

Relazione Geologica e Sismica

Localizzazione intervento:



Comune: Roma (RM)
Municipio III
Via Monte Ruggero

Committente:

PRR Architetti

Progetto:

Fattibilità T.E. - Area Detroit (zona Tufello)

Tecnico: Geol. Vittorio Stocchi

Collaboratrice: Dott.ssa Geol. Marzia Satta



Data: 23/12/2023

Cod. lavoro: 4578 pagine totali 63

Rev. n °	NOTE DI REVISIONE	Data
		///

INDICE

1) Premessa e localizzazione	3
2) Metodi d'indagine e normativa di riferimento	8
3) Inquadramento fisico generale.....	11
4) Geomorfologia del terreno	14
5) Geologia del terreno.....	23
6) Idrogeologia del terreno	29
7) Sismicità e tettonica.....	33
8) Caratteristiche geotecniche	39
9) Conclusioni	44
10) Bibliografia.....	46
Allegati pag. 47	

1) Premessa e localizzazione

L'indagine è stata svolta su incarico dei progettisti, al fine di verificare la fattibilità dell'opera con le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dell'area in esame.

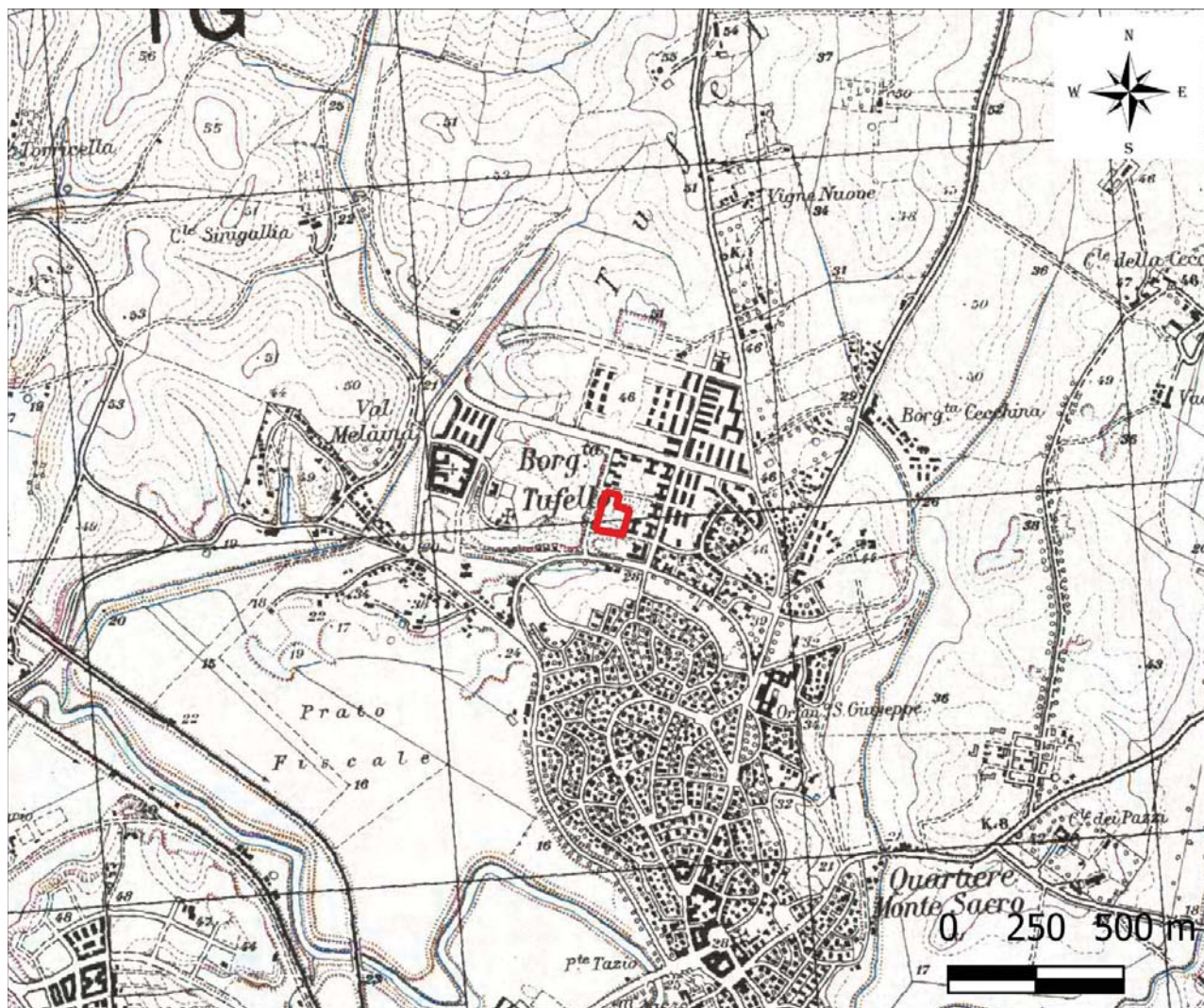
Il progetto definitivo riguarda un'area già oggetto, pochi anni fa, di lavori di sistemazione, per la quale si prevedono la riqualificazione e il completo recupero alla fruizione pubblica, mediante la pulizia dalla vegetazione infestante, il rifacimento dei campi sportivi e delle relative recinzioni, la realizzazione di rampe di accesso, la demolizione e ricostruzione di manufatti esistenti e il consolidamento sia con opere di ingegneria naturalistica che con interventi più consistenti delle scarpate circostanti il lotto (fig. 1).

Lo studio, per le successive fasi di progettazione, dovrà essere implementato con ulteriori prove di dettaglio, distribuite in numero congruo all'interno dell'area esaminata.

Il territorio è compreso nel foglio 150 Roma, quadrante I, tavoletta SO Roma, nel C.T.R. 374074 Monte Sacro; il terreno è distinto al catasto dal foglio n°267 particella n°834 per una superficie totale di circa 0,75 Ha (fig. 2, 3, 4 e 5).



Fig. 1



Legenda


 Area d'indagine

Fig. 2

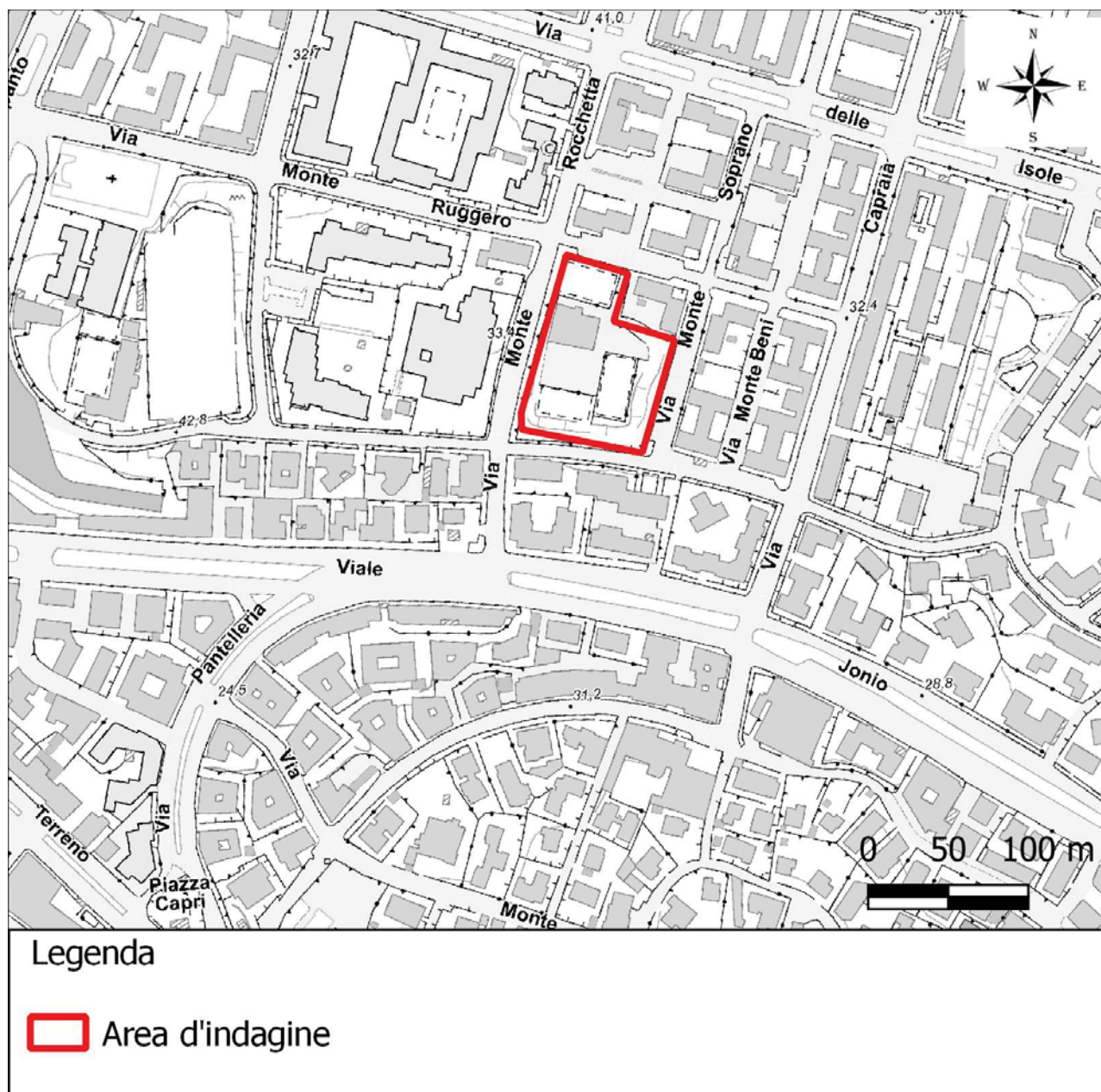


Fig. 3

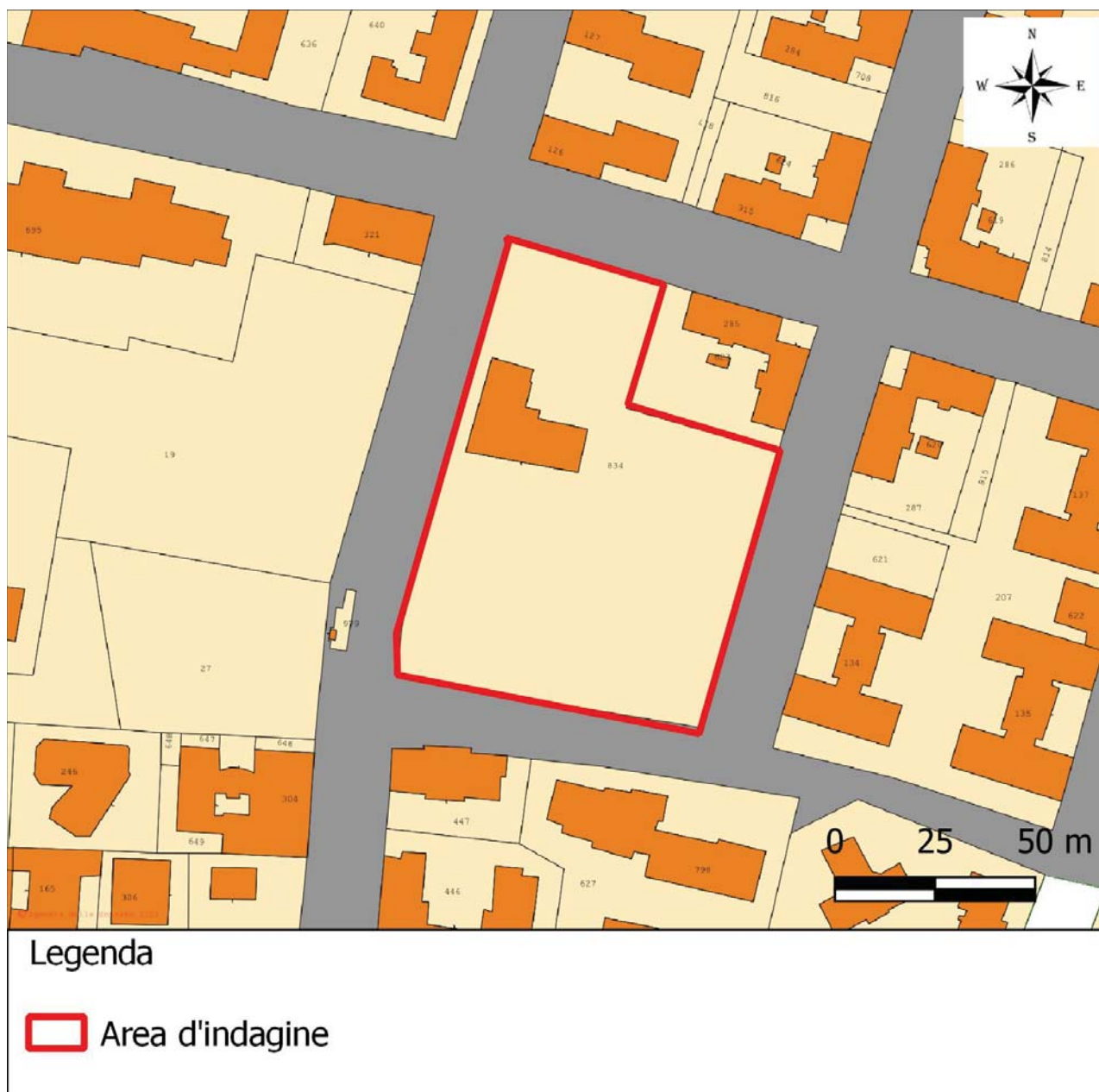


Fig. 4



Legenda


 Area d'indagine

Fig. 5

2) Metodi d'indagine e normativa di riferimento

Lo studio è stato condotto secondo quanto previsto dalla normativa edilizia vigente: Legge 02 febbraio 1974, n. 64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

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.

D.P.R. 328 5 giugno 2001, art. 41. Modifiche ed integrazioni della disciplina dei requisiti per l'ammissione all'esame di stato e delle relative prove per l'esercizio di talune professioni nonché della disciplina dei relativi ordinamenti (art.41 - attività professionali del geologo)

DPR 6 giugno 2001, n.380. Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia (Testo A)

Ord. P.C.M. del 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. e documenti correlati.

N.T.C. 2018 - Ministero delle Infrastrutture e Trasporti - Norme Tecniche per le Costruzioni

Circolare 7 - 2019. Istruzioni aggiornamento norme tecniche 2018.

Regolamento Regione Lazio D.G.R. 26/2020 e s.m.i. D.G.R. 189/2021 "...Snellimento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico.

