

REGIONE PIEMONTE

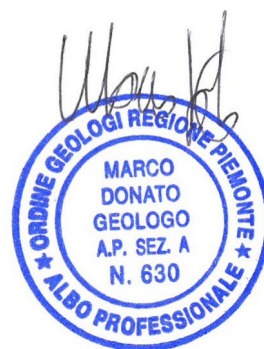
CITTA' METROPOLITANA DI TORINO

COMUNE DI BARONE CANAVESE

LAVORI DI MIGLIORAMENTO SISMICO
DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA

RELAZIONE GEOLOGICA

Comune di Barone Canavese
committente



Geol. Marco Donato
Il Tecnico

Giugno 2019
data

Marco Donato - Geologo
📍 Via Santa Maria 19 - 10090 Romano Canavese (TO)
☎ 3492171428
✉ marco_dun@yahoo.it

cod.14m/19

REGIONE PIEMONTE

CITTA' METROPOLITANA DI TORINO

COMUNE DI BARONE CANAVESE

LAVORI DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA

RELAZIONE GEOLOGICA

Indice

| | |
|---|----|
| Premessa..... | 2 |
| 1. LE DOCUMENTAZIONI DI INQUADRAMENTO..... | 3 |
| 1.1 La localizzazione geografica..... | 3 |
| 1.2 Il quadro geologico..... | 4 |
| 1.3 Gli allegati geologici alla Revisione Generale del PRGC..... | 5 |
| 2. L'INDAGINE DI DETTAGLIO..... | 6 |
| 2.1 L'assetto geologico-geomorfologico e dissestivo locale..... | 6 |
| 2.2 L'indagine geognostica..... | 9 |
| 2.3 Il modello geologico..... | 12 |
| 2.4 Il modello geotecnico..... | 14 |
| 2.5 L'indagine sismica..... | 17 |
| 2.6 Il modello sismico del sito..... | 24 |
| 2.6 L'intervento in progetto e le valutazioni preliminari di supporto alla scelta ed al dimensionamento delle opere fondazionali..... | 26 |
| 3. SINTESI DELL'INDAGINE E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE..... | 30 |

Premessa

Questa relazione geologica è stata redatta con lo scopo di verificare la fattibilità e la compatibilità del progetto di miglioramento sismico del fabbricato che ospita la Scuola dell'Infanzia di Barone Canavese con la situazione geologica, geomorfologica e geotecnica locale.

La relazione ottempera alle prescrizioni contenute nelle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018 ed alla Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti n. 7 del 21 gennaio 2019 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" ed è strutturata in tre parti:

- nella **prima** sono analizzate le **documentazioni d'inquadramento** che si riferiscono a:
 - la localizzazione geografica,
 - il quadro geologico,
 - gli allegati geologici alla Revisione Generale del PRGC;
- nella **seconda** parte della relazione, dedicata all'**indagine di dettaglio**, vengono definiti e descritti:
 - l'assetto geologico-geomorfologico e dissestivo locale,
 - l'indagine geognostica,
 - il modello geologico,
 - il modello geotecnico,
 - l'indagine sismica,
 - il modello sismico del sito,
 - l'intervento in progetto;
- il **terzo** capitolo è infine dedicato alla **sintesi dell'indagine** ed alle **considerazioni conclusive**.

