



ROMA



PROGETTO ARCHITETTONICO

Ambito d'intervento

Accoglienza e partecipazione
Accoglienza per i pellegrini e i visitatori

COMUNE DI ROMA

Intervento n. 145

COMPLETAMENTO BAGNI PUBBLICI INTEGRATI CON PUNTI INFORMAZIONE TURISTICI

Livello di progettazione
PROGETTO ESECUTIVO

Tav. 145_LE_ED_35_ST
RELAZIONE GEOLOGICA

Oggetto
RIQUALIFICA BAGNI CONCESSIONE N° 163 DEL 12/04/2006

File:
145_LE_ED_35_ST_RELAZIONE GEOLOGICA.pdf

Luogo d'intervento
Territorio urbano di Roma Capitale - Piazza della Città Leonina

Data
-

Responsabile unico del Procedimento
Arch. Valentina Cocco

Ditta esecutrice
ASTECO S.R.L. e TEAM IMPIANTI

Rev.	02	Data:	13/01/2025
------	----	-------	------------

Rev.	00	Data:	00/00/0000
------	----	-------	------------

Rev.	00	Data:	00/00/0000
------	----	-------	------------

Progettista Responsabile:
Arch. Marco D'Ottavi

Cliente
P.STOP S.R.L.

Rapp.:	-	Formato:	A4
--------	---	----------	----

Progettista strutture:
Ing. Lionello Lupi

Collaboratori:
Dott.sa Arch. Chiara Trebbi

Progettista impianti:
Ing. Gaetano Motta

Coordinatore della sicurezza in fase di progettazione:
Arch. Marco D'Ottavi

Coordinatore della sicurezza in fase di esecuzione:
Arch. Marco D'Ottavi

REGIONE LAZIO CITTA' METROPOLITANA DI ROMA ROMA CAPITALE

PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI STRUTTURE METALLICHE PREFABBRICATE ADIBITE A COPERTURA DEI LOCALI BAGNI INTERRATI IN ROMA, NELL'AMBITO DELLA REALIZZAZIONE E LA GESTIONE DI SERVIZI DI ACCOGLIENZA TURISTICA E BAGNI INTERRATI UBICATI IN PIAZZA DELLA CITTA' LEONINA (SAN PIETRO) - ROMA CAPITALE (RM).

RELAZIONE GEOLOGICA PER GLI ADEMPIMENTI NORMATIVI DI CUI AL D.M. 17.01.2018, CORREDATA DALLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE ESEGUITE AI SENSI DEL REGOLAMENTO REGIONALE LAZIO N. 7/21, DI CUI ALLA D.G.R. LAZIO N. 189/21, PER IL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI STRUTTURE METALLICHE PREFABBRICATE ADIBITE A COPERTURA DEI LOCALI BAGNI INTERRATI IN ROMA, NELL'AMBITO DELLA REALIZZAZIONE E LA GESTIONE DI SERVIZI DI ACCOGLIENZA TURISTICA UBICATI IN PIAZZA DELLA CITTA' LEONINA (SAN PIETRO) - ROMA CAPITALE (RM).



Committente: **PIT STOP SRL**

Progettazione ed esecuzione:



Dott. Geol. Roberto TRONCARELLI
Dott. Geol. Marco ORFEI
Dott.ssa Noemi Condò
Dott.ssa Alessia Amodio

Collaborazione:

Data: Gennaio 2025

Elaborato N°: 2995_LEON/25

Relazione Geologica
(ai sensi del D.P.R. 328/01 - art. 41)



Geovit s.r.l.

Sede legale: VITERBO - Via Monte Cervino, 12 cap 01100

Sede operativa: VITERBO - Via Piave, 15A cap 01100 Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944

ROMA - Via Bradano n. 3C cap 00199 Tel. 06.4440681 Fax 06.45503014

email info@geovit.eu [PEC geovitsas@pec.it](mailto:PEC.geovitsas@pec.it) website www.geovitsas.it

C.F. e P. IVA 01416400560 - CCIAA 85435 - Tribunale Viterbo Reg. Soc. 9499/93

Viterbo Reg. Soc. 9499/93 Attestazione SOA N. 6132/63/01 - Certificazioni ISO 9001:2015 - 14001:2015 - 45001:2018 EA Code 28-34

INDICE

1. Premessa e quadro normativo	3
2. Ubicazione e riferimenti cartografici.....	7
3. Geomorfologia e idrografia.....	9
4. Geologia	12
4.1 Assetto geologico generale	12
4.2 Quadro geolitologico locale	13
5. Idrogeologia	15
6. Livello di Vulnerabilità ai sensi della D.G.R. Lazio n° 189/21.....	17
7. Sismicità.....	20
7.1. Sismicità Regionale	20
7.2. Sismicità Locale.....	22
8. Indagini eseguite	29
8.1. Indagini geofisiche	29
8.1.1. Prova sismica MASW	29
8.1.2. Misure di microtremore.....	35
9. Liquefazione.....	45
10. Modello geologico e geotecnico	47
11. Azioni sismiche di progetto.....	51
11.1. Pericolosità sismica di base.....	51
11.2. Risposta Sismica Locale (RSL) e categoria di sottosuolo.....	53
12. Considerazioni conclusive	56

ALLEGATI

ALLEGATO 1 – TABULATI PROVA SISMICA MASW

ALLEGATO 2 – SEZIONE GEOLITOLOGICA

ALLEGATO 3 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

1. Premessa e quadro normativo

Il sottoscritto Dott. Geol. Roberto Troncarelli, iscritto all'Ordine dei Geologi del Lazio al n. 803, polizza Responsabilità Civile "ACCREDITED INSURANCE EUROPE LIMITED" n. HEC028138/P/2024, in qualità di responsabile della Società GEOVIT s.r.l., con sede in Viterbo, Via Monte Cervino n. 12, iscrizione al Registro delle Imprese e codice fiscale 01416400560 REA 85435, partita IVA 01416400560, su incarico della Società PIT STOP srl, Via Girolamo Benzoni, 45 - 00154 ROMA - P. IVA: 13575031003 (accettazione offerta economica prot. 1483/RT/MD/24 del 15.12.2024) e su indicazioni dell'Arch. Marco D'Ottavi, ha redatto la presente relazione geologica, ai sensi del D.M. Il. 17.01.2018, nel seguito NTC18 e della Circolare C.S.LL.PP. 7/2019, nel seguito Circolare, propedeutica al progetto di realizzazione di "Strutture metalliche prefabbricate adibite a copertura dei locali bagni interrati in Roma, nell'ambito della realizzazione e la gestione di servizi di accoglienza turistica, ubicati Piazza della Città Leonina (S. Pietro)".

La stessa è basata sull'interpretazione e analisi delle risultanze di una campagna di indagini geognostiche e geofisiche condotte nel Dicembre 2015 nell'area di studio in occasione di un precedente incarico per la medesima committenza.

Le indagini geologiche hanno avuto lo scopo di caratterizzare, dal punto di vista lito-stratigrafico, geotecnico e sismico, i terreni presenti al sedime dell'opera oggetto d'intervento.

Le indagini sono state condotte ai sensi del D.M. LL.PP. 11.3.1988 "Norme tecniche per indagini su terreni e rocce...omissis", e della Circolare del Min. LL.PP. n° 30483/88, nonché sulla base di quanto riportato al capitolo 6 al quale si rimanda.

La presente relazione geologica, a corredo della documentazione progettuale, è stata redatta inoltre per l'ottenimento della autorizzazione ai fini sismici, prevista dall'art. 94 del DPR 380/01, essendo il territorio dichiarato sismico dalla OPCM 3274/03 e s.m.i. e dalla successiva norma regionale di recepimento, D.G.R. Lazio n. 387/09, che ha definito il Comune di Roma - Municipio I, zona sismica di 3^a categoria – sottozona "A".

Infine, il presente elaborato tecnico, viene prodotto nel rispetto delle specifiche competenze professionali così come definite dall'art. 41 del DPR 328/01.

Dal punto di vista normativo si richiamano finalità e contenuti che, ai sensi delle normative vigenti, sia nazionali che regionali, il presente elaborato deve presentare.

D.M. II.TT. 17.01.2018

§ 6.1.2 Prescrizioni generali

Le scelte progettuali devono tener conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali.

I risultati dello studio rivolto alla caratterizzazione e modellazione geologica, dedotti da specifiche indagini, devono essere esposti in una specifica relazione geologica di cui al § 6.2.1.

§ 6.2 Articolazione del progetto

Il progetto delle opere e degli interventi si articola nelle seguenti fasi:

1. caratterizzazione e modellazione geologica del sito;
2. scelta del tipo di opera o di intervento e programmazione delle indagini geotecniche;
3. caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce presenti nel volume significativo e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo (cfr. § 3.2.2);
4. ... omissis...
- 5.

§ 6.2.1 Caratterizzazione e modellazione geologica del sito

Il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici.

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento.

In funzione del tipo di opera, di intervento e della complessità del contesto geologico nel quale si inserisce l'opera, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico.

Il modello geologico deve essere sviluppato in modo da costituire elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche.

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito devono essere esaurientemente esposte e commentate in una relazione geologica, che è parte integrante del progetto.

Tale relazione comprende, sulla base di specifici rilievi ed indagini, l'identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura del sottosuolo e dei caratteri fisici degli ammassi, definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché i conseguenti livelli delle pericolosità geologiche.

§ 6.2.2 Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica

Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento, devono riguardare il volume significativo e, in presenza di azioni sismiche, devono essere conformi a quanto prescritto ai §§ 3.2.2 e 7.11.2.

Per volume significativo di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso. Le indagini devono permettere la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione.

...omissis...

Regolamento Regionale n° 7 di cui alla D.G.R. Lazio 189/21

Nell'Allegato "C" del Regolamento viene definito il programma minimo delle indagini, in funzione del "livello di vulnerabilità dell'opera"; tale aspetto verrà commentato nel Capitolo 6 della presente relazione.

Lo studio si è svolto nel mese di Gennaio 2025 ed è stato articolato nelle seguenti attività:

- Elaborazione dei dati raccolti in occasione di una precedente campagna di intervento (Dicembre 2015) che aveva previsto le seguenti attività:

- ✓ Sopralluogo preliminare per l'acquisizione dello stato dei luoghi e della logistica;
- ✓ Individuazione delle caratteristiche morfologiche ed idrauliche del sito;
- ✓ Rilevamento geologico ed idrogeologico;
- ✓ Esecuzione di una campagna di indagini consistente in:
 - n. 1 indagine di sismica attiva in *array* di tipo *Multichannel Analysis of Surface Waves* (MASW);
 - n. 2 indagini di sismica passiva a stazione singola, con tecnica dei rapporti spettrali *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr).
- Interpretazione delle risultanze delle indagini e dei rilievi eseguiti;
- Analisi dei dati.

La presente relazione descrive e commenta i risultati dello studio eseguito.

2. Ubicazione e riferimenti cartografici

Per una migliore comprensione di quanto si riferisce ed al fine di fornire una documentazione quanto più completa possibile, sono stati acclusi alcuni allegati cartografici e grafici:

- Stralcio della Cartografia IGM, dal quale si nota come l'intervento ricada nella Tav. 150 IV^A SO "Roma Sud", in scala 1:25.000;
- Stralcio della Cartografia CTR dal quale si nota come l'intervento ricada a cavallo tra le sezioni n.374060 "Roma Nord Ovest" e n. 374100 "Roma Sud Ovest", in scala 1:10.000;
- Stralcio del PTPR – Tavola A - Sistemi ed ambiti del paesaggio, in scala 1:10.000;
- Stralcio del PTPR – Tavola B – Beni paesaggistici, in scala 1:10.000;
- Stralcio Carta assetto Idrogeologico delle aree sottoposte a tutela per pericolo di frana e d'inondazione - Tav. n. 2.04 Nord, Autorità dei Bacini Regionali del Lazio, in scala 1:25.000;
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) – Inventario dei fenomeni franosi e situazioni a rischio frana – Tavola n. 22 di 304 – Autorità di Bacino del Fiume Tevere, in scala 1:10.000;
- Ubicazione delle indagini eseguite, estratto immagine Google Earth.

Le coordinate geografiche del sito, evidenziato nella sottostante figura 1, nel sistema WGS84 sono le seguenti:

Le coordinate geografiche del sito, evidenziato nella sottostante figura 1, nel sistema WGS84 sono le seguenti:

Latitudine: ϕ_{WGS84}	41,903395
Longitudine: λ_{WGS84}	12,457971



Figura 1 – Ubicazione del sito da Google Earth

COMUNE di ROMA (RM)
Località “Piazza della Città Leonina”

Stralcio I.G.M. - Tav. N. 150 IV SW “Roma Sud”
Scala 1:25.000



COMUNE di ROMA (RM)
Località "Piazza della Città Leonina"

Stralcio C.T.R. - Sezioni nn. 374060 "Roma Nord-Ovest" - 374100 "Roma Sud-Ovest"
Scala 1:10.000



COMUNE di ROMA (RM) **Località "Piazza della Città Leonina"**

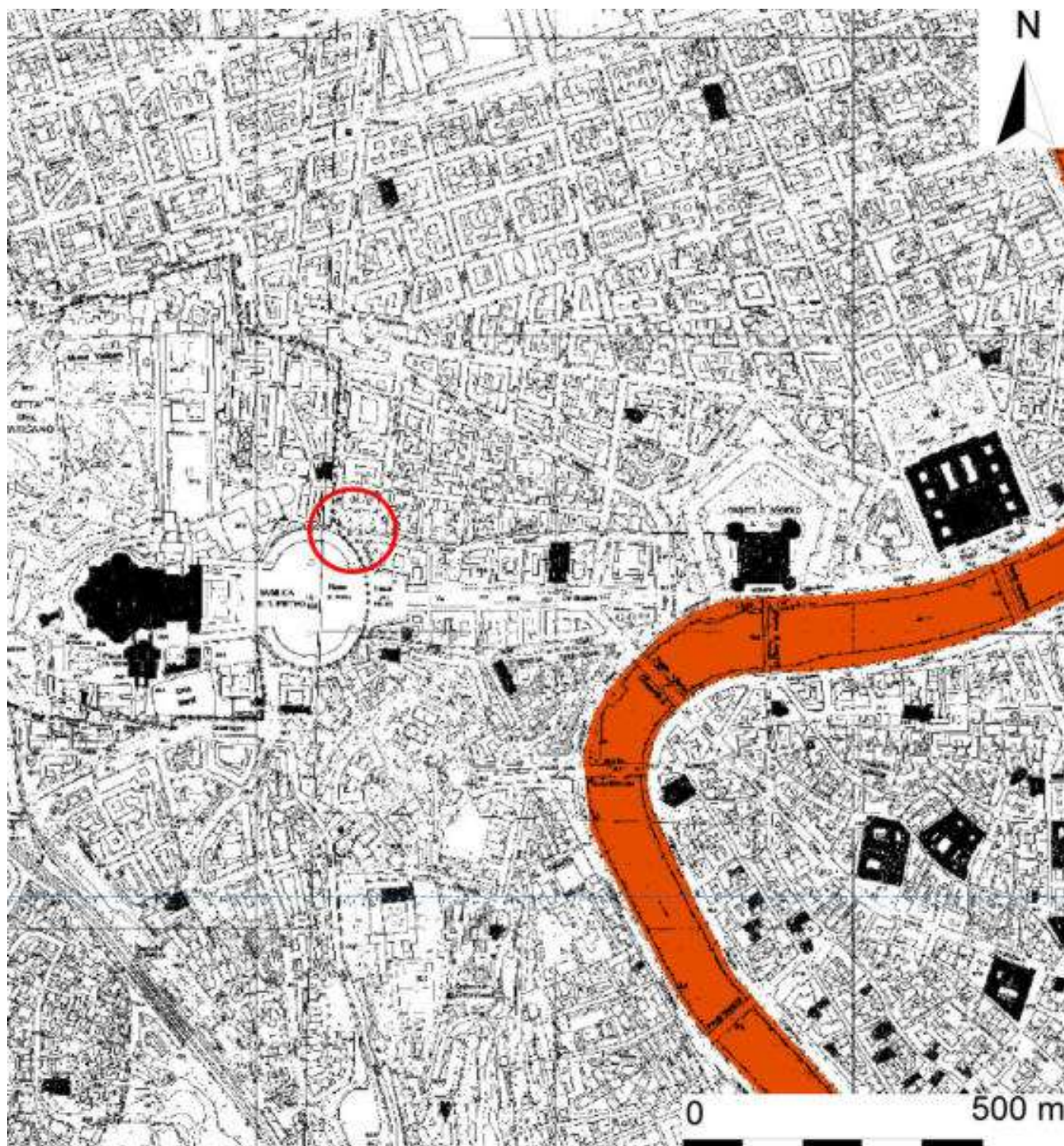
Stralcio P.T.P.R. - Tavola A - Sistemi ed ambiti del paesaggio
 Scala 1:10.000



[illegible]

COMUNE di ROMA (RM)
Località "Piazza della Città Leonina"

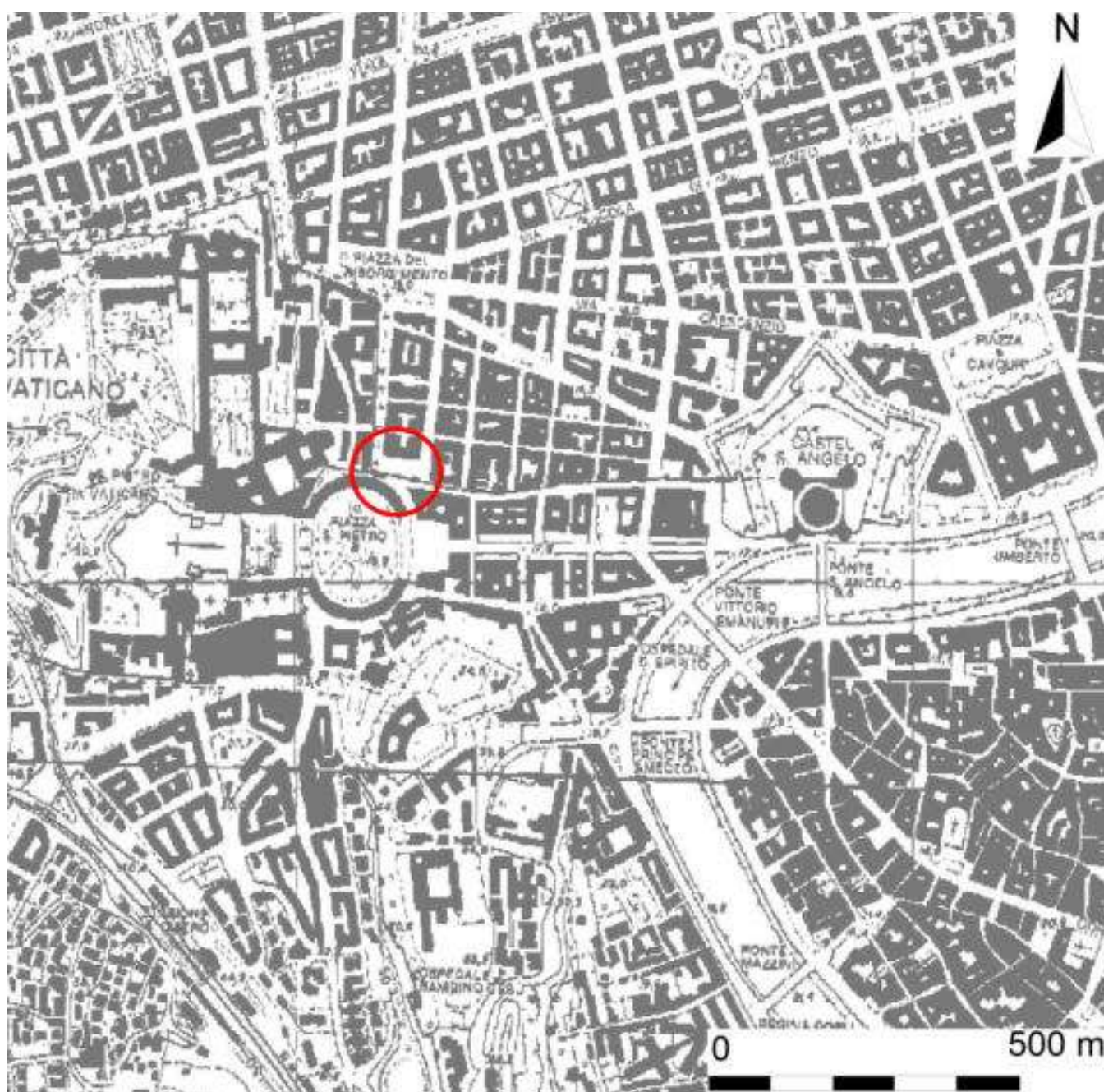
Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico - Fasce fluviali e zone a rischio - Tav. n. 42
 Autorità di Bacino del Fiume Tevere
 Scala 1:10.000



COMUNE di ROMA (RM)

Località "Piazza della Città Leonina"

Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico - Inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio da frana - Tav. 22 di 304 - Autorità di Bacino del Fiume Tevere
Scala 1:10.000



Inventario delle frane

Secolare Recente Recente Recente
oltre quarant'anni entro quarant'anni entro quarant'anni entro quarant'anni

- frana per crollo o ribaltamento
- frana per scorrimento
- frana per colamento
- frana complessa
- area con franosità diffusa
- area interessata da deformazioni gravitativo profonde (DGPV)
- area interessata da deformazioni superficiali lente e/o soffuso
- falda ero cono di detrito
- colata flow (colata di detrito)

Secolare Recente Recente Recente
oltre quarant'anni entro quarant'anni entro quarant'anni entro quarant'anni

- area a crolli o in erosione
- frana presunta
- crollo di scarpata di frana
- frana non cartografabile

Situazioni di rischio da frana

PAI - Progetto di primo aggiornamento

- R4 - 'rischio elevato'
 - R3 - 'elevato'
- Piano vigente
- R4 - 'rischio elevato'
 - R3 - 'elevato'

COMUNE di ROMA (RM)
Località "Piazza della Città Leonina"

UBICAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE
Stralcio immagine Google Earth

Legenda

 **MASW_n** Indagine sismica MASW

 **R_n** Prova tromografica H/V



3. Geomorfologia e idrografia

L'area interessata dalle opere in progetto è ubicata in pieno centro storico della città di Roma, all'interno dell'unità amministrativa Municipio I.

La morfologia generale dell'area risulta completamente modificata a causa della realizzazione delle strutture residenziali presenti nell'area; in tale contesto in linea di massima è comunque possibile intercettare l'originaria morfologia con assetto topografico praticamente sub-pianeggiante.

L'area investigata è posta ad una distanza di circa 500 metri dalla sponda destra del Fiume Tevere.

Dal punto di vista topografico l'area oggetto di studio è posta ad una quota di circa 18-19 m s.l.m..

La porzione in esame presenta un alto grado di riorganizzazione antropica, dovuta agli interventi legati alla realizzazione degli edifici e strutture presenti nell'area, ed è caratterizzata nel complesso da un assetto sub-pianeggiante, con pendenze mai superiori al 2%.

Dal sopralluogo effettuato può affermarsi una sostanziale stabilizzazione delle forme, senza evidenza di fenomenologie degenerative in atto, come si deduce anche dall'esame della "Carta Assetto Geomorfologico" del Piano Assetto Idrogeologico (Autorità di Bacino del Fiume Tevere).

Tale dato è altresì confermato dall'analisi della cartografia Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia – Progetto IFFI, dell'Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione

Ambientale (I.S.P.R.A.) e dalla cartografia geomorfologica del P.A.I. dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere.

Dal punto di vista idraulico, nell'area di interesse progettuale non sono presenti elementi idrografici né sono stati rilevati fenomeni di ruscellamento diffuso, sorgentizi o di ristagno delle acque, che risultano sufficientemente drenate dai terreni di copertura superficiali e convogliate verso le reti infrastrutturali presenti.

In riferimento a tali aspetti si ritiene l'area di interesse esente da problematiche legate ai fenomeni di alluvionamento ed esondazione, come confermato dalla cartografia ufficiale del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere secondo la quale l'area di interesse non risulta inserita in zone definite a rischio.

Infine, è stata esaminata la cartografia storica nota per quanto concerne la presenza delle cavità sotterranee, di cui si riporta nella figura n. 2 uno stralcio della Tavola "Cavità sotterranee" redatta dal prof. U. Ventriglia, mediante la quale è possibile escludere tale problematica.

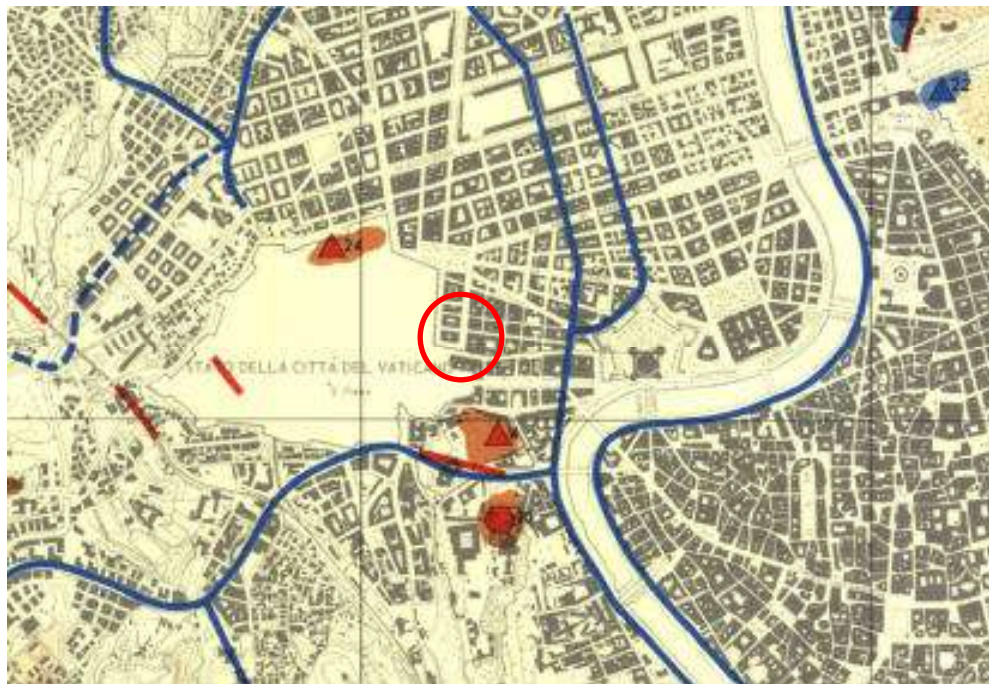


Figura n.2 – Stralcio della Tavola “Cavit  sotterranee” del prof. Ugo Ventriglia.

Quanto in precedenza presentato e descritto, pu  essere osservato sull'allegata Carta Geomorfologica, in scala 1:10.000, dalla quale non si evincono particolari criticit  nell'area in esame.

Per quanto detto appare sufficientemente garantita la stabilit  e la fattibilit  geomorfologica del progetto in itinere.

Ci  consente di esprimere, per quanto di competenza, parere favorevole per le finalit  di cui all'art. 61 del D.P.R. 380/01, che s'intendono ottemperate con il rilascio dell'autorizzazione sismica ex art. 94 del D.P.R. 380/01, come previsto dall'art. 21 della D.G.R. 724/20, modificata dalla D.G.R. 189/21.

COMUNE di ROMA (RM)
Località "Piazza della Città Leonina"

CARTA GEOMORFOLOGICA
 Stralcio C.T.R. - Sezioni nn. 374060 "Roma Nord-Ovest" - 374100 "Roma Sud-Ovest"
 Scala 1:10.000

Legenda



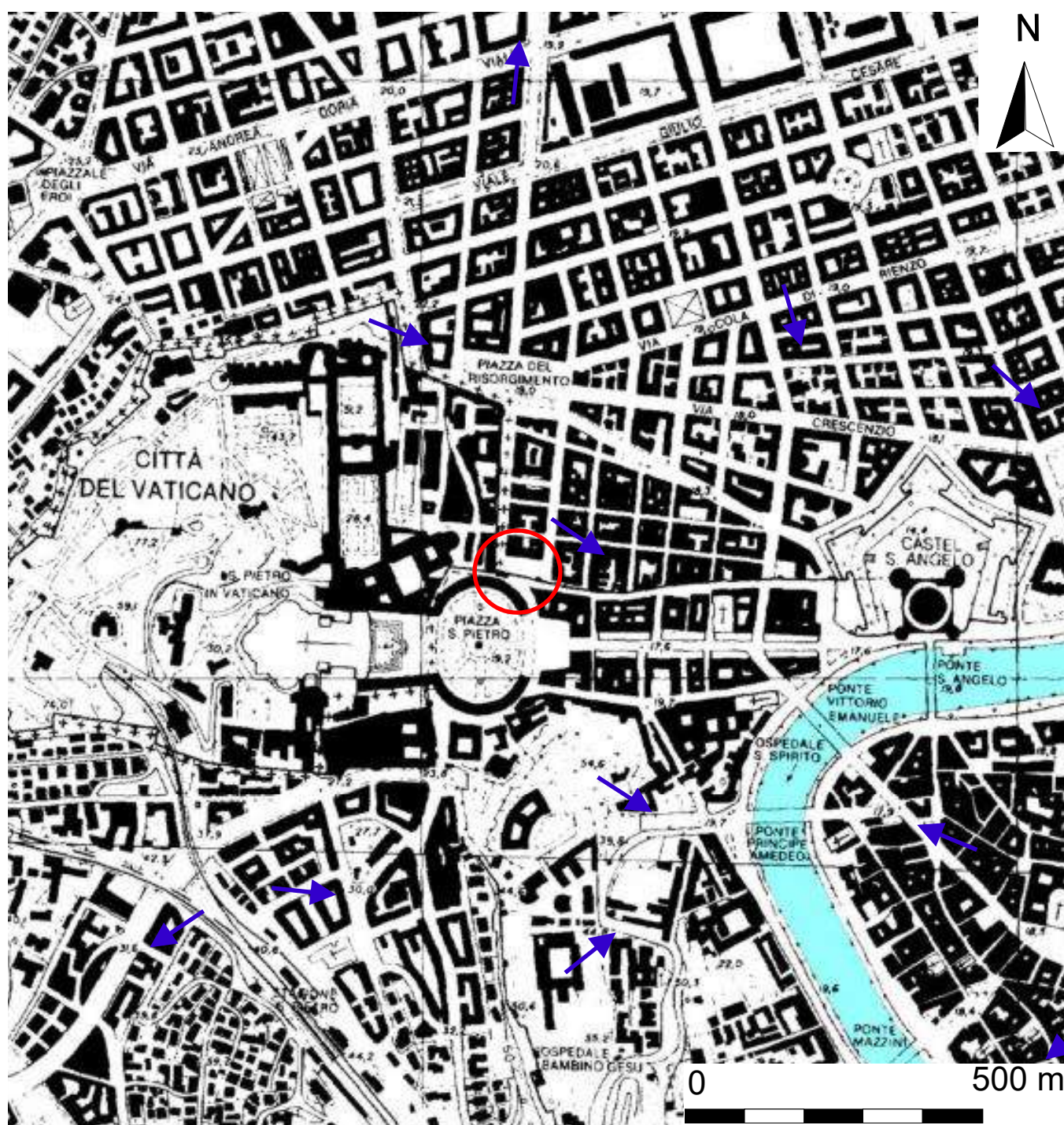
Delimitazione area di studio



Idrografia superficiale
 Fiume Tevere



Direzione preferenziale
 del drenaggio superficiale



4. Geologia

4.1 Assetto geologico generale

L'area romana, sino a poco meno di 1 milione di anni fa (inizio Pleistocene medio), era caratterizzata da un ambiente di sedimentazione marina.

Ne sono testimoni i terreni più antichi ("marne e argille azzurre vaticane" datate 3.40-1.79 Ma), affioranti nelle parti più rilevate dell'area urbana occidentale (Monte Mario, Vaticano, Gianicolo), a costituire il bedrock di Roma, con spessori di quasi 800 metri.

Seguono due oscillazioni del livello marino tra 1.79 e 0.88 Ma, che depositano, la prima le "sabbie e argille di Monte Mario" e la seconda le "argille di Monte delle Picche", separate da un deposito continentale ("sabbie e ghiaie di Monte Ciocci"), attribuibile ad una temporanea emersione dell'area, datata circa 1.2 Ma.

A partire da 0.8 MA (milioni di anni) mutano le condizioni paleogeografiche e si passa ad un ambiente di sedimentazione di tipo fluvio-palustre, con deposizione di terreni alluvionali antichi ad opera del "Paleotevere".

Si tratta essenzialmente di ghiaie, sabbie e di argille ("Unità del Paleotevere 2") caratterizzate da frequenti variazioni litologiche e da complessi rapporti stratigrafici.

Nel lasso di tempo compreso tra 0.60 e 0.30 Ma inizia l'attività dei due distretti vulcanici, di carattere prevalentemente esplosivi, dell'area romana, quello dei Sabatini a NW e quello dei Colli Albani a SE.

Tale attività determina la messa in posto di una notevole quantità di prodotti, sia sottoforma di depositi piroclastici di ricaduta che di ignimbriti.

Questi depositi giocano un ruolo fondamentale nella trasformazione dei caratteri morfologici del territorio, mutando completamente la topografia e l'idrografia; ciò in effetti determina una modifica del Paleotevere che viene progressivamente "confinato" nel corso d'acqua attuale.

I terreni che chiudono la successione stratigrafica, noti come "Riporti antropici", hanno ricoperto quasi totalmente l'area urbana, con spessori variabili da 0 a 16m.

Si tratta di accumuli di macerie derivanti da colmamento e canalizzazione dei corsi d'acqua o fossi, opere di sbancamento finalizzate alla costruzione di edifici e di riempimenti a scopo di bonifica.

In relazione alla loro diversa origine, la coltre dei riporti è costituita da materiali eterogenei ed eterometrici in una matrice più fine, costituita da terreni vulcanici e/o sedimentari rimaneggiati.

Questi terreni possono essere considerati, a tutti gli effetti, come il più recente degli orizzonti stratigrafici presenti nell'area.

4.2 Quadro geolitologico locale

In riferimento all'assetto generale richiamato nel paragrafo precedente, si può affermare che l'area in esame è interessata dall'affioramento di termini ascrivibili ai depositi alluvionali, sia recenti che attuali, del Fiume Tevere.

In particolare, dalle indagini eseguite, nonché dall'esame delle indagini pregresse condotte nella zona, l'area di diretto interesse progettuale risulta caratterizzata, al di sotto di una coltre di circa 5 metri di depositi antropizzati o di riporto, dalla presenza di depositi ascrivibili all'attività alluvionale, sia recente che attuale, del Fiume Tevere.

In particolare in quest'area sono presenti in sequenza stratigrafica, al di sotto della coltre di depositi antropici precedentemente menzionati, sabbie, di colore variabile ma tendenzialmente marroni o grigi, rimaneggiati e misti a materiale di origine vulcanica e limi argillosi, di colore prevalentemente grigio o grigio scuro, poco o moderatamente consistenti.

Lo spessore medio di questi depositi nell'area di diretto interesse progettuale risulta essere di una decina di metri, come si evince dall'interpretazione delle indagini sismiche eseguite e sulla base dei dati noti in bibliografia relativi all'area in esame.

Per avere un maggiore dettaglio dei contatti tra le litologie presenti nell'areale considerato è stata allegata di seguito la "carta geolitologica" in scala 1:10.000, esplicativa di quanto sopra esposto.

COMUNE di ROMA (RM)
Località "Piazza della Città Leonina"

Mod. 7.3.5 R01

CARTA GEOLOGICA
Stralcio C.T.R. - Sezioni nn. 374060 "Roma Nord-Ovest" - 374100 "Roma Sud-Ovest"
Scala 1:10.000

Legenda



Delimitazione area in studio



Riporti



Depositi alluvionali



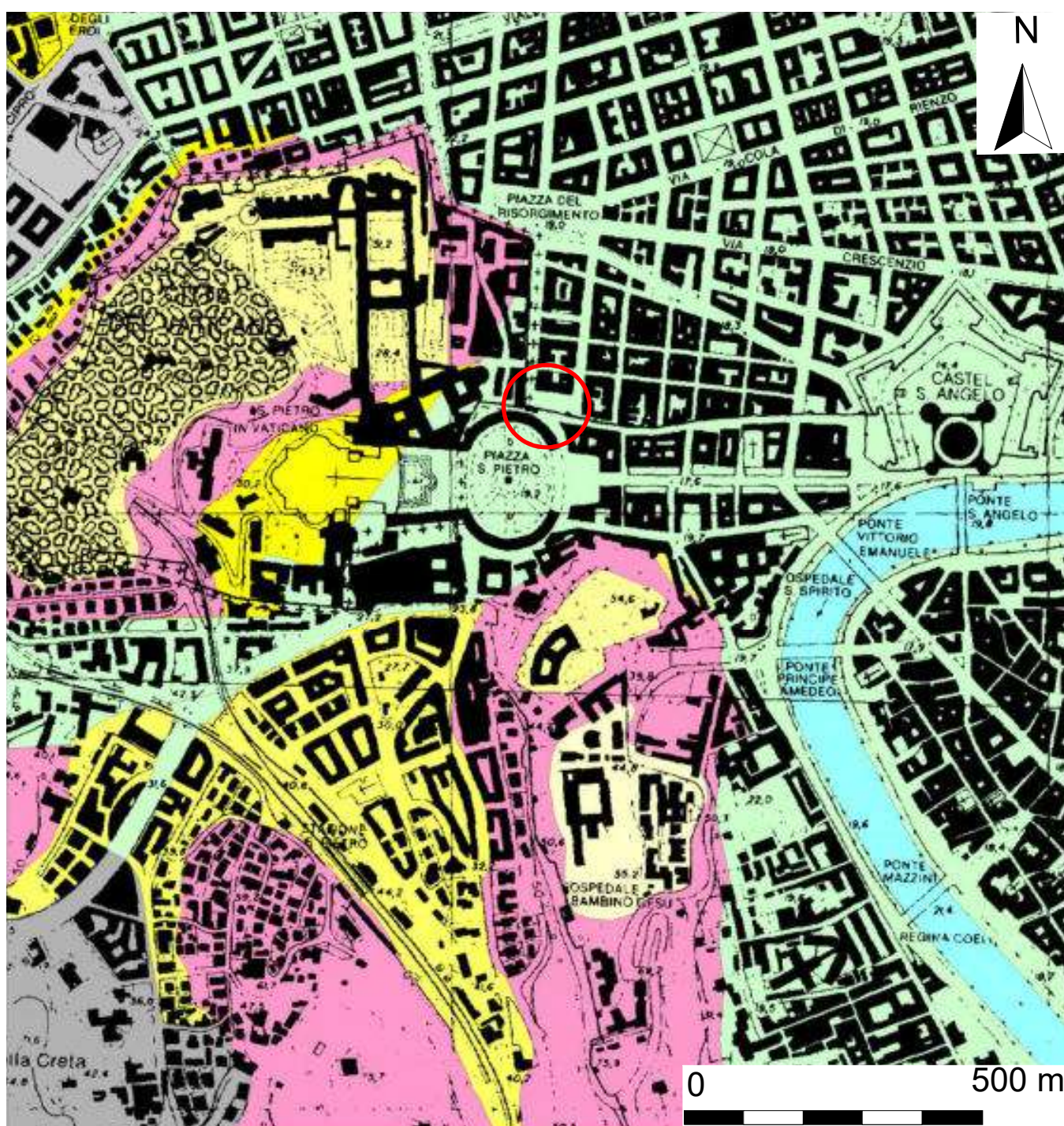
Formazione di Monte Mario



Formazione di Monte Vaticano



Unità Aurelia



5. Idrogeologia

Dal punto di vista idrogeologico i terreni sopra descritti costituiscono il *complesso idrogeologico dei depositi alluvionali*.

Tale complesso comprende le alluvioni recenti ed attuali del fiume Tevere e dei suoi affluenti.

Tale complesso è costituito da depositi eterogenei (argille, limi, sabbie, ghiaie) caratterizzati da rapporti giaciturali complessi e variabili, che raggiungono spessori anche dell'ordine di alcune decine di metri.

Generalmente tali depositi sono sede di circolazioni idriche limitate sia verticalmente che arealmente, esclusivamente all'interno dei depositi più permeabili, e talvolta risultano direttamente connesse all'andamento del fiume Tevere stesso.

In linea di massima le circolazioni idriche maggiori sono presenti alla base di tale complesso di depositi, all'interno dell'orizzonte ghiaioso, che ospita una falda in pressione e fortemente mineralizzata.

I complessi dei terreni sopra descritti pertanto presentano valori di permeabilità molto variabili, a seconda della frazione granulometrica presente.

L'asse preferenziale del deflusso sotterraneo, nella zona dove ricade l'area in studio, è diretto verso Ovest, ovvero verso l'alveo del Fiume Tevere.

Dal punto di vista idrogeologico, da un'anamnesi dei punti d'acqua censiti in zona e/o in possesso dello scrivente, dall'interpretazione delle indagini eseguite, integrate dall'analisi dello schema idrogeologico dell'Italia centrale, risulta che, lungo la verticale

del sito in esame (18-19 metri circa s.l.m.), la falda basale giace ad una profondità dal piano di campagna di circa 7-8 metri.

In considerazione della morfologia del sito, delle litologie affioranti e del sistema idrogeologico rilevato in zona, in fase di realizzazione delle opere in progetto, benché di modesta entità, si dovrà tener conto dell'eventuale interferenza degli interventi con il regime ipogeo.

Quanto sopra descritto trova illustrazione nell'allegata "Carta Idrogeologica" in scala 1:10.000.

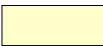
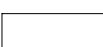
COMUNE di ROMA (RM)

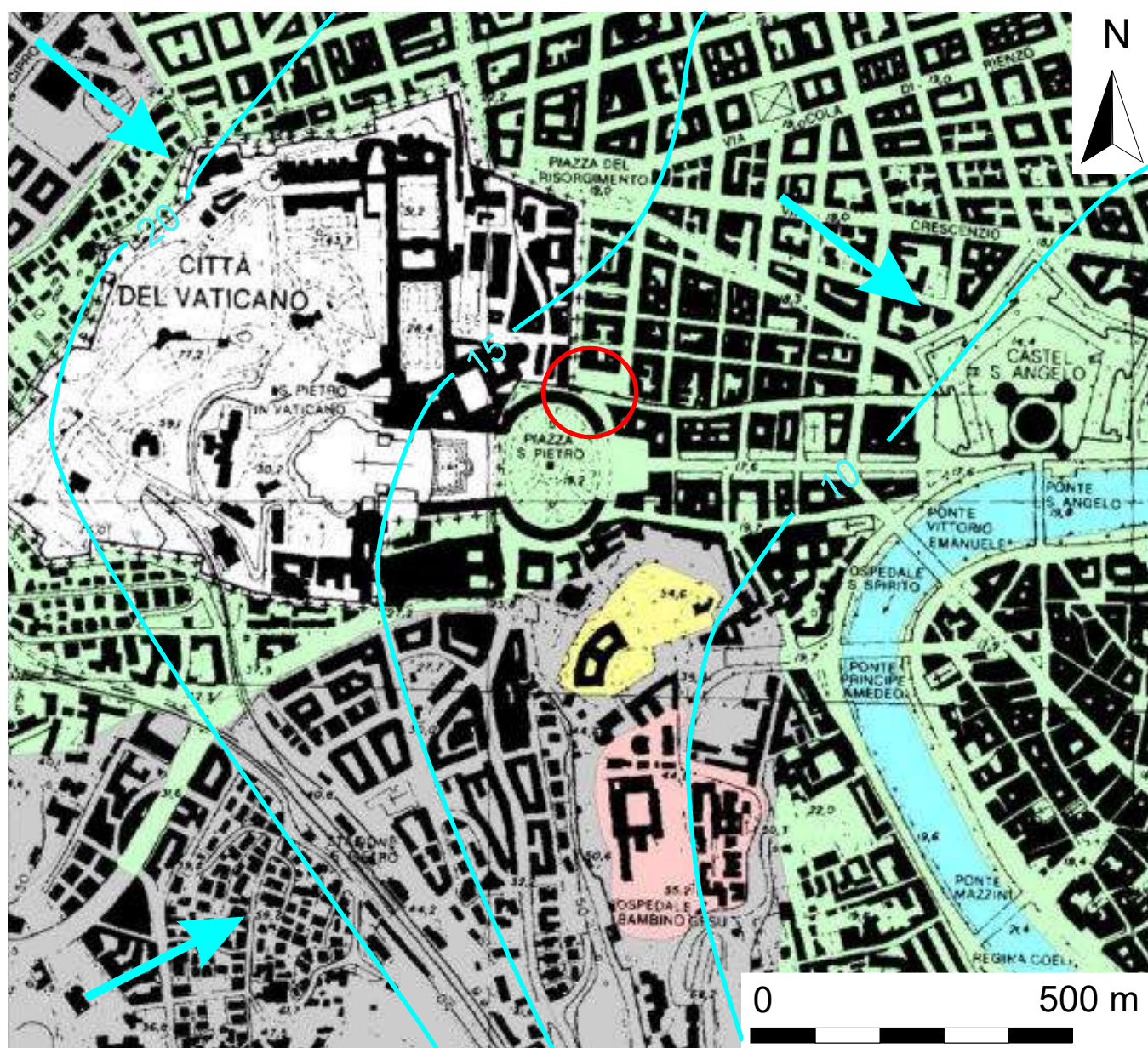
Località "Piazza della Città Leonina"

CARTA IDROGEOLOGICA

Stralcio C.T.R. - Sezioni nn. 374060 "Roma Nord-Ovest" - 374100 "Roma Sud-Ovest"
Scala 1:10.000

Legenda

- | | | | |
|---|--|---|--|
|  | Area di studio |  | Complesso dei depositi alluvionali antichi |
|  | Isopieze espresse in metri s.l.m. |  | Complesso delle pozzolane |
|  | Direzione principale del flusso |  | Complesso delle argille |
|  | Idrografia superficiale Fiume Tevere |  | Area esente dagli studi idrogeologici |
|  | Complesso dei depositi alluvionali recenti | | |



6. Livello di Vulnerabilità ai sensi della D.G.R. Lazio n° 189/21

Il Regolamento Regionale 21 aprile 2021 “Modifiche al Regolamento regionale 26 ottobre 2020, n. 26. di cui alla D.G.R. Lazio n. 724/20, Regolamento regionale per la semplificazione e l'aggiornamento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico - Abrogazione del Regolamento regionale 13 luglio 2016, n. 14, prescrive, all'Allegato “C”, le indagini e le prove minime di tipo geologico, geofisico e geognostico, per i diversi livelli di pericolosità dell'opera, a loro volta derivanti dalla combinazione di classe d'uso dell'intervento e classificazione sismica del territorio comunale, necessarie per l'ottenimento dell'autorizzazione sismica ex art. 94 del DPR 380/01.

Nella fattispecie la riclassificazione sismica della Regione Lazio, di cui al D.G.R. Lazio 387/09 in recepimento della O.P.C.M. 3274/03 e s.m.i., ha catalogato il territorio del Municipio I del Comune di Roma in categoria 3A.

Per quanto attiene la classe d'uso dell'opera interessata, la stessa ricade in classe d'uso II “Costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti.....”, ai sensi del § 2.4.2. delle NTC18.

La stima di eventuali altri fattori condizionanti dal punto di vista geologico, sulla base di quanto in precedenza descritto, porta alle seguenti conclusioni:

- La zona non presenta rischi di liquefazione (§ 7.11.3.4 delle NTC18);
- La zona non manifesta fenomeni di subsidenza, cedimenti differenziali, dovuti alla presenza di terreni compressibili;
- La zona non appare in condizioni di dissesto e/o di frana;

- La zona risulta suscettibile per fenomeni di amplificazione sismica, come si evince dallo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 condotto, validato dall'Ufficio Geologico e Sismico Regionale ai sensi della D.G.R. Lazio 545/10;
- La zona non è compresa in aree R3 o R4 dei Piani della Autorità di Bacino competente (ABR);
- La zona non si trova entro 50 metri da faglie attive e capaci segnalate dall'INGV.

Sulla base di quanto sopra descritto, dallo schema riportato nell'Allegato "C" della DGR 7189/21, è possibile affermare che l'intervento ricada nel livello di pericolosità dell'opera "**basso**".

PROGETTI	PERICOLOSITA'				
	Zona Sismica				
	1	2a	2b	3a	3b
classi d'uso I e II	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
classe d'uso III	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
classe d'uso IV	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO

Per quanto sopra precisato, si ritiene che il programma delle indagini, così come descritte precedentemente, si possa ritenere conforme alle previsioni regolamentari e correttamente dimensionato in relazione all'impegno dell'opera da realizzare, essendo idoneo a definire, in maniera puntuale, i valori caratteristici delle proprietà fisiche, meccaniche e geofisiche dei terreni presenti nel sedime locale.

7. Sismicità

7.1. Sismicità Regionale

L'area in studio ricade a Nord-Nord/Ovest della città di Roma nel territorio del Municipio I, che entro un raggio di circa 15 km, è caratterizzata da una sismicità locale a ricorrenza non elevata, ma con intensità massima corrispondente al VII-VIII grado MCS (Magnitudo < 4).

L'area risente frequentemente di terremoti dalle zone sismiche adiacenti dell'Appennino Centrale e dei Colli Albani.

Nell'Appennino Centrale sono localizzate molte aree sismogenetiche di notevole importanza che hanno dato origine a terremoti di elevata magnitudo (fino a $M \sim 7$) ed a distanze comprese fra 60 e 130 km da Roma.

I terremoti di queste zone sismogenetiche, hanno determinato nella Città di Roma i risentimenti più elevati e fino alla Intensità Macrosismica di VIII grado MCS (Mercalli – Cancani - Sieberg).

I Colli Albani sono sede di una sismicità con terremoti molto frequenti e con magnitudo intorno a $M = 5$.

I risentimenti nella Città di Roma sono molto frequenti, ma con intensità macrosismica da bassa a molto bassa (< V grado MCS; nella serie storica risulta che soltanto in un'occasione è stato raggiunto il VI grado).

Dall'analisi statistica della storia sismica romana risulta che si sono risentiti terremoti fino a VIII grado MCS con tempi di ritorno di 500 anni, mentre terremoti con intensità del VI grado MCS sono probabili ogni 100 anni.

Gli Autori segnalano, infine, una attività sismica nei settori costieri ed off-shore della Regione Lazio, legata alle strutture trasversali; in particolare si fa riferimento al terremoto del 22/08/2005, profondo circa 30 km, con Magnitudo 4,5 localizzato al largo di Anzio e che si è risentito, oltre che in numerosi centri urbani costieri e dell'interno, anche nella Città di Roma.

7.2. Sismicità Locale

Studi recenti riguardanti la distribuzione delle Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani (Rovida et al. 2016 – disponibile on-line <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>) indicano, per la zona in oggetto, dei valori intorno al settimo-ottavo grado della scala macrosismica MCS.

I più importanti eventi sismici avvenuti nella zona e che hanno avuto un grande risentimento nell'area in studio sono centoquattordici e vengono riportati nella tabella sottostante.

Storia sismica di Roma Capitale

[41.899, 12.477]

Osservazioni disponibili: 162

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
7	1091 01 27	Roma	7	5.10
F	1231 06 01 11	Cassinese	7	5.10
4	1279 04 30 18	Appennino umbro-marchigiano	9	6.20
F	1298 12 01	Monti Reatini	9-10	6.26
NC	1315 12 03	Aquilano	8	5.56
4	1328 12 01	Valnerina	10	6.49
7-8	1349 09 09	Appennino laziale-abruzzese	9	6.27
5	1456 12 05	Appennino centro-meridionale	11	7.19
5	1484 01 19	Sabina	6-7	5.02
F	1599 11 06 01 25	Valnerina	9	6.07
4	1619 07 07 22	Aquilano	7-8	5.33
NF	1639 10 07	Monti della Laga	9-10	6.21
F	1654 07 24 00 25	Sorano	9-10	6.33
F	1672 06 08 17 30	Monti della Laga	7-8	5.33
F	1688 06 05 15 30	Sannio	11	7.06
3-4	1695 06 11 02 30	Lazio settentrionale	8-9	5.80
4	1702 10 18	Valnerina	5	4.16
7	1703 01 14 18	Valnerina	11	6.92

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
5	1703 01 16 13 30	Appennino laziale-abruzzese		
7	1703 02 02 11 05	Aquilano	10	6.67
5	1703 05 25	Sabina		
F	1705 11 29	Abruzzo-Lazio		
5	1706 11 03 13	Maiella	10-11	6.84
4	1719 06 27 06 30	Valnerina	8	5.59
2-3	1727 12 14 19 45	Valle del Metauro	7	5.24
6	1730 05 12 05	Valnerina	9	6.04
4-5	1731 03 20 03	Tavoliere delle Puglie	9	6.33
4	1732 11 29 07 40	Irpinia	10-11	6.75
3	1741 04 24 09 20	Fabrianese	9	6.17
3	1743 02 20	Ionio settentrionale	9	6.68
3	1747 04 17	Appennino umbro-marchigiano	9	6.05
5	1748 09 10 23 40	Colli Albani	5-6	4.40
5	1750 02 08	Colli Albani	5	4.50
F	1751 07 27 01	Appennino umbro-marchigiano	10	6.38
3-4	1754 06 08 05 05	Colli Albani	5	4.47
3	1756 10 22 14	Napoletano	6-7	3.50
3	1762 10 06	Aquilano	8	5.54
4-5	1767 06 05 01 30	Valle Umbra	7-8	5.45
2-3	1768 10 19 23	Appennino forlivese	9	5.99
3	1777 06 06 16 15	Tirreno meridionale		
F	1782 09 24	Colli Albani	6	4.63
4-5	1785 10 03 00 30	Monti Tiburtini	5-6	4.50
F	1785 10 09 03 15	Monti Reatini	8-9	5.76
F	1786 07 31	Aquilano	6	4.89
3	1791 10 11 13 05	Appennino umbro-marchigiano	8	5.57
3	1799 07 28 22 05	Appennino marchigiano	9	6.18
3	1800 12 29 10 15	Colli Albani	6	4.74
4	1805 07 26 21	Molise	10	6.68
F	1806 07 21 09	Cassinese	5-6	4.40

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
5-6	1806 08 26 07 35	Colli Albani	8	5.61
3	1810 07 13 13	Colli Albani	5-6	4.40
5-6	1811 02 18 02 15	Colli Albani	4-5	3.93
6-7	1812 03 22 02 20	Campagna romana	6-7	4.86
F	1815 09 03 23	Valnerina	8	5.58
3	1829 06 01 09	Colli Albani	7	4.87
F	1832 01 13 13	Valle Umbra	10	6.43
NF	1846 08 14 12	Colline Pisane	9	6.04
F	1854 01 17 09	Narni	5-6	4.71
F	1855 06 29 03 03	Colli Albani	4	4.27
NF	1857 12 16 21 15	Basilicata	11	7.12
3-4	1859 08 22	Valnerina	8-9	5.73
4	1861 12 12 06 10	Colli Albani	5	4.16
4-5	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	8	5.85
NF	1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	9-10	6.29
4	1873 07 12 06 06	Val Comino	7-8	5.38
4	1874 02 24 06 52	Aquilano	6-7	5.12
4	1874 12 06 15 50	Val Comino	7-8	5.48
2	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	8	5.74
2-3	1875 12 06	Gargano	8	5.86
5-6	1876 10 26 14 18	Monti Prenestini	7	5.06
4	1877 08 24 02 45	Lazio meridionale	7	5.21
2	1878 02 13 19 30	Cascia	4-5	4.22
3-4	1878 09 15 07 20	Valle Umbra	8	5.46
5	1879 02 23 18 30	Valnerina	8	5.59
2	1879 04 27 04 06	Appennino tosco-emiliano	7	5.03
2	1881 09 10 07	Chietino	7-8	5.41
2	1882 06 06 05 40	Isernino	7	5.20
2	1883 07 28 20 25	Isola d'Ischia	9-10	4.26
5	1883 09 02 07 03	Colli Albani	5-6	4.67
3	1884 08 07 02 15	Colli Albani	5	4.38

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
2	1885 02 26 20 48	Pianura Padana	6	5.01
4-5	1885 04 10 01 44	Appennino laziale-abruzzese	5	4.57
F	1887 03 11 14 45	Liguria occidentale		
NF	1889 12 08	Gargano	7	5.47
NF	1891 05 09 00 16	Val Roveto	5	4.42
2	1891 06 07 01 06 1	Valle d'Ilasi	8-9	5.87
5	1892 01 22	Colli Albani	7	5.14
NF	1895 06 30 03 48 5	Poggio Picenze	4-5	3.93
3	1895 08 09 17 38 2	Adriatico centrale	6	5.11
5-6	1895 11 01	Campagna romana	6-7	4.83
6-7	1899 07 19 13 18 5	Colli Albani	7	5.10
4	1901 04 24 14 20	Sabina	8	5.25
3-4	1901 07 31 10 38 3	Sorano	7	5.16
NF	1902 09 21 20 12 0	Ciociaria	4-5	4.02
4-5	1902 10 23 08 51	Reatino	6	4.74
F	1904 02 24 15 53 2	Marsica	8-9	5.68
2	1904 02 25 00 29 1	Marsica	5-6	4.56
2	1906 02 21 20 49	Colli Albani	5	4.08
NF	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	6-7	5.36
5	1909 08 31 13 41	Roma	5	4.15
4-5	1911 04 10 09 43	Colli Albani	6	4.74
6-7	1915 01 13 06 52 4	Marsica	11	7.08
F	1915 01 13 16 44	Marsica		4.79
F	1915 01 13 20 19	Marsica		4.74
3-4	1915 01 14 01 50	Marsica		4.64
3	1915 01 14 07 17	Marsica	5-6	4.88
F	1915 01 14 16 55 2	Marsica	4	4.60
2-3	1915 01 18 20 08	Marsica		4.98
3	1915 01 18 23 31	Marsica		5.02
3-4	1915 01 21 12 29 2	Marsica	4	4.83
3-4	1915 04 05 06 18 5	Valle dell'Aniene	6	4.80

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
3	1915 09 23 18 07	Marsica	6	5.07
3	1916 01 26 12 22	Sorano	6	4.72
3	1916 11 16 06 35	Alto Reatino	8	5.50
2	1917 01 03 01 35	Marsica		
2	1917 05 12 15 34 3	Ternano	7-8	5.03
4-5	1917 07 08 02	Appennino laziale-abruzzese	5-6	4.68
F	1919 06 29 15 06 1	Mugello	10	6.38
4	1919 10 22 06 10	Anzio	6-7	5.22
3-4	1922 12 29 12 22 0	Val Roveto	6-7	5.24
3	1923 05 13 14 30 5	Valle del Salto	5	4.33
2	1925 09 24 13 33 4	Molise occidentale	7	5.26
3-4	1927 10 11 14 45 0	Marsica	7	5.20
6	1927 12 26 15 06 1	Colli Albani	7	4.89
NF	1929 04 10 05 44	Bolognese	6	5.05
3	1930 07 23 00 08	Irpinia	10	6.67
3	1930 10 30 07 13	Senigallia	8	5.83
2-3	1931 10 21 07 35	Ciociaria	5	4.23
3	1933 09 26 03 33 2	Maiella	9	5.90
3	1938 08 12 02 28 3	Appennino laziale-abruzzese	5-6	4.56
3	1943 10 03 08 28 2	Ascolano	8	5.67
2-3	1948 12 17 21 18 0	Monti Reatini	5-6	4.40
3	1948 12 31 03 32	Monti Reatini	8	5.42
4	1950 09 05 04 08	Gran Sasso	8	5.69
4	1951 08 08 19 56	Gran Sasso	7	5.25
3	1957 04 11 16 19	Valle del Salto	6	4.94
3	1958 06 24 06 07	Aquilano	7	5.04
3-4	1961 10 31 13 37	Reatino	8	5.09
2-3	1967 12 03 21 29 5	Aquilano	5	4.37
NF	1967 12 09 03 09 5	Adriatico centrale		4.36
2-3	1971 02 06 18 09	Tuscania	7-8	4.83
3	1976 05 06 20 00 1	Friuli	9-10	6.45

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
3	1978 07 30 05 19 2	Ternano	7	4.32
5	1979 09 19 21 35 3	Valnerina	8-9	5.83
3	1980 02 28 21 04 4	Valnerina	6	4.97
3-4	1980 06 14 20 56 5	Marsica	5-6	4.96
2	1980 10 01 00 57 3	Frusinate	5	4.26
4	1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	10	6.81
NF	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	7	5.62
4	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	8	5.86
3	1984 05 11 10 41 4	Monti della Meta	7	5.47
2-3	1989 10 23 21 19 1	Colli Albani	6	4.32
4-5	1995 06 12 18 27 4	Campagna romana	5-6	3.79
4-5	1997 09 26 00 33 1	Appennino umbro-marchigiano	7-8	5.66
3	1997 09 26 09 40 2	Appennino umbro-marchigiano	8-9	5.97
3	2000 03 11 10 35 2	Valle dell'Aniene	6	4.25
4-5	2005 08 22 12 02 0	Costa laziale	5-6	4.78
4-5	2009 04 06 01 32 4	Aquilano	9-10	6.29
4	2016 10 26 19 18 0	Valnerina		6.07
5	2016 10 30 06 40 1	Valnerina		6.61
4	2017 01 18 10 14 0	Aquilano		5.70
3-4	2019 06 23 20 43 4	Colli Albani	5	3.76

Tabella 1 – Elenco degli eventi sismici sia storici che strumentali che hanno interessato direttamente o indirettamente l'area in studio. Is - intensità al sito (MCS); Io - Intensità epicentrale (MCS); Mw - magnitudo momento.