R.D. 1126/26, D.G.R. Lazio 920/22, Regolamento per il vincolo idrogeologico.

D.G.R. nr. 2649/99 e D.G.R. del Lazio nr. 6215/96, normativa in materia di pianificazione territoriale.

In accordo con il progettista, vista la consistenza delle opere (classe II), la classificazione sismica locale (classe 3A), l'assenza di vincolo idrogeologico e considerate le conoscenze geologiche della zona, in questa fase di progettazione (fattibilità) si è proceduto alle seguenti operazioni:

- il rilevamento geologico dell'area
- la consultazione della bibliografia esistente e dei dati di archivio dell'autore
- l'esecuzione di due prove DPSH per stimare le caratteristiche dei terreni (foto 1)
- l'esecuzione di una prova MASW per la classificazione sismica del suolo (foto 2)
- Il prelievo di un campione di terreno indisturbato
- l'analisi in laboratorio ufficiale del campione prelevato



Foto 1 - DPSH



Foto 2 - MASW

3) Inquadramento fisico generale

La porzione orientale del territorio comunale di Roma è caratterizzata dalla presenza di depositi vulcanici relativi all'attività degli apparati eruttivi dei Monti Sabatini e dei Colli Albani che in questa zona si sovrappongono ai precedenti (Pleistocene medio-superiore, fig. 6).

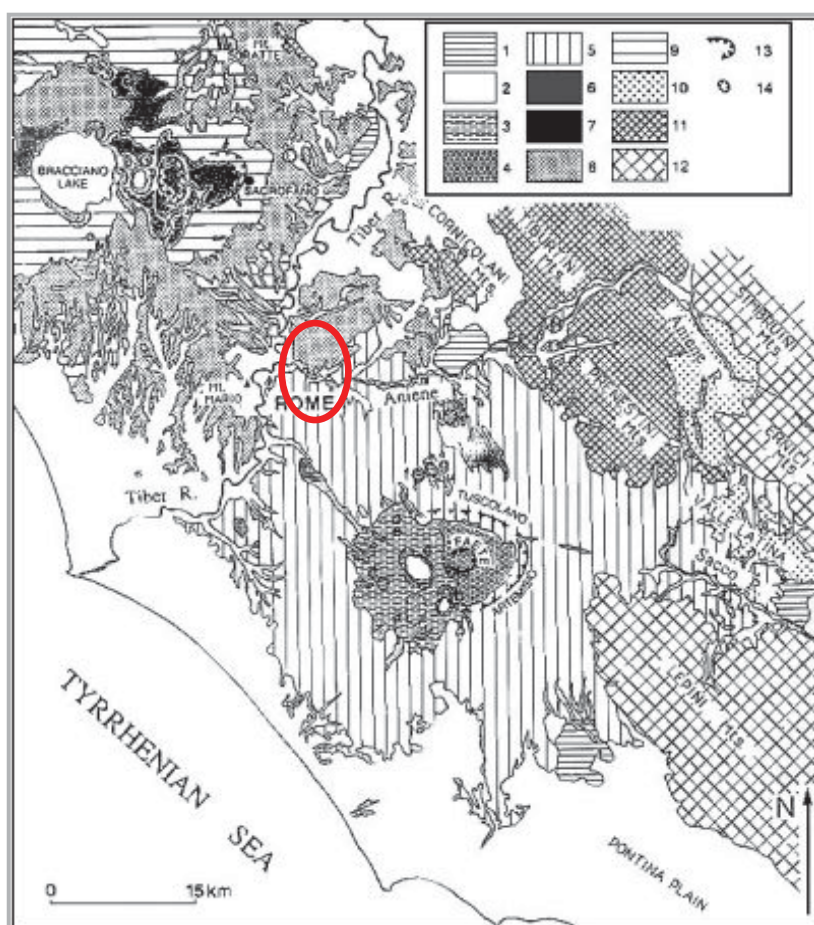


Fig. 6: Distretto vulcanico sabatino e dei Colli Albani (Trigila, 1995)

1- Travertini; 2- Unità sedimentarie Plio-Pleistoceniche; 3- Colli Albani: prodotti della fase idromagmatica finale; 4- Colli Albani: prodotti della fase delle Faete; 5- Colli Albani: prodotti della fase del Tuscolano-Artemisio; 6- Colate Laviche; 7- Prodotti idromagmatici del complesso vulcanico Sabatino; 8- Prodotti di ricaduta del complesso vulcanico Sabatino; 10- Flysch del Tortoniano (facies pelitico-sabbiose); 11- Unità carbonatiche pelagiche del meso-Cenozoico (facies Sabina); 12- Unità carbonatiche di piattaforma del Meso-Cenozoico (facies Lazio-Abruzzo); 13- Bordo della caldera; 14- Bordo del cratere.

I prodotti sabatini e albanici ricadono nella regione vulcanica di tipo alcalino potassico, legata a movimenti crostali che hanno interessato la fascia dell'attuale costa tirrenica toscano laziale e campana, a partire dal pliocene (da circa 1 milione di anni), con dinamiche prevalentemente distensive.

Le vulcaniti si sono impostate sui depositi plio - pleistocenici, di ambiente salmastro e marino, che costituiscono il basamento geologico dell'area.

In particolare, la zona si colloca in corrispondenza del contatto e della sovrapposizione tra i prodotti vulcanici provenienti da alcuni importanti crateri orientali dell'area sabatina (cratere di Sacrofano) che risalgono ad oltre 350.000 anni e che localmente sono sottostanti a vulcaniti riconducibili all'attività del Vulcano Laziale (o albano) che si è sviluppata negli ultimi 0.6 milioni di anni circa e si è protratta sino a tempi recenti (20.000 anni fa).

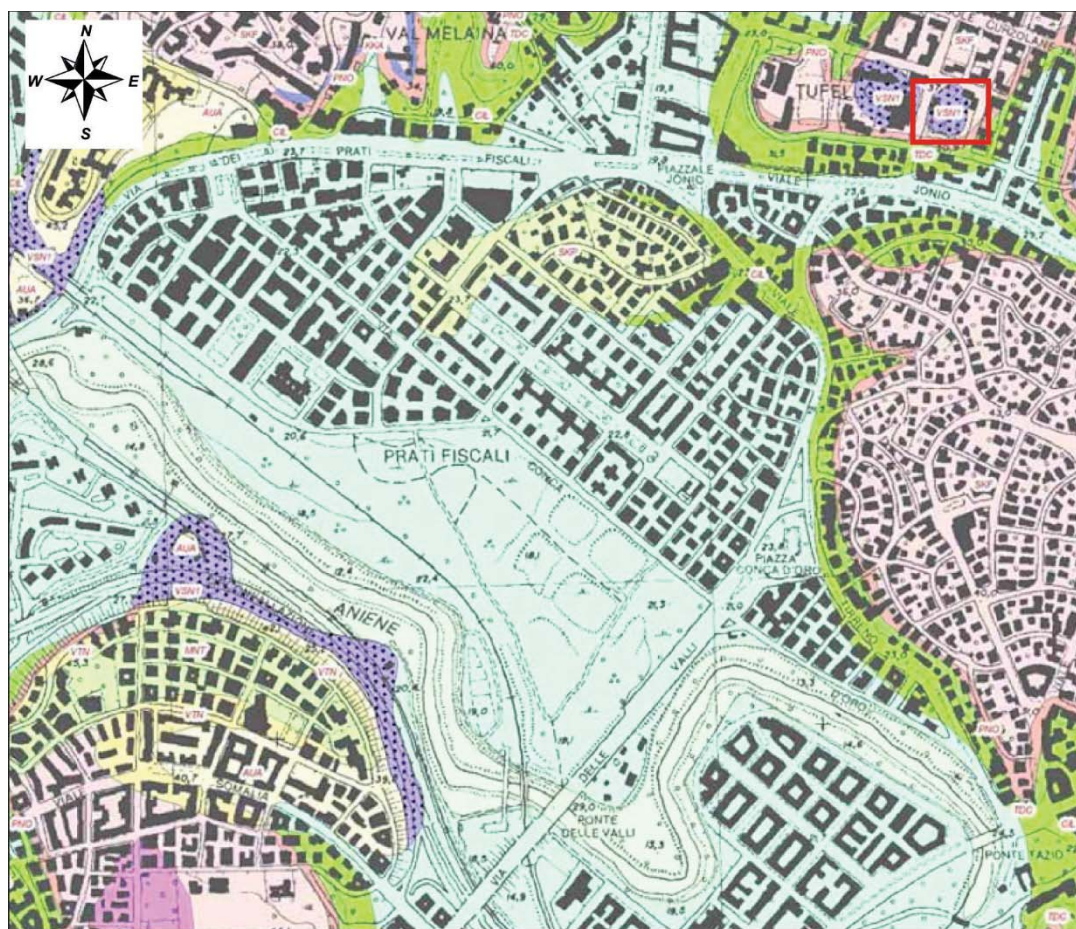
Al di sotto delle vulcaniti, come accennato, sono presenti terreni di natura sedimentaria di origine marina e di transizione, visibili più a valle e composti in massima parte da depositi argillosi e sabbiosi più antichi, affioranti lungo i versanti delle valli più incise e lungo le scarpate dell'area in esame.


Non mancano, all'interno delle aree più depresse e in prossimità delle scarpate, depositi di materiale alluvionale provenienti dal disfacimento dei litotipi affioranti (eluvium), sia recenti che attuali, terreni di riporto (come in parte dell'area indagata) e detrito di falda, con spessore generalmente limitato a pochi metri; la giacitura delle formazioni affioranti è sub orizzontale o più raramente conforme alla morfologia del pendio.

La morfologia del territorio è caratterizzata dalla presenza di alture tabulari, con quota media intorno ai 30 - 40 metri sul livello del mare, incise da valli fluviali con versanti più o meno ripidi, a secondo della tenacità dei materiali erosi.

Il reticolo idrografico si presenta in fase erosiva, orientato in direzione locale nord est - sud ovest, sempre drenante verso l'alveo del fiume Tevere, il quale scorre alcuni chilometri a sud dell'area indagata e rappresenta, chiaramente, il maggior bacino idrico della regione.

La zona, vista la presenza di pendii anche acclivi è, in alcuni casi, soggetta a fenomeni gravitativi di modeste dimensioni.



 Area d'indagine

Formazioni geologiche





- a1**  **sedimenti alluvionali in evoluzione**
 Depositi alluvionali all'interno delle arginature artificiali del Fiume Tevere e del Fiume Aniene. Si tratta di alternanze di sabbie, silts, argille e livelli ricchi di materia organica. Spessore da 0 a 10 m. (*Olocene*)
- a2**  **depositi alluvionali**
 Depositi siltoso-sabbiosi e siltoso-argillosi delle piane alluvionali. Nella piana alluvionale del Fiume Tevere e del Fiume Aniene la litologia di questi depositi è nota da dati di sondaggio ed è prevalentemente costituita da depositi fini siltoso-argillosi alternati a livelli sabbiosi e a livelli di torbe a diversa profondità. Alla base sono frequenti livelli ghiaiosi e sabbiosi. Spessore fino a 60 m. (*Olocene*)
- VSN1**  **1) membro del Tufo Lionato (VSN1):** deposito a composizione da K-foiditica a tefrifonolitica (Trigila et al., 1995), massivo, litoide, a matrice cineritico-lapillosa con abbondanti pomici gialle, scorie grigie, litici lavici e olocristallini a gradazione inversa, di colore da giallo a rosso a marrone in gradazione verticale, spesso fino a 25 m. Localmente, nella parte alta del deposito, sono presenti fiamme. Gas-pipes, laminazioni e impronte di tronchi sono spesso presenti nelle zone distali e nelle paleovalli; "Tufo Lionato" Auct;
- SKF**  **successione di Sacrofano.**
 Depositi piroclastici lapillosi e cineritici in strati contenenti scorie e litici lavici di dimensioni centimetriche da ricaduta, intercalati a livelli vulcanoclastici rimaneggiati, orizzonti pedogenizzati e depositi limno-palustri. Nella parte intermedia della successione i livelli primari sono costituiti da pomici di ricaduta bianco-giallastre a sanidino e clinopirosseno in tre banchi con areali di affioramento differenziati (Granturchi auct.). Spessori fino a 14 m. (*Pleistocene medio p.p.*)

Fig. 7 - Estratto carta geologica in scala 1: 50.000

4) Geomorfologia del terreno

La zona ha un'estensione inferiore ad un ettaro e si trova lungo uno stretto crinale allungato in direzione est - ovest, oggi reso quasi irriconoscibile dalla intensa urbanizzazione subita dal territorio.

Il territorio è attraversato da un reticolo idrografico di tipo sub parallelo, mediamente inciso, che rende drena verso la valle del Tevere e poco più a sud verso il fiume Aniene.

La collina si affaccia sulla valle di un fosso non più visibile, probabilmente detto del Prato Fiscale e orientato in direzione est - ovest, il cui alveo corrisponde al tracciato di via dei Prati Fiscali poi di viale Jonio (fig. 8 - carta IGM di fine '800 fuori scala).



Fig.8

Il sito attualmente si presenta come una piccola altura circondata, su tre lati, da una scarpata di altezza variabile che ha un dislivello massimo di circa 8 metri, visibile sul lato orientale e meridionale della stessa, che si affaccia su via Monte Soprano (foto 3 e 4) e su via Monte Croce.



Foto 3 - scarpata via Monte Soprano



Foto 4 - scarpata via Monte Croce

L'area oggetto d'intervento si presenta, quindi, come una piccola altura di forma rettangolare, allungata in direzione nord - sud, la cui sommità è quasi perfettamente pianeggiante (foto 5), viste le modifiche di origine antropica che si sono succedute nel corso del tempo, come in gran parte del territorio urbano di Roma.



Foto 5 - spianata

La superficie dell'area è comunque irregolare per presenza di pavimentazioni differenti, dovute alle diverse superfici di gioco, con probabili accumuli di riporto (foto 6).

La quota massima dell'intera area è di circa 38,5 metri sul livello del mare, la minima di circa 30 metri alla base della scarpata meridionale; le pendenze più elevate riguardano le scarpate prima citate (con brevissimi tratti subverticali- foto 7) le quali, sebbene sostanzialmente stabili, sono state già oggetto di opere di sostegno costituite sia da ingegneria naturalistica (palizzate - foto 8) sia di opere più consistenti (gabbionate e muri foto 9 e 10), queste ultime anche in testa alle scarpate.



Foto 6 - campi sportivi



Foto 7 - breve tratto di scarpata sub verticale



Foto 8 - palizzate



Foto 9 - gabbionate



Foto 10 - muri

In conclusione non sono stati rilevati elementi che indichino la presenza di fenomeni gravitativi in atto, che possano inficiare la sicurezza complessiva dell'area ma è evidente la necessità di provvedere al sostegno e alla protezione delle scarpate come già in parte effettuato in passato con le opere prima descritte.

