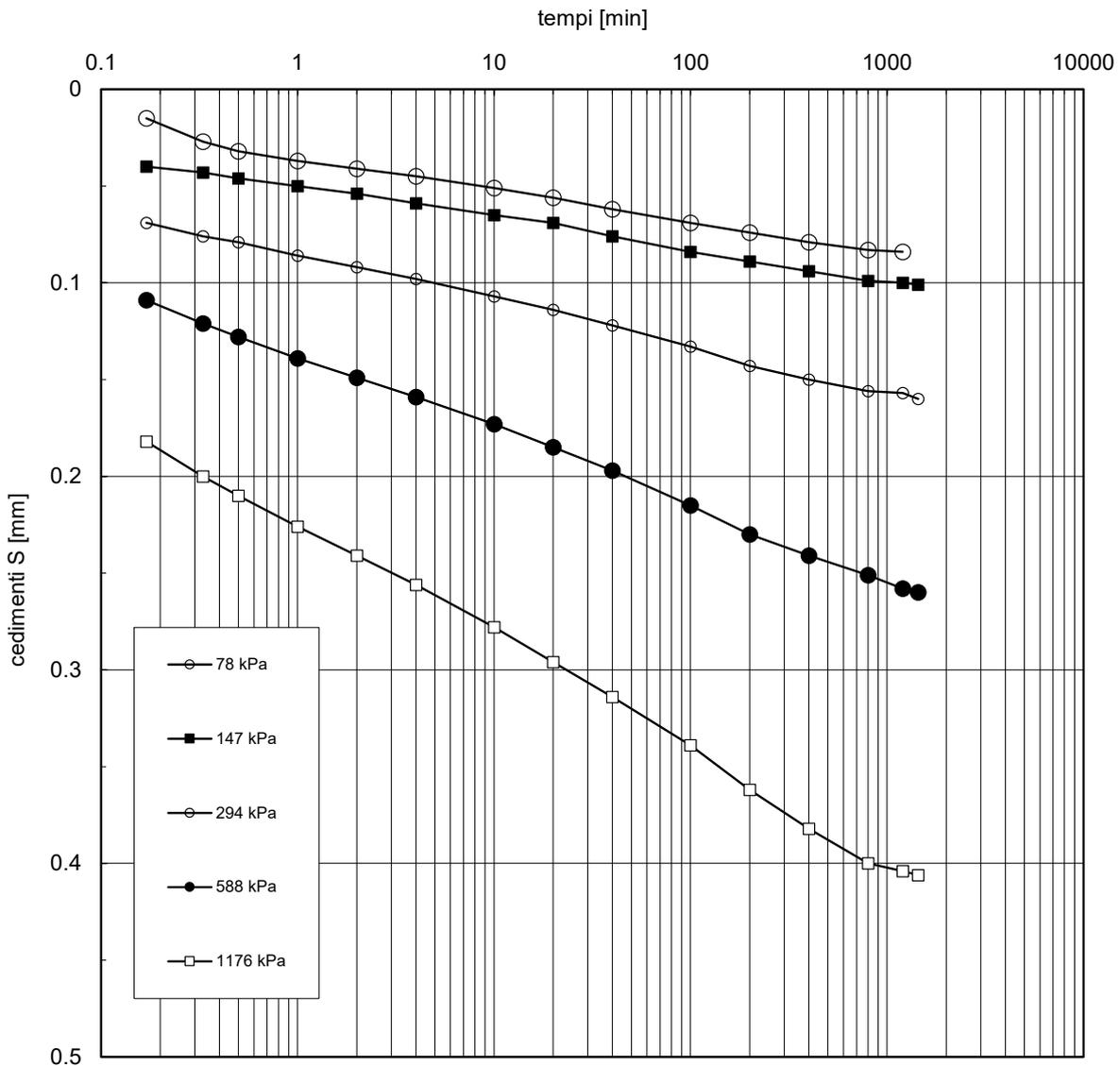
Committente: **Roma Capitale Dir. Tec. Municipio VI**

Accettazione n°	711
Prova n°:	4100/05

Indagine: **Ponte ciclo-pedonale via P. Orsi - Roma - Municipio VI**

Sondaggio: **S3** Campione: **C1** Profondità (m): **4.50:4.80**

PROVA DI COMPRESIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5):diagrammi cedimenti-tempo



Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.249 del 15/06/2023, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Roma Capitale Dir. Tec. Municipio VI**
 Indagine: **Ponte ciclo-pedonale via P. Orsi - Roma - Municipio VI**

Accettazione n° 711
Prova n°: 4100/05

Sondaggio: **S3** Campione: **C1** Profondità (m): **4.50:4.80**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5) :dati sperimentali