Dall'analisi dei recenti inventari di faglie attive, nello specifico è stato consultato il Diss 3.1 (nello specifico il Diss 3.2: DissWorking Group, 2015 - consultabile on-line: <http://www.ingv.it/DISS/>), non si riscontra la presenza di strutture sismogenetiche site in prossimità dell'area analizzata.

Con l'Ordinanza PCM 3274/03 e il successivo D.M. 14.01.2008 e D.M. 17.01.2018 si sono andati chiarendo e semplificando i rapporti fra esigenze normative e formati secondo i quali la pericolosità sismica deve essere valutata.

I dati di pericolosità sismica prodotti da INGV (MPS04 e successive integrazioni prodotte nell'ambito del progetto INGV-DPC S1, disponibili sui siti web <http://zonesismiche.mi.ingv.it/> e <http://esse1.mi.ingv.it/>) hanno fornito una prima risposta, che ha avuto un riconoscimento ufficiale nell' Ordinanza PCM 3519/06 "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

Pertanto il territorio del Municipio I di Roma è stato classificato appartenente alla categoria 3A.

Si fornisce inoltre la cartografia dei valori di pericolosità sismica del territorio nazionale espressi in termini di accelerazione massima del suolo (vedi Carta Classificazione Sismica e Carta dei Valori di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale).

Dalla Carta dei Valori di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale si osserva che la pericolosità sismica è stimata con una maggiore precisione; di fatto le variazioni sono continue e graduali, pertanto l'accelerazione orizzontale massima del suolo, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita ai suoli rigidi è a **0,100-0,125 g**, vale a dire lo scuotimento atteso del terreno in termini di accelerazione.

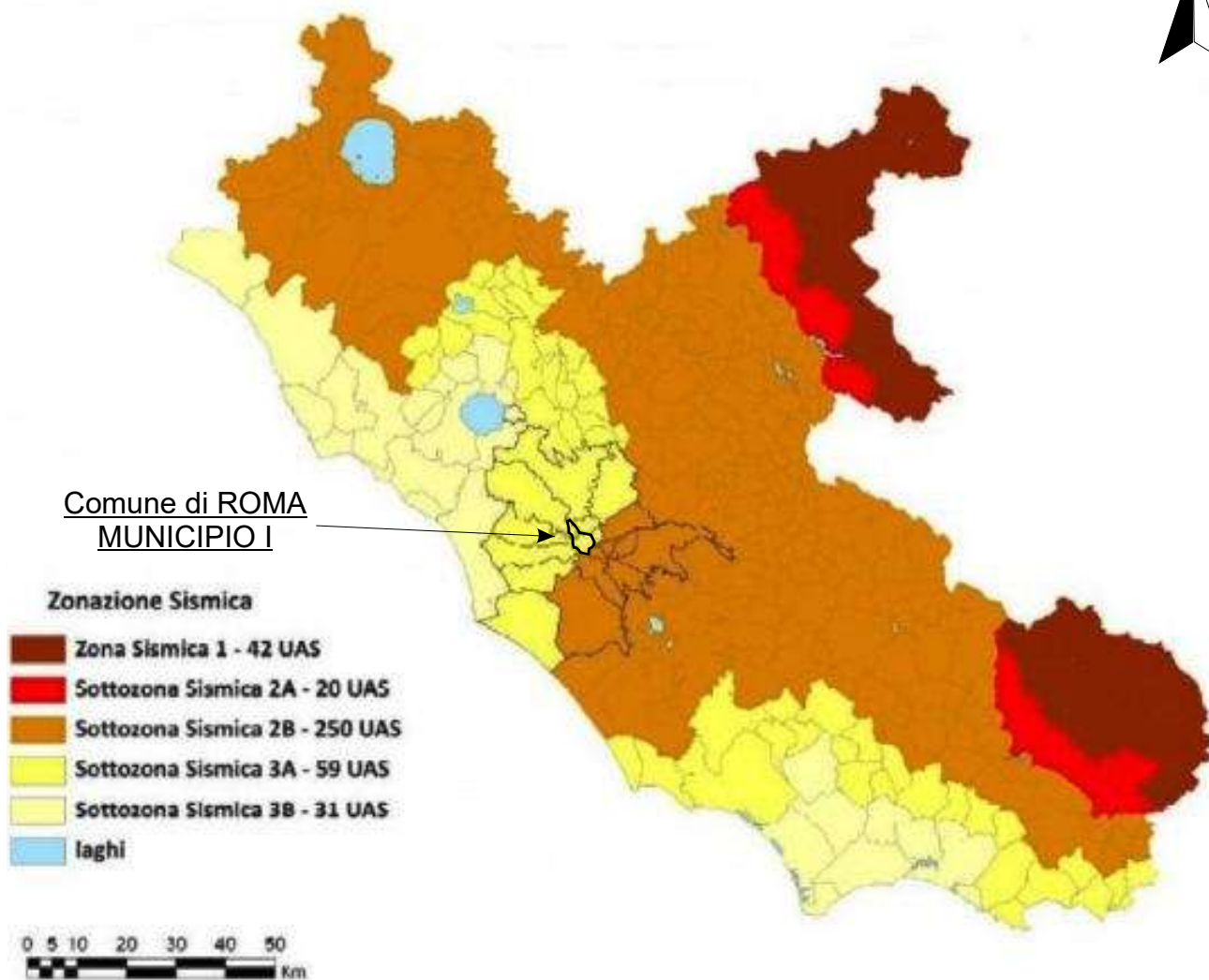
Si tratta di valori di accelerazione orizzontale attesa bassi.

COMUNE DI ROMA (RM)

Località "Piazza della Città Leonina"

CARTA CLASSIFICAZIONE SISMICA

Ordinanza P.C.M. 3519 del 28/04/06 e con recepimento
delle variazioni operate dalla D.G.R. 387 del 22/05/2009



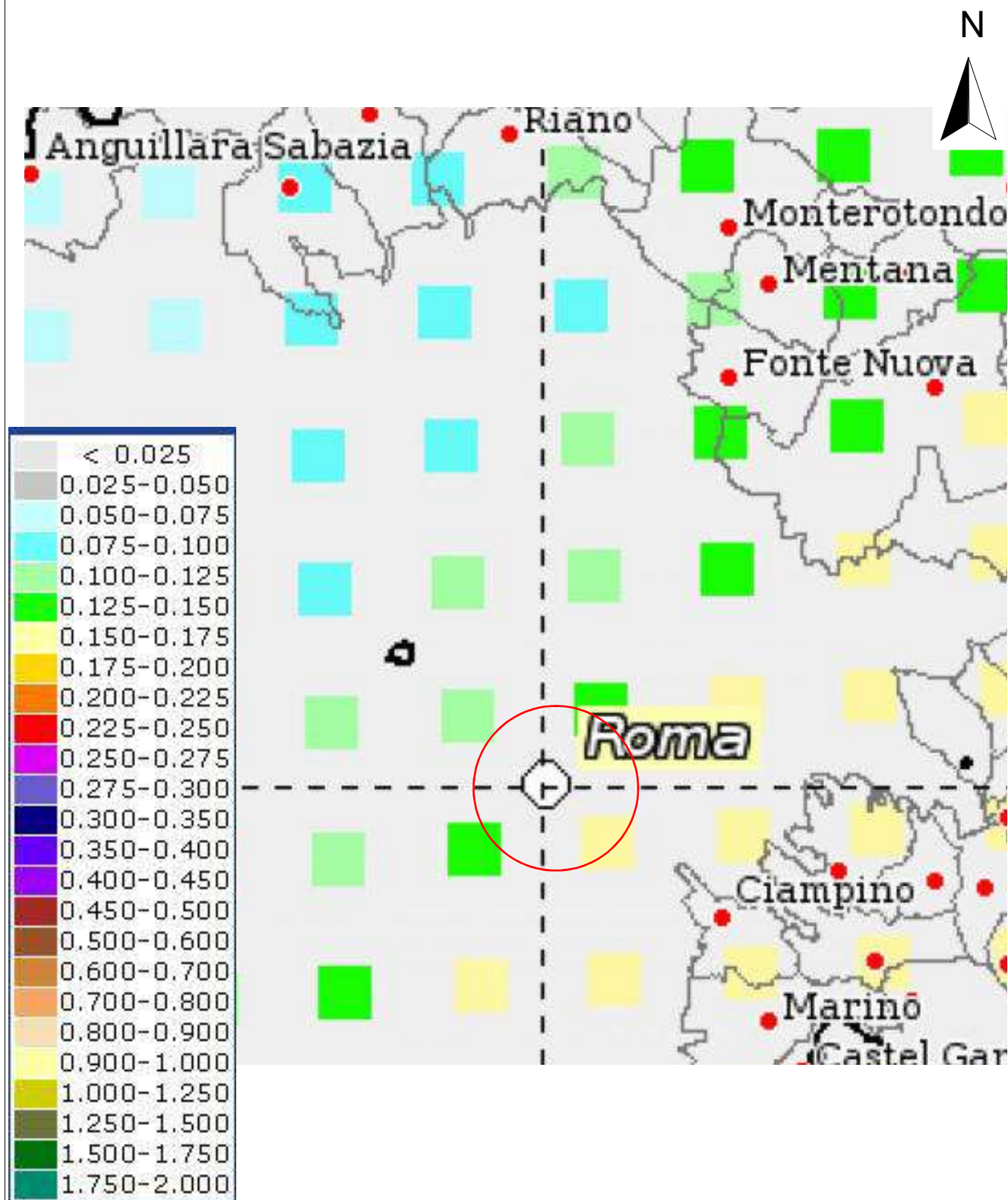
COMUNE DI ROMA (RM)

Località "Piazza della Città Leonina"

CARTA DEI VALORI DI PERICOLOSITA' SISMICA DEL TERRITORIO

(rif. Ordinanza PCM 3519 del 28/04/06)

Espressi in termini di accelerazione massima del suolo
con probabilità di eccedenza > 10% in 50 anni riferita ai suoli rigidi ($V_s > 800\text{m/s}$)



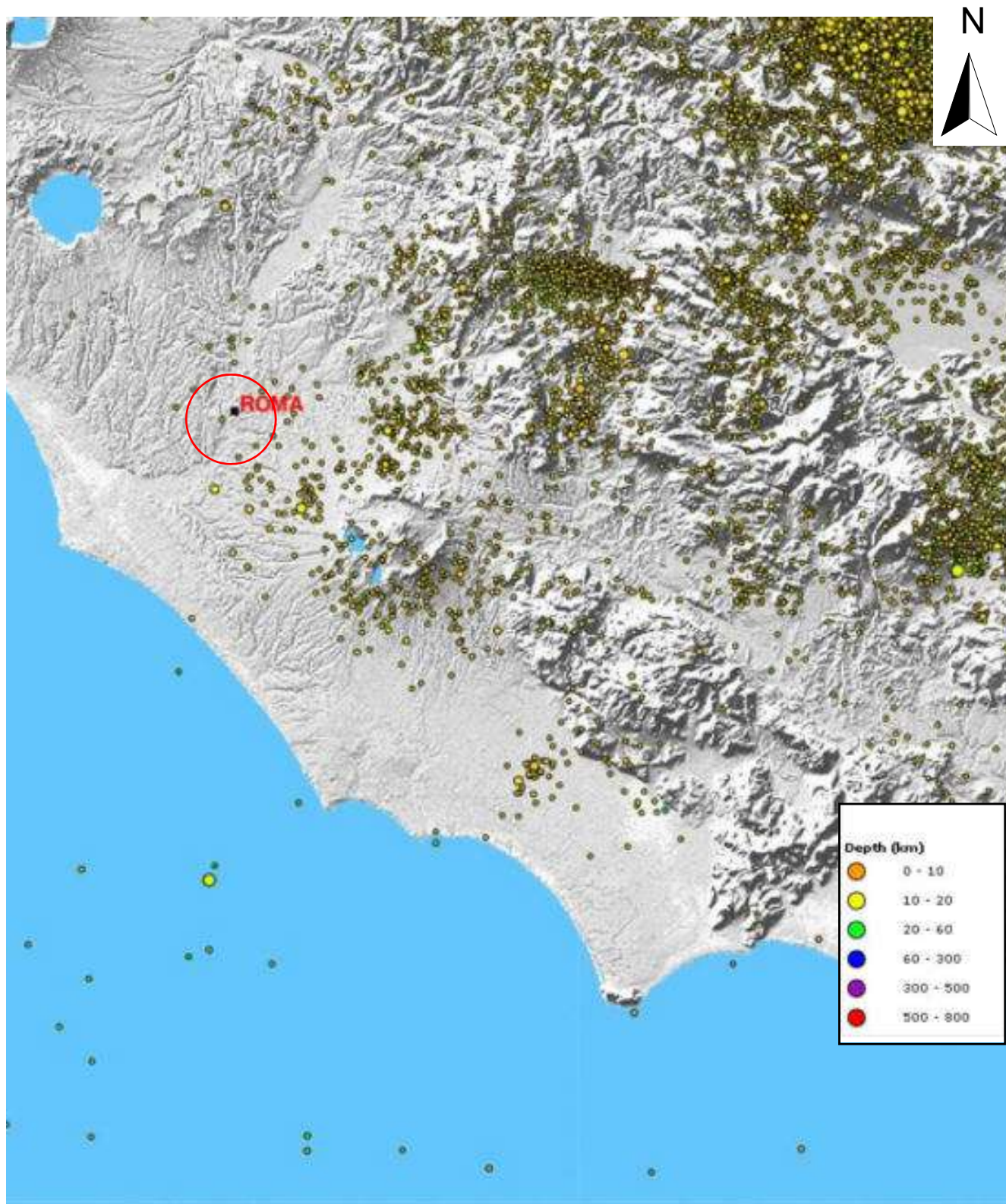
COMUNE DI ROMA (RM)

Località "Piazza della Città Leonina"

CARTA DELLA SISMICITA' STRUMENTALE

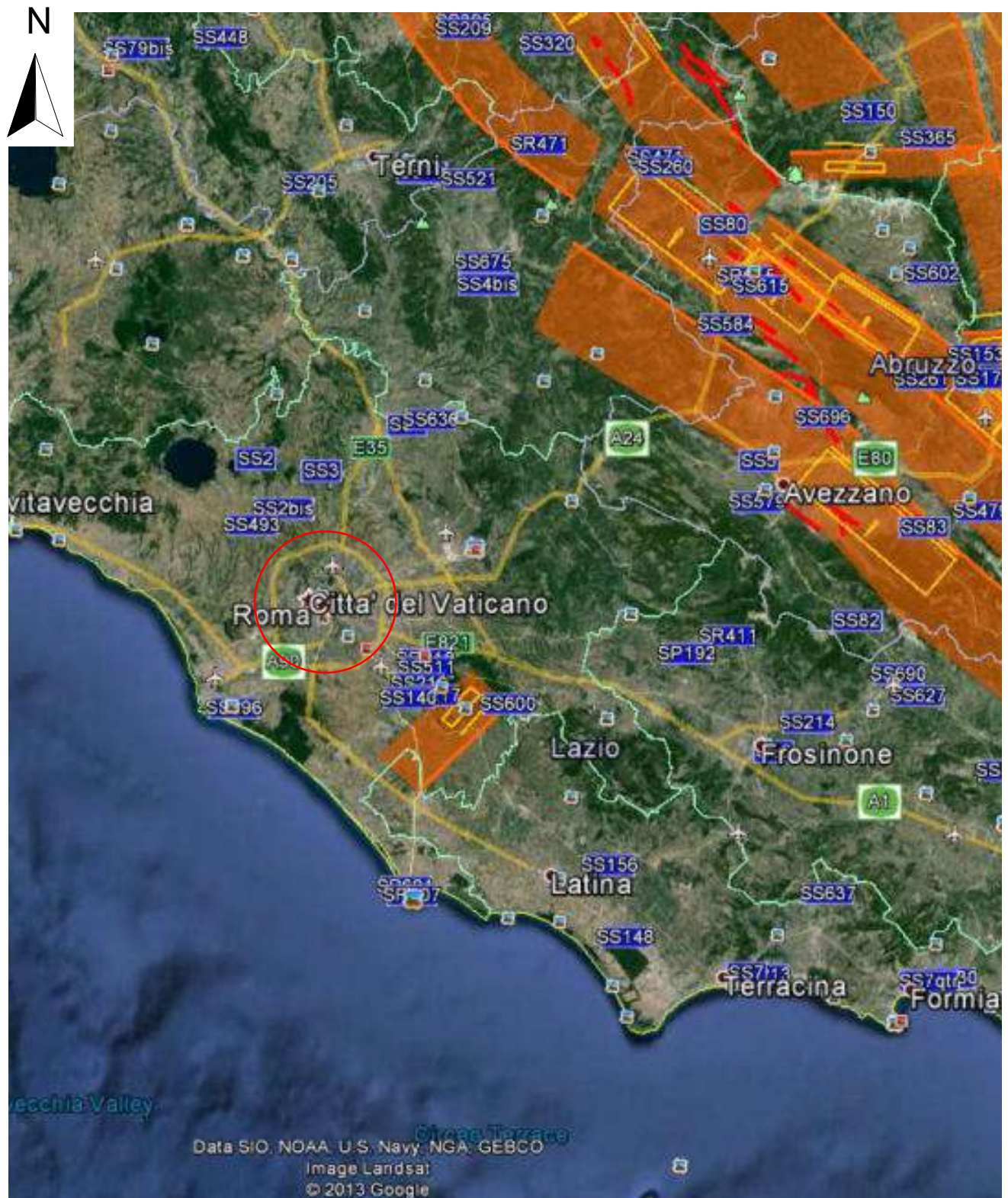
(Sismicità registrata nel periodo 1995-2015)

Fonte dei dati: Progetto ISIDE <http://iside.rm.ingv.it/>)



Località "Piazza della Città Leonina"

Dati disponibili on-line: http://diss.rm.ingv.it/GFMaplet3_INGV/GFMaplet/Default



8. Indagini eseguite

8.1. Indagini geofisiche

8.1.1. Prova sismica MASW

Descrizione del metodo

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Ogni singolo geofono è collegato mediante un cavo bipolare che trasmette il segnale al sismografo, il segnale sismico viene così registrato, opportunamente amplificato, visualizzato sullo strumento e memorizzato per le successive elaborazioni ed interpretazioni.

Questa tipologia di prospezione è stata realizzata con n. 1 stendimento sismico, denominato MASW1 a 24 geofoni allineati ad una distanza intergeofonica di 1,0 metro, che hanno registrato le onde sismiche generate in corrispondenza di 4 punti di energizzazione, posti ad una distanza (offset) di 6 e 7 metri dal primo geofono all'esterno dello stendimento ed in allineamento con i geofoni. La distanza intergeofonica indicativamente rappresenta lo spessore minimo della discontinuità rilevabile.

La distanza intergeofonica indicativamente rappresenta lo spessore minimo della discontinuità rilevabile.

La profondità massima di penetrazione, diversamente dalla sismica a rifrazione tradizionale, è determinata dalla relazione fra velocità di propagazione dell'onda e le sue frequenze, quindi non dipende dalla geometria dello stendimento, ma dalle caratteristiche della successione litostratigrafia del terreno investigato.

Le acquisizioni sono state eseguite con diversi tempi di campionamento pari a 2.000 ms, 0.500 ms e 0.125 ms ed una durata di acquisizione di 2048 ms.

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale della PASI modello 16S24-U, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- capacità di campionamento dei segnali tra 125 μ s e 2 ms;
- filtri in post-acquisizione (50-60 Notch, 250LP)
- antialiasing: attivi, LPF, 8°ordine Butterworth;
- attenuazione -48dB/oct (-160dB/dec);
- $f_0=5/8f_{nyq}$; accuratezza $\pm 1\%$ freq.di taglio
- 24 bit con algoritmo proprietario
- 12 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;
- massa battente pesante di 8 Kg.

Per l'elaborazione del profilo verticale della Vs (velocità delle onde di taglio), è stato utilizzato il software *winMASW* della *ELIOSOFT srl*.

Elaborazione dei dati MASW1

Il passo di campionamento con il quale sono stati registrati i sismogrammi è stato pari a 2.0 ms 0.5 ms e 0.125 ms, il sismogramma analizzato (figura n.4) in queste pagine

è quello con passo campionamento pari a 2.0 ms e offset pari a 6 metri di distanza dal primo geofono e distanza intergeofonica 1,0 m.

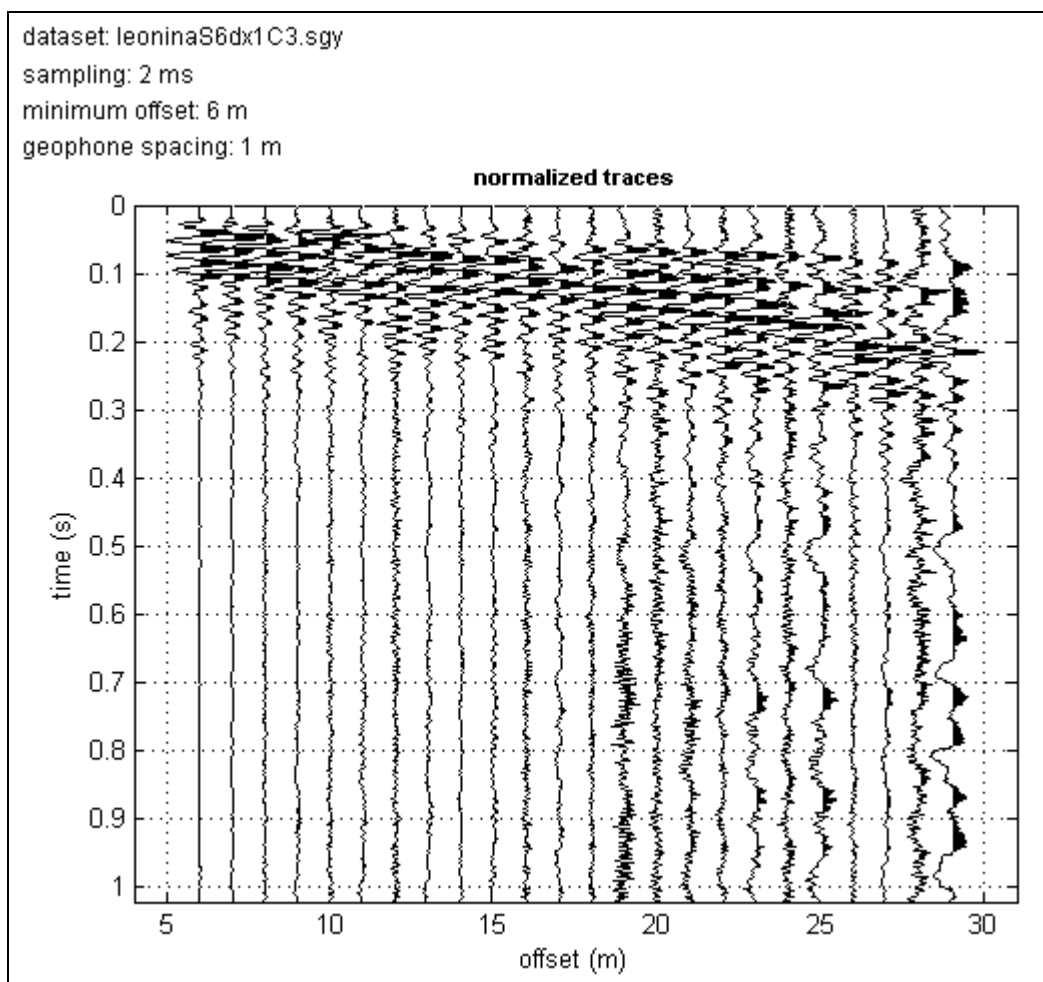


Figura 3. Sismogramma.

Dal sismogramma così ottenuto si è ricavato lo spettro delle velocità (diagramma velocità-frequenza) sul quale si individua la curva di dispersione (Fig. 4).

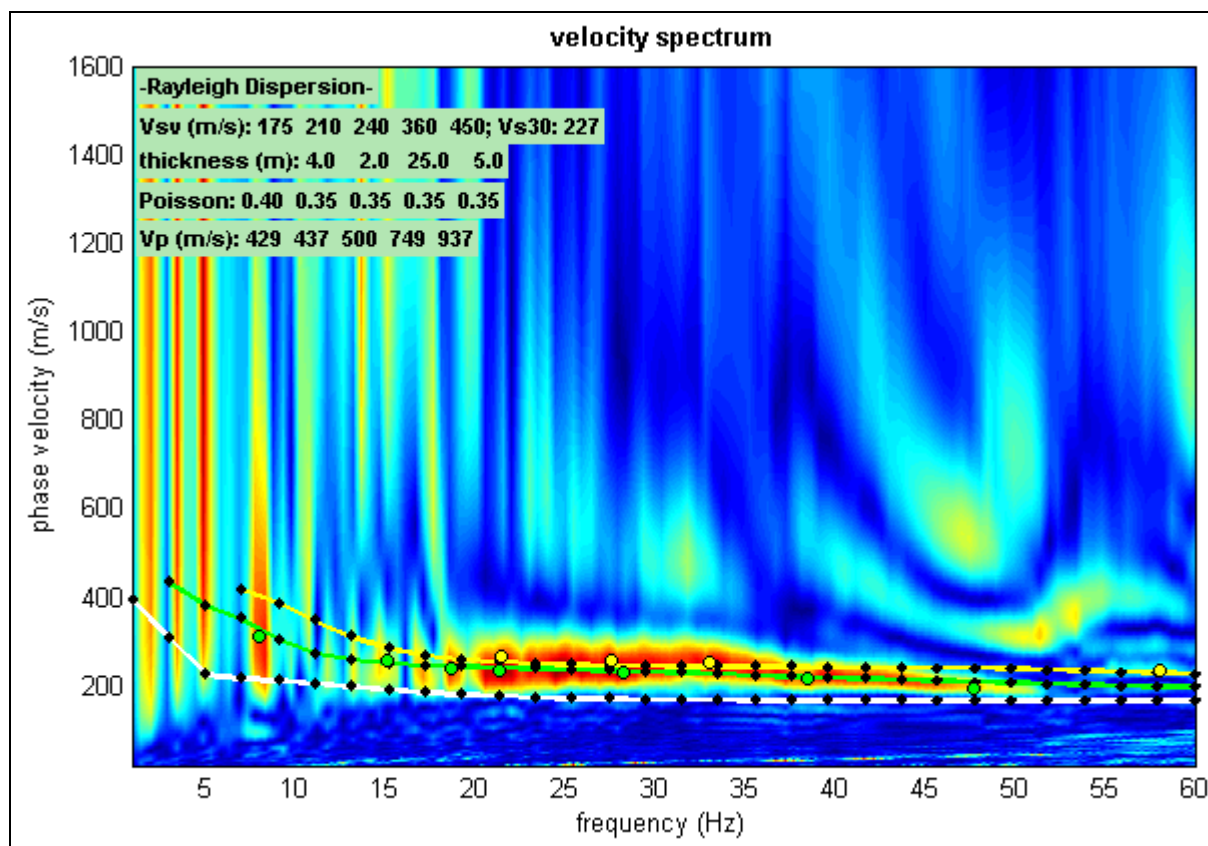


Figura 4. Spettro di velocità della MASW1.

Nel paragrafo successivo si riportano i modelli sismo-stratigrafici calcolati evidenziando il modello “medio” e “migliore” con colori differenti (Figura 5).

Risultati della MASW1

Gli spettri di velocità ottenuti dalle varie acquisizioni si presentano tutti molto netti mostrando chiaramente il modo fondamentale (Fig. 4).

Integrando e piccando i dataset acquisiti si osserva che la velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) -frequenza (Hz) in un intervallo di compreso tra 2 Hz e 60 Hz.

La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 200 m/s e 350 m/s (Fig.4).

Per tale indagine si è proceduto sia con la modellazione diretta e sia con l'inversione della curva piccata.

I risultati esposti sono il frutto di una ricerca del modello migliore e coerente tra la distribuzione di energia nello spettro di velocità (dato sperimentale) e la curva di dispersione teorica del modello ipotizzato sulla base delle conoscenze geologico-geotecniche acquisite durante questo studio (Fig. 5).

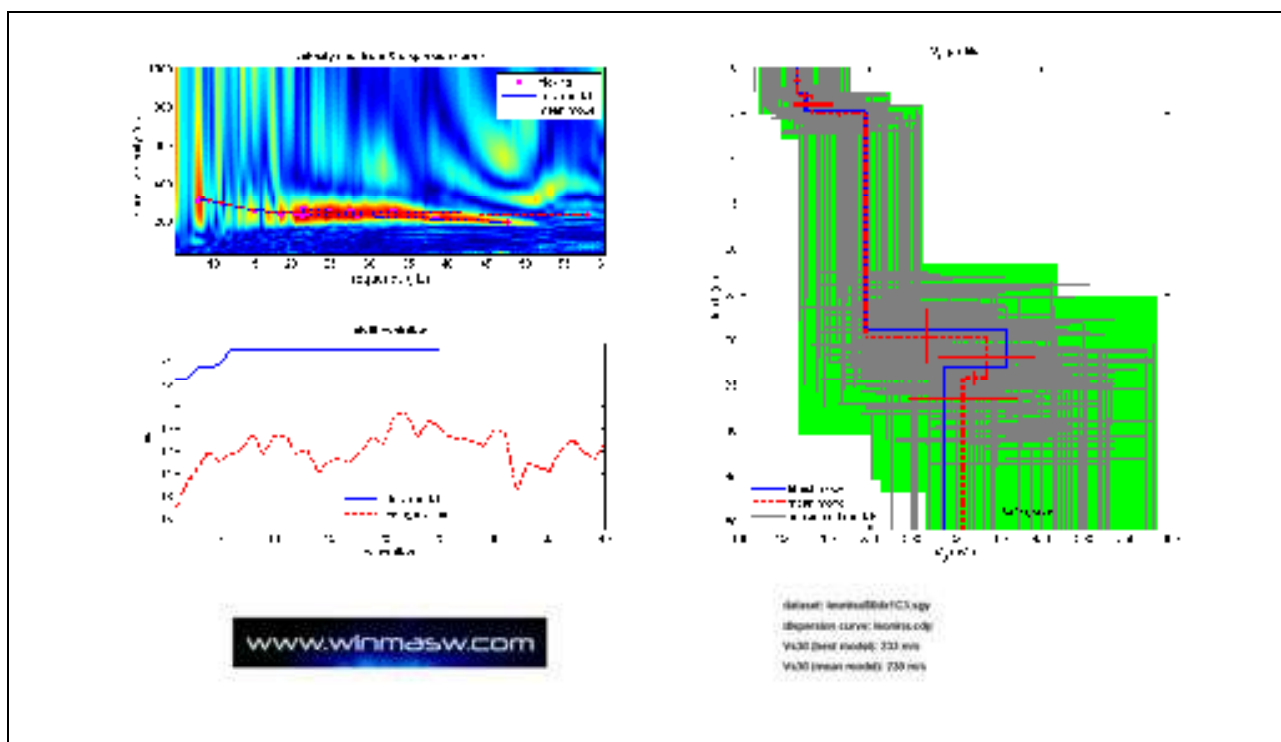


Figura 5. Modelli di velocità calcolati per la MASW1

La curva che meglio approssima i dati sperimentali, come già indicato nella figura 5, deriva da un profilo verticale delle onde S costituito da 5 sismo-strati, le cui caratteristiche geometriche e sismiche sono indicate nella figura successiva.

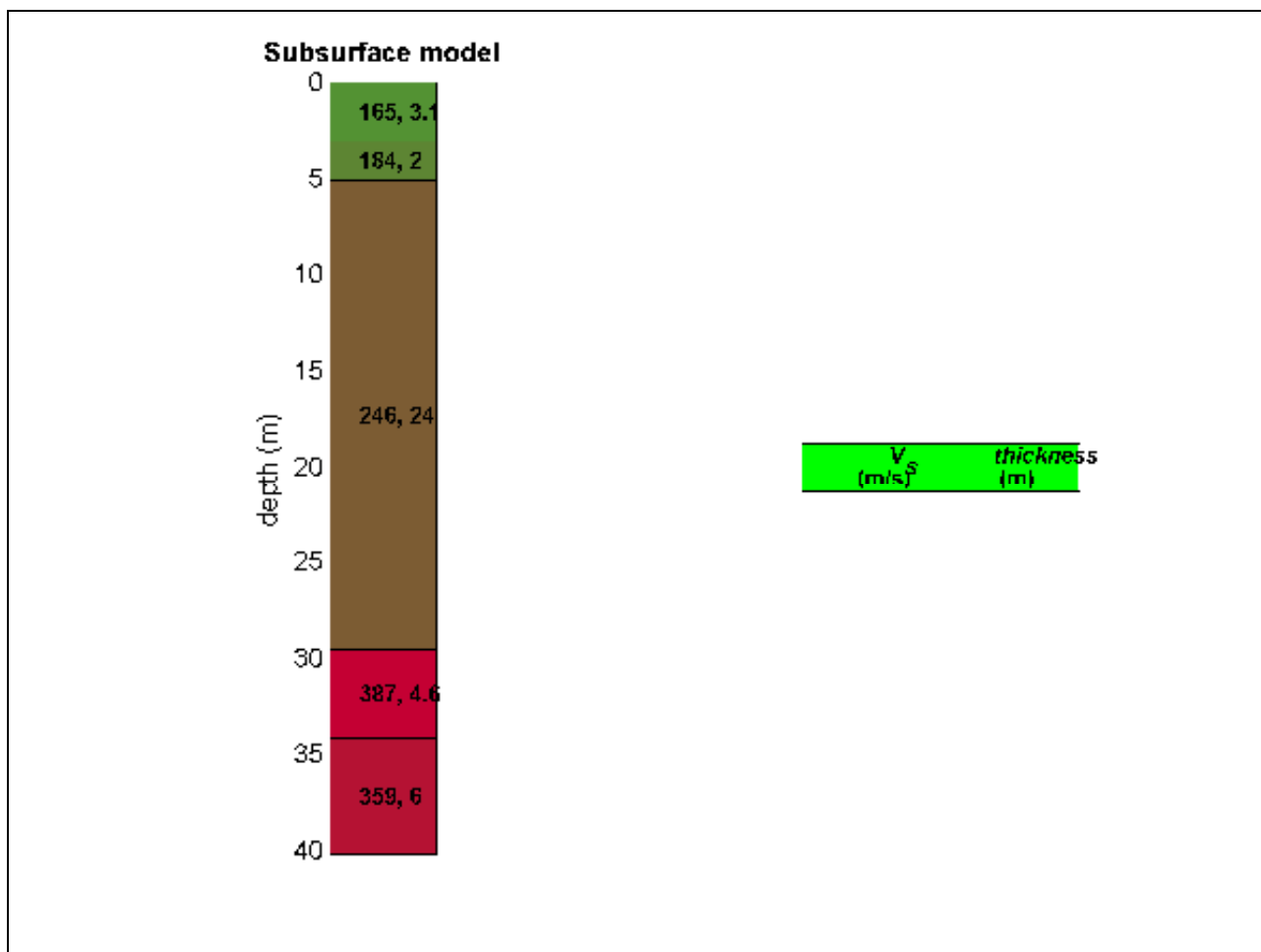


Figura 6. Sismostratigrafia desunta dall'elaborazione della MASW1

La classificazione del suolo è stata eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità:

Per il caso in esame, utilizzando i valori del modello di velocità relativo alle onde di taglio ed estendendo il semispazio fino alla profondità di 30 metri, risulta che la velocità media è di 230 m/sec.

8.1.2. Misure di microtremore

Descrizione del metodo

Il rumore sismico, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre, si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro. I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S.

In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossime a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime. La tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso, è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo (Field e Jacob, 1993; Lachet e Bard, 1994; Lermo e Chavez-Garcia, 1993, 1994; Bard, 1998; Ibs-von Seht e Wohlenberg, 1999; Fah et al., 2001). Sono state interpretate n. 2 registrazioni del rumore di fondo eseguite nell'area per un tempo di 16 minuti. Lo scopo di questa indagine è quello di verificare attraverso il metodo di Nakamura, l'eventuale presenza di eventuali contrasti di impedenza fra gli strati sismici investigati.

Risultati delle analisi H/V

Per le misure H/V (misure di microtremori a stazione singola) è stato utilizzato il tromografo ®Tromino (Micromed), strumento digitale dotato di tre sensori elettrodinamici (geofoni o velocimetri), solidali al case metallico, orientati secondo una terna cartesiana.

La frequenza di campionamento è stata di 128 Hz, con tempo pari a 16 minuti.

Sono state analizzate n. 8 registrazioni del rumore di fondo, come risulta dalla “carta ubicazione delle indagini”, in allegato.

L’elaborazione delle misure H/V è consistita in un lavoro di pulizia del dato, allo scopo di eliminare segnali transienti e poter quindi procedere al calcolo degli spettri delle componenti orizzontali (H) e verticali (V), successivamente sintetizzate nel rapporto spettrale H/V (in allegato).

Sulla base della ricostruzione stratigrafica ottenuta dalle indagini geotecniche precedentemente descritte, è stato possibile utilizzare la curva H/V per realizzare un modello sintetico di Vs (Experimental vs. Synthetic H/V).

Seguono i rapporti delle registrazioni eseguite.

ROMA, LEONINA R1

Strumento: TRZ-0142/01-11

Inizio registrazione: 17/12/15 15:06:26 Fine registrazione: 17/12/15 15:22:26

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

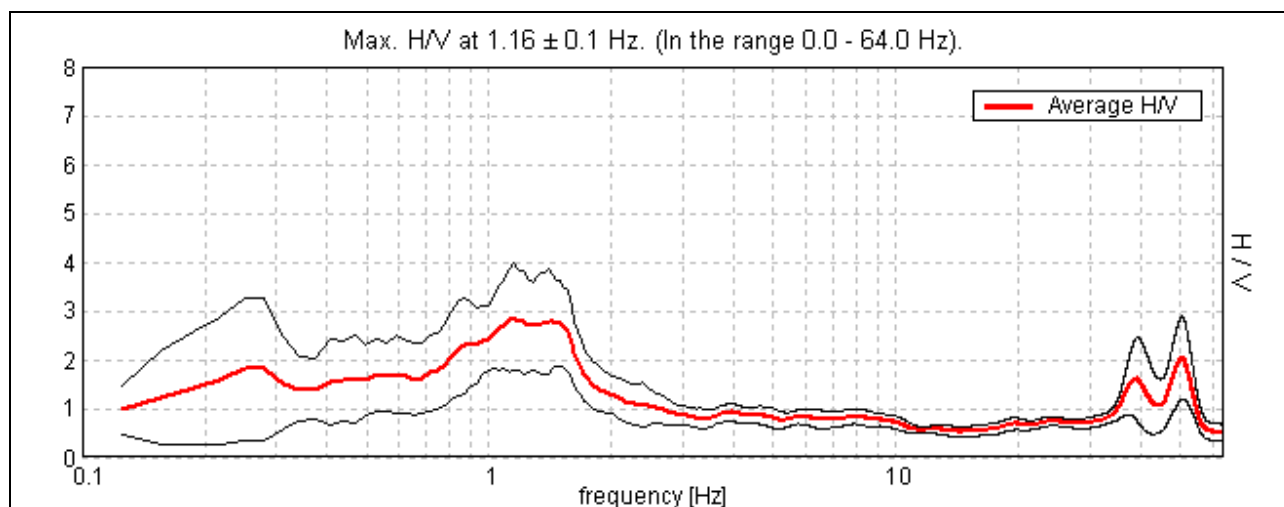
Analizzato 65% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

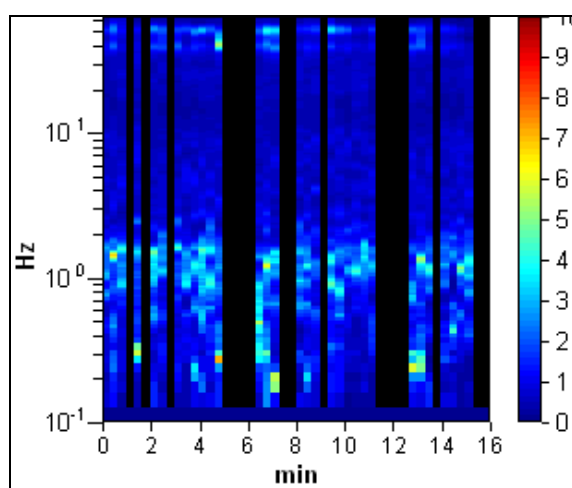
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

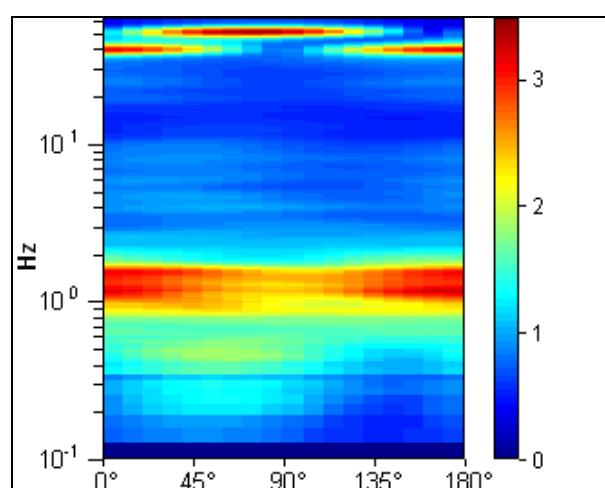
Lisciamento: 10%



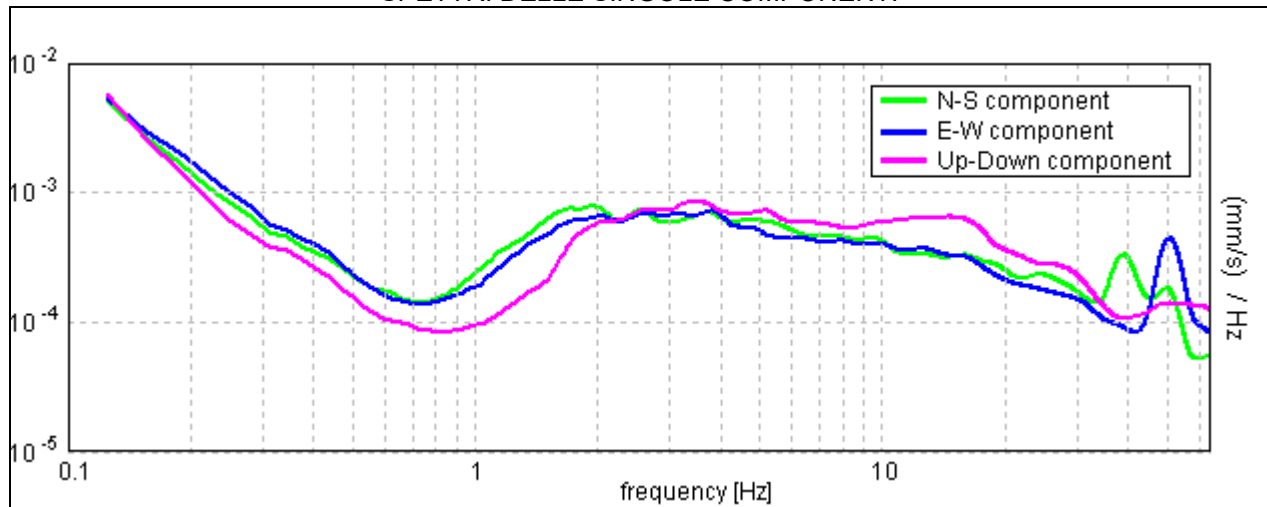
SERIE TEMPORALE H/V



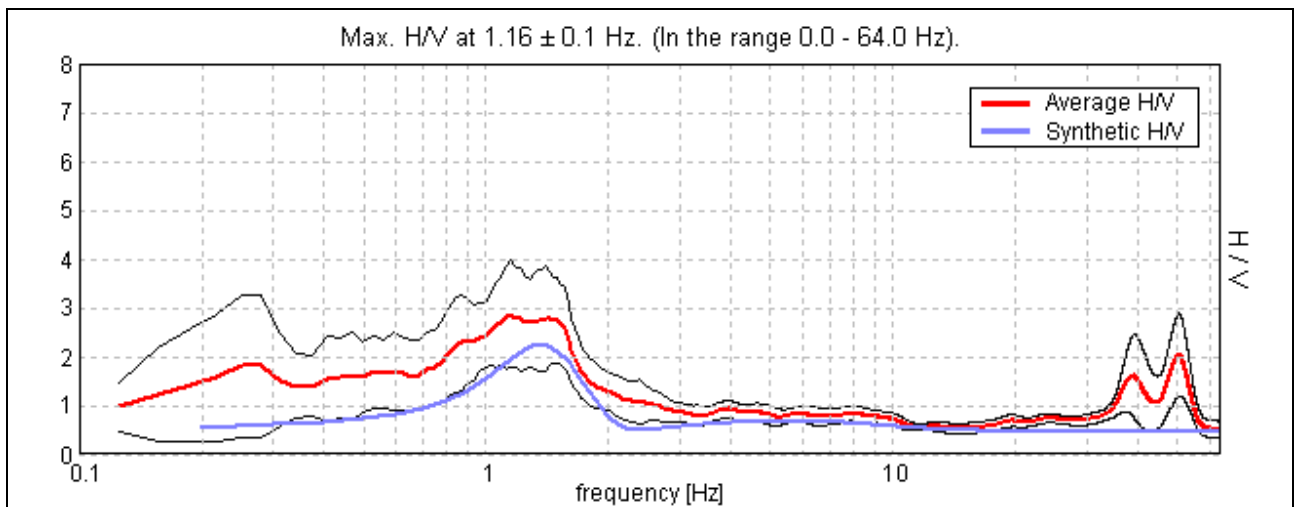
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

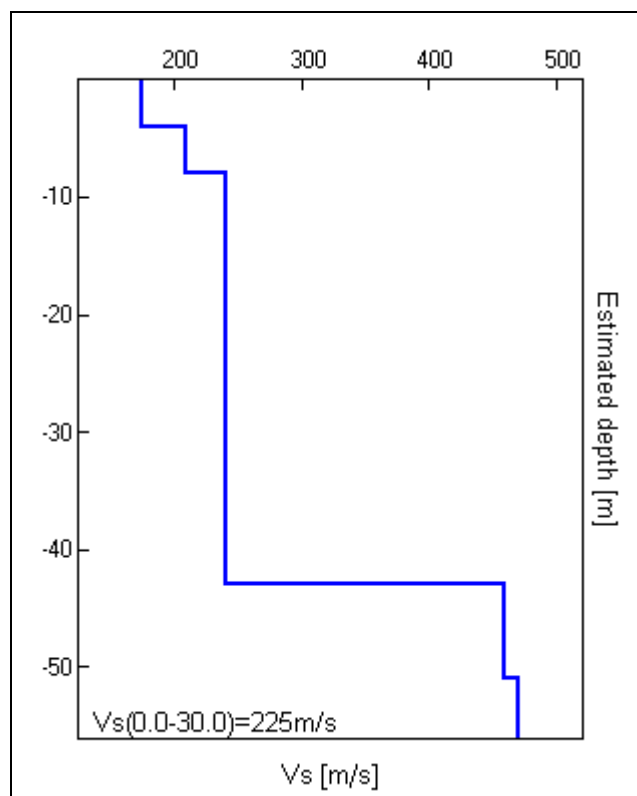


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
4.00	4.00	175	0.35
8.00	4.00	210	0.35
43.00	35.00	240	0.35
51.00	8.00	460	0.35
inf.	inf.	470	0.35

$$V_{s_eq}(0.0-30.0) = 225 \text{ m/s}$$



Picco H/V a 1.16 ± 0.1 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.16 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$716.9 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 56	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.375 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.844 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.87 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04124 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.04768 < 0.11563$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5336 < 1.78$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

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

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

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

ROMA, LEONINA R2

Strumento: TRZ-0142/01-11

Inizio registrazione: 17/12/15 15:31:42 Fine registrazione: 17/12/15 15:47:42

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

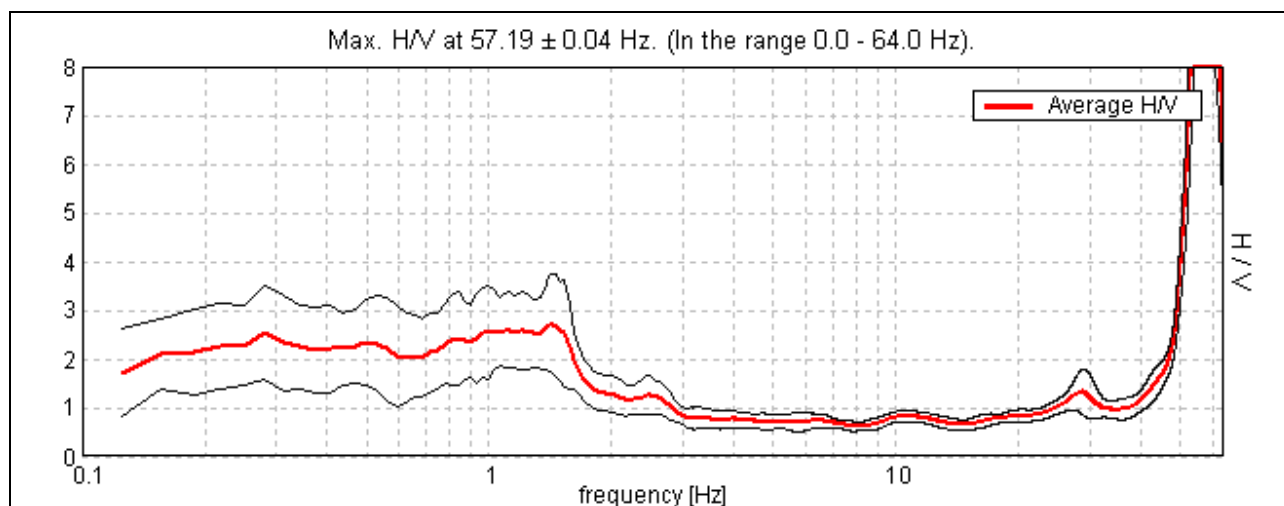
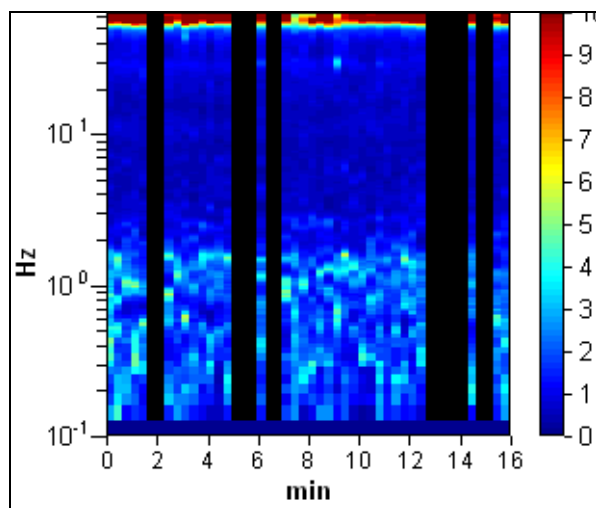
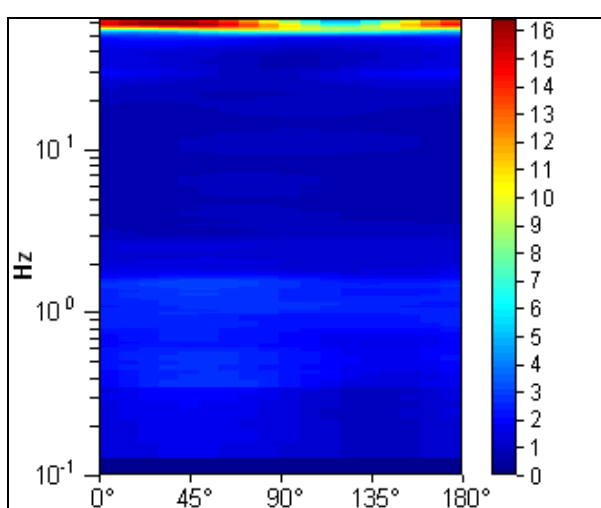
Analizzato 71% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

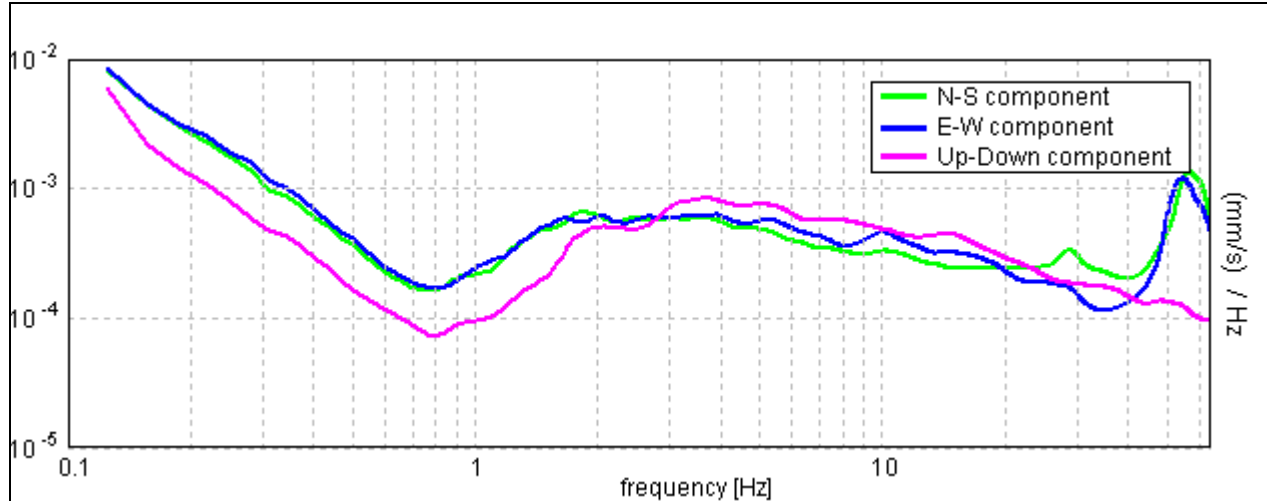
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

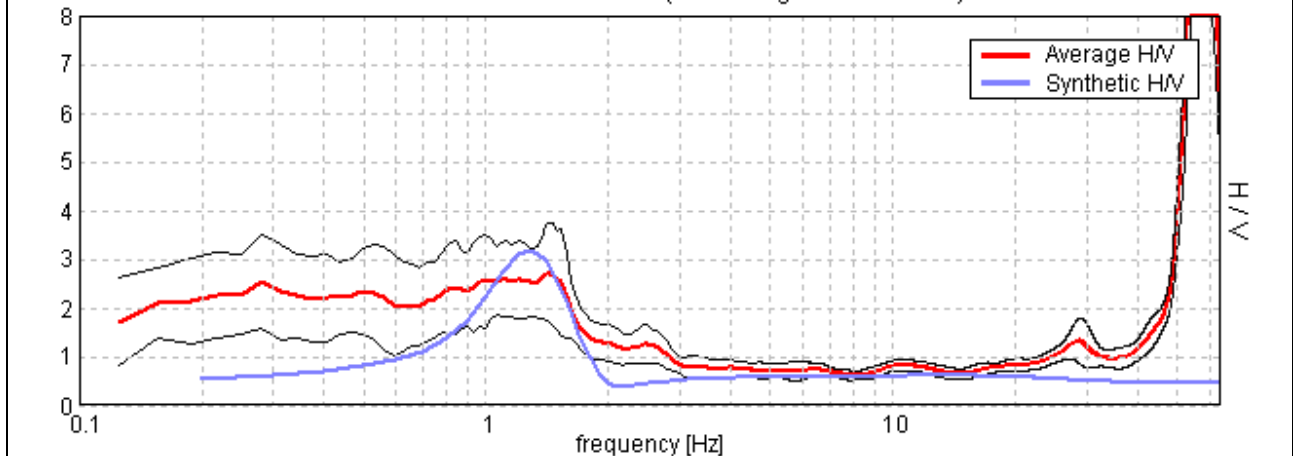
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**SERIE TEMPORALE H/V****DIREZIONALITA' H/V**

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

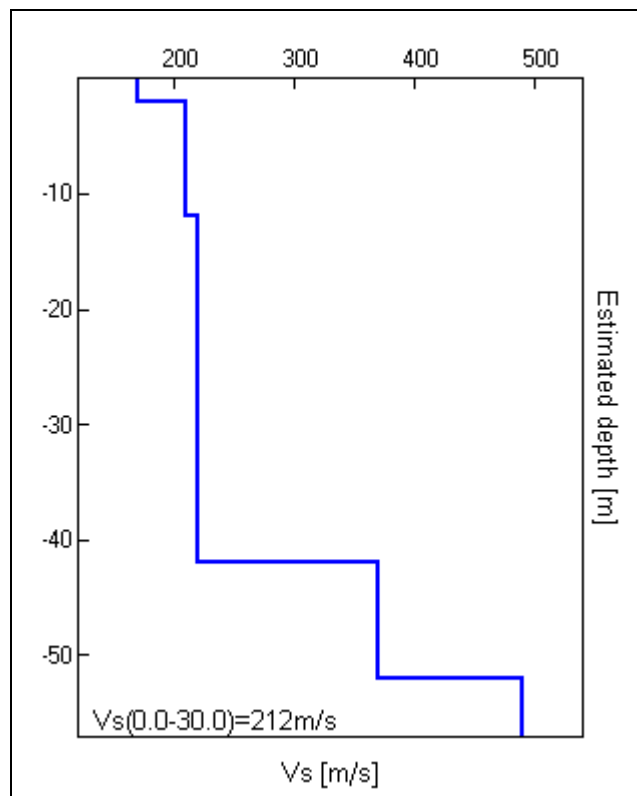


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 57.19 ± 0.04 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
2.00	2.00	170	0.35
12.00	10.00	210	0.35
42.00	30.00	220	0.35
52.00	10.00	370	0.35
inf.	inf.	490	0.35

$V_s(0.0-30.0)=212\text{m/s}$



Picco H/V a 57.19 ± 0.04 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$57.19 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$38887.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 262 volte su 1134		NO

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	52.094 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$12.35 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00037 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.02088 < 2.85938$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.2525 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

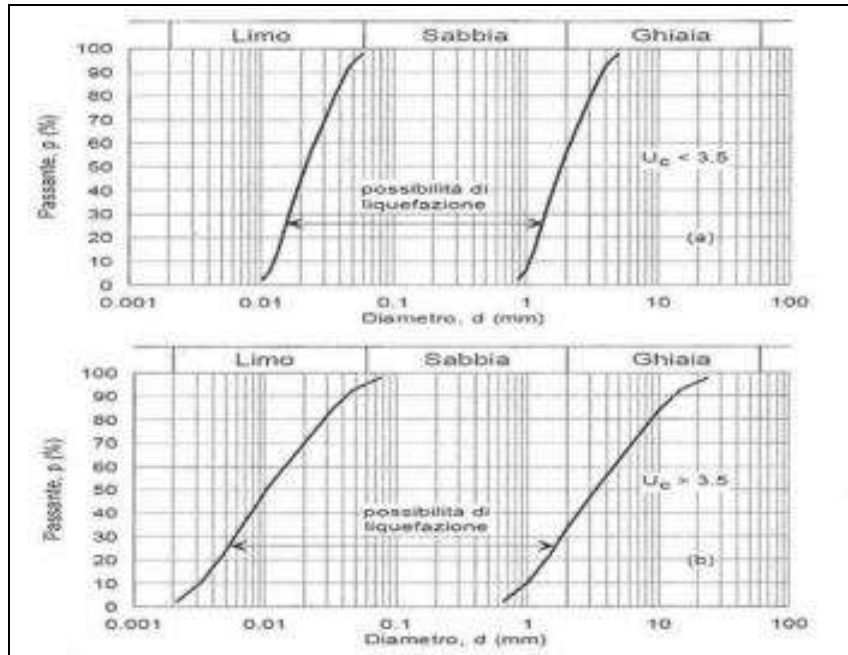
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

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

9. Liquefazione

Le NTC 2018, al cap. 7.11.3.4.2, stabiliscono che la verifica nei confronti della liquefazione di un terreno di fondazione possa essere omessa qualora si verifichi una delle seguenti condizioni:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.100 g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$;
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura sottostante (terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ e terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$).



Per quanto sopra esposto, e in particolare per i punti n. 2, 3 e 4 si può ritenere che i terreni presenti nell'area di sedime possano essere classificati come non liquefacibili in fase sismica in riferimento alla normativa vigente.

10. Modello geologico e geotecnico

La sintesi di tutti i dati analizzati (rilievo geologico, interpretazione dei dati geofisici acquisiti, interpretazione delle risultanze delle indagini pregresse) ha permesso di definire il seguente **modello geologico**, relativo all'area di sedime del bagno pubblico oggetto del presente studio, schematizzato nella successiva tabella, riferito alla quota della sede stradale (circa 19 m s.l.m.).

Descrizione litologica dello strato	Profondità (m)	Litotipo n°
Depositi di riporto ed antropizzati	p.c. – 0,5	1
Depositi alluvionali sabbiosi con argille e ghiaie millimetriche, scendendo di profondità con intercalazioni marnose	0,5 - >10	2

Tabella – Modello geologico

Da quanto sopra ed al fine di fornire una rapida sintesi delle eventuali criticità riscontrate, si riporta il seguente prospetto:

- **Rischio geologico:**
 - Rischio di frana attuale: assente
 - Rischio di frana potenziale: assente
 - Rischio di alluvionabilità: assente
 - Rischio di erosione lineare accelerata: assente
 - Rischio di crollo massi: assente
- **Rischio sismico:** medio
- **Rischio cavità:** assente
- **Rischio liquefazione:** assente
- **Rischio subsidenza o sinkhole:** assente
- **Rischio tettonico:** assente

Attraverso la combinazione delle informazioni riassunte nella tabella sovrastante e dei dati provenienti dalle indagini geognostiche eseguite nell'area, nonché dei dati in possesso dello scrivente, è possibile descrivere il modello geotecnico.