Si segnala che, a meno di particolari necessità, è preferibile utilizzare gabbioni al posto dei muri, per la loro deformabilità, minor peso e per la loro capacità di drenaggio, evitando di sovraccaricare la parte sommitale delle scarpate.

Le acque superficiali, seguendo la pendenza naturale del terreno, drenano su ogni lato del pianoro, verso l'alveo del fosso oggi scomparso.

La carta delle cavità sotterranee mostra che è possibile ma non probabile la presenza di cavità di varia natura (fig. 9) inoltre l'area non risulta alluvionabile così come si evince dalla carta della pericolosità del territorio di Roma Capitale (fig. 10).

L'area non è compresa all'interno delle zone a rischio cartografate dalla Regione Lazio, nel piano P.A.I. (fig. 11); l'area può essere collocata in classe topografica T1 (vedi sismica).

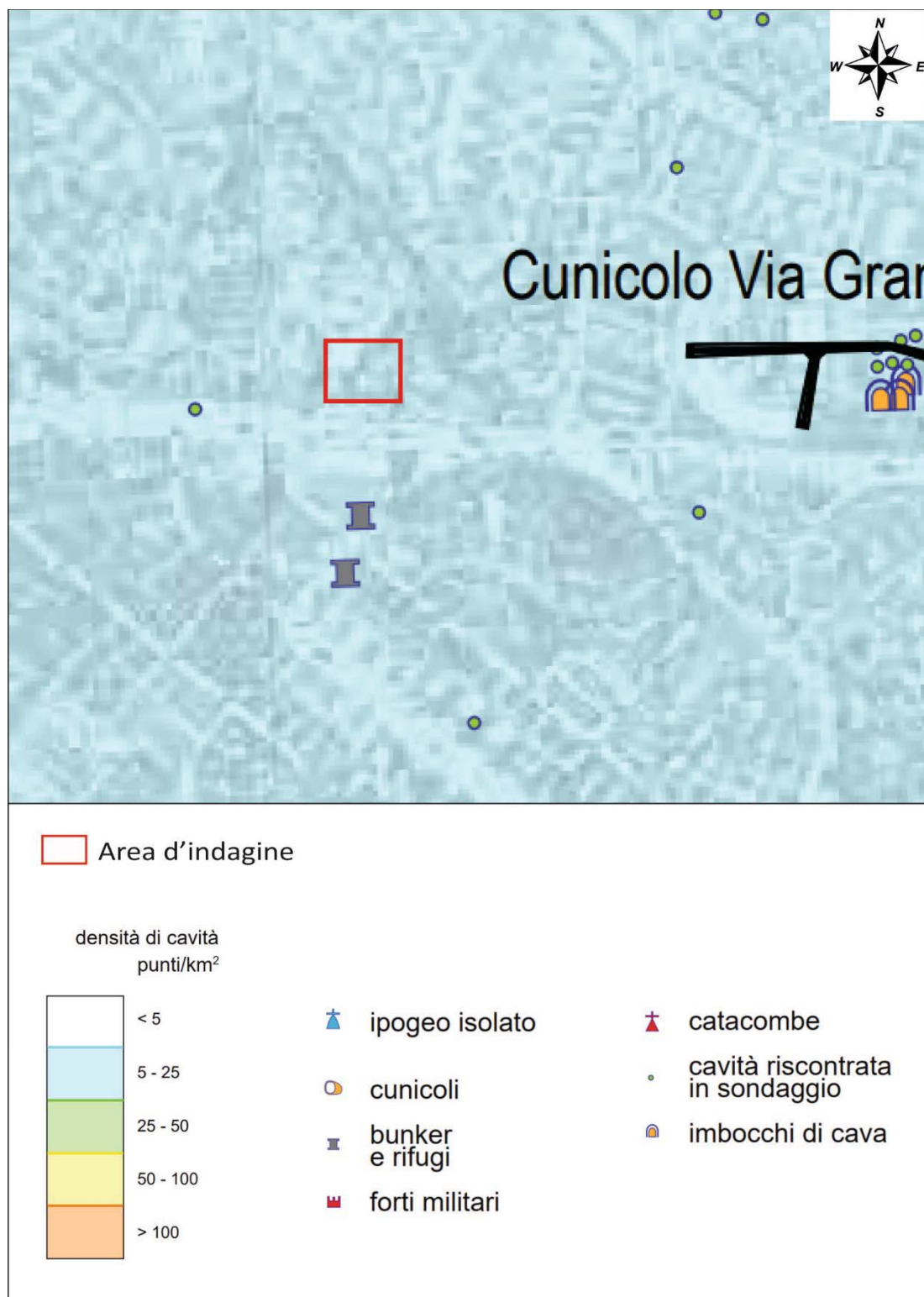


Fig. 9

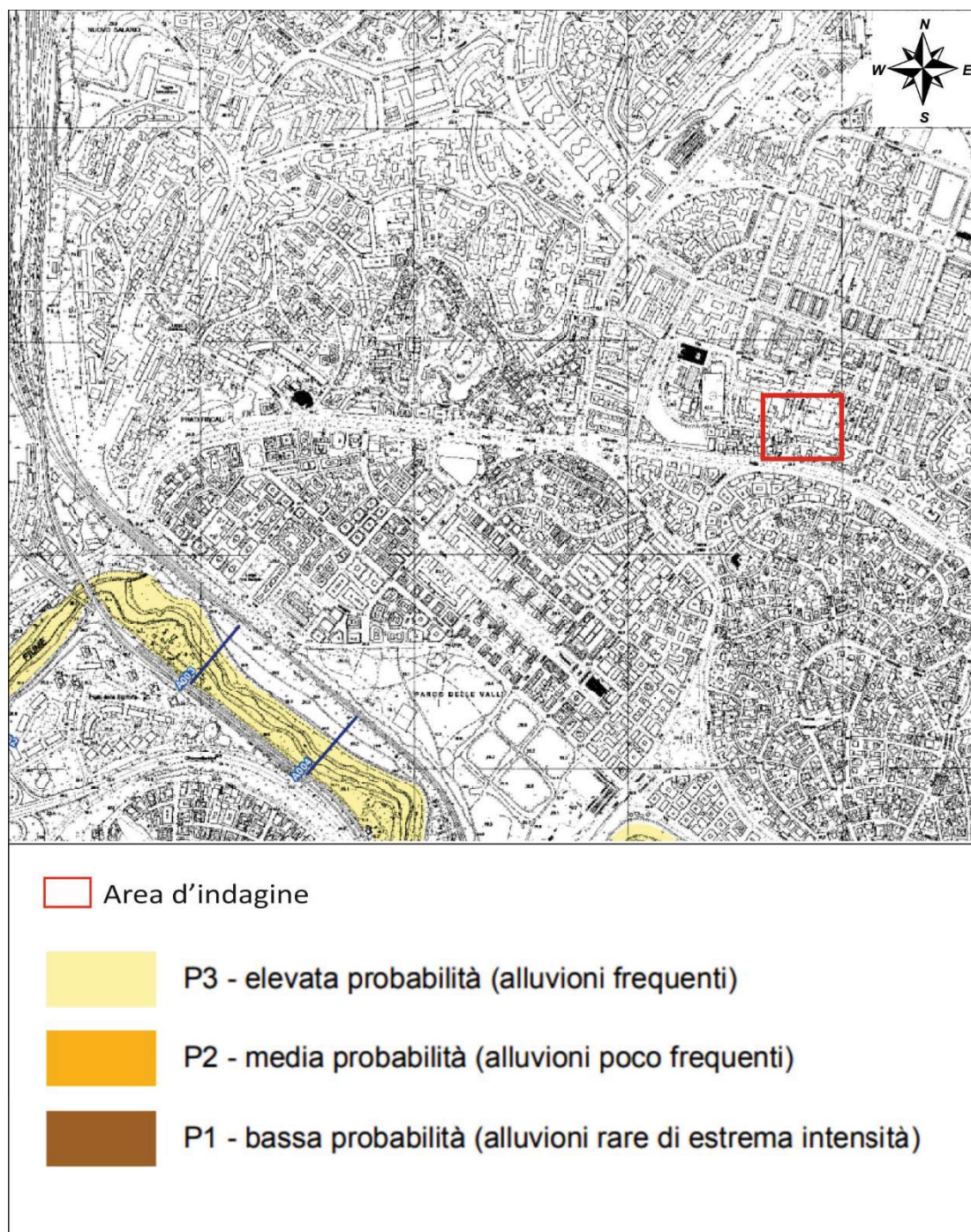


Fig. 10

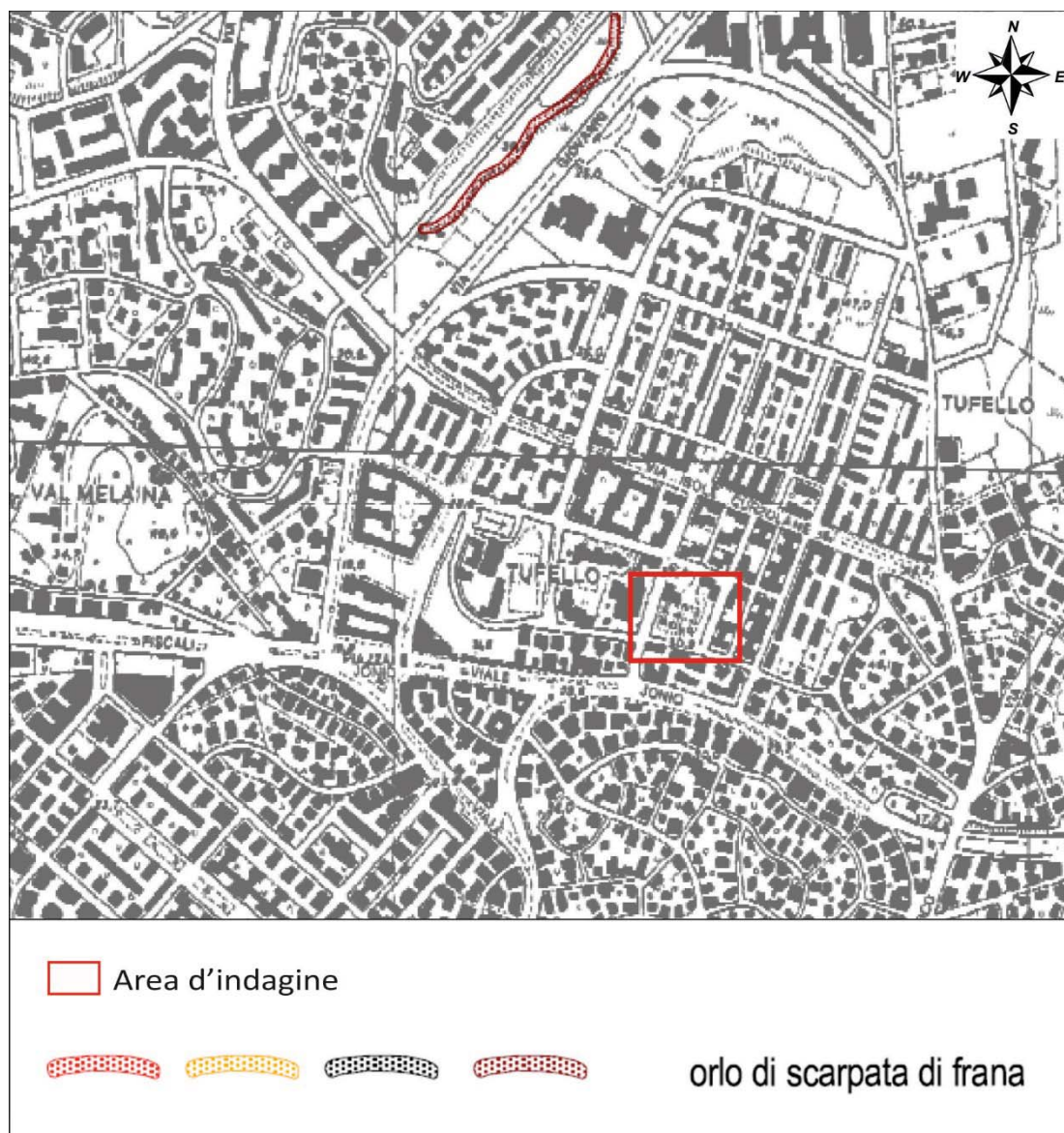


Fig. 11

5) Geologia del terreno

La zona in esame, in cartografia, è posta all'interno dell'affioramento dei prodotti ignimbrici emessi dalle fasi intermedie dell'attività eruttiva albana (Pleistocene), in prossimità del contatto con i depositi vulcanici sabatini e quelli sedimentari di fondovalle.

Le vulcaniti sono composte da diverse formazioni sia massive che sciolte, a prevalente matrice pozzolanacea (fig. 12 E 13)).

