



ARCHEOGEOS archeologia & geofisica di Diego Blanco
Via Venezia n. 4 00043 Ciampino (RM) Cell. 3402636282
www.archeogeos.it - archeogeos@gmail.com - P.IVA 13917471008

REALIZZAZIONE DI UNA TENSOSTRUTTURA NEL PLESSO SCOLASTICO "ELSA MORANTE"

Via Niccolò Tommaseo 25, 00040, Frattocchie - Marino (RM)

RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA **(Regolamento regionale n. 7 del 16-04-2021 e ss. mm. ii)**

Committente: Comune di Marino (RM)

Ditta incaricata: ARCHEOGEOS

Titolare: Dott. Diego Blanco

Geologo: Dott. Geol. Maurizio Scardella (Ordine dei Geologi del Lazio n. 864)

ARCHEOGEOS
Archeologia & Geofisica
di Diego Blanco
PI 13917471008

02-07-2021

Elaborazione di una relazione geologica-sismica nell'area destinata ad una tensostruttura nel plesso scolastico "Elsa Morante. Attività svolte nel mese di Giugno 2021.

INDICE

1. Premessa
2. Normativa di riferimento e bibliografia consultata

MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO (MGR)

- 3.1 Inquadramento geologico-strutturale del territorio
- 3.2 Geologia di dettaglio dell'area
- 3.3 Geomorfologia
- 3.4 Idrogeologia
4. Descrizione della stratigrafia e considerazioni geotecniche sui livelli presenti

MODELLAZIONE SISMICA

- 5.1 Sismicità dell'area
- 5.2 Valutazione dell'azione sismica
- 5.3 Parametri e coefficienti sismici
- 5.4 Stima del rischio di liquefazione
6. Note conclusive

Allegati:

- Stralcio topografico CTR scala 1: 5.000;
- Stralcio geolitologico scala 1: 50.000 e legenda;
- Carta geologica – scala 1:5.000
- Sezione stratigrafica A-A'
- Carta idrogeologica – non in scala
- Carta della Microzonazione Sismica di 1° Livello
- Carta Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Tevere – TAV_12/304
- Pianta ubicazione delle prove e sondaggi
- Documentazione fotografica

STUDIO DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL)

INDAGINI E PROVE ESEGUITE SECONDO LE DISPOSIZIONI DELL'ALLEGATO "C" DEL REGOLAMENTO REGIONALE N. 7 DEL 16.04.2021

- Indagine sismica con tecnica MASW
- Prospezione sismica HVSr
- Descrizione e risultati dell'indagine geognostica
- Descrizione e risultati della prova DPSH
- Prospezione sismica Down Hole
- Risultati della prova di laboratorio

1. PREMESSA

Il sottoscritto dott. geol. Maurizio Scardella (*Ordine dei Geologi del Lazio n. 864*) collaboratore della ditta incaricata Archeogeos su incarico dell'Amministrazione del Comune di Marino Grottaferrata, redige la presente “*Relazione geologico-sismica*” in seguito “Relazione” per la realizzazione di una tendostruttura da realizzarsi presso l'Istituto scolastico “Elsa Morante” sito in Via Niccolò Tommaseo, 25.

La presente Relazione viene redatta in conformità alle disposizioni del Nuovo Regolamento regionale n. 7 del 16 aprile 2021 “*Regolamento regionale per lo snellimento e la semplificazione delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico e di repressione delle violazioni della normativa sismica*” approvato con Deliberazione n. 189 del 13 aprile 2021 e del D.M. 17.01.2018 “*Approvazione delle nuove norme tecniche sulle costruzioni*”.

Il Comune di Marino è classificato in “*zona sismica 2B*” (DGR 387/2009), mentre la Classe d'Uso degli edifici in verifica sono riferibili alla “*Classe d'Uso III*” (DGR 493/2019 – Allegato A - punto B) “*Strutture per l'istruzione*”.

Questi parametri conferiscono al lotto in oggetto un “*Livello di Vulnerabilità dell'Opera Medio*” secondo quanto stabilito nella tabella dell' “Allegato C” del Nuovo Regolamento regionale.

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 cui in ottemperanza all' "Allegato C" del Regolamento regionale n. 7/2021, lo studio geologico è stato condotto eseguendo le seguenti indagini considerate minime inderogabili dal Regolamento in questione:

- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo;
- n. 1 prelievo campione di terreno indisturbato;
- Analisi complete del campione di terreno prelevato, presso laboratorio terre certificato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti;
- n. 2 prove penetrometriche dinamiche pesanti tipo DPSH;
- n. 2 prove sismiche indirette con tecnica MASW;
- n. 2 prove sismiche tipo HVSR per la misura della frequenza fondamentale del terreno di fondazione;
- n. 1 prova sismica diretta Down Hole;
- Studio della Risposta Sismica Locale.

Le indagini effettuate in occasione della presente verifica sismica sono state eseguite in ottemperanza a quanto previsto dal D.M. LL.PP. del 11 Marzo 1988, adottando le "Raccomandazioni A.G.I." del 1977, seguendo la normativa dell'Eurocodice 7 – UNI ENV 1997, e nel rispetto della nuova normativa antisismica sulle costruzioni NTC del 17.01.2018.

Il sondaggio geognostico, il prelievo del campione indisturbato, e le prove penetrometriche dinamiche continue DPSH sono state condotte dalla Ditta **TECNOGEO GROUP SRL** *Via Case Palmerini 85 – 03029 Veroli (Fr) mail: info@tecnogeo.net - www.tecnogeo.net - Cell. 347.1734952 – 329.2963560 - P.IVA 02526310602.*

Le prove di laboratorio sono state eseguite dalla Ditta **SOGEA srl** con sede legale a Roma in Via Casale Monferrato, 2 – C.C.I.A.A. 642508 CF 08060880583 - Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti – Certificazione ufficiale – Settore “A” – Prove di laboratorio sui terreni e Certificazione ufficiale – Settore “B” – Prove di laboratorio sulle rocce.

Le prove ed indagini sismiche sono state condotte dalla Ditta **Pologeologico srl** con sede a Roma in Via Lungotevere degli inventori, 114/b - C.C.I.A.A. 1011328 CF e P.IVA 07111201005.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO E BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

- L. n. 64 del 02.02.1974

“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;

- L.R. n. 4 del 05.01.1985

“Prime norme per l’esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico. Snellimento delle procedure.”

- D.M. del 22.03.1988

“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegni della terra e delle opere di fondazione”;

- DPR n. 380 del 06.06.2001

“Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia”

- O.P.C.M. 3274 del 20.03.2003

“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”

- D.G.R. Lazio n. 766/2003

“Riclassificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione all’OPCM 3274/2003”

- D.G.R. Lazio 532/2006

“Approvazione del Disciplinare di Attuazione, delle Linee guida e della Scheda di Sintesi per le verifiche sismiche e gli interventi di miglioramento o adeguamento sismico da effettuarsi su edifici e opere strategiche, o che possono assumere rilevanza in conseguenza di un eventuale collasso, ai sensi di quanto previsto ai commi 3 e 4 dell’art. 2 dell’OPCM 3274/2003 e all’art. 2 della DGR Lazio 766/2003”

- D.P.C.M. 05/03/07

- Circolare C.S.LL.PP. n. 617 del 02.02.2009

“Istruzioni per l’applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni di cui al DM 14 gennaio 2008”

- D.G.R.L. n. 387 del 22.05.2009

“Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione dell’OPCM n. 3519/2006 e della DGR Lazio n. 766/2003”

- D.G.R. n. 189 del 13/04/2021

Adozione del Regolamento regionale concernente: *“Modifiche al regolamento regionale 26 ottobre 2020 n. 26 (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 e successive modifiche”*

- Regolamento regionale n. 7 del 16.04.2021

“Modifiche al regolamento regionale 26 ottobre 2020, n. 26 (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 e successive modifiche”

- D.M. 17.01.2018

“Nuove norme tecniche sulle costruzioni”

- Carta Geologica d'Italia al 100.000 – Foglio 150 “Roma” – 1967;
- Carta geologica d'Italia al 50.000 – Foglio 387 “Albano Laziale” -
- Carta Tecnica Regionale – Sezione n. 387040 “Ciampino” - Scala 1:10.000;
- Note illustrative della Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000 – Foglio 387 “Albano Laziale” - 2009;
- AA.VV. – *Guide Geologiche Regionali* – Lazio – Ed. BE-MA, 1993;
- AA.VV. – *Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia* – Vol. L, IPZS, 1995.
- AA.VV. – *Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia* – Vol. LXXX, SELCA. Firenze, 2008.

- Capelli G., Mazza R., Gazzetti C. – *Strumenti e strategie per la tutela e l'uso compatibile della risorsa idrica nel Lazio* – Pitagora Ed., 2005.

- De Rita, Funicello & Parotto – *Carta del complesso vulcanico dei Colli Albani* – scala 1:50.000 – 1988;

- Fornaseri M., Scherillo & Ventriglia U. – *La regione vulcanica dei Colli Albani* – Roma, 1963;

- Ventriglia U. – *Idrogeologia della Provincia di Roma* – Vol. IV – Roma, 1990;

MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO (MGR)

3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL TERRITORIO

L'area oggetto del presente intervento, inquadrata a livello regionale, è parte integrante della fascia peritirrenica nota in letteratura come “*provincia magmatica romana Auct.*”. Caratteristica principale di questa fascia costiera è dovuta alla presenza di diversi distretti vulcanici che si succedono quasi senza soluzione di continuità a partire dal Lazio centrale fino a circa metà Toscana.

Il lotto oggetto della presente indagine è situato nel distretto vulcanico del “*Vulcano Laziale*” noto anche come “*Colli albani*” o più recentemente come “*Colline romane*”. Questo complesso vulcanico è ben individuabile e distinguibile dal territorio circostante sia sotto l'aspetto morfologico e sia sotto l'aspetto litologico.

Il distretto vulcanico dei Colli Albani si trova in un'area interessata da motivi strutturali di particolare rilevanza geologica. Esso infatti è situato nella zona di raccordo tra le strutture appartenenti alla serie umbro-marchigiano-sabina, di ambiente prettamente pelagico, e le strutture della serie carbonatica laziale-abruzzese di ambiente neritico. La storia evolutiva recente di questa zona dell'Appennino centro occidentale è piuttosto complessa. Sulla base di diversi studi e ricerche recenti sono state riconosciute diverse fasi tettoniche.

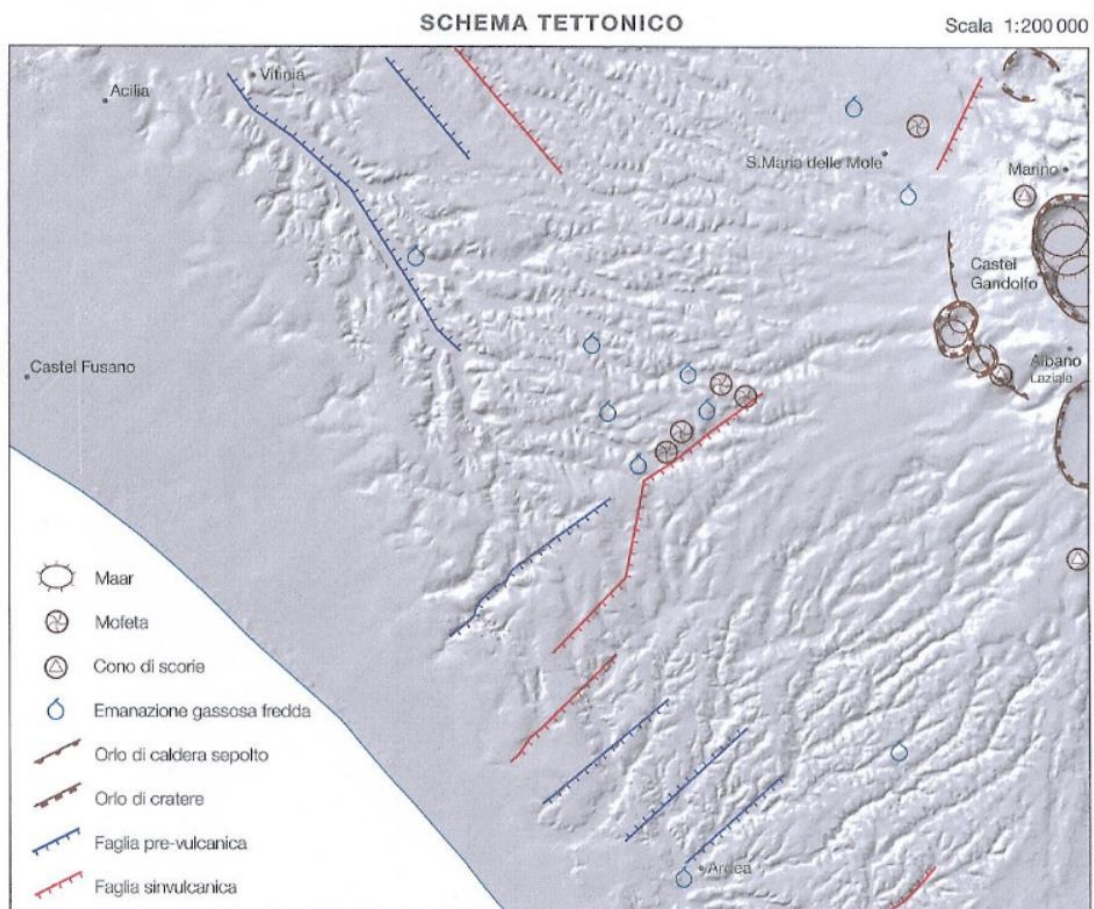
In una prima fase, nella zona in esame, sembra essersi esplicata, tra il Tortoniano ed il Pliocene inferiore (7÷10 Ma), una tettonica compressiva con vergenza NE che ha raccorciato visibilmente la piattaforma laziale-abruzzese.

Successivamente, nella stessa area, è stata riconosciuta una fase distensiva con una direzione della estensione NO-SE, con formazione di ampi piani di faglie listriche normali, forse dovuti a riattivazione di precedenti piani di faglia.

Una terza fase, esplicitasi tra il Messiniano ed il Pliocene inf., comprime le formazioni sedimentarie dei domini anzidetti verso Est, con formazioni di pieghe con assi diretti NS principalmente nei Monti Sabini e Lepini.

In questo periodo avviene il sovrascorrimento delle unità pelagiche umbro-marchigiano-sabine sulle unità carbonatiche laziali-abruzzesi con la successiva formazione del ben noto contatto tettonico noto in letteratura come “linea Olevano-Antrodoco”. Una fase

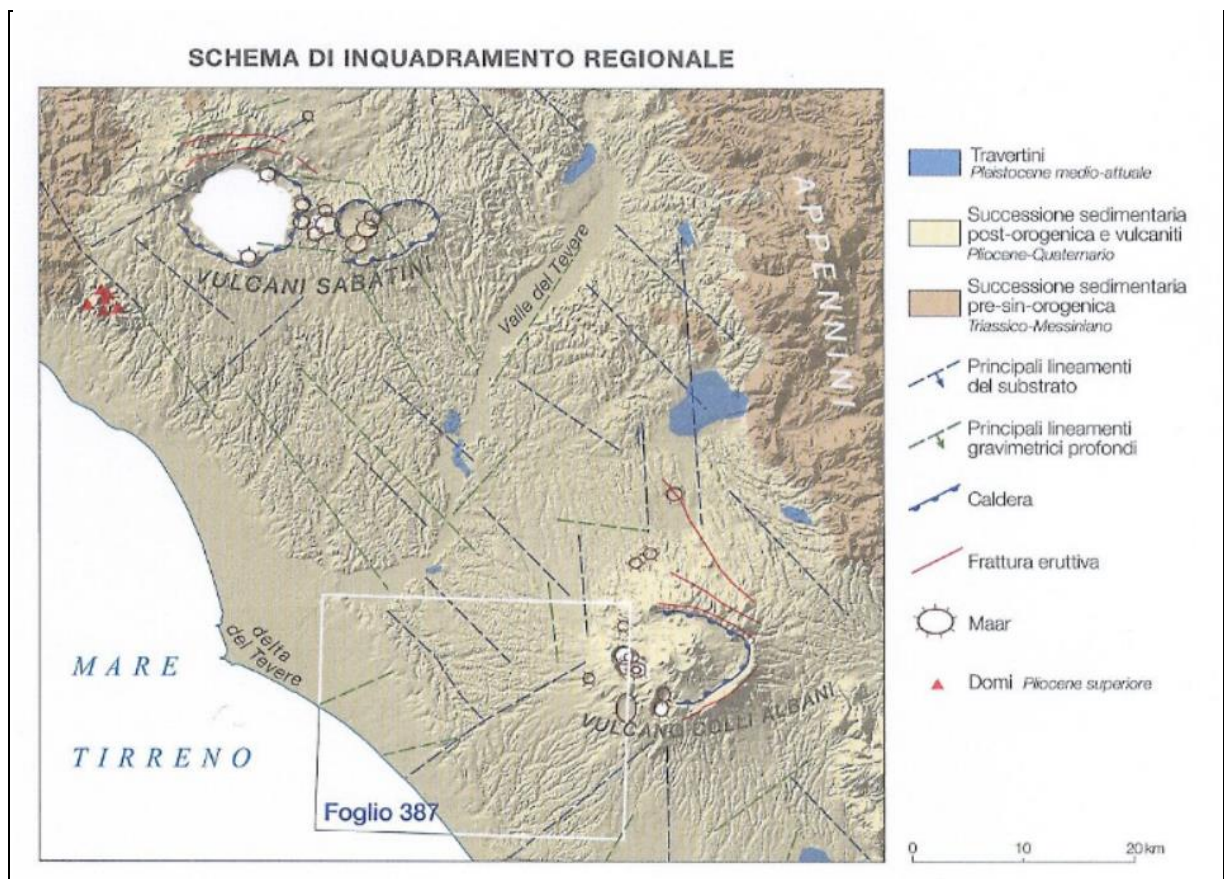
tettonica successiva, che sembra iniziare dal Pliocene inf., spinge nuovamente le formazioni sedimentarie questa volta verso Nord. Questa nuova fase causa una riattivazione degli elementi tettonici di quella precedente. Finalmente l'ultima fase, che si è esplicata tra il Pliocene medio ed il Recente, ha messo in evidenza strutture estensive ad andamento NO-SE e NE-SO associate ad affioramenti Pliocenici sabbiosi ed argillosi del margine tirrenico e nelle vulcaniti recenti di Latera e dei Colli Albani. In sintesi sembra che fasi compressive non siano più attive nella zona in esame dopo il Pliocene inferiore-medio come evidenziato dai meccanismi focali dei recenti terremoti avvenuti nei Colli Albani (Amato et al, 1991). Difatti a partire dal Pliocene medio-superiore si è instaurata una fase distensiva, probabilmente correlata col collasso dell'area tirrenica, che ha contribuito alla messa in posto di un vulcanismo a carattere alcalino-potassico lungo l'intera costa tirrenica con la conseguente formazione degli edifici vulcanici vulsino, vicano, sabatino ed albano.



Per quanto riguarda la pericolosità legata alla presenza di “faglie attive e capaci”, l’analisi del catalogo ITHACA (*ITaly HAZard from CApable faults*) (www.isprambiente.gov.it) non ha evidenziato la presenza delle stesse all’interno del territorio comunale né nelle sue immediate vicinanze.

A livello comunale risulta estremamente difficile localizzare eventuali discontinuità meccaniche superficiali dovute ad attività neotettonica, sia a causa della elevata urbanizzazione della città, sia a causa del comportamento prevalentemente duttile delle litologie superficiali presenti in cui una eventuale fratturazione o stato di fessurazione di un’area viene facilmente e repentinamente nascosta dagli agenti erosivi.

Quindi eventuali discontinuità meccaniche delle rocce possono essere discriminate solo in via indiretta con un’attenta analisi morfologica del rilievo o al limite tramite indagini geofisiche.



3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DI DETTAGLIO

Il distretto vulcanico dei Colli Albani (o “*Vulcano Laziale*”) è il prodotto di una attività vulcanica iniziata circa 600-700 Ka fa e conclusasi da una trentina di migliaia di anni. L'attività vulcanica si è esplicata attraverso fasi parossistiche alternate a periodi di quiescenza. I prodotti eruttati occupano un volume di circa 300 km³, e consistono soprattutto in piroclastiti sciolte, piroclastiti litoidi, idromagmatiti e lave leucititiche.

La messa in posto di questo materiale vulcanico, a grandi linee, è stata suddivisa dagli Auctt., nella formulazione classica, in tre fasi principali.

- La prima fase è detta “*Epoca del tuscolano-artemisio*” (<0.6-0.3 Ma) ed ha rappresentato il periodo dell'attività vulcanica più duraturo e di maggiore intensità eruttiva sia come volume di materiali emessi (circa 280 m³) sia come potenza delle energie esplicate. E' caratterizzato dalla messa in posto di sequenze piroclastiche alternate ad effusioni laviche con conseguente formazione dell'omonimo stratovulcano;
- La seconda fase, detta “*Epoca delle Faete*” (0,3-0,2 Ma), avvenne dopo il collasso calderico che ha interessato la parte centrale dell'apparato vulcanico, è durata circa 100.000 anni ed ha messo in posto circa 2-6 km³ di materiale.
- La terza fase, detta “*Epoca degli edifici eccentrici*” è terminata da circa 0,03 Ma. In questa fase si sono formati gli edifici eccentrici ubicati principalmente nel settore sud-occidentale ed occidentale della caldera. In questo periodo l'attività vulcanica si è manifestata soprattutto con eventi esplosivi idromagmatici dovuti probabilmente all'interazione delle falde idriche con la sottostante camera magmatica i quali hanno prodotto le depressioni crateriche di Albano, Nemi e di Valle Ariccia.