Definito il volume significativo come quella parte di sottosuolo influenzata, direttamente od indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso, è possibile descriverne il comportamento attraverso il **modello geotecnico**, nel quale i valori nominali dei parametri geotecnici sono stati trasformati nei rispettivi **valori caratteristici (k)** degli stessi, così come richiesto al § 6.2.2 delle NTC08 e della Circolare.

Si riporta la tabella dei valori caratteristici nella quale:

- γ_k = densità caratteristica;
- ϕ_k = angolo di attrito interno caratteristico;
- c'_k = coesione drenata caratteristica;
- $C_{u,k}$ = coesione non drenata caratteristica;
- $E_{s,k}$ = modulo elastico (di Young) caratteristico;
- $G_{0,k}$ = modulo di taglio caratteristico;
- μ_k = modulo di Poisson caratteristico;
- λ_l = coefficiente di Lamè

Il modello geotecnico relativo all'intervento in progetto è riportato nella sottostante tabella, nella quale gli strati sono stati individuati ricorrendo alla stessa numerazione dei litotipi individuati, riportati nella precedente tabella.

Strato	γ_k KN/m ³	ϕ_k °	c'_k daN/cm ²	$C_{u,k}$ daN/cm ²	$E_{s,k}$ (Mpa)	$G_{0,k}$ (Mpa)	λ_l (Mpa)	μ_k
Litotipo 1	14	21	-	-	40	55	55	0.39
Litotipo 2	19 - 20	33 - 36	-	-	100	80	100	0.36

Tabella - Valori caratteristici dei parametri geotecnici

In riferimento alle tabelle precedenti è opportuno evidenziare quanto segue:

- ✓ Il valore nominale dei parametri geotecnici, dal quale è stato poi ricavato quello caratteristico secondo quanto nel seguito riportato, è riportato in allegato nelle diagrafie delle prove penetrometriche DPSH, per ogni 20 cm;
- ✓ Il punto C 6.2.2.4 della Circolare recita *“Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità. La scelta di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici può essere dettata anche solo dalle caratteristiche dei terreni; basti pensare, ad esempio, all'effetto delle discontinuità sul valore operativo della resistenza non drenata. Una migliore approssimazione nella valutazione dei valori caratteristici può essere ottenuta operando le opportune medie dei valori dei parametri geotecnici nell'ambito di piccoli volumi di terreno, quando questi assumano importanza per lo stato limite considerato. È questo il caso, ad esempio, delle verifiche SLU dei pali in condizioni non drenate, in termini di tensioni totali, nelle quali per la determinazione del contributo di resistenza alla punta è appropriata la valutazione del valore caratteristico della resistenza non drenata mediante una media locale effettuata nel volume di terreno interessato dal meccanismo di collasso indotto dalla punta stessa”*.
- ✓ I parametri caratteristici sono stati identificati con il metodo statistico in base alle seguenti fonti di letteratura:

- EUROCODICE 7 (EC7) (norma europea prEN1997-1), punto 2.4.5.2 11 e relativa nota;
- Bond, A., Harris, A., Decoding Eurocode 7, Taylor and Francis, 2008.

L'EC7 suggerisce che il valore caratteristico di un determinato parametro debba corrispondere ad una valutazione cautelativa del valore medio di quel parametro e che, se si utilizzano metodi statistici, il valore caratteristico dovrebbe essere cautelativamente rilevato in maniera tale che la probabilità calcolata di valori più sfavorevoli che determinano la manifestazione dello stato limite non sia maggiore del 5%.

11. Azioni sismiche di progetto

Una breve descrizione della sismicità storica del Comune di Roma è riportata nel Capitolo 7 del presente lavoro, dal quale si deduce che l'area in esame è caratterizzata da un'accelerazione orizzontale attesa bassa.

Per un sisma con un periodo di ritorno (T_R) di 50 anni e probabilità di superamento (P_{VR}) pari al 10%, questo valore è generalmente compreso nel range **0,100 – 0,125** Ag/g (INGV: “Mappa della pericolosità sismica del territorio”).

11.1. Pericolosità sismica di base

Al fine della definizione delle **azioni sismiche di progetto**, di cui al § 3.2 delle NTC18, occorre partire dalla “**pericolosità sismica di base**”.

La stima di quest'ultima, intesa come accelerazione orizzontale massima attesa a_g su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale (categoria A e T1 delle NTC18), pertanto in condizioni ideali, viene eseguita mediante un approccio “sito dipendente”; ovvero la stima dei parametri spettrali, necessari per la definizione dell'azione sismica sia per la valutazione della sicurezza sia per il progetto degli interventi, è calcolata direttamente per il sito in esame.

Per far ciò sono state calcolate, in base ai parametri correlati al reticolo di riferimento, le coordinate geografiche della zona in esame, riferite all'ellissoide ED50, sistema di riferimento utilizzato per la carta di pericolosità dell'INGV.

Esse sono:

Latitudine: ϕ_{ED50}	41,904385
Longitudine: λ_{ED50}	12,458898

Una volta ricavata la pericolosità sismica di base, fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it> è possibile passare alla definizione delle azioni sismiche, nei vari stati limite, attraverso l'approccio prestazionale introdotto dalle NTC18, e valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_r con la seguente relazione:

$$V_r = V_n \text{ (vita nominale della struttura)} \times C_u \text{ (coefficiente d'uso)}.$$

Esse si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali.

Queste ultime, relative a ciascuno degli stati limite, cui corrispondono determinate probabilità di superamento P_{V_r} nel periodo di riferimento, sono definite, in condizioni di campo libero, a partire dai seguenti parametri:

- a_g (o P_{ga}) accelerazione orizzontale massima del terreno, determinata su un reticolo a maglia inferiore a 10 Km (corrispondente all'ordinata spettrale per $t = 0$);
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale su suolo rigido.

Tramite il software sperimentale SPETTRI 1.03 del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti è possibile stimare i parametri per la definizione dell'azione sismica per i vari stati limite considerati e per il sito, tenendo conto delle seguenti condizioni:

- Coordinate del sito: Lat 41,904385 e Long 12,458898;
- Vita nominale V_N : 50 anni;

- Classe d'uso: II (*affollamento normale*);
- Coefficiente $C_u=1,0$;
- Vita di riferimento $V_R = V_N \times C_u = 50$ anni.

Ai quattro stati limite, Stato limite di immediata operatività (SLO), Stato limite di danno (SLD), Stato limite di salvaguardia della Vita (SLV) e Stato limite di prevenzione del Collasso (SLC) sono stati attribuiti (v. Tabella 3.2.1 delle NTC18) i valori della probabilità di superamento P_{Vr} nel periodo di riferimento, pari rispettivamente a 81%, 63%, 10% e 5%, cui corrispondono periodi di ritorno di anni 30, 50, 475, 975.

I parametri di azione sismica del sito in esame per i diversi stati limite sono riportati nella successiva tabella 5.

Stato limite	T_r (anni)	a_g (m/s ²)	F_o	T_c^* (s)
SLO	30	0.040	2.539	0.253
SLD	50	0.050	2.518	0.270
SLV	475	0.105	2.650	0.309
SLC	975	0.129	2.672	0.320

Tabella 5 – Parametri di azione sismica del sito in esame per i diversi stati limite

11.2. Risposta Sismica Locale (RSL) e categoria di sottosuolo

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, secondo quanto esposto nelle NTC18, per tener conto delle modifiche prodotte dalle locali condizioni stratigrafiche (S) del sottosuolo e dalla configurazione topografica (T) del sito in esame.

Entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido ed orizzontale.

Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, determinano la **risposta sismica locale (RSL)**, così come definita al § 7.11.3.1 delle NTC18.

Gli effetti della RSL possono essere valutati con metodi semplificati, se l'azione sismica in superficie è descritta dall'accelerazione massima o dallo spettro di risposta elastico, oppure mediante specifiche analisi quando l'azione è descritta mediante accelerogrammi.

Nella fattispecie, dall'analisi e mediazione dei dati ricavati, è stato possibile valutare l'effetto della risposta sismica locale, mediante la classificazione sismica del suolo.

Infatti, l'esecuzione della prospezione geofisica MASW, nonché la modellazione geologica e geotecnica del sedime locale, hanno consentito di procedere con l'approccio semplificato, così come raccomandato al § 3.2.2 delle NTC18, in quanto si è concretizzata la condizione imposta dalle NTC18, necessaria per poterlo applicare, ovvero un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche dei terreni con la profondità.

Per quanto sopra esposto il sottosuolo può essere classificato nella **categoria "C"** avendo presentato una media dei valori della **Vs30 di circa 220 m/sec**, come da campitura evidenziata nella seguente tabella 3.2.II delle NTC18.

§ 3.2.2 NTC18: Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria suolo	Tipo	Velocità onde di taglio
A	Ammassi rocciosi o terreni molto rigidi	$V_s > 800 \text{ m/sec}$
B	Rocce tenere e terreni a grana grossa molto addensati o terreni fini molto consistenti	$360 \text{ m/sec} < V_s < 800 \text{ m/sec}$
C	Terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni fini mediamente consistenti	$180 \text{ m/sec} < V_s < 360 \text{ m/sec}$

Categoria suolo	Tipo	Velocità onde di taglio
D	Terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni fini scarsamente consistenti	100 m/sec < Vs < 180 m/sec
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D con profondità del substrato non superiore a 30 m	Vs come C e D nello strato superficiale su un substrato con Vs come A

Per quanto attiene le modifiche indotte all'azione sismica di progetto dal fattore topografico, il rilevamento geomorfologico condotto ha consentito di classificare il sito locale, come da campitura evidenziata successiva tabella 3.2.III delle NTC18, in categoria "T1".

§ 3.2.2 NTC18: Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$
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 $i > 30^\circ$

L'azione sismica di progetto dovrà pertanto essere determinata considerando la categoria di sottosuolo, nella fattispecie **tipo C**, e la categoria topografica, nella fattispecie **T1**.

12. Considerazioni conclusive

Il presente studio si è sviluppato prevedendo una fase di rilevamento in campagna dei caratteri geologico – geomorfologici dell'area, seguita da una fase che ha previsto l'esecuzione di una campagna di indagini geotecniche e sismiche, La stessa è basata sull'interpretazione e analisi delle risultanze di una campagna di indagini geognostiche e geofisiche condotte nel Dicembre 2015 nell'area di studio in occasione di un precedente incarico per la medesima committenza.

Le indagini sono state condotte ai sensi del D.M. LL.PP. 11.3.1988 "Norme tecniche per indagini su terreni e rocce...omissis", e della Circolare del Min. LL.PP. n° 30483/88, nonché sulla base di quanto riportato al capitolo 6 al quale si rimanda.

In particolare, sono state eseguite le seguenti attività:

- Sopralluogo preliminare per l'acquisizione dello stato dei luoghi e della logistica;
- Individuazione delle caratteristiche morfologiche ed idrauliche del sito;
- Rilevamento geologico ed idrogeologico;
- Esecuzione di una campagna di indagini geognostiche e sismiche consistente in:
 - n. 1 indagine di sismica attiva in *array* di tipo *Multichannel Analysis of Surface Waves* (MASW);
 - n. 2 indagini di sismica passiva a stazione singola, con tecnica dei rapporti spettrali *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr).
- Interpretazione delle risultanze delle indagini eseguite.

La sintesi dei dati ottenuti dalle indagini geognostiche e geofisiche ha permesso di ricostruire i modelli geologico, geotecnico e sismico del sedime nell'area interessata dagli interventi in progetto.

In relazione agli interventi previsti nel progetto cui si riferisce la presente relazione, è stata commentata, nel paragrafo 6 della presente, una sintesi delle criticità riscontrate, che qui si riporta integralmente:

- Rischio geologico: assente
- Rischio di frana attuale: assente
- Rischio di frana potenziale: assente
- Rischio di alluvionabilità: assente
- Rischio di erosione lineare accelerata: assente
- Rischio di crollo massi: assente
- Rischio sismico: basso
- Rischio cavità: assente
- Rischio liquefazione: assente
- Rischio subsidenza o sinkhole: assente
- Rischio tettonico: assente

La stima dei fattori condizionanti dal punto di vista geologico, sulla base di tutto quanto in precedenza descritto ed in riferimento al progetto in esame, porta alle seguenti conclusioni:

- La zona non presenta rischi di liquefazione (§ 7.11.3.4 delle NTC18);
- La zona non manifesta fenomeni di subsidenza, cedimenti differenziali, dovuti alla presenza di terreni compressibili;

- La zona non appare in dissesto e/o in frana;
- Non è possibile stabilire se la zona sia suscettibile ai fenomeni di amplificazione sismica, in quanto non esiste ancora uno studio validato dall'Organo competente;
- La zona non è compresa in aree R3 o R4 dei Piani della Autorità di Bacino competente (ABT);
- La zona non si trova entro 50 metri da faglie attive e capaci segnalate dall'INGV.

Per quanto attiene infine gli aspetti di natura geotecnica, i risultati rimandano la valutazione della compatibilità geotecnica del sedime ad un'analisi delle tensioni indotte dalle strutture in funzione della tipologia di fondazione.

Per tale eventualità il sottoscritto resta a disposizione per ogni chiarimento ed approfondimento.

Viterbo, lì Gennaio 2025

Geol. Roberto Troncarelli



Allegato 1 – TABULATI PROVA SISMICA MASW

REPORT MASW1

Analyzing phase velocities

==o== SECTION#1

dataset: leoninaS6dx1C3.sgy

minimum offset (m): 6

geophone spacing (m): 1

sampling (ms): 2

Dispersion curve: leonina.cdp

Number of individuals: 30

Number of generations: 31

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing phase Velocities

Adopted search space (minimum Vs & thickness):	122.5	2.8	147
1.4	168	17.5	252
315		3.5	
Adopted search space (maximum Vs & thickness):	227.5	5.2	273
2.6	312	32.5	468
585		6.5	
Adopted Poisson values:	0.40019	0.34987	0.35031
		0.34979	0.3501

Output folder: C:\Users\Laura\Desktop\Roma_Bagni\citta leonina\output_disp

==o== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -17.1967
-5.63209

Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -14.9265
-5.63209

Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -13.6047
-4.58439

Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -12.0998
-4.58439

Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -12.8563
-4.31826

Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -12.252
-3.03552

Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -11.8798
-3.03552

Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -10.4997
-3.03552

Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -12.2111
-3.03552

Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -10.6889
-3.03552

Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -10.5499
-3.03552
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -12.2593
-2.94551
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -11.9004
-2.94551
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -13.9184
-2.94551
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -12.794
-2.94551
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -12.7495
-2.94551
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -12.9227
-2.94551
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -11.7742
-2.91179
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -10.7822
-2.91179
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -11.4398
-2.91179
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -8.6026
-2.9118
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -8.6553
-2.9118
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -10.7793
-2.91179
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -9.2552
-2.9118
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -9.8816
-2.8675
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -10.7912
-2.86749
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -10.8505
-2.86749
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -11.1525
-2.86749
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -11.5498
-2.86749
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -9.9636
-2.8675
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -10.5815
-2.86749

Forcing search space

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -15.4985
-2.86749
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -13.0802
-2.86749
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -13.3767
-2.86749
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -13.7726

-2.86749
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -11.9492
 -2.86749
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -10.9193
 -2.86749
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -11.9633
 -2.86749
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -12.804
 -2.86749
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -11.3624
 -2.86749

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 165 176 246 409 337

Thickness (m): 2.8 2 24 4.2

Poisson: 0.4 0.35 0.35 0.35 0.35

Vp & Density Optimization

p14 =

2

p15 =

11

p16 =

0	0	0	0	0	0	0
0.1688	0.3178	0.3923	0.4482	0.5926	0.8068	1.0000
0.3703	0.4756	0.5694	1.0000	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vp & Density - generation: 1; average & best misfits: -2.9066
 -2.6281
 Optimizing Vp & Density - generation: 2; average & best misfits: -2.9725
 -2.5911
 Optimizing Vp & Density - generation: 3; average & best misfits: -2.9375
 -2.5273
 Optimizing Vp & Density - generation: 4; average & best misfits: -2.8595
 -2.5228
 Optimizing Vp & Density - generation: 5; average & best misfits: -2.8065
 -2.5228
 Optimizing Vp & Density - generation: 6; average & best misfits: -2.7999
 -2.5228
 Optimizing Vp & Density - generation: 7; average & best misfits: -2.7597
 -2.5228
 Optimizing Vp & Density - generation: 8; average & best misfits: -2.7722
 -2.5228
 Optimizing Vp & Density - generation: 9; average & best misfits: -2.711

-2.5228

Number of models considered to calculate the average model: 32

RESULTS
#####

Dataset: leoninaS6dx1C3.sgy

Analyzed curve/spectrum: leonina.cdp

===== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-Wave Dispersion

=====

MEAN MODEL

Vs (m/s): 165 184 246 387 359
Standard deviations (m/s): 4 23 2 57 63

Thickness (m): 3.1 2.0 24.4 4.6
Standard deviations (m): 0.4 0.2 3.0 0.7

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 512 758 619 1406 1062
Density (gr/cm3): 1.89 1.99 1.94 2.14 2.07
Vp/Vs ratio: 3.10 4.12 2.52 3.63 2.96
Poisson: 0.44 0.47 0.41 0.46 0.44
Shear modulus (MPa): 52 67 117 320 267
Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0 0
0

First higher mode

Mean model

8.05556	329.9281
15.1667	257.149
18.7222	247.4995
21.3889	243.1322
28.2778	233.8699
38.5	215.6195
47.7222	199.9475

Second higher mode

Mean model

21.5	260.0533
27.6111	252.0818
33.0556	249.3744
58.0556	230.5492

===== SECTION#4

BEST MODEL

Vs (m/s): 165 176 246 409 337
thickness (m): 2.83985 1.97771 23.9607 4.17821

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 290 891 431 2434 626
Density (gr/cm3): 1.76 2.03 1.85 2.27 1.94
Vp/Vs ratio: 1.76 5.06 1.75 5.95 1.86
Poisson: 0.26 0.48 0.26 0.49 0.30
Shear modulus (MPa): 48 63 112 380 220
Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0 0
0

dispersion curve (frequency - velocity)

First higher mode)

best model

8.05556	318.6301
15.1667	258.8011
18.7222	247.759
21.3889	242.591
28.2778	232.5724
38.5	214.7402
47.7222	198.0005

Second higher mode)

best model

21.5	260.5142
27.6111	252.3905
33.0556	249.6352
58.0556	231.253

Vs5 (mean model): 172 m/s

Vs5 (best model): 171 m/s

Vs20 (mean model): 222 m/s

Vs20 (best model): 222 m/s

Vs30 (mean model): 230 m/s

Vs30 (best model): 233 m/s

==o== SECTION#6

For Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT30 > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu30 > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT30 < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu30 < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $VS > 800$ m/s).

S1 - Depositati di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero $10 < cu30 < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Results saved in the folder "C:\Users\Laura\Desktop\Roma_Bagni\citta leonina\output_disp".

=====

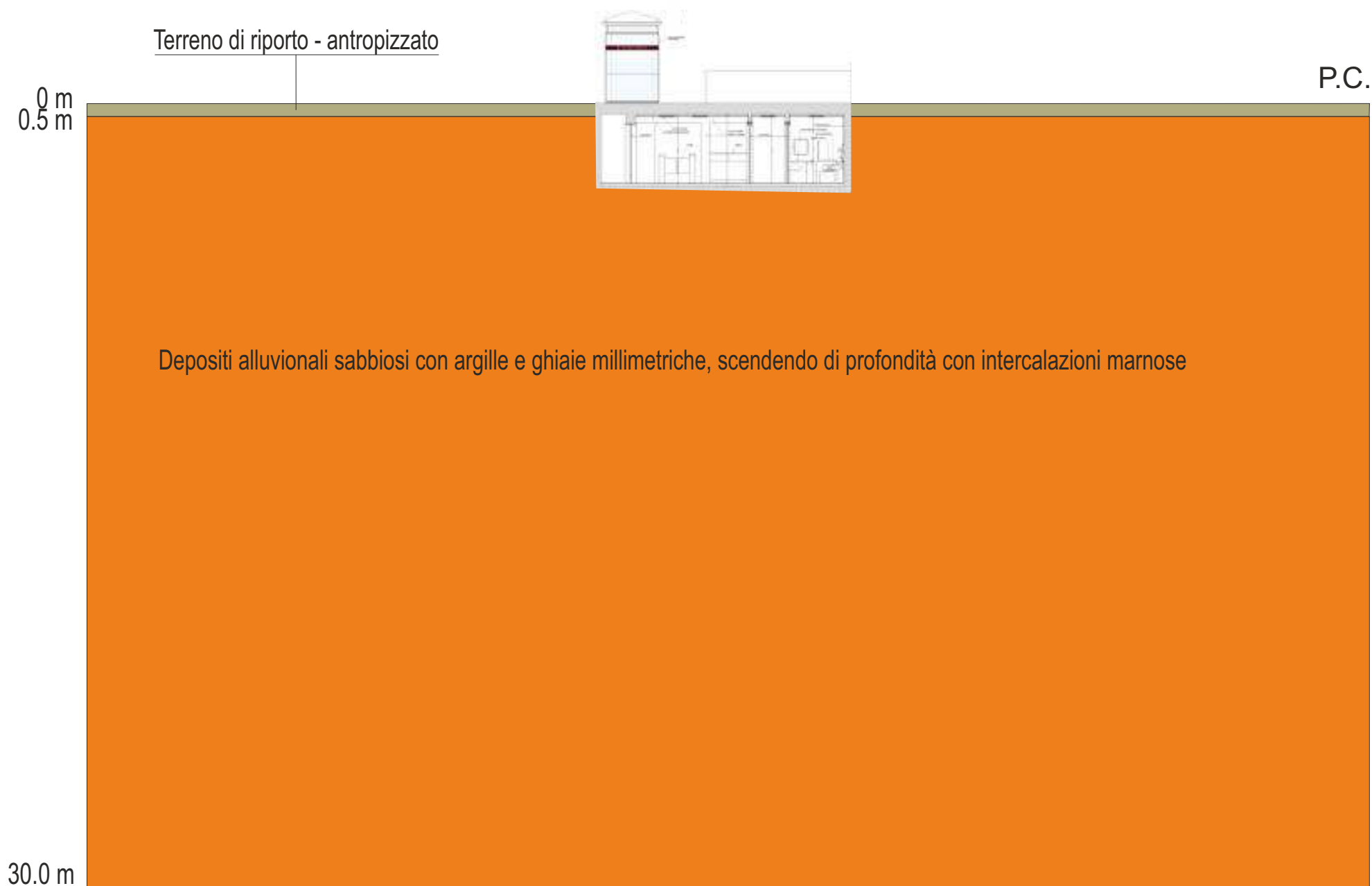
winMASW
Surface Waves & Beyond
www.winmasw.com

Number of models used to define the mean model: 32
Vs5 for the best model: 171
Vs30 for the best model: 233
Analyzing phase velocities

Elapsed time is 192.218582 seconds.

***Allegato 2* – SEZIONE GEOLITOLOGICA**

Sezione geolitologica



Allegato 3 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1: Esecuzione prova geofisica MASW1.



Foto 2: Esecuzione misura di microtremori HVSR1.



Foto 3: Esecuzione misura di microtremori HVSR2.



ROMA



PROGETTO ARCHITETTONICO

Ambito d'intervento

Accoglienza e partecipazione
Accoglienza per i pellegrini e i visitatori

COMUNE DI ROMA

Intervento n. 145

COMPLETAMENTO BAGNI PUBBLICI INTEGRATI CON PUNTI INFORMAZIONE TURISTICI

Livello di progettazione
PROGETTO ESECUTIVO

Tav. 145_SO_ED_35_ST
RELAZIONE GEOLOGICA

Oggetto
RIQUALIFICA BAGNI CONCESSIONE N° 163 DEL 12/04/2006

File:
145_SO_ED_35_ST_RELAZIONE GEOLOGICA.pdf

Luogo d'intervento
Territorio urbano di Roma Capitale - Piazza Sidney Sonnino

Data
-

Responsabile unico del Procedimento
Arch. Valentina Cocco

Ditta esecutrice
ASTECO S.R.L. e TEAM IMPIANTI

Rev.	02	Data:	13/01/2025
------	----	-------	------------

Rev.	00	Data:	00/00/0000
------	----	-------	------------

Rev.	00	Data:	00/00/0000
------	----	-------	------------

Progettista Responsabile:
Arch. Marco D'Ottavi

Cliente
P.STOP S.R.L.

Rapp.:	-	Formato:	A4
--------	---	----------	----

Progettista strutture:
Ing. Lionello Lupi

Progettista impianti:
Ing. Gaetano Motta

Coordinatore della sicurezza in fase di progettazione:
Arch. Marco D'Ottavi

Coordinatore della sicurezza in fase di esecuzione:
Arch. Marco D'Ottavi

Collaboratori:
Dott.sa Arch. Chiara Trebbi

REGIONE LAZIO CITTA' METROPOLITANA DI ROMA CAPITALE ROMA CAPITALE

PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI STRUTTURE METALLICHE PREFABBRICATE ADIBITE A COPERTURA DEI LOCALI BAGNI INTERRATI IN ROMA, NELL'AMBITO DELLA REALIZZAZIONE E LA GESTIONE DI SERVIZI DI ACCOGLIENZA TURISTICA UBICATI, IN PIAZZA SONNINO (TRASTEVERE) - ROMA CAPITALE (RM)

RELAZIONE GEOLOGICA PER GLI ADEMPIMENTI NORMATIVI DI CUI AL D.M. 17.01.2018, CORREDATA DALLE INDAGINI GEOTECNICHE E SISMICHE ESEGUITE AI SENSI DEL REGOLAMENTO REGIONALE LAZIO N. 7/21, DI CUI ALLA D.G.R. LAZIO N. 189/21, PER IL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI STRUTTURE METALLICHE PREFABBRICATE ADIBITE A COPERTURA DEI LOCALI BAGNI INTERRATI IN ROMA, NELL'AMBITO DELLA REALIZZAZIONE E LA GESTIONE DI SERVIZI DI ACCOGLIENZA TURISTICA E BAGNI INTERRATI UBICATI IN PIAZZA SONNINO (TRASTEVERE), NEL MUNICIPIO I - ROMA CAPITALE (RM)



Committente: **PIT STOP SRL**

Progettazione ed esecuzione:



Dott. Geol. Roberto TRONCARELLI
Dott. Geol. Marco ORFEI

Collaborazione:

Dott.ssa Alessia AMODIO
Dott.ssa Noemi CONDO'

Data: Gennaio 2025

Elaborato N°: 2995_SON/25

Relazione Geologica
(ai sensi del D.P.R. 328/01 - Art. 41)



INDICE

1. Premessa e quadro normativo	3
2. Ubicazione e riferimenti cartografici.....	7
3. Geomorfologia e idrografia.....	9
4. Geologia	12
4.1 Assetto geologico generale	12
4.2 Quadro geolitologico locale	13
5. Idrogeologia	15
6. Livello di Vulnerabilità ai sensi della D.G.R. Lazio n° 189/21.....	17
7. Sismicità.....	20
7.1 Sismicità Regionale	20
7.2. Sismicità Locale.....	21
8. Indagini eseguite	28
8.1. Prove geotecniche	28
8.1.1. Prova penetrometrica dinamica DPM (Dynamic Probing Medium).....	28
8.2. Prove geofisiche	30
8.2.1. Prove sismiche MASW	30
8.2.2. Misure di microtremore.....	36
9. Liquefazione.....	46
10. Modello geologico e geotecnico	48
11. Azioni sismiche di progetto.....	52
11.1. Pericolosità sismica di base.....	52
11.2. Risposta Sismica Locale (RSL) e categoria di sottosuolo.....	54
12. Considerazioni conclusive	57

ALLEGATI

ALLEGATO 1 – TABULATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPM

ALLEGATO 2 – TABULATI PROVA SISMICA MASW

ALLEGATO 3 – SEZIONE GEOLITOLOGICA

ALLEGATO 4 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

1. Premessa e quadro normativo

Il sottoscritto Dott. Geol. Roberto Troncarelli, iscritto all'Ordine dei Geologi del Lazio al n. 803, polizza Responsabilità Civile "ACCREDITED INSURANCE EUROPE LIMITED" n. HEC028138/P/2024, in qualità di responsabile della Società GEOVIT s.r.l., con sede in Viterbo, Via Monte Cervino n. 12, iscrizione al Registro delle Imprese e codice fiscale 01416400560 REA 85435, partita IVA 01416400560, su incarico della Società PIT STOP srl, Via Girolamo Benzoni, 45 - 00154 ROMA - P. IVA: 13575031003 (accettazione offerta economica prot. 1483/RT/MD/24 del 15.12.2024) e su indicazioni dell'Arch. Marco D'Ottavi, ha redatto la presente relazione geologica, ai sensi del D.M. II. 17.01.2018, nel seguito NTC18 e della Circolare C.S.LL.PP. 7/2019, nel seguito Circolare, propedeutica al progetto di realizzazione di "Strutture metalliche prefabbricate adibite a copertura dei locali bagni interrati in Roma, nell'ambito della realizzazione e la gestione di servizi di accoglienza turistica, ubicati in Piazza Sonnino (Trastevere)".

La stessa è basata sull'interpretazione e analisi delle risultanze di una campagna di indagini geognostiche e geofisiche condotte nel Dicembre 2015 nell'area di studio in occasione di un precedente incarico per la medesima committenza.

Le indagini geologiche hanno avuto lo scopo di caratterizzare, dal punto di vista lito-stratigrafico, geotecnico e sismico, i terreni presenti al sedime dell'opera oggetto d'intervento.

Le indagini sono state condotte ai sensi del D.M. LL.PP. 11.3.1988 "Norme tecniche per indagini su terreni e rocce...omissis", e della Circolare del Min. LL.PP. n° 30483/88, nonché sulla base di quanto riportato al capitolo 6 al quale si rimanda.

La presente relazione geologica, a corredo della documentazione progettuale, è stata redatta inoltre per l'ottenimento della autorizzazione ai fini sismici, prevista dall'art. 94 del DPR 380/01, essendo il territorio dichiarato sismico dalla OPCM 3274/03 e s.m.i. e dalla successiva norma regionale di recepimento, D.G.R. Lazio n. 387/09, che ha definito il Comune di Roma - Municipio I, zona sismica di 3^a categoria – sottozona "A".

Infine, il presente elaborato tecnico, viene prodotto nel rispetto delle specifiche competenze professionali così come definite dall'art. 41 del DPR 328/01.

Dal punto di vista normativo si richiamano finalità e contenuti che, ai sensi delle normative vigenti, sia nazionali che regionali, il presente elaborato deve presentare.

D.M. II.TT. 17.01.2018

§ 6.1.2 Prescrizioni generali

Le scelte progettuali devono tener conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali.

I risultati dello studio rivolto alla caratterizzazione e modellazione geologica, dedotti da specifiche indagini, devono essere esposti in una specifica relazione geologica di cui al § 6.2.1.

§ 6.2 Articolazione del progetto

Il progetto delle opere e degli interventi si articola nelle seguenti fasi:

1. caratterizzazione e modellazione geologica del sito;
2. scelta del tipo di opera o di intervento e programmazione delle indagini geotecniche;
3. caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce presenti nel volume significativo e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo (cfr. § 3.2.2);
4. ... omissis...
- 5.

§ 6.2.1 Caratterizzazione e modellazione geologica del sito

Il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici.

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento.

In funzione del tipo di opera, di intervento e della complessità del contesto geologico nel quale si inserisce l'opera, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico.

Il modello geologico deve essere sviluppato in modo da costituire elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche.

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito devono essere esaurientemente esposte e commentate in una relazione geologica, che è parte integrante del progetto.

Tale relazione comprende, sulla base di specifici rilievi ed indagini, l'identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura del sottosuolo e dei caratteri fisici degli ammassi, definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché i conseguenti livelli delle pericolosità geologiche.

§ 6.2.2 Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica

Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento, devono riguardare il volume significativo e, in presenza di azioni sismiche, devono essere conformi a quanto prescritto ai §§ 3.2.2 e 7.11.2.

Per volume significativo di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso. Le indagini devono permettere la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione.

...omissis...

Regolamento Regionale n° 7 di cui alla D.G.R. Lazio 189/21

Nell'Allegato "C" del Regolamento viene definito il programma minimo delle indagini, in funzione del "livello di vulnerabilità dell'opera"; tale aspetto verrà commentato nel Capitolo 6 della presente relazione.

Lo studio si è svolto nel mese di Gennaio 2025 ed è stato articolato nelle seguenti attività:

- Elaborazione dei dati raccolti in occasione di una precedente campagna di intervento (Dicembre 2015) che aveva previsto le seguenti attività:

- ✓ Sopralluogo preliminare per l'acquisizione dello stato dei luoghi e della logistica;
- ✓ Individuazione delle caratteristiche morfologiche ed idrauliche del sito;
- ✓ Rilevamento geologico ed idrogeologico;
- ✓ Esecuzione di una campagna di indagini consistente in:
 - n. 1 prova penetrometrica dinamica, di tipo DPM, a partire dal piano di quota relativo alla base dell'impianto ascensore da realizzare (circa -3,0 m dal piano campagna di Piazza Sonnino) che ha consentito di caratterizzare dal punto di vista geomeccanico i depositi presenti nella zona di indagine;
 - n. 1 indagine di sismica attiva in *array* di tipo *Multichannel Analysis of Surface Waves* (MASW);
 - n. 2 indagini di sismica passiva a stazione singola, con tecnica dei rapporti spettrali Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr);
 - Interpretazione delle risultanze delle indagini eseguite nell'area di specifico interesse progettuale ed in quelle limitrofe, pubblicate sul web all'indirizzo "<http://www.provincia.rm.it/dipartimentoV/SitoGeologico>".
- Interpretazione delle risultanze delle indagini e dei rilievi eseguiti;
- Analisi dei dati.

La presente relazione descrive e commenta i risultati dello studio eseguito.

2. Ubicazione e riferimenti cartografici

Per una migliore comprensione di quanto si riferisce ed al fine di fornire una documentazione quanto più completa possibile, sono stati acclusi alcuni allegati cartografici e grafici:

- Stralcio della cartografia I.G.M. (Istituto Geografico Militare), dal quale si nota come l'intervento ricada nella Tav. 150 IV^{SO} "Roma Sud", in scala 1:25.000;
- Stralcio della Cartografia CTR (Carta Tecnica Regionale), Sezione n. 374100 "Roma Sud Ovest", in scala 1:10.000;
- Stralcio del PTPR – Tavola A - Sistemi ed ambiti del paesaggio, in scala 1:10.000;
- Stralcio del PTPR – Tavola B – Beni paesaggistici, in scala 1:10.000;
- Stralcio Carta assetto Idrogeologico delle aree sottoposte a tutela per pericolo di frana e d'inondazione - Tav. n. 43, Autorità di Bacino del Fiume Tevere, in scala 1:10.000;
- Stralcio Carta assetto Idrogeologico delle aree sottoposte a tutela per pericolo di frana e d'inondazione - Tav. n. 22 di 304, Autorità di Bacino del Fiume Tevere, in scala 1:10.000;
- Ubicazione delle indagini eseguite, estratto immagine Google Earth.

Le coordinate geografiche del sito, evidenziato nella sottostante figura 1, nel sistema WGS84 sono le seguenti:

Latitudine: ϕ_{WGS84} 41.889080

Longitudine: λ_{WGS84} 12.473715



Figura 1 – Ubicazione del sito da Google Earth

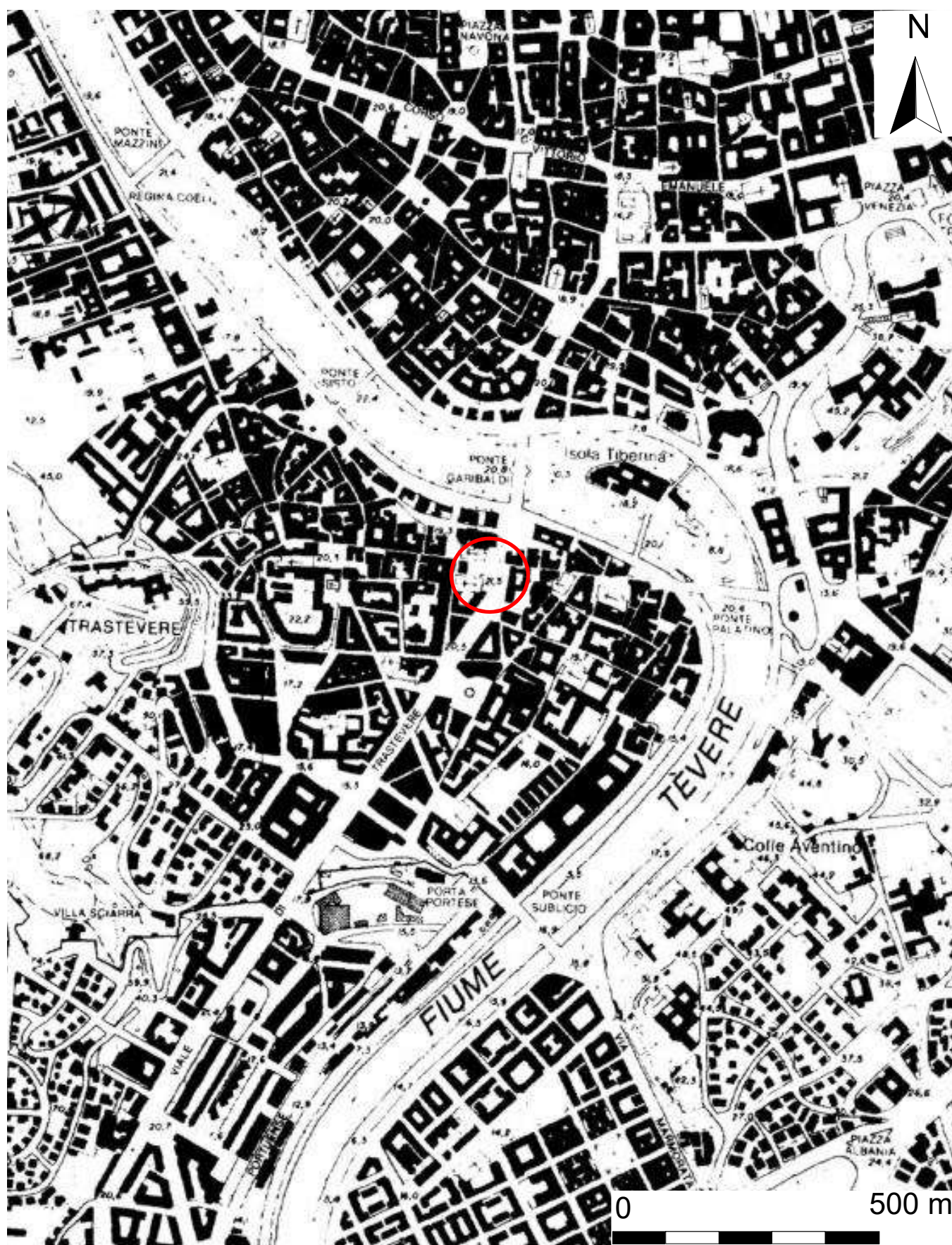
COMUNE di ROMA (RM)
Località "Piazza Sonnino"

Stralcio I.G.M. - Tav. N. 150 IV SW "Roma Sud"
Scala 1:25.000



COMUNE di ROMA (RM)
Località "Piazza Sonnino"

Stralcio C.T.R. - Sezione n. 374100 "Roma Sud-Ovest"
Scala 1:10.000

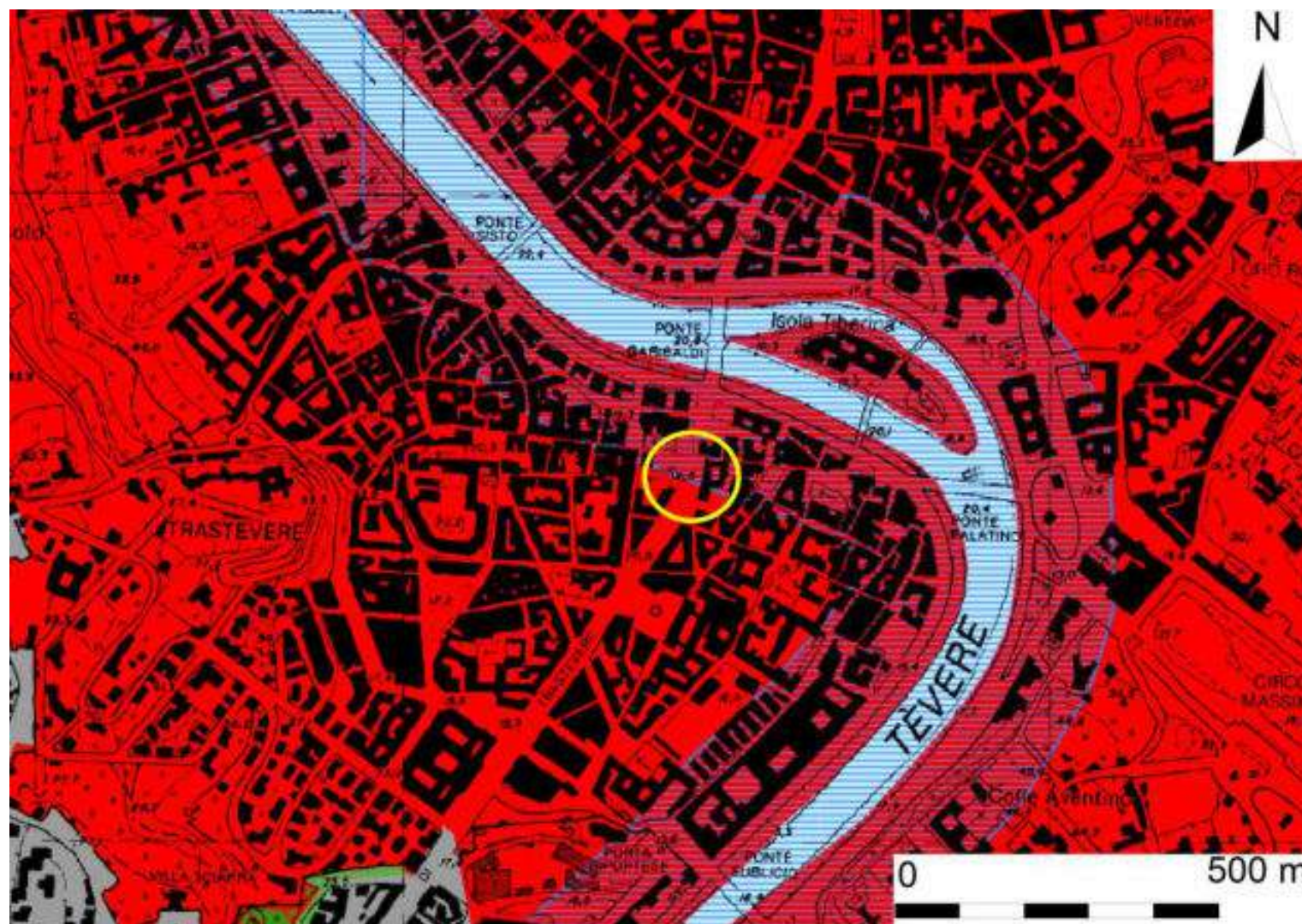


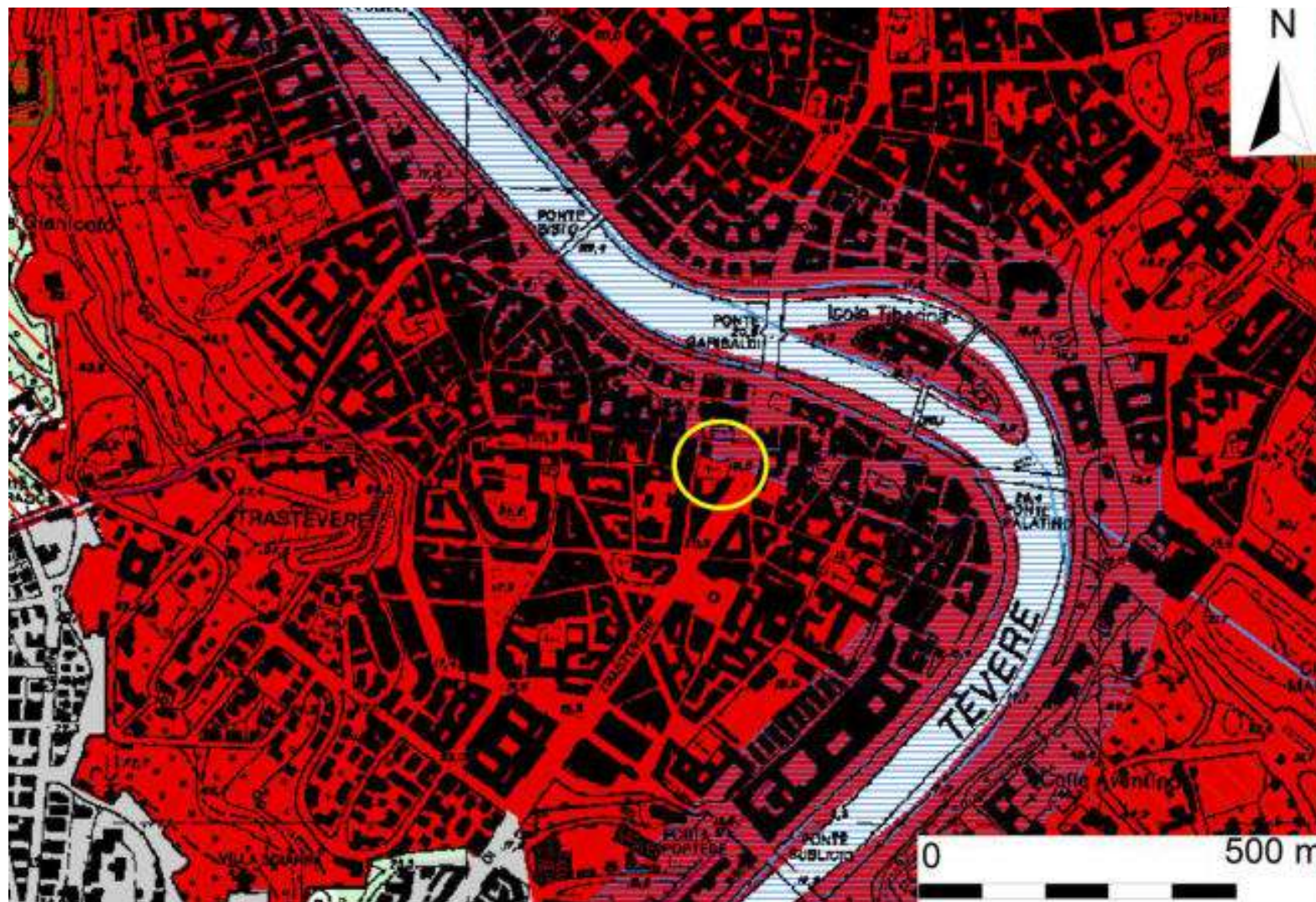
Sistemi ed Ambiti del Paesaggio

- Paesaggio Naturale
- Paesaggio Naturale di Continuità
- Paesaggio Naturale Aguardo
- Coste marine, lacuali e corsi d'acqua

 Paesaggio Agrario di Rilevante valore
 Paesaggio Agrario di Valore
 Paesaggio Agrario di Contrasto

	Paesaggio dei Confini e Nuclei Storici
	Poietici, ville e giardini storici
	Paesaggio degli Insediamenti Urbani
	Paesaggio degli Insediamenti in Evoluzione
	Paesaggio dell'Insediamento Storico Diffuso
	Reti, Infrastrutture e Servizi
	Ambiti di recupero e valorizzazione paesistica
	Aree o Punti di Visualità
	Prospettive comunali di modifica del PTF integrato





COMUNE di ROMA (RM)

Località "Piazza Sonnino"

Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico - Fasce fluviali e zone a rischio - Tav. n. 43
 Autorità di Bacino del Fiume Tevere
 Scala 1:10.000



COMUNE di ROMA (RM) **Località "Piazza Sonnino"**

Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico - Inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio da frana - Tav. 22 di 304 - Autorità di Bacino del Fiume Tevere
 Scala 1:10.000



Inventario delle frane

fenomeni: frana per crollo o ribaltamento, frana per scivolamento, frana per colamento, frana complessa, area con frangibilità diffusa, area interessata da deformazioni gravitative profonde (DGPV), area interessata da deformazioni superficiali lente e/o sovrassito, falda ero cono di detrito, cono flow (colata di detrito)



fenomeni: frana per crollo o ribaltamento, frana per scivolamento, frana per colamento, frana complessa, area con frangibilità diffusa, area interessata da deformazioni gravitative profonde (DGPV), area interessata da deformazioni superficiali lente e/o sovrassito, falda ero cono di detrito, cono flow (colata di detrito)



Situazioni di rischio da frana

PAI - Progetto di primo aggiornamento

R4 - 'rischio elevato'

R3 - 'elevato'

Piano vigente

R4 - 'rischio elevato'

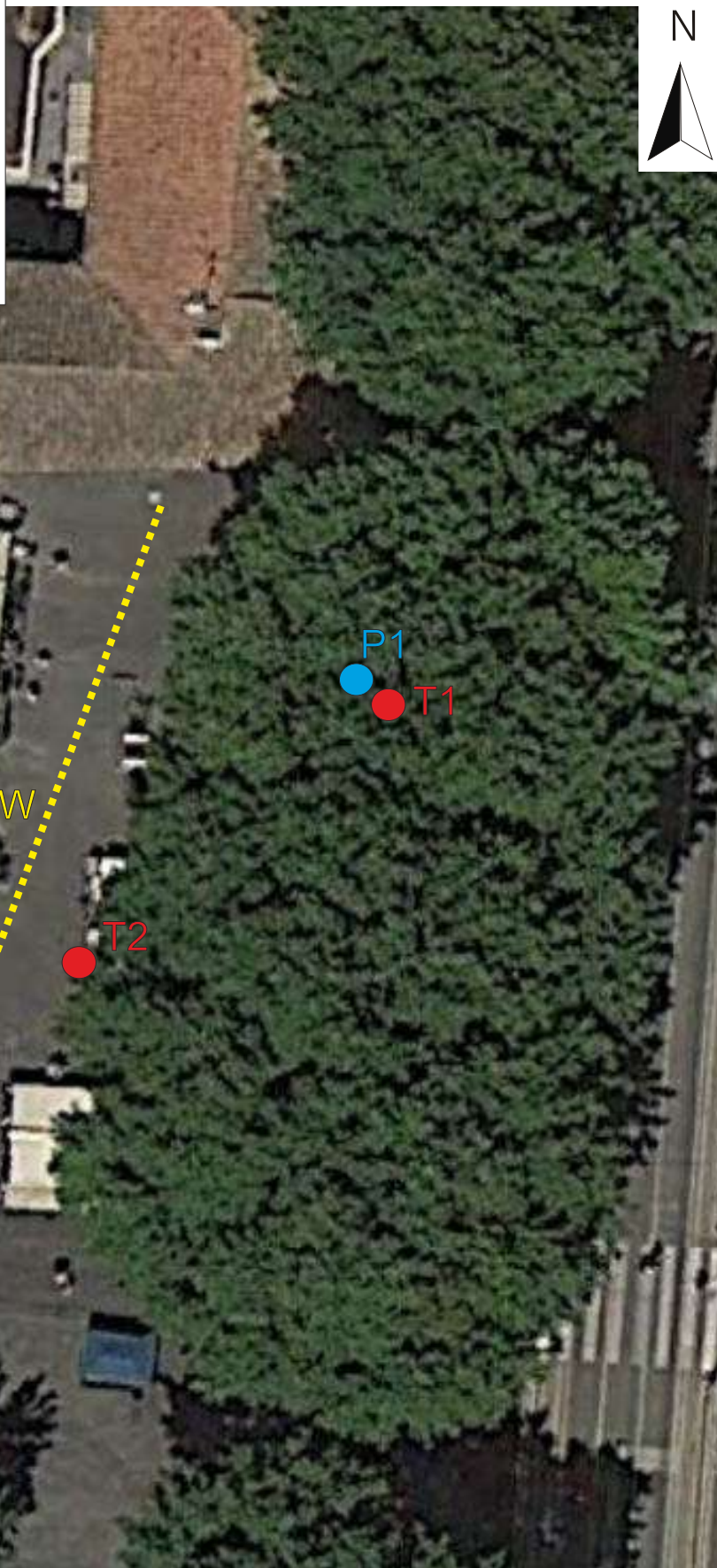
R3 - 'elevato'

COMUNE di ROMA (RM)
Località "Piazza Sonnino"

UBICAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE
Stralcio immagine Google Earth

Legenda

- **Pn** Prova penetrometrica dinamica
- - - **MASW_n** Indagine sismica MASW
- **Tn** Prova tromografica H/V



3. Geomorfologia e idrografia

L'area interessata dalle opere in progetto è ubicata in pieno centro storico della città di Roma, all'interno dell'unità amministrativa Municipio I.

La morfologia generale dell'area risulta completamente modificata a causa della realizzazione delle strutture residenziali presenti nell'area; in tale contesto in linea di massima è comunque possibile intercettare l'originaria morfologia con assetto topografico praticamente sub-pianeggiante.

L'area investigata è posta ad una distanza di circa 100 metri dalla sponda destra del Fiume Tevere.

Dal punto di vista topografico l'area oggetto di studio è posta ad una quota di circa 16-17 m s.l.m..

La porzione in esame presenta un alto grado di riorganizzazione antropica, dovuta agli interventi legati alla realizzazione degli edifici e strutture presenti nell'area, ed è caratterizzata nel complesso da un assetto sub-pianeggiante, con pendenze mai superiori al 2%.

Il rilevamento geomorfologico eseguito, ha permesso di escludere la presenza di fenomeni gravitativi di instabilità, in atto o prevedibili; ciò risulta inoltre confermato dall'analisi della cartografia Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia – Progetto IFFI, dell'Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione Ambientale (I.S.P.R.A.) e dalla cartografia geomorfologica del P.A.I. dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere.

Relativamente all'area d'intervento non sono presenti elementi idrografici ne sono stati rilevati fenomeni di ruscellamento diffuso, sorgentizi o di ristagno delle acque, che

risultano sufficientemente drenate dai terreni di copertura superficiali o convogliate verso il sistema idrografico locale o convogliate verso le reti infrastrutturali presenti.

In riferimento a quanto sopra esposto, si ritiene l'area d'intervento stabile ed esente da fenomeni gravitativi di instabilità in atto ed inoltre si ritiene che non esistano interferenze con le acque di scorrimento superficiali, relazionabili al sistema idrografico naturale presente, tali da determinare condizioni di rischio a danno dell'area d'intervento per fenomeni di esondazione ed alluvionamento; si formula pertanto un giudizio favorevole di fattibilità delle opere in progetto, in riferimento alla stabilità morfologica del versante ed alle acque di scorrimento superficiali.

Ciò consente di esprimere, per quanto di competenza, parere favorevole per le finalità di cui all'art. 61 del D.P.R. 380/01, che s'intendono ottemperate con il rilascio dell'autorizzazione sismica ex art. 94 del D.P.R. 380/01, come previsto dall'art. 21 della D.G.R. 724/20, modificata dalla D.G.R. 189/21.

Infine, è stata esaminata la cartografia storica nota per quanto concerne la presenza delle cavità sotterranee, di cui si riporta nella figura n. 2 uno stralcio della Tavola "Cavità sotterranee" redatta dal prof. U. Ventriglia, mediante la quale è possibile escludere tale problematica.

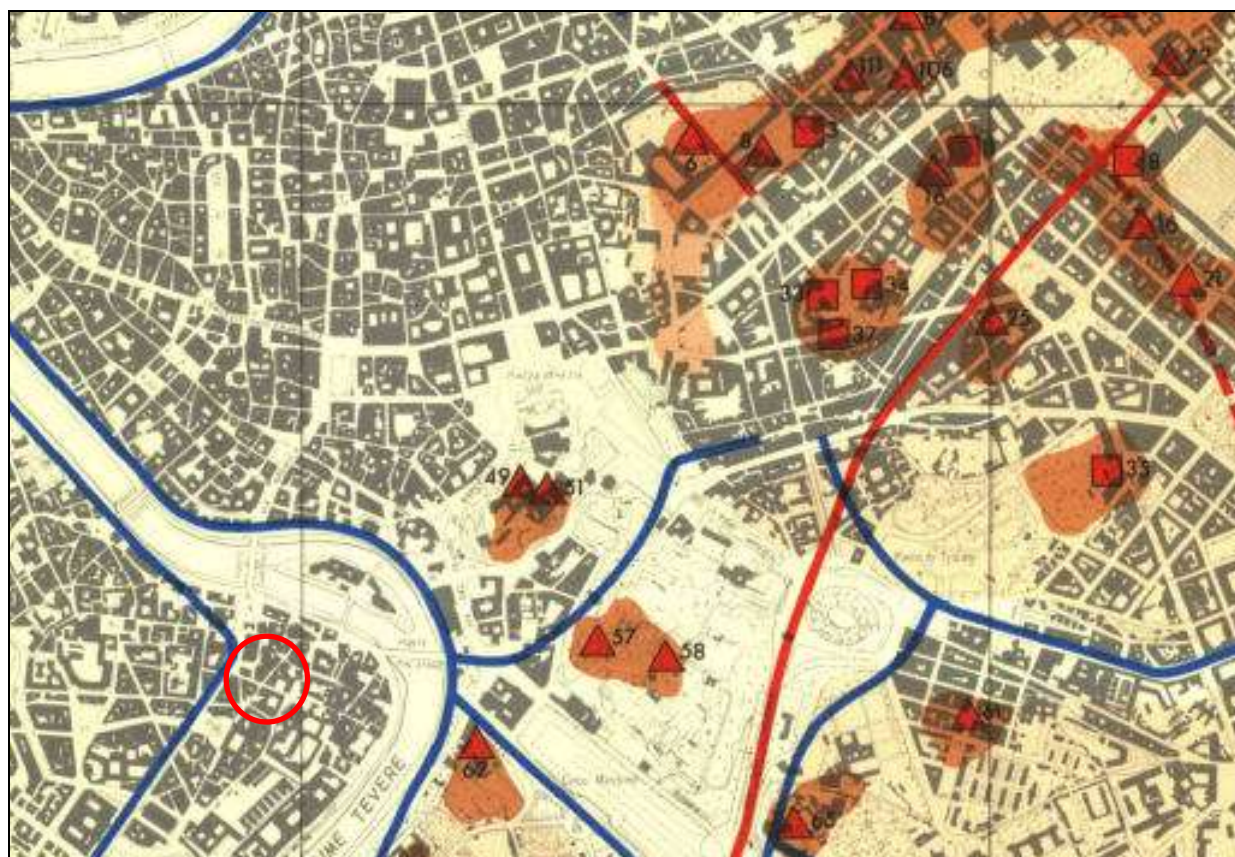


Figura 2 – Stralcio della Tavola “Cavità sotterranee” del prof. Ugo Ventriglia.

Quanto in precedenza presentato e descritto, può essere osservato sull'allegata Carta Geomorfologica, in scala 1:10.000, dalla quale non si evincono particolari criticità nell'area in esame.

Per quanto detto appare sufficientemente garantita la stabilità e la fattibilità geomorfologica del progetto in itinere.