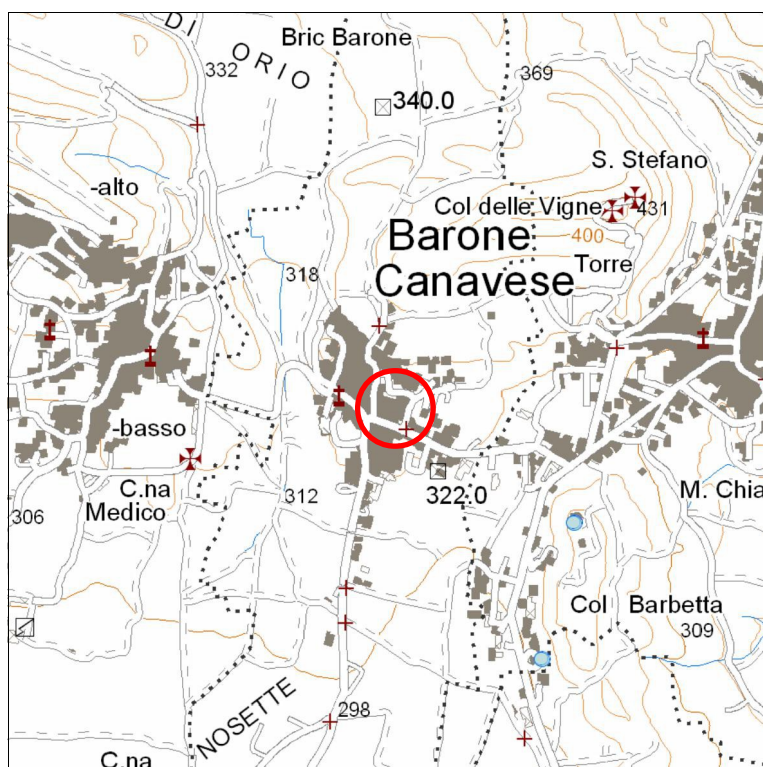
1. LE DOCUMENTAZIONI DI INQUADRAMENTO

1.1 La localizzazione geografica

Il fabbricato in esame è posto nel settore centrale del concentrico di Barone Canavese ad una quota di circa 328 m s.l.m.

Il cerchio rosso riportato sullo stralcio cartografico in scala 1:25.000, tratto dalla cartografia di base fornita dall'Arpa Piemonte, individua l'areale oggetto di indagine.

L'accessibilità all'area è garantita dalla rete viaria esistente ed in particolare da via Candia.



Localizzazione geografica
scala 1:25000

1.2 Il quadro geologico

Il territorio comunale di Barone Canavese si sviluppa ai piedi del versante meridionale del cordone laterale destro dell'Anfiteatro Morenico di Ivrea; come evidenzia lo stralcio cartografico tratto dal Foglio n°56 "Torino" della Carta Geologica d'Italia (edito alla scala 1:100.000) in questa zona affiorano unicamente depositi quaternari di origine glaciale e fluvioglaciale così distinti:

m^R: potenti carchie moreniche, più o meno cementate, con lembi di testimoni di paleosuolo arancio-rossastro; predominanza di ghiaie e sabbie; più raramente si hanno depositi argillosi (fase di ritiro) (RISS);

fg^{R2-R1}: depositi ghiaioso-sabbiosi con paleosuolo rosso-arancio, per lo più terrazzati, corrispondenti al livello fondamentale dell'alta pianura, raccordatisi con le cerchie moreniche rissiane (FLUVIOGLACIALE E FLUVIALE RISS).

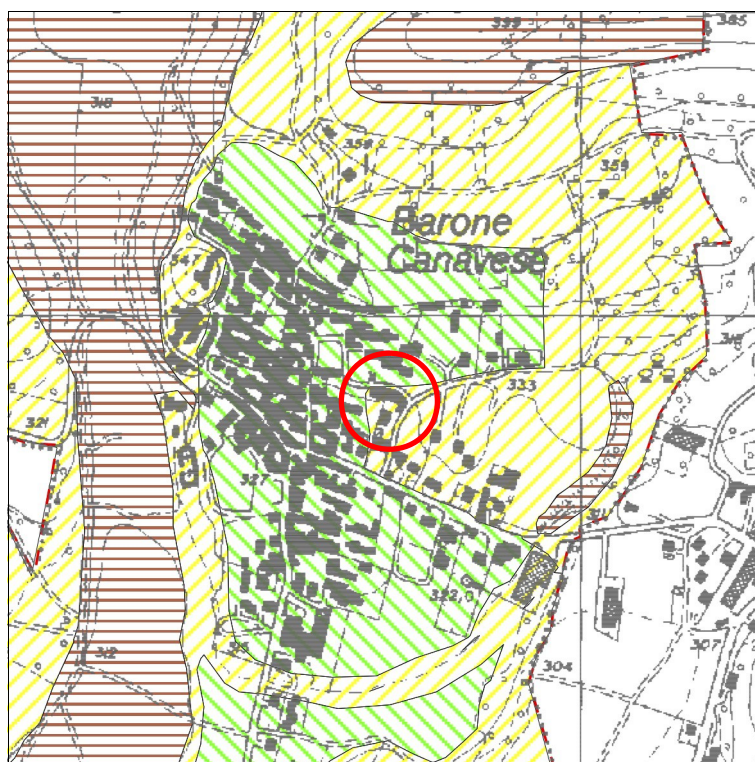


Inquadramento geologico
scala 1:50000

Il cerchio rosso individua l'area di intervento che è localizzata in un settore di transizione tra i depositi glaciali e fluvioglaciali rissiani.

1.3 Gli allegati geologici alla Revisione Generale del PRGC

Per un'analisi completa delle documentazioni bibliografiche riferite all'area di intervento si è presa visione degli elaborati geologici redatti a supporto della Revisione Generale del PRGC con particolare attenzione alla Carta di sintesi della pericolosità geomorfologia, Redatta dal Geol. Dellarole.