Il lotto in esame, geograficamente, è individuato nel Foglio 150 “Roma” della Carta d'Italia al 100.000, al Foglio 374 - sezione II - “Roma Sud Est” della Carta topografica al 25.000, ed individuato nella CTR alla Sezione n. 387040 “Ciampino” a scala 1:10.000.

L'area del presente intervento si trova sulle pendici settentrionali dell'edificio vulcanico verso la porzione terminale del versante esterno della caldera.

Più precisamente e più rigorosamente è individuato dalle seguenti coordinate geografiche calcolate al centro del lotto:

Latitudine: 41° 46' 11" N = 41,769748° N

Longitudine: 12° 36' 32,5" E = 12,609020° E

Dal sopralluogo effettuato non è stato possibile osservare direttamente affioramenti litologici a causa della elevata urbanizzazione dell'area. I dati utilizzati per la ricostruzione dell'assetto geologico locale e per la ricostruzione stratigrafica sono esclusivamente quelli reperiti in letteratura, dalle cartografie geologiche e dai sondaggi geognostici eseguiti nell'area d'intervento ed in quelle limitrofe.

Per quanto riguarda la ricostruzione delle litologie presenti ci si è avvalso della consultazione delle seguenti cartografie geologiche:

- Carta Geologica d'Italia – Foglio 150 “Roma” – Scala 1:100.000 – 1967
- Carta Geologica d'Italia – Foglio 387 “Albano Laziale” – scala 1:50.000 – 2008
- Ventriglia U., 1990 “Idrogeologia della Provincia di Roma – Regione dei Colli Albani – Vol. III”
- De Rita et al., 1988 “Carta geologica del complesso vulcanico dei Colli albani”

Quindi sulla base delle informazioni cartografiche di superficie e di quelle stratigrafiche reperite in letteratura (cfr. bibliografia) e acquisite direttamente è possibile confermare la natura, genesi e consistenza delle litologie presenti nell'area d'intervento e quindi avere un quadro del modello geologico maggiormente rispondente a quello reale.

In considerazione di quanto su esposto e con i dati presi in considerazione risulta che nell'area del plesso scolastico in esame sono presenti potenti successioni di prodotti vulcanici esclusivamente piroclastici del Distretto Vulcanico dei Colli Albani e afferenti all'attività eruttiva dell' “*Epoca del tuscolano-artemisio*”.

La successione delle vulcaniti è presente per diverse decine di metri dal piano campagna, e sicuramente nei primi 30 m, profondità alla quale si è spinta l'indagine

geognostica. Più in particolare l'area insiste su una colata di lava leucitica conosciuta anche come "colata di Santa Maria delle mole" che è la litofacies lavica (FKBa) della Formazione di Madonna degli Angeli. Si tratta di una lava grigio scura, da tefritica a K-foiditica, da microcristallina a porfirica, da compatta a vacuolare, con contenuto variabile di cristalli di leucite, spesso in individui centimetrici, clinopirosseno ed occasionalmente olivina. L'età radiometrica è compresa tra 292 e 277 Ka.

Ovviamente dai dati della letteratura si evince che la potenza delle piroclastiti e dei prodotti vulcanici supera abbondantemente le centinaia di metri.

3.3 GEOMORFOLOGIA

A media scala l'assetto morfologico del Vulcano Laziale è caratterizzato dalla presenza di acclività moderate lungo i fianchi esterni del recinto craterico e da pendenze maggiori nella porzione interna delle strutture crateriche e calderiche. Solo localmente ci troviamo in presenza di aree a notevole acclività per esempio lungo i fianchi degli alvei scavati dai numerosi fossi che rigano le pareti del vulcano.

Lo stesso dicasi per i coni di scorie in cui si possono trovare acclività da notevoli a modeste, mentre nelle restanti aree (intracalderiche) l'energia del rilievo risulta assai modesta.

A grande scala, l'area di Santa Maria delle Mole, è caratterizzata da una morfologia poco movimentata e con bassa energia del rilievo. L'area si trova nella porzione terminale del versante settentrionale della caldera tuscolano-artemisiana e quindi il trend di acclività risulta assai modesto o trascurabile. In particolare le quote topografiche si sviluppano tra i 160 m ed i 120 m slm con pendenze assai modeste e con vergenza delle isoipse verso nord ovest.

A livello locale il lotto scolastico è situato su un'area pianeggiante la cui morfologia è stata verosimilmente modificata per rettificare il rilievo soprattutto verso la porzione nord est in cui è presente un piccolo rilievo morfologico di circa 4m di altezza nel punto più elevato che è contenuto da un muro di sostegno. L'area si trova ad una quota di circa 160 m slm.

Infine la notevole urbanizzazione del territorio ha contribuito a modellare e a rettificare la morfologia del terreno contribuendo così ad una maggiore stabilizzazione e ad una diminuzione dell'energia del rilievo già di per sé assai modesta.

L'analisi geomorfologica di campagna non ha minimamente evidenziato situazioni di rischio o indizi di instabilità in atto o potenziali. Inoltre l'area risulta densamente urbanizzata e non si sono ravvisati in passato problemi riconducibili a fattori di instabilità geomorfologica.

Per cui tutta l'area non presenta elementi predisponenti o innescanti fenomeni di tipo morfodinamico, ne si hanno notizie storiche in tal senso. Difatti la modesta energia del rilievo associata a litotipi con caratteristiche geomeccaniche discrete conferisce a tutta l'area una notevole stabilità.

L'analisi storica relativamente alla pericolosità geomorfologica è stata condotta attraverso la consultazione delle varie cartografie tematiche redatte dai diversi Enti preposti alla tutela del territorio e precisamente analizzando i dati di:

- Autorità del bacino del fiume Tevere: Piani di Assetto Idrogeologico (PAI);
- Regione Lazio: *“Individuazione e perimetrazione delle aree in frana della regione Lazio”*;
- ISPRA: *Progetto IFFI* (Inventario fenomeni franosi in Italia).

Allo stato attuale non sono evidenti indizi o segnali che potrebbero far considerare l'evenienza di pericoli di tipo morfodinamico in atto.

Infine il lotto non rientra nelle aree a “Rischio elevato R3 e molto elevato R4” riportate nell' *“Atlante delle situazioni di rischio da frana”* pubblicata nel P.A.I.

Quindi in considerazione delle acclività presenti, decisamente al di sotto dei 15° , il sito in esame può essere inserito in **Categoria topografica T1** di cui alla Tab.3.2.III a cui corrisponde un ***Coefficiente di amplificazione topografica $S_T=1,0$*** di cui alla Tab.3.2.VI delle NTC_2018.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

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

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

3.4 IDROGEOLOGIA

A mesoscala l'idrologia di superficie è caratterizzata dalla presenza di una serie di linee d'impluvio e di fossi che scendono dalla falda calderica esterna fino a confluire in fossi d'ordine superiore alla base del recinto vulcanico. Queste linee d'impluvio presentano un regime idrico per lo più stagionale e la loro alimentazione è dovuta prevalentemente agli apporti meteorici per lo meno nella porzione più rilevata, costituendo quindi più linee di deflusso delle acque meteoriche superficiali piuttosto che linee di drenaggio della falda freatica.

L'elemento idrologico più vicino e più rilevante è rappresentato dal “*fosso di Montelungo*” che però dista un paio di chilometri verso sud dell'area. Lo stesso, tra l'altro, si forma come debole linea d'impluvio all'altezza della Nettunense, percorre la Valle Mazzagna e confluisce dopo circa 3 km nel Fosso della torre.

Altre due linee di impluvio, però più modeste del precedente, che iniziano il loro corso e passano a circa 500m più ad ovest sono il Fosso delle Scopette-Fioranello.

Infine all'interno del lotto non sono presenti fossi o linee d'impluvio né vi sono emergenze sorgentizie.

Il lotto è parte integrante del bacino idrografico principale del Tevere. Il sottobacino è quello denominato “TEV-426D” così come delimitato nel P.A.I. dell'Autorità di Bacino del Tevere e quindi le acque correnti superficiali vanno ad alimentare direttamente il Tevere.

Relativamente all'idrodinamica sotterranea, i litotipi che caratterizzano l'area d'indagine presentano una permeabilità primaria di grado medio per porosità nelle piroclastiti sciolte e di

grado medio alto per fratturazione nei termini lavici le cui fessure non risultino riempite di elementi terrigeni. Quindi le litologie presenti nel lotto e nelle immediate vicinanze non consentono ristagni di acqua prolungati nel tempo per cui permettono un adeguato drenaggio delle acque meteoriche.

Localmente è presente il “Complesso idrogeologico delle lave, laccoliti, e coni di scorie” caratterizzato da una potenzialità acquifera “medio alta” . Questo complesso , spesso da qualche diecina a qualche centinaio di metri, contiene falde ad importanza locale di elevata produttività, ma di estensione limitata (Capelli et al, 2012).

L’area è caratterizzata dalla presenza di una falda idrica basale profonda ed in pressione. Nell’area d’intervento la piezometrica è stimata ad una quota di circa 120 m slm (Capelli et al., *Carta idrogeologica del territorio della regione Lazio, 2012*) che rapportata alla quota topografica del sito che misura 160 m slm ci fornisce una soggiacenza di circa una quarantina di metri di profondità. Il dato della profondità della falda idrica è congruente con i dati del sondaggio geognostico che si è spinto fino alla profondità di circa 31m dal piano campagna in cui non si è incontrata la falda idrica.

Infine l’area in esame non è inclusa in aree a rischio R4 o R3 come si desume dall’*“Atlante delle situazioni di rischio idraulico”* ne la stessa rientra nelle *“Fasce fluviali e zone di rischio del reticolo principale”* così come riportate dall’Autorità di Bacino del Tevere nel PAI Assetto idraulico.

Quindi il lotto in esame e tutta l’area in un suo immediato intorno sono da considerarsi a rischio bassissimo o nullo relativamente al rischio idraulico.

4. DESCRIZIONE DELLA STRATIGRAFIA E CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE SUI LIVELLI PRESENTI

A seguito del sondaggio geognostico eseguito e di un'accurata analisi delle campionature estratte e conservate in cantiere, integrata dalle prove geotecniche e sismiche eseguite in sito ed in foro, nonché con l'ausilio dei risultati delle prove di laboratorio, è stato possibile ricostruire la successione litostratigrafica che caratterizza la zona interessata dal presente studio geologico di seguito descritta.

L'analisi delle stratigrafie evidenzia la presenza di terreni di riporto e di alterazione (“suolo”) nel primo metro di profondità a partire da piano campagna, sovrastanti a un potente deposito di colata piroclastica.

Quindi a partire dal piano campagna è possibile descrivere nei dettagli i seguenti livelli stratigrafici incontrati:

a) Terreno di riporto e di alterazione (0,0 m – 1,0 m)

Livello pedologico di alterazione superficiale (terreno vegetale) con limitati riporti antropici, di colore marrone e granulometria limosa, alla base è presente un livelletto di graniglia di natura leucititica proveniente dal bancone leucititico sottostante. Le caratteristiche geomeccaniche del livello non sono considerate.

b) Potente deposito di leucitite s.s. (1,0 m – 30,0 m)

Bancone roccioso potente almeno 29 m di lava leucititica grigia caratteristica del Vulcano Laziale (colata di Santa Maria delle Mole). Risulta molto tenace ma a causa della presenza di fessure da raffreddamento si presenta fratturata e di difficile campionamento. Il grado di fatturazione sembrerebbe maggiore nella porzione superficiale, mentre nella porzione centrale si presenta molto più compatto. Nella parte terminale del deposito la roccia si presenta molto più fratturata. Per stabilire la qualità del deposito roccioso sono state eseguite misure di RQD (Deere, 1967) per lo meno nei primi metri di profondità. I risultati forniscono valori medi calcolati per la porzione più superficiale di circa $RQD = 46\%$, quindi mediamente la qualità

del deposito roccioso è definito “scarso” secondo la classificazione di Deere (1967) anche se il valore è prossimo alla qualità “discreta”.

Le qualità geomeccaniche delle rocce leucititiche sono ovviamente ottime se riferite al singolo elemento roccioso e quindi a quelle dell’intero ammasso roccioso.

Dal RQD ottenuto, possiamo classificare la roccia come (Deere, 1967):

RQD	Qualità della roccia
<25%	Molto scarsa
25-50%	Scarsa
50-75%	Discreta
75-90%	Buona
90-100%	Eccellente

Ad ogni modo è stato prelevato uno spezzone di campione di roccia leucititica durante la perforazione per sottoporlo a prova di laboratorio di compressione uni assiale semplice che ha fornito i seguenti risultati:

Peso di volume: 22,1 kN/m ³
Resistenza a compressione: 44,05 MPa

Per completezza di seguito si forniscono alcuni parametri di letteratura.

Peso dell’unità di volume	$\gamma_n = 27,30 - 27,90 \text{ kN/m}^3$
Peso specifico reale	$\gamma_s = 28,00 \div 28,50 \text{ kN/m}^3$
Resistenza a compressione uniassiale	$\sigma_f = 240,0 \div 320,0 \text{ MPa}$
Modulo elasticità	$E = 37800 \div 60400 \text{ MPa}$
Angolo di attrito efficace stimato	$\varphi' = 35^\circ - 45^\circ$
Coefficiente di Poissons Y	0,2 – 0,3

(Parametri geotecnici acquisiti da: Ventriglia U., Regione vulcanica dei colli albani, 1990)

MODELLAZIONE SISMICA

5.1 SISMICITÀ DELL'AREA

L'area d'intervento rientra nel territorio comunale di Marino e ai sensi e per gli effetti della DGR Lazio n. 387 del 22.05.2009 è classificata in “**zona sismica 2 – sottozona sismica B**”. Quindi sulla scorta di questa nuova suddivisione del territorio nazionale secondo zone sismiche avremo che per il Comune di Marino l'accelerazione di picco su suolo rigido (a_g) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni sarà compresa tra un minimo di $0,15 a_g$ ed un massimo di $0,20 a_g$ ($0,15a_g < a_g < 0,20a_g$).

5.2 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Per quanto concerne la vita nominale V_N (numero di anni nel quale l'opera deve essere usata), che deve essere precisata nei documenti di progetto, si fa riferimento alla seguente Tabella:

Tab. 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

L'opera in progetto quindi ricade nel gruppo 2 “Opere ordinarie” con vita nominale (V_N) stimata in $V_N \geq 50$ anni.

Nella normativa vigente si deduce che ai fini della valutazione dell'azione sismica attesa nelle aree appartenenti alle varie zone sismiche, l'opera in progetto rientra nella **Classe d'Uso III** (“strutture per l'istruzione”) secondo quanto riportato nell' “Allegato A” della DGR n. 493/2019 quindi le azioni sismiche saranno valutate in relazione al periodo di riferimento V_R ricavato come prodotto della vita nominale (V_N) per il coefficiente d'uso (C_U) il cui valore è definito nella Tab. 2.4.II dell'NTC/2018.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_u

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \times 1,5 = 75$$

Ai sensi delle vigenti NCT_2018 la “*pericolosità sismica di base*”, che costituisce elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche e che è funzione delle coordinate geografiche del sito in esame, è riferita al reticolo di riferimento stabilito dal “*Progetto INGV-DPC S1 (2006). Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’Ordinanza DPC 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi.*”, e ricavabile dai dati pubblicati sul sito <http://essel.mi.ingv.it/>.

L’area d’intervento è perfettamente localizzata dalle seguenti coordinate geografiche (calcolate al centro dell’area d’intervento):

Latitudine: 41° 46’ 11” N = 41,769748° N

Longitudine: 12° 36’ 33” E = 12,609020° E

A cui corrispondono le seguenti coordinate dei vertici del reticolo di riferimento:

28957 – 28958

29179 – 29180

5.3 PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI

Per le verifiche agli Stati Limiti si sono considerati i seguenti parametri:

- Classe d’Uso: III
- Coefficiente d’Uso: $C_U = 1,5$
- Vita Nominale dell’intervento: $V_N \geq 50$ anni
- Periodo di riferimento: $V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1,5 = 75$ anni
- Categoria di sottosuolo: sottosuolo di tipo “B” (desunto da prova DH e MASW)
- Categoria topografica T1 (NTC_2018, Tab.3.2.IV: “*superficie pianeggiante*”)

La categoria di sottosuolo di cui alla Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo* del § 3.2.2, è stata definita tramite la prova sismica in foro Down hole e la prova sismica MASW le cui risultanze sono allegate alla presente.

Parametri indipendenti:

stato limite	P _{VR} %	T _R	a _g	F ₀	T _C *	S _s	C _c	S _T	q
SLO	81	45	0,068	2,360	0,264	1,200	1,436	1.000	1.000
SLD	63	75	0,087	2,405	0,267	1,200	1,433	1.000	1.000
SLV	10	512	0,189	2,567	0,276	1,200	1,423	1.000	1.000
SLC	5	1462	0,234	2,522	0,285	1,163	1,414	1.000	1.000

dove:

P_{VR} = probabilità di superamento (in %) (NTC-08, Tab. 3.2.I)

T_R = tempo di ritorno (in anni)

a_g = accelerazione attesa al sito

F₀ = 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

S_s = coefficiente stratigrafico (NTC/08, Tab. 3.2.V)

C_c = coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (NTC/08, Tab. 3.2.V)

S_T = coefficiente topografico (= 1,0) (NTC/08, Tab. 3.2.6)

q = fattore di struttura

Parametri dipendenti:

stato limite	S	η	T _B	T _C	T _D	a _{max}
SLO (operativo)	1,200	1,000	0.126	0.379	1.873	0,0816
SLD (di danno)	1.200	1,000	0.127	0.382	1.946	0,105
SLV (della vita)	1.200	1,000	0.131	0.393	2.355	0,223
SLC (di collasso)	1,163	1,000	0.134	0.403	2.538	0,272

dove:

a_{max} = a_g x S = accelerazione massima attesa al sito

S = S_s x S_T

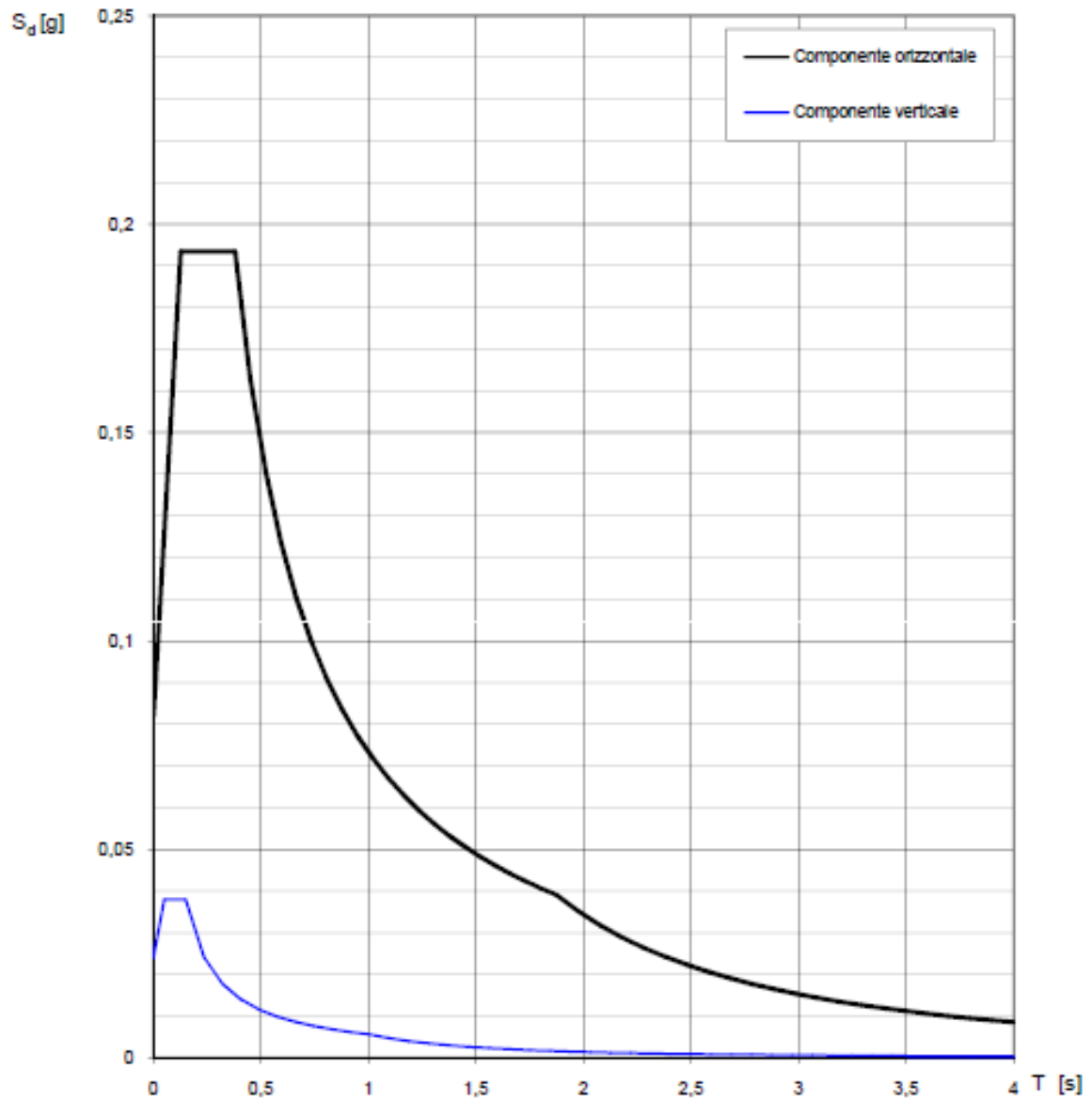
T_B = periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione cost.