COMUNE di ROMA (RM)
Località "Piazza Sonnino"

Mod. 7.3.8 R00

CARTA GEOMORFOLOGICA
Stralcio C.T.R. - Sezione n. 374100 "Roma Sud-Ovest"
Scala 1:10.000

Legenda



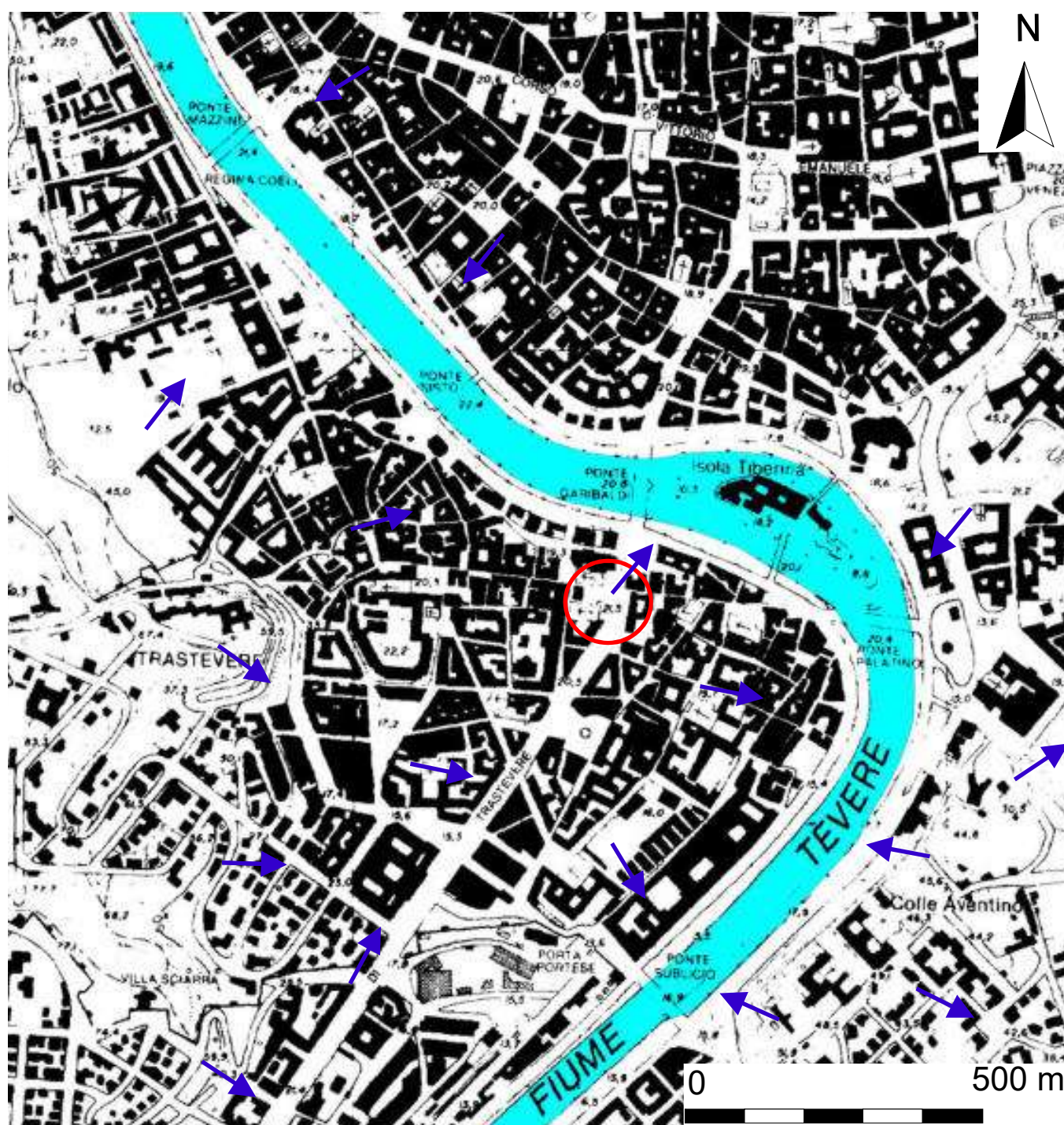
Delimitazione area di studio



Idrografia superficiale
Fiume Tevere



Direzione preferenziale
del drenaggio superficiale



4. Geologia

4.1 Assetto geologico generale

L'area romana, sino a poco meno di 1 milione di anni fa (inizio Pleistocene medio), era caratterizzata da un ambiente di sedimentazione marina.

Ne sono testimoni i terreni più antichi ("marne e argille azzurre vaticane" datate 3.40-1.79 Ma), affioranti nelle parti più rilevate dell'area urbana occidentale (Monte Mario, Vaticano, Gianicolo), a costituire il bedrock di Roma, con spessori di quasi 800 metri.

Seguono due oscillazioni del livello marino tra 1.79 e 0.88 Ma, che depositano, la prima le "sabbie e argille di Monte Mario" e la seconda le "argille di Monte delle Piche", separate da un deposito continentale ("sabbie e ghiaie di Monte Ciocchi"), attribuibile ad una temporanea emersione dell'area, datata circa 1.2 Ma.

A partire da 0.8 MA (milioni di anni) mutano le condizioni paleogeografiche e si passa ad un ambiente di sedimentazione di tipo fluvio-palustre, con deposizione di terreni alluvionali antichi ad opera del "Paleotevere".

Si tratta essenzialmente di ghiaie, sabbie e di argille ("Unità del Paleotevere 2") caratterizzate da frequenti variazioni litologiche e da complessi rapporti stratigrafici.

Nel lasso di tempo compreso tra 0.60 e 0.30 Ma inizia l'attività dei due distretti vulcanici, di carattere prevalentemente esplosivi, dell'area romana, quello dei Sabatini a NW e quello dei Colli Albani a SE.

Tale attività determina la messa in posto di una notevole quantità di prodotti, sia sottoforma di depositi piroclastici di ricaduta che di ignimbriti.

Questi depositi giocano un ruolo fondamentale nella trasformazione dei caratteri morfologici del territorio, mutando completamente la topografia e l'idrografia; ciò in effetti determina una modifica del Paleotevere che viene progressivamente "confinato" nel corso d'acqua attuale.

I terreni che chiudono la successione stratigrafica, noti come "Riporti antropici", hanno ricoperto quasi totalmente l'area urbana, con spessori variabili da 0 a 16m.

Si tratta di accumuli di macerie derivanti da colmamento e canalizzazione dei corsi d'acqua o fossi, opere di sbancamento finalizzate alla costruzione di edifici e di riempimenti a scopo di bonifica.

In relazione alla loro diversa origine, la coltre dei riporti è costituita da materiali eterogenei ed eterometrici in una matrice più fine, costituita da terreni vulcanici e/o sedimentari rimaneggiati.

Questi terreni possono essere considerati, a tutti gli effetti, come il più recente degli orizzonti stratigrafici presenti nell'area.

4.2 Quadro geolitologico locale

In riferimento all'assetto generale richiamato nel paragrafo precedente, si può affermare che l'area in esame è interessata dall'affioramento di termini ascrivibili ai depositi alluvionali, sia recenti che attuali, del Fiume Tevere.

In particolare, dalle indagini eseguite, l'areale di diretto interesse progettuale risulta caratterizzato, al di sotto di una coltre di 7-8 metri di depositi antropizzati o di riporto, dalla presenza di depositi ascrivibili all'attività alluvionale, sia recente che attuale, del Fiume Tevere.

In particolare in quest'area sono presenti in sequenza stratigrafica, al di sotto della coltre di depositi antropici precedentemente menzionati, sabbie e ghiaie, di colore variabile, con intercalazioni di depositi marnosi, con grado di addensamento variabile.

Lo spessore medio di questi depositi è di alcune decine di metri, come dimostrato dall'interpretazione delle risultanze delle indagini geofisiche condotte dal sottoscritto.

Per la ricostruzione della sequenza litostratigrafica si è fatto inoltre riferimento ai dati delle indagini svolte nell'area del territorio romano, disponibile sul web all'indirizzo "<http://www.provincia.rm.it/dipartimentoV/SitoGeologico>".

Per avere un maggiore dettaglio dei contatti tra le litologie presenti nell'areale considerato è stata allegata di seguito la "carta geolitologica" in scala 1:10.000, esplicativa di quanto sopra esposto.

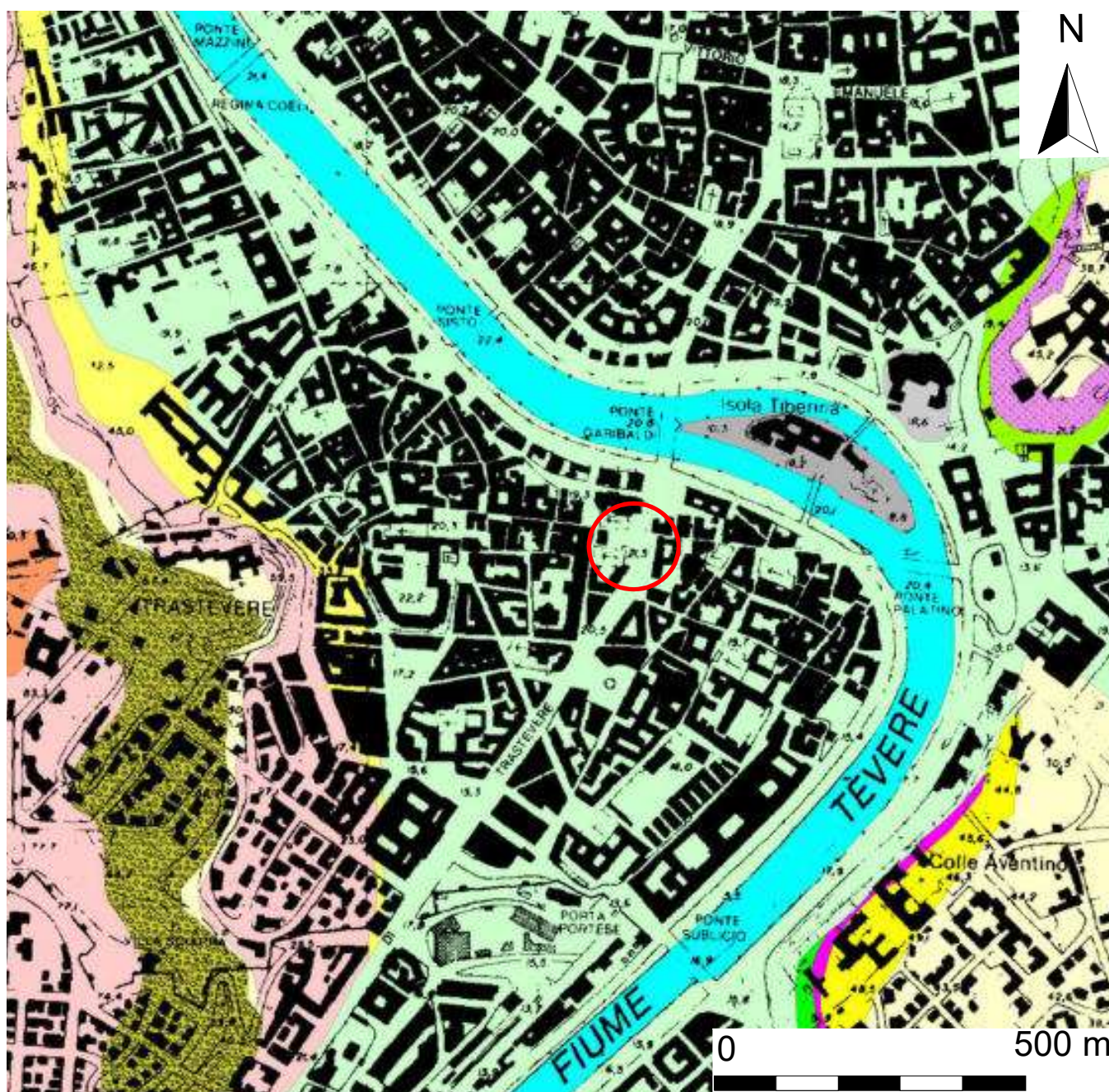
COMUNE di ROMA (RM)
Località "Piazza Sonnino"

Mod. 7.3.5 R01

CARTA GEOLOGICA
Stralcio C.T.R. - Sezione n. 374100 "Roma Sud-Ovest"
Scala 1:10.000

Legenda

	Delimitazione area in studio		Unità di Santa Cecilia
	Riporti		Formazione di Monte Vaticano
	Depositi alluvionali		Unità Aurelia
	Successione di Sacrofano		Unità di Monte Ciocchi
	Unità di Villa Senni		Unità di Palatino
	Unità di La Storta		



5. Idrogeologia

Dal punto di vista idrogeologico i terreni sopra descritti costituiscono il *complesso idrogeologico dei depositi alluvionali*.

Tale complesso comprende le alluvioni recenti ed attuali del fiume Tevere e dei suoi affluenti.

Tale complesso è costituito da depositi eterogenei (argille, limi, sabbie, ghiaie) caratterizzati da rapporti giacaturali complessi e variabili, che raggiungono spessori anche dell'ordine di alcune decine di metri.

Generalmente tali depositi sono sede di circolazioni idriche limitate sia verticalmente che arealmente, esclusivamente all'interno dei depositi più permeabili, e talvolta risultano direttamente connesse all'andamento del fiume Tevere stesso.

In linea di massima le circolazioni idriche maggiori sono presenti alla base di tale complesso di depositi, all'interno dell'orizzonte ghiaioso, che ospita una falda in pressione e fortemente mineralizzata.

I complessi dei terreni sopra descritti pertanto presentano valori di permeabilità molto variabili, a seconda della frazione granulometrica presente.

L'asse preferenziale del deflusso sotterraneo, nella zona dove ricade l'area in studio, è diretto verso Est, ovvero verso l'alveo del Fiume Tevere.

Dal punto di vista idrogeologico, da un'anamnesi dei punti d'acqua censiti in zona e/o in possesso dello scrivente, dall'interpretazione delle indagini eseguite, integrate dall'analisi dello schema idrogeologico dell'Italia centrale, risulta che, lungo la verticale

del sito in esame (16-17 metri circa s.l.m.), la falda basale giace ad una profondità dal piano di campagna di circa 10 metri.

In considerazione della morfologia del sito, delle litologie affioranti e del sistema idrogeologico rilevato in zona, in fase di realizzazione delle opere in progetto, benché di modesta entità, si dovrà tener conto dell'eventuale interferenza degli interventi con il regime ipogeo

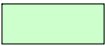
Quanto sopra descritto trova illustrazione nell'allegata "Carta Idrogeologica" in scala 1:10.000.

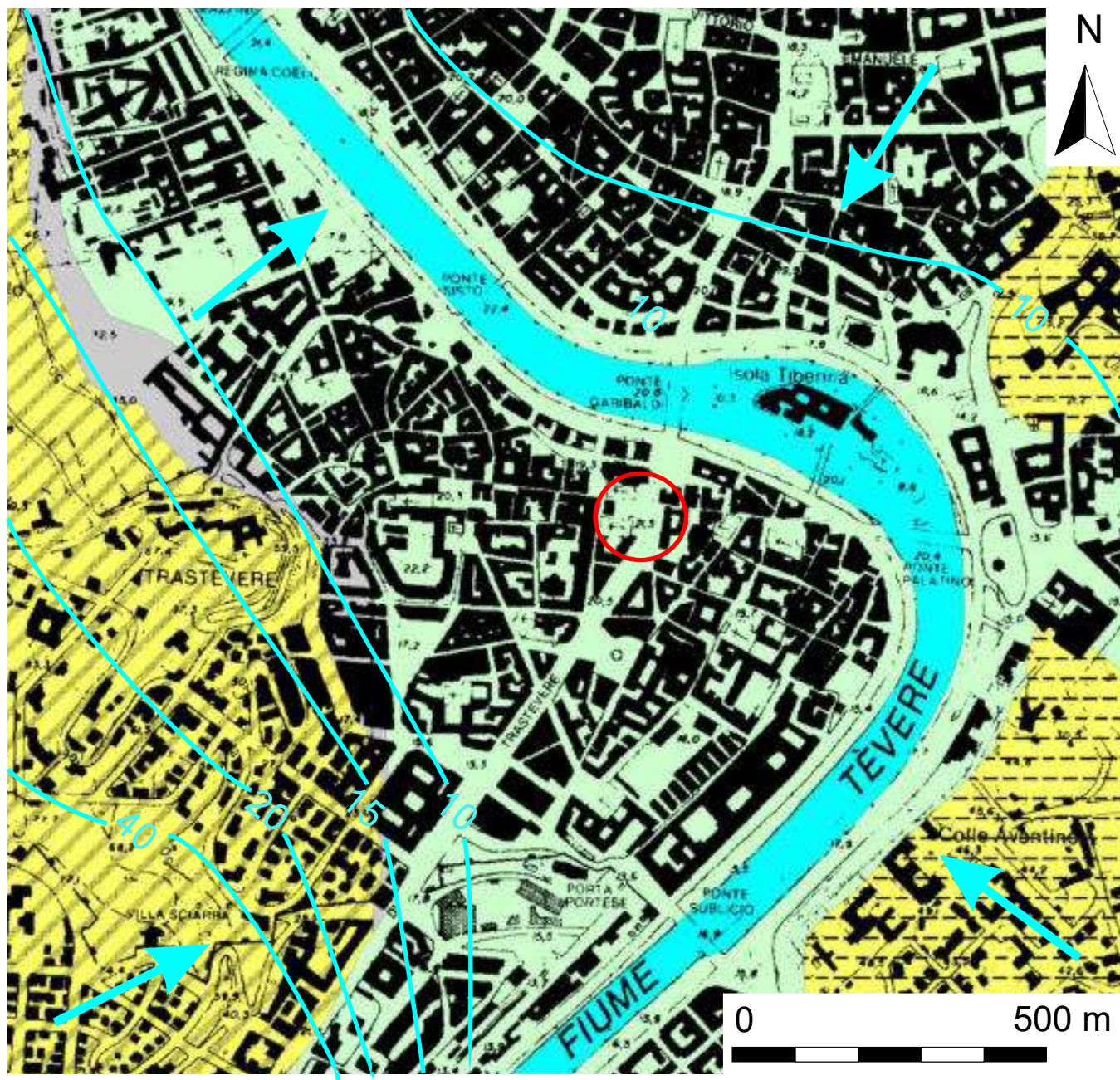
COMUNE di ROMA (RM)
Località "Piazza Sonnino"

Mod. 7.3.9 R00

CARTA IDROGEOLOGICA
Stralcio C.T.R. - Sezione n. 374100 "Roma Sud-Ovest"
Scala 1:10.000

Legenda

	Area di studio		Complesso dei depositi alluvionali recenti
	Isopieze espresse in metri s.l.m.		Complesso dei depositi alluvionali antichi
	Direzione principale del flusso		Complesso dei tufi stratificati e delle facies freatomagmatiche
	Idrografia superficiale Fiume Tevere		Complesso delle argille



6. Livello di Vulnerabilità ai sensi della D.G.R. Lazio n° 189/21

Il Regolamento Regionale 21 aprile 2021 “Modifiche al Regolamento regionale 26 ottobre 2020, n. 26. di cui alla D.G.R. Lazio n. 724/20, Regolamento regionale per la semplificazione e l'aggiornamento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico - Abrogazione del Regolamento regionale 13 luglio 2016, n. 14, prescrive, all'Allegato “C”, le indagini e le prove minime di tipo geologico, geofisico e geognostico, per i diversi livelli di pericolosità dell'opera, a loro volta derivanti dalla combinazione di classe d'uso dell'intervento e classificazione sismica del territorio comunale, necessarie per l'ottenimento dell'autorizzazione sismica ex art. 94 del DPR 380/01.

Nella fattispecie la riclassificazione sismica della Regione Lazio, di cui al D.G.R. Lazio 387/09 in recepimento della O.P.C.M. 3274/03 e s.m.i., ha catalogato il territorio del Comune di Roma in categoria 3A.

Per quanto attiene la classe d'uso dell'opera interessata, la stessa ricade in classe d'uso II “Costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti.....”, ai sensi del § 2.4.2. delle NTC18.

La stima di eventuali altri fattori condizionanti dal punto di vista geologico, sulla base di quanto in precedenza descritto, porta alle seguenti conclusioni:

- La zona non presenta rischi di liquefazione (§ 7.11.3.4 delle NTC18);
- La zona non manifesta fenomeni di subsidenza, cedimenti differenziali, dovuti alla presenza di terreni compressibili;
- La zona non appare in condizioni di dissesto e/o di frana;

- La zona risulta suscettibile per fenomeni di amplificazione sismica, come si evince dallo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 condotto, validato dall'Ufficio Geologico e Sismico Regionale ai sensi della D.G.R. Lazio 545/10;
- La zona non è compresa in aree R3 o R4 dei Piani della Autorità di Bacino competente (ABR);
- La zona non si trova entro 50 metri da faglie attive e capaci segnalate dall'INGV.

Sulla base di quanto sopra descritto, dallo schema riportato nell'Allegato "C" della DGR 7189/21, è possibile affermare che l'intervento ricada nel livello di pericolosità dell'opera **"medio"**.

PROGETTI	PERICOLOSITA'				
	Zona Sismica				
	1	2a	2b	3a	3b
classi d'uso I e II	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
classe d'uso III	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
classe d'uso IV	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO

Per quanto sopra precisato, si ritiene che il programma delle indagini, così come descritte precedentemente, si possa ritenere conforme alle previsioni regolamentari e correttamente dimensionato in relazione all'impegno dell'opera da realizzare, essendo idoneo a definire, in maniera puntuale, i valori caratteristici delle proprietà fisiche, meccaniche e geofisiche dei terreni presenti nel sedime locale.

7. Sismicità

7.1 Sismicità Regionale

L'area in studio ricade a Nord-Nord/Ovest della città di Roma nel territorio del Municipio I, che entro un raggio di circa 15 km, è caratterizzata da una sismicità locale a ricorrenza non elevata, ma con intensità massima corrispondente al VII-VIII grado MCS (Magnitudo < 4).

L'area risente frequentemente di terremoti dalle zone sismiche adiacenti dell'Appennino Centrale e dei Colli Albani.

Nell'Appennino Centrale sono localizzate molte aree sismogenetiche di notevole importanza che hanno dato origine a terremoti di elevata magnitudo (fino a $M \sim 7$) ed a distanze comprese fra 60 e 130 km da Roma.

I terremoti di queste zone sismogenetiche, hanno determinato nella Città di Roma i risentimenti più elevati e fino alla Intensità Macrosismica di VIII grado MCS (Mercalli – Cancani - Sieberg).

I Colli Albani sono sede di una sismicità con terremoti molto frequenti e con magnitudo intorno a $M = 5$.

I risentimenti nella Città di Roma sono molto frequenti, ma con intensità macrosismica da bassa a molto bassa (< V grado MCS; nella serie storica risulta che soltanto in un'occasione è stato raggiunto il VI grado).

Dall'analisi statistica della storia sismica romana risulta che si sono risentiti terremoti fino a VIII grado MCS con tempi di ritorno di 500 anni, mentre terremoti con intensità del VI grado MCS sono probabili ogni 100 anni.

Gli Autori segnalano, infine, una attività sismica nei settori costieri ed off-shore della Regione Lazio, legata alle strutture trasversali; in particolare si fa riferimento al terremoto del 22/08/2005, profondo circa 30 km, con Magnitudo 4,5 localizzato al largo di Anzio e che si è risentito, oltre che in numerosi centri urbani costieri e dell'interno, anche nella Città di Roma.

7.2. Sismicità Locale

Studi recenti riguardanti la distribuzione delle Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani (Rovida et al. 2016 – disponibile on-line <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>) indicano, per la zona in oggetto, dei valori intorno al settimo-ottavo grado della scala macrosismica MCS.

I più importanti eventi sismici avvenuti nella zona e che hanno avuto un grande risentimento nell'area in studio sono centoquattordici e vengono riportati nella tabella sottostante.

Storia sismica di Roma Capitale

[41.899, 12.477]

Osservazioni disponibili: 162

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
7	1091 01 27	Roma	7	5.10
F	1231 06 01 11	Cassinese	7	5.10
4	1279 04 30 18	Appennino umbro-marchigiano	9	6.20
F	1298 12 01	Monti Reatini	9-10	6.26
NC	1315 12 03	Aquilano	8	5.56
4	1328 12 01	Valnerina	10	6.49
7-8	1349 09 09	Appennino laziale-abruzzese	9	6.27
5	1456 12 05	Appennino centro-meridionale	11	7.19
5	1484 01 19	Sabina	6-7	5.02
F	1599 11 06 01 25	Valnerina	9	6.07
4	1619 07 07 22	Aquilano	7-8	5.33
NF	1639 10 07	Monti della Laga	9-10	6.21

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
F	1654 07 24 00 25	Sorano	9-10	6.33
F	1672 06 08 17 30	Monti della Laga	7-8	5.33
F	1688 06 05 15 30	Sannio	11	7.06
3-4	1695 06 11 02 30	Lazio settentrionale	8-9	5.80
4	1702 10 18	Valnerina	5	4.16
7	1703 01 14 18	Valnerina	11	6.92
5	1703 01 16 13 30	Appennino laziale-abruzzese		
7	1703 02 02 11 05	Aquilano	10	6.67
5	1703 05 25	Sabina		
F	1705 11 29	Abruzzo-Lazio		
5	1706 11 03 13	Maiella	10-11	6.84
4	1719 06 27 06 30	Valnerina	8	5.59
2-3	1727 12 14 19 45	Valle del Metauro	7	5.24
6	1730 05 12 05	Valnerina	9	6.04
4-5	1731 03 20 03	Tavoliere delle Puglie	9	6.33
4	1732 11 29 07 40	Irpinia	10-11	6.75
3	1741 04 24 09 20	Fabrianese	9	6.17
3	1743 02 20	Ionio settentrionale	9	6.68
3	1747 04 17	Appennino umbro-marchigiano	9	6.05
5	1748 09 10 23 40	Colli Albani	5-6	4.40
5	1750 02 08	Colli Albani	5	4.50
F	1751 07 27 01	Appennino umbro-marchigiano	10	6.38
3-4	1754 06 08 05 05	Colli Albani	5	4.47
3	1756 10 22 14	Napoletano	6-7	3.50
3	1762 10 06	Aquilano	8	5.54
4-5	1767 06 05 01 30	Valle Umbra	7-8	5.45
2-3	1768 10 19 23	Appennino forlivese	9	5.99
3	1777 06 06 16 15	Tirreno meridionale		
F	1782 09 24	Colli Albani	6	4.63
4-5	1785 10 03 00 30	Monti Tiburtini	5-6	4.50
F	1785 10 09 03 15	Monti Reatini	8-9	5.76
F	1786 07 31	Aquilano	6	4.89
3	1791 10 11 13 05	Appennino umbro-marchigiano	8	5.57
3	1799 07 28 22 05	Appennino marchigiano	9	6.18
3	1800 12 29 10 15	Colli Albani	6	4.74
4	1805 07 26 21	Molise	10	6.68

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
F	1806 07 21 09	Cassinese	5-6	4.40
5-6	1806 08 26 07 35	Colli Albani	8	5.61
3	1810 07 13 13	Colli Albani	5-6	4.40
5-6	1811 02 18 02 15	Colli Albani	4-5	3.93
6-7	1812 03 22 02 20	Campagna romana	6-7	4.86
F	1815 09 03 23	Valnerina	8	5.58
3	1829 06 01 09	Colli Albani	7	4.87
F	1832 01 13 13	Valle Umbra	10	6.43
NF	1846 08 14 12	Colline Pisane	9	6.04
F	1854 01 17 09	Narni	5-6	4.71
F	1855 06 29 03 03	Colli Albani	4	4.27
NF	1857 12 16 21 15	Basilicata	11	7.12
3-4	1859 08 22	Valnerina	8-9	5.73
4	1861 12 12 06 10	Colli Albani	5	4.16
4-5	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	8	5.85
NF	1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	9-10	6.29
4	1873 07 12 06 06	Val Comino	7-8	5.38
4	1874 02 24 06 52	Aquilano	6-7	5.12
4	1874 12 06 15 50	Val Comino	7-8	5.48
2	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	8	5.74
2-3	1875 12 06	Gargano	8	5.86
5-6	1876 10 26 14 18	Monti Prenestini	7	5.06
4	1877 08 24 02 45	Lazio meridionale	7	5.21
2	1878 02 13 19 30	Cascia	4-5	4.22
3-4	1878 09 15 07 20	Valle Umbra	8	5.46
5	1879 02 23 18 30	Valnerina	8	5.59
2	1879 04 27 04 06	Appennino tosco-emiliano	7	5.03
2	1881 09 10 07	Chietino	7-8	5.41
2	1882 06 06 05 40	Isernino	7	5.20
2	1883 07 28 20 25	Isola d'Ischia	9-10	4.26
5	1883 09 02 07 03	Colli Albani	5-6	4.67
3	1884 08 07 02 15	Colli Albani	5	4.38
2	1885 02 26 20 48	Pianura Padana	6	5.01
4-5	1885 04 10 01 44	Appennino laziale-abruzzese	5	4.57
F	1887 03 11 14 45	Liguria occidentale		
NF	1889 12 08	Gargano	7	5.47

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
NF	1891 05 09 00 16	Val Roveto	5	4.42
2	1891 06 07 01 06 1	Valle d'Ilasi	8-9	5.87
5	1892 01 22	Colli Albani	7	5.14
NF	1895 06 30 03 48 5	Poggio Picenze	4-5	3.93
3	1895 08 09 17 38 2	Adriatico centrale	6	5.11
5-6	1895 11 01	Campagna romana	6-7	4.83
6-7	1899 07 19 13 18 5	Colli Albani	7	5.10
4	1901 04 24 14 20	Sabina	8	5.25
3-4	1901 07 31 10 38 3	Sorano	7	5.16
NF	1902 09 21 20 12 0	Ciociaria	4-5	4.02
4-5	1902 10 23 08 51	Reatino	6	4.74
F	1904 02 24 15 53 2	Marsica	8-9	5.68
2	1904 02 25 00 29 1	Marsica	5-6	4.56
2	1906 02 21 20 49	Colli Albani	5	4.08
NF	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	6-7	5.36
5	1909 08 31 13 41	Roma	5	4.15
4-5	1911 04 10 09 43	Colli Albani	6	4.74
6-7	1915 01 13 06 52 4	Marsica	11	7.08
F	1915 01 13 16 44	Marsica		4.79
F	1915 01 13 20 19	Marsica		4.74
3-4	1915 01 14 01 50	Marsica		4.64
3	1915 01 14 07 17	Marsica	5-6	4.88
F	1915 01 14 16 55 2	Marsica	4	4.60
2-3	1915 01 18 20 08	Marsica		4.98
3	1915 01 18 23 31	Marsica		5.02
3-4	1915 01 21 12 29 2	Marsica	4	4.83
3-4	1915 04 05 06 18 5	Valle dell'Aniene	6	4.80
3	1915 09 23 18 07	Marsica	6	5.07
3	1916 01 26 12 22	Sorano	6	4.72
3	1916 11 16 06 35	Alto Reatino	8	5.50
2	1917 01 03 01 35	Marsica		
2	1917 05 12 15 34 3	Ternano	7-8	5.03
4-5	1917 07 08 02	Appennino laziale-abruzzese	5-6	4.68
F	1919 06 29 15 06 1	Mugello	10	6.38
4	1919 10 22 06 10	Anzio	6-7	5.22
3-4	1922 12 29 12 22 0	Val Roveto	6-7	5.24

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
3	1923 05 13 14 30 5	Valle del Salto	5	4.33
2	1925 09 24 13 33 4	Molise occidentale	7	5.26
3-4	1927 10 11 14 45 0	Marsica	7	5.20
6	1927 12 26 15 06 1	Colli Albani	7	4.89
NF	1929 04 10 05 44	Bolognese	6	5.05
3	1930 07 23 00 08	Irpinia	10	6.67
3	1930 10 30 07 13	Senigallia	8	5.83
2-3	1931 10 21 07 35	Ciociaria	5	4.23
3	1933 09 26 03 33 2	Maiella	9	5.90
3	1938 08 12 02 28 3	Appennino laziale-abruzzese	5-6	4.56
3	1943 10 03 08 28 2	Ascolano	8	5.67
2-3	1948 12 17 21 18 0	Monti Reatini	5-6	4.40
3	1948 12 31 03 32	Monti Reatini	8	5.42
4	1950 09 05 04 08	Gran Sasso	8	5.69
4	1951 08 08 19 56	Gran Sasso	7	5.25
3	1957 04 11 16 19	Valle del Salto	6	4.94
3	1958 06 24 06 07	Aquilano	7	5.04
3-4	1961 10 31 13 37	Reatino	8	5.09
2-3	1967 12 03 21 29 5	Aquilano	5	4.37
NF	1967 12 09 03 09 5	Adriatico centrale		4.36
2-3	1971 02 06 18 09	Tuscania	7-8	4.83
3	1976 05 06 20 00 1	Friuli	9-10	6.45
3	1978 07 30 05 19 2	Ternano	7	4.32
5	1979 09 19 21 35 3	Valnerina	8-9	5.83
3	1980 02 28 21 04 4	Valnerina	6	4.97
3-4	1980 06 14 20 56 5	Marsica	5-6	4.96
2	1980 10 01 00 57 3	Frusinate	5	4.26
4	1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	10	6.81
NF	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	7	5.62
4	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	8	5.86
3	1984 05 11 10 41 4	Monti della Meta	7	5.47
2-3	1989 10 23 21 19 1	Colli Albani	6	4.32
4-5	1995 06 12 18 27 4	Campagna romana	5-6	3.79
4-5	1997 09 26 00 33 1	Appennino umbro-marchigiano	7-8	5.66
3	1997 09 26 09 40 2	Appennino umbro-marchigiano	8-9	5.97
3	2000 03 11 10 35 2	Valle dell'Aniene	6	4.25

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
4-5	2005 08 22 12 02 0	Costa laziale	5-6	4.78
4-5	2009 04 06 01 32 4	Aquilano	9-10	6.29
4	2016 10 26 19 18 0	Valnerina		6.07
5	2016 10 30 06 40 1	Valnerina		6.61
4	2017 01 18 10 14 0	Aquilano		5.70
3-4	2019 06 23 20 43 4	Colli Albani	5	3.76

Tabella 1 – Elenco degli eventi sismici sia storici che strumentali che hanno interessato direttamente o indirettamente l'area in studio. Is - intensità al sito (MCS); Io - Intensità epicentrale (MCS); Mw - magnitudo momento.

Dall'analisi dei recenti inventari di faglie attive, nello specifico è stato consultato il Diss 3.1 (nello specifico il Diss 3.2: DissWorking Group, 2015 - consultabile on-line: <http://www.ingv.it/DISS/>), non si riscontra la presenza di strutture sismogenetiche site in prossimità dell'area analizzata.

Con l'Ordinanza PCM 3274/03 e il successivo D.M. 14.01.2008 e D.M. 17.01.2018 si sono andati chiarendo e semplificando i rapporti fra esigenze normative e formati secondo i quali la pericolosità sismica deve essere valutata.

I dati di pericolosità sismica prodotti da INGV (MPS04 e successive integrazioni prodotte nell'ambito del progetto INGV-DPC S1, disponibili sui siti web <http://zonesismiche.mi.ingv.it/> e <http://esse1.mi.ingv.it/>) hanno fornito una prima risposta, che ha avuto un riconoscimento ufficiale nell' Ordinanza PCM 3519/06 "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

Pertanto il territorio del Municipio I di Roma è stato classificato appartenente alla categoria 3A.

Si fornisce inoltre la cartografia dei valori di pericolosità sismica del territorio nazionale espressi in termini di accelerazione massima del suolo (vedi Carta Classificazione Sismica e Carta dei Valori di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale).

Dalla Carta dei Valori di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale si osserva che la pericolosità sismica è stimata con una maggiore precisione; di fatto le variazioni sono continue e graduali, pertanto l'accelerazione orizzontale massima del suolo, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita ai suoli rigidi è a **0,125-0,150 g**, vale a dire lo scuotimento atteso del terreno in termini di accelerazione.

Si tratta di valori di accelerazione orizzontale attesa bassi.

Dall'analisi dello Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 condotto ai sensi della DGR Lazio 545/10 e validato da parte della struttura regionale competente, risulta che l'area in esame è stabile suscettibile ai fenomeni di amplificazione sismica locale.

Di seguito si riporta uno stralcio della Cartografia delle MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica), in scala 1:10.000.

COMUNE DI ROMA (RM)

Località "Piazza Sonnino"

CARTA CLASSIFICAZIONE SISMICA

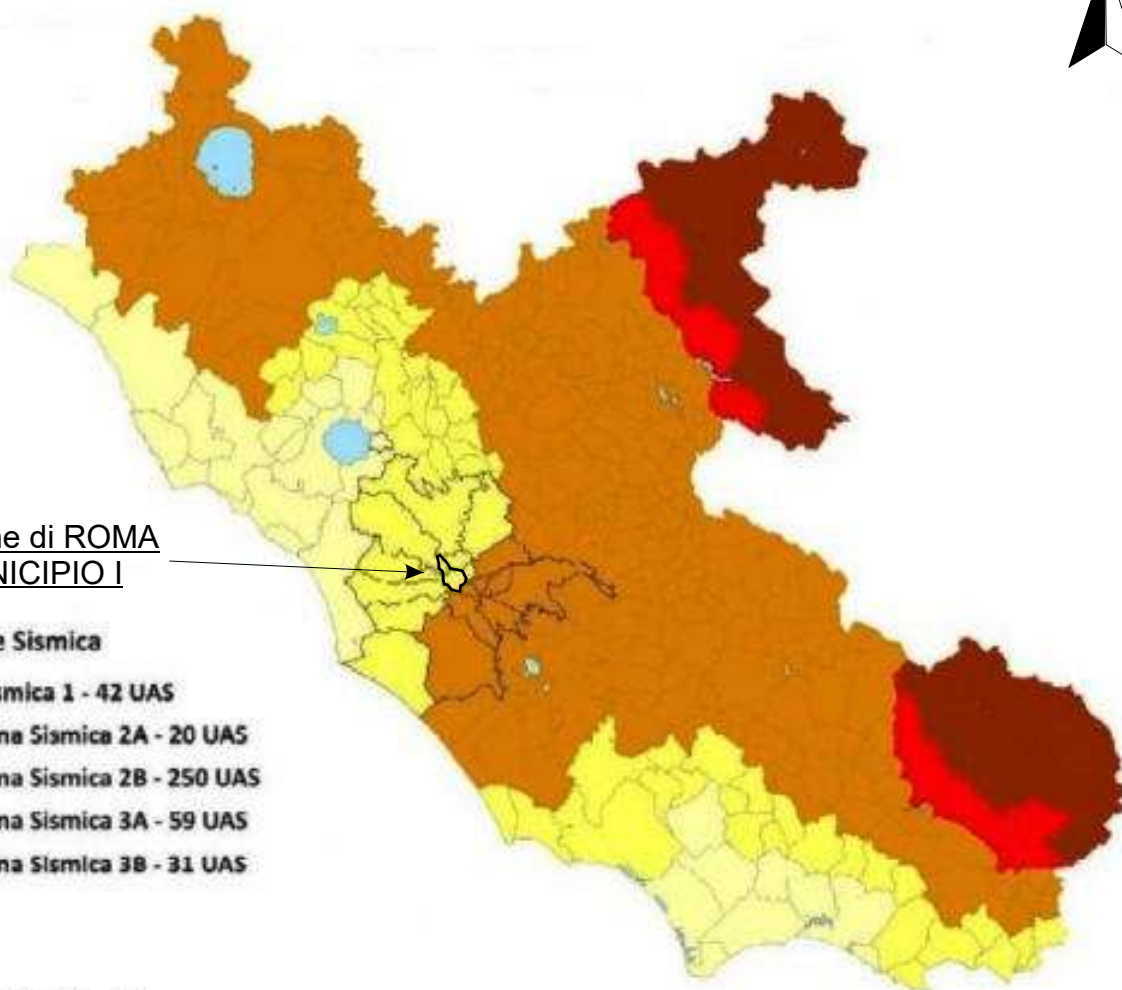
Ordinanza P.C.M. 3519 del 28/04/06 e con recepimento
delle variazioni operate dalla D.G.R. 387 del 22/05/2009



Comune di ROMA
MUNICIPIO I

Zonazione Sismica

-  Zona Sismica 1 - 42 UAS
-  Sottozona Sismica 2A - 20 UAS
-  Sottozona Sismica 2B - 250 UAS
-  Sottozona Sismica 3A - 59 UAS
-  Sottozona Sismica 3B - 31 UAS
-  laghi



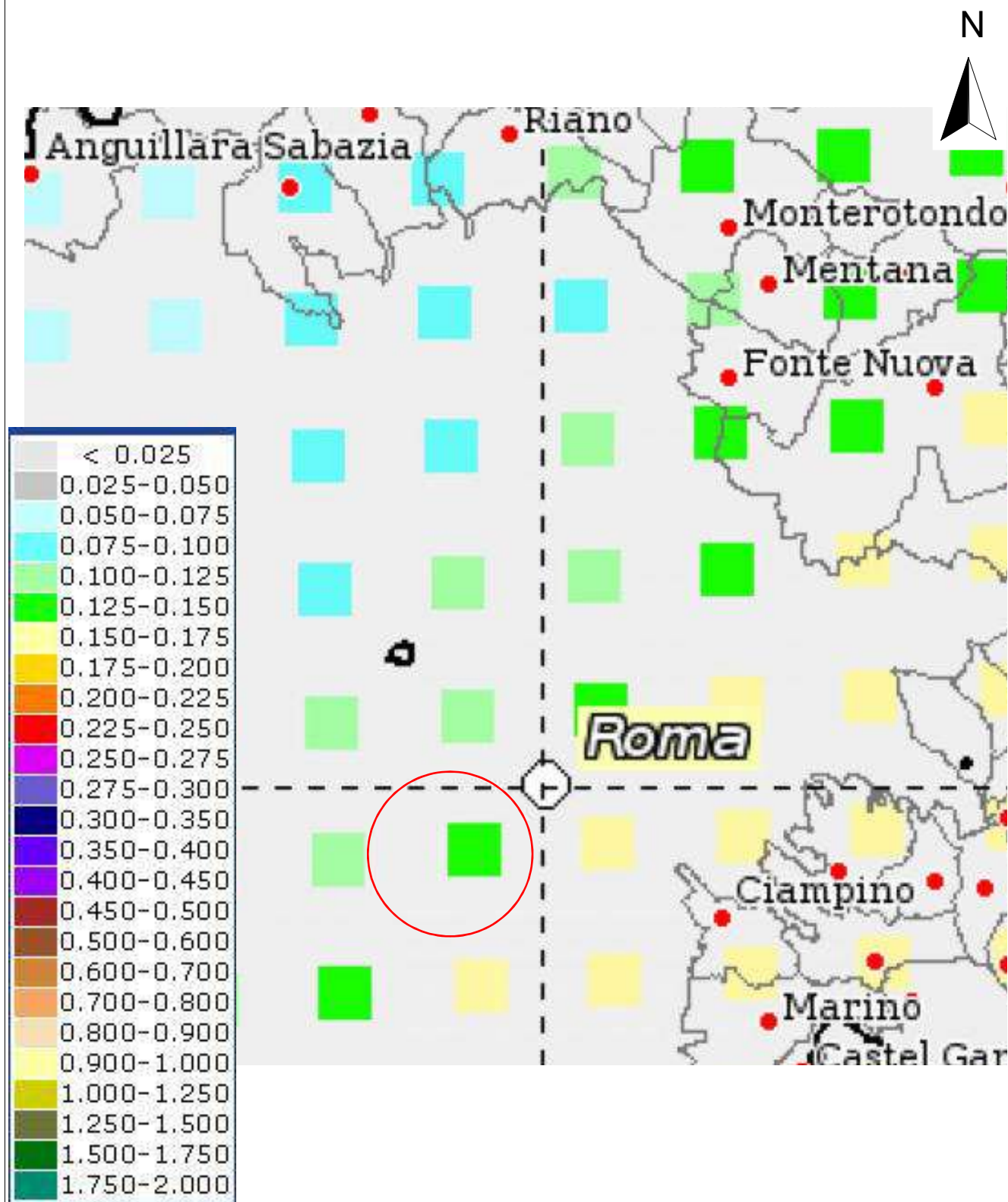
COMUNE DI ROMA (RM)

Località "Piazza Sonnino"

CARTA DEI VALORI DI PERICOLOSITA' SISMICA DEL TERRITORIO

(rif. Ordinanza PCM 3519 del 28/04/06)

Espressi in termini di accelerazione massima del suolo
con probabilità di eccedenza > 10% in 50 anni riferita ai suoli rigidi ($V_s > 800\text{m/s}$)



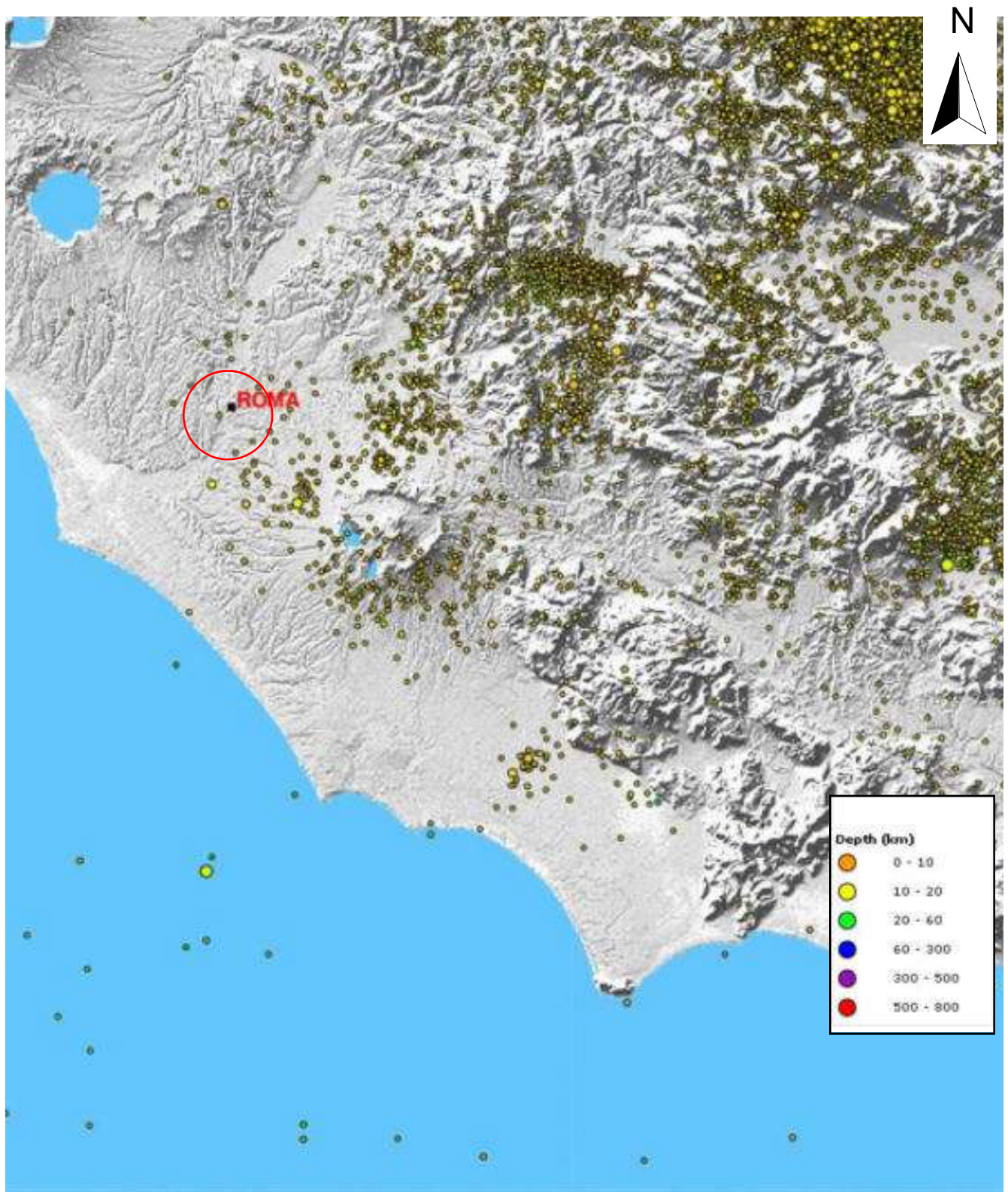
COMUNE DI ROMA (RM)

Località "Piazza Sonnino"

CARTA DELLA SISMICITA' STRUMENTALE

(Sismicità registrata nel periodo 1995-2015)

Fonte dei dati: Progetto ISIDE <http://iside.rm.ingv.it/>)

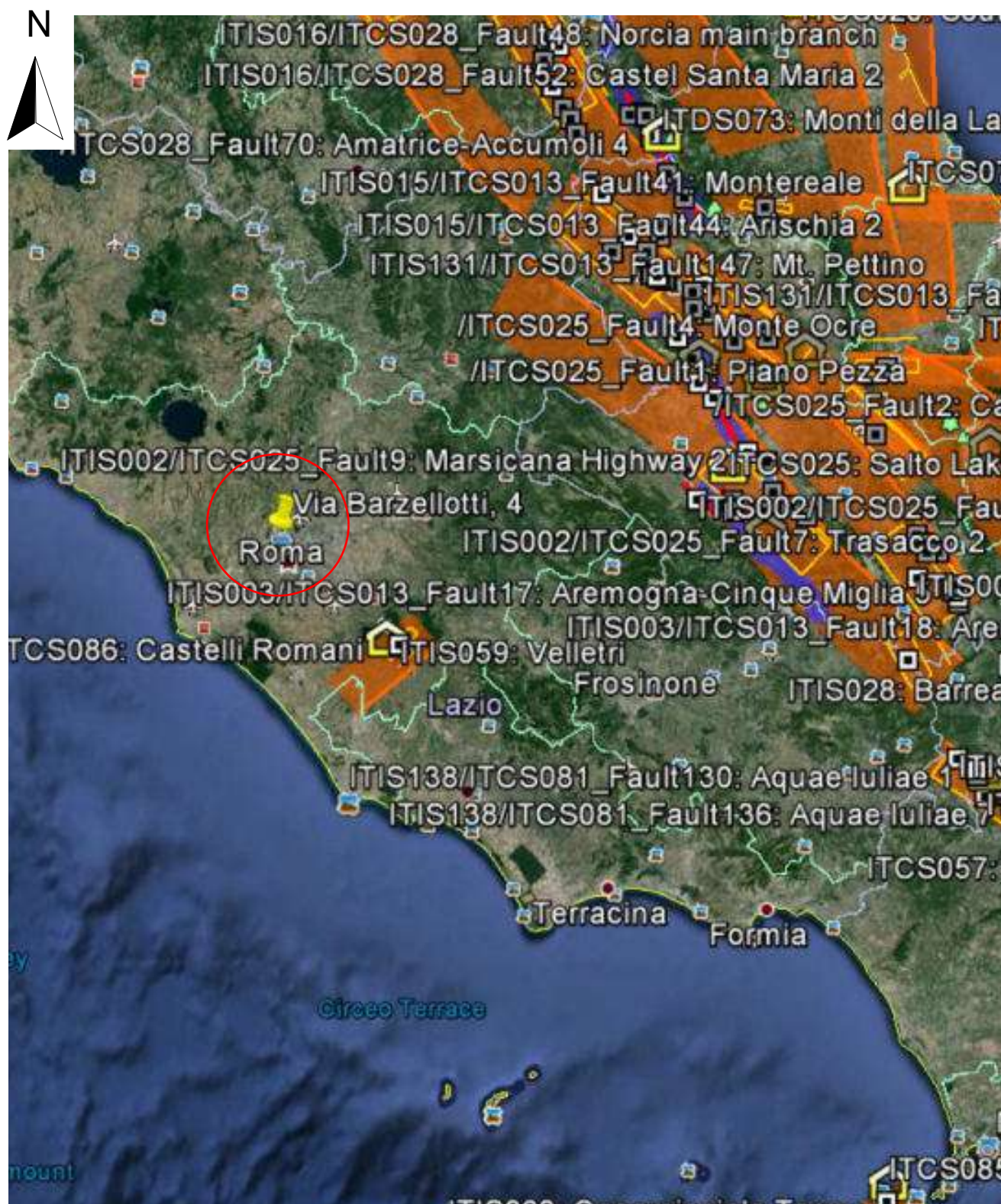


COMUNE DI ROMA (RM)

Località "Piazza Sonnino"

CARTA DELLA SISMICITA' STORICA, STRUMENTALE E DELLE STRUTTURE SIMOGENETICHE

Dati disponibili on-line: http://diss.rm.ingv.it/GFMaplet3_INGV/GFMaplet/Default

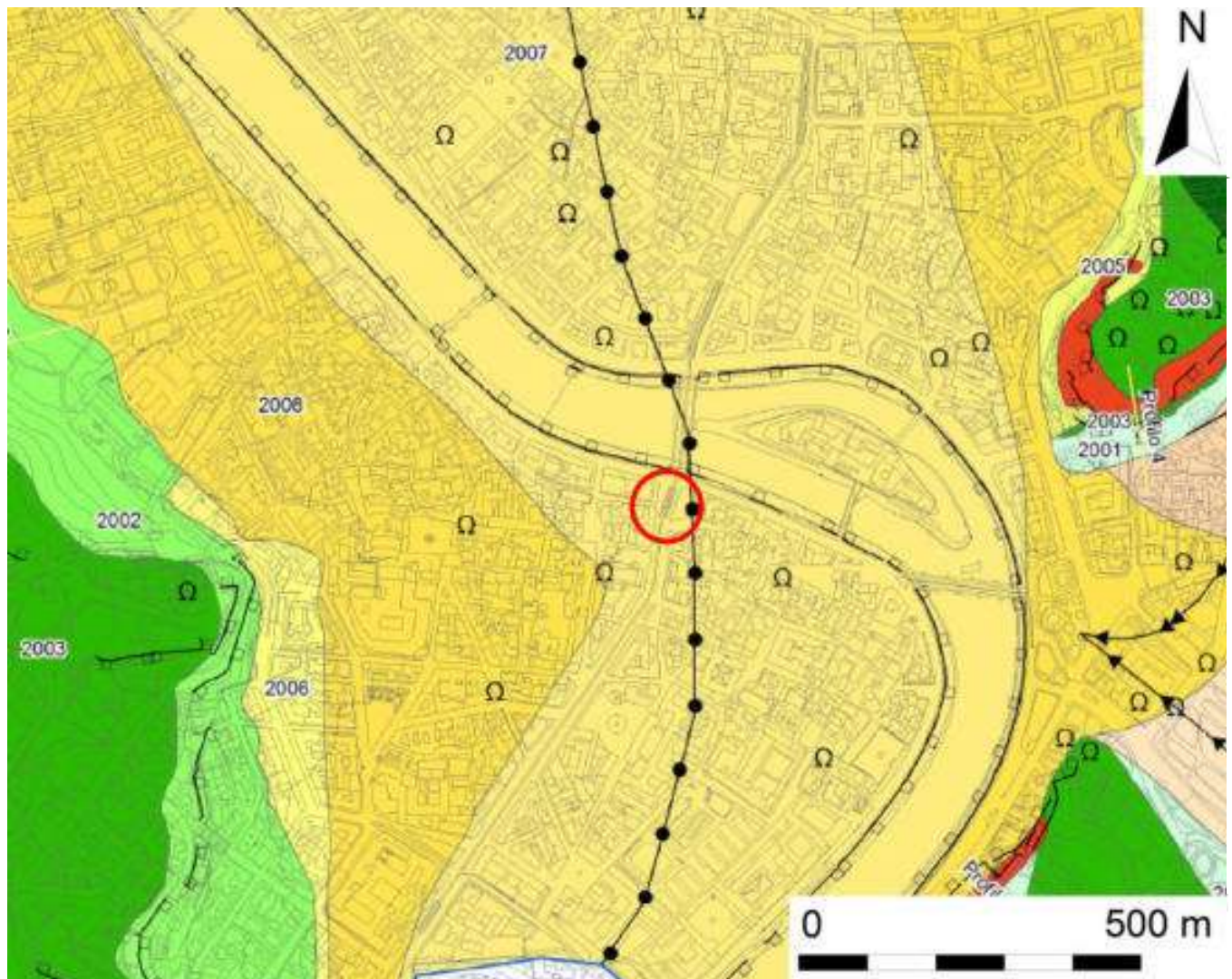


COMUNE di ROMA (RM)
Località "Piazza Sonnino"

Mod. 7.3.12 R00

CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

Stralcio Carta Microzonazione sismica di 1° Livello - U.A.S. di Roma - Municipio Roma Centro Storico
Scala 1:10.000



Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- Zona 1 - 2001
Multilayer vulcano-sedimentario ridotto
- Zona 2 - 2002
Substrato geologico non rigido
- Zona 3 - 2003
Multilayer vulcano-sedimentario completo
- Zona 4 - 2004
Paleovalle sepolta della Formazione di Fosso del Torrone
- Zona 5 - 2005
Riparti su tufi litoidi e pozzolane
- Zona 6 - 2006
Riparti su ghiaie e sabbie e su substrato geologico non rigido

- Zona 7 - 2007
Asse centrale della valle del Tevere
- Zona 8 - 2008
Porzioni laterali della valle del Tevere
- Zona 9 - 2009
Valle Murcia e fosso dell'Almone
- Zona 10 - 2010
Tributari minori del Tevere

Zone suscettibili di instabilità

- Instabilità di versante Quiescente

Forme di superficie e sepolte

- Scarpata sepolta
- Orlo di scarpata morfologica (10 - 20 m)
- Valle sepolta stretta $C \geq 0,25$
- Valle sepolta larga $C < 0,25$
- Traccia per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche
- Cavità sepolta

8. Indagini eseguite

8.1. Prove geotecniche

8.1.1. Prova penetrometrica dinamica DPM (Dynamic Probing Medium)

Al fine di caratterizzare a livello geotecnico i terreni al sedime dell'area d'intervento, sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche dinamiche di tipo DPM, denominate Pm1 e Pm2 ed ubicate come da stralcio cartografico allegato.

Il penetrometro dinamico utilizzato, Modello Pagani DPM 30-20, secondo la classificazione ISSMFE del 1988 appartiene al tipo Medio (DPM), ovvero con massa battente di massa $10 < M < 40$ kg.

Si allega il certificato di conformità dello strumento alle direttive europee.

Il modello consente l'infissione di aste di acciaio di diametro $\varnothing = 2,00$ cm, lunghezza 100 cm e peso 2.40 Kg cadauna; il maglio di battuta, del peso di 30,00 Kg, prevede un'altezza di caduta fissa di 20 cm; al termine dell'ultima asta è montata una punta conica, avente area $A = 10,00$ cmq ed angolo di apertura $\beta = 60^\circ$.

Tale penetrometro sviluppa un'energia specifica / colpo $Q = 6,00$ kg/cmq (per riferimento, una prova SPT sviluppa una $QSPT = 7.83$ kg/cmq); il coefficiente teorico di energia $\beta_t = Q / QSPT = 0,766$ (in teoria quindi $NSPT = \beta_t \times N$).

Sui tabulati allegati si riportano il numero dei colpi N per ogni 10 cm di avanzamento della batteria di aste, sia in veste analitica che grafica, ed i valori delle resistenze dinamiche di rottura alla punta con la profondità in Kg/cmq, calcolate ricorrendo alla formula olandese ricordata sul prospetto riepilogativo iniziale.

Sono infine stati correlati i dati ottenuti elaborando sia un prospetto statistico che un'interpretazione geomeccanica; ciò ha permesso di ricostruire la serie litotecnica, con le rispettive caratteristiche e le indicazioni dei valori di resistenza dinamica corrispondenti ad una prova SPT.

La colonna litotecnica del test consente un'interpretazione ed una definizione abbastanza affidabile della sequenza litologica e geomeccanica locale.

Durante l'esecuzione della campagna geognostica è stata scattata una fotografia, riportata nella apposita sezione in allegato (rif. Documentazione fotografica).

La prova è stata spinta fino alla condizione di rifiuto strumentale.

8.2. Prove geofisiche

8.2.1. Prove sismiche MASW

Descrizione del metodo

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Ogni singolo geofono è collegato mediante un cavo bipolare che trasmette il segnale al sismografo, il segnale sismico viene così registrato, opportunamente amplificato, visualizzato sullo strumento e memorizzato per le successive elaborazioni ed interpretazioni.

Questa tipologia di prospezione è stata realizzata con n. 1 stendimento sismico da 24 geofoni allineati a distanza intergeofonica di 0,75 metri che hanno registrato le onde sismiche generate in corrispondenza di 4 punti di energizzazione dislocati rispettivamente ad una distanza (offset) di 6,25 e 7,0 dal primo geofono all'esterno dello stendimento ed in allineamento con i geofoni.

La distanza intergeofonica indicativamente rappresenta lo spessore minimo della discontinuità rilevabile.

La profondità massima di penetrazione, diversamente dalla sismica a rifrazione tradizionale, è determinata dalla relazione fra velocità di propagazione dell'onda e le sue frequenze, quindi non dipende dalla geometria dello stendimento, ma dalle caratteristiche della successione litostratigrafia del terreno investigato.

Le acquisizioni sono state eseguite con diversi tempi di campionamento pari a 2.000 ms, 0.500 ms e 0,125 ms ed una durata di acquisizione di 2048 ms.

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale della PASI modello 16S24-U, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- capacità di campionamento dei segnali tra 125 μ s e 2 ms;
- filtri in post-acquisizione (50-60 Notch, 250LP)
- antialiasing: attivi, LPF, 8°ordine Butterworth;
- attenuazione -48dB/oct (-160dB/dec);
- $f_0=5/8f_{nyq}$; accuratezza $\pm 1\%$ freq.di taglio
- 24 bit con algoritmo proprietario
- 12 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;
- massa battente pesante di 8 Kg.

Per l'elaborazione del profilo verticale della Vs (velocità delle onde di taglio), è stato utilizzato il software winMASW della ELIOSOFT srl .

Elaborazione dei dati MASW1

Il passo di campionamento con il quale sono stati registrati i sismogrammi è stato pari a 2,0 ms, 0,5 ms e 0,125 ms; il sismogramma analizzato (Figura 2) in queste pagine è quello con passo di campionamento pari a 0,5 ms e offset pari a 6,25 metri di distanza dal primo geofono.