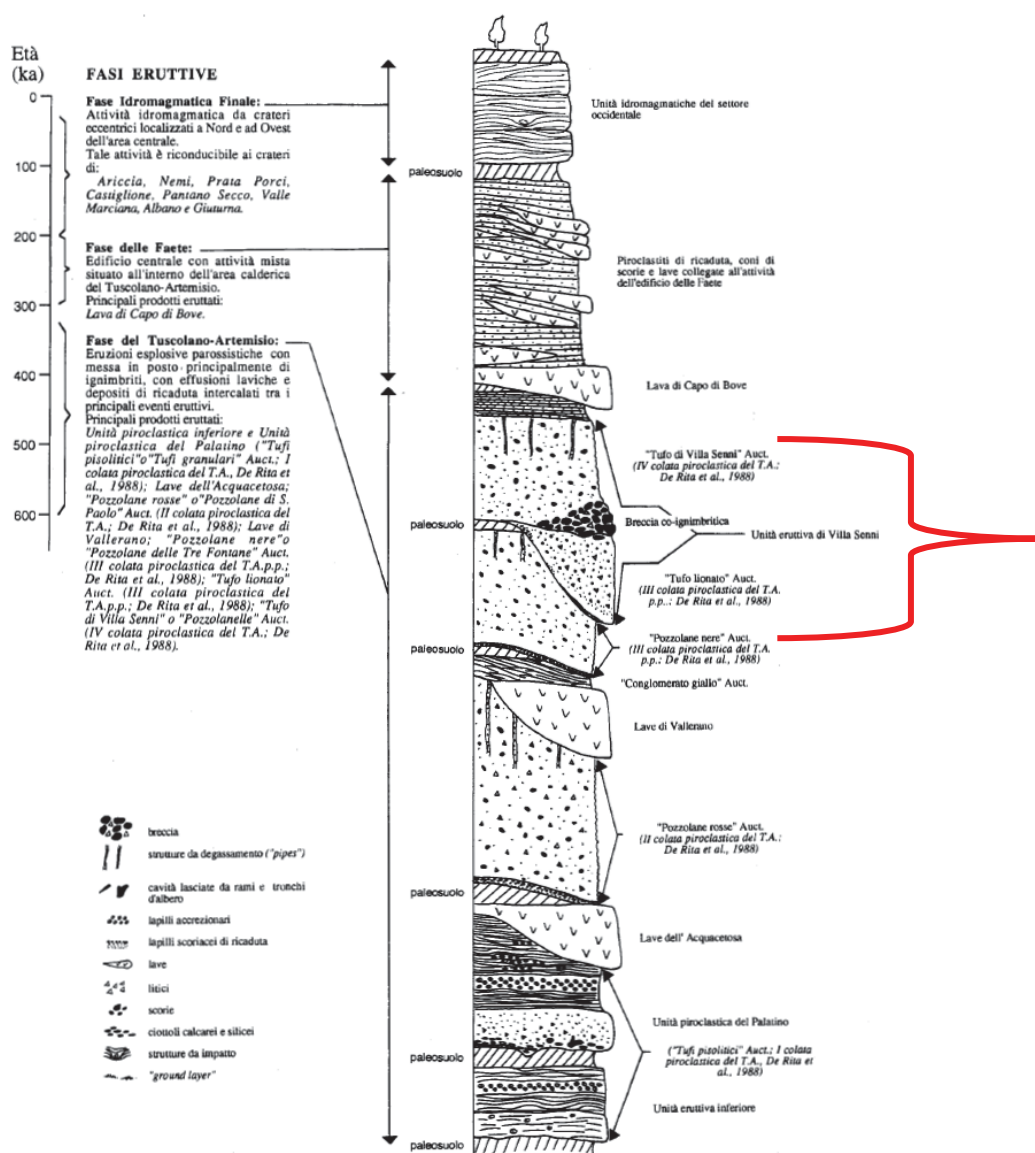


Fig. 12 - schema stratigrafico generale

I tufi circostanti hanno chimismo prevalentemente tefritico fonolitico, sono caratterizzati da una facies pozzolanacea e in minor misura cineritica, a deposizione aerea, con abbondanti scorie nere, lapilli e blocchi, cristalli di leucite, biotite e pirosseno, di colore violaceo e marrone rossiccio.

Il tufo può essere classificato come appartenente all'unità di Villa Senni suddivisa nel membro noto proprio con il nome di Tufo di Villa Senni (pozzolanelle), con aspetto massivo e consistenza variabile, generalmente incoerente e con matrice prevalentemente grossolana e nel membro detto tufo lionato, affiorante in sito e dotato di chimismo tefritico fonolitico, con aspetto anch'esso massivo e consistenza litoide, con matrice cineritico lapillosa, ricco di pomici gialle e rosso a gradazione verticale, scorie grigie, litici lavici (foto 11 e 12), localmente poco spesso e a sua volta poggiante su un deposito sedimentario.



Foto 11 e 12 - tufo in sito

Quest'unità si presenta massiva e caotica, semicoerente, di colore rosso violaceo e grigio, a matrice scoriacea, povera di cenere, con scorie e abbondanti litici lavici e sedimentari termometamorfosati, cristalli di leucite, clinopirosseno e biotite.

Sotto il banco di tufo, localmente di spessore inferiore ai 2 metri, si ritrova un deposito sedimentario di ambiente fluviale e salmastro, identificabile come unità di S. Cecilia, localmente a matrice prettamente argillosa, di colore grigio chiaro, con intercalazioni diverse e spessore rilevato di oltre 5 metri (foto 13).

Un'altra componente degli affioramenti locali è costituita dagli accumuli di riporto presenti sul terreno, i quali hanno natura tufacea ma dei quali, allo stato attuale delle conoscenze, non è possibile definire in modo preciso né la composizione e né la disposizione (spessore, estensione) comunque variabili da zona a zona (foto 14).



Foto 13



Foto 14

Il modello geologico proposto dovrà essere meglio definito da ulteriori indagini puntuali e di dettaglio ma un'ipotesi plausibile può contemplare tre orizzonti (fig. 14):

orizzonte A: riporti diversi, diffusi in modo irregolare sul terreno con spessore ritenuto di circa 2 metri o meno;

orizzonte B: tufo pozzolanaceo di colore marrone e grigiastro con spessore inferiore al metro e mezzo;

orizzonte C: banco di materiale a matrice prettamente argillosa di colore grigio chiaro, con spessore di almeno 5 metri.

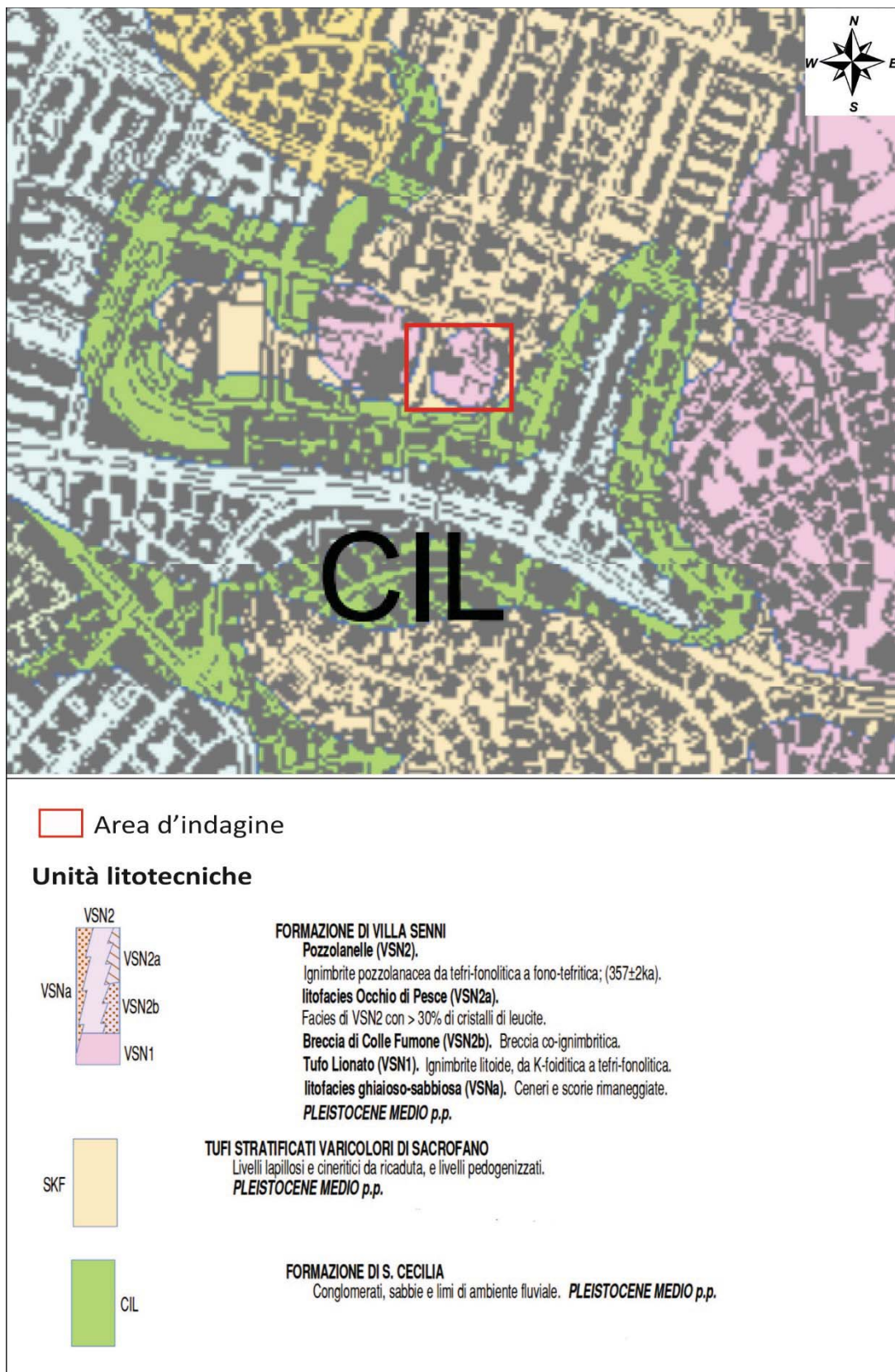
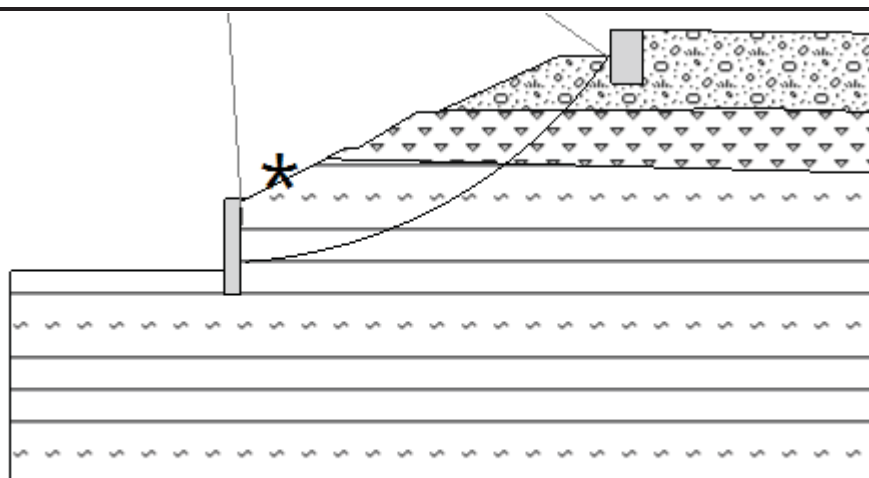


Fig. 13



Riporto e alterazione



Tufo addensato



Argilla debolmente limosa

Fig. 14

6) Idrogeologia del terreno

L'idrogeologia dell'area romana risulta fortemente condizionata dalla presenza in profondità dei terreni argillosi, impermeabili, dell'Unità di Monte Vaticano, che costituisce il substrato impermeabile di tutte le falde acquifere circolanti nei depositi pleistocenici e olocenici a essa sovrapposti.

I termini vulcanici presentano, nel loro complesso, un comportamento uniforme rispetto alla circolazione idrica sotterranea; essi sono, per la maggior parte, permeabili per porosità, con permeabilità variabile in relazione al grado di alterazione, argillificazione e/o cementazione; più rare sono le formazioni permeabili per fessurazione.

In tutta la regione vulcanica esiste una falda idrica principale la cui base è costituita, come prima accennato, dalle argille plioceniche; tale falda interessa con continuità tutti i terreni vulcanici e sedimentari presenti ed è possibile ricostruire l'andamento della sua superficie piezometrica nonché le principali linee di deflusso.

Le variazioni di permeabilità prima citate all'interno delle vulcaniti, possono dare origine a falde minori di limitata estensione verticale e areale.

Nella zona del Tufello è presente una circolazione idrica profonda che si attesta intorno ai 15 metri sul livello del mare, quindi a una profondità di oltre 20 metri dal piano di campagna; la direzione di deflusso è da nord est verso sud ovest (fig. 15 e 16).

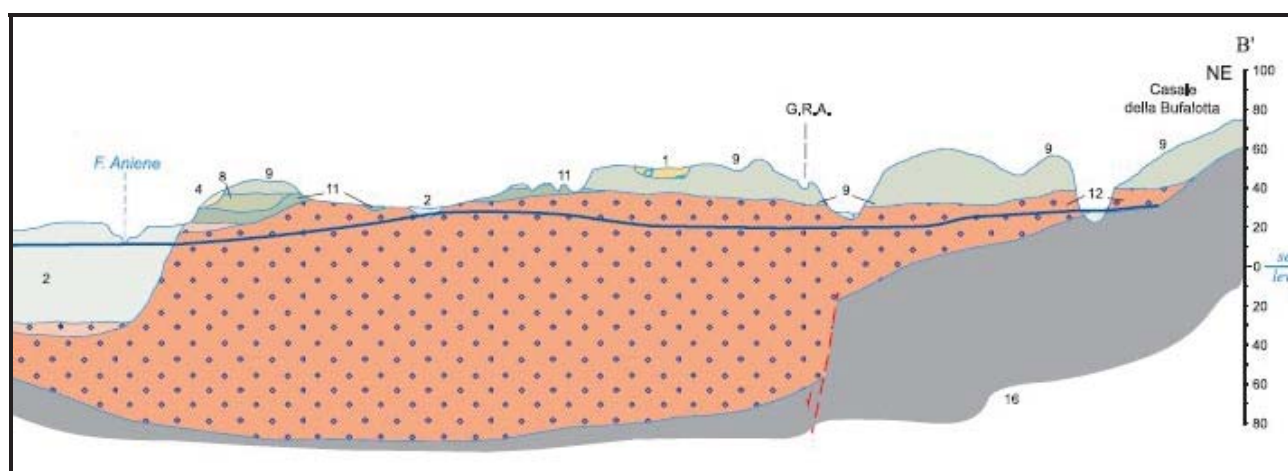
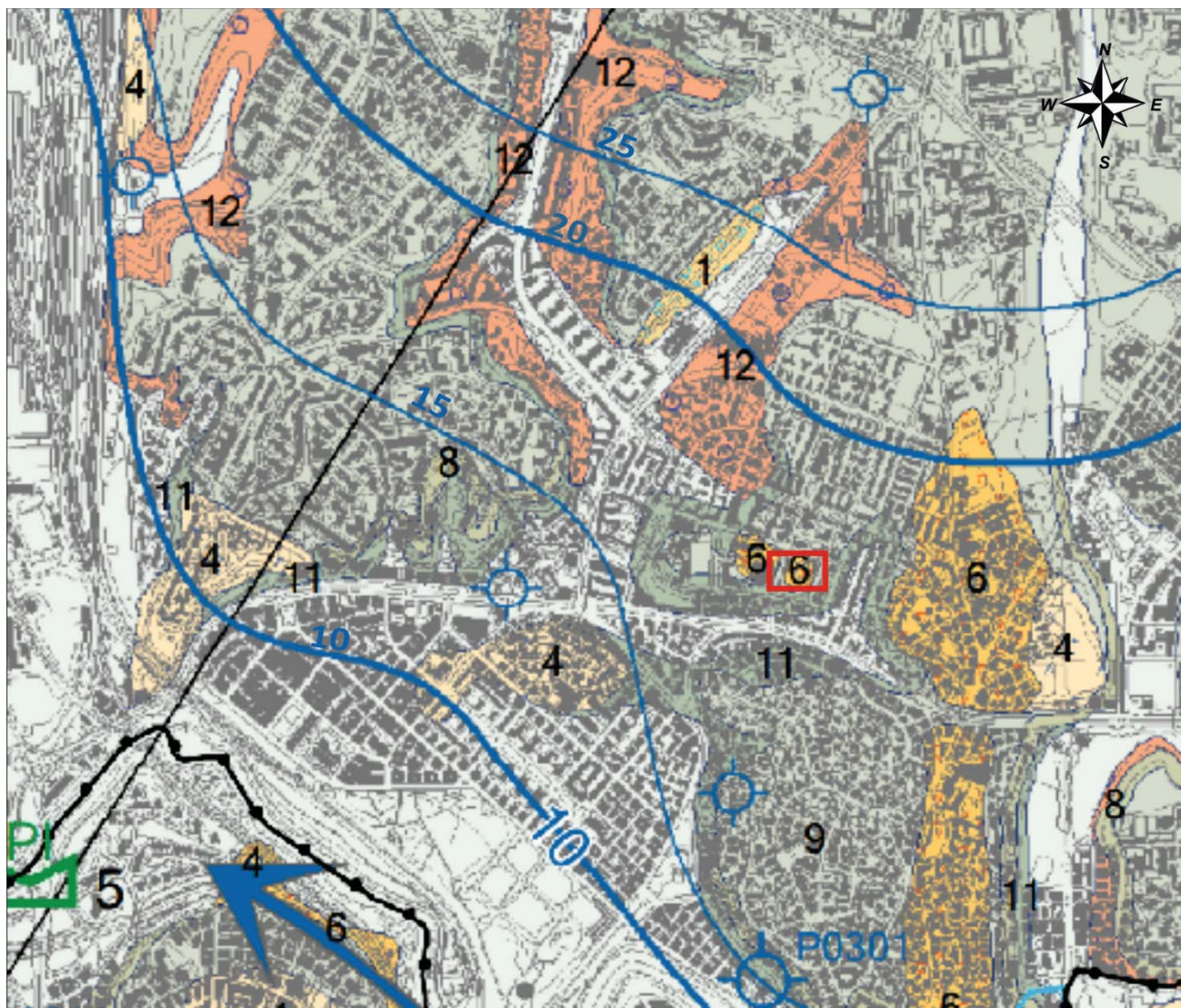