1° incremento di carico		2° incremento di carico		3° incremento di carico		4° incremento di carico	
pressione=10 kPa		pressione=20 kPa		pressione=39 kPa		pressione=78 kPa	
Tempi (min)	Cedimento (mm)						
0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000
0.17	0.018	0.17	0.014	0.17	0.017	0.17	0.015
0.33	0.018	0.33	0.015	0.33	0.018	0.33	0.027
0.50	0.018	0.50	0.015	0.50	0.019	0.50	0.032
1	0.019	1	0.015	1	0.020	1	0.037
2	0.019	2	0.016	2	0.022	2	0.041
4	0.020	4	0.017	4	0.023	4	0.045
10	0.021	10	0.019	10	0.025	10	0.051
20	0.022	20	0.020	20	0.028	20	0.056
40	0.026	40	0.022	40	0.032	40	0.062
		100	0.026	100	0.038	100	0.069
		200	0.029	200	0.041	200	0.074
						400	0.079
						800	0.083
						1200	0.084

5° incremento di carico		6° incremento di carico		7° incremento di carico		8° incremento di carico	
pressione=147 kPa		pressione=294 kPa		pressione=588 kPa		pressione=1176 kPa	
Tempi (min)	Cedimento (mm)						
0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000
0.17	0.040	0.17	0.069	0.17	0.109	0.17	0.182
0.33	0.043	0.33	0.076	0.33	0.121	0.33	0.200
0.50	0.046	0.50	0.079	0.50	0.128	0.50	0.210
1	0.050	1	0.086	1	0.139	1	0.226
2	0.054	2	0.092	2	0.149	2	0.241
4	0.059	4	0.098	4	0.159	4	0.256
10	0.065	10	0.107	10	0.173	10	0.278
20	0.069	20	0.114	20	0.185	20	0.296
40	0.076	40	0.122	40	0.197	40	0.314
100	0.084	100	0.133	100	0.215	100	0.339
200	0.089	200	0.143	200	0.230	200	0.362
400	0.094	400	0.150	400	0.241	400	0.382
800	0.099	800	0.156	800	0.251	800	0.400
1200	0.100	1200	0.157	1200	0.258	1200	0.404
1440	0.101	1440	0.160	1440	0.260	1440	0.406

Committente: **Roma Capitale Dir. Tec. Municipio VI**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**

Accettazione n°	711
prova n:	4101/01
cod. prova	Des2998

Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ponte ciclo-pedonale via P. Orsi - Roma - Municipio VI**

Sondaggio: **S3** Campione: **C2** Profondità (m): **10.50:11.00**

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (A.S.T.M. D2488-09a)

Data ricevimento:	03/01/2024	Dimensioni del campione:	
Data di apertura:	08/01/2024	diametro:	85 mm
Stato del campione:	Indisturbato	lunghezza:	260 mm

Descrizione del campione	<i>Campione a struttura caotica costituito da una matrice sabbio-limosa di colore marrone-rossiccio, in cui sono presenti numerosi inclusi lapidei, talora con diametro= diametro carotiere, a volte disfatte in piccole scaglie. Umido. Tracce nerastre di sostanza organica. Non è stato possibile prelevare provini per prove fisico-meccaniche causa abbondanza di inclusi.</i>
--------------------------	---

Colore:	marrone rossiccio
---------	-------------------

Plasticità:	<input checked="" type="checkbox"/> Non plastico <input type="checkbox"/> Poco plastico <input type="checkbox"/> Mediam. plastico <input type="checkbox"/> Molto plastico
-------------	---

Addensamento: (terreni granulari)	<input type="checkbox"/> Sciolto <input type="checkbox"/> Poco addensato <input type="checkbox"/> Mediam. addensato <input checked="" type="checkbox"/> Addensato
--------------------------------------	---

Consistenza: (terreni coesivi)	<input type="checkbox"/> Poco consistente <input type="checkbox"/> Mediam. consistente <input type="checkbox"/> Consistente <input type="checkbox"/> Molto consistente
-----------------------------------	--

Grado di umidità:	<input type="checkbox"/> Asciutto <input type="checkbox"/> Poco umido <input checked="" type="checkbox"/> Umido <input type="checkbox"/> Molto umido <input type="checkbox"/> Saturo
-------------------	--

Alterazione:	<input checked="" type="checkbox"/> Assente <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Elevata
--------------	---

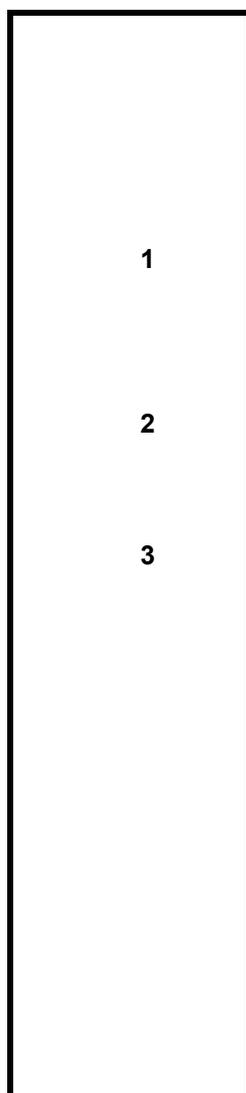
Reazione con HCl	<input checked="" type="checkbox"/> Nulla <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Moderata <input type="checkbox"/> Elevata
------------------	--