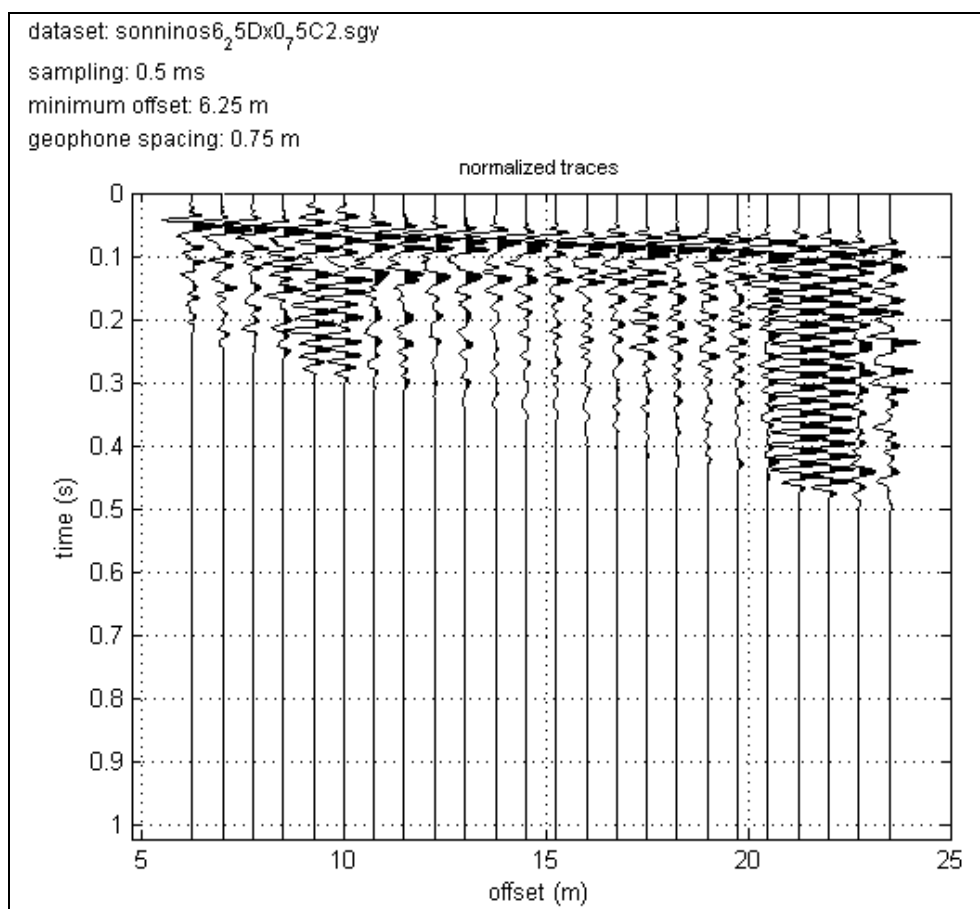


Figura 3. Sismogramma.

Dal sismogramma così ottenuto si è ricavato lo spettro delle velocità (diagramma velocità-frequenza) sul quale si individua la curva di dispersione (Fig. 4).

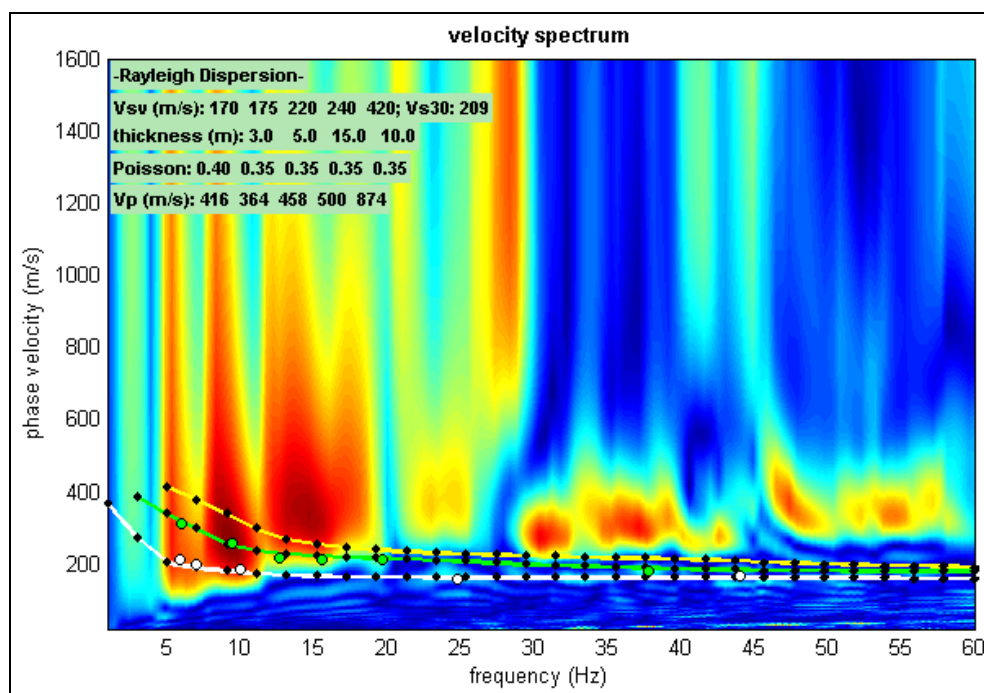


Figura 4. Spettro di velocità della MASW1.

Nel paragrafo successivo si riportano i modelli sismo-stratigrafici calcolati evidenziando il modello “medio” e “migliore” con colori differenti (Figura 5).

Risultati della MASW1

Gli spettri di velocità ottenuti dalle varie acquisizioni si presentano tutti molto netti mostrando chiaramente il modo fondamentale (Fig. 4).

Integrando e piccando i dataset acquisiti si osserva che la velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s)-frequenza (Hz) in un intervallo di compreso tra 2 Hz e 60 Hz.

La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 175 m/s e 300 m/s (Fig.4).

Per tale indagine si è proceduto sia con la modellazione diretta e sia con l'inversione della curva piccata.

I risultati esposti sono il frutto di una ricerca del modello migliore e coerente tra la distribuzione di energia nello spettro di velocità (dato sperimentale) e la curva di dispersione teorica del modello ipotizzato sulla base delle conoscenze geologico-geotecniche acquisite durante questo studio (Fig. 5).

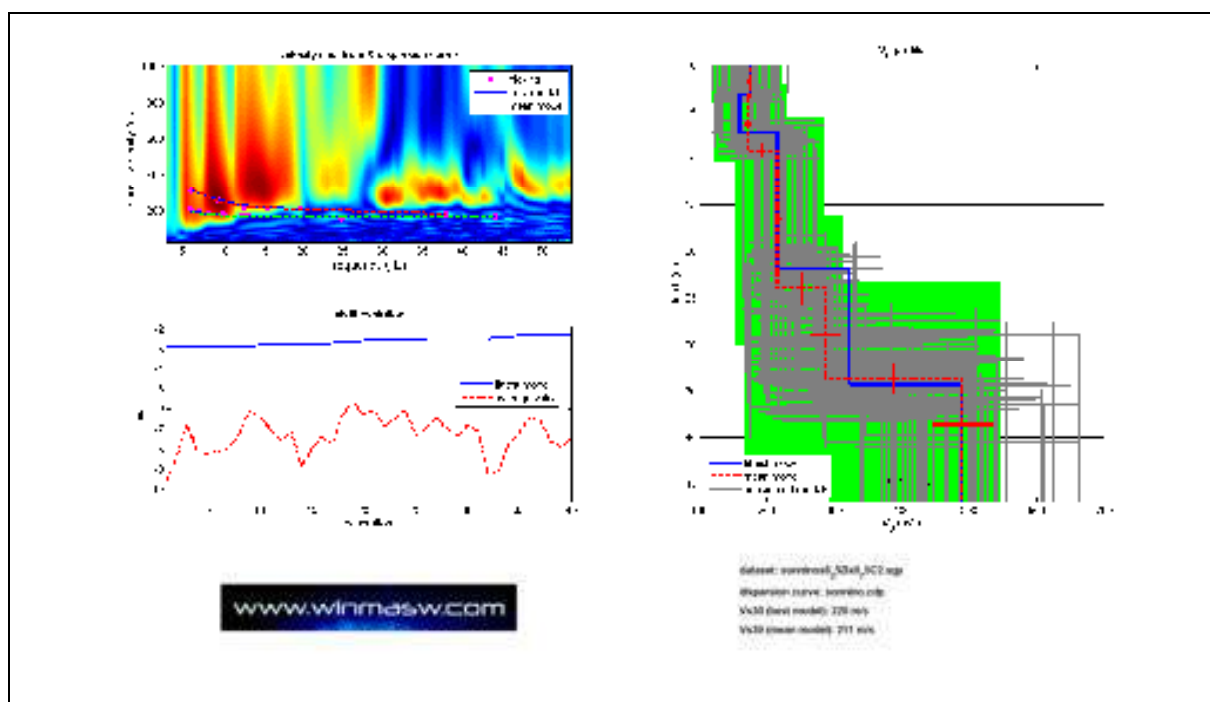


Figura 5. Modelli di velocità calcolati per la MASW1

La curva che meglio approssima i dati sperimentali, come già indicato nella figura 5, deriva da un profilo verticale delle onde S costituito da 5 sismo-strati, le cui caratteristiche geometriche e sismiche sono indicate nella figura successiva.

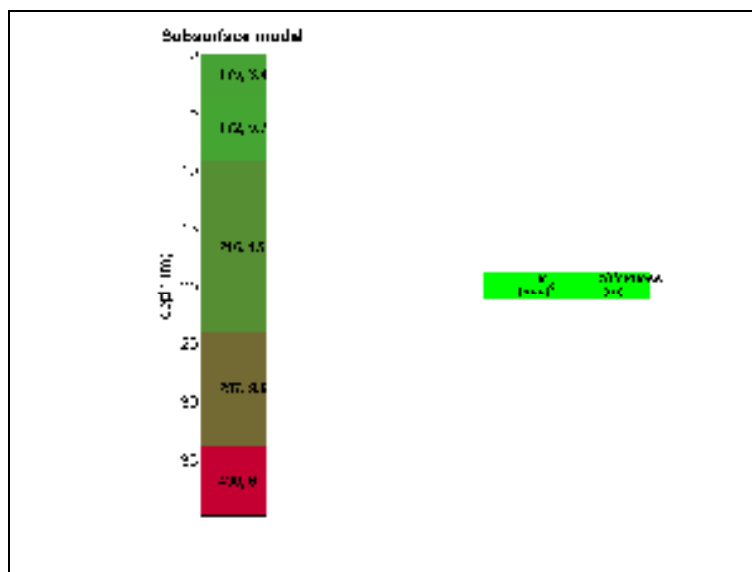


Figura 6. Sismostratigrafia desunta dall'elaborazione della MASW1

La classificazione del suolo è stata eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità:

Per il caso in esame, utilizzando i valori del modello di velocità relativo alle onde di taglio ed estendendo il semispazio fino alla profondità di 30 metri, risulta che la velocità media è di 211 m/sec.

8.2.2. Misure di microtremore

Descrizione del metodo

Il rumore sismico, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre, si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro. I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S.

In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossime a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime. La tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso, è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo (Field e Jacob, 1993; Lachet e Bard, 1994; Lermo e Chavez-Garcia, 1993, 1994; Bard, 1998; Ibs-von Seht e Wohlenberg, 1999; Fah et al., 2001). Sono state interpretate n. 2 registrazioni del rumore di fondo eseguite nell'area per un tempo di 16 minuti. Lo scopo di questa indagine è quello di verificare attraverso il metodo di Nakamura, l'eventuale presenza di eventuali contrasti di impedenza fra gli strati sismici investigati.

Risultati delle analisi H/V

Per le misure H/V (misure di microtremori a stazione singola) è stato utilizzato il tromografo ®Tromino (Micromed), strumento digitale dotato di tre sensori elettrodinamici (geofoni o velocimetri), solidali al case metallico, orientati secondo una terna cartesiana.

La frequenza di campionamento è stata di 128 Hz, con tempo pari a 16 minuti.

Sono state analizzate n. 2 registrazioni del rumore di fondo, come risulta dalla “carta ubicazione delle indagini”, in allegato.

L’elaborazione delle misure H/V è consistita in un lavoro di pulizia del dato, allo scopo di eliminare segnali transienti e poter quindi procedere al calcolo degli spettri delle componenti orizzontali (H) e verticali (V), successivamente sintetizzate nel rapporto spettrale H/V (in allegato).

Sulla base della ricostruzione stratigrafica ottenuta dalle indagini geotecniche precedentemente descritte, è stato possibile utilizzare la curva H/V per realizzare un modello sintetico di Vs (Experimental vs. Synthetic H/V).

Seguono i rapporti delle registrazioni eseguite.

ROMA, SONNINO R1

Strumento: TRZ-0142/01-11

Inizio registrazione: 17/12/15 13:20:03 Fine registrazione: 17/12/15 13:36:03

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

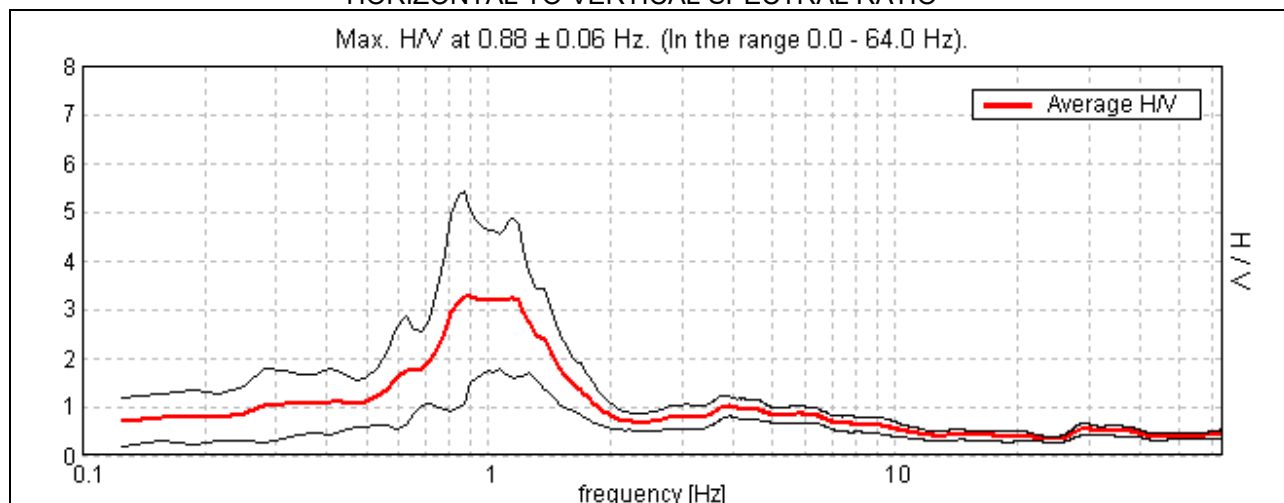
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

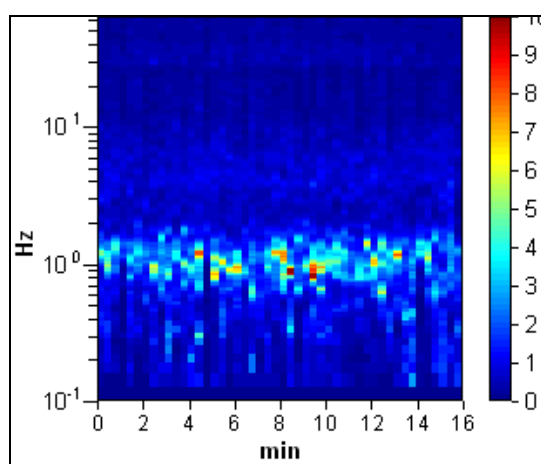
Lisciamento: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

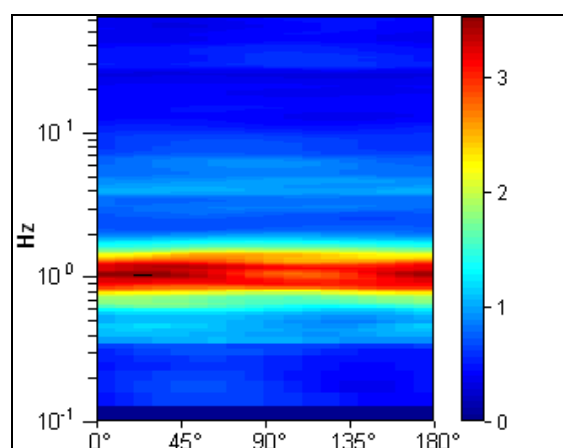
Max. H/V at 0.88 ± 0.06 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



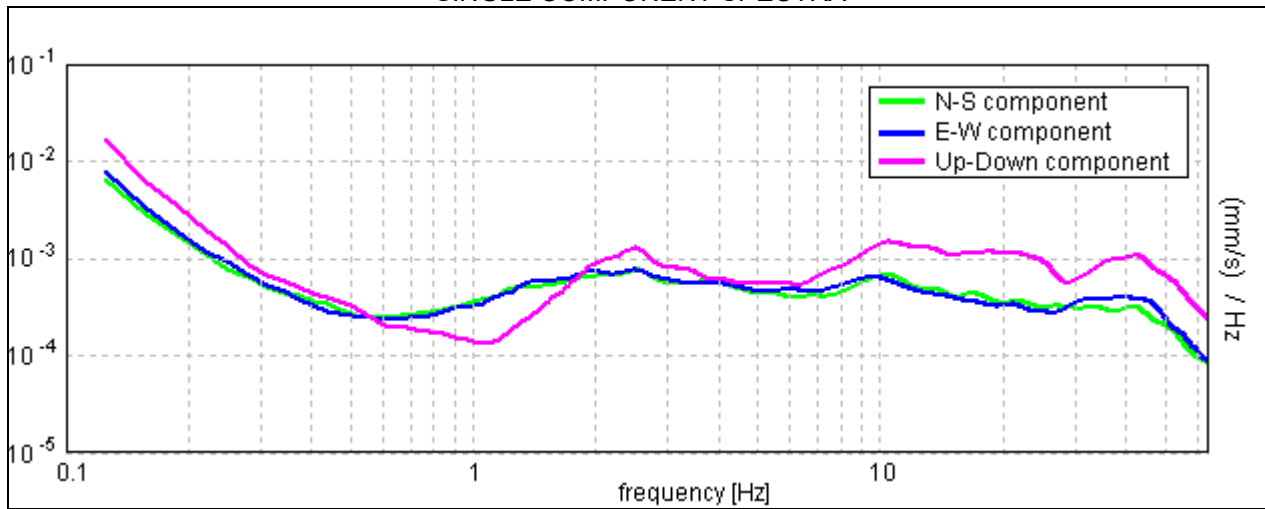
H/V TIME HISTORY



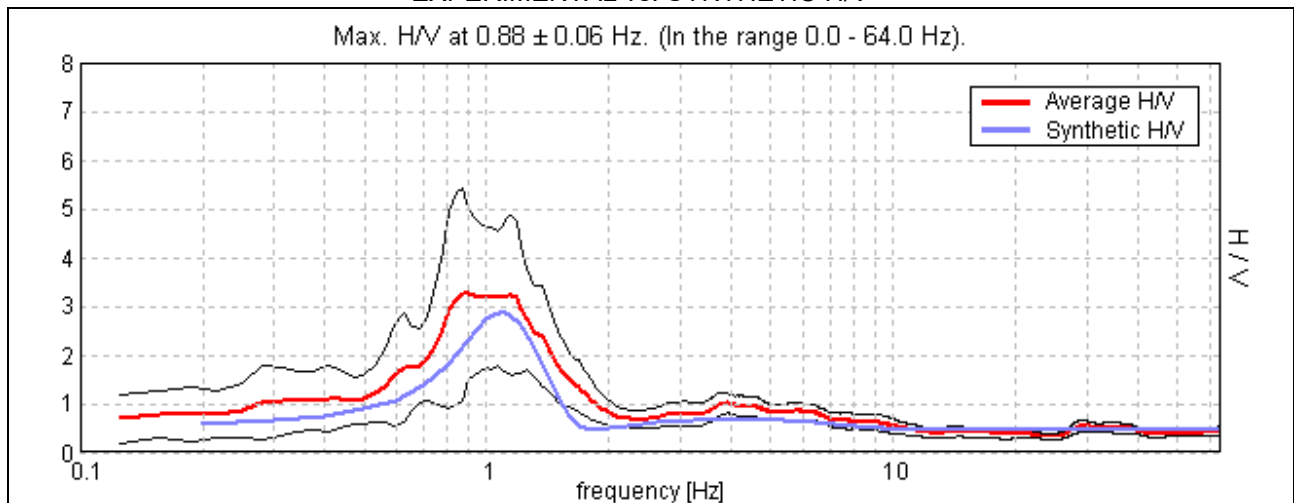
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

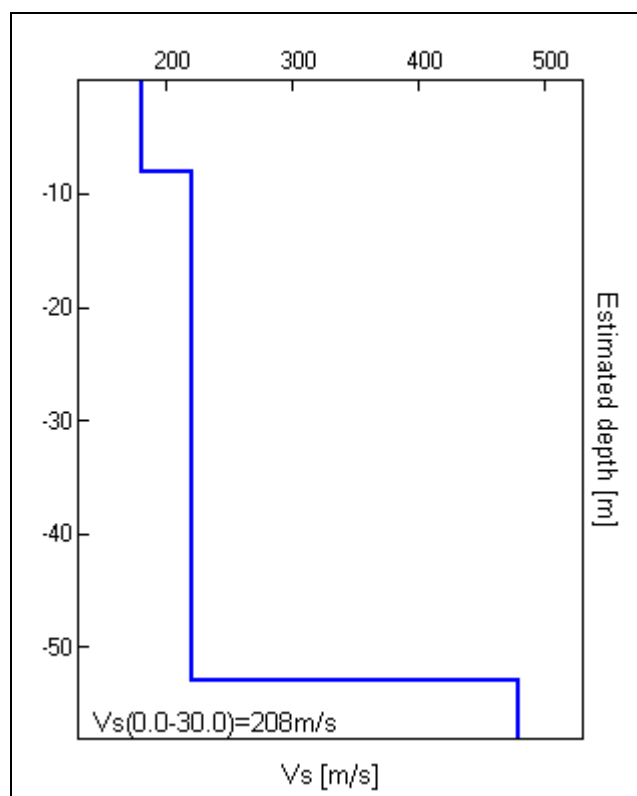


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 0.88 ± 0.06 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
8.00	8.00	180	0.35
53.00	45.00	220	0.35
inf.	inf.	480	0.35

$$V_{s_eq}(0.0-30.0) = 208 \text{ m/s}$$



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Picco H/V a 0.88 ± 0.06 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.88 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$840.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 3 volte su 43		NO

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.594 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.563 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.26 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03166 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.02771 < 0.13125$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.073 < 2.0$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

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

ROMA, SONNINO R2

Strumento: TRZ-0142/01-11

Inizio registrazione: 17/12/15 13:55:36 Fine registrazione: 17/12/15 14:11:36

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

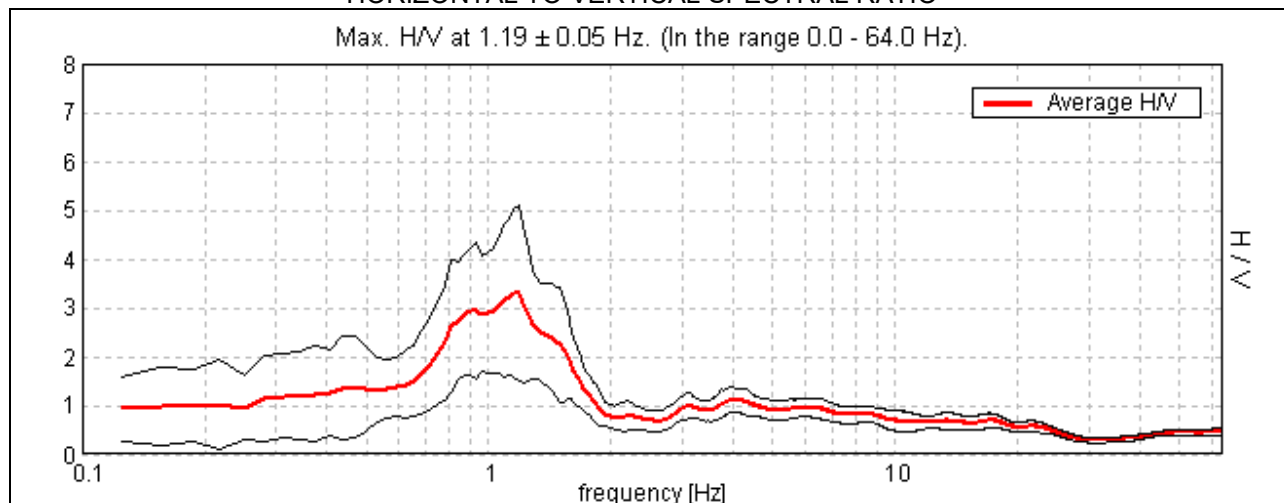
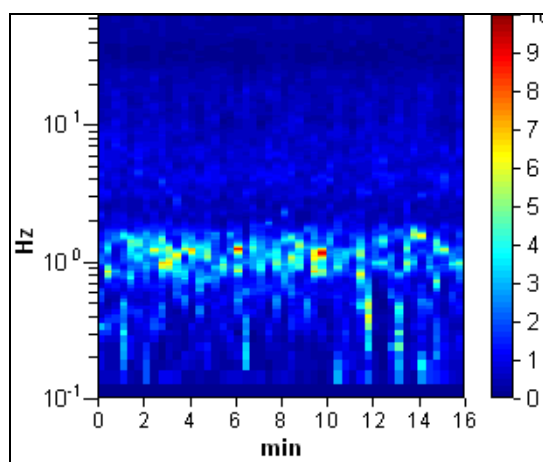
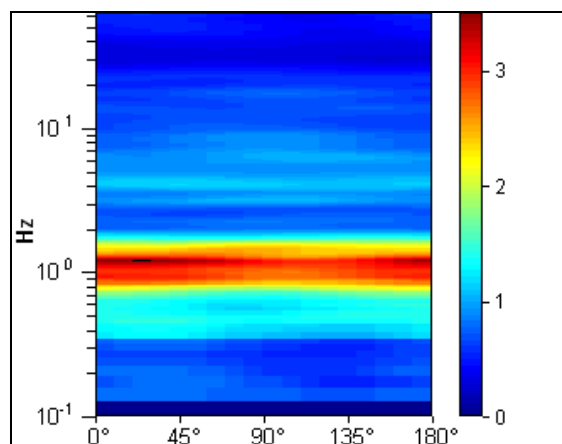
Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

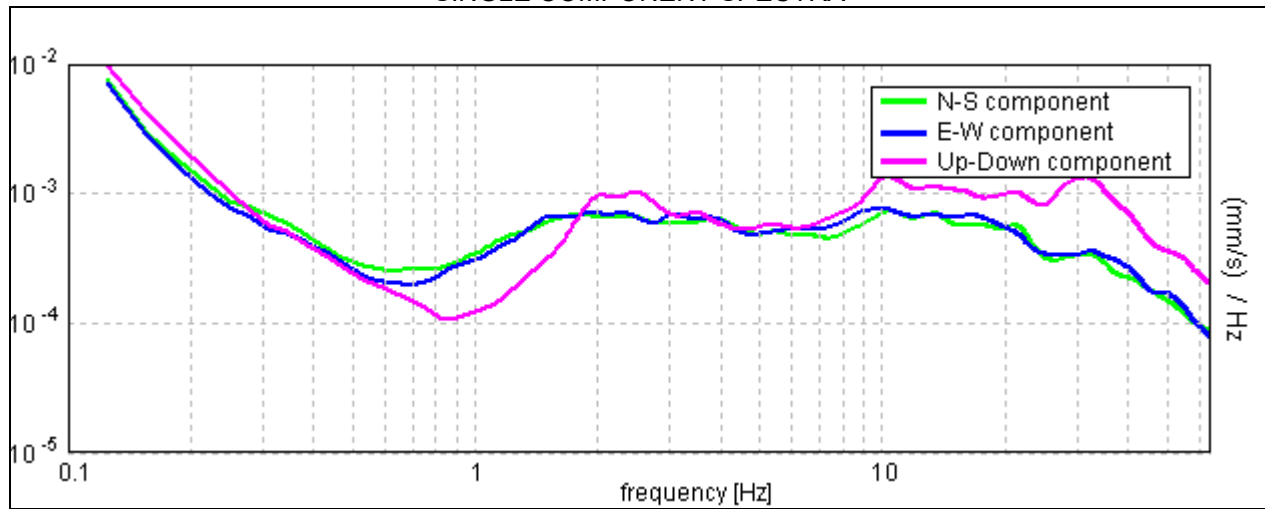
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

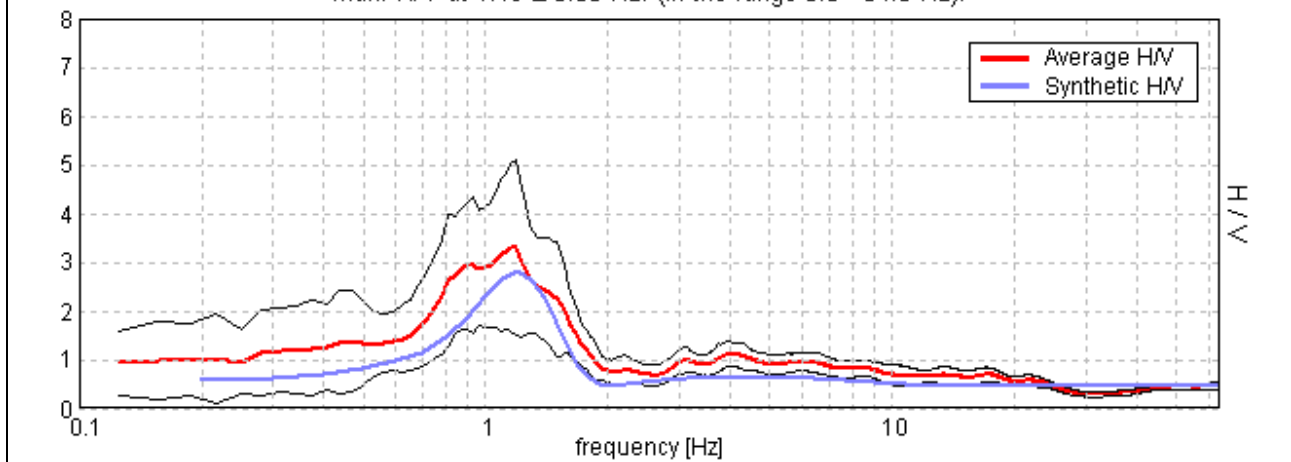
Lisciamento: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIOMax. H/V at 1.19 ± 0.05 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).**H/V TIME HISTORY****DIRECTIONAL H/V**

SINGLE COMPONENT SPECTRA

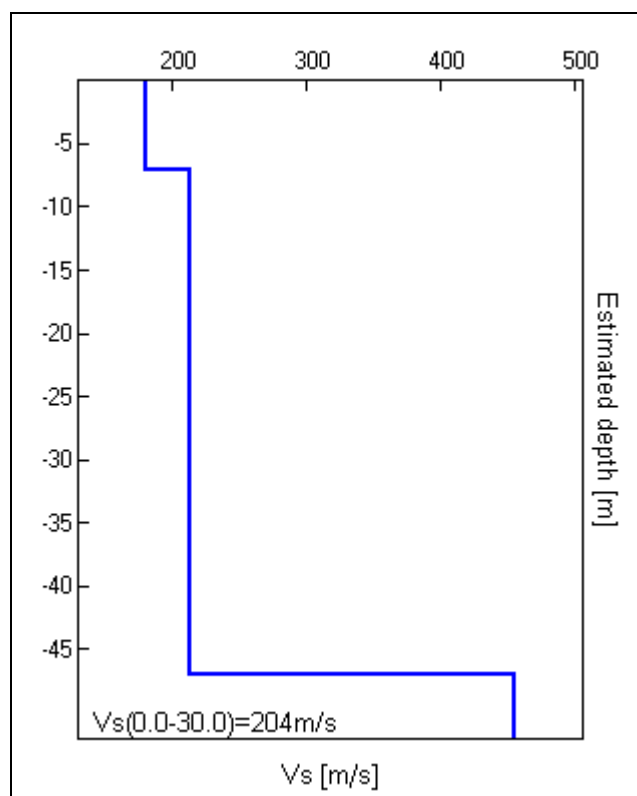


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 1.19 ± 0.05 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
7.00	7.00	180	0.35
47.00	40.00	213	0.35
inf.	inf.	455	0.35

$$V_{s_eq}(0.0-30.0) = 204 \text{ m/s}$$



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Picco H/V a 1.19 ± 0.05 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.19 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1140.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 58	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.656 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.656 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.29 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02065 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.02452 < 0.11875$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.8857 < 1.78$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

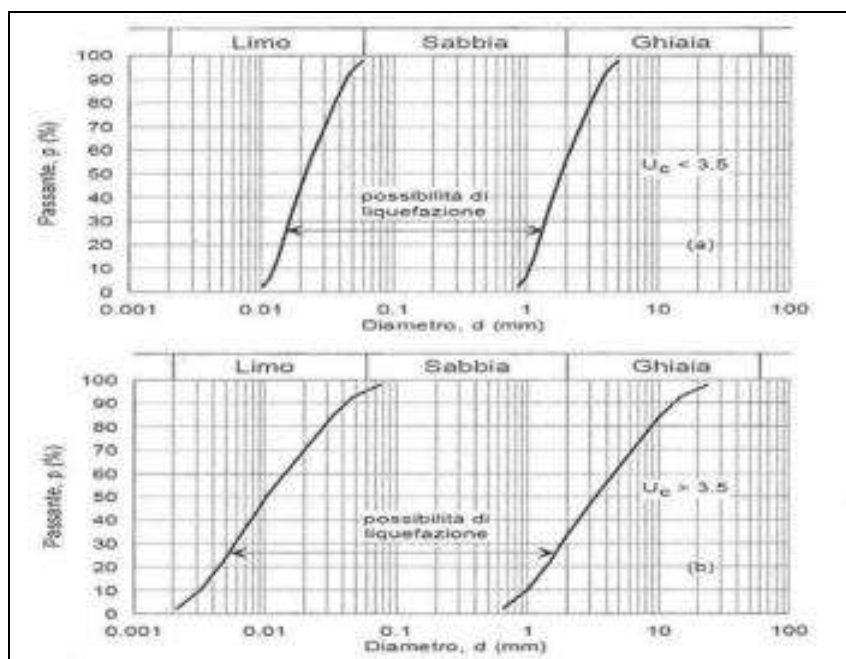
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

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

9. Liquefazione

Le NTC 2018, al cap. 7.11.3.4.2, stabiliscono che la verifica nei confronti della liquefazione di un terreno di fondazione possa essere omessa qualora si verifichi una delle seguenti condizioni:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.100 g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$;
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura sottostante (terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ e terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$).



Per quanto sopra esposto, e in particolare per i punti n. 2, 3 e 4 si può ritenere che i terreni presenti nell'area di sedime possano essere classificati come non liquefacibili in fase sismica in riferimento alla normativa vigente.

10. Modello geologico e geotecnico

La sintesi di tutti i dati analizzati (rilievo geologico, interpretazione dei dati geofisici acquisiti, interpretazione delle risultanze delle indagini pregresse) ha permesso di definire il seguente **modello geologico**, relativo all'area di sedime del bagno pubblico oggetto del presente studio, schematizzato nella successiva tabella, riferito alla quota della sede stradale.

Descrizione litologica dello strato	Profondità (m)	Litotipo n°
Depositi di riporto ed antropizzati	p.c. – 1,8	1
Depositi sabbiosi e ghiaiosi, con intercalazioni marnose	1,8 - >20	2

Tabella – Modello geologico

Da quanto sopra ed al fine di fornire una rapida sintesi delle eventuali criticità riscontrate, si riporta il seguente prospetto:

- **Rischio geologico:**
 - Rischio di frana attuale: assente
 - Rischio di frana potenziale: assente
 - Rischio di alluvionabilità: assente
 - Rischio di erosione lineare accelerata: assente
 - Rischio di crollo massi: assente
- **Rischio sismico:** medio
- **Rischio cavità:** assente
- **Rischio liquefazione:** assente
- **Rischio subsidenza o sinkhole:** assente
- **Rischio tettonico:** assente

Attraverso la combinazione delle informazioni riassunte nella tabella sovrastante e dei dati provenienti dalle indagini geognostiche eseguite nell'area, nonché dei dati in possesso dello scrivente, è possibile descrivere il modello geotecnico.

Definito il volume significativo come quella parte di sottosuolo influenzata, direttamente od indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso, è possibile descriverne il comportamento attraverso il **modello geotecnico**, nel quale i valori nominali dei parametri geotecnici sono stati trasformati nei rispettivi **valori caratteristici (k)** degli stessi, così come richiesto al § 6.2.2 delle NTC08 e della Circolare.

Si riporta la tabella dei valori caratteristici nella quale:

- γ_k = densità caratteristica;
- ϕ_k = angolo di attrito interno caratteristico;
- c'_k = coesione drenata caratteristica;
- $C_{u,k}$ = coesione non drenata caratteristica;
- $E_{s,k}$ = modulo elastico (di Young) caratteristico;
- $G_{0,k}$ = modulo di taglio caratteristico;
- μ_k = modulo di Poisson caratteristico;
- λ_l = coefficiente di Lamè

Il modello geotecnico relativo all'intervento in progetto è riportato nella sottostante tabella, nella quale gli strati sono stati individuati ricorrendo alla stessa numerazione dei litotipi individuati, riportati nella precedente tabella.

Strato	γ_k KN/m ³	ϕ_k °	c'_k daN/cm ²	$C_{u,k}$ daN/cm ²	$E_{s,k}$ (Mpa)	$G_{0,k}$ (Mpa)	λ_l (Mpa)	μ_k
Litotipo 1	14 - 15	21 - 24	-	-	40	55	55	0.39
Litotipo 2	19 - 20	33 - 37	-	-	110	100	120	0.36

Tabella - Valori caratteristici dei parametri geotecnici

In riferimento alle tabelle precedenti è opportuno evidenziare quanto segue:

- ✓ Il valore nominale dei parametri geotecnici, dal quale è stato poi ricavato quello caratteristico secondo quanto nel seguito riportato, è riportato in allegato nelle diagrafie delle prove penetrometriche DPSH, per ogni 20 cm;
- ✓ Il punto C 6.2.2.4 della Circolare recita *“Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità. La scelta di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici può essere dettata anche solo dalle caratteristiche dei terreni; basti pensare, ad esempio, all'effetto delle discontinuità sul valore operativo della resistenza non drenata. Una migliore approssimazione nella valutazione dei valori caratteristici può essere ottenuta operando le opportune medie dei valori dei parametri geotecnici nell'ambito di piccoli volumi di terreno, quando questi assumano importanza per lo stato limite considerato. È questo il caso, ad esempio, delle verifiche SLU dei pali in condizioni non drenate, in termini di tensioni totali, nelle quali per la determinazione del contributo di resistenza alla punta è appropriata la valutazione del valore caratteristico della resistenza non drenata mediante una media locale effettuata nel volume di terreno interessato dal meccanismo di collasso indotto dalla punta stessa”*.
- ✓ I parametri caratteristici sono stati identificati con il metodo statistico in base alle seguenti fonti di letteratura:

- EUROCODICE 7 (EC7) (norma europea prEN1997-1), punto 2.4.5.2 11 e relativa nota;
- Bond, A., Harris, A., Decoding Eurocode 7, Taylor and Francis, 2008.

L'EC7 suggerisce che il valore caratteristico di un determinato parametro debba corrispondere ad una valutazione cautelativa del valore medio di quel parametro e che, se si utilizzano metodi statistici, il valore caratteristico dovrebbe essere cautelativamente rilevato in maniera tale che la probabilità calcolata di valori più sfavorevoli che determinano la manifestazione dello stato limite non sia maggiore del 5%.

11. Azioni sismiche di progetto

Una breve descrizione della sismicità storica del Comune di Roma è riportata nel Capitolo 7 del presente lavoro, dal quale si deduce che l'area in esame è caratterizzata da un'accelerazione orizzontale attesa medio-bassa.

Per un sisma con un periodo di ritorno (T_R) di 50 anni e probabilità di superamento (P_{VR}) pari al 10%, questo valore è generalmente compreso nel range **0,125 – 0,150** Ag/g (INGV: "Mappa della pericolosità sismica del territorio").

11.1. Pericolosità sismica di base

Al fine della definizione delle **azioni sismiche di progetto**, di cui al § 3.2 delle NTC18, occorre partire dalla "**pericolosità sismica di base**".

La stima di quest'ultima, intesa come accelerazione orizzontale massima attesa a_g su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale (categoria A e T1 delle NTC18), pertanto in condizioni ideali, viene eseguita mediante un approccio "sito dipendente"; ovvero la stima dei parametri spettrali, necessari per la definizione dell'azione sismica sia per la valutazione della sicurezza sia per il progetto degli interventi, è calcolata direttamente per il sito in esame.

Per far ciò sono state calcolate, in base ai parametri correlati al reticolo di riferimento, le coordinate geografiche della zona in esame, riferite all'ellissoide ED50, sistema di riferimento utilizzato per la carta di pericolosità dell'INGV.

Esse sono:

Latitudine: ϕ_{ED50}	41.890071
Longitudine: λ_{ED50}	12.474641

Una volta ricavata la pericolosità sismica di base, fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it> è possibile passare alla definizione delle azioni sismiche, nei vari stati limite, attraverso l'approccio prestazionale introdotto dalle NTC18, e valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_r con la seguente relazione:

$$V_r = V_n \text{ (vita nominale della struttura)} \times C_u \text{ (coefficiente d'uso)}.$$

Esse si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali.

Queste ultime, relative a ciascuno degli stati limite, cui corrispondono determinate probabilità di superamento P_{V_r} nel periodo di riferimento, sono definite, in condizioni di campo libero, a partire dai seguenti parametri:

- a_g (o P_{ga}) accelerazione orizzontale massima del terreno, determinata su un reticolo a maglia inferiore a 10 Km (corrispondente all'ordinata spettrale per $t = 0$);
- 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 su suolo rigido.

Tramite il software sperimentale SPETTRI 1.03 del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti è possibile stimare i parametri per la definizione dell'azione sismica per i vari stati limite considerati e per il sito, tenendo conto delle seguenti condizioni:

- Coordinate del sito: Lat 41.890071 e Long 12.474641;
- Vita nominale V_N : 50 anni;

- Classe d'uso: II (*affollamento normale*);
- Coefficiente $C_u=1,0$;
- Vita di riferimento $V_R = V_N \times C_u = 50$ anni.

Ai quattro stati limite, Stato limite di immediata operatività (SLO), Stato limite di danno (SLD), Stato limite di salvaguardia della Vita (SLV) e Stato limite di prevenzione del Collasso (SLC) sono stati attribuiti (v. Tabella 3.2.1 delle NTC18) i valori della probabilità di superamento P_{Vr} nel periodo di riferimento, pari rispettivamente a 81%, 63%, 10% e 5%, cui corrispondono periodi di ritorno di anni 30, 50, 475, 975.

I parametri di azione sismica del sito in esame per i diversi stati limite sono riportati nella successiva tabella 5.

Stato limite	T_r (anni)	a_g (m/s ²)	F_o	T^*_c (s)
SLO	30	0.048	0.041	2.545
SLD	50	0.060	0.052	2.511
SLV	475	0.141	0.111	2.646
SLC	975	0.176	0.138	2.649

Tabella 5 – Parametri di azione sismica del sito in esame per i diversi stati limite

11.2. Risposta Sismica Locale (RSL) e categoria di sottosuolo

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, secondo quanto esposto nelle NTC18, per tener conto delle modifiche prodotte dalle locali condizioni stratigrafiche (S) del sottosuolo e dalla configurazione topografica (T) del sito in esame.

Entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido ed orizzontale.

Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, determinano la **risposta sismica locale (RSL)**, così come definita al § 7.11.3.1 delle NTC18.

Gli effetti della RSL possono essere valutati con metodi semplificati, se l'azione sismica in superficie è descritta dall'accelerazione massima o dallo spettro di risposta elastico, oppure mediante specifiche analisi quando l'azione è descritta mediante accelerogrammi.

Nella fattispecie, dall'analisi e mediazione dei dati ricavati, è stato possibile valutare l'effetto della risposta sismica locale, mediante la classificazione sismica del suolo.

Infatti, l'esecuzione della prospezione geofisica MASW, nonché la modellazione geologica e geotecnica del sedime locale, hanno consentito di procedere con l'approccio semplificato, così come raccomandato al § 3.2.2 delle NTC18, in quanto si è concretizzata la condizione imposta dalle NTC18, necessaria per poterlo applicare, ovvero un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche dei terreni con la profondità.

Per quanto sopra esposto il sottosuolo può essere classificato nella **categoria "C"** avendo presentato una media dei valori della **Vs30 di circa 208 m/sec**, come da campitura evidenziata nella seguente tabella 3.2.II delle NTC18.

§ 3.2.2 NTC18: Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria suolo	Tipo	Velocità onde di taglio
A	Ammassi rocciosi o terreni molto rigidi	$V_s > 800$ m/sec
B	Rocce tenere e terreni a grana grossa molto addensati o terreni fini molto consistenti	$360 \text{ m/sec} < V_s < 800 \text{ m/sec}$
C	Terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni fini mediamente consistenti	$180 \text{ m/sec} < V_s < 360 \text{ m/sec}$
D	Terreni a grana grossa scarsamente	$100 \text{ m/sec} < V_s < 180 \text{ m/sec}$

Categoria suolo	Tipo	Velocità onde di taglio
	addensati o terreni fini scarsamente consistenti	
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D con profondità del substrato non superiore a 30 m	Vs come C e D nello strato superficiale su un substrato con Vs come A

Per quanto attiene le modifiche indotte all'azione sismica di progetto dal fattore topografico, il rilevamento geomorfologico condotto ha consentito di classificare il sito locale, come da campitura evidenziata successiva tabella 3.2.III delle NTC18, in categoria **"T1"**.

§ 3.2.2 NTC18: Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$
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 $i > 30^\circ$

L'azione sismica di progetto dovrà pertanto essere determinata considerando la categoria di sottosuolo, nella fattispecie **tipo C**, e la categoria topografica, nella fattispecie **T1**.

12. Considerazioni conclusive

Il presente studio si è sviluppato prevedendo una fase di rilevamento in campagna dei caratteri geologico – geomorfologici dell'area, seguita da una fase che ha previsto l'esecuzione di una campagna di indagini geotecniche e sismiche, condotte nel Dicembre 2015 nell'area di studio in occasione di un precedente incarico per la medesima committenza.

Le indagini sono state condotte ai sensi del D.M. LL.PP. 11.3.1988 "Norme tecniche per indagini su terreni e rocce...omissis", e della Circolare del Min. LL.PP. n° 30483/88, nonché sulla base di quanto riportato al capitolo 6 al quale si rimanda.

In particolare, lo studio è stato articolato nelle seguenti attività:

- Elaborazione dei dati raccolti in occasione di una precedente campagna di intervento (Dicembre 2015) che aveva previsto le seguenti attività:
 - ✓ Sopralluogo preliminare per l'acquisizione dello stato dei luoghi e della logistica;
 - ✓ Individuazione delle caratteristiche morfologiche ed idrauliche del sito;
 - ✓ Rilevamento geologico ed idrogeologico;
 - ✓ Esecuzione di una campagna di indagini consistente in:
 - n. 1 prova penetrometrica dinamica, di tipo DPM, a partire dal piano di quota relativo alla base dell'impianto ascensore da realizzare (circa -3,0 m dal piano campagna di Piazza Sonnino) che ha consentito di caratterizzare dal punto di vista geomeccanico i depositi presenti nella zona di indagine;

- n. 1 indagine di sismica attiva in *array* di tipo *Multichannel Analysis of Surface Waves* (MASW);
- n. 2 indagini di sismica passiva a stazione singola, con tecnica dei rapporti spettrali Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr);
- Interpretazione delle risultanze delle indagini eseguite nell'area di specifico interesse progettuale ed in quelle limitrofe, pubblicate sul web all'indirizzo "<http://www.provincia.rm.it/dipartimentoV/SitoGeologico>".

La sintesi dei dati ottenuti dalle indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche ha permesso di ricostruire i modelli geologico, geotecnico e sismico del sedime nell'area interessata dagli interventi in progetto.

In relazione agli interventi previsti nel progetto cui si riferisce la presente relazione, è stata commentata, nel paragrafo 6 della presente, una sintesi delle criticità riscontrate, che qui si riporta integralmente:

- Rischio geologico: assente
- Rischio di frana attuale: assente
- Rischio di frana potenziale: assente
- Rischio di alluvionabilità: assente
- Rischio di erosione lineare accelerata: assente
- Rischio di crollo massi: assente
- Rischio sismico: medio
- Rischio cavità: assente
- Rischio liquefazione: assente
- Rischio subsidenza o sinkhole: assente

- Rischio tettonico: assente

La stima dei fattori condizionanti dal punto di vista geologico, sulla base di tutto quanto in precedenza descritto ed in riferimento al progetto in esame, porta alle seguenti conclusioni:

- La zona non presenta rischi di liquefazione (§ 7.11.3.4 delle NTC18);
- La zona non manifesta fenomeni di subsidenza, cedimenti differenziali, dovuti alla presenza di terreni compressibili;
- La zona non appare in dissesto e/o in frana;
- La zona è suscettibile per fenomeni di amplificazione sismica locali, come si evince dallo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1, validato dall'Ufficio Geologico e Sismico Regionale ai sensi della D.G.R. Lazio 545/10;
- La zona non è compresa in aree R3 o R4 dei Piani della Autorità di Bacino competente (ABT);
- La zona non si trova entro 50 metri da faglie attive e capaci segnalate dall'INGV.

Per quanto attiene infine gli aspetti di natura geotecnica, i risultati rimandano la valutazione della compatibilità geotecnica del sedime ad un'analisi delle tensioni indotte dalle strutture in funzione della tipologia di fondazione.

Per tale eventualità il sottoscritto resta a disposizione per ogni chiarimento ed approfondimento.

Viterbo, lì 13 Gennaio 2025



Geol. Roberto Troncarelli

***Allegato 1* – TABULATI PROVE**

PENETROMETRICHE DINAMICHE

DPM

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DMP 3020 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	15,25 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,4 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,783
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE **(DYNAMIC PROBING)** **DPSH – DPM (... scpt ecc.)**

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) 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 α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;
- 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)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

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 $\delta = 10$ 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 $\delta = 10$ 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 $\delta=30$ 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 $\delta=20-30$ cm, punta conica 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:

$$NSPT = \beta_i \cdot N$$

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:

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

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
δ	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 (δ/ N).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di (N₁)₆₀

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

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{v0})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

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

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.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali

litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (+ s)

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (– s)

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $\sigma_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza

standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione $d = 1$ m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING* (1982), applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt\text{ corretto}} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni $< 8-10$ t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito $< 38^\circ$.
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito $< 38^\circ$).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONAL RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.

- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $s > 15 \text{ t/mq}$.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie D_r viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio Vs (m/s)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (Ko)

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)

- Robertson (1983) - Qc

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli - correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cm²) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cm²) (valori minimi), valida per argille NC .

- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cm²), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (E_{ed}) (Kg/cm²)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt} = 6-12$).

Modulo Di Young (E_Y)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15 .
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

DMP 3020 PAGANI
 17/12/2015
 5,80 mt

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)
0,10	3	0,857	0,95	1,11	47,60	55,57
0,20	4	0,855	1,27	1,48	63,32	74,09
0,30	6	0,853	1,90	2,22	94,76	111,14
0,40	6	0,851	1,89	2,22	94,55	111,14
0,50	22	0,749	6,10	8,15	305,16	407,50
0,60	12	0,847	3,77	4,45	188,26	222,27
0,70	6	0,845	1,88	2,22	93,93	111,14
0,80	5	0,843	1,56	1,85	78,10	92,61
0,90	6	0,842	1,78	2,12	89,04	105,81
1,00	10	0,840	2,96	3,53	148,09	176,34
1,10	4	0,838	1,18	1,41	59,11	70,54
1,20	7	0,836	2,06	2,47	103,23	123,44
1,30	5	0,835	1,47	1,76	73,58	88,17
1,40	1	0,833	0,29	0,35	14,69	17,63
1,50	2	0,831	0,59	0,71	29,32	35,27
1,60	3	0,830	0,88	1,06	43,89	52,90
1,70	2	0,828	0,58	0,71	29,20	35,27
1,80	2	0,826	0,58	0,71	29,14	35,27
1,90	16	0,775	4,17	5,38	208,59	269,24
2,00	6	0,823	1,66	2,02	83,11	100,96
2,10	8	0,822	2,21	2,69	110,61	134,62
2,20	8	0,820	2,21	2,69	110,40	134,62
2,30	14	0,769	3,62	4,71	181,08	235,58
2,40	11	0,817	3,03	3,70	151,25	185,10
2,50	9	0,816	2,47	3,03	123,53	151,45
2,60	6	0,814	1,64	2,02	82,21	100,96
2,70	5	0,813	1,37	1,68	68,39	84,14
2,80	3	0,811	0,82	1,01	40,96	50,48
2,90	8	0,810	2,09	2,57	104,28	128,73
3,00	7	0,809	1,82	2,25	91,09	112,64
3,10	3	0,807	0,78	0,97	38,97	48,27
3,20	6	0,806	1,56	1,93	77,82	96,55
3,30	3	0,805	0,78	0,97	38,85	48,27
3,40	4	0,803	1,03	1,29	51,71	64,36
3,50	3	0,802	0,77	0,97	38,72	48,27
3,60	7	0,801	1,80	2,25	90,21	112,64
3,70	10	0,800	2,57	3,22	128,67	160,91
3,80	19	0,748	4,58	6,11	228,81	305,73
3,90	28	0,697	6,02	8,63	300,96	431,66
4,00	8	0,796	1,96	2,47	98,18	123,33
4,10	9	0,795	2,21	2,77	110,28	138,75
4,20	7	0,794	1,71	2,16	85,65	107,92
4,30	5	0,793	1,22	1,54	61,09	77,08
4,40	2	0,791	0,49	0,62	24,40	30,83
4,50	2	0,790	0,49	0,62	24,37	30,83
4,60	3	0,789	0,73	0,92	36,50	46,25
4,70	7	0,788	1,70	2,16	85,06	107,92
4,80	5	0,787	1,21	1,54	60,67	77,08
4,90	5	0,786	1,16	1,48	58,15	73,98
5,00	5	0,785	1,16	1,48	58,08	73,98
5,10	7	0,784	1,62	2,07	81,20	103,57
5,20	9	0,783	2,09	2,66	104,27	133,17
5,30	13	0,732	2,82	3,85	140,80	192,35
5,40	8	0,781	1,85	2,37	92,45	118,37
5,50	20	0,730	4,32	5,92	216,05	295,93
5,60	29	0,679	5,83	8,58	291,41	429,09
5,70	26	0,678	5,22	7,69	260,91	384,70
5,80	80	0,577	13,67	23,67	683,33	1183,70

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
5,2	7,08	2,35	Incoerente	0	15,3	18,53	39,78	0,78	5,54	
5,8	29,33	8,68	Incoerente	0	20,1	19,61	85,59	0,78	22,97	

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	5,54	5,20	21,47	47,01	49,14	22,26
[2] -	22,97	5,80	43,78	80,25	79,34	55,39

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	5,54	5,20	5,54	28,58	21,58	29,55	29,73	31,9	0	<30	24,12	28,66	32,4	25,53
[2] -	22,97	5,80	22,97	33,56	26,56	34,43	30,37	37,93	39,24	30-32	33,56	33,89	43,04	36,43

Modulo di Young (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	5,54	5,20	5,54	---	4,35	---	---	---
[2] -	22,97	5,80	22,97	33,55	18,02	26,65	34,55	18,62

Modulo Edometrico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	5,54	5,20	5,54	---	3,81	3,86	6,15
[2] -	22,97	5,80	22,97	13,52	7,32	15,99	13,77

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	5,54	5,20	5,54	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] -	22,97	5,80	22,97	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] -	5,54	5,20	5,54	Meyerhof ed altri	15,30
[2] -	22,97	5,80	22,97	Meyerhof ed altri	20,10

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] -	5,54	5,20	5,54	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,53
[2] -	22,97	5,80	22,97	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,61

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	5,54	5,20	5,54	(A.G.I.)	0,34
[2] -	22,97	5,80	22,97	(A.G.I.)	0,31

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	5,54	5,20	5,54	31,87	34,89
[2] -	22,97	5,80	22,97	121,32	83,20

Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	5,54	5,20	5,54	Ohta & Goto (1978) Limi	110,62
[2] -	22,97	5,80	22,97	Ohta & Goto (1978) Limi	163,49

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	5,54	5,20	5,54	Seed e Idriss (1971)	--
[2] -	22,97	5,80	22,97	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{vh}/\sigma_v$

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K_0
[1] -	5,54	5,20	5,54		---
[2] -	22,97	5,80	22,97		---

 Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

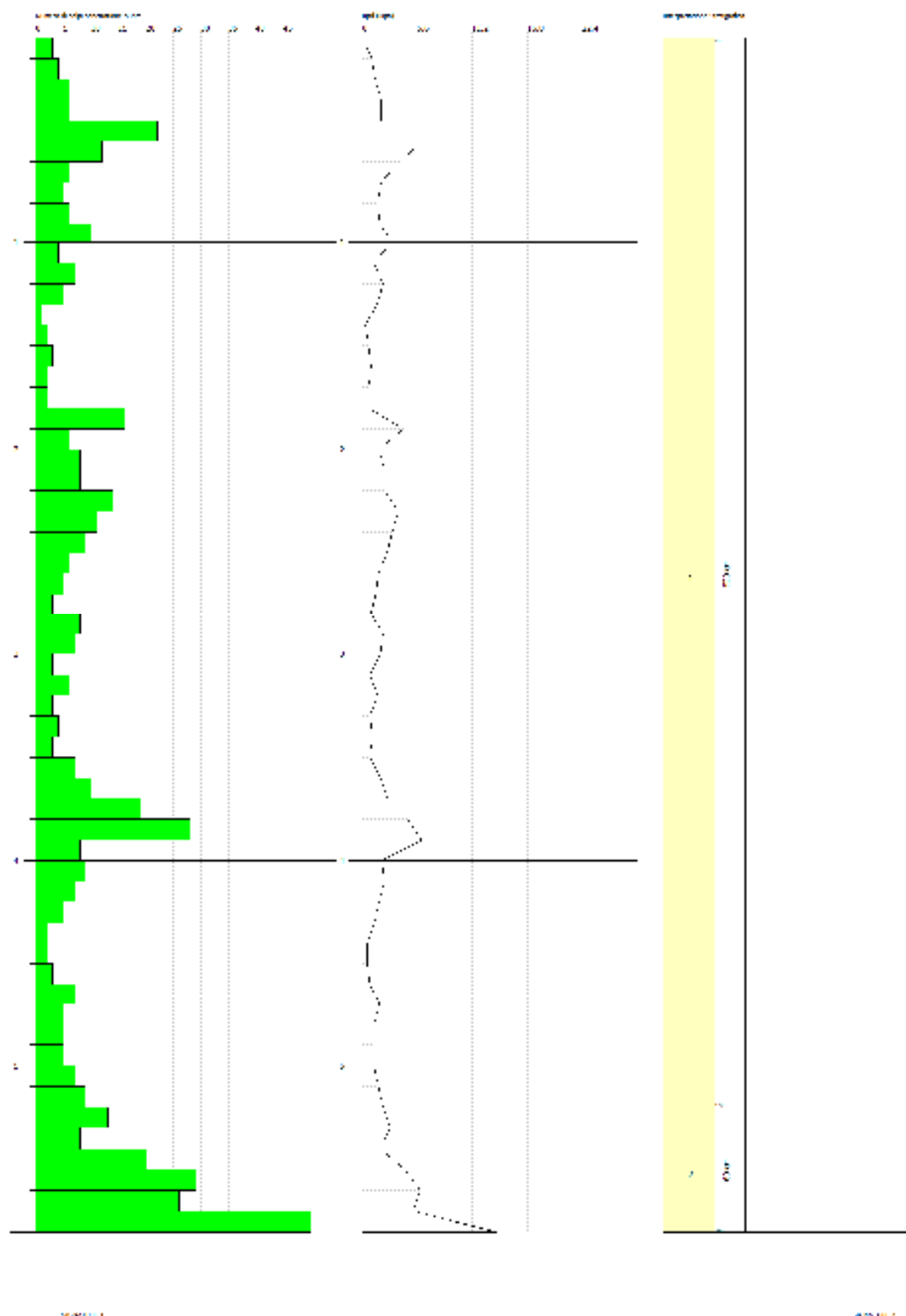
	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Q_c (Mpa)
[1] -	5,54	5,20	5,54		---
[2] -	22,97	5,80	22,97		---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:1
 Strumento utilizzato... DMP 3020 FAGIANI

1. PROVA
 2. DATA
 3. LUGARE

4. PROVA
 5. DATA
 6. LUGARE

7. PROVA
 8. DATA
 9. LUGARE



***Allegato 2* – TABULATI PROVA**

SISMICA MASW

REPORT MASW1

Analyzing phase velocities

==o== SECTION#1

dataset: sonninos6_25Dx0_75C2.sgy

minimum offset (m): 6.25

geophone spacing (m): 0.75

sampling (ms): 0.5

Dispersion curve: sonnino.cdp

Number of individuals: 30

Number of generations: 31

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing phase Velocities

Adopted search space (minimum Vs & thickness):	119	2.1	122.5
3.5	154	10.5	168
7			
294			
Adopted search space (maximum Vs & thickness):	221	3.9	227.5
6.5	286	19.5	312
13			
546			
Adopted Poisson values:	0.39976	0.34969	0.35003
		0.35031	0.34987

Output folder: C:\Users\Laura\Desktop\Roma_Bagni\piazza sonnino\output_disp

==o== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -9.6244
-2.8922

Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -8.3519
-2.8922

Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -6.736
-2.8922

Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -8.1392
-2.8922

Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -8.2153
-2.8922

Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -8.1058
-2.8922

Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -7.9507
-2.8922

Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -7.2569
-2.8623

Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -6.0605
-2.8623

Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -6.4116
-2.7699

Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -6.9993
-2.7456
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -7.5671
-2.7456
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -7.1025
-2.7456
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -8.8814
-2.7456
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -7.9845
-2.7456
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -7.3744
-2.7456
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -7.784
-2.6803
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -6.2281
-2.6592
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -5.6833
-2.6592
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -6.3136
-2.5556
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -6.0159
-2.5556
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -6.8618
-2.5461
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -6.4359
-2.5461
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -6.0699
-2.5461
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -7.3035
-2.5461
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -6.9684
-2.4663
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -6.4492
-2.4663
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -6.9896
-2.4663
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -7.3364
-2.4663
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -6.7905
-2.4663
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -7.0859
-2.4663

Forcing search space

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -9.3118
-2.4663
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -9.0538
-2.41
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -7.6885
-2.41
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -7.1529

-2.2941
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -6.4135
 -2.2941
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -6.5972
 -2.2718
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -7.6191
 -2.2718
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -7.8722
 -2.2718
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -7.4034
 -2.2718

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 177 160 216 323 488

Thickness (m): 3.1 4.1 15 12

Poisson: 0.4 0.35 0.35 0.35 0.35

Vp & Density Optimization

p14 =

1

p15 =

11

p16 =

0.1349	0.1602	0.2282	0.5637	1.0000	0
0.1601	0.2511	0.3363	0.4126	0.5213	1.0000
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vp & Density - generation: 1; average & best misfits: -2.5634
 -2.1566
 Optimizing Vp & Density - generation: 2; average & best misfits: -2.4334
 -2.1248
 Optimizing Vp & Density - generation: 3; average & best misfits: -2.3872
 -2.0929
 Optimizing Vp & Density - generation: 4; average & best misfits: -2.3434
 -2.0929
 Optimizing Vp & Density - generation: 5; average & best misfits: -2.3875
 -2.0605
 Optimizing Vp & Density - generation: 6; average & best misfits: -2.3252
 -2.0494
 Optimizing Vp & Density - generation: 7; average & best misfits: -2.3349
 -2.0494
 Optimizing Vp & Density - generation: 8; average & best misfits: -2.3606
 -2.0494
 Optimizing Vp & Density - generation: 9; average & best misfits: -2.3167

-2.0157

Number of models considered to calculate the average model: 79

RESULTS
#####

Dataset: sonninos6_25Dx0_75C2.sgy
Analyzed curve/spectrum: sonnino.cdp

===== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-Wave Dispersion

=====

MEAN MODEL

Vs (m/s): 175 172 216 287 490
Standard deviations (m/s): 3 6 4 23 45

Thickness (m): 3.4 5.7 14.8 9.8
Standard deviations (m): 0.4 0.7 1.6 1.6

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 791 477 482 741 1481
Density (gr/cm3): 2.00 1.87 1.88 1.98 2.15
Vp/Vs ratio: 4.52 2.77 2.23 2.58 3.02
Poisson: 0.47 0.43 0.37 0.41 0.44
Shear modulus (MPa): 61 55 88 163 516
Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0 0
0

Fundamental mode

Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
5.94444	193.7533
7.05556	185.2763
10.0556	172.7806
24.8333	165.3358
44.0556	166.2033

First higher mode

Mean model

6.05556	328.4085
9.5	248.8585
12.7222	224.0045
15.6111	215.7436
19.7222	208.5022

37.8333 182.9792

===== SECTION#4

BEST MODEL

Vs (m/s): 177 160 216 323 488
thickness (m): 3.06302 4.09553 14.746 12.4326

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 738 559 359 547 868
Density (gr/cm3): 1.98 1.91 1.81 1.91 2.02
Vp/Vs ratio: 4.17 3.49 1.66 1.69 1.78
Poisson: 0.47 0.46 0.22 0.23 0.27
Shear modulus (MPa): 62 49 84 199 481
Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0
0

dispersion curve (frequency - velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
5.94444	197.4962
7.05556	188.2553
10.0556	173.049
24.8333	162.8257
44.0556	165.5045

First higher mode)

best model

6.05556	316.7719
9.5	259.7032
12.7222	227.6307
15.6111	217.0348
19.7222	209.7547
37.8333	181.7299

Vs5 (mean model): 174 m/s

Vs5 (best model): 170 m/s

Vs20 (mean model): 194 m/s

Vs20 (best model): 195 m/s

Vs30 (mean model): 211 m/s

Vs30 (best model): 220 m/s

==o== SECTION#6

For Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n. 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT30 < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $VS > 800$ m/s).