Fig. 15 - sezione idrogeologica

La falda idrica è contenuta nelle vulcaniti a permeabilità media e nelle sottostanti formazioni grossolane del complesso di Ponte Galeria, con possibilità di qualche piccola falda sospesa e con vulnerabilità medio bassa dell'acquifero (fig. 17).

Non sono segnalate sorgenti limitrofe degne di nota ma non si esclude la presenza di pozzi ad uso privato nelle vicinanze.



 Area d'indagine

15 Isopieze

Direzione di deflusso di falda
Groundwater flowpath



Complesso del Tufu Lionato

Questo complesso è costituito dal Tufu Lionato della Formazione di Villa Senni (VSN1). Si tratta di depositi da colata piroclastica, massivi e caotici, itoidi per effetto della zeolitizzazione, costituiti da facies con matrice sia cinerica, alla base, che più grossolana, al tetto. Gli spessori massimi dell'unità raggiungono i 25 m. Il complesso si presenta come una bancata piuttosto regolare e continua nel sottosuolo. In affioramento è presente nel settore centro-orientale dell'area rappresentata. Per il suo andamento piuttosto continuo e le sue caratteristiche fisiche di acquitard può sostenere la falda superiore del settore albano, che viene però a mancare laddove si presenta fratturato o, specie nell'area urbana, è interessato da perforazioni e/o da pali di fondazione che spesso lo attraversano. Nel complesso, il grado di permeabilità relativa assegnato è medio per fratturazione (MP).



Complesso Vulcanico Sabatino

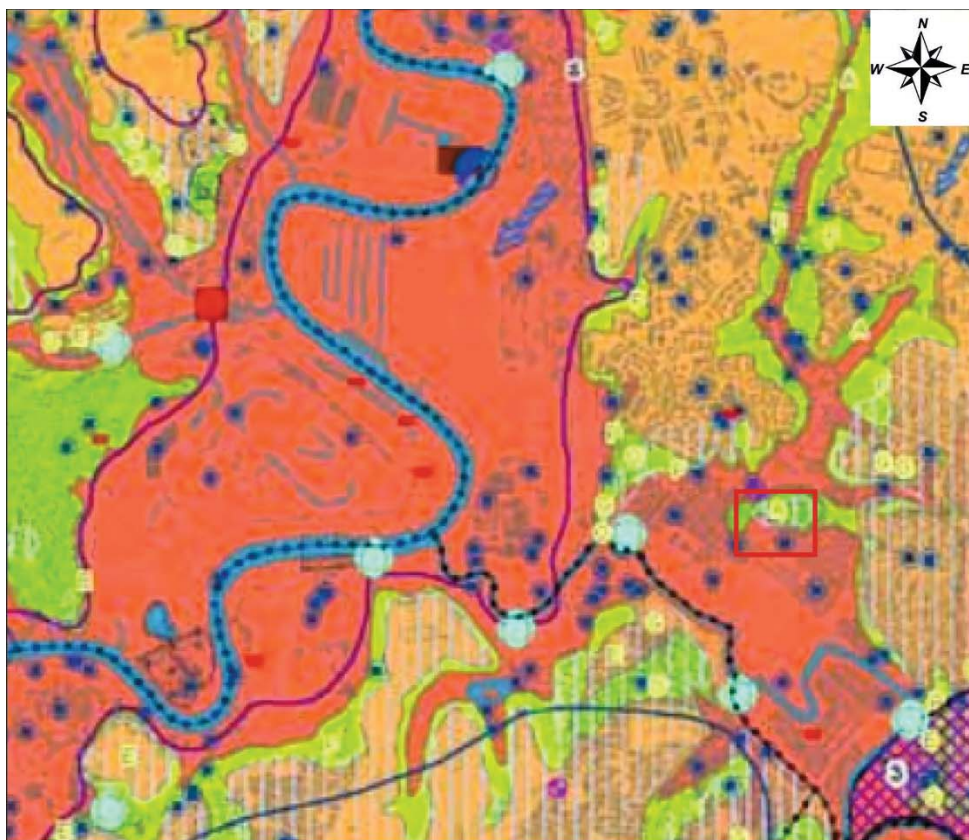
È costituito dall'insieme delle vulcaniti derivate dall'attività del Distretto Vulcanico Sabatino (TB, PPT, SKF, RNR, LTT, NMT, ANG, BCC1, BCC2, BCC3, CPP, LCC, PLL, UDM,VDV1). Si tratta prevalentemente di colate piroclastiche di facies distale, spesso alterate, e di depositi di ricaduta indifferenziali che possono essere assimilati a sabbie fini, con abbondante matrice limosa e livelli pedogenizzati. Gli spessori nell'area urbanizzata di Roma sono piuttosto modesti con bancate che ricoprono gli alti morfologici, mentre aumentano fino a oltre 100 m verso le aree periferiche nord-occidentali del territorio Capitolino, dove costituiscono la successione più completa dei prodotti dei principali centri eruttivi del Vulcano Sabatino. Presenta una bassa potenzialità idrica soprattutto nel settore urbano, mentre nei settori più periferici, visti i forti spessori e laddove risulta fratturato, può dar luogo a circolazioni idriche di maggiore interesse. Nell'insieme il complesso è caratterizzato da eteropie laterali e verticali che producono variazioni locali del coefficiente idraulico, che fanno comunque desumere un grado di permeabilità relativa basso (BP).





Complesso della formazione di S. Cecilia

È costituito dalla formazione di S. Cecilia (CL) ed è caratterizzato da alternanze di limi, argille e ghiaie con prevalente frazione pellica. Sono inoltre presenti orizzonti vulcanoclastici a matrice cinerica. Data la presenza di ben distinti corpi ghiaiosi posti prevalentemente alla base del complesso (che sono rappresentati solo nelle sezioni idrogeologiche), il complesso può essere suddiviso in Complesso sabbioso-limoso della formazione di S. Cecilia e Complesso delle ghiaie della formazione di S. Cecilia. Ha spessori totali che raggiungono al massimo i circa 70 m, mentre le ghiaie basal presentano una potenza di circa 10 m. Il complesso affiora prevalentemente nel settore centro-orientale della città, in riva sinistra del Tevere, e a nord, nel bacino del Rio Galeria. Presenta una geometria regolare con spessori dell'ordine dei 20 m, che aumentano considerevolmente in corrispondenza della depressione tettonica ad andamento NW-SE posta nel settore orientale della città. Il complesso origina una funzione di acquitard tra il sottostante complesso della formazione del Fosso della Crescenza e i sovrastanti depositi vulcanici, vulcanoclastici ed alluvionali, mentre nella sua porzione ghiaiosa, presenta una discreta circolazione idrica. Al Complesso della formazione di S. Cecilia può essere attribuito in generale uno scarso grado di permeabilità relativa, anche se, considerandolo suddiviso nei due complessi suddetti, è possibile attribuire un grado di permeabilità relativa scarso (SP) alla facies sabbioso-limoso ed alto (AP) alla facies ghiaiosa basale.

Fig. 16



 Area d'indagine

 Pozzo [pozzo in concessione determinata, domestico (Legge 275/93), industriale, agricolo, condominiale, antropico] (Autorità del Bacno del Tevere - Autorità dei Bacini Regionali - Università degli Studi Roma Tre, aggiornato al 2005), pozzo con numero identificativo per Municipio, pozzo A.C.E.A.]

GRADO DI VULNERABILITA'					GRADO DI PERMEABILITA' RELATIVA DEI DEPOSITI E/O COMPLESSI SEDIMENTARI	
E	M	A	D	BB		
						Depositi antropici
					 Riperti antropici. Permeabilità variabile per porosità da bassa a medio-alta (prevalentemente depositi di terre da scavo di origine eterogenea)	Depositi antropici
					 Depositi alluvionali. Permeabilità variabile per porosità da bassa (limi argillosi e sabbie limose) a media (proclasti rimaneggiati e granulometrie sabbiose presenti nelle alluvioni del reticolo idrografico minore) ad alta (sabbie e ghiaie dei depositi del reticolo principale del lavere ed Aniene)	Depositi continentali
					 Depositi lacustro-palustri e coluviali intracaterici. Permeabilità variabile per porosità da bassissima (argille torbose e limi) a media (granulometrie sabbiose) per riempimento delle depressioni crateriche di Valle Marziana e Castiglione	Depositi continentali
					 Depositi travertinosi. Permeabilità variabile per fratturazione da media ad alta (parte territoriale estremo-orientale del Comune di Roma)	Depositi vulcanici
					 Depositi proclastici del Distretto Vulcanico Sabatino. Permeabilità: 1) bassissima o bassa per porosità (cineriti, depositi lapillosi e scoriaecci incoerenti interessati da processi di zeolitizzazione; orizzonti pedogenizzati e depositi limo-lacustri); 2) media (livelli vulcanoclastici rimaneggiati, pomici, lapilli); 3) medio-alta per fratturazione (depositi proclastici litoidi)	Depositi vulcanici
					 Depositi eruttivi finali del Distretto Vulcanico Sabatino. Permeabilità variabile per porosità da media a medio-alta (depositi proclastici da cineriti a tefromagmatici lapillosi)	Depositi vulcanici
					 Depositi proclastici del Distretto Vulcanico Albano. Permeabilità variabile per porosità da media (cineriti) a medio-alta (depositi lapillosi e scoriaecci prevalentemente incoerenti) e per fratturazione ad alta (depositi ignimbritici litoidi)	Depositi vulcanici

Fig. 17

7) Sismicità e tettonica

Dal punto di vista sismico, il territorio comunale di Roma è stato interessato da diverse sorgenti sismogenetiche tra le quali l'area appenninica e i Colli Albani.

Il territorio ricade, in generale, all'interno dell'ampia zona sismogenetica n. 42, allungata parallelamente alla costa tirrenica, in direzione nord ovest - sud est (fig. 18).

La città, durante la sua storia, ha sofferto di numerosi eventi sismici; quelli che hanno raggiunto le massime intensità, del VII - VIII grado MCS, provenivano dalla fascia sismogenetica più attiva, appenninica, con epicentri localizzati a circa 100 chilometri di distanza.

I sismi provenienti dalla zona sismogenetica dei Colli Albani, situata ad una distanza di 15 - 35 km a sud della città, hanno generato intensità massime del VI-VII MCS ed infine quelli generati dalla zona sismogenetica del distretto di Roma, dotata di un'ampiezza di 5 km dal centro della città, hanno prodotto intensità sismiche massime del VII MCS.

In base all'O.P.C.M. nr. 3274 ed alla sua parziale modifica da parte della Regione Lazio (D.G.R. n. 387 del 22/05/2009) il Municipio III (ex IV) è stato classificato in zona 3A (fig. 18).

Al fine di evidenziare gli eventi sismici che hanno raggiunto il sito, sono stati estratti i terremoti dal Catalogo INGV - CPTI04, dove sono evidenziate le intensità sismiche I_s che hanno raggiunto il comune di Roma, di tutti i principali eventi sismici catalogati, per i quali vengono indicati l'anno, l'area epicentrale, le intensità sismiche all'epicentro I_0 .

Come già scritto, data la pendenza non elevata del sito, non sono da segnalare possibilità di amplificazioni topografiche, il che permette di classificarlo in categoria T1.