	Accettazione n° 711 prova n: 4101/01
Struttura	<input type="checkbox"/> Massiva <input type="checkbox"/> Stratificata <input type="checkbox"/> Scagliosa <input type="checkbox"/> Laminata <input checked="" type="checkbox"/> Caotica <input type="checkbox"/> Altro:.....
Fratturazione	<input checked="" type="checkbox"/> Assente <input type="checkbox"/> Moderata <input type="checkbox"/> Elevata
Cementazione	<input checked="" type="checkbox"/> Assente <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Elevata

PROVE ESEGUITE

L totale= 26 cm

Parte Superiore (P.S.)
 _____ cm



Pocket penetrometer
 (Kg/cm²)

Vane test
 (Kg/cm²)

Parte Centrale (P.C.)
 _____ cm

- 1) Contenuto naturale d'acqua
- 2) Peso specifico dei grani
- 3) Analisi granulometrica

Parte Inferiore (P.I.)
 _____ cm

Committente: **Roma Capitale Dir. Tec. Municipio VI**

Accettazione n°:	711
Prova n°:	4101/02
cod. prova	ngw17006

Direttore dei Lavori: **non dichiarato**

Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ponte ciclo-pedonale via P. Orsi - Roma - Municipio VI**

Sondaggio: **S3** Campione: **C2** Profondità (m): **10.50:11.00**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Data ricevimento 03/01/2024
Data inizio prova: 08/01/2024

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³

Peso specifico dei grani (UNI EN ISO 17892-3)

Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P's=	10.00 g		Peso specifico dei grani medio $\gamma_s = 25.99 \text{ kN/m}^3$
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P'2=	157.51 g	$\gamma'_s = 26.00 \text{ kN/m}^3$	
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P'1=	151.28 g		
Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P"s=	10.00 g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P"2=	155.30 g	$\gamma''_s = 25.97 \text{ kN/m}^3$	
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P"1=	149.07 g		

Contenuto d'acqua (UNI EN ISO 17892-1), peso di volume umido e secco (UNI EN ISO 17892-2)

Diametro del provino:	mm	Contenuto d'acqua Peso dell'unità di volume umido Peso dell'unità di volume secco		w = 0.367
Altezza del provino:	mm			
Area del provino:	cm ²			
Volume del provino:	cm ³			
Peso pesafiltro vuoto:	32.76 g			
Peso pes.+provino umido	109.78 g			
Peso pes.+provino secco	89.11 g			

Porosità, indice di porosità e grado di saturazione (parametri derivati dai precedenti)

Peso specifico dei grani	$\gamma_s = 26.0 \text{ kN/m}^3$	Porosità	n =
Contenuto d'acqua	w = 0.367	Indice di porosità	e =
Peso di vol. secco	$\gamma_d =$	Grado di saturazione	Sr =

Tenore in carbonati (A.S.T.M. D4373-14)

Pressione barometrica	mm Hg	Tenore in carbonati		
Temperatura	° C			
Quantità di materiale	g			
Acido carbonico sviluppato	cm ³			
Assorbimento di CO ₂ nella soluzione con HCl	cm ³			
				%

Sostanze organiche (A.S.T.M. D2974-14)

Peso pesafiltro vuoto:	Contenuto di sostanze organiche
Peso pes.+terreno essiccato a 105°	
Peso pes.+terreno dopo calcinazione	

Accettazione n°:	711
Prova n°:	4101/03
cod. prova:	gr19648
Data ricevimento:	03/01/24
Data inizio prova:	10/01/24

Committente: **Roma Capitale Dir. Tec. Municipio VI non dichiarato**
 Direttore dei Lavori: **non dichiarato**

(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)

Indagine: **Ponte ciclo-pedonale via P. Orsi - Roma - Municipio VI**

Sondaggio: **S3**
 Campione: **C2**

Profondità (m): **10.50:11.00**

Peso campione: **237.49 g** (1° setacciatura)

Peso secco sed: **38.38 g** (sedimentazione)

Temperatura: **19 °C**

Peso specifico dei grani $\gamma_s =$ **25.99 kN/m³**

Setaccio	diametro [mm]	Trattenuto [%]	passante cumul. [%]
UNI 10	10.00	0.00	100.00
ASTM 4	4.75	0.60	99.40
ASTM 10	2.00	4.00	95.40
ASTM 18	1.00	6.48	88.91
ASTM 40	0.40	5.09	83.83
ASTM 100 (setacc. materiale decantato)	0.15	9.85	73.98
SEDIMENTAZIONE	0.0852	27.13	46.85
	0.0603	8.67	38.18
	0.0426	2.79	35.39
	0.0270	4.64	30.75
	0.0156	11.14	19.61
	0.0090	6.19	13.42
	0.0055	2.79	10.63
	0.0016	8.36	2.27

Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.249 del 15/06/2023, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (UNI EN ISO 17892-4)