S1 - Depositati di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero $10 < cu_{30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Results saved in the folder "C:\Users\Laura\Desktop\Roma_Bagni\piazza sonnino\output_disp".

=====

winMASW

Surface Waves & Beyond

www.winmasw.com

Number of models used to define the mean model: 79

Vs5 for the best model: 170

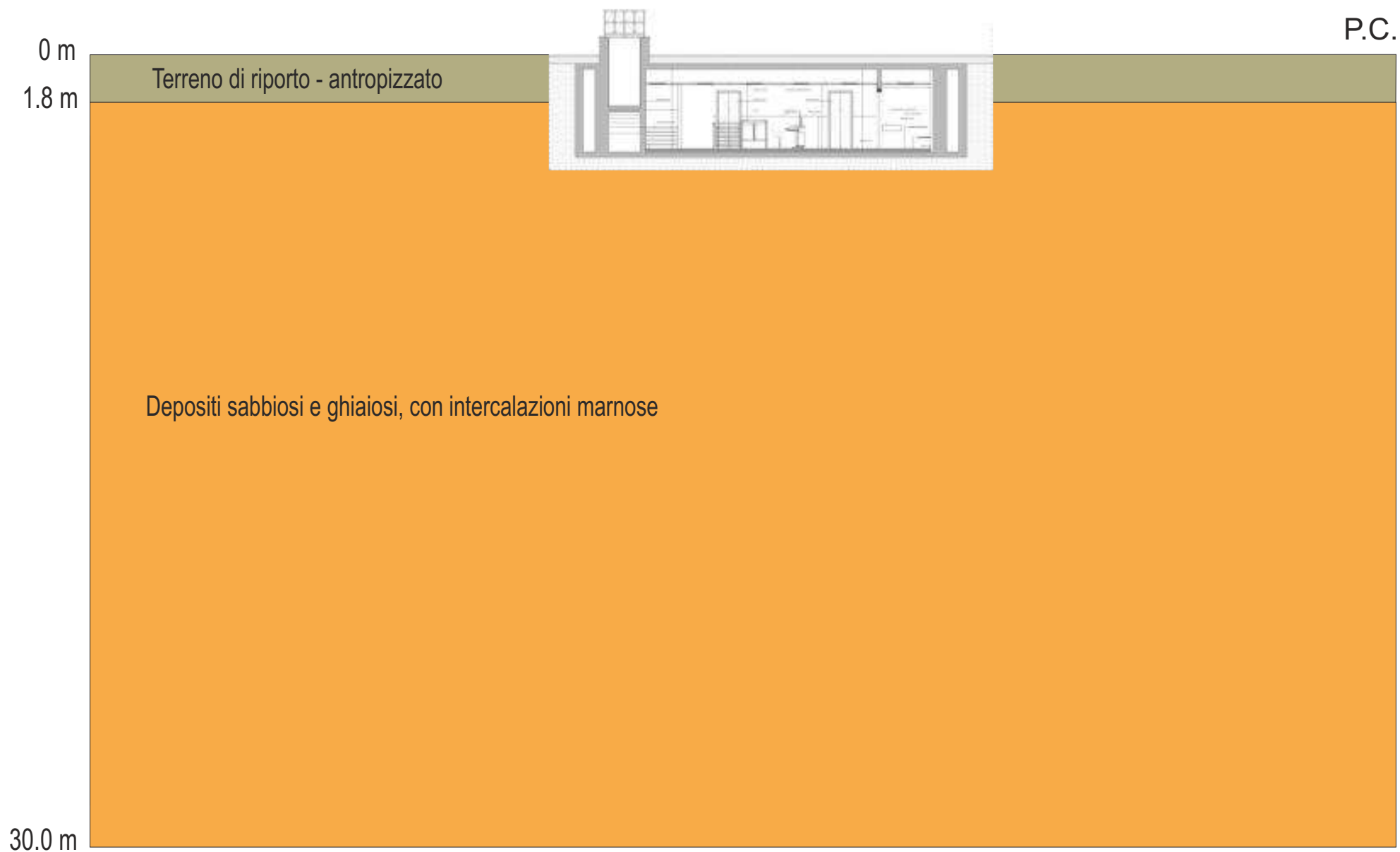
Vs30 for the best model: 220

Analyzing phase velocities

Elapsed time is 132.912842 seconds.

***Allegato 3* – SEZIONE GEOLITOLOGICA**

Sezione geolitologica



Allegato 4 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1. Esecuzione prova penetrometrica dinamica DPM1.



Foto 2. Esecuzione prova geofisica MASW1.



Foto 3: Esecuzione misura di microtremori HVSR1.



Foto 4: Esecuzione misura di microtremori HVSR2.



ROMA



PROGETTO ARCHITETTONICO

Ambito d'intervento

Accoglienza e partecipazione
Accoglienza per i pellegrini e i visitatori

COMUNE DI ROMA

Intervento n. 145

COMPLETAMENTO BAGNI PUBBLICI INTEGRATI CON PUNTI INFORMAZIONE TURISTICI

Livello di progettazione
PROGETTO ESECUTIVO

Tav. 145_SP_ED_35_ST
RELAZIONE GEOLOGICA

Oggetto
RIQUALIFICA BAGNI CONCESSIONE N° 163 DEL 12/04/2006

File:
145_SP_ED_35_ST_RELAZIONE GEOLOGICA.pdf

Luogo d'intervento
Territorio urbano di Roma Capitale - Piazza di Spagna

Data
-

Responsabile unico del Procedimento Arch. Valentina Cocco	Ditta esecutrice ASTECO S.R.L. e TEAM IMPIANTI
--	---

Rev. 02	Data: 13/01/2025
---------	------------------

Rev. 00	Data: 00/00/0000
---------	------------------

Progettista Responsabile: Arch. Marco D'Ottavi	Cliente P.STOP S.R.L.
---	--------------------------

Rev. 00	Data: 00/00/0000
---------	------------------

Rapp.: -	Formato: A4
----------	-------------

Progettista strutture:
Ing. Lionello Lupi

Collaboratori:
Dott.sa Arch. Chiara Trebbi

Progettista impianti:
Ing. Gaetano Motta

Coordinatore della sicurezza in fase di progettazione:
Arch. Marco D'Ottavi

Coordinatore della sicurezza in fase di esecuzione:
Arch. Marco D'Ottavi

REGIONE LAZIO CITTA' METROPOLITANA DI ROMA CAPITALE ROMA CAPITALE

PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI STRUTTURE METALLICHE PREFABBRICATE ADIBITE A COPERTURA DEI LOCALI BAGNI INTERRATI IN ROMA, NELL'AMBITO DELLA REALIZZAZIONE E LA GESTIONE DI SERVIZI DI ACCOGLIENZA TURISTICA UBICATI, IN PIAZZA DI SPAGNA - ROMA CAPITALE (RM)

RELAZIONE GEOLOGICA PER GLI ADEMPIMENTI NORMATIVI DI CUI AL D.M. 17.01.2018, CORREDATA DALLE INDAGINI GEOTECNICHE E SISMICHE ESEGUITE AI SENSI DEL REGOLAMENTO REGIONALE LAZIO N. 7/21, DI CUI ALLA D.G.R. LAZIO N. 189/21, PER IL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI STRUTTURE METALLICHE PREFABBRICATE ADIBITE A COPERTURA DEI LOCALI BAGNI INTERRATI IN ROMA, NELL'AMBITO DELLA REALIZZAZIONE E LA GESTIONE DI SERVIZI DI ACCOGLIENZA TURISTICA E BAGNI INTERRATI UBICATI IN PIAZZA DI SPAGNA, NEL MUNICIPIO I - ROMA CAPITALE (RM)



Committente: **PIT STOP SRL**

Progettazione ed esecuzione:



Dott. Geol. Roberto TRONCARELLI
Dott. Geol. Marco ORFEI

Collaborazione:

Dott.ssa Alessia AMODIO
Dott.ssa Noemi CONDO'

Data: Gennaio 2025

Elaborato N°: 2995_SPA/25

Relazione Geologica
(ai sensi del D.P.R. 328/01 - Art. 41)



INDICE

1. Premessa e quadro normativo	3
2. Ubicazione e riferimenti cartografici.....	8
3. Geomorfologia e idrografia.....	10
4. Geologia	13
4.1 Assetto geologico generale	13
4.2 Quadro geolitologico locale	14
5. Idrogeologia	16
6. Livello di Vulnerabilità ai sensi della D.G.R. Lazio n° 189/21.....	18
7. Sismicità.....	21
7.1 Sismicità Regionale	21
7.2. Sismicità Locale.....	22
8. Indagini eseguite	29
8.1. Prove geotecniche in situ.....	29
8.1.1. Prova penetrometrica dinamica DPM (Dynamic Probing Medium).....	29
8.1.2. Sondaggio geognostico a carotaggio continuo.....	30
8.2. Prove geofisiche	32
8.2.1. Prove sismiche MASW.....	32
8.2.2. Misure di microtremore.....	38
8.3. Analisi geotecniche di laboratorio	48
9. Liquefazione.....	50
10. Modello geologico e geotecnico	52
11. Azioni sismiche di progetto.....	56
11.1. Pericolosità sismica di base.....	56

11.2. Risposta Sismica Locale (RSL) e categoria di sottosuolo.....	58
12. Considerazioni conclusive	61

ALLEGATI

ALLEGATO 1 – TABULATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPM

ALLEGATO 2 – STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO

ALLEGATO 3 – TABULATI PROVA SISMICA MASW

ALLEGATO 4 – SEZIONE GEOLITOLOGICA

ALLEGATO 5 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

1. Premessa e quadro normativo

Il sottoscritto Dott. Geol. Roberto Troncarelli, iscritto all'Ordine dei Geologi del Lazio al n. 803, polizza Responsabilità Civile "ACCREDITED INSURANCE EUROPE LIMITED" n. HEC028138/P/2024, in qualità di responsabile della Società GEOVIT s.r.l., con sede in Viterbo, Via Monte Cervino n. 12, iscrizione al Registro delle Imprese e codice fiscale 01416400560 REA 85435, partita IVA 01416400560, su incarico della Società PIT STOP srl, Via Girolamo Benzoni, 45 - 00154 ROMA - P. IVA: 13575031003 (accettazione offerta economica prot. 1483/RT/MD/24 del 15.12.2024) e su indicazioni dell'Arch. Marco D'Ottavi, ha redatto la presente relazione geologica, ai sensi del D.M. II. 17.01.2018, nel seguito NTC18 e della Circolare C.S.LL.PP. 7/2019, nel seguito Circolare, propedeutica al progetto di realizzazione di "Strutture metalliche prefabbricate adibite a copertura dei locali bagni interrati in Roma, nell'ambito della realizzazione e la gestione di servizi di accoglienza turistica, ubicati in Piazza di Spagna".

La stessa è basata sull'interpretazione e analisi delle risultanze di una campagna di indagini geognostiche e geofisiche condotte nel Dicembre 2015 nell'area di studio in occasione di un precedente incarico per la medesima committenza.

Le indagini geologiche hanno avuto lo scopo di caratterizzare, dal punto di vista lito-stratigrafico, geotecnico e sismico, i terreni presenti al sedime dell'opera oggetto d'intervento.

Le indagini sono state condotte ai sensi del D.M. LL.PP. 11.3.1988 "Norme tecniche per indagini su terreni e rocce...omissis", e della Circolare del Min. LL.PP. n° 30483/88, nonché sulla base di quanto riportato al capitolo 6 al quale si rimanda.

La presente relazione geologica, a corredo della documentazione progettuale, è stata redatta inoltre per l'ottenimento della autorizzazione ai fini sismici, prevista dall'art. 94 del DPR 380/01, essendo il territorio dichiarato sismico dalla OPCM 3274/03 e s.m.i. e dalla successiva norma regionale di recepimento, D.G.R. Lazio n. 387/09, che ha definito il Comune di Roma - Municipio I, zona sismica di 3^a categoria – sottozona "A".

Infine, il presente elaborato tecnico, viene prodotto nel rispetto delle specifiche competenze professionali così come definite dall'art. 41 del DPR 328/01.

Dal punto di vista normativo si richiamano finalità e contenuti che, ai sensi delle normative vigenti, sia nazionali che regionali, il presente elaborato deve presentare.

D.M. II.TT. 17.01.2018

§ 6.1.2 Prescrizioni generali

Le scelte progettuali devono tener conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali.

I risultati dello studio rivolto alla caratterizzazione e modellazione geologica, dedotti da specifiche indagini, devono essere esposti in una specifica relazione geologica di cui al § 6.2.1.

§ 6.2 Articolazione del progetto

Il progetto delle opere e degli interventi si articola nelle seguenti fasi:

1. caratterizzazione e modellazione geologica del sito;
2. scelta del tipo di opera o di intervento e programmazione delle indagini geotecniche;
3. caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce presenti nel volume significativo e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo (cfr. § 3.2.2);
4. ... omissis...
- 5.

§ 6.2.1 Caratterizzazione e modellazione geologica del sito

Il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici.

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento.

In funzione del tipo di opera, di intervento e della complessità del contesto geologico nel quale si inserisce l'opera, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico.

Il modello geologico deve essere sviluppato in modo da costituire elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche.

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito devono essere esaurientemente esposte e commentate in una relazione geologica, che è parte integrante del progetto.

Tale relazione comprende, sulla base di specifici rilievi ed indagini, l'identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura del sottosuolo e dei caratteri fisici degli ammassi, definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché i conseguenti livelli delle pericolosità geologiche.

§ 6.2.2 Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica

Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento, devono riguardare il volume significativo e, in presenza di azioni sismiche, devono essere conformi a quanto prescritto ai §§ 3.2.2 e 7.11.2.

Per volume significativo di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso. Le indagini devono permettere la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione.

...omissis...

Regolamento Regionale n° 7 di cui alla D.G.R. Lazio 189/21

Nell'Allegato "C" del Regolamento viene definito il programma minimo delle indagini, in funzione del "livello di vulnerabilità dell'opera"; tale aspetto verrà commentato nel Capitolo 6 della presente relazione.

Lo studio si è svolto nel mese di Gennaio 2025 ed è stato articolato nelle seguenti attività:

- Elaborazione dei dati raccolti in occasione di una precedente campagna di intervento (Dicembre 2015) che aveva previsto le seguenti attività:

- ✓ Sopralluogo preliminare per l'acquisizione dello stato dei luoghi e della logistica;
- ✓ Individuazione delle caratteristiche morfologiche ed idrauliche del sito;
- ✓ Rilevamento geologico ed idrogeologico;
- ✓ Esecuzione di una campagna di indagini consistente in:
 - N. 2 prove penetrometriche dinamiche, di tipo DPM, che hanno consentito di caratterizzare dal punto di vista geomeccanico i depositi presenti nella zona di indagine;
 - n. 1 indagine di sismica attiva in *array* di tipo *Multichannel Analysis of Surface Waves* (MASW);
 - n. 2 indagini di sismica passiva a stazione singola, con tecnica dei rapporti spettrali *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr);
 - Interpretazione delle risultanze di un sondaggio geognostico a carotaggio continuo, spinto fino alla profondità di 30 metri dal locale piano campagna, con prelievo di campioni sottoposti a specifiche analisi di laboratorio, eseguito in un'area poco distante da quella oggetto del presente studio (Via del Tritone), caratterizzata dal medesimo contesto litostratigrafico;
 - Interpretazione dei dati delle analisi di laboratorio, eseguite sui campioni prelevati nel corso del sondaggio menzionato al punto precedente;
 - Interpretazione delle risultanze delle indagini eseguite nell'area di specifico interesse progettuale ed in quelle limitrofe, pubblicate sul web all'indirizzo "<http://www.provincia.rm.it/dipartimentoV/SitoGeologico>".
- Interpretazione delle risultanze delle indagini e dei rilievi eseguiti;

- Analisi dei dati.

La presente relazione descrive e commenta i risultati dello studio eseguito.

2. Ubicazione e riferimenti cartografici

Per una migliore comprensione di quanto si riferisce ed al fine di fornire una documentazione quanto più completa possibile, sono stati acclusi alcuni allegati cartografici e grafici:

- Stralcio della cartografia I.G.M. (Istituto Geografico Militare), dal quale si nota come l'intervento ricada nella Tav. 150 IV^SO "Roma Sud", in scala 1:25.000;
- Stralcio della Cartografia CTR (Carta Tecnica Regionale), Sezione n. 374060 "Roma Nord Ovest", in scala 1:10.000;
- Stralcio del PTPR – Tavola A - Sistemi ed ambiti del paesaggio, in scala 1:10.000;
- Stralcio del PTPR – Tavola B – Beni paesaggistici, in scala 1:10.000;
- Stralcio Carta assetto Idrogeologico delle aree sottoposte a tutela per pericolo di frana e d'inondazione - Tav. 42, Autorità di Bacino del Fiume Tevere, in scala 1:10.000;
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) – Inventario dei fenomeni franosi e situazioni a rischio frana – Tavola n. 22 di 304 – Autorità di Bacino del Fiume Tevere, in scala 1:10.000;
- Ubicazione delle indagini eseguite, estratto immagine Google Earth.

Le coordinate geografiche del sito, evidenziato nella sottostante figura 1, nel sistema WGS84 sono le seguenti:

Latitudine: ϕ_{WGS84}	41.906381
Longitudine: λ_{WGS84}	12.481809

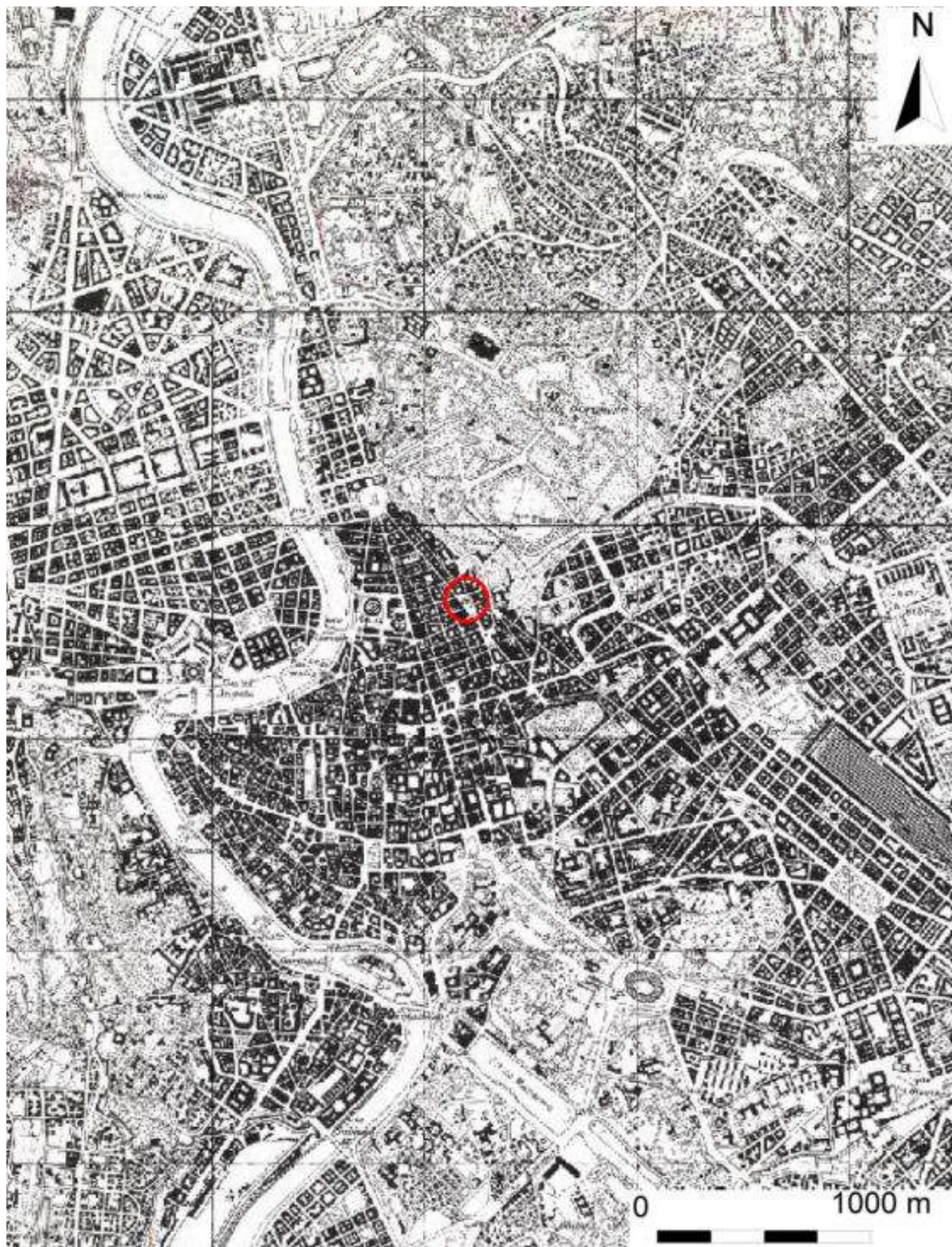


Figura 1 – Ubicazione del sito da Google Earth

COMUNE di ROMA (RM)

Località "Piazza di Spagna"

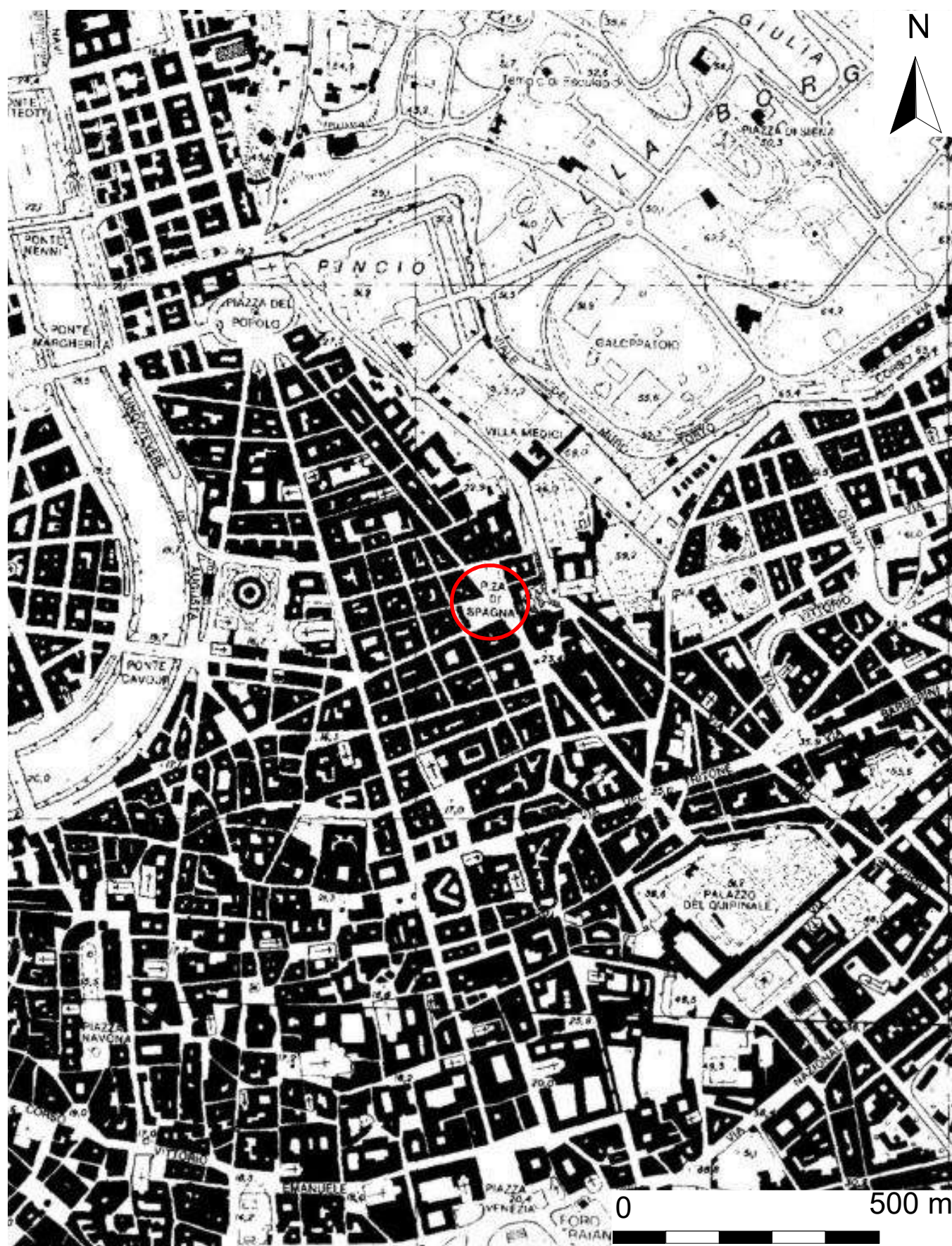
Stralcio I.G.M. - Tav. N. 150 IV SW "Roma Sud"
Scala 1:25.000



COMUNE di ROMA (RM)

Località "Piazza di Spagna"

Stralcio C.T.R. - Sezioni nn. 374060 "Roma Nord-Ovest" - 374100 "Roma Sud-Ovest"
Scala 1:10.000



COMUNE di ROMA (RM)
Località "Piazza di Spagna"

Stralcio P.T.P.R. - Tavola A - Sistemi ed ambiti del paesaggio
Scala 1:10.000

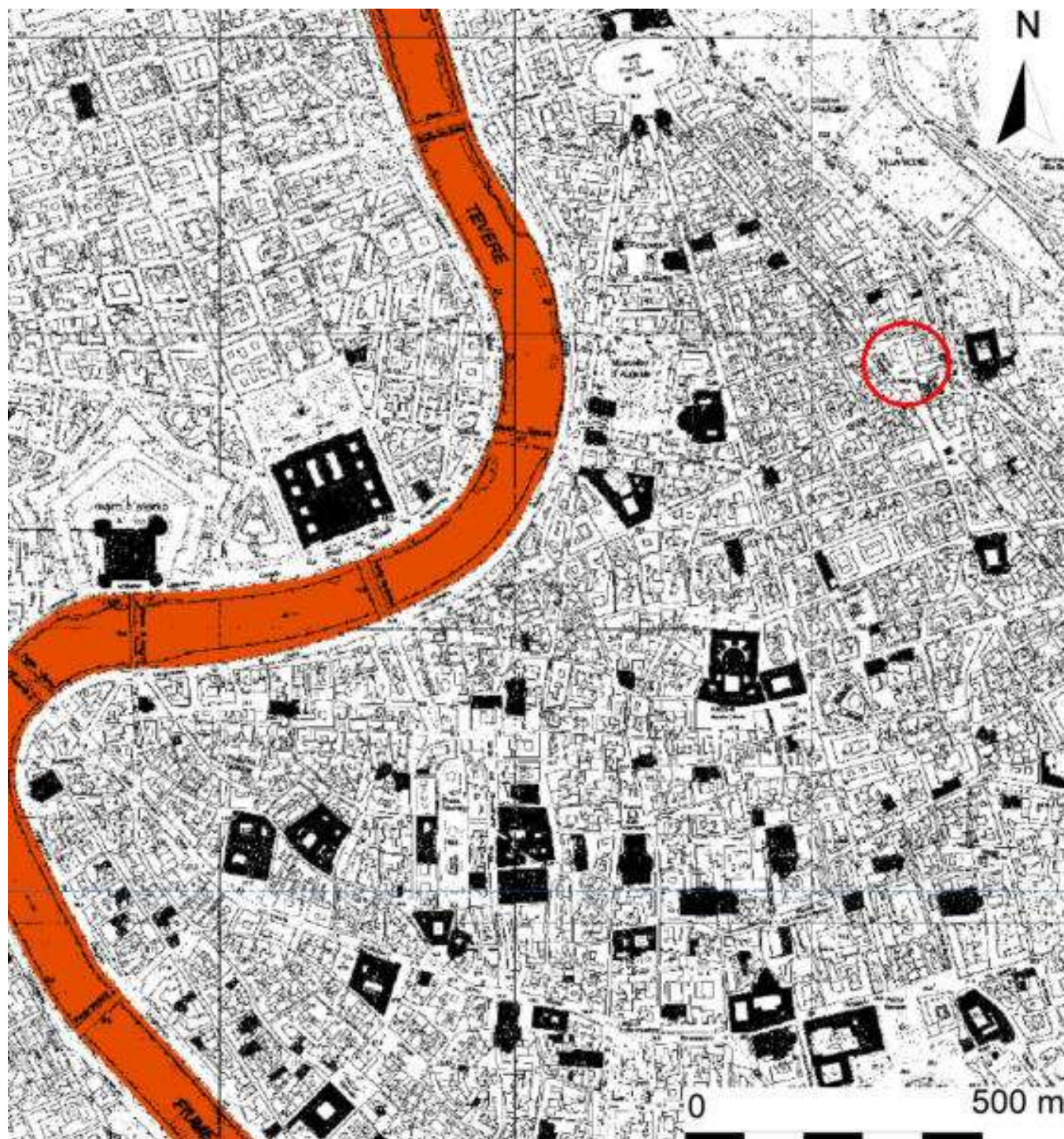




COMUNE di ROMA (RM)

Località "Piazza di Spagna"

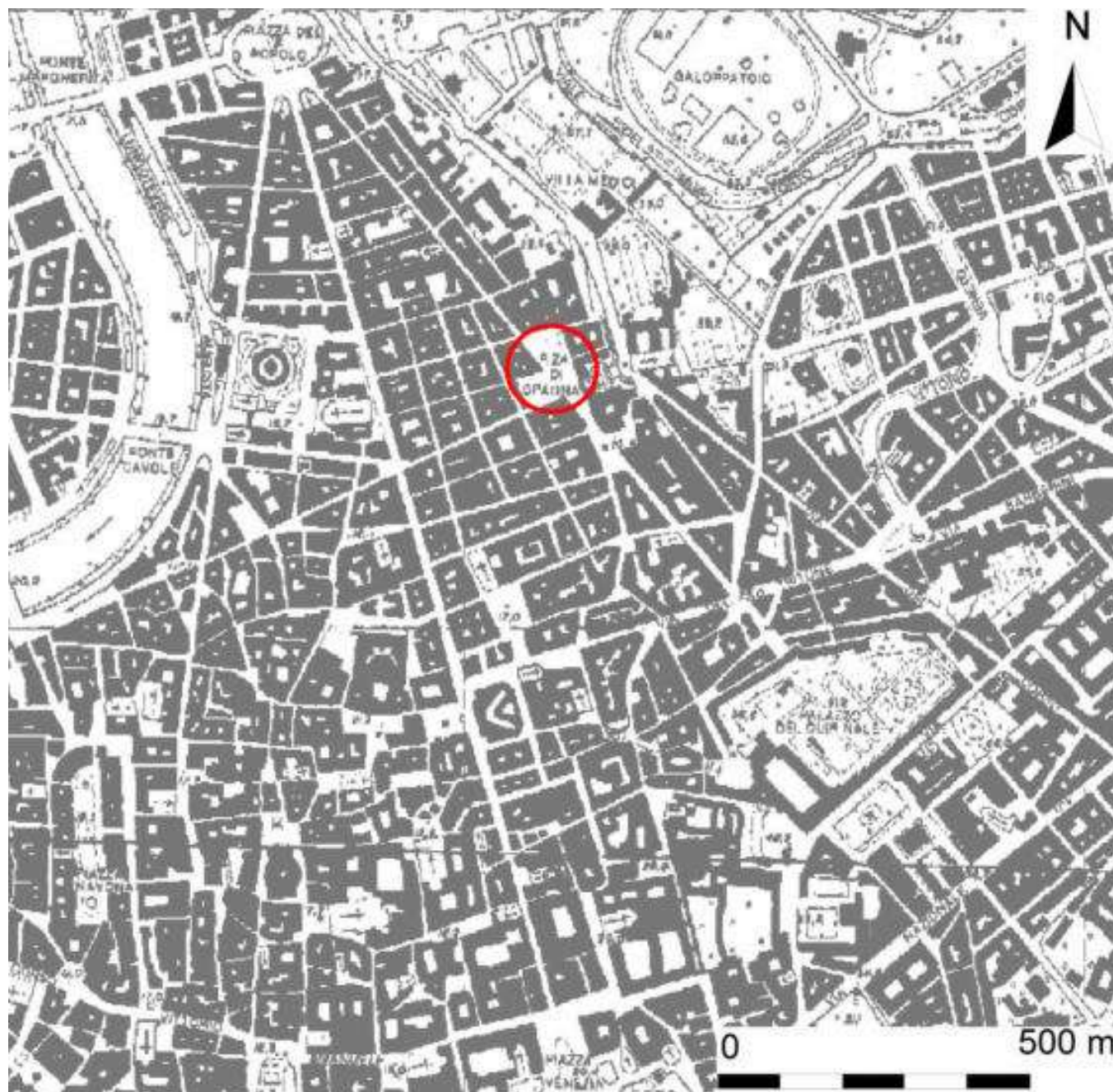
Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico - Fasce fluviali e zone a rischio - Tav. n. 42
 Autorità di Bacino del Fiume Tevere
 Scala 1:10.000



COMUNE di ROMA (RM)

Località "Piazza di Spagna"

Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico - Inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio da frana - Tav. 22 di 304 - Autorità di Bacino del Fiume Tevere
Scala 1:10.000



Inventario delle frane

Secolare Recente Seconda Seconda
etna, quaternaria, recente, recente

- frana per crollo o ribaltamento
- frana per scivolamento
- frana per colamento
- frana complessa
- area con frangibilità diffusa
- area interessata da deformazioni gravitative profonde (DGPV)
- area interessata da deformazioni superficiali lente e/o sovrassito
- falda ero cono di detrito
- debris flow (colata di detrito)

Secolare Recente Seconda Seconda
etna, quaternaria, recente, recente

- area a calanchi o in erosione
- frana presunta
- crollo di scarpata di frana
- frana non cartografabile

Situazioni di rischio da frana

PAI - Progetto di primo aggiornamento

- R4 - 'rischio elevato'
- R3 - 'elevato'

Piano vigente

- R4 - 'rischio elevato'
- R3 - 'elevato'

COMUNE di ROMA (RM)
Località "Piazza Spagna"

UBICAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE
Stralcio immagine Google Earth

LEGENDA

-  Prova penetrometrica dinamica DPM
Pn
-  Indagine sismica MASW
MASWn
-  Prova tomografica H/V



3. Geomorfologia e idrografia

L'area interessata dalle opere in progetto è ubicata in pieno centro storico della città di Roma, all'interno dell'unità amministrativa Municipio I.

La morfologia generale dell'area risulta completamente modificata a causa della realizzazione delle strutture presenti nell'area; in tale contesto in linea di massima è comunque possibile intercettare l'originaria morfologia, caratterizzata da un assetto topografico praticamente sub-pianeggiante, nella porzione di diretto interesse progettuale, bordata lungo il margine orientale dal rilievo denominato Trinità dei Monti, con pendenze medie dell'ordine del 12-14% e quota topografica massima di circa 60-65 m s.l.m..

L'area in cui è ubicato il bagno invece è posta ad una quota di circa 19-20 m s.l.m., ad una distanza di circa 500 metri dalla sponda sinistra del Fiume Tevere.

La porzione in esame presenta un alto grado di riorganizzazione antropica, dovuta agli interventi legati alla realizzazione degli edifici e strutture presenti nell'area, ed è caratterizzata nel complesso da un assetto sub-pianeggiante, con pendenze mai superiori al 2%.

Il rilevamento geomorfologico eseguito, ha permesso di escludere la presenza di fenomeni gravitativi di instabilità, in atto o prevedibili; ciò risulta inoltre confermato dall'analisi della cartografia Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia – Progetto IFFI, dell'Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione Ambientale (I.S.P.R.A.) e dalla cartografia geomorfologica del P.A.I. dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere.

Relativamente all'area d'intervento non sono presenti elementi idrografici ne sono stati rilevati fenomeni di ruscellamento diffuso, sorgentizi o di ristagno delle acque, che risultano sufficientemente drenate dai terreni di copertura superficiali o convogliate verso il sistema idrografico locale o convogliate verso le reti infrastrutturali presenti.

In riferimento a quanto sopra esposto, si ritiene l'area d'intervento stabile ed esente da fenomeni gravitativi di instabilità in atto ed inoltre si ritiene che non esistano interferenze con le acque di scorrimento superficiali, relazionabili al sistema idrografico naturale presente, tali da determinare condizioni di rischio a danno dell'area d'intervento per fenomeni di esondazione ed alluvionamento; si formula pertanto un giudizio favorevole di fattibilità delle opere in progetto, in riferimento alla stabilità morfologica del versante ed alle acque di scorrimento superficiali.

Ciò consente di esprimere, per quanto di competenza, parere favorevole per le finalità di cui all'art. 61 del D.P.R. 380/01, che s'intendono ottemperate con il rilascio dell'autorizzazione sismica ex art. 94 del D.P.R. 380/01, come previsto dall'art. 21 della D.G.R. 724/20, modificata dalla D.G.R. 189/21.

Infine, è stata esaminata la cartografia storica nota per quanto concerne la presenza delle cavità sotterranee, di cui si riporta nella figura n. 2 uno stralcio della Tavola "Cavità sotterranee" redatta dal prof. U. Ventriglia, mediante la quale è possibile escludere tale problematica.



Figura 2 – Stralcio della Tavola “Cavità sotterranee” del prof. Ugo Ventriglia.

Quanto in precedenza presentato e descritto, può essere osservato sull'allegata Carta Geomorfologica, in scala 1:10.000, dalla quale non si evincono particolari criticità nell'area in esame.

Per quanto detto appare sufficientemente garantita la stabilità e la fattibilità geomorfologica del progetto in itinere.

COMUNE di ROMA (RM)

Località "Piazza di Spagna"

CARTA GEOMORFOLOGICA

Stralcio C.T.R. - Sezioni nn. 374060 "Roma Nord-Ovest" - 374100 "Roma Sud-Ovest"
Scala 1:10.000

Legenda



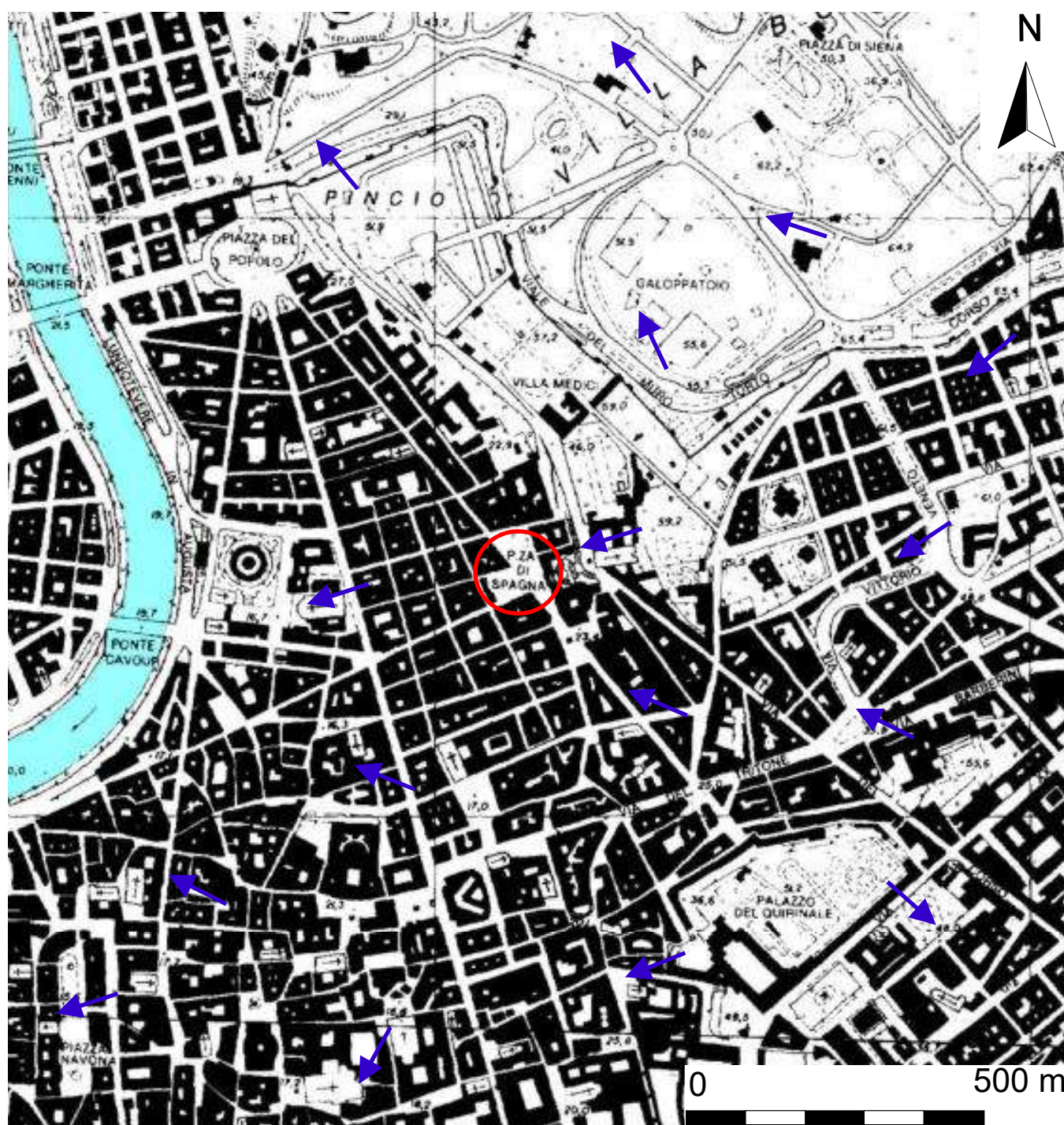
Delimitazione area di studio



Idrografia superficiale
Fiume Tevere



Direzione preferenziale
del drenaggio superficiale



4. Geologia

4.1 Assetto geologico generale

L'area romana, sino a poco meno di 1 milione di anni fa (inizio Pleistocene medio), era caratterizzata da un ambiente di sedimentazione marina.

Ne sono testimoni i terreni più antichi ("marne e argille azzurre vaticane" datate 3.40-1.79 Ma), affioranti nelle parti più rilevate dell'area urbana occidentale (Monte Mario, Vaticano, Gianicolo), a costituire il bedrock di Roma, con spessori di quasi 800 metri.

Seguono due oscillazioni del livello marino tra 1.79 e 0.88 Ma, che depositano, la prima le "sabbie e argille di Monte Mario" e la seconda le "argille di Monte delle Picche", separate da un deposito continentale ("sabbie e ghiaie di Monte Ciocci"), attribuibile ad una temporanea emersione dell'area, datata circa 1.2 Ma.

A partire da 0.8 MA (milioni di anni) mutano le condizioni paleogeografiche e si passa ad un ambiente di sedimentazione di tipo fluvio-palustre, con deposizione di terreni alluvionali antichi ad opera del "Paleotevere".

Si tratta essenzialmente di ghiaie, sabbie e di argille ("Unità del Paleotevere 2") caratterizzate da frequenti variazioni litologiche e da complessi rapporti stratigrafici.

Nel lasso di tempo compreso tra 0.60 e 0.30 Ma inizia l'attività dei due distretti vulcanici, di carattere prevalentemente esplosivi, dell'area romana, quello dei Sabatini a NW e quello dei Colli Albani a SE.

Tale attività determina la messa in posto di una notevole quantità di prodotti, sia sottoforma di depositi piroclastici di ricaduta che di ignimbriti.

Questi depositi giocano un ruolo fondamentale nella trasformazione dei caratteri morfologici del territorio, mutando completamente la topografia e l'idrografia; ciò in effetti determina una modifica del Paleotevere che viene progressivamente "confinato" nel corso d'acqua attuale.

I terreni che chiudono la successione stratigrafica, noti come "Riporti antropici", hanno ricoperto quasi totalmente l'area urbana, con spessori variabili da 0 a 16m.

Si tratta di accumuli di macerie derivanti da colmamento e canalizzazione dei corsi d'acqua o fossi, opere di sbancamento finalizzate alla costruzione di edifici e di riempimenti a scopo di bonifica.

In relazione alla loro diversa origine, la coltre dei riporti è costituita da materiali eterogenei ed eterometrici in una matrice più fine, costituita da terreni vulcanici e/o sedimentari rimaneggiati.

Questi terreni possono essere considerati, a tutti gli effetti, come il più recente degli orizzonti stratigrafici presenti nell'area.

4.2 Quadro geolitologico locale

In riferimento all'assetto generale richiamato nel paragrafo precedente, si può affermare che l'area in esame è interessata dall'affioramento di termini ascrivibili ai depositi alluvionali, sia recenti che attuali, del Fiume Tevere.

In particolare, dalle indagini eseguite, l'areale di diretto interesse progettuale risulta caratterizzato, al di sotto di una coltre di 2-3 metri di depositi antropizzati o di riporto, dalla presenza di depositi ascrivibili all'attività alluvionale, sia recente che attuale, del Fiume Tevere.

In particolare in quest'area sono presenti in sequenza stratigrafica, al di sotto della coltre di depositi antropici precedentemente menzionati, sabbie e ghiaie, , rimaneggiati e misti a materiale di origine vulcanica e limi argillosi, debolmente sabbiosi di colore prevalentemente grigio o grigio scuro, poco o moderatamente consistenti.

La porzione basale di questi ultimi è caratterizzata anche dalla presenza di frustoli vegetali e livelli torbosi.

Lo spessore medio di questi depositi è di alcune decine di metri, come dimostrato dalle risultanze della prova penetrometrica eseguita nell'area di sedime dell'ascensore che verrà realizzato a servizio del bagno pubblico oggetto del presente progetto.

Per la ricostruzione della sequenza litostratigrafica si è fatto inoltre riferimento ai dati desunti dall'esecuzione di un sondaggio geognostico a carotaggio continuo, in via del Tritone, a poche decine di metri dall'area di studio, nel medesimo contesto geologico, di cui si riporta la stratigrafia in allegato alla presente relazione, ed ai dati delle indagini svolte nell'area del territorio romano, disponibile sul web all'indirizzo "<http://www.provincia.rm.it/dipartimentoV/SitoGeologico>".

Per avere un maggiore dettaglio dei contatti tra le litologie presenti nell'areale considerato è stata allegata di seguito la "carta geolitologica" in scala 1:10.000, esplicativa di quanto sopra esposto.

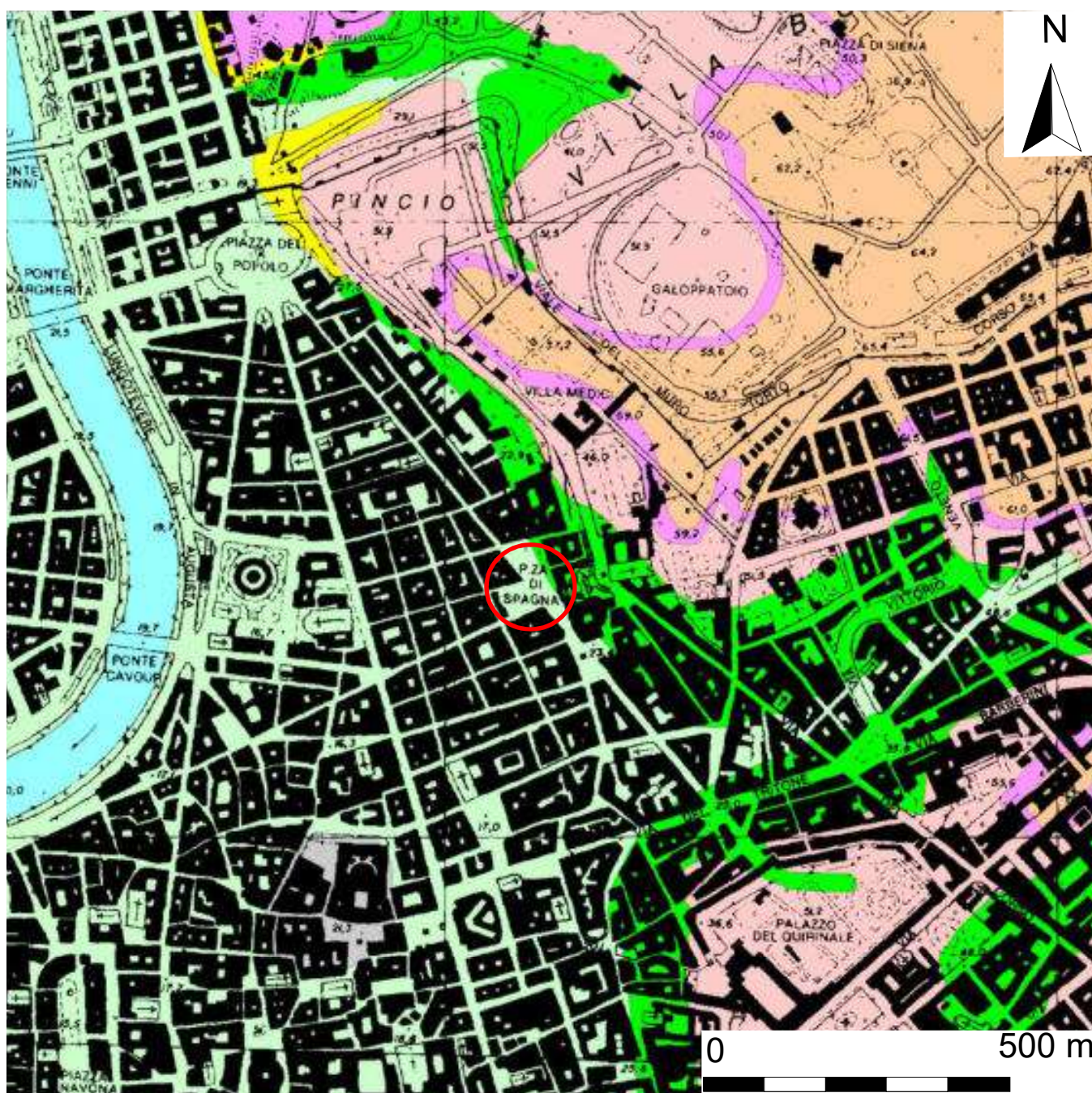
COMUNE di ROMA (RM)
Località "Piazza di Spagna"

Mod. 7.3.5 R01

CARTA GEOLOGICA
Stralcio C.T.R. - Sezioni nn. 374060 "Roma Nord-Ovest" - 374100 "Roma Sud-Ovest"
Scala 1:10.000

Legenda

	Delimitazione area in studio		Unità di Santa Cecilia
	Riporti		Formazione di Monte Vaticano
	Depositi alluvionali		Unità delle pozzolane
	Successione di Sacrofano		Successione di La Storta



5. Idrogeologia

Dal punto di vista idrogeologico i terreni sopra descritti costituiscono il *complesso idrogeologico dei depositi alluvionali*.

Tale complesso comprende le alluvioni recenti ed attuali del fiume Tevere e dei suoi affluenti.

Tale complesso è costituito da depositi eterogenei (argille, limi, sabbie, ghiaie) caratterizzati da rapporti giaciturali complessi e variabili, che raggiungono spessori anche dell'ordine di alcune decine di metri.

Generalmente tali depositi sono sede di circolazioni idriche limitate sia verticalmente che arealmente, esclusivamente all'interno dei depositi più permeabili, e talvolta risultano direttamente connesse all'andamento del fiume Tevere stesso.

In linea di massima le circolazioni idriche maggiori sono presenti alla base di tale complesso di depositi, all'interno dell'orizzonte ghiaioso, che ospita una falda in pressione e fortemente mineralizzata.

I complessi dei terreni sopra descritti pertanto presentano valori di permeabilità molto variabili, a seconda della frazione granulometrica presente.

L'asse preferenziale del deflusso sotterraneo, nella zona dove ricade l'area in studio, è diretto verso Ovest, ovvero verso l'alveo del Fiume Tevere.

Dal punto di vista idrogeologico, da un'anamnesi dei punti d'acqua censiti in zona e/o in possesso dello scrivente, dall'interpretazione delle indagini eseguite, integrate dall'analisi dello schema idrogeologico dell'Italia centrale, risulta che, lungo la verticale

del sito in esame (19-20 metri circa s.l.m.), la falda basale giace ad una profondità dal piano di campagna di circa 10 metri.

In considerazione della morfologia del sito, delle litologie affioranti e del sistema idrogeologico rilevato in zona, in fase di realizzazione delle opere in progetto, benché di modesta entità, si dovrà tener conto dell'eventuale interferenza degli interventi con il regime ipogeo

Quanto sopra descritto trova illustrazione nell'allegata "Carta Idrogeologica" in scala 1:10.000.

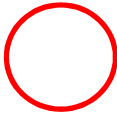
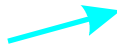
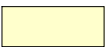
COMUNE di ROMA (RM)

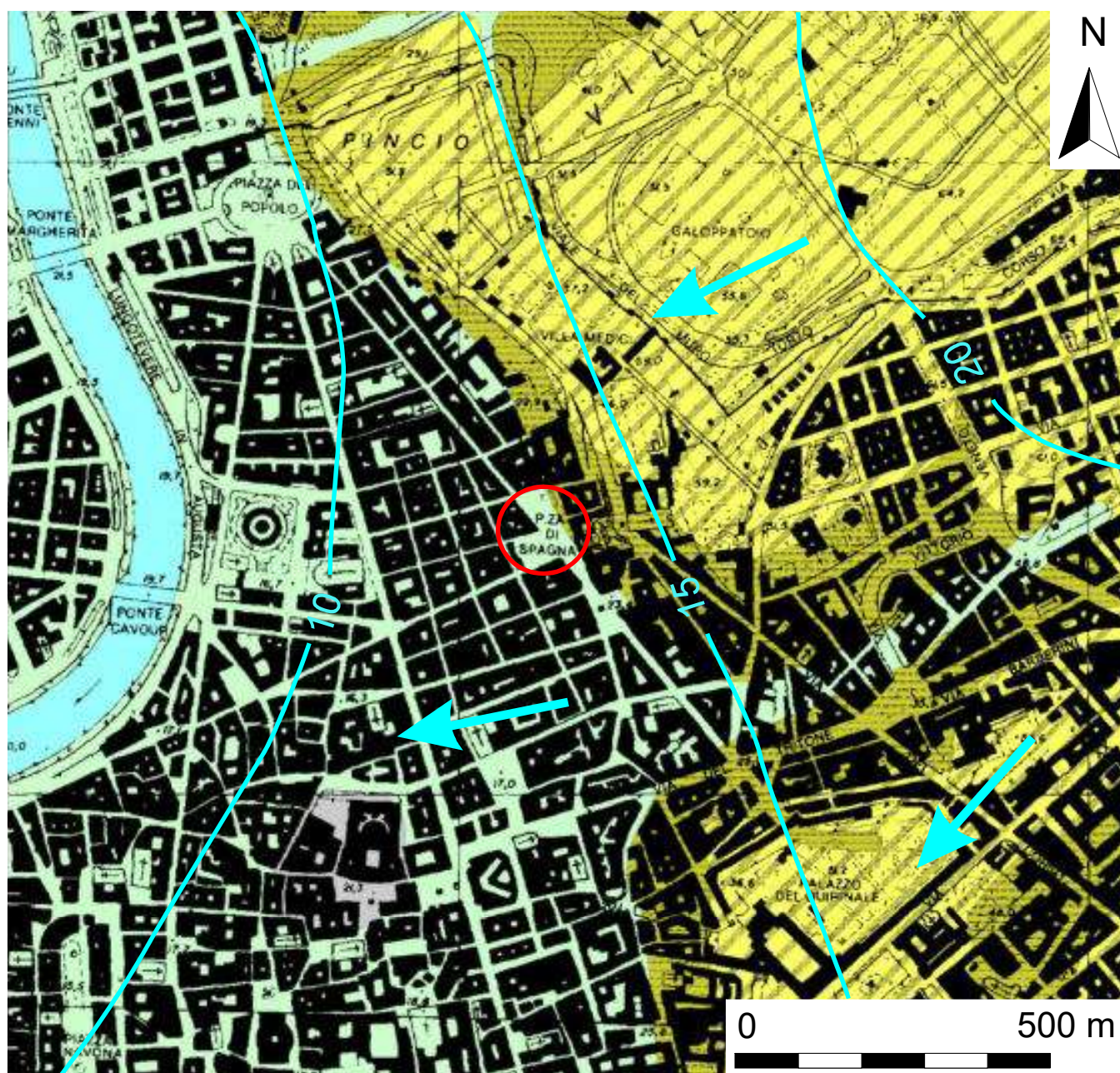
Località "Piazza di Spagna"

CARTA IDROGEOLOGICA

Stralcio C.T.R. - Sezioni nn. 374060 "Roma Nord-Ovest" - 374100 "Roma Sud-Ovest"
Scala 1:10.000

Legenda

- | | | | |
|---|--------------------------------------|--|---|
|  | Area di studio |  | Idrografia superficiale
Fiume Tevere |
|  | Isopieze espresse in
metri s.l.m. |  | Complesso dei depositi
alluvionali recenti |
|  | Direzione principale del flusso |  | Complesso dei depositi
alluvionali antichi |



6. Livello di Vulnerabilità ai sensi della D.G.R. Lazio n° 189/21

Il Regolamento Regionale 21 aprile 2021 “Modifiche al Regolamento regionale 26 ottobre 2020, n. 26. di cui alla D.G.R. Lazio n. 724/20, Regolamento regionale per la semplificazione e l'aggiornamento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico - Abrogazione del Regolamento regionale 13 luglio 2016, n. 14, prescrive, all'Allegato “C”, le indagini e le prove minime di tipo geologico, geofisico e geognostico, per i diversi livelli di pericolosità dell'opera, a loro volta derivanti dalla combinazione di classe d'uso dell'intervento e classificazione sismica del territorio comunale, necessarie per l'ottenimento dell'autorizzazione sismica ex art. 94 del DPR 380/01.