Carta di sintesi
scala 1:10000

Sulla base delle indagini eseguite il fabbricato oggetto di intervento è stato inserito in **classe II di pericolosità geomorfologica** che comprende:



CLASSE II: Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere superate o minimizzate a livello di norme di attuazione ispirate al D.M. 11/3/88 e realizzabili a livello di progetto esecutivo, comprendenti:

- aree a moderata acclività di raccordo con la pianura;
- scarpate minori;
- settori morfologicamente depressi;
- settori adiacenti al reticolo idrografico minore artificiale;
- settori con falda freatica prossima al piano campagna;
- settori adiacenti alla fascia di rispetto del Canale Demaniale di Caluso;
- settori subpianeggianti con difficoltà di drenaggio;
- settori di territorio con scadenti caratteri meccanici delle coltri di copertura o dei terreni superficiali;

Il fabbricato oggetto di intervento è posto in un tratto di versante caratterizzato da un ridotta pendenza verso sud che non risulta interessato da fenomenologie morfogenetico-dissestive.

I depositi fluvioglaciali che affiorano lungo i terrazzi sopra descritti sono per lo più costituiti da ghiaie e/o ghiaie-sabbiose e nella zona in esame sono in genere ricoperti da un orizzonte di natura sabbioso-limosa di potenza variabile che può raggiungere anche i quattro metri.

I materiali fluvioglaciali costituiscono l'acquifero superficiale che in questo settore raggiunge uno spessore prossimo al centinaio di metri¹. Secondo le informazioni fornite dalla relazione geologica redatta a supporto della revisione al PRGC nel settore del concentrico di Barone l'acquifero ospita una falda più superficiale caratterizzata da una soggiacenza compresa tra tre e cinque metri ed una più profonda che si attesta ad una profondità di circa venti metri da p.c.; a questo proposito si segnala come nel corso delle indagini eseguite (cfr. cap. 2.2), che hanno raggiunto una profondità massima di cinque metri da p.c., non si sono intercettate falde idriche.

¹Dato tratto dalla carta della base dell'acquifero superficiale allegata alla DGR 34-11524 del 2009 ed aggiornata con D.D. 229 del 6.7.2016.

2.2 L'indagine geognostica

L'indagine geognostica è consistita in due prove penetrometriche dinamiche eseguite il giorno 26.04.2019 impiegando un penetrometro dinamico-statico superpesante Pagani TG 63-100KN tipo "Emilia" (cfr Fig. 2); le prove hanno raggiunto una profondità massima di 5,2 metri da p.c.

In tabella sono indicate le caratteristiche del penetrometro utilizzato.

| | |
|----------------------------------|-----------------------|
| peso maglio | 63,50 kg |
| altezza caduta libera | 75 cm |
| peso del sistema di battuta | 0,63 kg |
| diametro punta conica | 51 mm |
| area punta conica (base) | 20,43 cm ² |
| angolo apertura punta conica | 90° |
| lunghezza aste | 1 m |
| peso aste per metro | 6,31 kg |
| profondità giunzione 1a asta | 0,40 m |
| avanzamento standard della punta | 0,2 m |

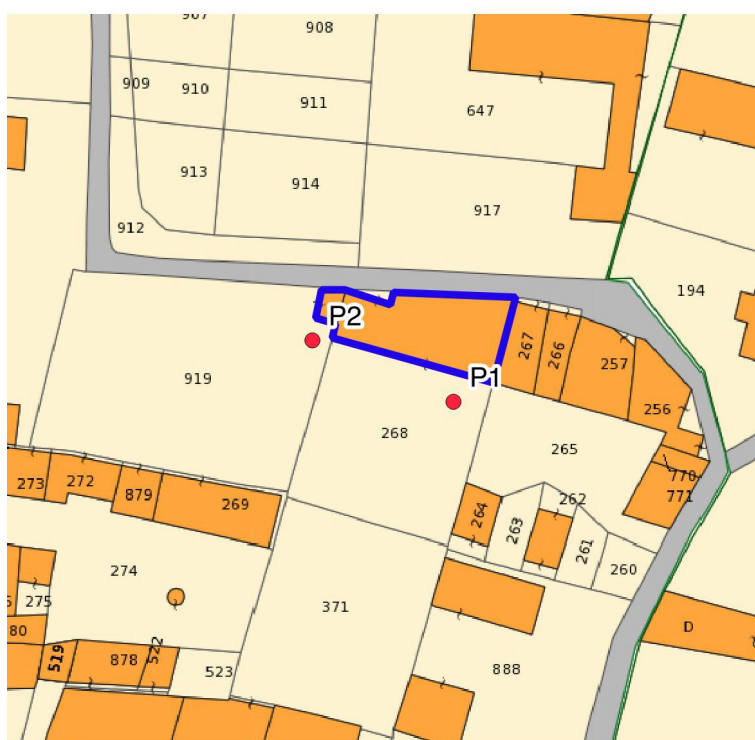


Fig 2: localizzazione prove penetrometriche – scala 1:1000. Il perimetro blu individua la struttura oggetto di intervento.