T_C = periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro

T_D = periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro

η = fattore che altera lo spettro elastico per coeff. di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLO



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLO**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLO
a_g	0,068 g
F_o	2,360
T_c	0,264 s
S_s	1,200
C_c	1,436
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,200
η	1,000
T_B	0,126 s
T_C	0,379 s
T_D	1,873 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+z)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

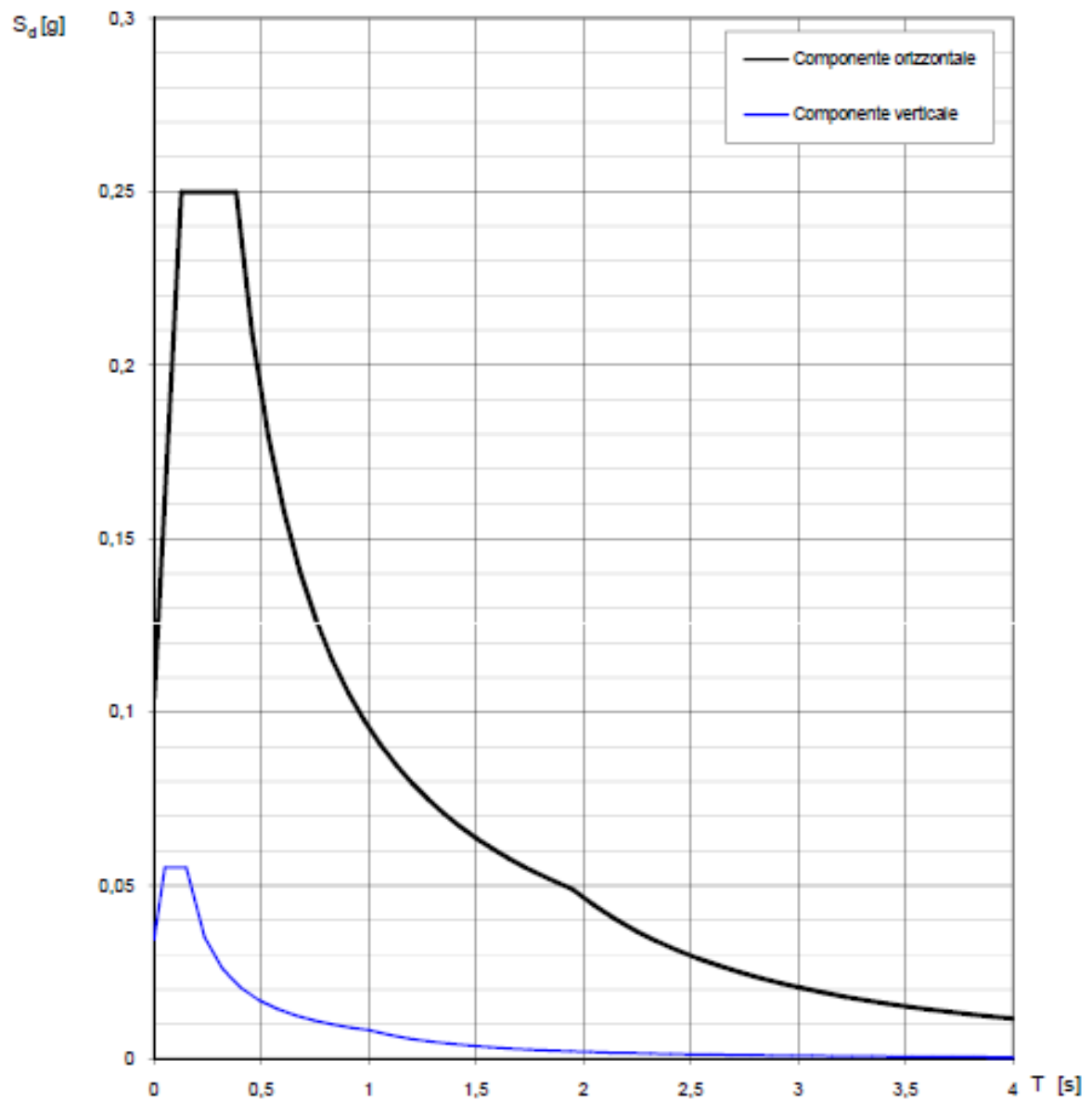
$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,082
$T_B \leftarrow$	0,126	0,193
$T_C \leftarrow$	0,379	0,193
	0,450	0,163
	0,521	0,141
	0,592	0,124
	0,664	0,110
	0,735	0,100
	0,806	0,091
	0,877	0,084
	0,948	0,077
	1,019	0,072
	1,090	0,067
	1,162	0,063
	1,233	0,059
	1,304	0,056
	1,375	0,053
	1,446	0,051
	1,517	0,048
	1,589	0,046
	1,660	0,044
	1,731	0,042
	1,802	0,041
$T_D \leftarrow$	1,873	0,039
	1,975	0,035
	2,076	0,032
	2,177	0,029
	2,278	0,026
	2,380	0,024
	2,481	0,022
	2,582	0,021
	2,683	0,019
	2,785	0,018
	2,886	0,016
	2,987	0,015
	3,089	0,014
	3,190	0,013
	3,291	0,013
	3,392	0,012
	3,494	0,011
	3,595	0,011
	3,696	0,010
	3,797	0,010
	3,899	0,009
	4,000	0,009

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
a_g	0,087 g
F_o	2,405
T_c^*	0,267 s
S_s	1,200
C_c	1,433
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,200
η	1,000
T_B	0,127 s
T_C	0,382 s
T_D	1,946 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(S+2)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

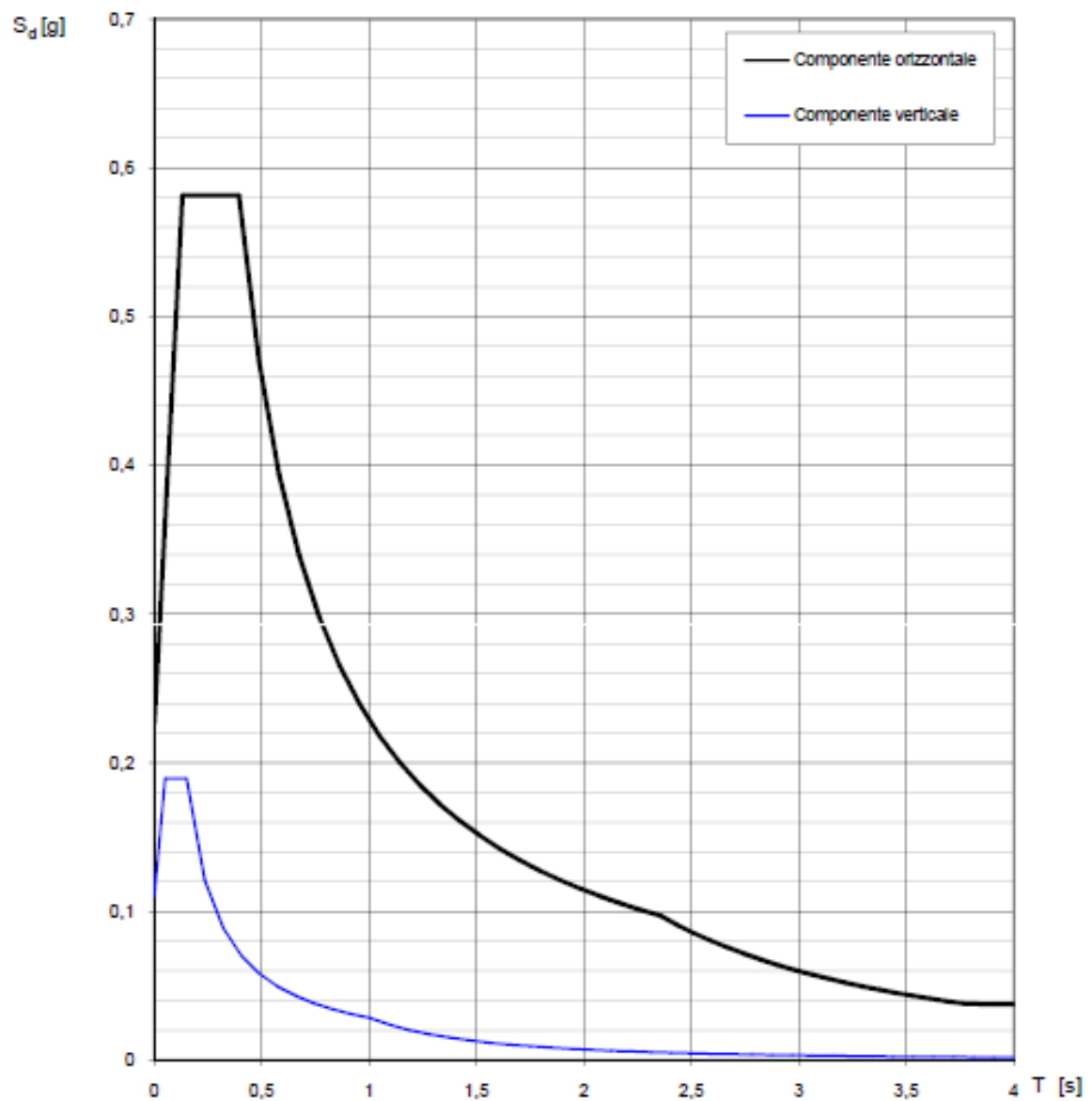
$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,104
$T_B \leftarrow$	0,127	0,250
$T_C \leftarrow$	0,382	0,250
	0,456	0,209
	0,531	0,180
	0,605	0,158
	0,680	0,140
	0,754	0,126
	0,829	0,115
	0,903	0,106
	0,978	0,098
	1,052	0,091
	1,127	0,085
	1,201	0,079
	1,276	0,075
	1,350	0,071
	1,425	0,067
	1,499	0,064
	1,574	0,061
	1,648	0,058
	1,723	0,055
	1,797	0,053
	1,872	0,051
$T_D \leftarrow$	1,946	0,049
	2,044	0,044
	2,142	0,040
	2,240	0,037
	2,338	0,034
	2,435	0,031
	2,533	0,029
	2,631	0,027
	2,729	0,025
	2,826	0,023
	2,924	0,022
	3,022	0,020
	3,120	0,019
	3,218	0,018
	3,315	0,017
	3,413	0,016
	3,511	0,015
	3,609	0,014
	3,707	0,014
	3,804	0,013
	3,902	0,012
	4,000	0,012

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,189 g
F_a	2,567
T_c^*	0,276 s
S_s	1,200
C_c	1,423
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,200
η	1,000
T_B	0,131 s
T_C	0,393 s
T_D	2,355 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_a} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

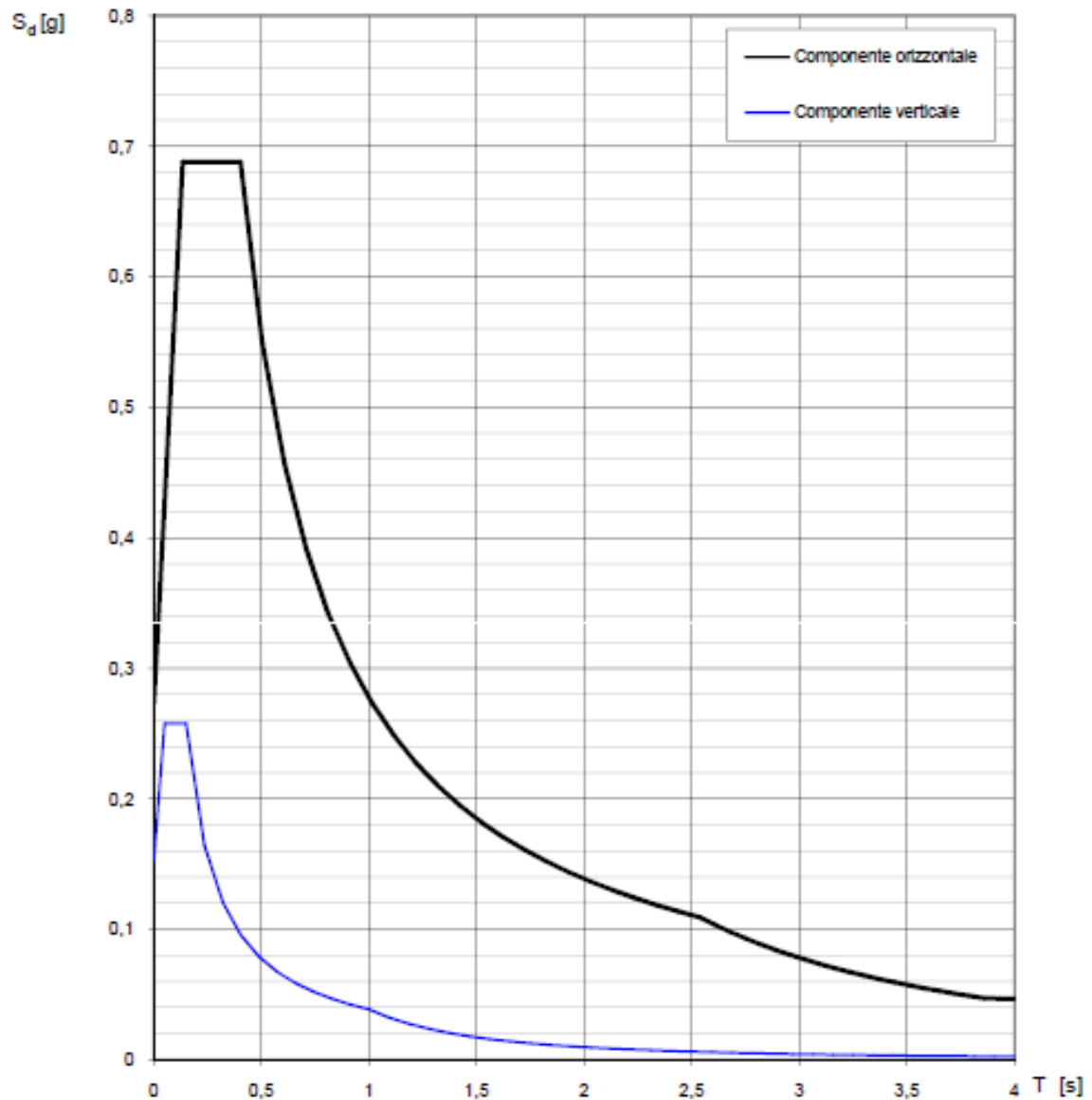
$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,226
$T_B \leftarrow$	0,131	0,581
$T_C \leftarrow$	0,393	0,581
	0,487	0,470
	0,580	0,394
	0,673	0,339
	0,767	0,298
	0,860	0,266
	0,954	0,240
	1,047	0,218
	1,141	0,200
	1,234	0,185
	1,327	0,172
	1,421	0,161
	1,514	0,151
	1,608	0,142
	1,701	0,134
	1,794	0,127
	1,888	0,121
	1,981	0,115
	2,075	0,110
	2,168	0,105
	2,262	0,101
$T_D \leftarrow$	2,355	0,097
	2,433	0,091
	2,512	0,085
	2,590	0,080
	2,668	0,076
	2,747	0,071
	2,825	0,067
	2,903	0,064
	2,982	0,061
	3,060	0,057
	3,138	0,055
	3,217	0,052
	3,295	0,050
	3,373	0,047
	3,452	0,045
	3,530	0,043
	3,608	0,041
	3,687	0,040
	3,765	0,038
	3,843	0,038
	3,922	0,038
	4,000	0,038

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLC



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLC

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLC
a_g	0,234 g
F_0	2,522
T_c	0,285 s
S_B	1,163
C_c	1,414
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,163
η	1,000
T_B	0,134 s
T_C	0,403 s
T_D	2,538 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_B \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+z)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,273
$T_B \leftarrow$	0,134	0,688
$T_C \leftarrow$	0,403	0,688
	0,504	0,549
	0,606	0,457
	0,708	0,392
	0,809	0,342
	0,911	0,304
	1,013	0,274
	1,115	0,249
	1,216	0,228
	1,318	0,210
	1,420	0,195
	1,521	0,182
	1,623	0,171
	1,725	0,161
	1,826	0,152
	1,928	0,144
	2,030	0,137
	2,131	0,130
	2,233	0,124
	2,335	0,119
	2,436	0,114
$T_D \leftarrow$	2,538	0,109
	2,608	0,103
	2,677	0,098
	2,747	0,093
	2,816	0,089
	2,886	0,084
	2,956	0,081
	3,025	0,077
	3,095	0,073
	3,165	0,070
	3,234	0,067
	3,304	0,064
	3,373	0,062
	3,443	0,059
	3,513	0,057
	3,582	0,055
	3,652	0,053
	3,722	0,051
	3,791	0,049
	3,861	0,047
	3,930	0,047
	4,000	0,047

5.4 STIMA DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE

Si omette la verifica alla liquefazione in quanto sussiste almeno una delle condizioni che consentono di non verificare la suscettibilità alla liquefazione dei terreni (prof. falda > 15 m) (punto 2 del § 7.11.3.4.2 del DM 14/01/2018).

6. NOTE CONCLUSIVE

Sulla base dell'analisi e delle indagini eseguite si può esprimere un giudizio generale sulla situazione geologica riscontrata nell'area d'intervento.

- Dall'inquadramento geologico effettuato, si deduce che la zona esaminata è caratterizzata dalla presenza di un notevole spessore di prodotti vulcanoclastici provenienti dall'attività esplosiva del Vulcano Laziale e appartenenti alla prima fase dell'attività eruttiva. Più in particolare nell'area è presente un potente deposito di lava leucitita. Detti litotipi sono dotati di parametri geomeccanici ottimi.
- La geomorfologia dell'area, a scala locale, è caratterizzata da una energia del rilievo pressoché nulla, inoltre la morfologia del terreno è stata anche modificata e rettificata per la realizzazione dell'urbanizzazione. Difatti l'area è caratterizzata da un tessuto urbano edificato pressoché continuo. Di conseguenza l'indagine geomorfologica non ha portato a riscontri di instabilità di tipo gravitativo e/o morfodinamico in atto o potenziali, né sono emerse minimamente indicazioni in tal senso dall'analisi delle cartografie specialistiche redatte dai vari organi istituzionali preposti alla tutela del territorio.
- Sotto l'aspetto idrologico l'area non è inclusa in zone a pericolosità idraulica. Il fondo non è attraversato o lambito da fossi o da linee d'impluvio. I corsi d'acqua degni di nota sono distanti centinaia di metri dal lotto in esame. L'idrodinamica sotterranea è complessa ed articolata a causa della presenza di alternanze di terreni acquiferi e di acquiclude. Ad ogni modo la falda principale è segnalata ad alcune decine di metri di

profondità dal piano di campagna e quindi non influenza minimamente le strutture di fondazione e ne a sua volta ne è influenzata.

- L'area è interessata da una modesta sismicità sia dovuta alla presenza dell'edificio vulcanico albano sia da quella regionale proveniente dall'appennino centrale.

La presenza di un bancone di lava leucititica litoide consente un’alta velocità delle onde di taglio che determina per il sito in esame l’appartenenza alla categoria di **“sottosuolo di tipo B”**.

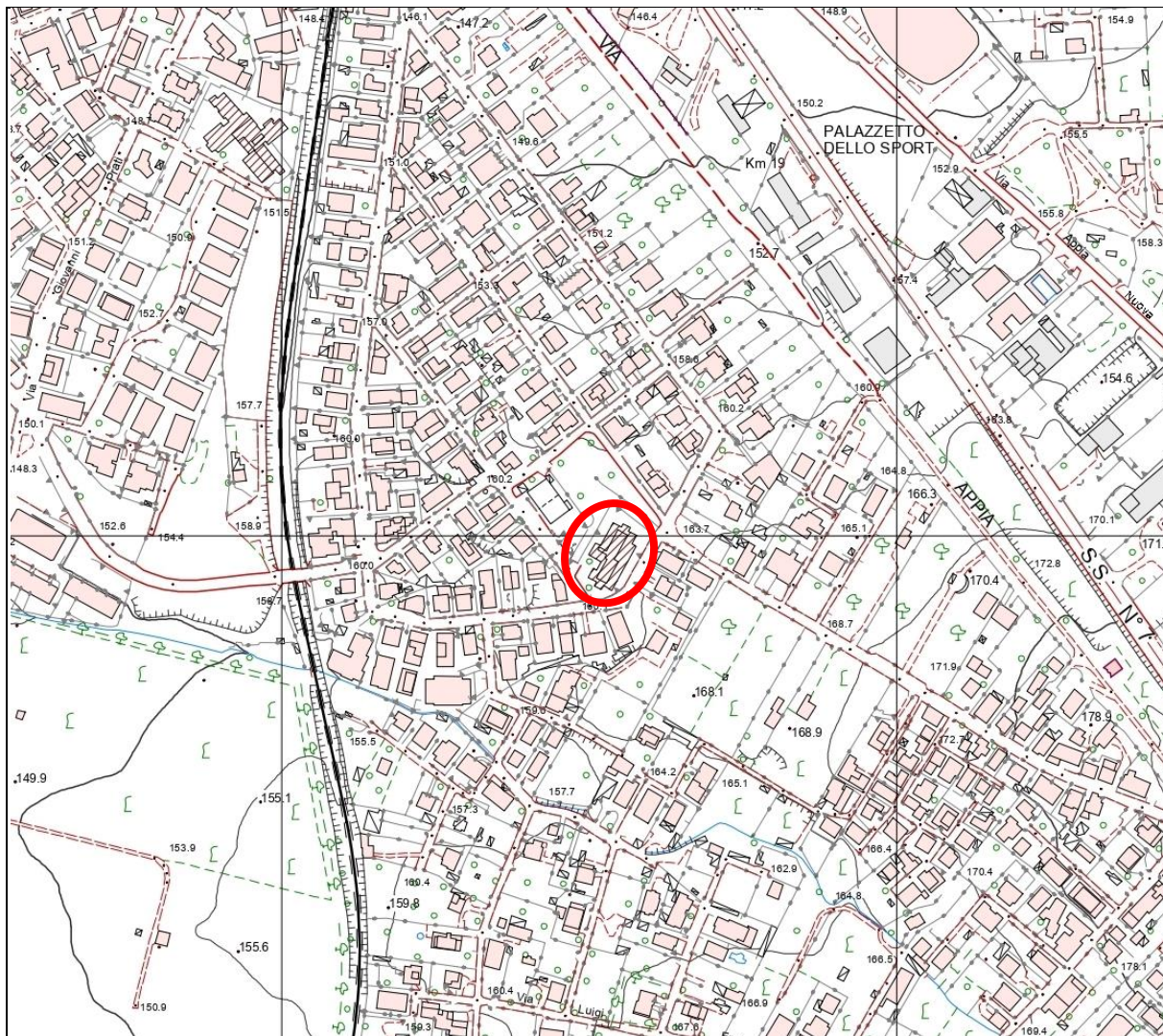
La valutazione dell'azione sismica di progetto è stata calcolata tramite uno studio della Risposta Sismica Locale e descritta nel relativo paragrafo allegato alla presente Relazione.