Nella fattispecie la riclassificazione sismica della Regione Lazio, di cui al D.G.R. Lazio 387/09 in recepimento della O.P.C.M. 3274/03 e s.m.i., ha catalogato il territorio del Municipio I del Comune di Roma in categoria 3A.

Per quanto attiene la classe d'uso dell'opera interessata, la stessa ricade in classe d'uso II “Costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti...”, ai sensi del § 2.4.2. delle NTC18.

La stima di eventuali altri fattori condizionanti dal punto di vista geologico, sulla base di quanto in precedenza descritto, porta alle seguenti conclusioni:

- La zona non presenta rischi di liquefazione (§ 7.11.3.4 delle NTC18);
- La zona non manifesta fenomeni di subsidenza, cedimenti differenziali, dovuti alla presenza di terreni compressibili;
- La zona non appare in condizioni di dissesto e/o di frana;

- La zona risulta stabile suscettibile per fenomeni di amplificazione sismica locali, come si evince dallo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 condotto, validato dall'Ufficio Geologico e Sismico Regionale ai sensi della D.G.R. Lazio 545/10;
- La zona non è compresa in aree R3 o R4 dei Piani della Autorità di Bacino competente (ABR);
- La zona non si trova entro 50 metri da faglie attive e capaci segnalate dall'INGV.

Sulla base di quanto sopra descritto, dallo schema riportato nell'Allegato "C" della DGR 7189/21, è possibile affermare che l'intervento ricada nel livello di pericolosità dell'opera "**basso**".

PROGETTI	PERICOLOSITA'				
	Zona Sismica				
	1	2a	2b	3a	3b
classi d'uso I e II	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
classe d'uso III	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
classe d'uso IV	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO

In considerazione della logistica del sito, appare doveroso precisare che, in parziale deroga a quanto previsto al comma 3 dell'allegato C del Regolamento Sismico Regionale (D.G.R. Lazio n. 189/21 del 13.04.2021), la caratterizzazione dell'area di interesse progettuale è stata eseguita mediante l'esecuzione di prove geotecniche e geofisiche e mediante l'interpretazione delle risultanze di precedenti campagne di studio che, in ogni caso, hanno permesso una corretta ed esaustiva definizione del modello geologico al sedime delle opere.

Per quanto sopra precisato, si ritiene che il programma delle indagini, così come descritte precedentemente, si possa ritenere correttamente dimensionato in relazione all'impegno dell'opera da realizzare, essendo idoneo a definire, in maniera puntuale, i valori caratteristici delle proprietà fisiche, meccaniche e geofisiche dei terreni presenti nel sedime locale.

7. Sismicità

7.1 Sismicità Regionale

L'area in studio ricade a Nord-Nord/Ovest della città di Roma nel territorio del Municipio I, che entro un raggio di circa 15 km, è caratterizzata da una sismicità locale a ricorrenza non elevata, ma con intensità massima corrispondente al VII-VIII grado MCS (Magnitudo < 4).

L'area risente frequentemente di terremoti dalle zone sismiche adiacenti dell'Appennino Centrale e dei Colli Albani.

Nell'Appennino Centrale sono localizzate molte aree sismogenetiche di notevole importanza che hanno dato origine a terremoti di elevata magnitudo (fino a $M \sim 7$) ed a distanze comprese fra 60 e 130 km da Roma.

I terremoti di queste zone sismogenetiche, hanno determinato nella Città di Roma i risentimenti più elevati e fino alla Intensità Macrosismica di VIII grado MCS (Mercalli – Cancani - Sieberg).

I Colli Albani sono sede di una sismicità con terremoti molto frequenti e con magnitudo intorno a $M = 5$.

I risentimenti nella Città di Roma sono molto frequenti, ma con intensità macrosismica da bassa a molto bassa (< V grado MCS; nella serie storica risulta che soltanto in un'occasione è stato raggiunto il VI grado).

Dall'analisi statistica della storia sismica romana risulta che si sono risentiti terremoti fino a VIII grado MCS con tempi di ritorno di 500 anni, mentre terremoti con intensità del VI grado MCS sono probabili ogni 100 anni.

Gli Autori segnalano, infine, una attività sismica nei settori costieri ed off-shore della Regione Lazio, legata alle strutture trasversali; in particolare si fa riferimento al terremoto del 22/08/2005, profondo circa 30 km, con Magnitudo 4,5 localizzato al largo di Anzio e che si è risentito, oltre che in numerosi centri urbani costieri e dell'interno, anche nella Città di Roma.

7.2. Sismicità Locale

Studi recenti riguardanti la distribuzione delle Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani (Rovida et al. 2016 – disponibile on-line <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>) indicano, per la zona in oggetto, dei valori intorno al settimo-ottavo grado della scala macrosismica MCS.

I più importanti eventi sismici avvenuti nella zona e che hanno avuto un grande risentimento nell'area in studio sono centoquattordici e vengono riportati nella tabella sottostante.

Storia sismica di Roma Capitale

[41.899, 12.477]

Osservazioni disponibili: 162

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
7	1091 01 27	Roma	7	5.10
F	1231 06 01 11	Cassinese	7	5.10
4	1279 04 30 18	Appennino umbro-marchigiano	9	6.20
F	1298 12 01	Monti Reatini	9-10	6.26
NC	1315 12 03	Aquilano	8	5.56
4	1328 12 01	Valnerina	10	6.49
7-8	1349 09 09	Appennino laziale-abruzzese	9	6.27
5	1456 12 05	Appennino centro-meridionale	11	7.19
5	1484 01 19	Sabina	6-7	5.02
F	1599 11 06 01 25	Valnerina	9	6.07
4	1619 07 07 22	Aquilano	7-8	5.33

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
NF	1639 10 07	Monti della Laga	9-10	6.21
F	1654 07 24 00 25	Sorano	9-10	6.33
F	1672 06 08 17 30	Monti della Laga	7-8	5.33
F	1688 06 05 15 30	Sannio	11	7.06
3-4	1695 06 11 02 30	Lazio settentrionale	8-9	5.80
4	1702 10 18	Valnerina	5	4.16
7	1703 01 14 18	Valnerina	11	6.92
5	1703 01 16 13 30	Appennino laziale-abruzzese		
7	1703 02 02 11 05	Aquilano	10	6.67
5	1703 05 25	Sabina		
F	1705 11 29	Abruzzo-Lazio		
5	1706 11 03 13	Maiella	10-11	6.84
4	1719 06 27 06 30	Valnerina	8	5.59
2-3	1727 12 14 19 45	Valle del Metauro	7	5.24
6	1730 05 12 05	Valnerina	9	6.04
4-5	1731 03 20 03	Tavoliere delle Puglie	9	6.33
4	1732 11 29 07 40	Irpinia	10-11	6.75
3	1741 04 24 09 20	Fabrianese	9	6.17
3	1743 02 20	Ionio settentrionale	9	6.68
3	1747 04 17	Appennino umbro-marchigiano	9	6.05
5	1748 09 10 23 40	Colli Albani	5-6	4.40
5	1750 02 08	Colli Albani	5	4.50
F	1751 07 27 01	Appennino umbro-marchigiano	10	6.38
3-4	1754 06 08 05 05	Colli Albani	5	4.47
3	1756 10 22 14	Napoletano	6-7	3.50
3	1762 10 06	Aquilano	8	5.54
4-5	1767 06 05 01 30	Valle Umbra	7-8	5.45
2-3	1768 10 19 23	Appennino forlivese	9	5.99
3	1777 06 06 16 15	Tirreno meridionale		
F	1782 09 24	Colli Albani	6	4.63
4-5	1785 10 03 00 30	Monti Tiburtini	5-6	4.50
F	1785 10 09 03 15	Monti Reatini	8-9	5.76
F	1786 07 31	Aquilano	6	4.89
3	1791 10 11 13 05	Appennino umbro-marchigiano	8	5.57
3	1799 07 28 22 05	Appennino marchigiano	9	6.18
3	1800 12 29 10 15	Colli Albani	6	4.74

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
4	1805 07 26 21	Molise	10	6.68
F	1806 07 21 09	Cassinese	5-6	4.40
5-6	1806 08 26 07 35	Colli Albani	8	5.61
3	1810 07 13 13	Colli Albani	5-6	4.40
5-6	1811 02 18 02 15	Colli Albani	4-5	3.93
6-7	1812 03 22 02 20	Campagna romana	6-7	4.86
F	1815 09 03 23	Valnerina	8	5.58
3	1829 06 01 09	Colli Albani	7	4.87
F	1832 01 13 13	Valle Umbra	10	6.43
NF	1846 08 14 12	Colline Pisane	9	6.04
F	1854 01 17 09	Narni	5-6	4.71
F	1855 06 29 03 03	Colli Albani	4	4.27
NF	1857 12 16 21 15	Basilicata	11	7.12
3-4	1859 08 22	Valnerina	8-9	5.73
4	1861 12 12 06 10	Colli Albani	5	4.16
4-5	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	8	5.85
NF	1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	9-10	6.29
4	1873 07 12 06 06	Val Comino	7-8	5.38
4	1874 02 24 06 52	Aquilano	6-7	5.12
4	1874 12 06 15 50	Val Comino	7-8	5.48
2	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	8	5.74
2-3	1875 12 06	Gargano	8	5.86
5-6	1876 10 26 14 18	Monti Prenestini	7	5.06
4	1877 08 24 02 45	Lazio meridionale	7	5.21
2	1878 02 13 19 30	Cascia	4-5	4.22
3-4	1878 09 15 07 20	Valle Umbra	8	5.46
5	1879 02 23 18 30	Valnerina	8	5.59
2	1879 04 27 04 06	Appennino tosco-emiliano	7	5.03
2	1881 09 10 07	Chietino	7-8	5.41
2	1882 06 06 05 40	Isernino	7	5.20
2	1883 07 28 20 25	Isola d'Ischia	9-10	4.26
5	1883 09 02 07 03	Colli Albani	5-6	4.67
3	1884 08 07 02 15	Colli Albani	5	4.38
2	1885 02 26 20 48	Pianura Padana	6	5.01
4-5	1885 04 10 01 44	Appennino laziale-abruzzese	5	4.57
F	1887 03 11 14 45	Liguria occidentale		

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
NF	1889 12 08	Gargano	7	5.47
NF	1891 05 09 00 16	Val Roveto	5	4.42
2	1891 06 07 01 06 1	Valle d'Illasi	8-9	5.87
5	1892 01 22	Colli Albani	7	5.14
NF	1895 06 30 03 48 5	Poggio Pienze	4-5	3.93
3	1895 08 09 17 38 2	Adriatico centrale	6	5.11
5-6	1895 11 01	Campagna romana	6-7	4.83
6-7	1899 07 19 13 18 5	Colli Albani	7	5.10
4	1901 04 24 14 20	Sabina	8	5.25
3-4	1901 07 31 10 38 3	Sorano	7	5.16
NF	1902 09 21 20 12 0	Ciociaria	4-5	4.02
4-5	1902 10 23 08 51	Reatino	6	4.74
F	1904 02 24 15 53 2	Marsica	8-9	5.68
2	1904 02 25 00 29 1	Marsica	5-6	4.56
2	1906 02 21 20 49	Colli Albani	5	4.08
NF	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	6-7	5.36
5	1909 08 31 13 41	Roma	5	4.15
4-5	1911 04 10 09 43	Colli Albani	6	4.74
6-7	1915 01 13 06 52 4	Marsica	11	7.08
F	1915 01 13 16 44	Marsica		4.79
F	1915 01 13 20 19	Marsica		4.74
3-4	1915 01 14 01 50	Marsica		4.64
3	1915 01 14 07 17	Marsica	5-6	4.88
F	1915 01 14 16 55 2	Marsica	4	4.60
2-3	1915 01 18 20 08	Marsica		4.98
3	1915 01 18 23 31	Marsica		5.02
3-4	1915 01 21 12 29 2	Marsica	4	4.83
3-4	1915 04 05 06 18 5	Valle dell'Aniene	6	4.80
3	1915 09 23 18 07	Marsica	6	5.07
3	1916 01 26 12 22	Sorano	6	4.72
3	1916 11 16 06 35	Alto Reatino	8	5.50
2	1917 01 03 01 35	Marsica		
2	1917 05 12 15 34 3	Ternano	7-8	5.03
4-5	1917 07 08 02	Appennino laziale-abruzzese	5-6	4.68
F	1919 06 29 15 06 1	Mugello	10	6.38
4	1919 10 22 06 10	Anzio	6-7	5.22

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
3-4	1922 12 29 12 22 0	Val Roveto	6-7	5.24
3	1923 05 13 14 30 5	Valle del Salto	5	4.33
2	1925 09 24 13 33 4	Molise occidentale	7	5.26
3-4	1927 10 11 14 45 0	Marsica	7	5.20
6	1927 12 26 15 06 1	Colli Albani	7	4.89
NF	1929 04 10 05 44	Bolognese	6	5.05
3	1930 07 23 00 08	Irpinia	10	6.67
3	1930 10 30 07 13	Senigallia	8	5.83
2-3	1931 10 21 07 35	Ciociaria	5	4.23
3	1933 09 26 03 33 2	Maiella	9	5.90
3	1938 08 12 02 28 3	Appennino laziale-abruzzese	5-6	4.56
3	1943 10 03 08 28 2	Ascolano	8	5.67
2-3	1948 12 17 21 18 0	Monti Reatini	5-6	4.40
3	1948 12 31 03 32	Monti Reatini	8	5.42
4	1950 09 05 04 08	Gran Sasso	8	5.69
4	1951 08 08 19 56	Gran Sasso	7	5.25
3	1957 04 11 16 19	Valle del Salto	6	4.94
3	1958 06 24 06 07	Aquilano	7	5.04
3-4	1961 10 31 13 37	Reatino	8	5.09
2-3	1967 12 03 21 29 5	Aquilano	5	4.37
NF	1967 12 09 03 09 5	Adriatico centrale		4.36
2-3	1971 02 06 18 09	Tuscania	7-8	4.83
3	1976 05 06 20 00 1	Friuli	9-10	6.45
3	1978 07 30 05 19 2	Ternano	7	4.32
5	1979 09 19 21 35 3	Valnerina	8-9	5.83
3	1980 02 28 21 04 4	Valnerina	6	4.97
3-4	1980 06 14 20 56 5	Marsica	5-6	4.96
2	1980 10 01 00 57 3	Frusinate	5	4.26
4	1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	10	6.81
NF	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	7	5.62
4	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	8	5.86
3	1984 05 11 10 41 4	Monti della Meta	7	5.47
2-3	1989 10 23 21 19 1	Colli Albani	6	4.32
4-5	1995 06 12 18 27 4	Campagna romana	5-6	3.79
4-5	1997 09 26 00 33 1	Appennino umbro-marchigiano	7-8	5.66
3	1997 09 26 09 40 2	Appennino umbro-marchigiano	8-9	5.97

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
3	2000 03 11 10 35 2	Valle dell'Aniene	6	4.25
4-5	2005 08 22 12 02 0	Costa laziale	5-6	4.78
4-5	2009 04 06 01 32 4	Aquilano	9-10	6.29
4	2016 10 26 19 18 0	Valnerina		6.07
5	2016 10 30 06 40 1	Valnerina		6.61
4	2017 01 18 10 14 0	Aquilano		5.70
3-4	2019 06 23 20 43 4	Colli Albani	5	3.76

Tabella 1 – Elenco degli eventi sismici sia storici che strumentali che hanno interessato direttamente o indirettamente l'area in studio. Is - intensità al sito (MCS); Io - Intensità epicentrale (MCS); Mw - magnitudo momento.

Dall'analisi dei recenti inventari di faglie attive, nello specifico è stato consultato il Diss 3.1 (nello specifico il Diss 3.2: DissWorking Group, 2015 - consultabile on-line: <http://www.ingv.it/DISS/>), non si riscontra la presenza di strutture sismogenetiche site in prossimità dell'area analizzata.

Con l'Ordinanza PCM 3274/03 e il successivo D.M. 14.01.2008 e D.M. 17.01.2018 si sono andati chiarendo e semplificando i rapporti fra esigenze normative e formati secondo i quali la pericolosità sismica deve essere valutata.

I dati di pericolosità sismica prodotti da INGV (MPS04 e successive integrazioni prodotte nell'ambito del progetto INGV-DPC S1, disponibili sui siti web <http://zonesismiche.mi.ingv.it/> e <http://esse1.mi.ingv.it/>) hanno fornito una prima risposta, che ha avuto un riconoscimento ufficiale nell' Ordinanza PCM 3519/06 "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

Pertanto il territorio del Municipio I di Roma è stato classificato appartenente alla categoria 3A.

Si fornisce inoltre la cartografia dei valori di pericolosità sismica del territorio nazionale espressi in termini di accelerazione massima del suolo (vedi Carta Classificazione Sismica e Carta dei Valori di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale).

Dalla Carta dei Valori di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale si osserva che la pericolosità sismica è stimata con una maggiore precisione; di fatto le variazioni sono continue e graduali, pertanto l'accelerazione orizzontale massima del suolo, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita ai suoli rigidi è a **0,100-0,125 g**, vale a dire lo scuotimento atteso del terreno in termini di accelerazione.

Si tratta di valori di accelerazione orizzontale attesa bassi.

Dall'analisi dello Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 condotto ai sensi della DGR Lazio 545/10 e validato da parte della struttura regionale competente, risulta che l'area in esame è stabile suscettibile ai fenomeni di amplificazione sismica locale.

Di seguito si riporta uno stralcio della Cartografia delle MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica), in scala 1:10.000.

COMUNE DI ROMA (RM)

Località "Piazza di Spagna"

CARTA CLASSIFICAZIONE SISMICA

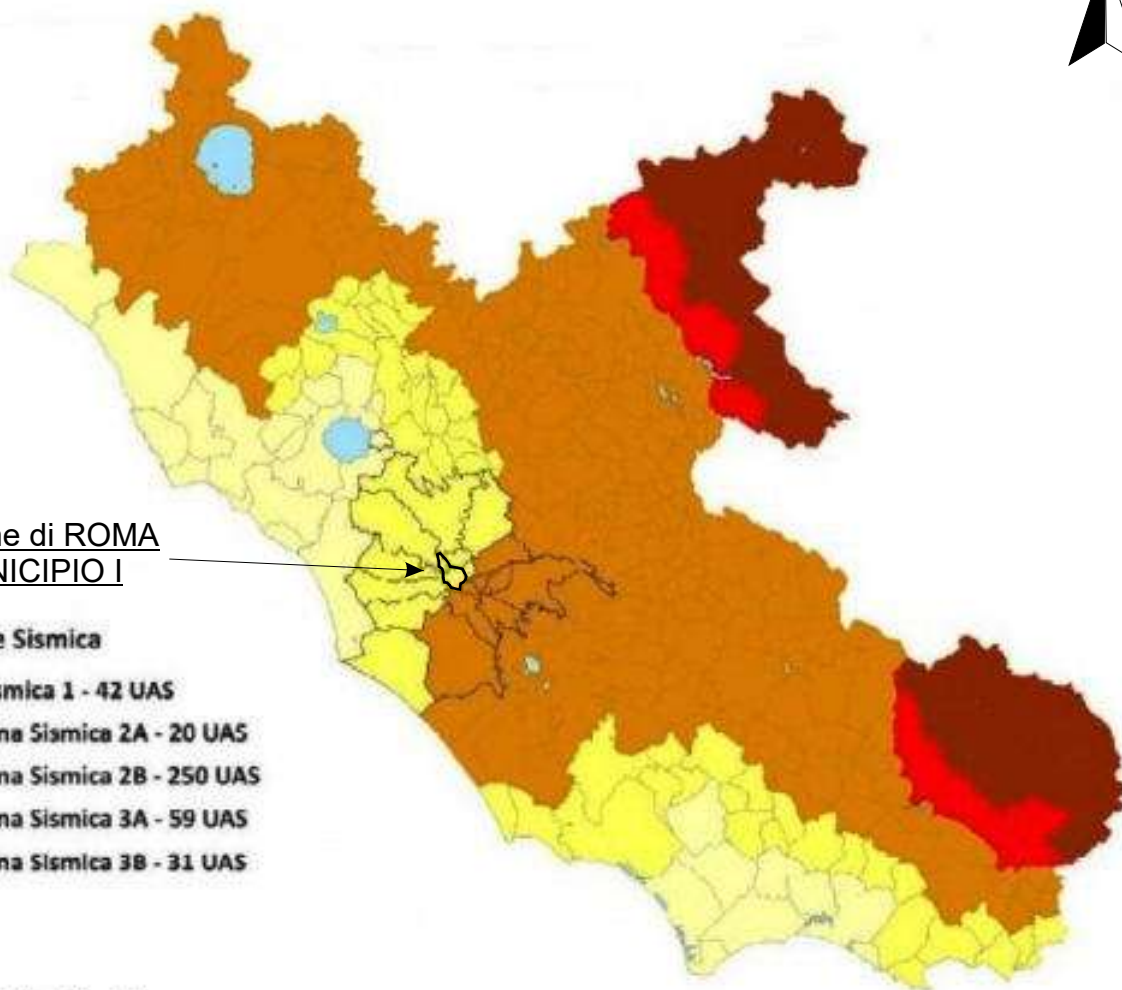
Ordinanza P.C.M. 3519 del 28/04/06 e con recepimento
delle variazioni operate dalla D.G.R. 387 del 22/05/2009



Comune di ROMA
MUNICIPIO I

Zonazione Sismica

-  Zona Sismica 1 - 42 UAS
-  Sottozona Sismica 2A - 20 UAS
-  Sottozona Sismica 2B - 250 UAS
-  Sottozona Sismica 3A - 59 UAS
-  Sottozona Sismica 3B - 31 UAS
-  laghi



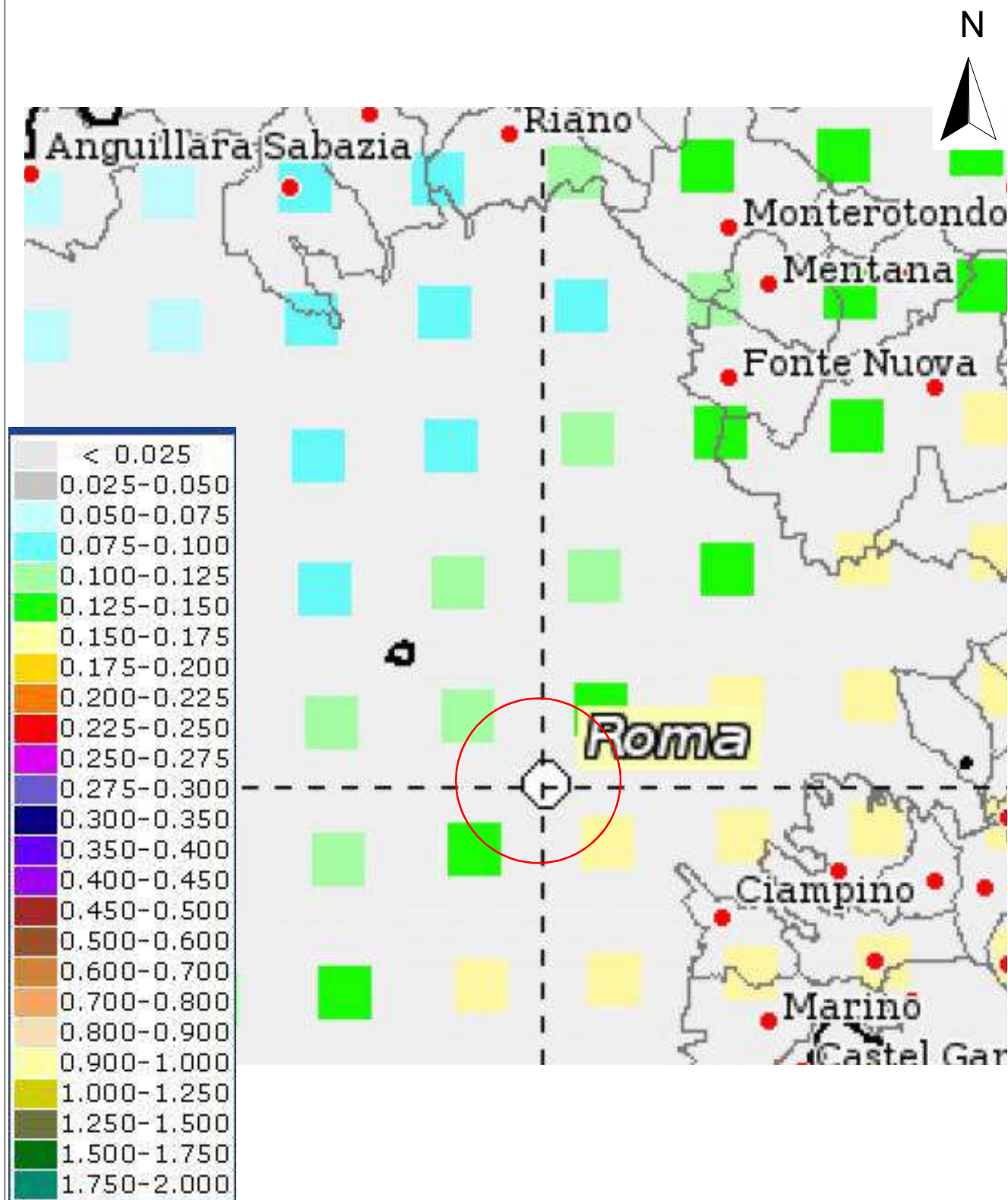
COMUNE DI ROMA (RM)

Località "Piazza di Spagna"

CARTA DEI VALORI DI PERICOLOSITA' SISMICA DEL TERRITORIO

(rif. Ordinanza PCM 3519 del 28/04/06)

Espressi in termini di accelerazione massima del suolo
con probabilità di eccedenza > 10% in 50 anni riferita ai suoli rigidi ($V_s > 800\text{m/s}$)



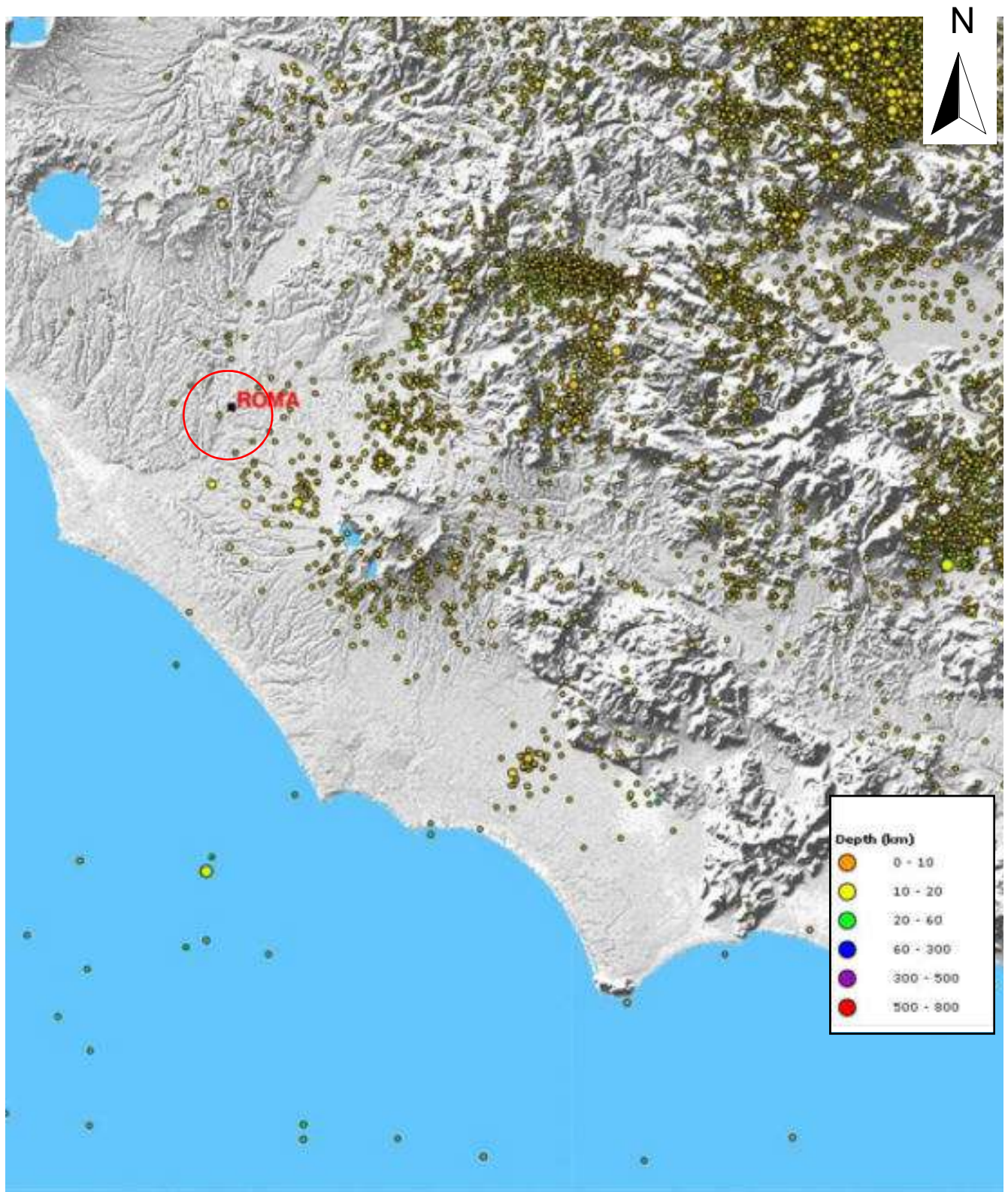
COMUNE DI ROMA (RM)

Località "Piazza di Spagna"

CARTA DELLA SISMICITA' STRUMENTALE

(Sismicità registrata nel periodo 1995-2015)

Fonte dei dati: Progetto ISIDE <http://iside.rm.ingv.it/>)



Località "Piazza di Spagna"

Località "Piazza di Spagna"

DELLE STRUTTURE SISMOGENETICHE

Dati disponibili on-line: http://diss.rm.ingv.it/GFMaplet3_INGV/GFMaplet/Default



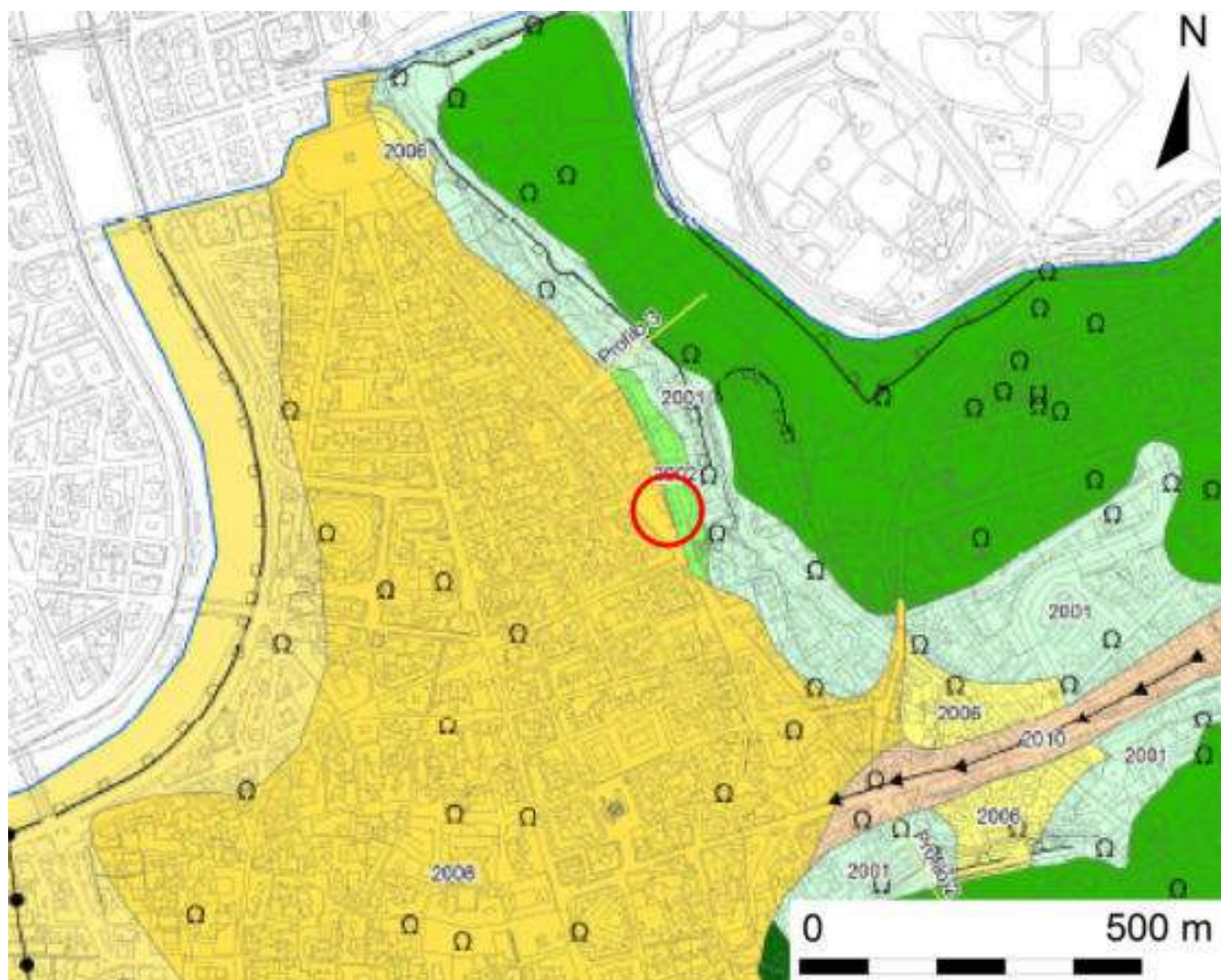
COMUNE di ROMA (RM)

Località "Piazza di Spagna"

Mod. 7.3.12 R00

CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

Stralcio Carta Microzonazione sismica di 1° Livello - U.A.S. di Roma - Municipio Roma Centro Storico
Scala 1:10.000



Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- Zona 1 - 2001
Multilayer vulcano-sedimentario ridotto
- Zona 2 - 2002
Substrato geologico non rigido
- Zona 3 - 2003
Multilayer vulcano-sedimentario completo
- Zona 4 - 2004
Paleovalle sepolta della Formazione di Fosso del Torrone
- Zona 5 - 2005
Riperti su tufi litoidi e pozzolane
- Zona 6 - 2006
Riperti su ghiaie e sabbie e su substrato geologico non rigido

- Zona 7 - 2007
Asse centrale della valle del Tevere
- Zona 8 - 2008
Porzioni laterali della valle del Tevere
- Zona 9 - 2009
Valle Murcia e fosso dell'Almose
- Zona 10 - 2010
Tributari minori del Tevere

Zone suscettibili di instabilità

- Instabilità di versante Quiescente

Forme di superficie e sepolte

- Scarpa sepolta
- Orlo di scarpata morfologica (10 - 20 m)
- Valle sepolta stretta $C \geq 0,25$
- Valle sepolta larga $C < 0,25$
- Traccia per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche
- Cavità sepolta

8. Indagini eseguite

8.1. Prove geotecniche in situ

8.1.1. Prova penetrometrica dinamica DPM (Dynamic Probing Medium)

Al fine di caratterizzare a livello geotecnico i terreni al sedime dell'area d'intervento, sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche dinamiche di tipo DPM, denominate Pm1 e Pm2 ed ubicate come da stralcio cartografico allegato.

Il penetrometro dinamico utilizzato, Modello Pagani DPM 30-20, secondo la classificazione ISSMFE del 1988 appartiene al tipo Medio (DPM), ovvero con massa battente di massa $10 < M < 40$ kg.

Si allega il certificato di conformità dello strumento alle direttive europee.

Il modello consente l'infissione di aste di acciaio di diametro $\varnothing = 2,00$ cm, lunghezza 100 cm e peso 2.40 Kg cadauna; il maglio di battuta, del peso di 30,00 Kg, prevede un'altezza di caduta fissa di 20 cm; al termine dell'ultima asta è montata una punta conica, avente area $A = 10,00$ cmq ed angolo di apertura $\beta = 60^\circ$.

Tale penetrometro sviluppa un'energia specifica / colpo $Q = 6,00$ kg/cmq (per riferimento, una prova SPT sviluppa una $QSPT = 7.83$ kg/cmq); il coefficiente teorico di energia $\beta_t = Q / QSPT = 0,766$ (in teoria quindi $NSPT = \beta_t \times N$).

Sui tabulati allegati si riportano il numero dei colpi N per ogni 10 cm di avanzamento della batteria di aste, sia in veste analitica che grafica, ed i valori delle resistenze dinamiche di rottura alla punta con la profondità in Kg/cmq, calcolate ricorrendo alla formula olandese ricordata sul prospetto riepilogativo iniziale.

Sono infine stati correlati i dati ottenuti elaborando sia un prospetto statistico che un'interpretazione geomeccanica; ciò ha permesso di ricostruire la serie litotecnica, con

le rispettive caratteristiche e le indicazioni dei valori di resistenza dinamica corrispondenti ad una prova SPT.

La colonna litotecnica del test consente un'interpretazione ed una definizione abbastanza affidabile della sequenza litologica e geomeccanica locale.

Durante l'esecuzione della campagna geognostica è stata scattata una fotografia, riportata nella apposita sezione in allegato (rif. Documentazione fotografica).

La prova è stata spinta fino alla condizione di rifiuto strumentale.

8.1.2. Sondaggio geognostico a carotaggio continuo

Per una più esaustiva ricostruzione della locale sequenza stratigrafica, nonché per una corretta definizione dei parametri geomeccanici dell'area di sedime delle opere in progetto, sono state interpretate le risultanze di un sondaggio meccanico a carotaggio continuo, eseguito dallo scrivente nel Marzo 2014 nelle aree pertinentziali di un fabbricato sito in via del Tritone, spinto fino alla profondità di 30 metri dal locale piano campagna, utilizzando una sonda Soil System – modello Micki 450 (cingolato in gomma e centralina oleodinamica separata), in modalità a rotazione, con sistema aste e carotiere con diametro 101 mm.

La perforazione del foro S1 aveva evidenziato, al di sotto di una coltre di riporto e terreno antropizzato i seguenti litotipi:

- Sabbia limosa marrone di origine fluviale, mista a depositi rimaneggiati di origine vulcanica, poco addensata, fino a circa 12,00 m;
- Limo argilloso debolmente sabbioso, grigio e grigio scuro, moderatamente consistente, con presenza di frustoli carboniosi millimetrici, fino a circa 20,0 m da p.c.;

- Limo argilloso debolmente sabbioso, grigio e grigio scuro, poco consistente e molle, con presenza di frustoli vegetali e livelli torbosi nerastri, fino a circa 25,5 m da p.c;
- Limo argilloso debolmente sabbioso, grigio e grigio scuro, poco e moderatamente consistente, con presenza di frustoli vegetali e livelli torbosi nerastri, fino a fondo foro.

Durante l'esecuzione del sondaggio erano stati prelevati campioni di materiale, successivamente sottoposti a specifiche analisi di laboratorio per la definizione dei parametri geomeccanici dei depositi presenti nell'area di sedime delle opere da realizzare.

8.2. Prove geofisiche

8.2.1. Prove sismiche MASW

Descrizione del metodo

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Ogni singolo geofono è collegato mediante un cavo bipolare che trasmette il segnale al sismografo, il segnale sismico viene così registrato, opportunamente amplificato, visualizzato sullo strumento e memorizzato per le successive elaborazioni ed interpretazioni.

Questa tipologia di prospezione è stata realizzata con n. 1 stendimento sismico da 24 geofoni allineati a distanza intergeofonica di 1,0 metri che hanno registrato le onde sismiche generate in corrispondenza di 4 punti di energizzazione dislocati rispettivamente ad una distanza (offset) di 5,0 e 6,0 dal primo geofono all'esterno dello stendimento ed in allineamento con i geofoni.

La distanza intergeofonica indicativamente rappresenta lo spessore minimo della discontinuità rilevabile.

La profondità massima di penetrazione, diversamente dalla sismica a rifrazione tradizionale, è determinata dalla relazione fra velocità di propagazione dell'onda e le sue frequenze, quindi non dipende dalla geometria dello stendimento, ma dalle caratteristiche della successione litostratigrafia del terreno investigato.

Le acquisizioni sono state eseguite con diversi tempi di campionamento pari a 2.000 ms, 0.500 ms e 0,125 ms ed una durata di acquisizione di 2048 ms.

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale della PASI modello 16S24-U, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- capacità di campionamento dei segnali tra 125 μ s e 2 ms;
- filtri in post-acquisizione (50-60 Notch, 250LP)
- antialiasing: attivi, LPF, 8°ordine Butterworth;
- attenuazione -48dB/oct (-160dB/dec);
- $f_0=5/8f_{nyq}$; accuratezza $\pm 1\%$ freq.di taglio
- 24 bit con algoritmo proprietario
- 12 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;
- massa battente pesante di 8 Kg.

Per l'elaborazione del profilo verticale della Vs (velocità delle onde di taglio), è stato utilizzato il software winMASW della ELIOSOFT srl .

Elaborazione dei dati MASW1

Il passo di campionamento con il quale sono stati registrati i sismogrammi è stato pari a 2,0 ms, 0,5 ms e 0,125 ms; il sismogramma analizzato (Figura 2) in queste pagine è quello con passo di campionamento pari a 2,0 ms e offset pari a 5,0 metri di distanza dal primo geofono.

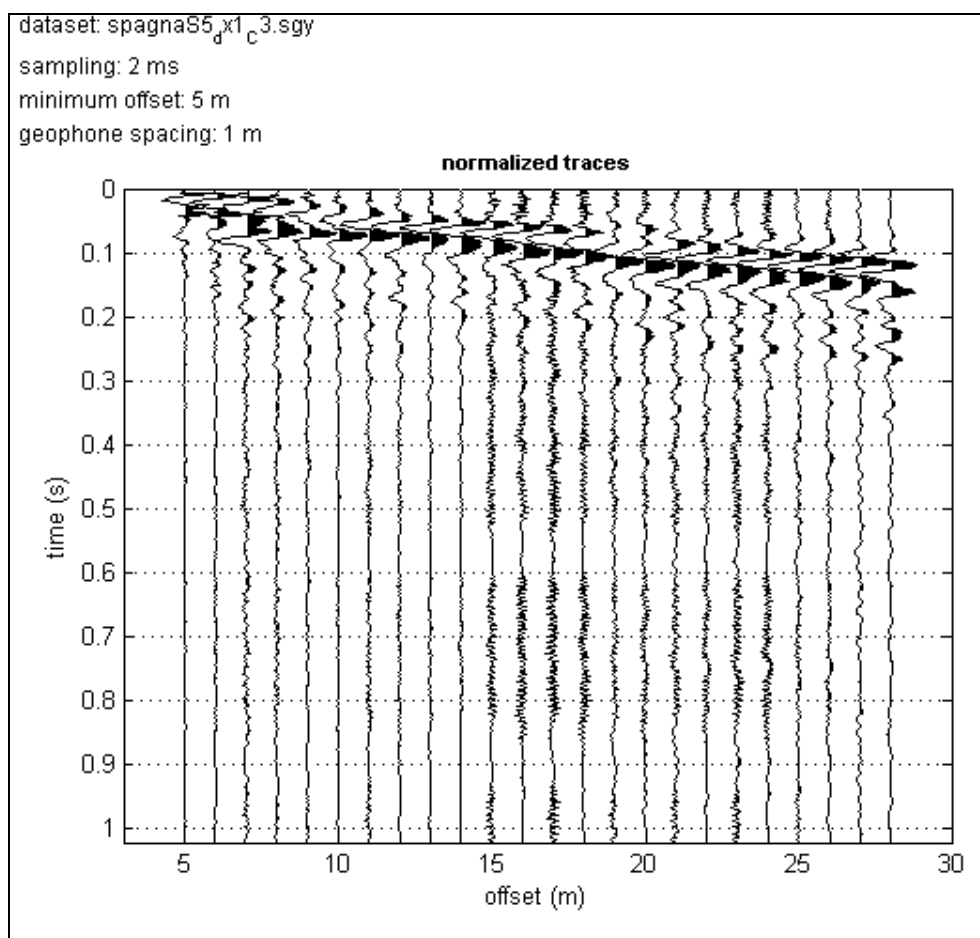


Figura 3. Sismogramma.

Dal sismogramma così ottenuto si è ricavato lo spettro delle velocità (diagramma velocità-frequenza) sul quale si individua la curva di dispersione (Fig. 4).

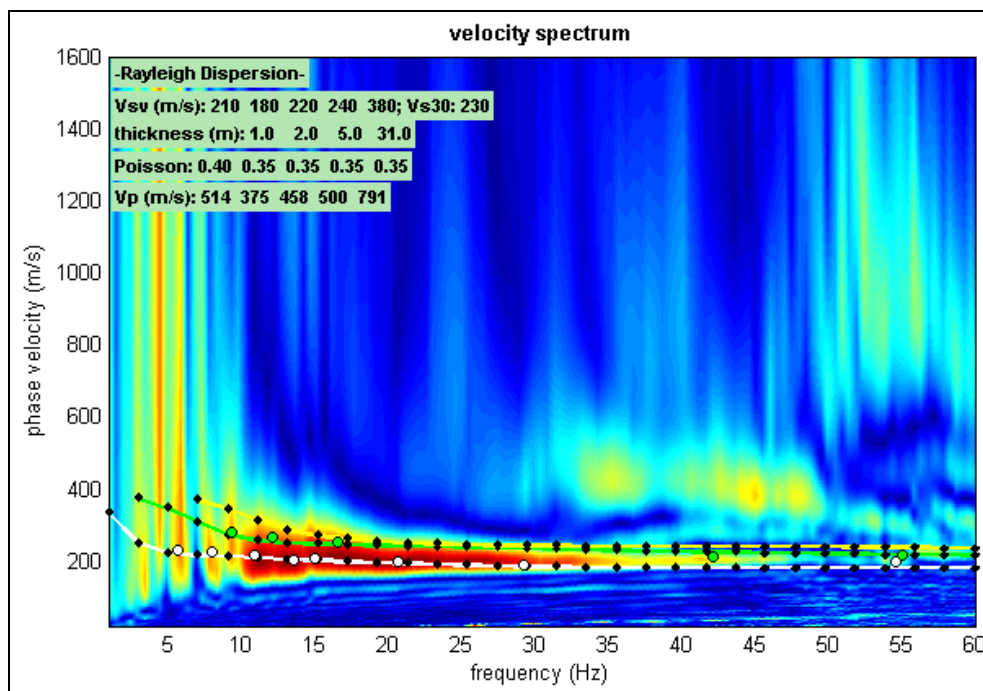


Figura 4. Spettro di velocità della MASW1.

Nel paragrafo successivo si riportano i modelli sismo-stratigrafici calcolati evidenziando il modello “medio” e “migliore” con colori differenti (Figura 5).

Risultati della MASW1

Gli spettri di velocità ottenuti dalle varie acquisizioni si presentano tutti molto netti mostrando chiaramente il modo fondamentale (Fig. 4).

Integrando e piccando i dataset acquisiti si osserva che la velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s)-frequenza (Hz) in un intervallo di compreso tra 2 Hz e 60 Hz.

La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 200 m/s e 300 m/s (Fig.4).

Per tale indagine si è proceduto sia con la modellazione diretta e sia con l'inversione della curva piccata.

I risultati esposti sono il frutto di una ricerca del modello migliore e coerente tra la distribuzione di energia nello spettro di velocità (dato sperimentale) e la curva di dispersione teorica del modello ipotizzato sulla base delle conoscenze geologico-geotecniche acquisite durante questo studio (Fig. 5).

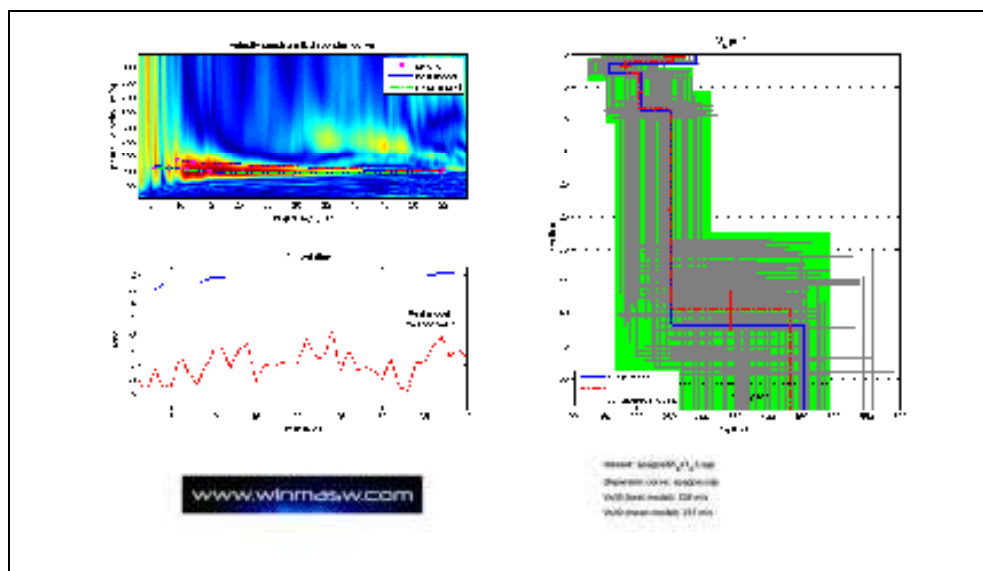


Figura 5. Modelli di velocità calcolati per la MASW1

La curva che meglio approssima i dati sperimentali, come già indicato nella figura 5, deriva da un profilo verticale delle onde S costituito da 5 sismo-strati, le cui caratteristiche geometriche e sismiche sono indicate nella figura successiva.

La classificazione del suolo è stata eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità:

Per il caso in esame, utilizzando i valori del modello di velocità relativo alle onde di taglio ed estendendo il semispazio fino alla profondità di 30 metri, risulta che la velocità media è di 237 m/sec.

8.2.2. Misure di microtremore

Descrizione del metodo

Il rumore sismico, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre, si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro. I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S.

In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossime a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime. La tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso, è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo (Field e Jacob, 1993; Lachet e Bard, 1994; Lermo e Chavez-Garcia, 1993, 1994; Bard, 1998; Ibs-von Seht e Wohlenberg, 1999; Fah et al., 2001). Sono state interpretate n. 2 registrazioni del rumore di fondo eseguite nell'area per un tempo di 16 minuti. Lo scopo di questa indagine è quello di verificare attraverso il metodo di Nakamura, l'eventuale presenza di eventuali contrasti di impedenza fra gli strati sismici investigati.

Risultati delle analisi H/V

Per le misure H/V (misure di microtremori a stazione singola) è stato utilizzato il tromografo ®Tromino (Micromed), strumento digitale dotato di tre sensori elettrodinamici (geofoni o velocimetri), solidali al case metallico, orientati secondo una terna cartesiana.

La frequenza di campionamento è stata di 128 Hz, con tempo pari a 16 minuti.

Sono state analizzate n. 2 registrazioni del rumore di fondo, come risulta dalla “carta ubicazione delle indagini”, in allegato.

L’elaborazione delle misure H/V è consistita in un lavoro di pulizia del dato, allo scopo di eliminare segnali transienti e poter quindi procedere al calcolo degli spettri delle componenti orizzontali (H) e verticali (V), successivamente sintetizzate nel rapporto spettrale H/V (in allegato).

Sulla base della ricostruzione stratigrafica ottenuta dalle indagini geotecniche precedentemente descritte, è stato possibile utilizzare la curva H/V per realizzare un modello sintetico di Vs (Experimental vs. Synthetic H/V).

Seguono i rapporti delle registrazioni eseguite.

ROMA, PIAZZA SPAGNA R1

Strumento: TRZ-0142/01-11

Inizio registrazione: 19/12/15 07:49:35 Fine registrazione: 19/12/15 08:05:35

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

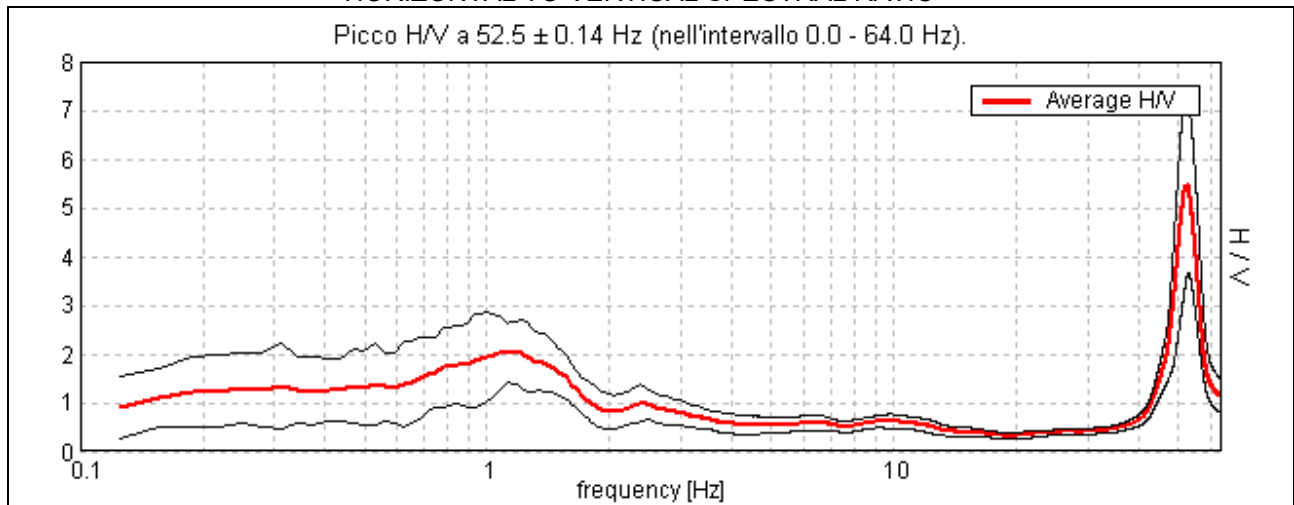
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

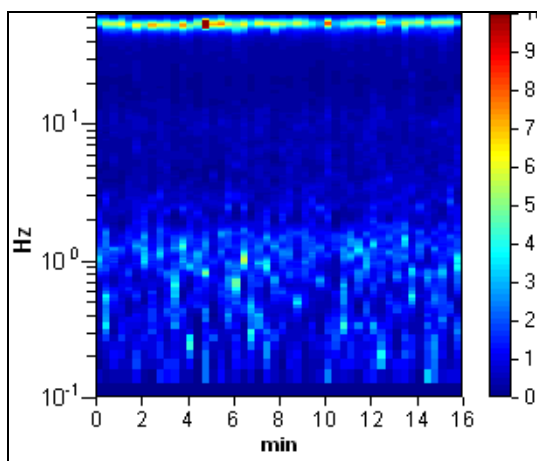
Lisciamento: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

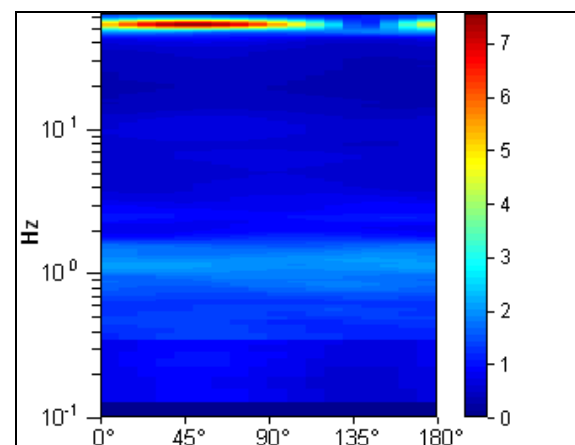
Picco H/V a 52.5 ± 0.14 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



H/V TIME HISTORY

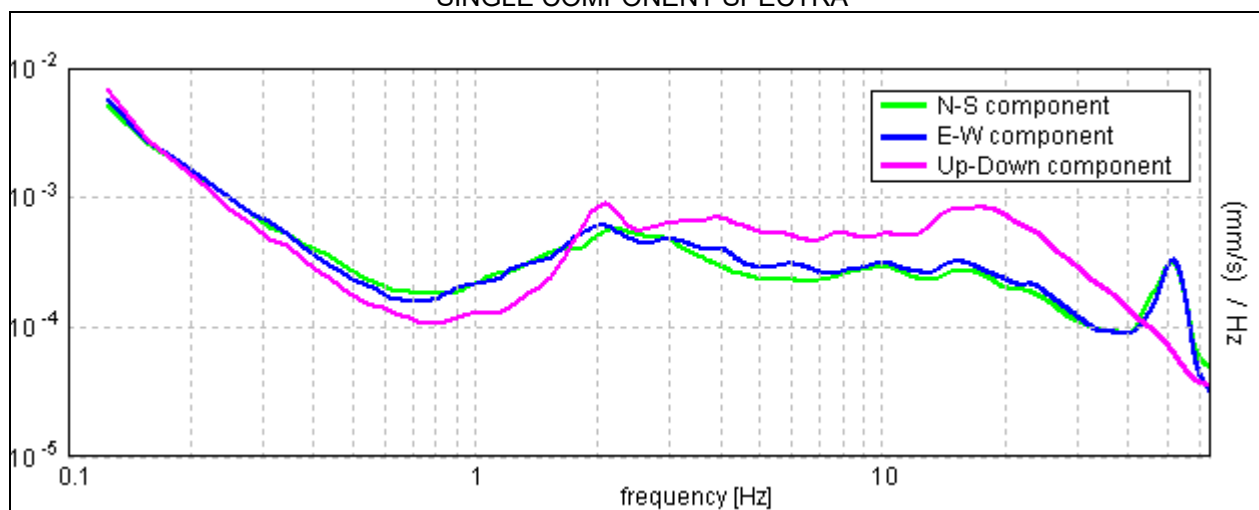


DIRECTIONAL H/V

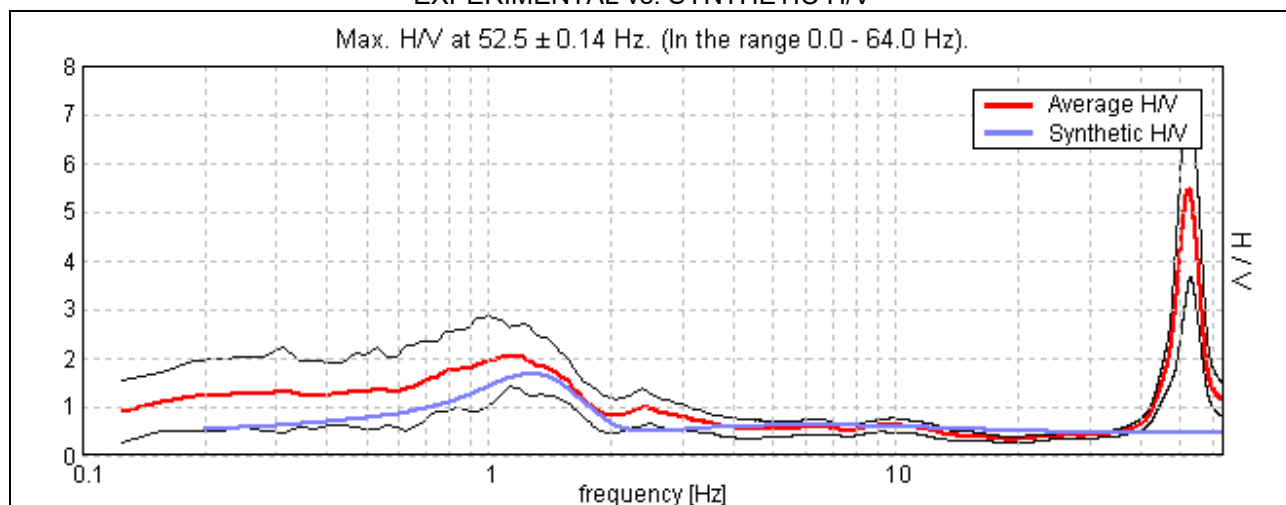


i

SINGLE COMPONENT SPECTRA

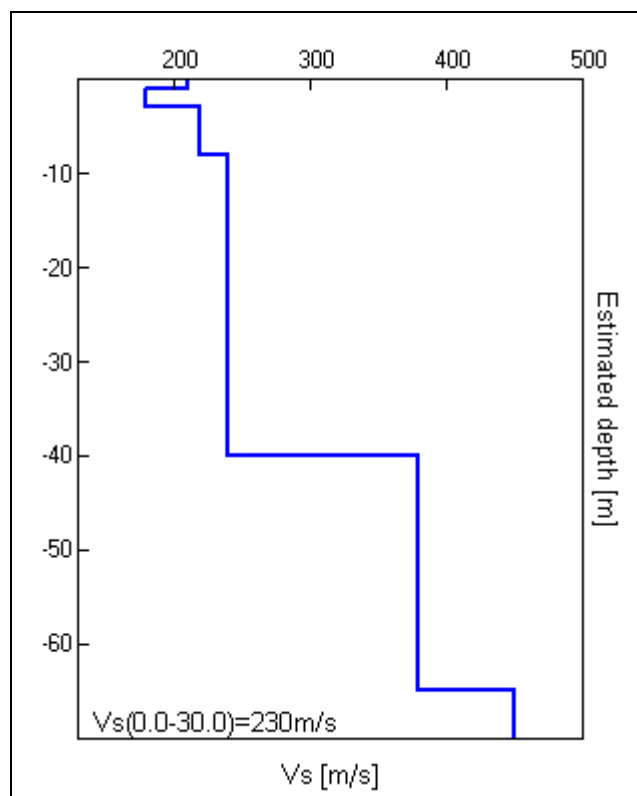


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 52.5 ± 0.14 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	210	0.35
3.00	2.00	180	0.35
8.00	5.00	220	0.35
40.00	32.00	240	0.35
65.00	25.00	380	0.35
inf.	inf.	450	0.35

$$V_{s_eq}(0.0-30.0) = 230 \text{ m/s}$$



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Picco H/V a 52.5 ± 0.14 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$52.50 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$50400.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1209	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	48.313 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	57.0 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.46 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0013 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.06823 < 2.625$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.9261 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