Prove penetrometriche dinamiche continue DPSH

Attraverso questa tipologia di prova si valuta il numero di colpi di maglio (N) necessari a produrre avanzamenti pari a 0,2 m di una punta sottoposta attraverso un treno di aste ad una specifica energia di battuta. Il numero di colpi N è successivamente utilizzato per ricavare, attraverso correlazioni empiriche, alcuni parametri geotecnici dei terreni indagati.

La prova viene realizzata secondo le norme prEN 1997 parte 3, capitolo 6 dell'EUROCODICE7, ovvero secondo lo standard francese (PDB) NF P 94-115 (1990), verificando lo sforzo di rotazione delle aste; in questo modo si è in grado di valutare se durante la prova sia presente o meno un significativo attrito laterale sulle aste che riduce la quota-parte di energia fornita alla punta.

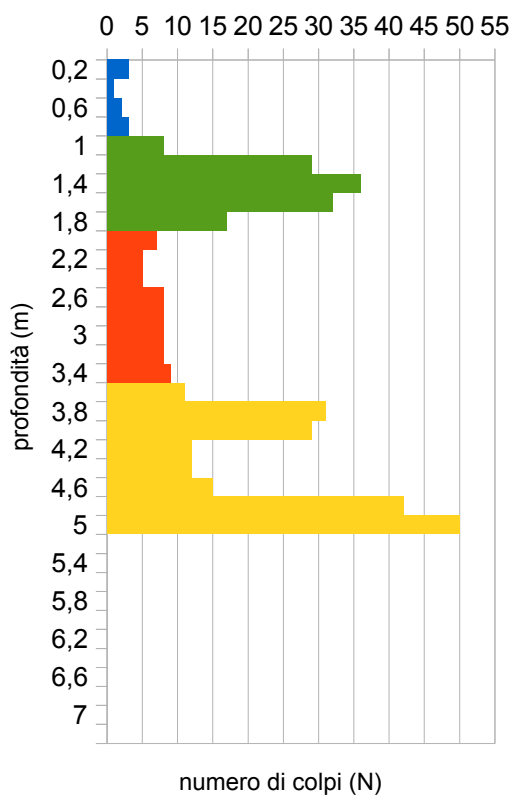


Fig 3: l'immagine riprende il penetrometro nel punto in cui è stata realizzata la prova P1.

Si allegano di seguito i tabulati delle prove eseguite.

PROVA P1

| prof. (m) | aste | N | Rpd* |
|-----------|------|----|------|
| 0,2 | 1 | 3 | 32 |
| 0,4 | 2 | 1 | 10 |
| 0,6 | 2 | 2 | 19 |
| 0,8 | 2 | 3 | 29 |
| 1 | 2 | 8 | 77 |
| 1,2 | 2 | 29 | 280 |
| 1,4 | 3 | 36 | 321 |
| 1,6 | 3 | 32 | 285 |
| 1,8 | 3 | 17 | 151 |
| 2 | 3 | 7 | 62 |
| 2,2 | 3 | 5 | 45 |
| 2,4 | 4 | 5 | 41 |
| 2,6 | 4 | 8 | 66 |
| 2,8 | 4 | 8 | 66 |
| 3 | 4 | 8 | 66 |
| 3,2 | 4 | 8 | 66 |
| 3,4 | 5 | 9 | 70 |
| 3,6 | 5 | 11 | 85 |
| 3,8 | 5 | 31 | 240 |
| 4 | 5 | 29 | 224 |
| 4,2 | 5 | 12 | 93 |
| 4,4 | 6 | 12 | 87 |
| 4,6 | 6 | 15 | 109 |
| 4,8 | 6 | 42 | 305 |
| 5 | 6 | 50 | 363 |
| 5,2 | | | |
| 5,4 | | | |
| 5,6 | | | |
| 5,8 | | | |
| 6 | | | |
| 6,2 | | | |
| 6,4 | | | |
| 6,6 | | | |
| 6,8 | | | |
| 7 | | | |