Infine non sussistono le condizioni per un maggiore rischio dovuto al fenomeno della liquefazione dei terreni.

- Complessivamente l'area è considerata a rischio geologico molto basso ed il sito è quindi idoneo ad ospitare il progetto in esame.

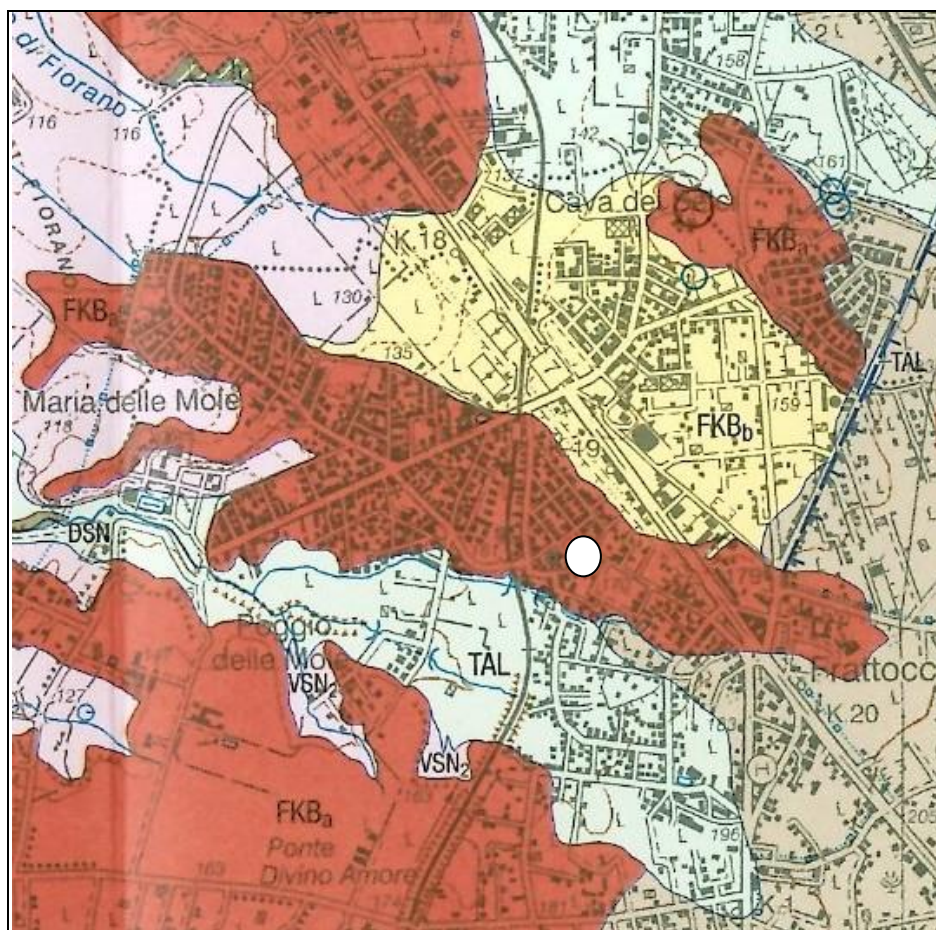
Grottaferrata, giugno 2021
 Geologo Dott. Maurizio Scardella

STRALCIO CARTA TECNICA REGIONALE
Elemento n. 387043 “Fratteocchie” Scala 1:5.000



Ubicazione edificio scolastico:
Via Niccolò Tommaseo, 25 - Marino (RM)

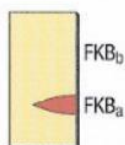
STRALCIO CARTA GEOLITOLOGICA



(Estratto da: Carta geologica d'Italia al 50.000 - Foglio 387 "Albano Laziale")

LEGENDA CARTA GEOLITOLOGICA

FORMAZIONE DI MADONNA DEGLI ANGELI



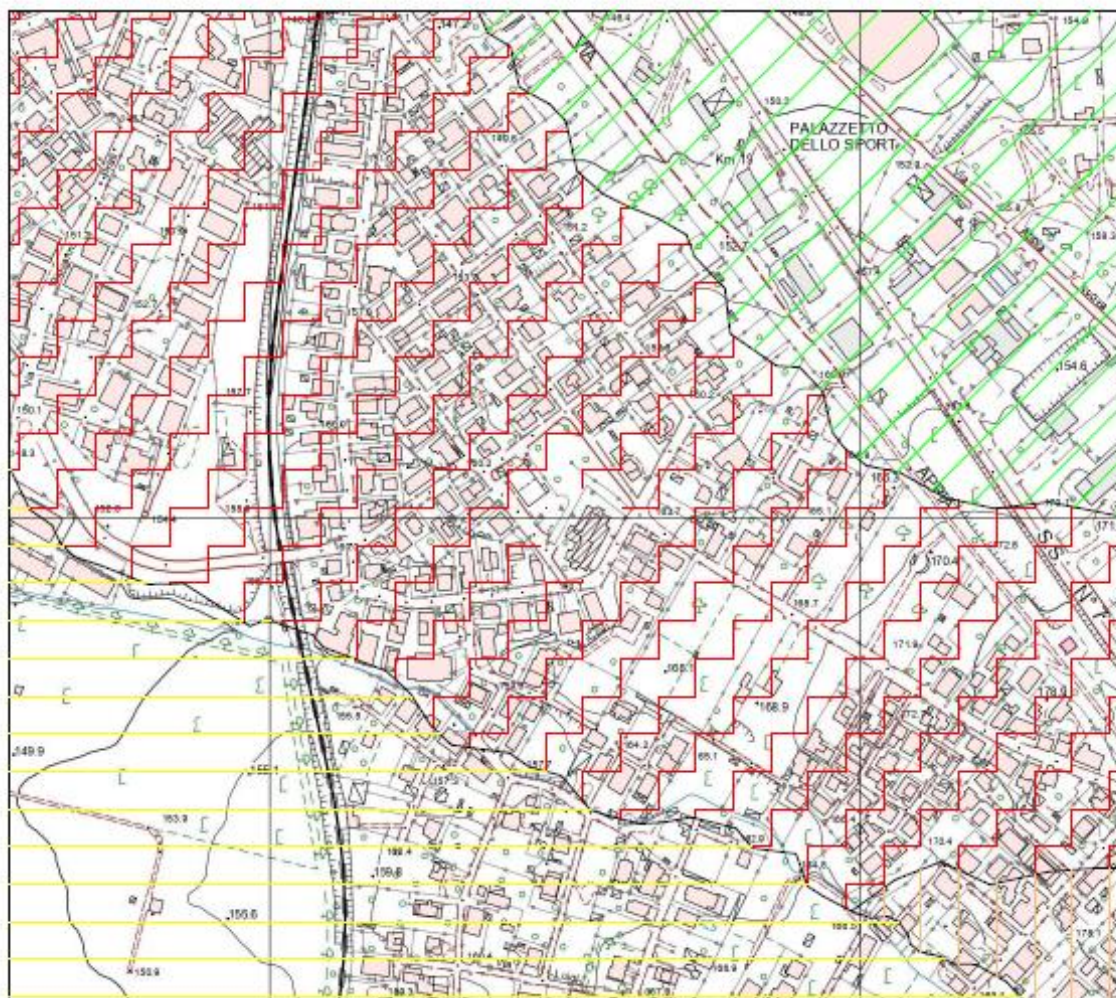
Litofacies lavica (FKBa) Lave grigio scure, da tefritiche a K-foiditiche^(8,17), da microcristalline a porfiriche, da compatte a vacuolari, con contenuto variabile di fenocristalli di leucite, spesso in individui centimetrici, clinopiroseno ed occasionalmente olivina; gli spessori massimi raggiungono 30 m. L'età radiometrica della colata di Capo di Bove, lungo l'Appia antica è compresa tra 292 ± 6 ka⁽⁷⁾ e 277 ± 2 ka⁽⁸⁾. Colate di Capo di Bove, di S. Maria delle Mole, del Divin Amore (Quarto Palaverta), di Quarto S. Fumia, di Pian Savelli, di Tenuta Cancelliera, di Roncigliano, di Campoleone.





Litofacies piroclastica (FKBb). Depositi classati di scorie in bancate e ceneri, da ricaduta e rimaneggiati, più o meno pedogenizzati, associati sia a con di scorie ed apparati eccentrici sia all'edificio centrale delle Faete. Gli spessori, nel settore sud-est del Foglio, possono raggiungere i 20 m. Sono associati a questa litofacies i con di scorie di Monte Giove, Castel Savelli e Monte Crescenzo.

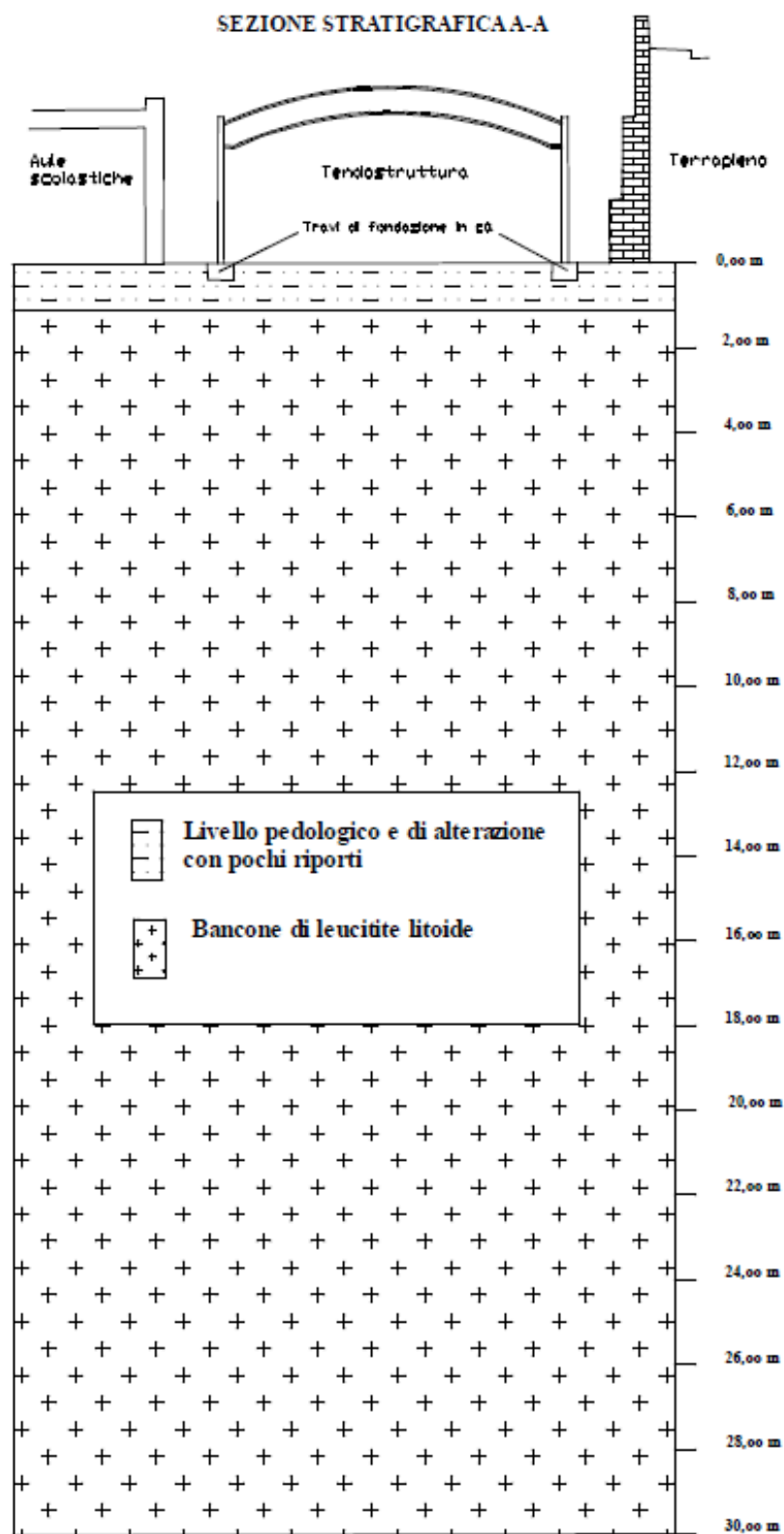
PLEISTOCENE MEDIO p.p.

CARTA GEOLOGICA

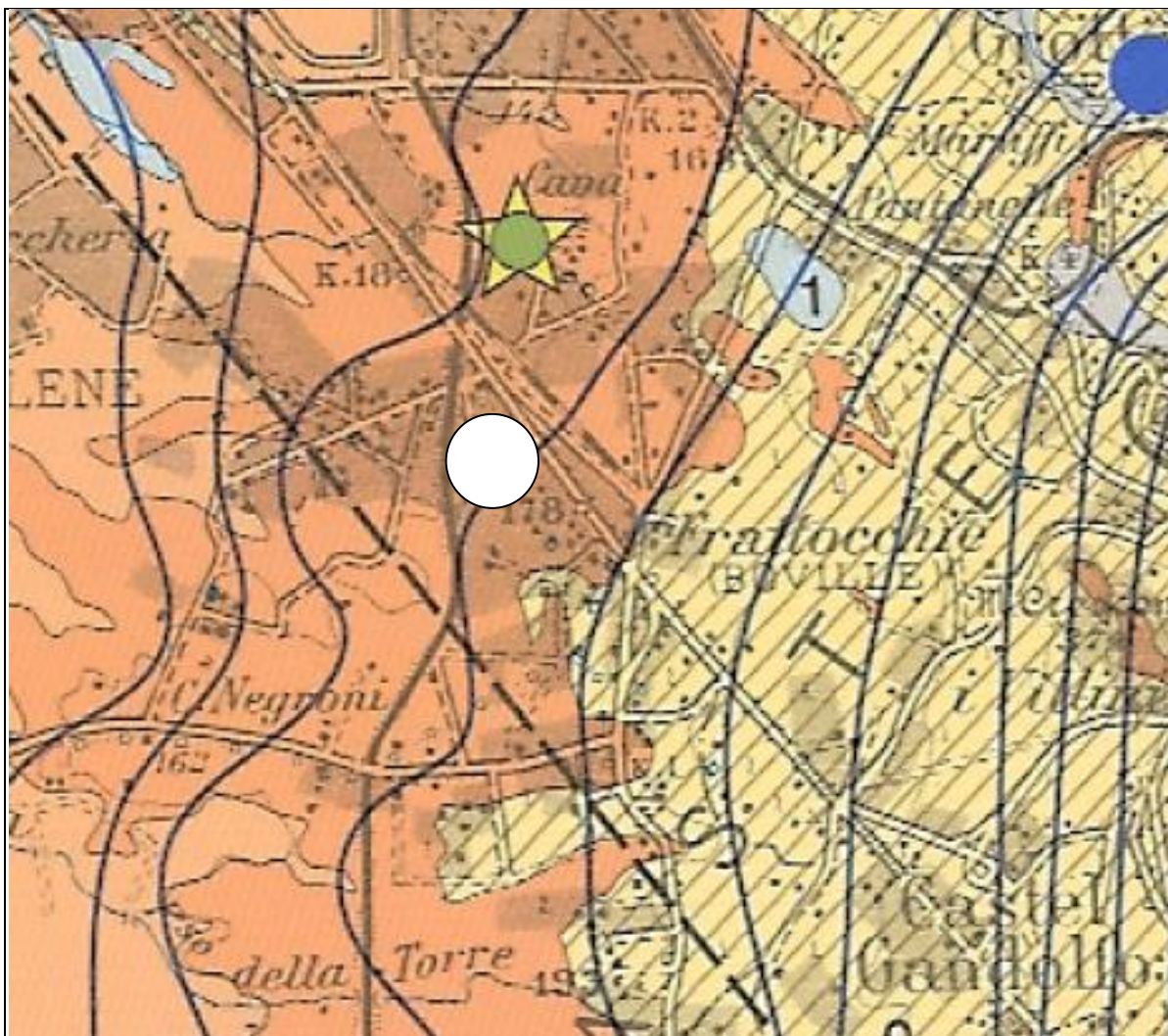
Scala 1:5.000



-  **Formazione del Tavolato.** Successione di depositi da ghiaioso-sabbiosi ad elementi vulcanici mediamente classificati con lenti conglomerati grossolani, clasto-sostenute, da debris flow e da flusso iperconcentrato.
-  **Unità di Villa Doria.** Deposito proclastico di colore grigio, costituito da livelli cineritici a stratificazione incrociata, ricchi di armored lapilli, con cristalli di biotite, pirosseno e leucite.
-  **Formazione di Madonna degli Angeli. Litofacies lavica.** Lave grigio scure di composizione da tefritiche a k-foiditiche, da microcristalline a porfiriche, da compatte a vacuolari, con contenuto variabile di fenocristalli di leucite. Colata di Santa Maria delle Mole.
-  **Formazione di Madonna degli Angeli. Litofacies piroclastica.** Depositi classificati di scorie in bancate e cenere, da ricaduta e rimaneggiati, più o meno pedogenizzati, associati sia a coni di scorie ed apparati eccentrici sia all'edificio centrale delle Faete.



STRALCIO CARTA IDROGEOLOGICA



(Stralcio dalla: Carta idrogeologica del territorio della regione Lazio alla scala 1:100.00 - 2012)

LEGENDA DEI COMPLESSI IDROGEOLOGICI

7	COMPLESSO DELLE LAVE, LACCOLITI E CONI DI SCORIE - <i>potenzialità acquifera medio alta</i> Scorie generalmente saldate, lave e laccoliti. (<i>PLEISTOCENE</i>). Spessori da qualche decina a qualche centinaio di metri. Questo complesso contiene falde di importanza locale ad elevata produttività, ma di estensione limitata.
8	COMPLESSO DELLE POZZOLANE - <i>potenzialità acquifera media</i> Depositi da colata piroclastica, genericamente massivi e caotici, prevalentemente litoidi. Nel complesso sono comprese le ignimbriti e tufi (<i>PLEISTOCENE</i>). Spessore da pochi metri ad un migliaio di metri. Questo complesso è sede di una estesa ed articolata circolazione idrica sotterranea che alimenta la falda di base dei grandi acquiferi vulcanici regionali.
9	COMPLESSO DEI TUFİ STRATIFICATI E DELLE FACIES FREATOMAGMATICHE - <i>potenzialità acquifera bassa</i> Tufi stratificati, tufi terrosi, breccie piroclastiche, pomici, lapilli e blocchi lavici in matrice cineritica (<i>PLEISTOCENE</i>). I termini del complesso si presentano interdigitati tra gli altri complessi vulcanici per cui risulta difficile definirne lo spessore totale. Il complesso ha una rilevanza idrogeologica limitata anche se localmente può condizionare la circolazione idrica sotterranea, assumendo localmente il ruolo di limite di flusso e sostenendo esigue falde superficiali.

STRALCIO CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA 1° LIVELLO



**Zone Stabili suscettibili di
Amplificazioni locali**

2001

Zona 1 – Cineriti, lapilli, scorie, materiale rimaneggiato, alterato, depositi eluvio-colluviali

2002

Zona 2 – Lave alterate, tufi, tufiti con bedrock entro 30m di profondità

**PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO
AUTORITA' DI BACINO DEL TEVERE - TAV. 11 di 304**



Carta Inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio da frana a scala 1:10.000 - 2002

Nel lotto in esame e nelle aree immediatamente limitrofe non risultano zone in dissesto o a rischio geomorfologico.