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

ROMA, SPAGNA R2

Strumento: TRZ-0142/01-11

Inizio registrazione: 19/12/15 08:19:08 Fine registrazione: 19/12/15 08:35:08

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

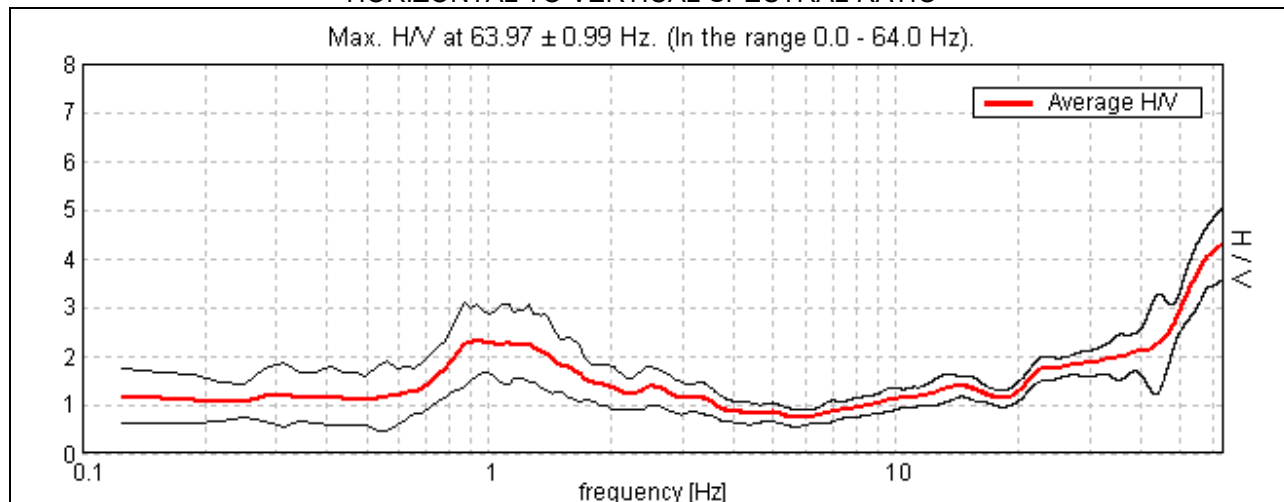
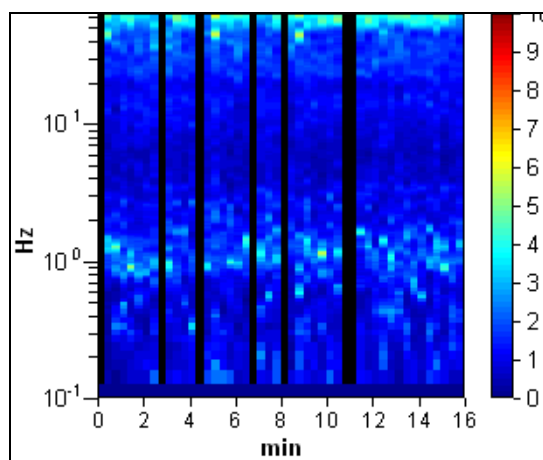
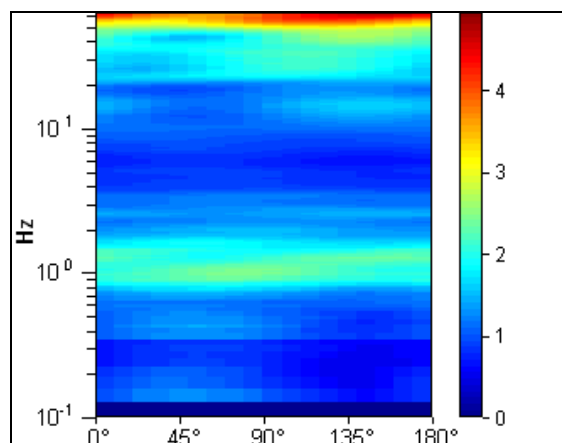
Analizzato 85% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

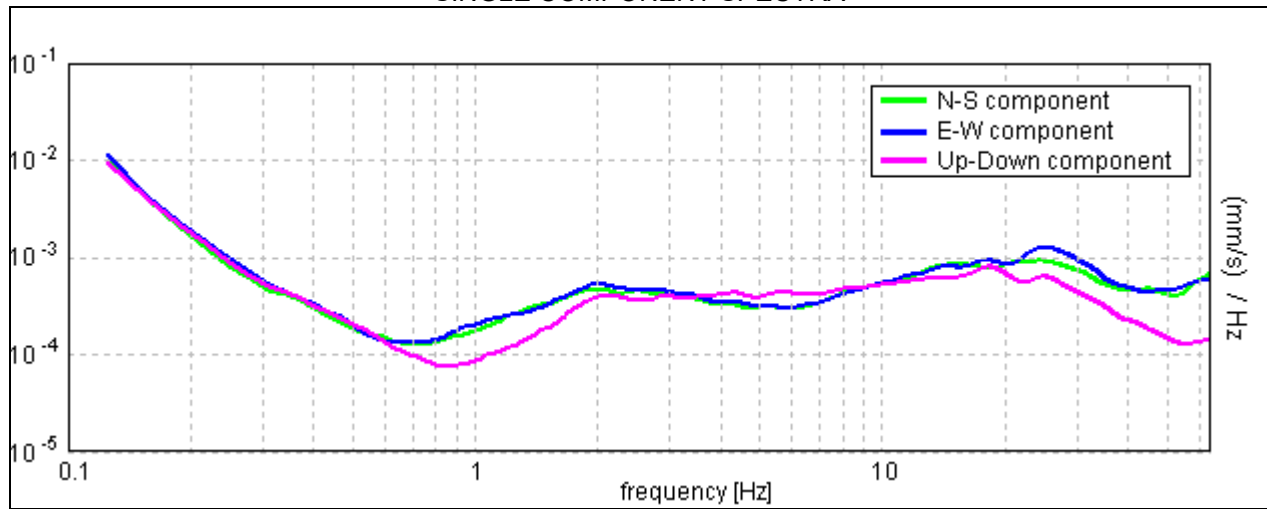
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

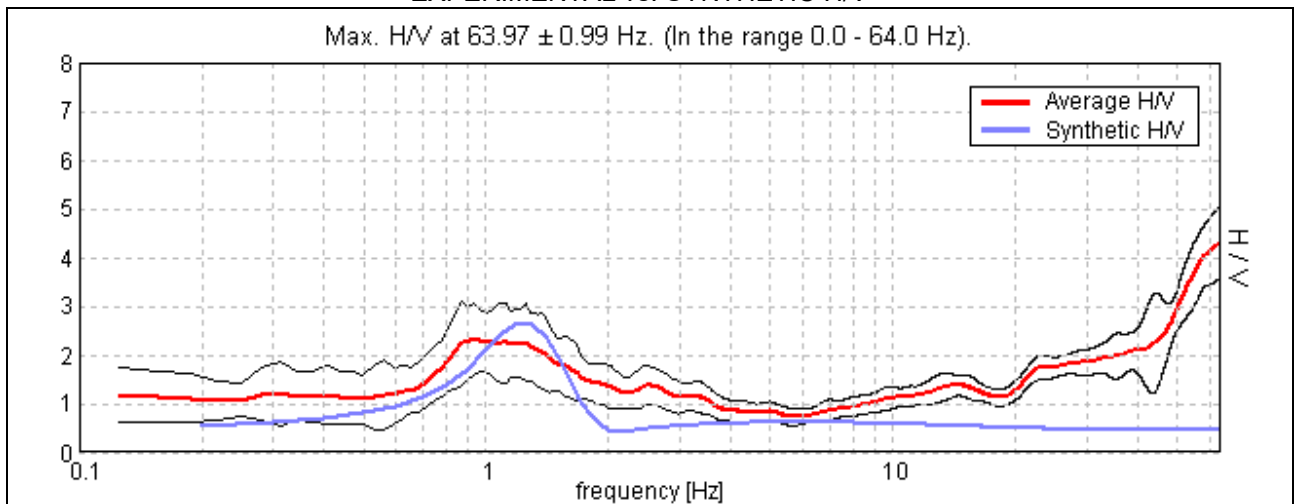
Lisciamento: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIOMax. H/V at 63.97 ± 0.99 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).**H/V TIME HISTORY****DIRECTIONAL H/V**

SINGLE COMPONENT SPECTRA

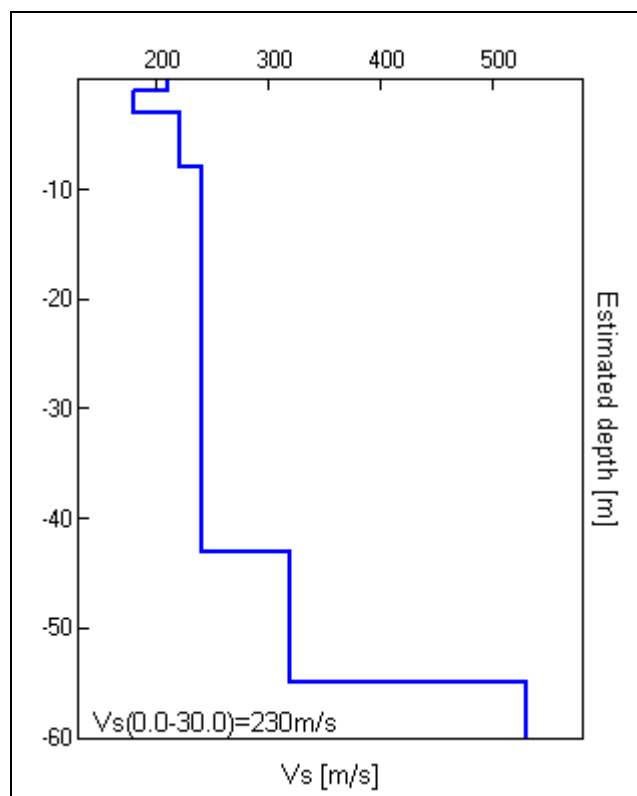


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	210	0.35
3.00	2.00	180	0.35
8.00	5.00	220	0.35
43.00	35.00	240	0.35
55.00	12.00	320	0.35
inf.	inf.	530	0.35

$$V_{s_eq}(0.0-30.0) = 230 \text{ m/s}$$



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Picco H/V a 63.97 ± 0.99 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$63.97 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$52454.4 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1026	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	42.344 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$4.30 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00756 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.48369 < 3.19844$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3474 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

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

8.3. Analisi geotecniche di laboratorio

Durante la perforazione eseguita in Via del Tritone nel Marzo 2014, sono stati recuperati n° 4 campioni a disturbo limitato (Q4), sui quali sono state effettuate le analisi geotecniche di laboratorio richieste per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche dei depositi intercettati, secondo le normative ASTM (American Standard Testing Material) di volta in volta citate.

Si riporta nel seguito l'elenco delle determinazioni eseguite con indicata la codifica della procedura esecutiva di riferimento:

- apertura campioni (ASTM D75-09; D420-98[2003]; D421-85[2007]);
- descrizione ed identificazione del campione (ASTM D2488-06);
- determinazione del contenuto d'acqua naturale (ASTM D 2216-05);
- determinazione del peso di volume naturale (ASTM D2937-04);
- determinazione del peso specifico dei grani (ASTM D854-06);
- granulometria per setacciatura (ASTM D422-63[2007]);
- granulometria per sedimentazione (ASTM D422-63[2007]);
- limiti di Atterberg (ASTM D4318-05);
- classifica U.S.C.S. (ASTM D2487-06)
- prova di taglio diretto (ASTM D3080-04);

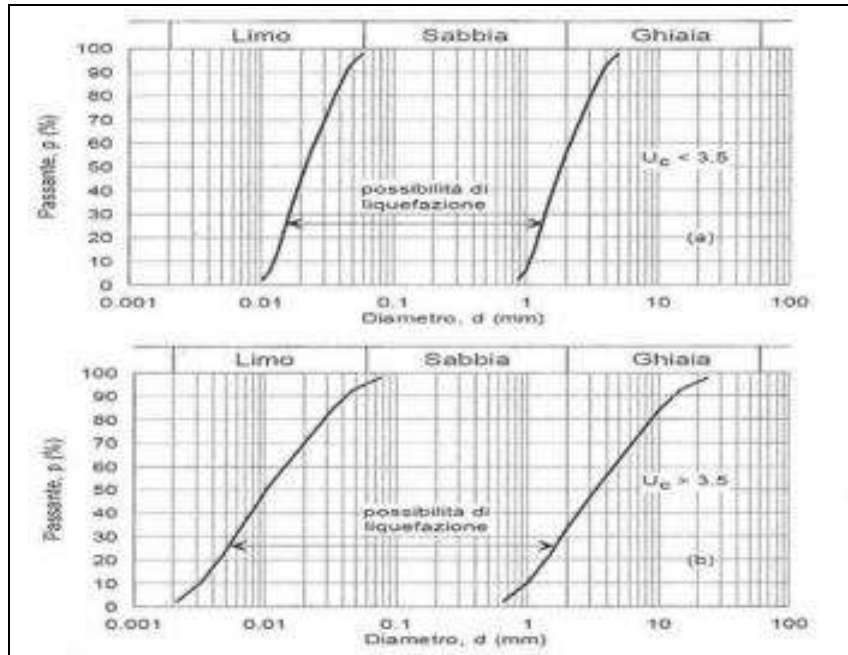
Nella caratterizzazione di laboratorio occorre tener conto che i prelievi di campioni sono avvenuti in orizzonti in cui la evidente componente limosa nella struttura litologica, aveva consentito un campionamento pseudo-indisturbato; pertanto i parametri ottenuti sono riferiti a tali livelli maggiormente coesivi, i quali possono essere definiti anche mediante l'integrazione con le risultanze delle prove SPT, attraverso le relazioni

sperimentali note in letteratura (Gibbs & Holtz – 1957, De Mello – 1971, Schmertmann – 1977).

9. Liquefazione

Le NTC 2018, al cap. 7.11.3.4.2, stabiliscono che la verifica nei confronti della liquefazione di un terreno di fondazione possa essere omessa qualora si verifichi una delle seguenti condizioni:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.100 g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$;
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura sottostante (terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ e terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$).



Per quanto sopra esposto, e in particolare per i punti n. 2, 3 e 4 si può ritenere che i terreni presenti nell'area di sedime possano essere classificati come non liquefacibili in fase sismica in riferimento alla normativa vigente.

10. Modello geologico e geotecnico

La sintesi di tutti i dati analizzati (rilievo geologico, interpretazione dei dati geofisici acquisiti, interpretazione delle risultanze delle indagini pregresse) ha permesso di definire il seguente **modello geologico**, relativo all'area di sedime del bagno pubblico oggetto del presente studio, schematizzato nella successiva tabella, riferito alla quota della sede stradale.

Descrizione litologica dello strato	Profondità (m)	Litotipo n°
Depositi di riporto ed antropizzati	p.c. – 3	1
Depositi alluvionali sabbiosi, ghiaiosi, talvolta argillosi	3 - 8	2
Depositi alluvionali addensati	8 - >20	3

Tabella – Modello geologico

Da quanto sopra ed al fine di fornire una rapida sintesi delle eventuali criticità riscontrate, si riporta il seguente prospetto:

- **Rischio geologico:**
 - Rischio di frana attuale: assente
 - Rischio di frana potenziale: assente
 - Rischio di alluvionabilità: assente
 - Rischio di erosione lineare accelerata: assente
 - Rischio di crollo massi: assente
- **Rischio sismico:** medio
- **Rischio cavità:** assente
- **Rischio liquefazione:** assente
- **Rischio subsidenza o sinkhole:** assente
- **Rischio tettonico:** assente

Attraverso la combinazione delle informazioni riassunte nella tabella sovrastante e dei dati provenienti dalle indagini geognostiche eseguite nell'area, nonché dei dati in possesso dello scrivente, è possibile descrivere il modello geotecnico.

Definito il volume significativo come quella parte di sottosuolo influenzata, direttamente od indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso, è possibile descriverne il comportamento attraverso il **modello geotecnico**, nel quale i valori nominali dei parametri geotecnici sono stati trasformati nei rispettivi **valori caratteristici (k)** degli stessi, così come richiesto al § 6.2.2 delle NTC08 e della Circolare.

Si riporta la tabella dei valori caratteristici nella quale:

- γ_k = densità caratteristica;
- ϕ_k = angolo di attrito interno caratteristico;
- c'_k = coesione drenata caratteristica;
- $C_{u,k}$ = coesione non drenata caratteristica;
- $E_{s,k}$ = modulo elastico (di Young) caratteristico;
- $G_{0,k}$ = modulo di taglio caratteristico;
- μ_k = modulo di Poisson caratteristico;
- λ_l = coefficiente di Lamè

Il modello geotecnico relativo all'intervento in progetto è riportato nella sottostante tabella, nella quale gli strati sono stati individuati ricorrendo alla stessa numerazione dei litotipi individuati, riportati nella precedente tabella.

Strato	γ_k KN/m ³	ϕ_k °	c'_k daN/cm ²	$C_{u,k}$ daN/cm ²	$E_{s,k}$ (Mpa)	$G_{0,k}$ (Mpa)	λ_l (Mpa)	μ_k
Litotipo 1	14 - 15	21 - 24	-	-	40	55	55	0.39
Litotipo 2	19 - 20	32 - 35	-	-	100	90	100	0.36
Litotipo 3	20	>35	-	-	130	110	120	0.36

Tabella - Valori caratteristici dei parametri geotecnici

In riferimento alle tabelle precedenti è opportuno evidenziare quanto segue:

- ✓ Il valore nominale dei parametri geotecnici, dal quale è stato poi ricavato quello caratteristico secondo quanto nel seguito riportato, è riportato in allegato nelle diagrafie delle prove penetrometriche DPSH, per ogni 20 cm;
- ✓ Il punto C 6.2.2.4 della Circolare recita *“Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità. La scelta di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici può essere dettata anche solo dalle caratteristiche dei terreni; basti pensare, ad esempio, all'effetto delle discontinuità sul valore operativo della resistenza non drenata. Una migliore approssimazione nella valutazione dei valori caratteristici può essere ottenuta operando le opportune medie dei valori dei parametri geotecnici nell'ambito di piccoli volumi di terreno, quando questi assumano importanza per lo stato limite considerato. È questo il caso, ad esempio, delle verifiche SLU dei pali in condizioni non drenate, in termini di tensioni totali, nelle quali per la determinazione del contributo di resistenza alla punta è appropriata la valutazione del valore caratteristico della resistenza non drenata mediante una media locale effettuata nel volume di terreno interessato dal meccanismo di collasso indotto dalla punta stessa”*.
- ✓ I parametri caratteristici sono stati identificati con il metodo statistico in base alle seguenti fonti di letteratura:

- EUROCODICE 7 (EC7) (norma europea prEN1997-1), punto 2.4.5.2 11 e relativa nota;
 - Bond, A., Harris, A., Decoding Eurocode 7, Taylor and Francis, 2008.
- L'EC7 suggerisce che il valore caratteristico di un determinato parametro debba corrispondere ad una valutazione cautelativa del valore medio di quel parametro e che, se si utilizzano metodi statistici, il valore caratteristico dovrebbe essere cautelativamente rilevato in maniera tale che la probabilità calcolata di valori più sfavorevoli che determinano la manifestazione dello stato limite non sia maggiore del 5%.

11. Azioni sismiche di progetto

Una breve descrizione della sismicità storica del Comune di Roma è riportata nel Capitolo 7 del presente lavoro, dal quale si deduce che l'area in esame è caratterizzata da un'accelerazione orizzontale attesa medio-bassa.

Per un sisma con un periodo di ritorno (T_R) di 50 anni e probabilità di superamento (P_{VR}) pari al 10%, questo valore è generalmente compreso nel range **0,100 – 0,125** Ag/g (INGV: “Mappa della pericolosità sismica del territorio”).

11.1. Pericolosità sismica di base

Al fine della definizione delle **azioni sismiche di progetto**, di cui al § 3.2 delle NTC18, occorre partire dalla “**pericolosità sismica di base**”.

La stima di quest'ultima, intesa come accelerazione orizzontale massima attesa a_g su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale (categoria A e T1 delle NTC18), pertanto in condizioni ideali, viene eseguita mediante un approccio “sito dipendente”; ovvero la stima dei parametri spettrali, necessari per la definizione dell'azione sismica sia per la valutazione della sicurezza sia per il progetto degli interventi, è calcolata direttamente per il sito in esame.

Per far ciò sono state calcolate, in base ai parametri correlati al reticolo di riferimento, le coordinate geografiche della zona in esame, riferite all'ellissoide ED50, sistema di riferimento utilizzato per la carta di pericolosità dell'INGV.

Esse sono:

Latitudine: ϕ_{ED50}	41.907371
Longitudine: λ_{ED50}	12.482736

Una volta ricavata la pericolosità sismica di base, fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it> è possibile passare alla definizione delle azioni sismiche, nei vari stati limite, attraverso l'approccio prestazionale introdotto dalle NTC18, e valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_r con la seguente relazione:

$$V_r = V_n \text{ (vita nominale della struttura)} \times C_u \text{ (coefficiente d'uso)}.$$

Esse si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali.

Queste ultime, relative a ciascuno degli stati limite, cui corrispondono determinate probabilità di superamento P_{V_r} nel periodo di riferimento, sono definite, in condizioni di campo libero, a partire dai seguenti parametri:

- a_g (o P_{ga}) accelerazione orizzontale massima del terreno, determinata su un reticolo a maglia inferiore a 10 Km (corrispondente all'ordinata spettrale per $t = 0$);
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale su suolo rigido.

Tramite il software sperimentale SPETTRI 1.03 del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti è possibile stimare i parametri per la definizione dell'azione sismica per i vari stati limite considerati e per il sito, tenendo conto delle seguenti condizioni:

- Coordinate del sito: Lat 41.907371 e Long 12.482736;
- Vita nominale V_N : 50 anni;

- Classe d'uso: II (*affollamento normale*);
- Coefficiente $C_u=1,0$;
- Vita di riferimento $V_R = V_N \times C_u = 50$ anni.

Ai quattro stati limite, Stato limite di immediata operatività (SLO), Stato limite di danno (SLD), Stato limite di salvaguardia della Vita (SLV) e Stato limite di prevenzione del Collasso (SLC) sono stati attribuiti (v. Tabella 3.2.1 delle NTC18) i valori della probabilità di superamento P_{Vr} nel periodo di riferimento, pari rispettivamente a 81%, 63%, 10% e 5%, cui corrispondono periodi di ritorno di anni 30, 50, 475, 975.

I parametri di azione sismica del sito in esame per i diversi stati limite sono riportati nella successiva tabella 5.

Stato limite	T_r (anni)	a_g (m/s ²)	F_o	T_c^* (s)
SLO	30	0.043	2.528	0.257
SLD	50	0.054	2.505	0.270
SLV	475	0.118	2.621	0.299
SLC	975	0.147	2.621	0.309

Tabella 5 – Parametri di azione sismica del sito in esame per i diversi stati limite

11.2. Risposta Sismica Locale (RSL) e categoria di sottosuolo

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, secondo quanto esposto nelle NTC18, per tener conto delle modifiche prodotte dalle locali condizioni stratigrafiche (S) del sottosuolo e dalla configurazione topografica (T) del sito in esame.

Entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido ed orizzontale.

Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, determinano la **risposta sismica locale (RSL)**, così come definita al § 7.11.3.1 delle NTC18.

Gli effetti della RSL possono essere valutati con metodi semplificati, se l'azione sismica in superficie è descritta dall'accelerazione massima o dallo spettro di risposta elastico, oppure mediante specifiche analisi quando l'azione è descritta mediante accelerogrammi.

Nella fattispecie, dall'analisi e mediazione dei dati ricavati, è stato possibile valutare l'effetto della risposta sismica locale, mediante la classificazione sismica del suolo.

Infatti, l'esecuzione della prospezione geofisica MASW, nonché la modellazione geologica e geotecnica del sedime locale, hanno consentito di procedere con l'approccio semplificato, così come raccomandato al § 3.2.2 delle NTC18, in quanto si è concretizzata la condizione imposta dalle NTC18, necessaria per poterlo applicare, ovvero un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche dei terreni con la profondità.

Per quanto sopra esposto il sottosuolo può essere classificato nella **categoria "C"** avendo presentato una media dei valori della **Vs30 di circa 232 m/sec**, come da campitura evidenziata nella seguente tabella 3.2.II delle NTC18.

§ 3.2.2 NTC18: Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria suolo	Tipo	Velocità onde di taglio
A	Ammassi rocciosi o terreni molto rigidi	$V_s > 800 \text{ m/sec}$
B	Rocce tenere e terreni a grana grossa molto addensati o terreni fini molto consistenti	$360 \text{ m/sec} < V_s < 800 \text{ m/sec}$
C	Terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni fini mediamente consistenti	$180 \text{ m/sec} < V_s < 360 \text{ m/sec}$

Categoria suolo	Tipo	Velocità onde di taglio
D	Terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni fini scarsamente consistenti	100 m/sec < Vs < 180 m/sec
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D con profondità del substrato non superiore a 30 m	Vs come C e D nello strato superficiale su un substrato con Vs come A

Per quanto attiene le modifiche indotte all'azione sismica di progetto dal fattore topografico, il rilevamento geomorfologico condotto ha consentito di classificare il sito locale, come da campitura evidenziata successiva tabella 3.2.III delle NTC18, in categoria **"T1"**.

§ 3.2.2 NTC18: Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$
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 $i > 30^\circ$

L'azione sismica di progetto dovrà pertanto essere determinata considerando la categoria di sottosuolo, nella fattispecie **tipo C**, e la categoria topografica, nella fattispecie **T1**.

12. Considerazioni conclusive

Il presente studio si è sviluppato prevedendo una fase di rilevamento in campagna dei caratteri geologico – geomorfologici dell'area, seguita da una fase che ha previsto l'esecuzione di una campagna di indagini geotecniche e sismiche, condotte nel Dicembre 2015 nell'area di studio in occasione di un precedente incarico per la medesima committenza.

Le indagini sono state condotte ai sensi del D.M. LL.PP. 11.3.1988 "Norme tecniche per indagini su terreni e rocce...omissis", e della Circolare del Min. LL.PP. n° 30483/88, nonché sulla base di quanto riportato al capitolo 6 al quale si rimanda.

In particolare, lo studio è stato articolato nelle seguenti attività:

- ✓ Sopralluogo preliminare per l'acquisizione dello stato dei luoghi e della logistica;
- ✓ Individuazione delle caratteristiche morfologiche ed idrauliche del sito;
- ✓ Rilevamento geologico ed idrogeologico;
- ✓ Esecuzione di una campagna di indagini consistente in:
 - N. 2 prove penetrometriche dinamiche, di tipo DPM, che hanno consentito di caratterizzare dal punto di vista geomeccanico i depositi presenti nella zona di indagine;
 - n. 1 indagine di sismica attiva in *array* di tipo *Multichannel Analysis of Surface Waves* (MASW);
 - n. 2 indagini di sismica passiva a stazione singola, con tecnica dei rapporti spettrali *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr);

- Interpretazione delle risultanze di un sondaggio geognostico a carotaggio continuo, spinto fino alla profondità di 30 metri dal locale piano campagna, con prelievo di campioni sottoposti a specifiche analisi di laboratorio, eseguito in un'area poco distante da quella oggetto del presente studio (Via del Tritone), caratterizzata dal medesimo contesto litostratigrafico;
 - Interpretazione dei dati delle analisi di laboratorio, eseguite sui campioni prelevati nel corso del sondaggio menzionato al punto precedente;
 - Interpretazione delle risultanze delle indagini eseguite nell'area di specifico interesse progettuale ed in quelle limitrofe, pubblicate sul web all'indirizzo "<http://www.provincia.rm.it/dipartimentoV/SitoGeologico>".
- Interpretazione delle risultanze delle indagini e dei rilievi eseguiti;
 - Analisi dei dati.

La sintesi dei dati ottenuti dalle indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche ha permesso di ricostruire i modelli geologico, geotecnico e sismico del sedime nell'area interessata dagli interventi in progetto.

In relazione agli interventi previsti nel progetto cui si riferisce la presente relazione, è stata commentata, nel paragrafo 6 della presente, una sintesi delle criticità riscontrate, che qui si riporta integralmente:

- Rischio geologico: assente
- Rischio di frana attuale: assente
- Rischio di frana potenziale: assente
- Rischio di alluvionabilità: assente
- Rischio di erosione lineare accelerata: assente

- Rischio di crollo massi: assente
- Rischio sismico: medio
- Rischio cavità: assente
- Rischio liquefazione: assente
- Rischio subsidenza o sinkhole: assente
- Rischio tettonico: assente

La stima dei fattori condizionanti dal punto di vista geologico, sulla base di tutto quanto in precedenza descritto ed in riferimento al progetto in esame, porta alle seguenti conclusioni:

- La zona non presenta rischi di liquefazione (§ 7.11.3.4 delle NTC18);
- La zona non manifesta fenomeni di subsidenza, cedimenti differenziali, dovuti alla presenza di terreni compressibili;
- La zona non appare in dissesto e/o in frana;
- La zona è suscettibile per fenomeni di amplificazione sismica locali, come si evince dallo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1, validato dall'Ufficio Geologico e Sismico Regionale ai sensi della D.G.R. Lazio 545/10;
- La zona non è compresa in aree R3 o R4 dei Piani della Autorità di Bacino competente (ABT);
- La zona non si trova entro 50 metri da faglie attive e capaci segnalate dall'INGV.

Per quanto attiene infine gli aspetti di natura geotecnica, i risultati rimandano la valutazione della compatibilità geotecnica del sedime ad un'analisi delle tensioni indotte dalle strutture in funzione della tipologia di fondazione.

Per tale eventualità il sottoscritto resta a disposizione per ogni chiarimento ed approfondimento.

Viterbo, lì 13 Gennaio 2025

Geol. Roberto Troncarelli



***Allegato 1* – TABULATI PROVE**

PENETROMETRICHE DINAMICHE

DPM

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DMP 3020 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	15,25 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,4 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,783
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE **(DYNAMIC PROBING)** **DPSH – DPM (... scpt ecc.)**

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) 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 α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;
- 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)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

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 $\delta = 10$ 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 $\delta = 10$ 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 $\delta=30$ 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 $\delta=20-30$ cm, punta conica 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:

$$NSPT = \beta_i \cdot N$$

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:

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

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
δ	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 (δ/ N).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di (N₁)₆₀

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

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{v0})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

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

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.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali

litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (+ s)

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (– s)

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $\sigma_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza

standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione $d = 1$ m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING* (1982), applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt\text{ corretto}} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni $< 8-10$ t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito $< 38^\circ$.
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito $< 38^\circ$).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONAL RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.

- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $s > 15 \text{ t/mq}$.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie D_r viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio Vs (m/s)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (Ko)

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)

- Robertson (1983) - Qc

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli - correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cm²) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cm²) (valori minimi), valida per argille NC .

- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cm²), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cm²)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt} = 6-12$).

Modulo Di Young (E_Y)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15 .
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

DMP 3020 PAGANI
 19/12/2015
 6,00 mt

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)
0,10	7	0,857	2,22	2,59	111,06	129,66
0,20	11	0,855	3,48	4,07	174,13	203,75
0,30	6	0,853	1,90	2,22	94,76	111,14
0,40	12	0,851	3,78	4,45	189,10	222,27
0,50	14	0,799	4,14	5,19	207,16	259,32
0,60	21	0,747	5,81	7,78	290,57	388,97
0,70	9	0,845	2,82	3,33	140,89	166,70
0,80	4	0,843	1,25	1,48	62,48	74,09
0,90	2	0,842	0,59	0,71	29,68	35,27
1,00	6	0,840	1,78	2,12	88,85	105,81
1,10	3	0,838	0,89	1,06	44,33	52,90
1,20	2	0,836	0,59	0,71	29,49	35,27
1,30	2	0,835	0,59	0,71	29,43	35,27
1,40	3	0,833	0,88	1,06	44,06	52,90
1,50	1	0,831	0,29	0,35	14,66	17,63
1,60	3	0,830	0,88	1,06	43,89	52,90
1,70	5	0,828	1,46	1,76	73,00	88,17
1,80	12	0,826	3,50	4,23	174,86	211,61
1,90	4	0,825	1,11	1,35	55,51	67,31
2,00	2	0,823	0,55	0,67	27,70	33,65
2,10	6	0,822	1,66	2,02	82,96	100,96
2,20	3	0,820	0,83	1,01	41,40	50,48
2,30	4	0,819	1,10	1,35	55,10	67,31
2,40	9	0,817	2,48	3,03	123,75	151,45
2,50	2	0,816	0,55	0,67	27,45	33,65
2,60	3	0,814	0,82	1,01	41,10	50,48
2,70	6	0,813	1,64	2,02	82,07	100,96
2,80	8	0,811	2,18	2,69	109,23	134,62
2,90	9	0,810	2,35	2,90	117,31	144,82
3,00	7	0,809	1,82	2,25	91,09	112,64
3,10	8	0,807	2,08	2,57	103,93	128,73
3,20	10	0,806	2,59	3,22	129,69	160,91
3,30	7	0,805	1,81	2,25	90,64	112,64
3,40	12	0,803	3,10	3,86	155,13	193,09
3,50	13	0,752	3,15	4,18	157,33	209,18
3,60	9	0,801	2,32	2,90	115,98	144,82
3,70	8	0,800	2,06	2,57	102,94	128,73
3,80	14	0,748	3,37	4,51	168,60	225,28
3,90	11	0,797	2,70	3,39	135,19	169,58
4,00	8	0,796	1,96	2,47	98,18	123,33
4,10	7	0,795	1,72	2,16	85,78	107,92
4,20	7	0,794	1,71	2,16	85,65	107,92
4,30	8	0,793	1,95	2,47	97,75	123,33
4,40	7	0,791	1,71	2,16	85,41	107,92
4,50	12	0,790	2,92	3,70	146,21	185,00
4,60	10	0,789	2,43	3,08	121,67	154,17
4,70	8	0,788	1,94	2,47	97,21	123,33
4,80	9	0,787	2,18	2,77	109,21	138,75
4,90	12	0,786	2,79	3,55	139,57	177,56
5,00	7	0,785	1,63	2,07	81,31	103,57
5,10	10	0,784	2,32	2,96	116,00	147,96
5,20	10	0,783	2,32	2,96	115,86	147,96
5,30	14	0,732	3,03	4,14	151,64	207,15
5,40	11	0,781	2,54	3,26	127,12	162,76
5,50	10	0,780	2,31	2,96	115,42	147,96
5,60	12	0,779	2,77	3,55	138,34	177,56
5,70	9	0,778	2,07	2,66	103,63	133,17
5,80	9	0,777	2,07	2,66	103,51	133,17
5,90	8	0,776	1,77	2,28	88,34	113,79
6,00	10	0,775	2,21	2,84	110,30	142,24

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
2,7	5,96	2,13	Incoerente	0	14,91	18,44	20,13	0,78	4,67	
6	9,52	2,93	Incoerente	0	16,08	18,63	66,79	0,78	7,45	

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	4,67	2,70	21,63	47,7	54,14	19,95
[2] -	7,45	6,00	23,09	48,77	49,43	27,08

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	4,67	2,70	4,67	28,33	21,33	29,31	30,94	31,53	0	<30	23,37	28,4	31,67	24,66
[2] -	7,45	6,00	7,45	29,13	22,13	30,09	29,09	32,67	0	<30	25,57	29,24	33,94	27,21

Modulo di Young (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	4,67	2,70	4,67	---	3,66	---	---	---
[2] -	7,45	6,00	7,45	---	5,84	---	---	---

Modulo Edometrico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	4,67	2,70	4,67	---	3,63	3,25	5,77
[2] -	7,45	6,00	7,45	---	4,19	5,19	6,99

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	4,67	2,70	4,67	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] -	7,45	6,00	7,45	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] -	4,67	2,70	4,67	Meyerhof ed altri	14,91
[2] -	7,45	6,00	7,45	Meyerhof ed altri	16,08

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] -	4,67	2,70	4,67	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,44
[2] -	7,45	6,00	7,45	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,63

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	4,67	2,70	4,67	(A.G.I.)	0,34
[2] -	7,45	6,00	7,45	(A.G.I.)	0,34

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	4,67	2,70	4,67	27,14	31,43
[2] -	7,45	6,00	7,45	42,10	41,81

Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	4,67	2,70	4,67	Ohta & Goto (1978) Limi	94,64
[2] -	7,45	6,00	7,45	Ohta & Goto (1978) Limi	128,6

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	4,67	2,70	4,67	Seed e Idriss (1971)	--
[2] -	7,45	6,00	7,45	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{vh}/\sigma_v$

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K_0
[1] -	4,67	2,70	4,67		---
[2] -	7,45	6,00	7,45		---

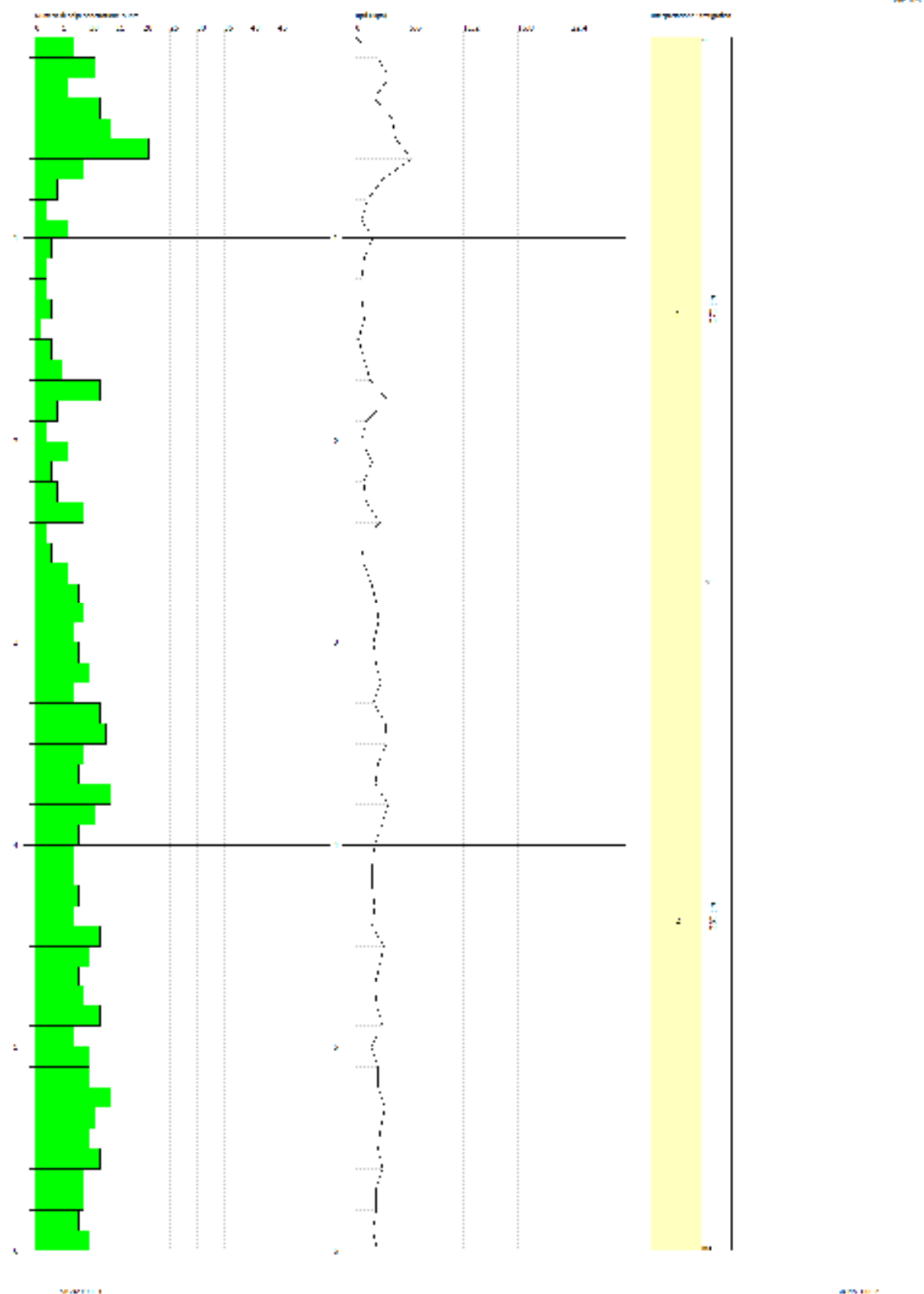
 Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Q_c (Mpa)
[1] -	4,67	2,70	4,67		---
[2] -	7,45	6,00	7,45		---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

- [Introduction](#)
- [Getting started](#)
- [Getting started](#)

2025 RELEASE UNDER E.O. 14176



PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

DMP 3020 PAGANI
 19/12/2015
 6,00 mt

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)
0,10	12	0,857	3,81	4,45	190,40	222,27
0,20	2	0,855	0,63	0,74	31,66	37,05
0,30	3	0,853	0,95	1,11	47,38	55,57
0,40	10	0,851	3,15	3,70	157,58	185,23
0,50	3	0,849	0,94	1,11	47,17	55,57
0,60	9	0,847	2,82	3,33	141,20	166,70
0,70	6	0,845	1,88	2,22	93,93	111,14
0,80	2	0,843	0,62	0,74	31,24	37,05
0,90	4	0,842	1,19	1,41	59,36	70,54
1,00	2	0,840	0,59	0,71	29,62	35,27
1,10	3	0,838	0,89	1,06	44,33	52,90
1,20	1	0,836	0,29	0,35	14,75	17,63
1,30	2	0,835	0,59	0,71	29,43	35,27
1,40	5	0,833	1,47	1,76	73,44	88,17
1,50	10	0,831	2,93	3,53	146,58	176,34
1,60	12	0,830	3,51	4,23	175,54	211,61
1,70	9	0,828	2,63	3,17	131,40	158,71
1,80	3	0,826	0,87	1,06	43,72	52,90
1,90	13	0,775	3,39	4,38	169,48	218,76
2,00	2	0,823	0,55	0,67	27,70	33,65
2,10	4	0,822	1,11	1,35	55,30	67,31
2,20	7	0,820	1,93	2,36	96,60	117,79
2,30	6	0,819	1,65	2,02	82,65	100,96
2,40	10	0,817	2,75	3,37	137,50	168,27
2,50	5	0,816	1,37	1,68	68,63	84,14
2,60	7	0,814	1,92	2,36	95,91	117,79
2,70	8	0,813	2,19	2,69	109,42	134,62
2,80	9	0,811	2,46	3,03	122,89	151,45
2,90	9	0,810	2,35	2,90	117,31	144,82
3,00	9	0,809	2,34	2,90	117,11	144,82
3,10	7	0,807	1,82	2,25	90,94	112,64
3,20	7	0,806	1,82	2,25	90,79	112,64
3,30	10	0,805	2,59	3,22	129,48	160,91
3,40	7	0,803	1,81	2,25	90,49	112,64
3,50	8	0,802	2,07	2,57	103,26	128,73
3,60	10	0,801	2,58	3,22	128,87	160,91
3,70	9	0,800	2,32	2,90	115,80	144,82
3,80	12	0,798	3,08	3,86	154,17	193,09
3,90	12	0,797	2,95	3,70	147,48	185,00
4,00	11	0,796	2,70	3,39	134,99	169,58
4,10	17	0,745	3,90	5,24	195,21	262,08
4,20	11	0,794	2,69	3,39	134,60	169,58
4,30	8	0,793	1,95	2,47	97,75	123,33
4,40	7	0,791	1,71	2,16	85,41	107,92
4,50	12	0,790	2,92	3,70	146,21	185,00
4,60	21	0,689	4,46	6,47	223,14	323,75
4,70	7	0,788	1,70	2,16	85,06	107,92
4,80	8	0,787	1,94	2,47	97,08	123,33
4,90	9	0,786	2,09	2,66	104,68	133,17
5,00	9	0,785	2,09	2,66	104,54	133,17
5,10	8	0,784	1,86	2,37	92,80	118,37
5,20	13	0,733	2,82	3,85	140,99	192,35
5,30	11	0,782	2,55	3,26	127,28	162,76
5,40	10	0,781	2,31	2,96	115,57	147,96
5,50	10	0,780	2,31	2,96	115,42	147,96
5,60	16	0,729	3,45	4,73	172,62	236,74
5,70	11	0,778	2,53	3,26	126,66	162,76
5,80	12	0,777	2,76	3,55	138,01	177,56
5,90	10	0,776	2,21	2,84	110,43	142,24
6,00	13	0,725	2,68	3,70	134,15	184,91

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
2,5	5,54	1,95	Incoerente	0	14,81	18,44	18,51	0,78	4,34	
6	10,23	3,15	Incoerente	0	16,28	18,73	65,51	0,78	8,01	

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	4,34	2,50	20,6	46,41	53,43	19,05
[2] -	8,01	6,00	24,6	50,81	51,43	28,42

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	4,34	2,50	4,34	28,24	21,24	29,22	31	31,39	0	<30	23,07	28,3	31,1	24,32
[2] -	8,01	6,00	8,01	29,29	22,29	30,24	29,25	32,9	0	<30	25,96	29,4	34,63	27,66

Modulo di Young (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	4,34	2,50	4,34	---	3,40	---	---	---
[2] -	8,01	6,00	8,01	---	6,28	9,34	---	---

Modulo Edometrico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	4,34	2,50	4,34	---	3,57	3,02	5,63
[2] -	8,01	6,00	8,01	---	4,31	5,58	7,23

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	4,34	2,50	4,34	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] -	8,01	6,00	8,01	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] -	4,34	2,50	4,34	Meyerhof ed altri	14,81
[2] -	8,01	6,00	8,01	Meyerhof ed altri	16,28

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] -	4,34	2,50	4,34	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,44
[2] -	8,01	6,00	8,01	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,73

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	4,34	2,50	4,34	(A.G.I.)	0,35
[2] -	8,01	6,00	8,01	(A.G.I.)	0,34

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	4,34	2,50	4,34	25,33	30,06
[2] -	8,01	6,00	8,01	45,07	43,71

Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	4,34	2,50	4,34	Ohta & Goto (1978) Limi	92,07
[2] -	8,01	6,00	8,01	Ohta & Goto (1978) Limi	129,64

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	4,34	2,50	4,34	Seed e Idriss (1971)	--
[2] -	8,01	6,00	8,01	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] -	4,34	2,50	4,34		---
[2] -	8,01	6,00	8,01		---

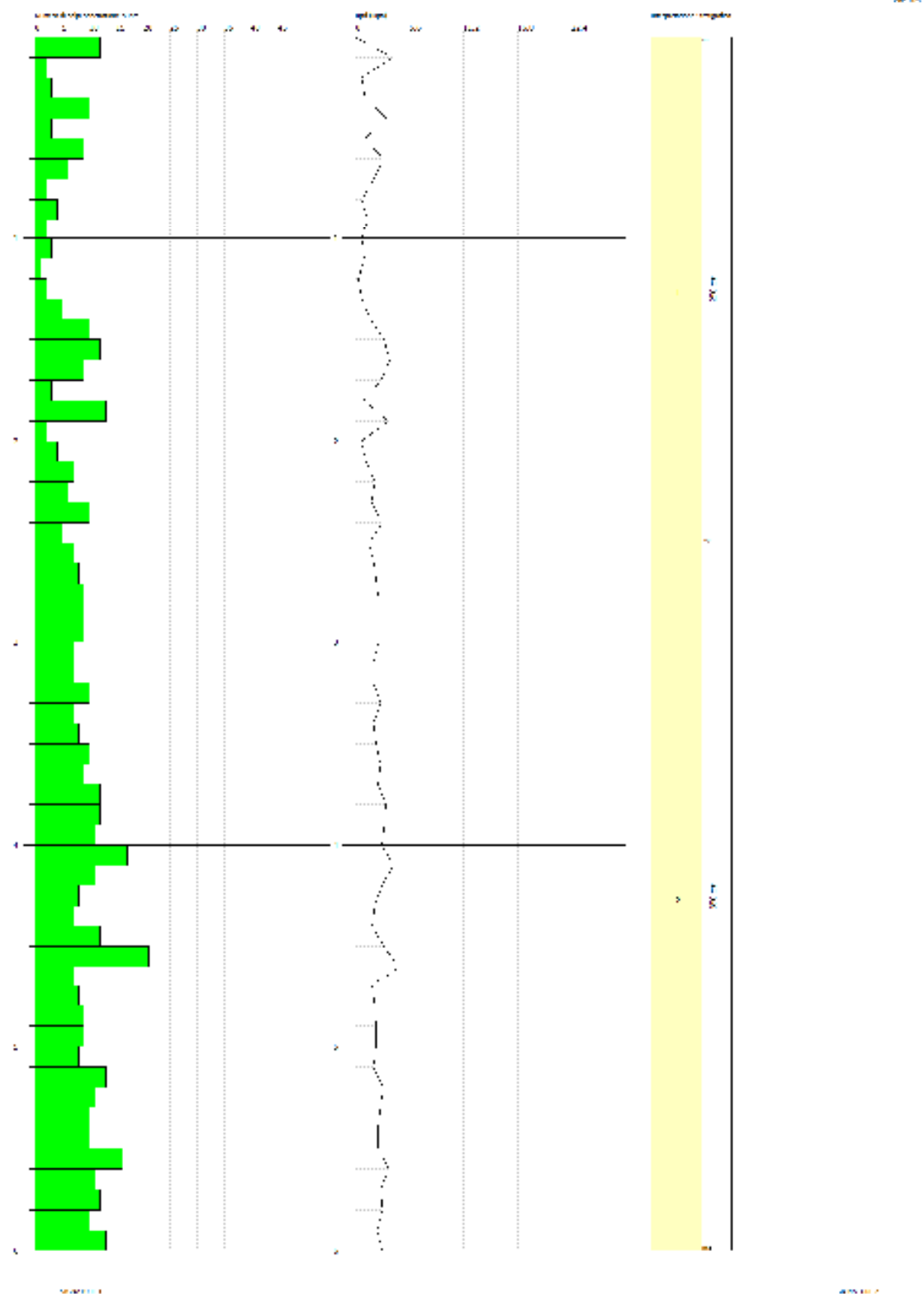
Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] -	4,34	2,50	4,34		---
[2] -	8,01	6,00	8,01		---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

- **Prevalence**
- **Incidence**
- **Risk factors**

2025 RELEASE UNDER E.O. 14176



***Allegato 2* – STRATIGRAFIA**

SONDAGGIO GEOGNOSTICO

***Allegato 3* – TABULATI PROVA**

SISMICA MASW

REPORT MASW1

Analyzing phase velocities

==o== SECTION#1

dataset: spagnaS5_dx1_C3.sgy

minimum offset (m): 5

geophone spacing (m): 1

sampling (ms): 2

Dispersion curve: spagna.cdp

Number of individuals: 30

Number of generations: 31

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing phase Velocities

Adopted search space (minimum Vs & thickness):	147	0.7	126
1.4	154	3.5	168
266		21.7	
Adopted search space (maximum Vs & thickness):	273	1.3	234
2.6	286	6.5	312
494		40.3	
Adopted Poisson values:	0.39982	0.35031	0.35003
		0.35031	0.34998

Output folder: C:\Users\Laura\Desktop\Roma_Bagni\piazza spagna\output_disp

==o== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -8.8223
-2.9884

Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -9.9038
-2.9884

Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -8.2438
-2.9884

Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -9.4491
-2.565

Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -9.3293
-2.565

Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -7.444
-2.565

Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -8.468
-2.565

Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -9.2074
-2.565

Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -8.1534
-2.3406

Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -7.0342
-2.1146

Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -6.9213
-2.11
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -8.17
-2.093
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -7.0485
-2.093
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -6.5756
-2.093
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -9.0795
-2.093
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -8.0177
-2.093
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -8.0844
-2.093
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -7.8827
-2.093
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -7.7603
-2.093
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -7.7991
-2.093
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -6.348
-2.093
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -7.4242
-2.093
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -7.6985
-2.093
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -5.7725
-2.093
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -8.4227
-2.093
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -7.0322
-2.093
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -8.3095
-2.093
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -8.1176
-2.093
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -8.4168
-2.093
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -8.8593
-2.093
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -7.6396
-2.093

Forcing search space

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -9.4101
-2.093
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -9.6407
-2.093
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -7.8623
-2.093
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -7.8234

-2.093
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -6.7813
 -1.9981
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -6.1904
 -1.8166
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -7.5099
 -1.8166
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -7.0192
 -1.7941
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -7.5514
 -1.7941

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 292 159 208 254 456

Thickness (m): 1.3 1.6 5.7 33

Poisson: 0.4 0.35 0.35 0.35 0.35

Vp & Density Optimization

p14 =

1

p15 =

13

p16 =

Columns 1 through 7

0.1048	0.1475	0.2004	0.2492	0.2757	0.3795	0.5361
0.1705	0.2210	0.3017	0.7659	1.0000	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Column 8

1.0000
 0
 0
 0

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vp & Density - generation: 1; average & best misfits: -2.0215
 -1.6347

Optimizing Vp & Density - generation: 2; average & best misfits: -1.9171
 -1.6347

Optimizing Vp & Density - generation: 3; average & best misfits: -1.8583
 -1.6201

Optimizing Vp & Density - generation: 4; average & best misfits: -1.8249
 -1.6119

Optimizing Vp & Density - generation: 5; average & best misfits: -1.7545
-1.6077
Optimizing Vp & Density - generation: 6; average & best misfits: -1.7202
-1.6077
Optimizing Vp & Density - generation: 7; average & best misfits: -1.756
-1.6056
Optimizing Vp & Density - generation: 8; average & best misfits: -1.7479
-1.6001
Optimizing Vp & Density - generation: 9; average & best misfits: -1.7101
-1.5774
Number of models considered to calculate the average model: 45

RESULTS
#####

Dataset: spagnaS5_dx1_C3.sgy
Analyzed curve/spectrum: spagna.cdp

===== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-Wave Dispersion

=====

MEAN MODEL

Vs (m/s): 257 184 205 251 433
Standard deviations (m/s): 18 8 3 3 46

Thickness (m): 1.1 1.7 5.5 31.1
Standard deviations (m): 0.1 0.2 0.4 3.3

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 1242 451 955 793 1506
Density (gr/cm3): 2.11 1.86 2.04 2.00 2.15
Vp/Vs ratio: 4.83 2.45 4.66 3.16 3.48
Poisson: 0.48 0.40 0.48 0.44 0.45
Shear modulus (MPa): 139 63 86 126 404
Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0 0
0

Fundamental mode

Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
5.72222	232.8722
8.05556	223.6985
10.9444	213.4388
13.6111	205.7482

15.0556	202.7057
20.7222	196.2165
29.2778	194.3423
54.6111	201.3007

First higher mode

Mean model

9.38889	282.3526
12.1667	262.7143
16.6111	253.1654
42.1667	216.9711
55.0556	211.7233

===== SECTION#4

BEST MODEL

Vs (m/s):	292	159	208	254	456				
thickness (m):	1.31146			1.55913		5.68827		33.1771	

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s):			892	278	1444	1525	858		
Density (gr/cm3):			2.03	1.74	2.14	2.16	2.02		
Vp/Vs ratio:	3.05	1.75	6.94	6.00	1.88				
Poisson:	0.44	0.26	0.49	0.49	0.30				
Shear modulus (MPa):	173		44		93	139	419		
Estimated static shear modulus (MPa):	0				0	0	0	0	0

dispersion curve (frequency - velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
5.72222	237.043
8.05556	227.6352
10.9444	215.5241
13.6111	205.5949
15.0556	201.6222
20.7222	194.0158
29.2778	194.6679
54.6111	202.6508

First higher mode)

best model

9.38889	282.7011
12.1667	264.3779
16.6111	255.0646
42.1667	214.0907
55.0556	215.2275

Vs5 (mean model): 206 m/s
Vs5 (best model): 204 m/s

Vs20 (mean model): 230 m/s
Vs20 (best model): 231 m/s

Vs30 (mean model): 237 m/s
Vs30 (best model): 238 m/s

==o== SECTION#6

For Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n. 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $VS > 800$ m/s).

S1 - Depositati di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero $10 < c_{u30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Results saved in the folder "C:\Users\Laura\Desktop\Roma_Bagni\piazza spagna\output_disp".

=====

winMASW

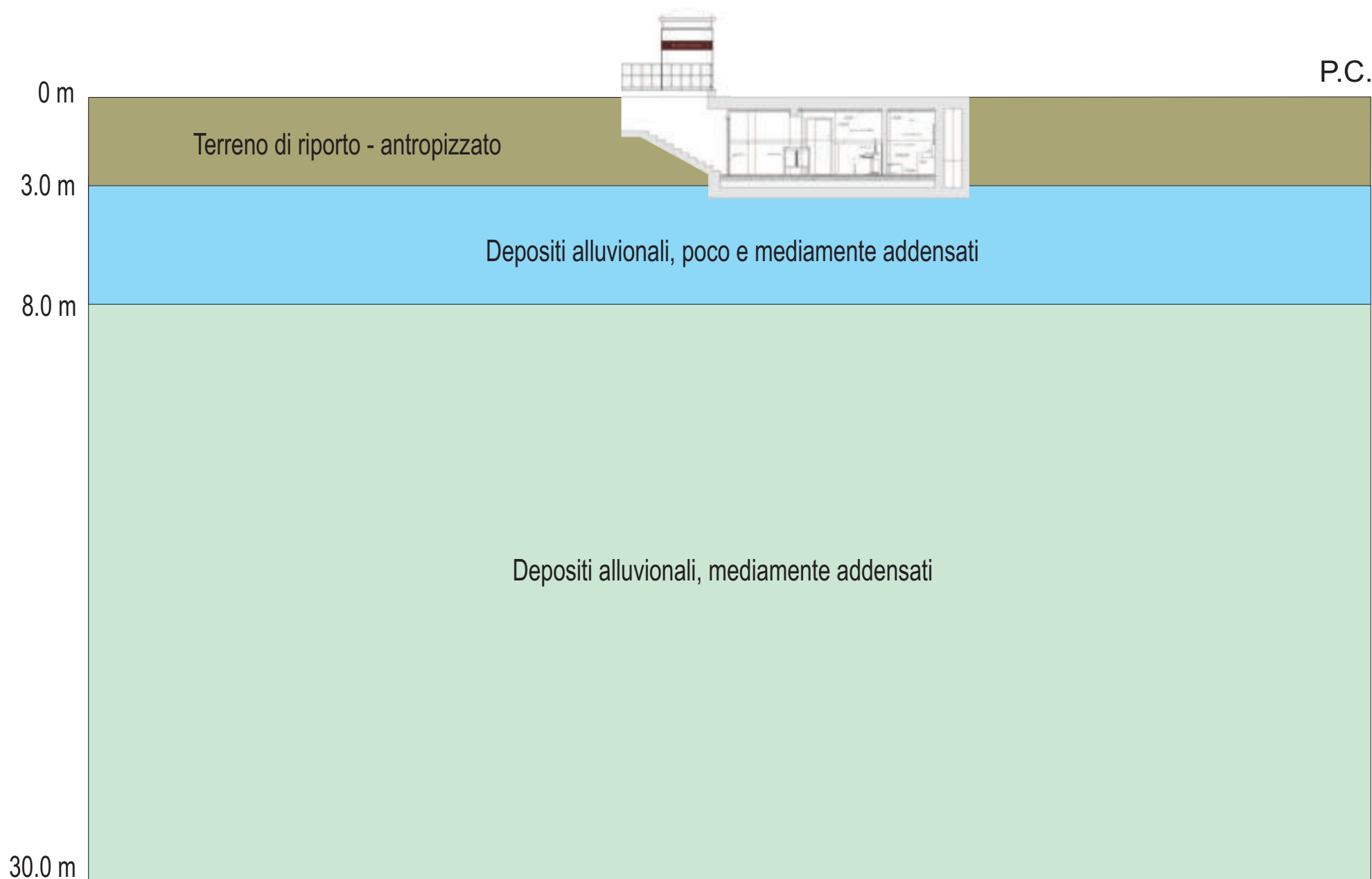
Surface Waves & Beyond
www.winmasw.com

Number of models used to define the mean model: 45
Vs5 for the best model: 204
Vs30 for the best model: 238
Analyzing phase velocities

Elapsed time is 178.502197 seconds.

***Allegato 4* – SEZIONE GEOLITOLOGICA**

Sezione geolitologica



Allegato 5 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1. Esecuzione prova penetrometrica dinamica DPM1.



Foto 2. Esecuzione prova penetrometrica dinamica DPM2.



Foto 3. Esecuzione prova geofisica MASW1.



Foto 4: Esecuzione misura di microtremori HVSR.