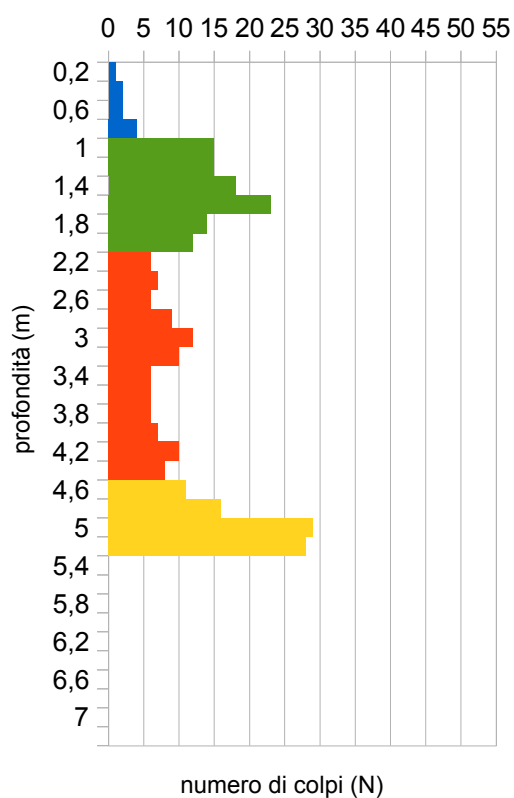
* kg/cm²

| strato | h (m) | N medio | Nspt | Rpd medio |
|--------|-------|---------|------|-----------|
| 1 | 0,8 | 2 | 3 | 22 |
| 2 | 1,0 | 24 | 36 | 223 |
| 3 | 1,6 | 7 | 11 | 60 |
| 4 | 1,6 | 25 | 38 | 188 |

| | |
|-------|--------------|
| falda | non rilevata |
|-------|--------------|

PROVA P2

| prof. (m) | aste | N | Rpd* |
|-----------|------|----|------|
| 0,2 | 1 | 1 | 11 |
| 0,4 | 2 | 2 | 19 |
| 0,6 | 2 | 2 | 19 |
| 0,8 | 2 | 4 | 39 |
| 1 | 2 | 15 | 145 |
| 1,2 | 2 | 15 | 145 |
| 1,4 | 3 | 18 | 160 |
| 1,6 | 3 | 23 | 205 |
| 1,8 | 3 | 14 | 125 |
| 2 | 3 | 12 | 107 |
| 2,2 | 3 | 6 | 53 |
| 2,4 | 4 | 7 | 58 |
| 2,6 | 4 | 6 | 50 |
| 2,8 | 4 | 9 | 75 |
| 3 | 4 | 12 | 99 |
| 3,2 | 4 | 10 | 83 |
| 3,4 | 5 | 6 | 46 |
| 3,6 | 5 | 6 | 46 |
| 3,8 | 5 | 6 | 46 |
| 4 | 5 | 7 | 54 |
| 4,2 | 5 | 10 | 77 |
| 4,4 | 6 | 8 | 58 |
| 4,6 | 6 | 11 | 80 |
| 4,8 | 6 | 16 | 116 |
| 5 | 6 | 29 | 210 |
| 5,2 | 6 | 28 | 203 |
| 5,4 | | | |
| 5,6 | | | |
| 5,8 | | | |
| 6 | | | |
| 6,2 | | | |
| 6,4 | | | |
| 6,6 | | | |
| 6,8 | | | |
| 7 | | | |



* kg/cmq

| strato | h (m) | N medio | Nspt | Rpd medio |
|--------|-------|---------|------|-----------|
| 1 | 0,8 | 2 | 3 | 22 |
| 2 | 1,2 | 16 | 24 | 148 |
| 3 | 2,4 | 8 | 12 | 62 |
| 4 | 0,8 | 21 | 31 | 152 |

| | |
|-------|--------------|
| falda | non rilevata |
|-------|--------------|

2.3 Il modello geologico

Scopo dell'indagine condotta è la definizione di un modello geologico rappresentativo dell'area di intervento che costituisca la base di qualunque progettazione geotecnica.

Il modello è elaborato attraverso l'interpretazione dei dati geognostici disponibili; va considerato che le prove penetrometriche sono essenzialmente finalizzate ad una caratterizzazione geotecnica dei terreni indagati e forniscono solamente delle indicazioni di massima riguardo la loro natura litostratigrafica, che pertanto è stata dedotta da dati bibliografici.

Come indicato sulla sezione in fig. 4 l'assetto stratigrafico locale è caratterizzato dalla presenza di un orizzonte superficiale di potenza pari a 0,8 metri ad addensamento ridotto di natura limoso-argillosa (Nspt 3) che poggia su di un livello ad addensamento medio-elevato (Nspt 24-36) costituito verosimilmente da ghiaie e ciottoli il cui letto si attesta ad una profondità pari a circa due metri da p.c.

Più in profondità si è intercettato uno strato ad addensamento medio (Nspt 11-12) di natura presumibilmente sabbioso-ghiaiosa di potenza compresa tra 1,6 e 2,4 metri al di sotto del quale si rinviene nuovamente un livello più grossolano di ghiaie e ciottoli molto addensati (Nspt 31-38), all'interno dei quali la prova P1 è giunta a rifiuto.