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera	S_t
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.	-	1,00

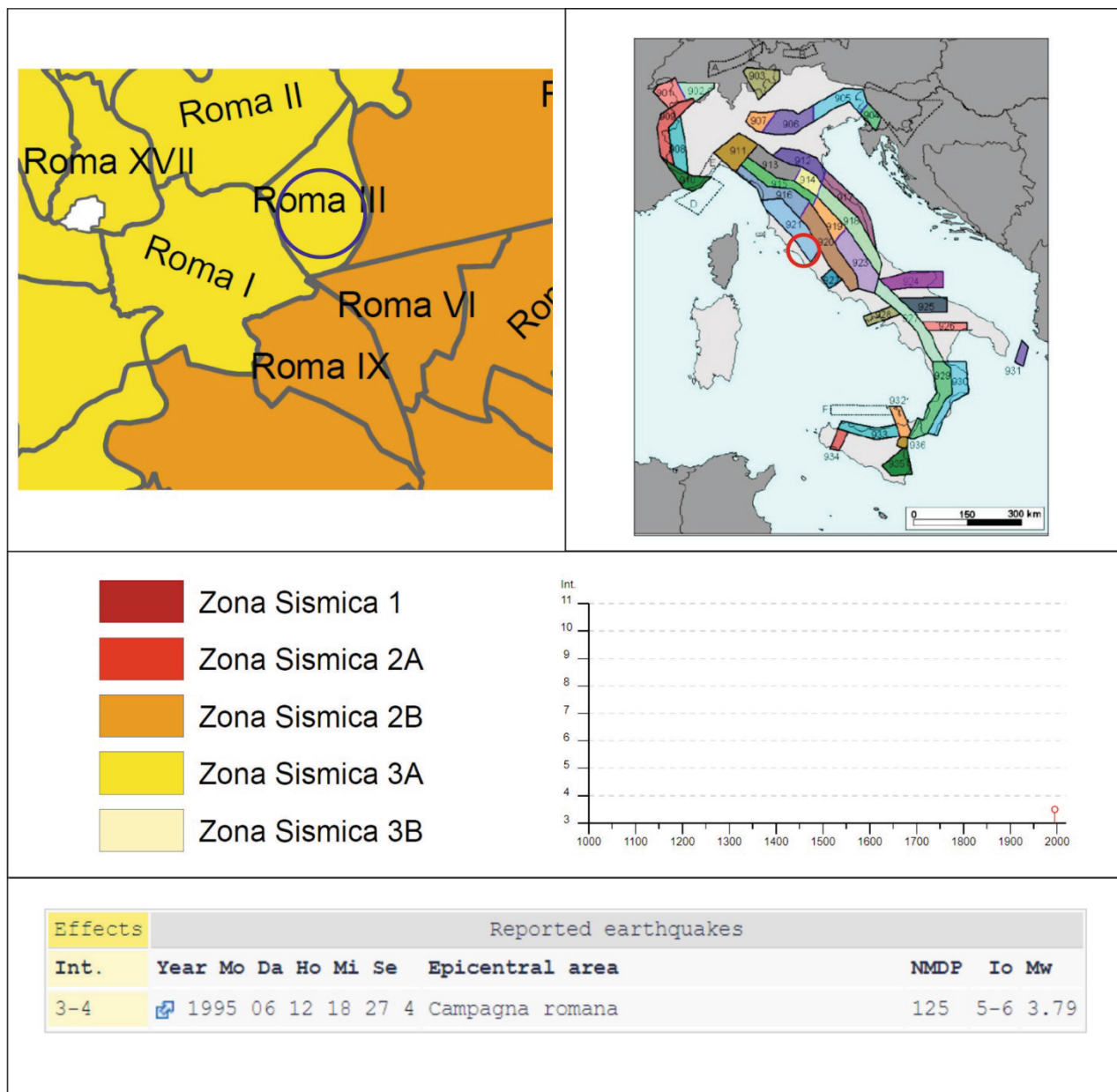


Fig. 18

Per la classificazione della categoria di suolo è stata eseguita una prova Masw che ha permesso di classificare il suolo come B con valore delle $V_{s,eq} = 391$ m/s (fig. 19).

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori 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 fra 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 delle velocità equivalenti compresi fra 180 e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati oppure 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.

In particolare, nella definizione della pericolosità sismica sono stati considerati i dati del progetto S1-INGV, variabili in funzione delle coordinate geografiche, interpolate con la griglia realizzata per tutto il territorio nazionale in base al D.M. 14-01-2008.

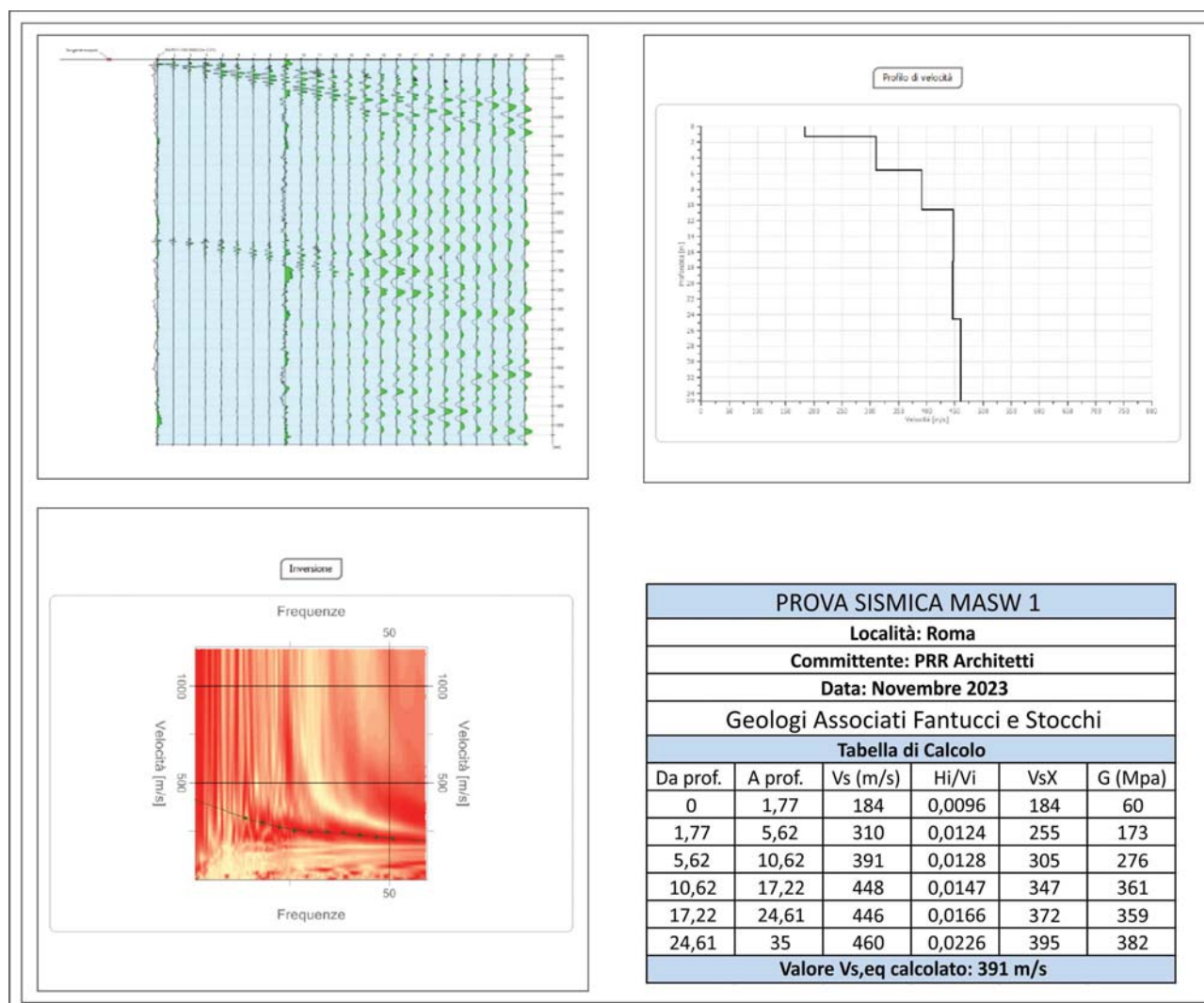


Fig. 19 - Masw

In funzione delle coordinate geografiche specifiche del sito (Lat. N 41,947873° - Long. E 12,533027°) sono stati quindi calcolati i parametri sismici a_g , F_0 e T_C^* , k_h , k_v ed a_{max} per i diversi tempi di ritorno T_R (da 30 a 975 anni); nel calcolo dei coefficienti è stata ipotizzata un'opera di Classe II, un terreno di fondazione (suolo B), un assetto topografico (categoria T1) ed una vita nominale V_n pari a 50 anni.

Nelle seguenti tabelle sono riportati in grassetto i valori per lo SLV corrispondente a un tempo di ritorno T_r 475 anni.

COORDINATE **41.947873 12.533027**

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,009	0,011	0,031	0,038
kv	0,005	0,006	0,016	0,019
Amax [m/s ²]	0,507	0,625	1,286	1,568
Beta	0,180	0,180	0,240	0,240

STATO LIMITE	Tr (Anni)	a _g (g)	F ₀	T _c * (s)	C _c	T _b (s)	T _c (s)	T _d (s)	S _s	S _T	S
SLO	30	0,043	2,514	0,258	1,443	0,124	0,372	1,773	1,200	1,000	1,200
SLD	50	0,053	2,518	0,271	1,428	0,129	0,387	1,813	1,200	1,000	1,200
SLV	475	0,109	2,644	0,312	1,389	0,144	0,433	2,037	1,200	1,000	1,200
SLC	975	0,133	2,671	0,327	1,376	0,150	0,450	2,133	1,200	1,000	1,200

Il Municipio III (ex IV) è dotato di uno studio di Microzonazione Sismica di Livello I, validata dalla Regione Lazio, di cui si allega uno stralcio della carta delle MOPS con l'area indagata (fig. 16).

Da tale studio si nota che il sito rientra in zona soggetta ad amplificazione sismica (codice 2007), contraddistinta da una colonna litostratigrafica di depositi vulcanici e sedimentari, con spessore medio di oltre 30 metri.

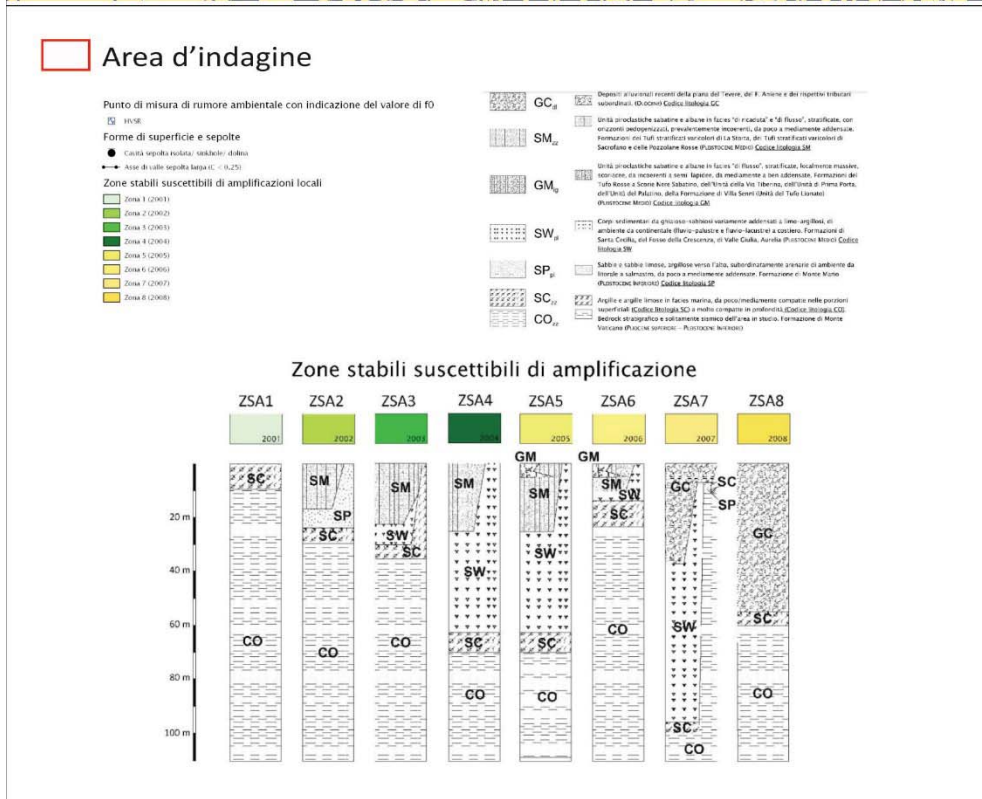


Fig. 20 – Stralcio cartografia MOPS (MS1)

8) Caratteristiche geotecniche

La definizione esatta delle caratteristiche geotecniche dei terreni presenti richiede l'esecuzione di diverse prove in sito e di laboratorio ritenute ad oggi premature, rispetto al livello di progettazione attuale.

Si è quindi scelto di fare riferimento a due prove DPSH (vedi carta indagine) eseguite e al prelievo di una campione di terreno analizzato in laboratorio.

L'attrezzatura utilizzata è un penetrometro Pagani, TG 63 100, tipo EMILIA, classificato come super pesante (DPSH), dotato delle seguenti caratteristiche:

Peso del maglio	63,5 Kg
Altezza di caduta	0,75 m
Peso delle aste	6,35 Kg/m
Diametro punta	5,05 cm
Area base della punta	20 cm ²
Passo di avanzamento	0,20 m
Peso della testa di battuta	0,5 Kg

L'elaborazione dei dati delle prove penetrometriche, per l'identificazione dei principali parametri geotecnici, è stata condotta secondo le trattazioni di seguito elencate:

Angolo di Attrito interno

Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).

De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38°.

$$\phi' = 19 - 0.38 \sigma'_{vo} + 8.73 \log (N_{spt})$$

Densità relativa

Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Young

Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.

$$EY = C1 + C2 N_{spt} \pm SE$$

dove C1 e C2 dipendono dal tipo di terreno e SE è la deviazione standard

C1 = 39, C2 = 4.5, SE = 36.4 per sabbia media

Modulo di deformazione di taglio

Ohsaki e Iwasaki - elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite

$G = 650 N_{spt} 0.94$ sabbie pulite

$G = 1182 N_{spt} 0.76$ sabbie con fine plastico

Modulo Edometrico Incoerenti (Menzenbach e Malcev)

Il metodo di Menzenbach e Malcev è valido per le sabbie in genere. Il metodo non considera l'influenza della pressione efficace, che porta a parità di N_{spt} ad una diminuzione di M con la profondità.

$$M (kg / cmq) = 3,54N_{spt} + 38 \text{ (Sabbia fine)}$$

$$M (kg / cmq) = 4,46N_{spt} + 38 \text{ (Sabbia media)}$$

$$M (kg / cmq) = 10,46N_{spt} + 38 \text{ (Sabbia + ghiaia)}$$

$$M (kg / cmq) = 11,84N_{spt} + 38 \text{ (Sabbia ghiaiosa)}$$

I valori delle prove penetrometriche sono stati sottoposti ad analisi statistica preliminare, per la definizione dei *parametri caratteristici* (basata su campione di dati limitato, con t di Student).

$$\varphi_k = \varphi_m - t_{n-1}^{0,05} \left(\frac{S_\varphi}{\sqrt{n}} \right)$$

dove:

φ_k	= valore caratteristico dell'angolo di resistenza al taglio;
φ_m	= valore medio dell'angolo di resistenza al taglio;
n	= numero di misure;
S_φ	= deviazione
S_c	= standard del campione;
$t_{n-1}^{0,05}$	= t di Student per n-1 gradi di libertà e probabilità di superamento del 5%
5	

Dalle indagini eseguite, i litotipi rinvenuti all'interno del lotto sono composti di una copertura di tufo alterato e possibile riporto, spesso circa 2,0 metri, dalle caratteristiche modeste (LIVELLO A).