PIANTA UBICAZIONE PROVE E SONDAGGI



⊗ Sondaggio geognostico e prova Down Hole

◇ Prove penetrometriche dinamiche DPSH

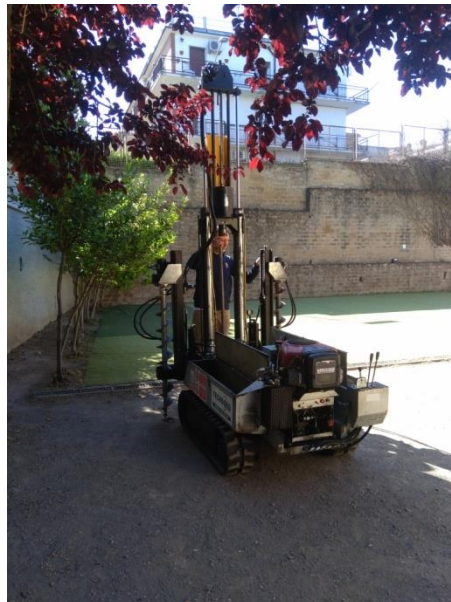
△ Prove sismiche HVSr

↔ Prova sismica MASW

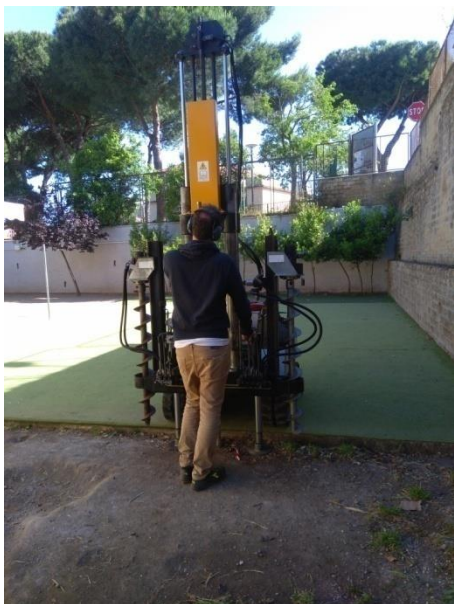
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



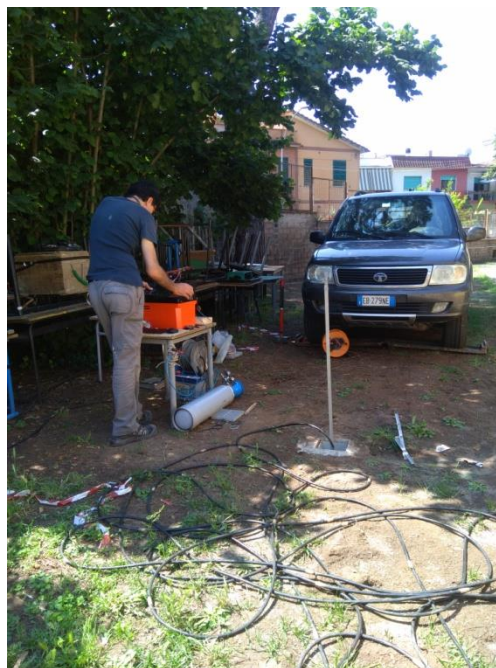
Sondaggio geognostico S1



Prova penetrometrica DPSH_01



Prova penetrometrica DPSH_02



Prova sismica Down Hole



Prova sismica MASW_01



Prova sismica MASW_02



Prova HVSR_01



Prova HVSR_02



Cassetta 1 prof.: 0,0 – 5,00



Cassetta 2 prof.: 5,00 – 10,00



Cassetta 3 Prof. 10,00 -15,00



Cassetta 4 Prof. 15,00 – 20,00



Cassetta 5 Prof. 20,00 – 25,00



Cassetta 6 Prof. 25,00 – 30,00

STUDIO DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

INDICE

1. Premessa
2. Studio della Risposta Sismica Locale
3. Estrazione degli accelerogrammi
4. Scelta del modello sismostratigrafico
5. Calcolo degli spettri di progetto
6. Note conclusive

1. PREMESSA

Il presente studio di Risposta Sismica Locale (RSL) è stato redatto in osservanza del punto 3) della DGR n. 493/2019 in cui è prevista l'obbligatorietà dello studio di RSL per le opere in Classe III di cui all'Allegato "A" punto B) relativamente alle "*Scuole di ogni ordine e grado*".

Lo studio è stato eseguito avvalendomi di indagini geognostiche, geotecniche, di laboratorio e sismiche acquisite direttamente nel lotto d'interesse le cui modalità di esecuzione ed i risultati ottenuti sono estesamente illustrati nella *Relazione Geologica* allegata.

Lo studio è relativo alla realizzazione di una tensostruttura da realizzarsi presso il Plesso scolastico "Elsa Morante" di Marino (RM).

2. STUDIO DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

Al fine di determinare il comportamento del terreno in occasione di eventi sismici e per ottenere uno spettro di risposta più aderente al contesto locale, è stato eseguito il presente studio di risposta sismica locale in conformità al § 7.11.3 delle NTC_2018.

Lo studio della RSL è fortemente raccomandato dalle NTC_2018 in cui al par. 3.2.2 si riporta:

"Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi da eseguirsi con le modalità indicate nel § 7.11.3."

Inoltre il presente studio di RSL viene prodotto obbligatoriamente ai sensi della DGR n. 489/2012 e del Regolamento Regionale n. 7/2021.

Dati di input:

Coordinate del sito:

latitudine: 41,76975 N = 41° 46' 11"

longitudine: 12,60902 E = 12° 36' 32,5"

Strategia di progettazione:

Vita nominale $V_N = 50$ anni;

Coefficiente d'Uso: $C_U = 1,5$

Periodo di riferimento $V_R = V_N \times C_U = 75$ anni

Classe d'Uso: Classe III (“Scuole di ogni ordine e grado”)

Categoria di sottosuolo: B (desunta da prova sismica Down Hole e MASW)

Categoria topografica: T1 (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$).

Accelerazione di base attesa al sito:

I dati di accelerazione di base a_g sono stati acquisiti tramite il foglio di calcolo SPETTRI-NTC vers. 1.0.3 rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Il sito in oggetto è situato all'interno del reticolo aventi le seguenti coordinate dei nodi:

28957 – 28958
29179 – 29180

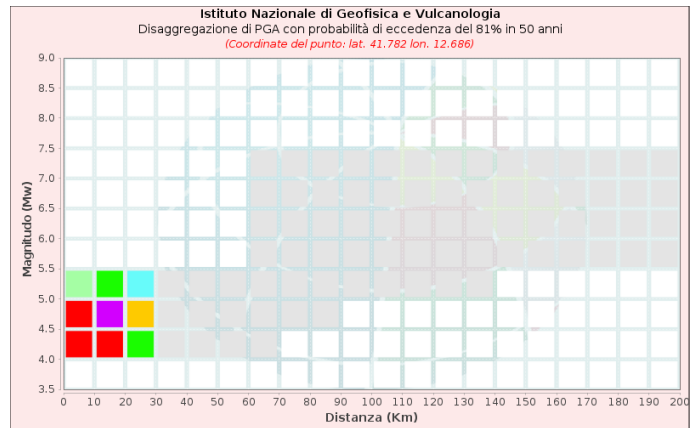
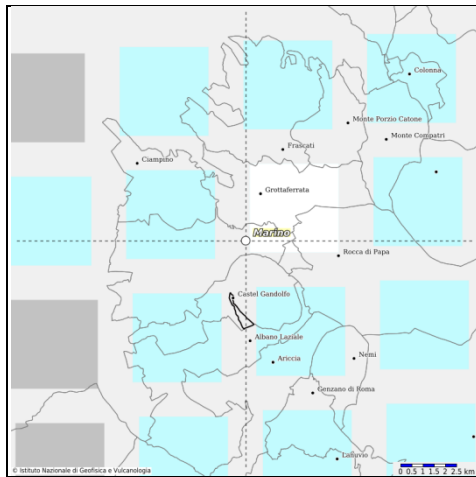
Il controllo sul reticolo è definito “corretto”.

Il programma SPETTRI NTC vers. 1.0.3 per queste coordinate del reticolo di riferimento fornisce i seguenti dati di accelerazione di base ai diversi SL:

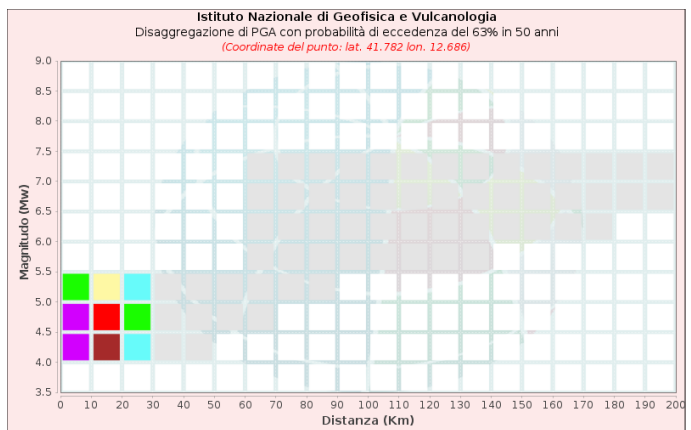
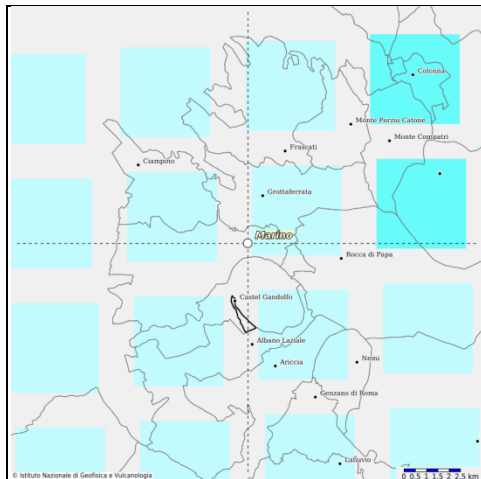
SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	45	0,068	2,360	0,264
SLD	75	0,087	2,405	0,267
SLV	712	0,189	2,567	0,276
SLC	1462	0,234	2,522	0,285

Dati di disaggregazione:

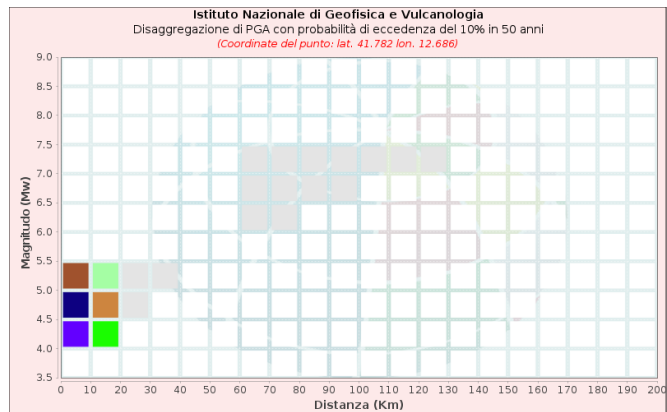
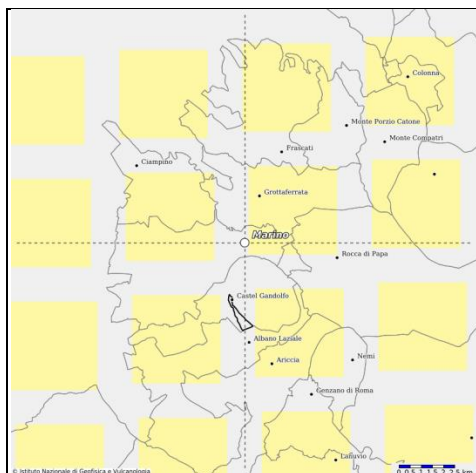
I dati di disaggregazione sono stati acquisiti dalla pagina del sito dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>) dedicata ai dati di pericolosità sismica nazionale.



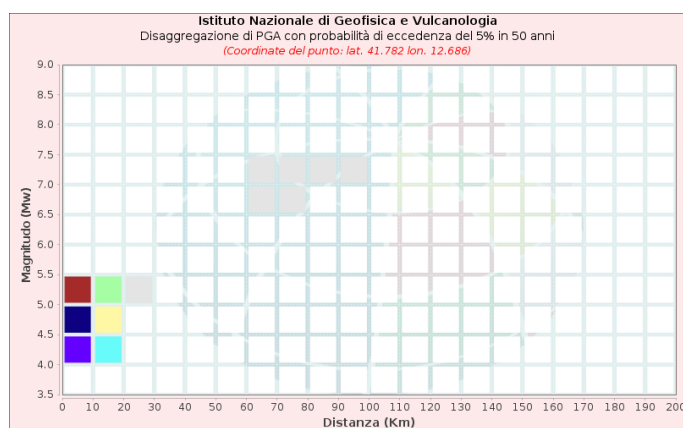
Mappa e dati di disaggregazione SLO: $T_r = 45$ anni
Magnitudo (M) compresa tra 4,0 e 5,5 - Distanza (R) compresa tra 0 km e 30 km



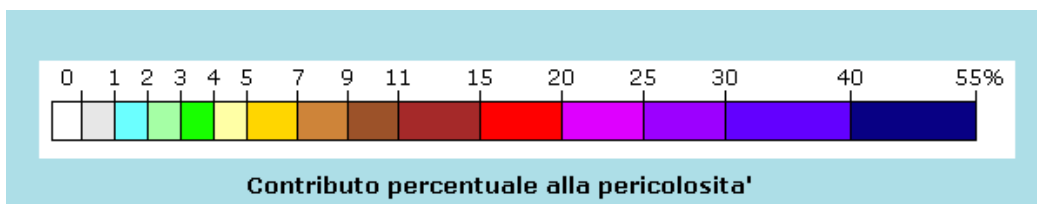
Mappa e dati di disaggregazione SLD: $T_r = 75$ anni
Magnitudo (M) compresa tra 4,0 e 5,5 - Distanza (R) compresa tra 0 km e 30 km



Mappa e dati di disaggregazione SLV: $T_r = 712$ anni
Magnitudo M compresa tra 4,0 e 5,5 - Distanza (R) compresa tra 0 km e 20 km



Mappa e dati di disaggregazione SLC: $T_r = 1462$ anni
Magnitudo M compresa tra 4,0 e 5,5 - Distanza (R) compresa tra 0 km e 20 km



Legenda contributo percentuale alla pericolosità.

3. ESTRAZIONE DEGLI ACCELEROGRAMMI

Per l'estrazione degli accelerogrammi di input per applicazioni ingegneristiche dai vari cataloghi presenti in rete è stato utilizzato il software **REXEL 3.5** (*Iervolino, I., Galasso, C., Cosenza, E. - REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structural analysis. Bulletin of Earthquake Engineering, 8:339-362, 2010 DOI 10.1007/s 10518-009-9146-1*).

I cataloghi da cui sono stati estratti gli accelerogrammi sono stati:

- **European Strong-motion Data** (*Ambraseys, N., Smit, P., Sigbjornsson, R., Suhadolc, P. and Margaris, B. Internet-Site for European Strong-Motion Data, European Commission, Research-Directorate General, Environment and Climate Programme (2002)*)
- **ITACA** (*Working Group ITACA (2008) - Data Base of the Italian strong motion data*).

Tramite il software REXEL v3.5 beta sono stati estratti 7 accelerogrammi spettro-compatibili e sismo-compatibili che presentavano l'errore minore sia medio sia dei singoli accelerogrammi.

Di seguito si presentano gli accelerogrammi scelti per l'analisi con la curva dello spettro medio e di quello di normativa ai vari Stati Limite.

Accelerogrammi allo SLO

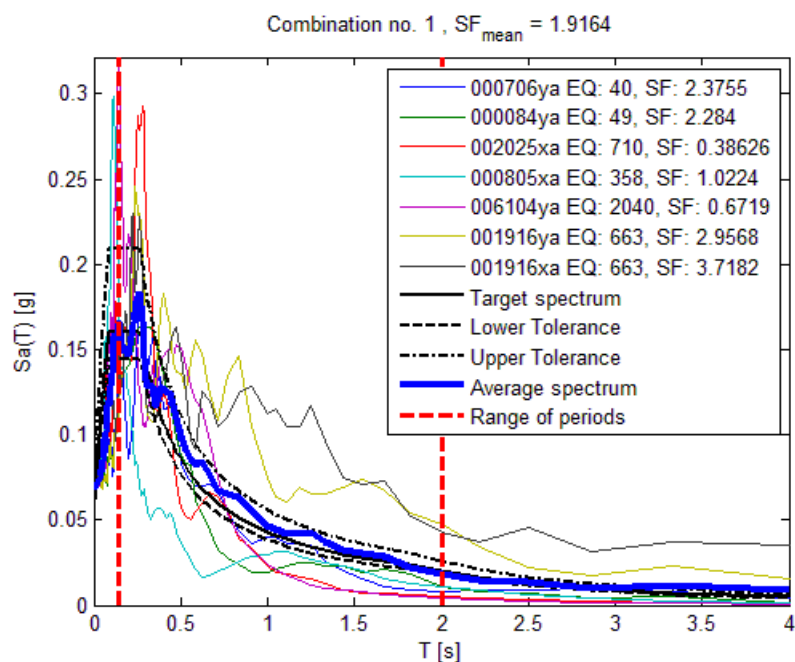


Tabella estrazione accelerogrammi allo SLO

Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]
40	ST20	Friuli (aftershock)	11/05/1976	4.9	thrust	14
49	ST20	Friuli (aftershock)	09/06/1976	4.5	thrust	14
710	ST1357	Kremidia (aftershock)	25/10/1984	5	?	16
358	ST233	Umbria Marche (aftershock)	16/10/1997	4.3	strike slip	6
2040	ST1370	Kozani (aftershock)	11/06/1995	4.8	normal	11
663	ST1328	Ierissos (foreshock)	14/06/1983	4.4	strike slip	13
663	ST1328	Ierissos (foreshock)	14/06/1983	4.4	strike slip	13

Accelerogrammi allo SLD

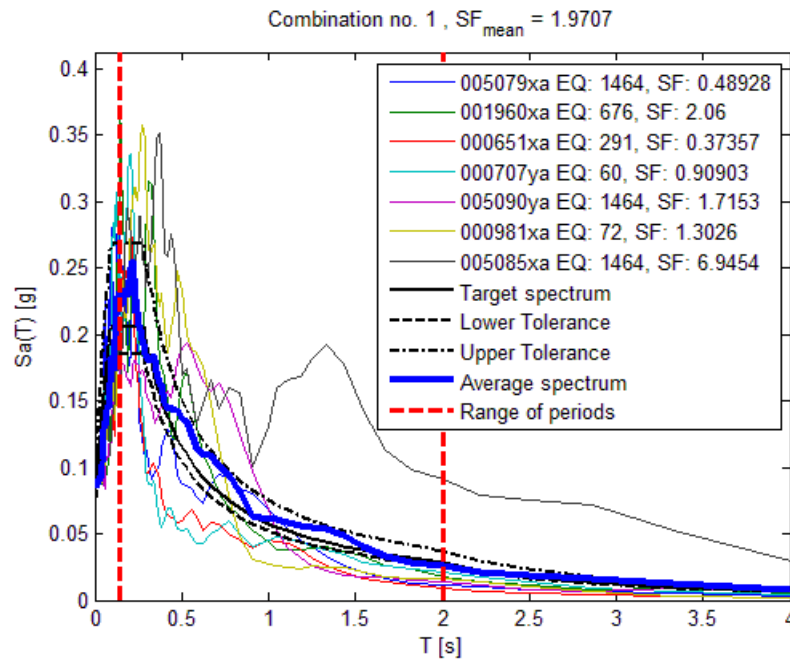


Tabella dati accelerogrammi allo SLD

Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]
1464	ST2552	Mt. Hengill Area	04/06/1998	5.4	strike slip	6
676	ST1335	Near NE coast of Rodos island	25/10/1987	5.1	?	19
291	ST236	Umbria Marche (aftershock)	06/10/1997	5.5	normal	5
60	ST26	Friuli (aftershock)	11/09/1976	5.3	thrust	8
1464	ST2495	Mt. Hengill Area	04/06/1998	5.4	strike slip	18
72	ST1043	Friuli (aftershock)	16/09/1977	5.4	thrust	11
1464	ST2497	Mt. Hengill Area	04/06/1998	5.4	strike slip	15

Accelerogrammi allo SLV

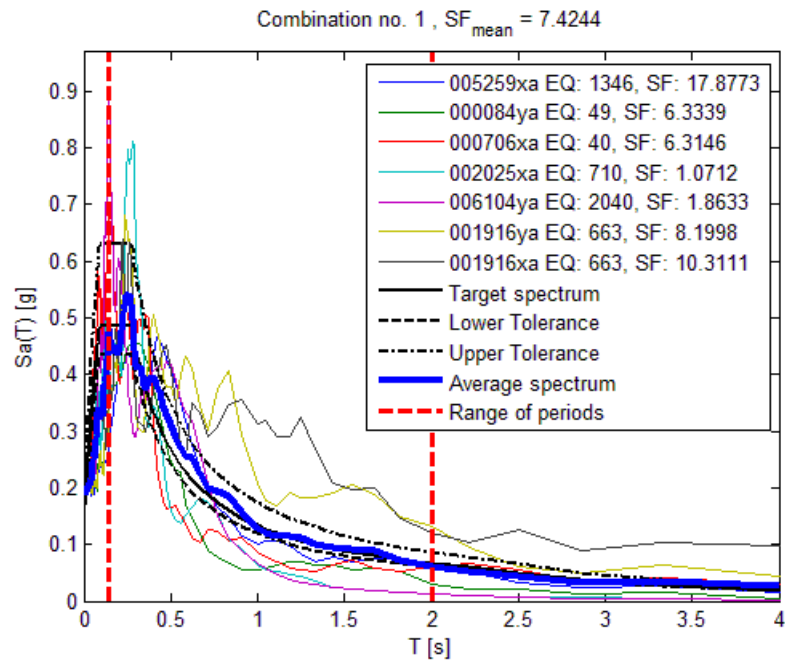


Tabella dati accelerogrammi SLV

Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]
1346	ST2493	Reykjanes Peninsula	19/03/1990	4.7	?	16
49	ST20	Friuli (aftershock)	09/06/1976	4.5	thrust	14
40	ST20	Friuli (aftershock)	11/05/1976	4.9	thrust	14
710	ST1357	Kremidia (aftershock)	25/10/1984	5	?	16
2040	ST1370	Kozani (aftershock)	11/06/1995	4.8	normal	11
663	ST1328	Ierissos (foreshock)	14/06/1983	4.4	strike slip	13
663	ST1328	Ierissos (foreshock)	14/06/1983	4.4	strike slip	13

Accelerogrammi allo SLC

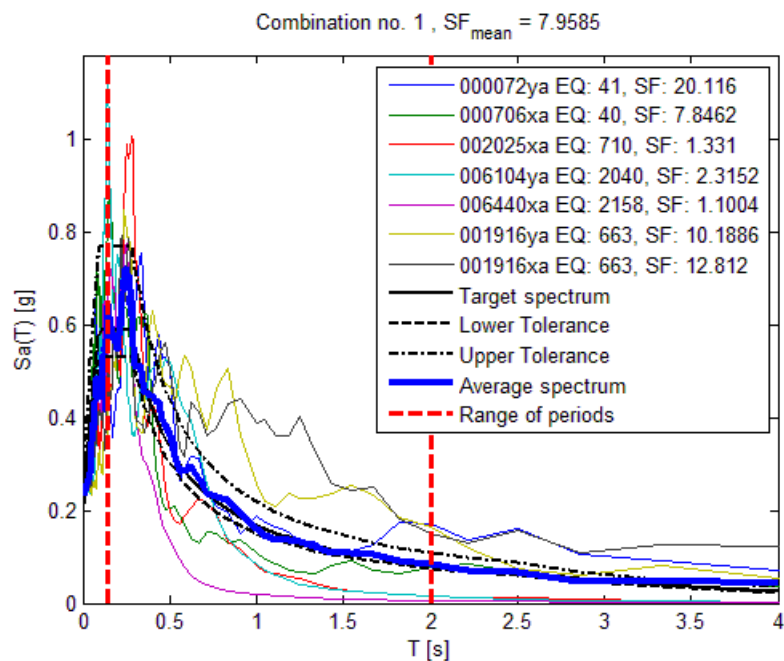


Tabella dati estrazione accelerogrammi allo SLC

Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]
41	ST20	Friuli (aftershock)	13/05/1976	4.5	thrust	20
40	ST20	Friuli (aftershock)	11/05/1976	4.9	thrust	14
710	ST1357	Kremidia (aftershock)	25/10/1984	5	?	16
2040	ST1370	Kozani (aftershock)	11/06/1995	4.8	normal	11
2158	ST3136	Izmit (aftershock)	07/11/1999	4.9	thrust	14
663	ST1328	Ierissos (foreshock)	14/06/1983	4.4	strike slip	13
663	ST1328	Ierissos (foreshock)	14/06/1983	4.4	strike slip	13

4. SCELTA DEL MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO

Il modello sismostratigrafico è stato scelto utilizzando, fino alla profondità di 30 m dal piano campagna, i valori di velocità delle onde di taglio (V_s) scaturite dall'indagine Down Hole che in genere viene ritenuta più attendibile rispetto alla MASW.