Nel corso delle prove eseguite non si sono intercettate falde idriche.

SEZIONE GEOLOGICO-TECNICA
scala 1:100

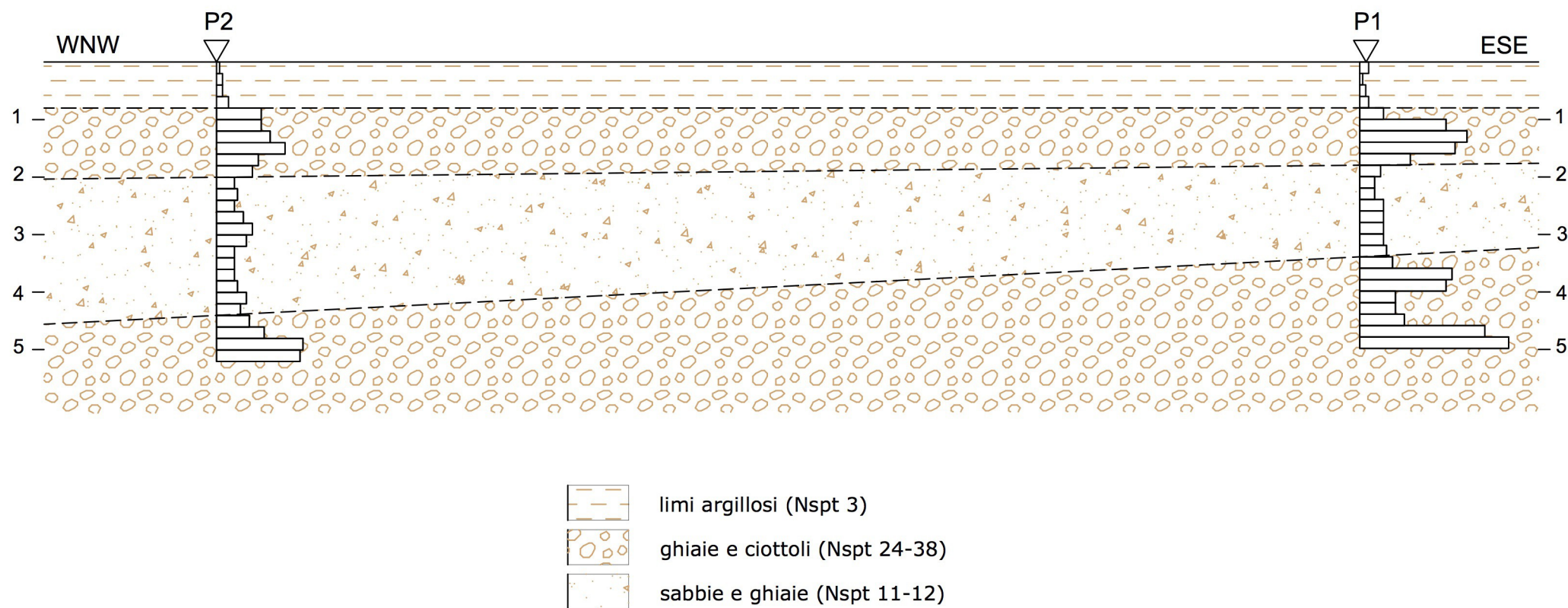


Fig 4: sezione geologico-tecnica

2.4 Il modello geotecnico

Sui certificati che seguono sono riportati alcuni parametri geotecnici stimati per i diversi livelli stratigrafici individuati, da intendersi quali “parametri caratteristici” definiti dal D.M. 17.01.2018 e da utilizzare per il dimensionamento delle opere fondazionali.

Uno dei parametri che caratterizza maggiormente il comportamento geotecnico dei terreni incoerenti è l'angolo di attrito interno.

La sua definizione a partire dal valore dell' N_{spt} avviene attraverso l'applicazione di correlazioni empiriche; nel caso specifico la letteratura tematica fornisce molteplici correlazioni elaborate da autori differenti che rappresentano un indubbio segnale delle incertezze ed approssimazioni insite nelle procedure applicate.

Il valore caratteristico del parametro è pertanto ricavato attraverso una procedura di confronto tra le correlazioni più idonee fornite per i terreni in esame, assumendo come tale il valor medio degli stessi.