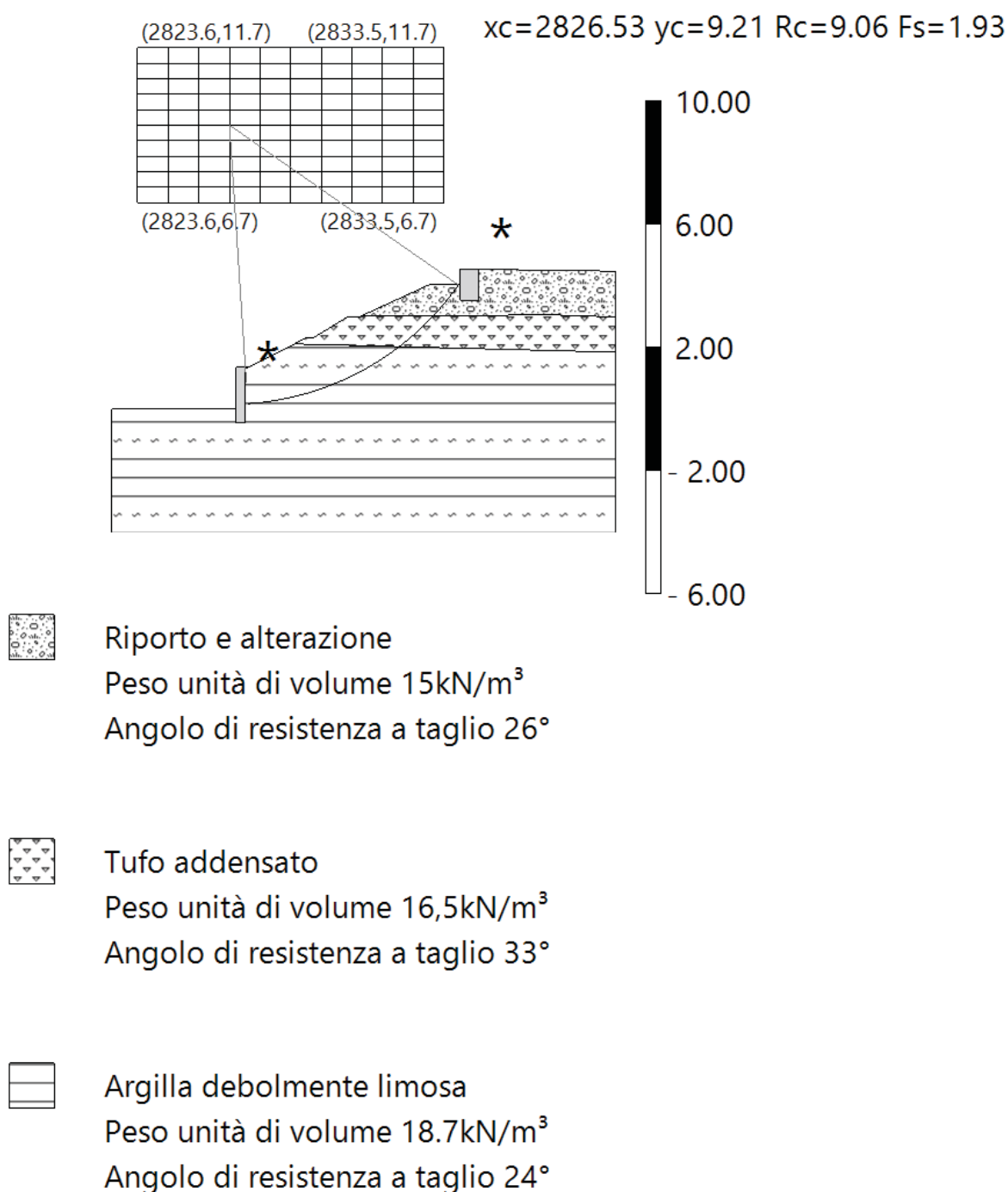
Segue un tufo compatto, parzialmente alterato, a matrice sabbiosa con diversi fenocristalli (LIVELLO B) dotato di spessore inferiore ai 2 metri e infine un banco di materiale sedimentario a matrice prevalentemente argillosa, di colore grigiastro, con spessore superiore alla decina di metri.

Dal punto di vista idrogeologico, i materiali affioranti si presentano con una permeabilità medio bassa per porosità, che rimane ridotta nel banco tufaceo più integro.

LIVELLO A - tufi alterati poco addensati o riporto	
Profondità dal p.c. (m)	circa 0,0 m
Spessore medio	circa 2 m
Angolo di attrito interno	$\varphi'_{\kappa} = 28^{\circ}$
Coesione drenata (stima)	$c'_{\kappa} = 8 \text{ kPa}$
Peso di volume naturale	$\gamma = 15,0 \text{ kN/mc}$
Densità relativa	$D_r = 47\%$
Modulo Young	$E = 2526 \text{ kPa}$
Modulo edometrico	$E_d = 4768 \text{ kPa}$
Modulo di taglio	$G = 15242 \text{ kPa}$

LIVELLO B - tufo addensato più compatto con la profondità	
Profondità dal p.c. (m)	Circa 2 m
Spessore stimato	>15m
Coesione drenata (stima)	$c'_{\kappa} = 10 \text{ kPa}$
Angolo di attrito interno	$\varphi'_{\kappa} = 33^{\circ}$
Peso di volume naturale	$\gamma = 16,2 \text{ kN/mc}$
Modulo Young	$E = 7895 \text{ kPa}$
Modulo edometrico	$E_d = 10670 \text{ kPa}$
Modulo di taglio	$G = 48579 \text{ kPa}$

Utilizzando i dati proposti è stata eseguita una verifica di stabilità lungo uno dei profili topografici disponibili, caratterizzato dalla maggiore acclività rilevata in sito; la verifica allegata, eseguita con il metodo di Sarma, ha fornito un valore minimo del coefficiente di sicurezza di 1,93.



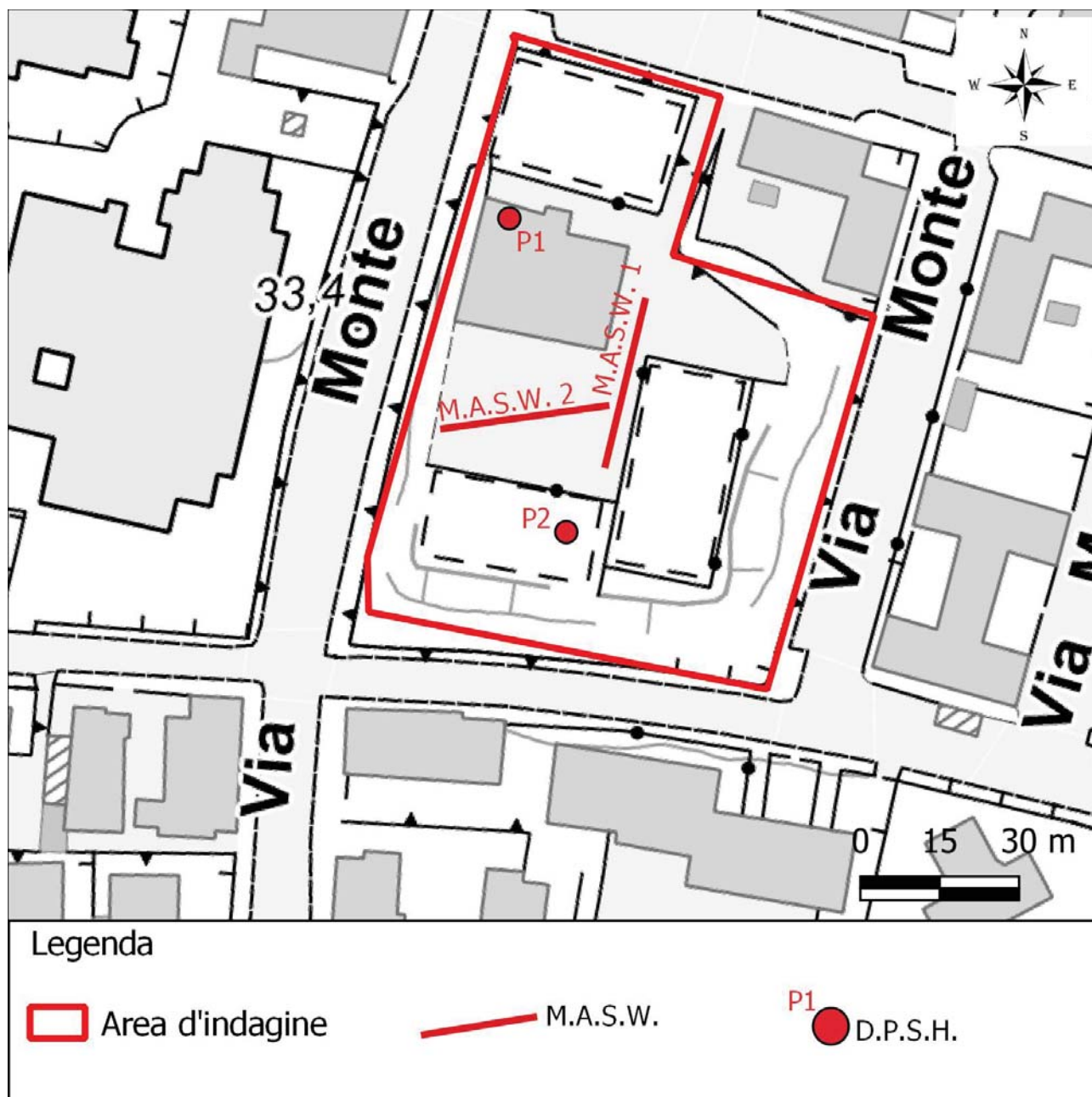


Fig. 18 - Ubicazione Prove

9) Conclusioni

Dai risultati dello studio eseguito possono essere schematizzate le seguenti note conclusive:

- La zona d'indagine riguarda un'area fortemente antropizzata e quindi profondamente modificata rispetto alla morfologia naturale.
- La piccola altura che costituisce l'area d'imposta del progetto ha la sommità pianeggiante ed è circondata, su tre lati, da alcune scarpate sostanzialmente stabili (vedi verifica eseguita) ma che necessitano di opere di sostegno, in parte già eseguite, in grado di proteggere il terreno dall'erosione e da eventuali fenomeni di frana di piccole dimensioni, che possono interessare soprattutto la parte sommitale del terreno costituita di una copertura di riporto.
- Si consiglia di evitare di sovraccaricare la fascia di terreno posta lungo la cresta delle scarpate.
- L'area ha una quota massima di circa 38,5 metri sul livello del mare, con un dislivello massimo, dalla cresta alla base delle scarpate, di circa 8 metri.
- Tutta la zona si presenta stabile e non è compresa in aree a rischio frana o allagamento, segnalate nella cartografia ufficiale ma sembra potenzialmente interessata da cavità di natura antropica, così come rilevabile dalla carta specifica.
- Sull'area affiora, in modo irregolare, un probabile riporto di spessore stimato intorno ai 2 metri, cui segue del tufo addensato di spessore ridotto e dalle buone caratteristiche geotecniche; sotto il tufo si rileva un banco di materiale prevalentemente argilloso, di natura sedimentaria e con caratteristiche geotecniche mediocri.
- Dal punto di vista idrogeologico, in zona, è presente una falda acquifera che dovrebbe stabilizzarsi intorno ai 20 - 25 metri dal piano di campagna.
- Le prescrizioni riguardanti il territorio in esame, quindi, si limitano all'esecuzione di indagini geognostiche di dettaglio in caso di edificazione, al fine di verificare la

consistenza del sedime d'imposta, l'eventuale presenza di cavità e di verificare le condizioni di stabilità soprattutto a seguito di interventi in prossimità delle scarpate.

- In conclusione, l'area risulta idonea alle modifiche previste dal progetto, sempre a seguito delle indagini di maggior dettaglio già nominate.

10) Bibliografia

- Carta Geologica d'Italia F° 150 Roma - scala 1:100.000 e relative note illustrative
- Carta Idrogeologica comune Roma 2015
- Carta Idrogeologica Regione Lazio 2012 - scala 1:250.000
- Cecconi M., Scarapazzi M., Viggiani G.M.B. (2010): On the geology and the geotechnical properties of pyroclastic flow deposits of the Colli Albani. Bull. Eng. Geol. Environ.
- Locardi E., Lombardi G., Funicello R., Parotto M. (1976): The main volcanic groups of Latium (Italy): relations between structural evolution and petrogenesis. Geologica Romana, vol. XV, pp 279-300
- P.R.G. Comune di Roma
- Ventriglia - Carta delle Cavità del Comune di Roma

Dott. Geol.

Vittorio Stocchi



Allegati

Verifica di stabilità
prove penetrometriche
certificato di laboratorio

Verifica di Stabilità

Metodo di Sarma (1973)

Il metodo di Sarma è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica K_C) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in n strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale N_i agisce nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

- L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio dei momenti.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

$$N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i = W_i - \Delta X_i$$

$$T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i = KW_i + \Delta E_i$$

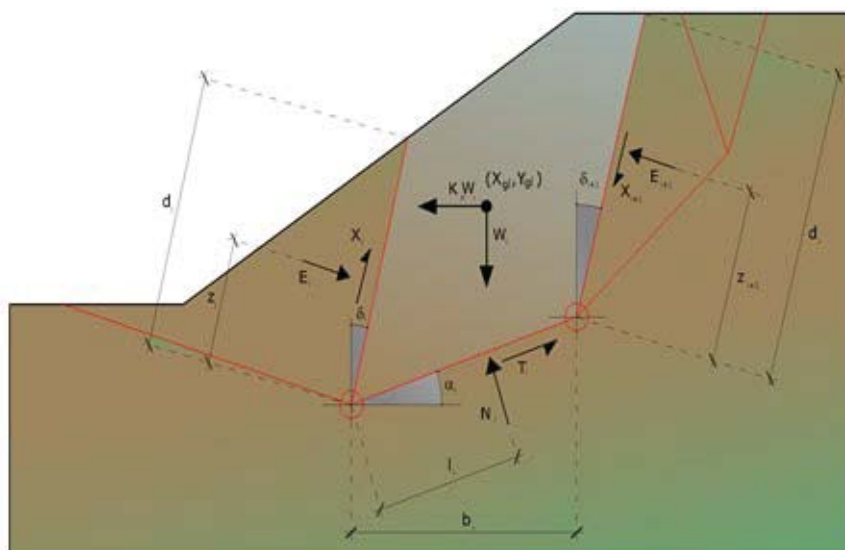
Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$SDE_i = 0$$

$$SDX_i = 0$$

dove E_i e X_i rappresentano, rispettivamente, le forze orizzontale e verticale sulla faccia i -esima del concio generico i .