Il modello sismostratigrafico utilizzato per il calcolo degli spettri di progetto è sintetizzato nella seguente tabella riepilogativa:

Profondità (m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	Litologia
0,00÷3,00	574	349	Suolo > 1m, lava scoriacea grigia
3,00÷10,00	1123	471	Lava scoriacea grigia
10,00÷14,00	1123	603	Lava scoriacea grigia
14,00÷22,00	1451	728	Lava scoriacea grigia
22,00÷25,00	1642	728	Lava scoriacea grigia
25,00÷30,00	2049	1222	Lava scoriacea grigia

La prova sismica ha individuato un substrato rigido, così come definito dalla normativa, all'interno delle profondità investigate.

Alla profondità di 25 m è stato individuato il substrato rigido con velocità delle $V_s > 800$ m/s così come prescritto dalla normativa vigente.

Molto probabilmente a quella profondità la struttura della colata lavica risulta più compatta e meno fratturata rispetto alla porzione più superficiale.

Dal modello sismostratigrafico si ottiene il valore di V_{Seq} , calcolato a partire dal piano campagna, pari a 553 m/s che corrisponde alla categoria di sottosuolo B: “rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità con velocità comprese tra i 360 e gli 800 m/s”

5. CALCOLO DEGLI SPETTRI DI PROGETTO

Con i dati sopra esposti sono stati calcolati gli spettri di risposta del sito in esame per i diversi Stati Limite (SLO, SLD, SLV, SLC).

All'uopo è stato utilizzato il software *freeware* **STRATA** (*Albert R. Kottke & Ellen M. Rathje - University of Texas, Austin*).

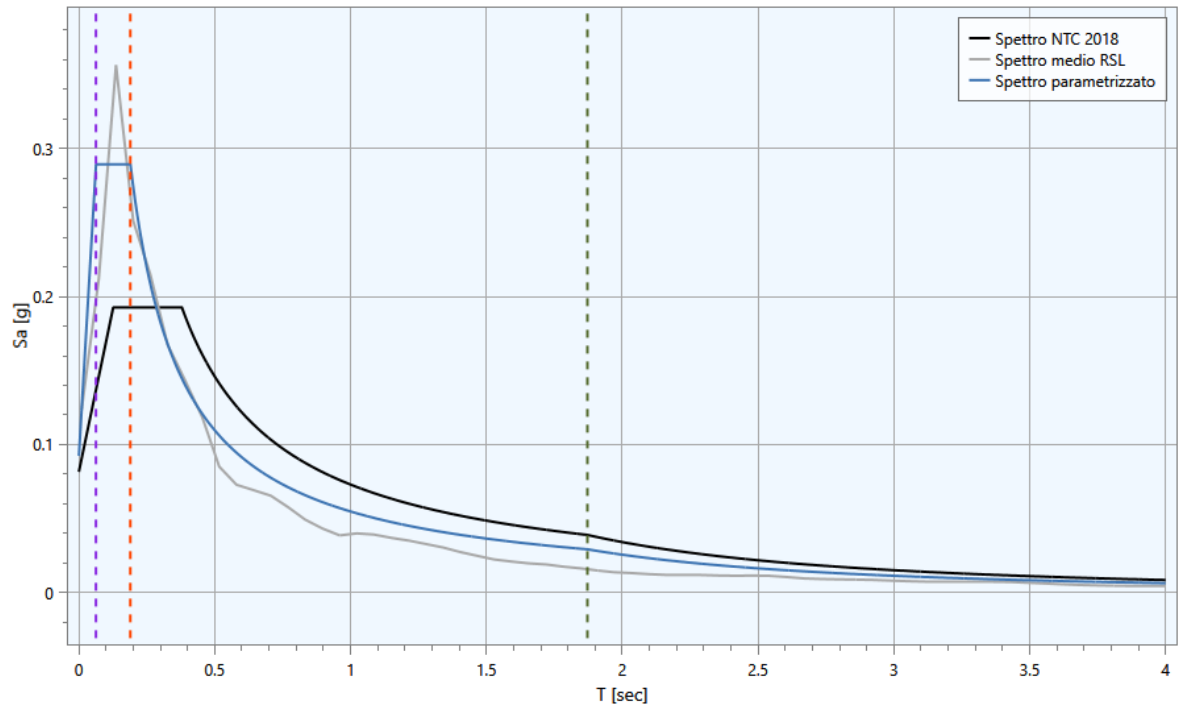
L'analisi numerica è stata condotta utilizzando il *metodo di analisi lineare equivalente* (EQL) sviluppato da Idriss & Sun, 1992 e da Schnabel et al., 1972.

Il programma calcola la risposta dinamica di sito di una colonna di suolo monodimensionale (analisi 1D) utilizzando la propagazione lineare delle onde sismiche con le deformazioni dipendenti dalle proprietà dinamiche del suolo. Inoltre considerata la relativamente modesta superficie da analizzare, la condizione della presenza di strati omogenei e piano paralleli può considerarsi sufficientemente soddisfatta.

Prima di procedere al calcolo degli spettri di risposta elastici, gli accelerogrammi importati sono stati adeguatamente scalati alla PGA di ancoraggio per i vari SL.

Per la parametrizzazione sismica utilizzata nella modellazione, relativamente al fattore di smorzamento e di deformazione, si è fatto riferimento alle curve di decadimento (G/Go e D%) fornite da Idriss (1990).

Spettro elastico di progetto SLO



Parametri indipendenti NTC_2018

$a_g = 0,068g$

$F_0 = 2,36$

$T^*c = 0,26$ s

Parametri spettro regolarizzato RSL

$F_0 = 3,13$

$S_{RSL} = 1,36$

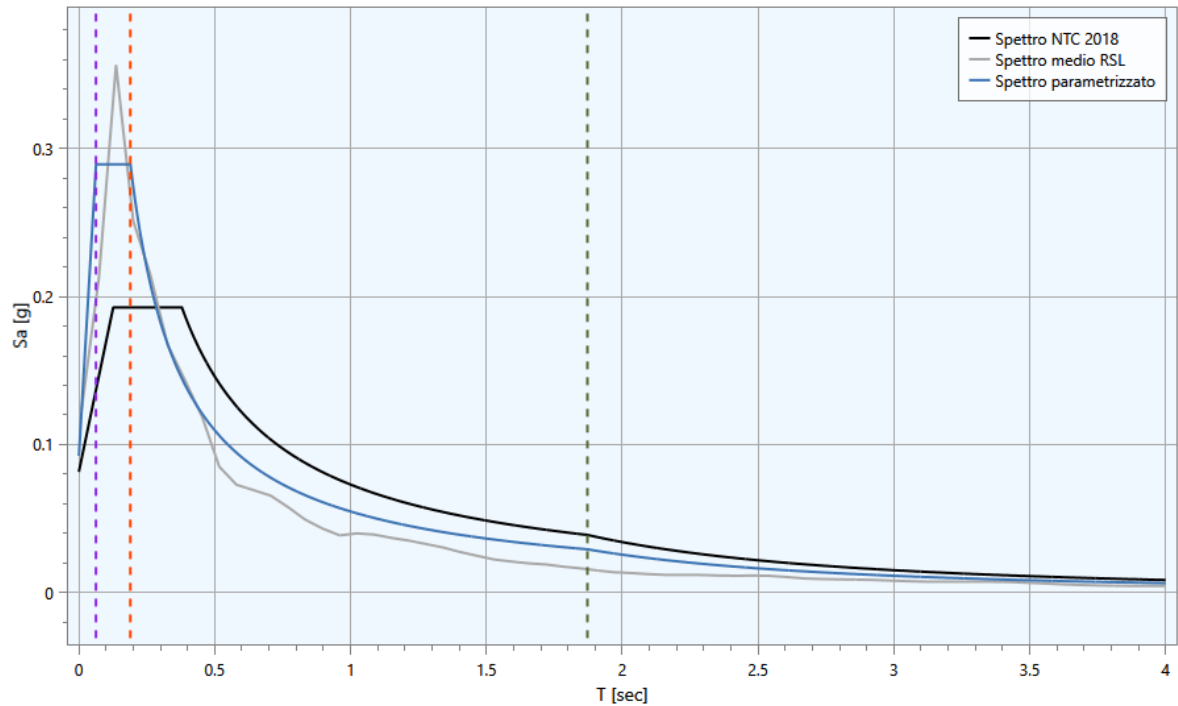
$a_{max} = 0,092$ g

$T_b = 0,06$ s

$T_c = 0,19$ s

$T_d = 1,87$ s

Spettro elastico di progetto SLD



Parametri indipendenti NTC_2018

$a_g = 0,086g$

$F_0 = 2,40$

$T^*c = 0,27$ s

Parametri spettro regolarizzato RSL

$F_0 = 3,67$

$S_{RSL} = 1,32$

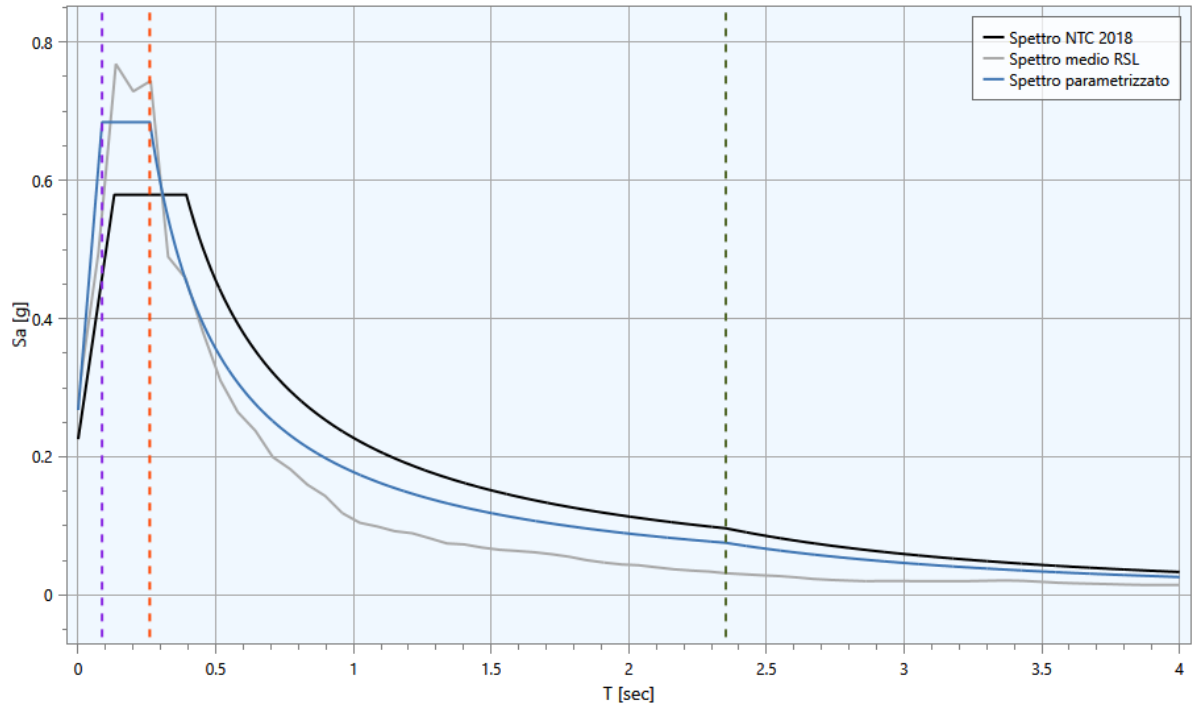
$a_{max} = 0,114g$

$T_b = 0,06$ s

$T_c = 0,19$ s

$T_d = 1,94$ s

Spettro elastico di progetto SLV



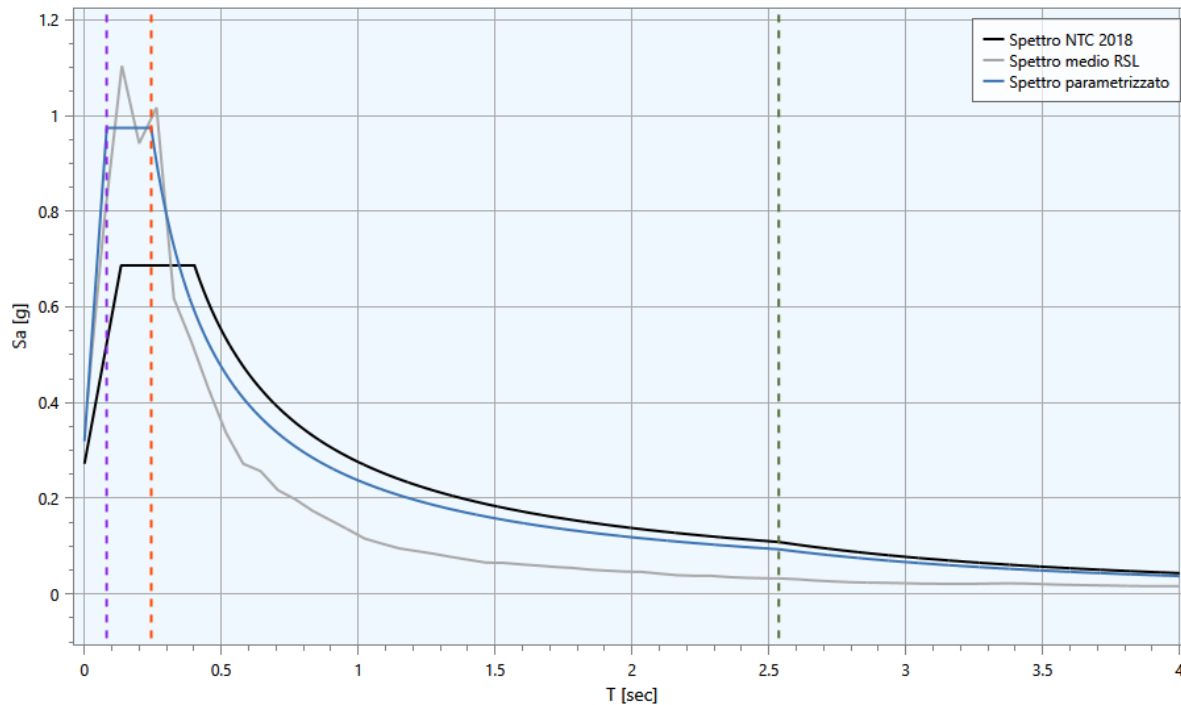
Parametri indipendenti NTC_2018

$a_g = 0,188g$
 $F_0 = 2,57$
 $T^*c = 0,280 s$

Parametri spettro regolarizzato RSL

$F_0 = 2,56$
 $S_{RSL} = 1,42$
 $a_{max} = 0,268g$
 $T_b = 0,09 s$
 $T_c = 0,26 s$
 $T_d = 2,35 s$

Spettro elastico di progetto SLC



Parametri indipendenti NTC_2018

$a_g = 0,234g$
 $F_o = 2,52$
 $T^*c = 0,289 \text{ s}$

Parametri spettro regolarizzato RSL

$F_o = 3.05$
 $S_{RSL} = 1,36$
 $a_{max} = 0,319g$
 $T_b = 0,08 \text{ s}$
 $T_c = 0,24 \text{ s}$
 $T_d = 2,54 \text{ s}$

6. NOTE CONCLUSIVE

Per aumentare il grado di accuratezza nella previsione del moto sismico atteso al sito è stata eseguita una analisi di Risposta Sismica Locale (RSL) fortemente raccomandata dalle NTC_2018 (§ 7.11.3) in quanto gli edifici in esame rientrano nella Classe d'uso III "Scuole di ogni ordine e grado".

La procedura di calcolo numerico è stata eseguita con schematizzazione geometrica monodimensionale (1D) utilizzando applicazioni molto impiegate nella pratica professionale sia per l'estrazione degli accelerogrammi spettro-compatibili (Rexel v3.5) sia per la elaborazione degli spettri elastici di progetto (STRATA).

Dall'analisi dei grafici degli spettri elastici su riportati, si evidenzia che tutte le curve di uscita della RSL per i vari stati limite esaminati, superano in accelerazione lo spettro di normativa calcolati per un sottosuolo di tipo B dedotto dalle prove DH e MASW sia per quanto riguarda il tratto ad accelerazione costante (TB-TC) , quello a velocità costante (TC-TD) e per il tratto a spostamento costante (TD).

Gli spettri di progetto, per gli stati SLU, sono stati calcolati prendendo in considerazione un “fattore di comportamento” $q=1,0$, quindi considerando una struttura perfettamente rigida.

In sede di analisi della verifica delle strutture, a discrezione del Progettista, può essere considerata la capacità dissipativa degli edifici, utilizzando quindi un “*fattore di comportamento*” q adeguato, per riportare l’azione sismica di progetto ad un livello più rispondente a quella reale.

[illegible]

Grottaferrata, giugno 2021

Geol. Maurizio Scardella

**INDAGINI E PROVE ESEGUITE SECONDO
LE DISPOSIZIONI DELL'ALLEGATO C
DEL REGOLAMENTO REGIONALE
N. 7 DEL 16/04/2021**

INDAGINE SISMICA CON TECNICA MASW

1. PROSPEZIONE SISMICA MASW

Al fine di determinare la risposta elastica locale dei terreni di fondazione che andranno ad interagire con l'opera in progetto è stata programmata e successivamente eseguita un'indagine geofisica mediante l'esecuzione di una prova sismica con tecnica di tipo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) per il calcolo del valore della velocità delle onde di taglio (V_s) nei primi 30 m di profondità.

L'acquisizione diretta delle velocità delle onde di taglio (V_s) è fortemente raccomandata dalle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018. Scopo dell'indagine è quello di acquisire il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s da cui ricavare la “velocità equivalente” ($V_{s,30}$) relativa ai primi 30 m di terreno per poter successivamente fornire una classificazione dei terreni da un punto di vista sismico come richiesto dalla O.P.C.M. 3519/2006 e dal D.M. 17/01/2018.

Allo scopo è stato utilizzato un sismografo digitale a 24 bit per prospezione sismica MAE SYSMATRACK a 24 canali. La linea sismica è stata realizzata tramite l'installazione di 12 geofoni verticali con frequenza propria di $f_0=4,5$ Hz. La produzione delle sollecitazioni sismiche è stata ottenuta per mezzo di una massa battente da 8 kg il cui “punto di scoppio” (offset) si trovava esternamente alla linea sismica ad una distanza doppia di quella intergeofonica.

Come da normativa sono state eseguite n. 2 prove sismiche i cui stendimenti sono stati posizionati perpendicolari tra loro. Per eseguire la prospezione (MASW_01) si è utilizzato una linea sismica lunga 27,5m con una distanza intergeofonica di 2,5 m ed una distanza dal punto di scoppio (off set) di 5,0 m.

A causa del limitato spazio a disposizione, la seconda prova (MASW_02) è stata eseguita utilizzando uno stendimento di 22 m con una distanza intergeofonica di 2,0 m ed una distanza dal punto di scoppio di 2,0 m.

Per l'acquisizione si è utilizzato un campionamento di 1000 cps. Nonostante la presenza di strade di transito nelle vicinanze si è potuto utilizzare un guadagno, uguale su tutti i canali, di 18 dB.

La determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali, che meglio descrive le condizioni reali è stato calcolato utilizzando dei software *open source* dedicati e molto sofisticati (GEOPSY e DINVER) sviluppati ed implementati nelle Università di Grenoble in Francia e di Potsdam in Germania.