ELABORAZIONE PROVA P1**STRATIGRAFIA**

| strato | h (m) | Nspt |
|--------|-------|------|
| 1 | 0,8 | 3 |
| 2 | 1,0 | 36 |
| 3 | 1,6 | 11 |
| 4 | 1,6 | 38 |

DENSITA' RELATIVA (Racc. AGI, 1977 – Ghibbs e Holtz 1957)

| strato | addensamento | % |
|--------|----------------------|-----|
| 1 | molto sciolto | 45 |
| 2 | addensato | 100 |
| 3 | mediamente addensato | 65 |
| 4 | addensato | 100 |

PESO DI VOLUME (kN/mc)

| strato | secco | saturo |
|--------|-------|--------|
| 1 | 14 | 18 |
| 2 | 17 | 20 |
| 3 | 15 | 19 |
| 4 | 17 | 20 |

ANGOLO DI ATTRITO (°)

| strato | A | B | C | D | E | F | G | MIN | MAX | MED |
|--------|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| 1 | | 22 | | | | | 26 | 22 | 26 | 24 |
| 2 | 37 | | 38 | 42 | 38 | 41 | | 37 | 42 | 39 |
| 3 | 30 | | 30 | 30 | 31 | 34 | | 30 | 34 | 31 |
| 4 | 38 | | 38 | 42 | 39 | 41 | | 38 | 42 | 40 |

- A Peck-Hanson & Thornburn (sabbie)
 B Road Bridge Specification (sabbie fini o limose)
 C Japanese National Railway (sabbie grossolane ghiaiose)
 D Owasaki & Iwasaki (sabbie grossolane - deb ghiaiose)
 E Sowers (sabbie)
 F Meyerhof (sabbie con limo < 5%)
 G Meyerhof (sabbie con limo > 5%)

ELABORAZIONE PROVA P2**STRATIGRAFIA**

| strato | h (m) | Nspt |
|--------|-------|------|
| 1 | 0,8 | 3 |
| 2 | 1,2 | 24 |
| 3 | 2,4 | 12 |
| 4 | 0,8 | 31 |

DENSITA' RELATIVA (Racc. AGI, 1977 – Ghibbs e Holtz 1957)

| strato | addensamento | % |
|--------|----------------------|----|
| 1 | molto sciolto | 45 |
| 2 | mediamente addensato | 95 |
| 3 | mediamente addensato | 60 |
| 4 | addensato | 90 |

PESO DI VOLUME (kN/mc)

| strato | secco | saturo |
|--------|-------|--------|
| 1 | 14 | 18 |
| 2 | 16 | 20 |
| 3 | 15 | 19 |
| 4 | 17 | 20 |

ANGOLO DI ATTRITO (°)

| strato | A | B | C | D | E | F | G | MIN | MAX | MED |
|--------|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| 1 | | 22 | | | | | 26 | 22 | 26 | 24 |
| 2 | 34 | | 34 | 37 | 35 | 38 | | 34 | 38 | 36 |
| 3 | 30 | | 30 | 30 | 31 | 34 | | 30 | 34 | 31 |
| 4 | 36 | | 36 | 40 | 37 | 40 | | 36 | 40 | 38 |

- A Peck-Hanson & Thornburn (sabbie)
 B Road Bridge Specification (sabbie fini o limose)
 C Japanese National Railway (sabbie grossolane ghiaiose)
 D Owasaki & Iwasaki (sabbie grossolane - deb ghiaiose)
 E Sowers (sabbie)
 F Meyerhof (sabbie con limo < 5%)
 G Meyerhof (sabbie con limo > 5%)

2.5 L'indagine sismica

Per definire l'assetto sismo-stratigrafico dell'area in esame è stata eseguita un'apposita indagine costituita da una prova MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) associata ad un'acquisizione del rumore sismico ambientale (HVS – Horizontal to Vertical Spectral Ratio); le prove sono state realizzate nei punti indicati in fig. 5 all'interno del lotto adiacente il fabbricato oggetto di indagine.