L'equazione di equilibrio dei momenti viene scritta scegliendo come punto di riferimento il baricentro dell'intero ammasso; sicché, dopo aver eseguito una serie di posizioni e trasformazioni trigonometriche ed algebriche, nel metodo di Sarma la soluzione del problema passa attraverso la risoluzione di due equazioni:



Azioni sull'iesimo concio, metodo di Sarma

$$\sum \Delta X_i \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha_i) + \sum \Delta E_i = \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i$$

$$\sum \Delta X_i \cdot [(y_{mi} - y_G) \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha'_i) + (x'_i - x_G)] = \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G)$$

Ma l'approccio risolutivo, in questo caso, è completamente capovolto: il problema infatti impone di trovare un valore di K (accelerazione sismica) corrispondente ad un determinato fattore di sicurezza; ed in particolare, trovare il valore dell'accelerazione K corrispondente al fattore di sicurezza $F = 1$, ossia l'accelerazione critica.

Si ha pertanto:

$K=K_c$ Accelerazione critica se $F=1$

$F=F_s$ Fattore di sicurezza in condizioni statiche se $K=0$

La seconda parte del problema del Metodo di Sarma è quella di trovare una distribuzione di forze interne X_i ed E_j tale da verificare l'equilibrio del concio e quello globale dell'intero ammasso, senza violazione del criterio di rottura.

E' stato trovato che una soluzione accettabile del problema si può ottenere assumendo la seguente distribuzione per le forze X_j :

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i)$$

dove Q_j è una funzione nota, in cui vengono presi in considerazione i parametri geotecnici medi sulla i -esima faccia del concio i , e I rappresenta un'incognita.

La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di K_C , I e F , che permettono di ottenere anche la distribuzione delle forze di interstriscia.

Analisi di stabilità dei pendii con: SARMA (1973)

```

=====
Zona                                     Tufello
Lat./Long.                             41.947124/12.532037 °
Calcolo eseguito secondo                NTC 2018
Numero di strati                        3.0
Numero dei conci                        10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile 1.3
Coefficiente parziale resistenza        1.0
Analisi                                 Condizione drenata
Superficie di forma circolare
=====
  
```

Maglia dei Centri

```

=====
Ascissa vertice sinistro inferiore xi    2823.55 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi   6.7 m
Ascissa vertice destro superiore xs     2833.49 m
Ordinata vertice destro superiore ys    11.72 m
Passo di ricerca                         10.0
Numero di celle lungo x                 10.0
Numero di celle lungo y                 10.0
=====
  
```

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

```

Tipo opera:                2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:              Classe II
Vita nominale:             50.0 [anni]
Vita di riferimento:      50.0 [anni]
  
```

Parametri sismici su sito di riferimento

```

Categoria sottosuolo:      B
Categoria topografica:    T1
  
```

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	a_g [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.422	2.514	0.258
S.L.D.	50.0	0.52	2.518	0.271
S.L.V.	475.0	1.069	2.644	0.312
S.L.C.	975.0	1.304	2.672	0.327

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

```

Opera:                      Opere di sostegno
  
```

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.5064	0.18	0.0093	0.0046
S.L.D.	0.624	0.18	0.0115	0.0057
S.L.V.	1.2828	0.24	0.0314	0.0157
S.L.C.	1.5648	0.24	0.0383	0.0191

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0093
 Coefficiente azione sismica verticale 0.0046

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	2822.72	0.0
2	2826.73	0.0
3	2826.73	0.05
4	2827.05	0.05
5	2827.05	1.35
6	2827.15	1.35
7	2829.0	2.3
8	2829.22	2.29
9	2830.35	2.98
10	2830.72	2.97
11	2833.02	4.03
12	2834.62	4.03
13	2834.62	4.53
14	2839.04	4.47

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	2822.72	0.0
2	2826.73	0.0
3	2826.75	1.35
4	2827.15	1.35
5	2829.0	2.3
6	2829.22	2.29
7	2830.35	2.98
8	2830.72	2.97
9	2830.84	3.03
10	2833.72	3.03
11	2837.03	3.05
12	2839.04	2.98

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	2822.72	0.0
2	2826.73	0.0
3	2826.75	1.35
4	2827.15	1.35
5	2828.64	2.11
6	2839.04	1.84

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso unità di volume saturo (kN/m ³)	Litologia
1	8		26	15		Riporto e alterazione
2	20		33	16,5		Tufo addensato
3	16.4		24	18.7		Argilla debolment e limosa

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (kN/m ³)
1	2834.62	4.03	0	0	0.5	0.6	0.6	20
2	2827.05	0.05	0	0	1.3	0.3	0.3	25

Risultati analisi pendio [Tufello Roma]

=====Fs minimo individuato

Fs minimo individuato	1.93
Ascissa centro superficie	2826.53 m
Ordinata centro superficie	9.21 m
Raggio superficie	9.06 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

$$x_c = 2826.531 \quad y_c = 9.207 \quad R_c = 9.056 \quad F_s = 1.93$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)
1	0.07	-84.24	0.7	1.53

2	1.3	8.07	1.32	34.81
3	0.55	14.37	0.57	17.78
4	0.22	15.19	0.23	7.21
5	1.12	20.92	1.2	37.71
6	0.37	28.32	0.42	12.3
7	1.17	31.45	1.37	34.55
8	0.69	40.33	0.9	16.2
9	0.44	43.75	0.61	8.65
10	0.93	49.95	1.44	8.52

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (kN)	Ei (kN)	Xi-1 (kN)	Ei-1 (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)	Ui (kN)
1	3.91	-27.3	0.0	0.0	-27.39	-0.36	0.0
2	7.28	-13.91	3.91	-27.3	29.21	17.92	0.0
3	7.66	-9.77	7.28	-13.91	15.79	8.45	0.0
4	7.48	-8.19	7.66	-9.77	6.71	3.51	0.0
5	6.62	-3.78	7.48	-8.19	34.36	18.14	0.0
6	5.2	-4.03	6.62	-3.78	12.16	6.37	0.0
7	4.1	-4.2	5.2	-4.03	30.38	18.67	0.0
8	2.49	-1.89	4.1	-4.2	12.01	13.38	0.0
9	1.77	0.32	2.49	-1.89	5.19	8.12	0.0
10	0.0	0.0	1.77	0.32	6.82	7.71	0.0

PROVA P1

 Strumento utilizzato... DPSH TG 63-100 PAGANI
 Prova eseguita in data 12/12/2023
 Profondità prova 2,60 mt
 Falda non rilevata
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	7	0,855	6,16	7,21	308,22	360,64
0,40	3	0,851	2,63	3,09	131,50	154,56
0,60	9	0,847	7,21	8,51	360,46	425,56
0,80	10	0,843	7,98	9,46	398,77	472,85
1,00	8	0,840	6,35	7,57	317,66	378,28
1,20	6	0,836	4,75	5,67	237,26	283,71
1,40	9	0,833	7,09	8,51	354,44	425,56
1,60	23	0,730	14,66	20,10	733,15	1004,93
1,80	18	0,776	12,21	15,73	610,56	786,47
2,00	4	0,823	2,88	3,50	143,87	174,77
2,20	7	0,820	5,02	6,12	250,83	305,85
2,40	33	0,667	19,24	28,84	961,93	1441,86
2,60	50	0,614	24,94	40,61	1247,15	2030,39

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (KN/m ³)	Peso unita' di volume saturo (KN/m ³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correl. con Nspt	NSPT	Descrizione
2,2	9,45	8,68	Incoerente	0	15,0	0,0	16,5	1,47	13,89	Ripporto e alterazione
2,6	41,5	34,72	Incoerente	0	16,5	0,0	36,3	1,47	61,01	Tufo addensato

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P1
TERRENI INCOERENTI

Densità' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità' relativa (%)
Strato (1) Ripporto e alterazione	13,89	0,00-2,20	13,89	Skempton (1986)	95,04
Strato (2) Tufo addensato	61,01	2,20-2,60	61,01	Skempton (1986)	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Ripporto e alterazione	13,89	0,00-2,20	13,89	De Mello	28,34
Strato (2) Tufo addensato	61,01	2,20-2,60	61,01	Meyerhof (1965)	36,14

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Ripporto e alterazione	13,89	0,00-2,20	13,89	Schultze-Menzenbach Sabbia media	13,52
Strato (2) Tufo addensato	61,01	2,20-2,60	61,01	Schultze-Menzenbach Sabbia	34,32

					media
Modulo Edometrico					
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) Riporto e alterazione	13,89	0,00-2,20	13,89	Menzenbach e Malcev	18,49
Strato (2) Tufo addensato	61,01	2,20-2,60	61,01	Menzenbach e Malcev	68,58

Modulo di Poisson					
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Riporto e alterazione	13,89	0,00-2,20	13,89	(A.G.I.)	0,33
Strato (2) Tufo addensato	61,01	2,20-2,60	61,01	(A.G.I.)	0,23

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) Riporto e alterazione	13,89	0,00-2,20	13,89	Ohsaki (Sabbie pulite)	75,61
Strato (2) Tufo addensato	61,01	2,20-2,60	61,01	Ohsaki (Sabbie pulite)	303,89

PROVA P2

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-100 PAGANI
 Prova eseguita in data 12/12/2023
 Profondita' prova 6,20 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	7	0,855	6,16	7,21	308,22	360,64
0,40	6	0,851	5,26	6,18	262,99	309,12
0,60	4	0,847	3,20	3,78	160,20	189,14
0,80	4	0,843	3,19	3,78	159,51	189,14
1,00	3	0,840	2,38	2,84	119,12	141,85
1,20	5	0,836	3,95	4,73	197,71	236,42
1,40	7	0,833	5,51	6,62	275,67	330,99
1,60	5	0,830	3,62	4,37	181,23	218,46
1,80	3	0,826	2,17	2,62	108,31	131,08
2,00	9	0,823	6,47	7,86	323,70	393,23
2,20	18	0,770	12,11	15,73	605,68	786,47
2,40	18	0,767	12,07	15,73	603,34	786,47
2,60	3	0,814	1,98	2,44	99,19	121,82
2,80	3	0,811	1,98	2,44	98,85	121,82
3,00	2	0,809	1,31	1,62	65,68	81,22
3,20	3	0,806	1,96	2,44	98,19	121,82
3,40	3	0,803	1,96	2,44	97,87	121,82
3,60	2	0,801	1,22	1,52	60,75	75,86
3,80	3	0,798	1,82	2,28	90,85	113,79
4,00	4	0,796	2,42	3,03	120,77	151,72
4,20	2	0,794	1,20	1,52	60,21	75,86
4,40	2	0,791	1,20	1,52	60,04	75,86
4,60	2	0,789	1,12	1,42	56,17	71,17
4,80	2	0,787	1,12	1,42	56,01	71,17
5,00	3	0,785	1,68	2,13	83,80	106,75
5,20	2	0,783	1,11	1,42	55,72	71,17
5,40	4	0,781	2,22	2,85	111,17	142,33
5,60	5	0,779	2,61	3,35	130,54	167,55
5,80	6	0,777	3,13	4,02	156,28	201,06

6,00	7	0,775	3,64	4,69	181,90	234,57				
6,20	10	0,774	5,19	6,70	259,27	335,10				
Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (KN/m ³)	Peso unita' di volume saturo (KN/m ³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1,8	4,89	4,68	Incoerente	0	15,0	0,0	13,5	1,47	7,19	Riporto e alterazione
2,4	15	13,11	Incoerente	0	16,2	0,0	31,86	1,47	22,05	Tufo addensato
6,2	3,58	2,59	Coesivo	0	18,7	0,0	72,25	1,47	5,26	Argilla debolmente limosa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P2 TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (3) Argilla debolmente limosa	5,26	2,40-6,20	Terzaghi-Peck	51,58

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (3) Argilla debolmente limosa	5,26	2,40-6,20	Robertson (1983)	1,03

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato (3) Argilla debolmente limosa	5,26	2,40-6,20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	5,44

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato (3) Argilla debolmente limosa	5,26	2,40-6,20	Apollonia	5,16

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (1) Riporto e alterazione	7,19	0,00-1,80	7,19	Skempton (1986)	72,76
Strato (2) Tufo addensato	22,05	1,80-2,40	22,05	Skempton (1986)	95,97

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Riporto e alterazione	7,19	0,00-1,80	7,19	De Mello	25,96
Strato (2) Tufo addensato	22,05	1,80-2,40	22,05	Meyerhof (1965)	33,35

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Ripporto e alterazione	7,19	0.00-1,80	7,19	Schultze-Menzenbach Sabbia media	10,57
Strato (2) Tufo addensato	22,05	1,80-2,40	22,05	Schultze-Menzenbach Sabbia media	17,12

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) Ripporto e alterazione	7,19	0.00-1,80	7,19	Menzenbach e Malcev	11,37
Strato (2) Tufo addensato	22,05	1,80-2,40	22,05	Menzenbach e Malcev	27,17

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Ripporto e alterazione	7,19	0.00-1,80	7,19	(A.G.I.)	0,34
Strato (2) Tufo addensato	22,05	1,80-2,40	22,05	(A.G.I.)	0,31

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) Ripporto e alterazione	7,19	0.00-1,80	7,19	Ohsaki (Sabbie pulite)	40,72
Strato (2) Tufo addensato	22,05	1,80-2,40	22,05	Ohsaki (Sabbie pulite)	116,75

COMMITTENTE: Geologi Associati Fantucci e Stocchi			
RIFERIMENTO: Tufello RM			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	2.50-3.00

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	%
Peso di volume	18,7 kN/m ³
Peso di volume secco	kN/m ³
Peso di volume saturo	kN/m ³
Peso specifico	
Indice dei vuoti	
Porosità	%
Grado di saturazione	%
Limite di liquidità	%
Limite di plasticità	%
Indice di plasticità	%
Indice di consistenza	
Passante al set. n° 40	
Limite di ritiro	%
CNR-UNI 10006/00	

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	%
Sabbia	%
Limo	%
Argilla	%
D 10	mm
D 50	mm
D 60	mm
D 90	mm
Passante set. 10	%
Passante set. 42	%
Passante set. 200	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ Rim	kPa
c_u	kPa	c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	16,4	kPa	ϕ' 24,0 °
c'_{Res}		kPa	ϕ'_{Res} °

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec

Argilla debolmente limosa di colore grigiastro (Rp = 320-340 kPa).