Il posizionamento delle linee sismiche sono illustrate nella figura “Pianta ubicazione prove e sondaggi”.

2. Risultati della prospezione sismica MASW

L’analisi delle curve di dispersione sperimentale elaborate con i software dedicati, hanno fornito un profilo di velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di spessore del terreno che bene si accordano con le risultanze della prova Down Hole.

A causa della stratigrafia estremamente uniforme e costituita dalla presenza del deposito lavico leucititico potente più di 30 m, non è stato possibile discriminare sismostrati caratterizzati da diverso valore delle Vs, anche se a causa dello stato di fratturazione e fessurazione della colata lavica presente i valori delle onde di taglio non hanno mai raggiunto valori tali da costituire un substrato sismico.

Quindi le risultanze della prova sismica MASW effettuata può essere riassunta nelle seguenti tabelle riepilogative:

MASW_01

Sismostrato	Profondità sismostrato (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)
1	0,0 – 1,0	1	480
2	2,0 – 30,0	29	485

MASW_02

Sismostrato	Profondità sismostrato (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)
1	0,0 – 30,0	30	450

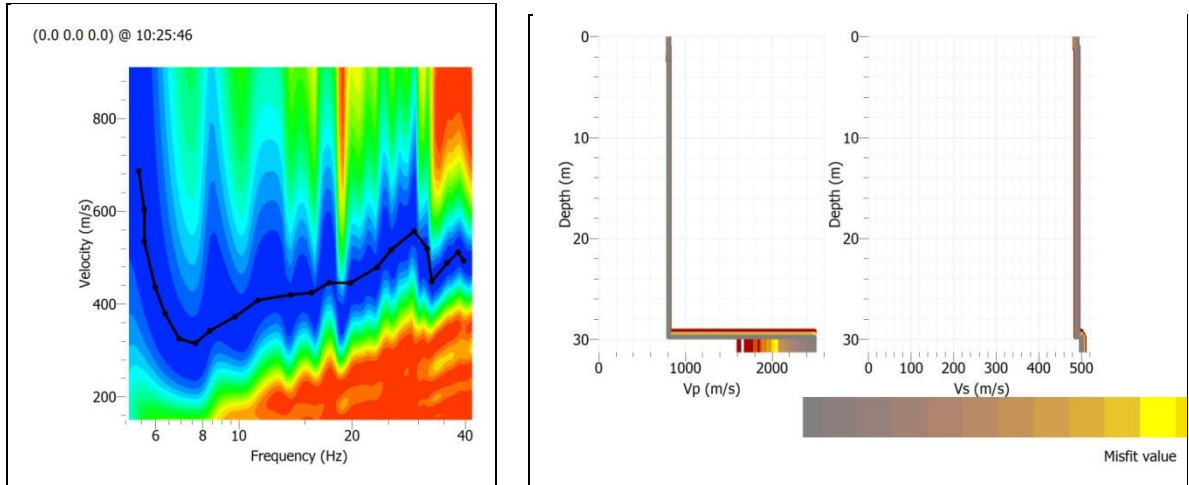


Diagramma con curva di dispersione e profilo di velocità della MASW_01

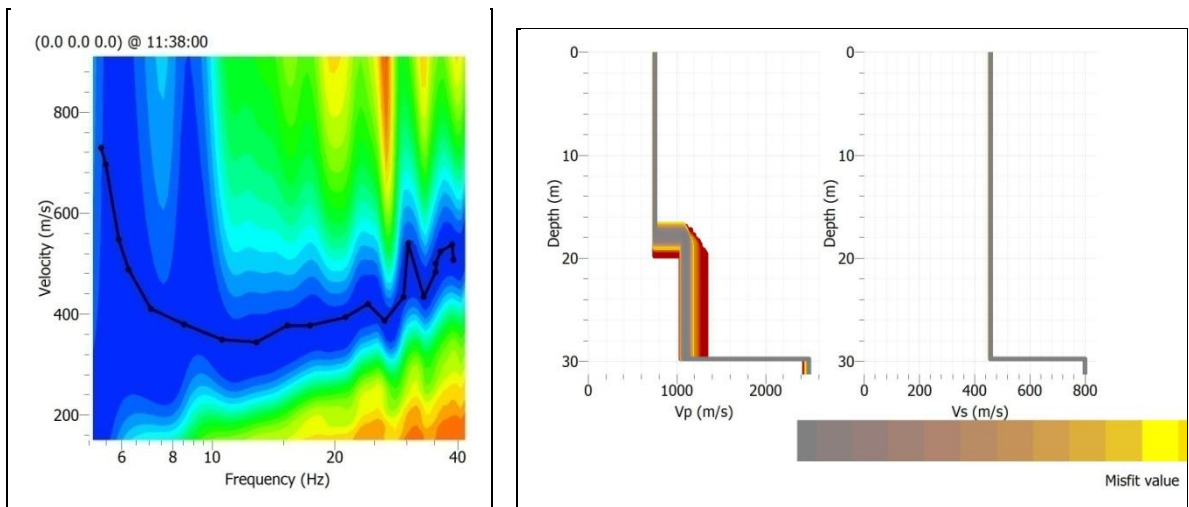


Diagramma con curva di dispersione e profilo di velocità della MASW_02

Acquisite le velocità delle onde di taglio nei vari “*sismostrati*” è stato possibile calcolare la “*velocità equivalente*” delle onde di taglio $V_{s,30}$ stabilita nella normativa, applicando la seguente formula:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n h_i / V_i}$$

dove:

h_i indica lo spessore dei sismostrati in metri;

V_i è la velocità delle onde di taglio V_s (m/s) dello strato i -esimo.

Quindi nei primi 30 metri di spessore del sottosuolo si è ricavata una “*velocità equivalente*” di

MASW_01: $V_{s,30} = 485$ m/s

MASW_02: $V_{s,30} = 450$ m/s

Pertanto in virtù del valore calcolato delle $V_{s,30}$ e dalla applicazione della tab. 3.2.II delle NTC_2018, possiamo classificare il volume di terreno presente come un “**sottosuolo di tipo B**” di cui al § 3.2.2 delle NTC_2018.

La categoria di sottosuolo “B” è così definita dalle NTC_2018:

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

PROSPEZIONE SISMICA HVSR

Come previsto dalla normativa, è stata condotta una prospezione sismica con tecnica tipo HVSR per determinare la risposta sismica dei terreni presenti *in situ* e per calcolare, se presente, la frequenza di risposta fondamentale (f_0) dello strato di terreno più superficiale.

L'acquisizione è stata eseguita in due punti distanti tra loro pochi metri e vicini all'edificio ma non troppo per evitare possibili interferenze dello stesso. I punti di acquisizioni sono mostrati sia in foto sia in pianta.

Per ogni punto di stazione sono state eseguite acquisizioni di rumore di fondo per circa 20 minuti ciascuna. Per ottenere una buona risoluzione del rumore si è acquisito con una frequenza di campionamento di 125 cps. Per esaltare il rumore naturale di fondo si è operato con un guadagno di 18 dB applicato in misura eguale su tutte le componenti facendo attenzione però a non saturare il segnale.

Per l'acquisizione delle misure, il processamento dei dati e la loro interpretazione si sono seguite le linee guida elaborate nel progetto europeo di ricerca denominato SESAME del dicembre 2004 (*"Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements, processing and Interpretation."*).

La determinazione e l'intensità della frequenza fondamentale è stata calcolata utilizzando dei software *open source* dedicati e molto sofisticati (*GEOPSY*) sviluppati ed implementati nelle Università di Grenoble in Francia e di Potsdam in Germania.

L'analisi delle frequenze è stata condotta prendendo in considerazione solo quelle di interesse ingegneristico quindi con una finestra di frequenze che va da 0,5 Hz a circa 15/20 Hz.

In entrambe le stazioni è stato misurato un picco di impedenza a basse frequenze molto simile tra loro di 3,75Hz e 3,5Hz rispettivamente con ampiezze modeste di $A=1,2$ e $A=1,4$.

Il picco a bassa frequenza ci fornisce indicazioni che l'eventuale rifrattore si trova a profondità maggiore di 30m dal piano campagna, mentre l'ampiezza modesta ci dice che la differenza di velocità delle onde di taglio che determina l'impedenza sismica non è pronunciata.

Difatti anche le risultanze della prova DH fornisce indicazioni per un aumento di velocità delle Vs progressivo e mai pronunciato, per lo meno fino alla profondità di 25m.

Strumentazione utilizzata

L'indagine è stata condotta utilizzando un sismografo digitale MAE Sysmatrack a 24 bit accoppiato ad un sensore a terna 3D Geospace S3S2 con frequenza propria $f_0 = 2,0$ Hz.

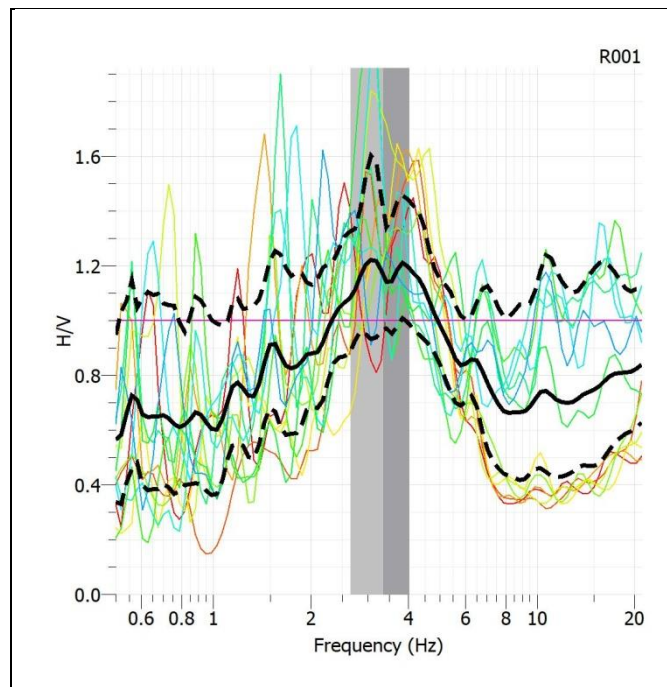
CARATTERISTICHE TECNICHE DEL SISMOGRAFO SYSMATRACK

- Risoluzione: 24 bit
- Numero canali: da 12 a 24
- Campioni per canale: 20.000
- Campionamento: da 80 a 13.500 c/s
- Analisi del rumore ambientale pre-acquisizione
- Test geofoni automatico
- Funzioni Trigger e Pre-Trigger
- Filtri settabili da software
- Alimentazione: power box esterno 12V
- Valigia in copolimeri di polypropylene
- Temperatura di funzionamento da 0 a 60°C
- Interfaccia USB su pannello interno
- Connettore per cavo sismico 1-12
- Connettore per cavo sismico 13-24
- Dimensioni: 30 x 22,5 x 13,2 cm.
- 24 bit, tecnologia sigma-delta
- Range dinamico: 144 dB (teorico)
- Distorsione massima: +/-0.0010%
- Banda passante: 2Hz-30KHz
- Common mode rejection: 110 dB a 60 Hz
- Diafonia: -120dB a 20 Hz
- Soglia di rumore dell'amplificatore programmabile: 27nV
- Precisione del trigger: 1/30 del tempo di campionatura
- Range massimo segnale in ingresso: +/-5V
- Impedenza di ingresso a 1000 campioni /secondo: 20Mohm
- Livelli di amplificazione: 0 dB, 6 dB, 12 dB, 18 dB, 24 dB, 30 dB, 36 dB impostabili singolarmente per ogni canale o per gruppi di canali liberamente organizzabili
- Filtro anti-alias: -3dB,80% della frequenza di Nyquist,-80dB
- Tempo pre-trigger: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 50, 100, 200, 300, 400, 500ms
- Intervalli di campionamento: 1/15, 1/7.5, 1/3.75, 0.5, 1.0, 2.0, 10.0, 20.0 ms

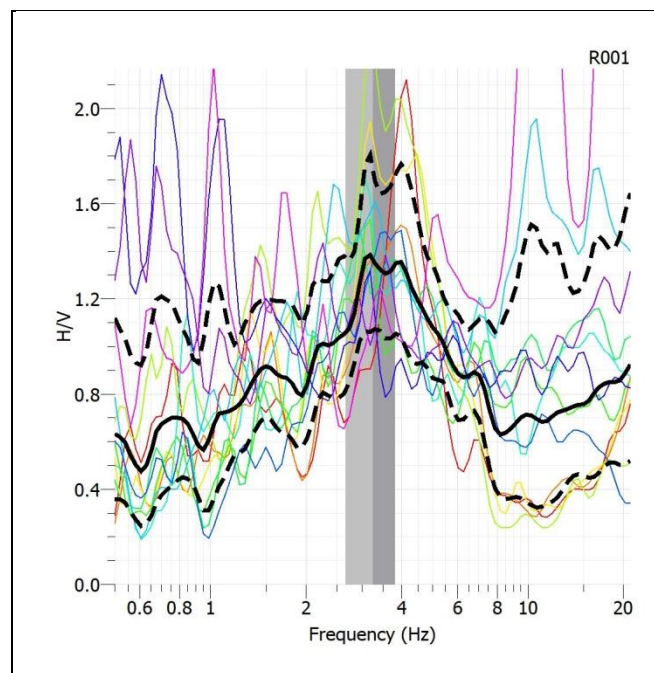
- Numero di campioni per evento: impostabile da 1024 a 43520 con incrementi di 512
- Ritardo: non disponibile
- Interfacce disponibili: USB (richiede un PC di controllo)
- Canali: configurazioni da 12, 24. Possibilità di utilizzare da 1 al numero massimo di canali installati per ogni acquisizione.
- Test della strumentazione: solo in laboratorio.
- Auto-calibrazione interna dei convertitori prima di ogni acquisizione.
- Filtri digitali: selezionati automaticamente in base alla frequenza di campionatura
- Test geofoni: verifica automatica per individuare interruzioni dei cavi oppure geofoni rotti o in corto. Visualizzazione in tempo reale dei segnali provenienti dai geofoni
- Archiviazione dati: nelle memorie di massa del PC di controllo
- Trigger: positivo, negativo (opzionale a chiusura di contatto) con soglia regolabile da software
- Formato dei dati: SEG-2 standard (32-bit long integer) o ASCII
- Alimentazione: 12V DC, fornita da apposito power box ricaricabile. Assorbimento medio: 250mA
- Condizioni ambientali: -20/80 °C

S3SA sensore 3D da superficie

- Sensori accelerometrici sensibilità 1.2 V/g
- Frequenza dalla dc a 1500 Hz
- Dinamica 120 dB (a 100 hz)
- Componente verticale n.1 / orizzontale n.2
- Sfasamento delle componenti orizzontali 90°
- Contenitore in alluminio
- Bolla e piedini per la regolazione orizzontale
- Dimensioni: L15xP15xH15 cm



Misura della frequenza fondamentale di vibrazione HVSr_01 con picco a $f_0 = 3,75$ Hz e ampiezza $A=1,2$.



Misura della frequenza fondamentale di vibrazione HVSr_02 con picco a $f_0 = 3,5$ Hz ampiezza $A=1,4$.

DESCRIZIONE E RISULTATI DELL'INDAGINE GEOGNOSTICA

Al fine di determinare la successione stratigrafica dei terreni costituenti l'area d'interesse e per determinare le caratteristiche geomeccaniche dei litotipi presenti, è stata predisposta e successivamente eseguita una campagna geognostica così articolata:

- a) Esecuzione di n. 1 sondaggio meccanico a carotaggio continuo, per una profondità d'investigazione spinta fino a 30,00 m dal p.c., effettuata mediante l'impiego di una sonda cingolata a rotazione SE 600 L “MIKI” di 300 kgm di coppia, provvista di sistema di perforazione a rotazione con carotaggio continuo di tipo “aste e carotiere”;
- b) Prelievo di n. 1 campione indisturbato successivamente assoggettato a prove geotecniche di laboratorio, le cui certificazioni sono allegate alla presente.
- c) Condizionamento del foro di sondaggio con tubo in PVC di 80mm di diametro, successivamente cementato nell'intercapedine con boiaccia cementizia e bentonite per permettere l'esecuzione della prova sismica Down Hole;
- d) Fornitura di n. 6 cassette catalogatrici in plastica con appositi scomparti divisori, atte alla conservazione del carotaggio (5m cadauna), dove sono riportate le profondità raggiunte dal piano campagna per ogni sondaggio.

La profondità massima raggiunta dalla perforazione è stata indirizzata all'investigazione di un volume di terreno sufficientemente ampio tale da esaurire l'eventuale influenza dei carichi della struttura e di quelli accidentali (“Volume significativo”) e di rimando per la esecuzione di prova sismica in foro Down Hole come prescritto dal Regolamento Regionale vigente.

Tutte le campionature ricavate, raccolte nelle apposite cassette catalogatrici, resteranno in cantiere a disposizione della Direzione Lavori.

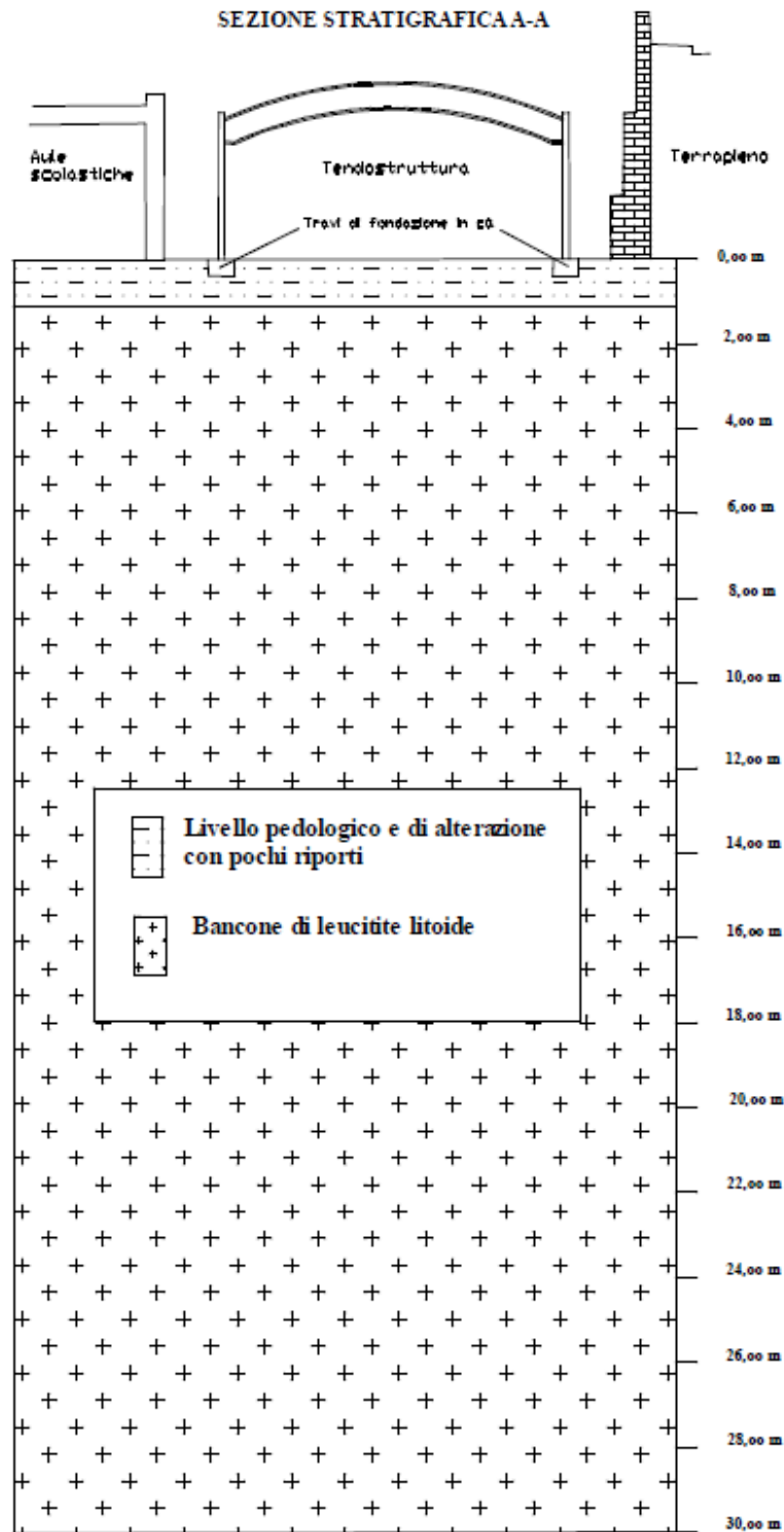
Per quanto concerne tutte le informazioni inerenti ai tipi litologici attraversati, alle profondità di esecuzione delle prove in sito, al livello statico della falda, alla quota di prelievo dei campioni indisturbati, si rimanda alle singole colonne stratigrafiche che si riferiscono a ciascuna perforazione eseguita e riportate in calce.

A causa della natura litoide delle litologie presenti non si sono potute eseguire prove SPT.

STRATIGRAFIA - 1

SCALA 1 : 125 Pagina 1/1

Riferimento: Cantiere Scuola materna Elsa Morante										Sondaggio: 1			
Località: Via Niccolò Tommaseo, 25 - Marino										Quota: 160 m slm			
Impresa esecutrice: Tecnogeo Gorup										Data: 27.05.2021			
Coordinate:										Redattore: Geol. Maurizio Scardella			
Perforazione: Carotaggio continuo. Metodo aste e carotiere.													
#	R	A	Pz	metri	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. %	SPT	RQD %	prof. m	DESCRIZIONE
mm	%	%	%	lat.					0 — 100	S.P.T.	0 — 100		
				1								0,6	Livello pedologico di alterazione superfiale (terreno vegetale) con pochi riporti, di colore marrone e a granulometria prettamente limosa.
				2		1) Ind. < 1,00 2,00						1,0	Livellotto di graniglia leucitica derivante dalla roccia madre sottostante.
				3									Potente banco di roccia leucitica, colata lavica proveniente dall'apparato delle Faete.
				4									Il banco roccioso è presente fino a fondo foro.
				5									Si presenta con stato di fratturazione variabile con la profondità.
				6									Nei primi metri di profondità è stato possibile eseguire una misura del RQD che ha fornito un valore di 46%.
				7									Poi presenta alternanza di livelli a diverso grado di fratturazione in cui il campionamento ha presentato non poche difficoltà.
				8									
				9									
				10									
				11									
				12									
				13									
				14									
				15									
				16									
				17									
				18									
				19									
				20									
				21									
				22									
				23									
				24									
				25									
				26									
				27									
				28									
				29									
101				30								30,0	



DESCRIZIONE E RISULTATI DELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA DPSH
--

In ottemperanza al Regolamento regionale n. 7/2021, considerando il Livello di rischio geologico MEDIO sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche dinamiche continue pesanti tipo DPSH utilizzando un'attrezzatura le cui caratteristiche risultano essere conformi a quanto indicato nella Procedura di Riferimento ISSMFE 1988 Allegato n. 2 e a quella tedesca DIN 4094.

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

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate, data la loro semplicità, 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.

Le prove penetrometriche DPSH sono state eseguite con penetrometro dinamico montato su sonda cingolata Deep Drill SP200-SM da 20 t di spinta.

Caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata

Rif. Norme DIN 4094
Peso Massa battente 73 Kg
Altezza di caduta libera 0.75 m
Peso sistema di battuta 30 Kg
Diametro punta conica 50.46 mm
Area di base punta 20 cm²
Lunghezza delle aste 0.9 m
Peso aste a metro 5 Kg/m
Profondità giunzione prima asta 0.80 m
Avanzamento punta 0.30 m
Numero colpi per punta N(30)
Coeff. Correlazione 1.199
Rivestimento/fanghi No
Angolo di apertura punta 60 °

Risultati delle prove DPSH

L'analisi penetrometrica ha raggiunto una profondità massima dal p.c. assai modesta in entrambe le prove così come evidenziato nei diagrammi allegati.

Difatti nella prova DPSH_01 la punta si è praticamente attestata alla profondità di 0,90m. Stessa situazione nella prova DPSH_02 in cui alla profondità di appena 0,90m dal p.c. vi è praticamente stato il rifiuto all'avanzamento della punta.

Come si può verificare tramite la stratigrafia ricostruita con i sondaggi geognostici, lo strato attraversato dalla punta del penetrometro riguarda l'orizzonte di riporto ed alterazione più superficiale.

La presente prova è stata utile per verificare e confermare le risultanze del sondaggio geognostico che ha messo in evidenza la presenza di uno spesso deposito di roccia leucitica che parte da circa 1,00m di profondità ed arriva fino ad oltre i 30m.

La presenza, quindi, del bancone roccioso è riscontrata tramite la prova DPSH anche in senso areale e quindi si conferma la sua presenza a debole profondità anche in tutta la superficie o area d'intervento.

Di seguito si riportano i diagrammi delle prove penetrometriche eseguite:

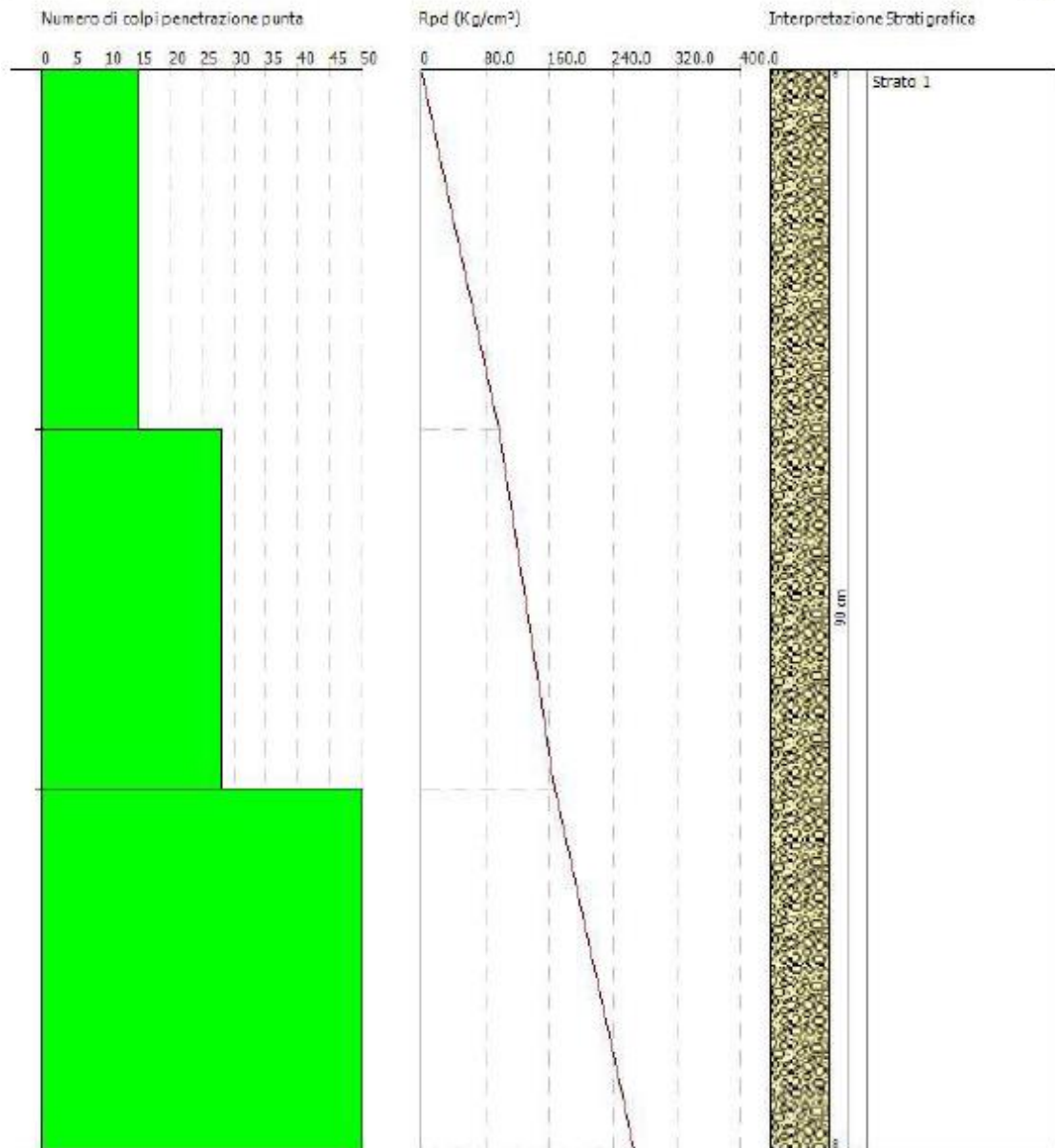


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 1
Strumento utilizzato: Deep Drill SP200-SM

Certificato Nr. 84 del 2021
Codice commessa nr. 00975

Committente: Geol. Maurizio Scardella
Descrizione: Scuola "Elsa Morante"
Località: Santa Maria delle Mole - Marino (RM)

Scala 1:5



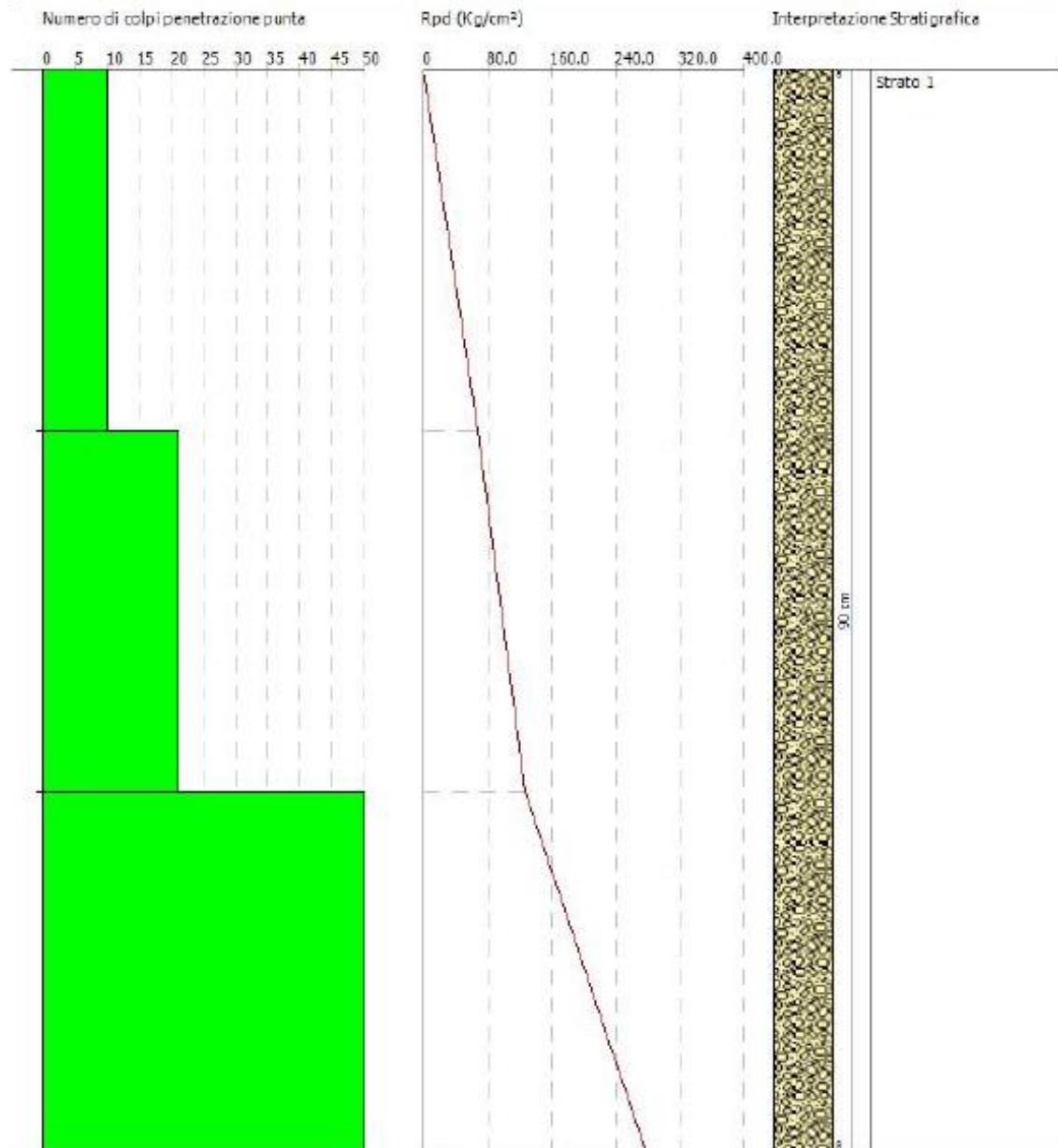


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPH 2
Strumento utilizzato: Deep Drill SP200-SM

Certificato Nr. 64 del 2021
Codice commessa nr. 00975

Committente: Geol. Maurizio Scardella
Descrizione: Scuola "Elsa Morante"
Località: Santa Maria delle Mole - Marino (RM)

Scala 1:5



DESCRIZIONE E RISULTATI DELLA PROVA PENETROMETRICA SISMICA DOWN HOLE

La prova down-hole è stata eseguita nel sondaggio geognostico nel cavo del quale, a conclusione della perforazione, è stato installato un tubo PVC di diametro 90 mm, in spezzoni di 3 metri giuntati, per tutta la lunghezza e, poi, è stata iniettata nell'intercapedine tra il tubo e il foro una miscela cementizia (acqua-cemento-bentonite) che ha reso solidale il terreno al tubo nel giro di una/due settimane.

La cementazione dell'intercapedine ha reso possibile il passaggio delle onde sismiche di volume (onde P ed S), generate da una sorgente sismica posta al piano campagna, che attraversando il sottosuolo raggiungono il tubo nel quale è posto un sensore sismico che rileva la perturbazione e la trasmette ad uno strumento, il sismografo, che la registra sottoforma di sismogramma..

Strumentazione utilizzata

Sismografo digitale “ABEM Instrument AB”, modello Terraloc MK8 (matricola n.4091971) a 24 canali dotato di Geofono da foro “AMBROGEO” (www.ambrogeo.com) composto da:

- *n. 2 geofoni tridimensionali intervallati un metro e solidali tramite supporto rigido in teflon;*
- *ancoraggio dei geofoni al foro con sistema pneumatico;*
- *cavo geofonico di 100 metri;*
- *sistema di orientamento dei geofoni orizzontali di tipo meccanico mediante aste quadre in alluminio.*

La possibilità di allineare i geofoni orizzontali con la direzione di propagazione delle onde di taglio permette di riconoscere l'onda S.

Invertendo il verso di vibrazione, attraverso l'esecuzione di energizzazioni trasversali alla direzione di propagazione dell'onda ed opposte, si ottiene un'onda S con fase positiva in un caso e negativa nell'altro. Questo permette di distinguerla dall'onda P in quanto questa normalmente non si polarizza.

L'impulso sismico è generato dalla percussione ad opera di una massa battente di 6 kg su di una piastra in alluminio che attiva la registrazione del sismografo mediante la chiusura di contatto di un semplice circuito elettrico che collega la piastra di battuta e la massa battente.

Modalità operative

La fase di acquisizione consiste nel registrare l'arrivo delle onde elastiche che si propagano nel terreno, opportunamente generate attraverso una massa battente. Le onde longitudinali (P) sono ottenute con un colpo verticale della massa battente sulla piastra di alluminio, ubicata a distanza fissa dal foro. Le onde trasversali (S) sono generate da un colpo orizzontale su di una trave solidale col terreno. L'operazione viene ripetuta su entrambi i lati della trave per riconoscere, sul sismogramma l'inversione di fase delle onde trasversali (picco positivo - picco negativo).

La prova down-hole in esame è stata eseguita effettuando misure ogni metro, a partire da un metro di profondità, e fino a fondo foro (30 m).

L'allineamento dei geofoni alla medesima direzione della trave di energizzazione è stato garantito attraverso l'uso di aste quadre rigide collegate ai geofoni.

L'intervallo di campionamento utilizzato (sample interval) è stato di 0,050 s per le onde P e 0,100 s per le onde S. Per migliorare il rapporto segnale rumore è stata utilizzata, nella fase di acquisizione, la modalità (stacking), che consiste nella possibilità di migliorare il rapporto segnale/rumore del sismogramma di una misura con la sommatoria di più energizzazioni.

I sismogrammi acquisiti e registrati su hard disk sono stati successivamente analizzati per l'acquisizione dei tempi di arrivo delle onde longitudinali (P) e trasversali (S).

I tempi dell'onda P e S sono stati "normalizzati" rispetto alla verticale del foro tramite semplici calcoli trigonometrici che tengono conto della distanza del punto di energizzazione rispetto alla quota del geofono nel foro di sondaggio.

I valori di peso specifico dei terreni, utilizzati per il calcolo dei moduli elastici, sono stati stimati sulla base della stratigrafia comunicata dalla committenza.

Risultati

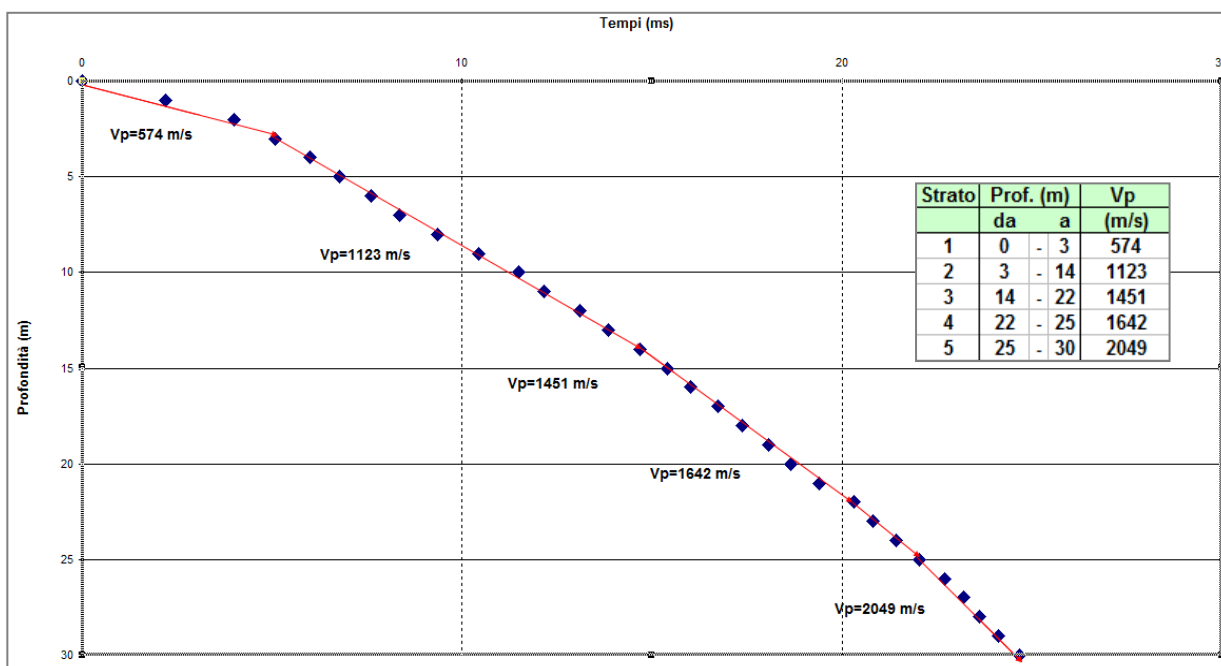
Dall’elaborazione dei dati è stato ottenuto il profilo delle velocità delle onde P ed S, da cui si sono evidenziati dei tratti con velocità omogenee che hanno permesso di definire la sismostratigrafia del sito in termini di V_p e V_s . Il modello ottenuto è sintetizzato nella seguente tabella:

Profondità (m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	Litologia
0,00÷3,00	574	349	Suolo > 1m, lava scoriacea grigia
3,00÷10,00	1123	471	Lava scoriacea grigia
10,00÷14,00	1123	603	Lava scoriacea grigia
14,00÷22,00	1451	728	Lava scoriacea grigia
22,00÷25,00	1642	728	Lava scoriacea grigia
25,00÷30,00	2049	1222	Lava scoriacea grigia

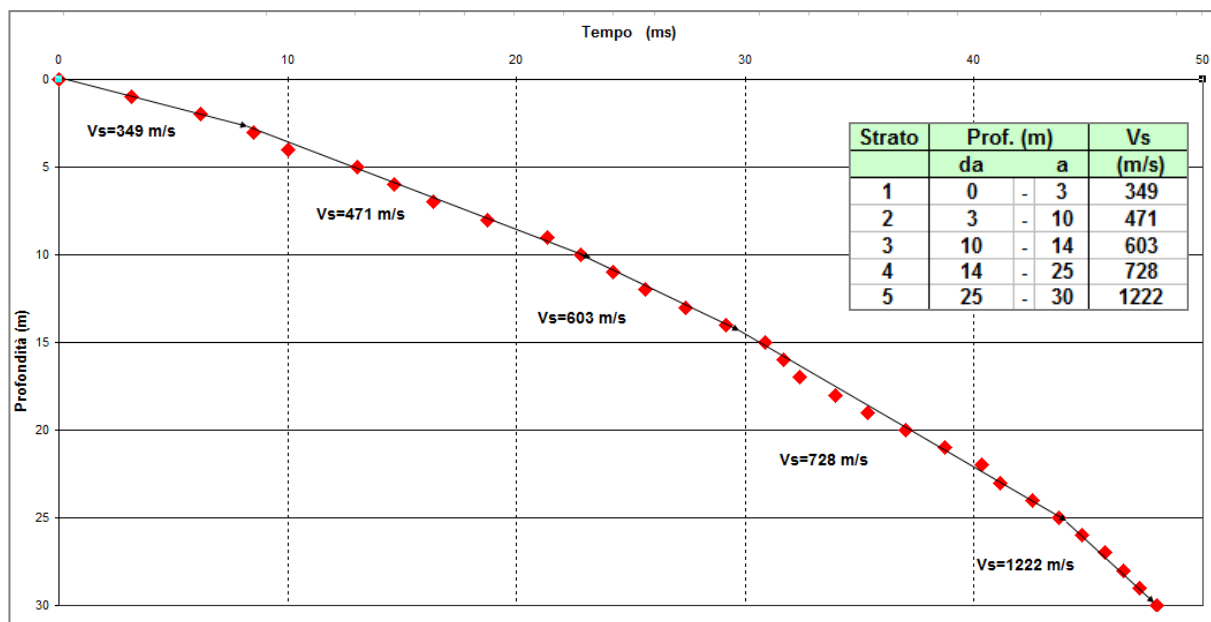
Il deposito lavico mostra un graduale aumento dei parametri elasto-meccanici, tuttavia il comportamento da bed-rock sismico ($V_s = 800$ m/s) si osserva dai 25 metri di profondità, il che pone il materiale rispetto alla propagazione delle onde di taglio nel campo delle rocce tenere.

Dal modello sismostratigrafico si ottiene il valore di V_{seq} , calcolato a partire dal piano campagna, pari a 553 m/s che corrisponde alla categoria di sottosuolo B: “rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità con velocità comprese tra i 360 e gli 800 m/s”

Dromocrone onde P



Dromocrone onde S



Profilo di velocità delle Vp e Vs