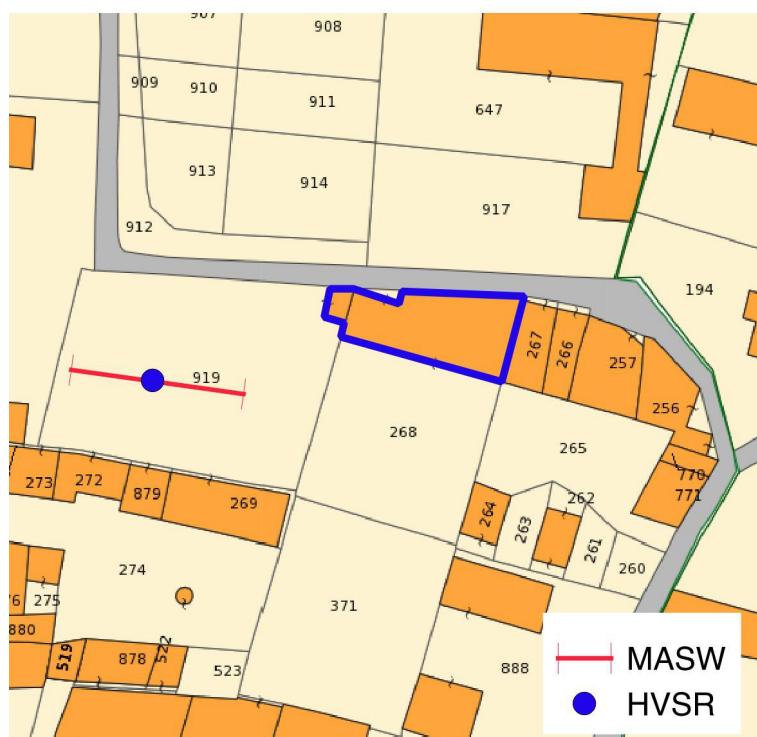


Fig 5: localizzazione indagini sismiche – scala 1:1000

La tecnica MASW consente di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs a partire dall'analisi delle onde di superficie.

In un mezzo stratificato le onde di superficie sono "dispersive" e le diverse lunghezze d'onda si propagano con una differente velocità di fase.

Il metodo si compone di tre fasi:

1. acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (mazza battente su piastra in alluminio o trave in legno), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni;
2. estrazione dei modi di vibrazione dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh e Love;

3. inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali delle VS attraverso un processo iterativo che consente di raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

Per la MASW è stato realizzato uno stendimento di 24 geofoni con interdistanza geofonica uguale ad 1 m ed energizzazioni eseguite ad una distanza di 3 e 7 metri; la strumentazione utilizzata è composta da un sismografo PASI 16S-U a 24 canali e da geofoni orizzontali da 4,5 hz.

Per acquisire il segnale relativo alle onde di Rayleigh i geofoni sono stati disposti radialmente alla stesa con energizzazione verticale; per le onde di Love sono stati posizionati in modo trasversale con energizzazione orizzontale.

La prova sismica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) consente in prima battuta di evidenziare le principali frequenze di risonanza del sito in esame.

Nota la frequenza di risonanza, in funzione dello spessore dei terreni in grado di amplificare lo scuotimento sismico, è possibile stimare in modo qualitativo la V_s media dei terreni presenti al di sopra del bedrock, o bedrock-like, attraverso la formula:

$$f = \frac{V_s}{4H}$$

Il metodo si basa sull'acquisizione di misure passive del rumore sismico ambientale per mezzo di una terna di geofoni (due orizzontali ed uno verticale) con medesima sensibilità.

Il calcolo del rapporto H/V segue queste fasi:

1. registrazione del segnale ambientale nelle 3 componenti;
2. scomposizione del segnale in finestre temporali, con l'obiettivo di isolare le parti della registrazione in cui il segnale risulta maggiormente stazionario ed eliminare i rumori transitori, o transienti;
3. calcolo e smussamento dello spettro di ampiezza ricavato tramite la trasformata di Fourier per ognuna delle finestre selezionate su tutte e tre le componenti;

4. combinazione, con un'operazione di media, delle due componenti orizzontali per ognuna delle finestre selezionate;
5. calcolo del rapporto H/V per ogni finestra,
6. calcolo della media dei rapporti H/V delle singole finestre, che rappresenterà la curva H/V definitiva.

La modellazione del rapporto H/V consente di rafforzare il modello sismo-stratigrafico ricavato con la prova MASW. L'acquisizione del rapporto H/V è stata eseguita al centro della stesa MASW con un geofono triassiale GEMINI 2 della PASI Srl da 2 Hz.

Sono di seguito riportati i tabulati delle prove eseguite elaborati con il software WinMasw.

Il modello sismo-stratigrafico (fig. 7) è stato elaborato tramite modellazione diretta delle curve di dispersione (fig. 6) caratterizzate entrambe da un segnale riferibile sia al modo di vibrazione fondamentale che al primo superiore.

Il modello risulta costituito da quattro sismo-strati caratterizzato dalla presenza di una minima inversione di velocità tra 3 e 6 metri da p.c. che ben si correla con l'assetto stratigrafico locale; nel complesso il modello mostra un andamento della velocità delle onde S crescente con la profondità.

La prova HVSR (fig. 8 e98) non ha evidenziato picchi nell'intervallo di frequenza 1-20 Hz ed avvalorare l'omogeneità sismo-stratigrafica del modello elaborato.

I dati acquisiti consentono di definire la categoria di sottosuolo secondo quanto indicato al punto 3.2.2. del D.M. 17/01/2018 che chiarisce come:

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;
 $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
 N numero di strati;
 H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Nel caso specifico, considerando che nei primi trenta metri da p.c. non si è evidenziata la presenza di sismo-strati con $V_s > 800$ m/sec, la V_{seq} è definita dalla V_{s30} (486 m/sec) alla quale si associa una **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 miglioramento delle proprietà meccaniche e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

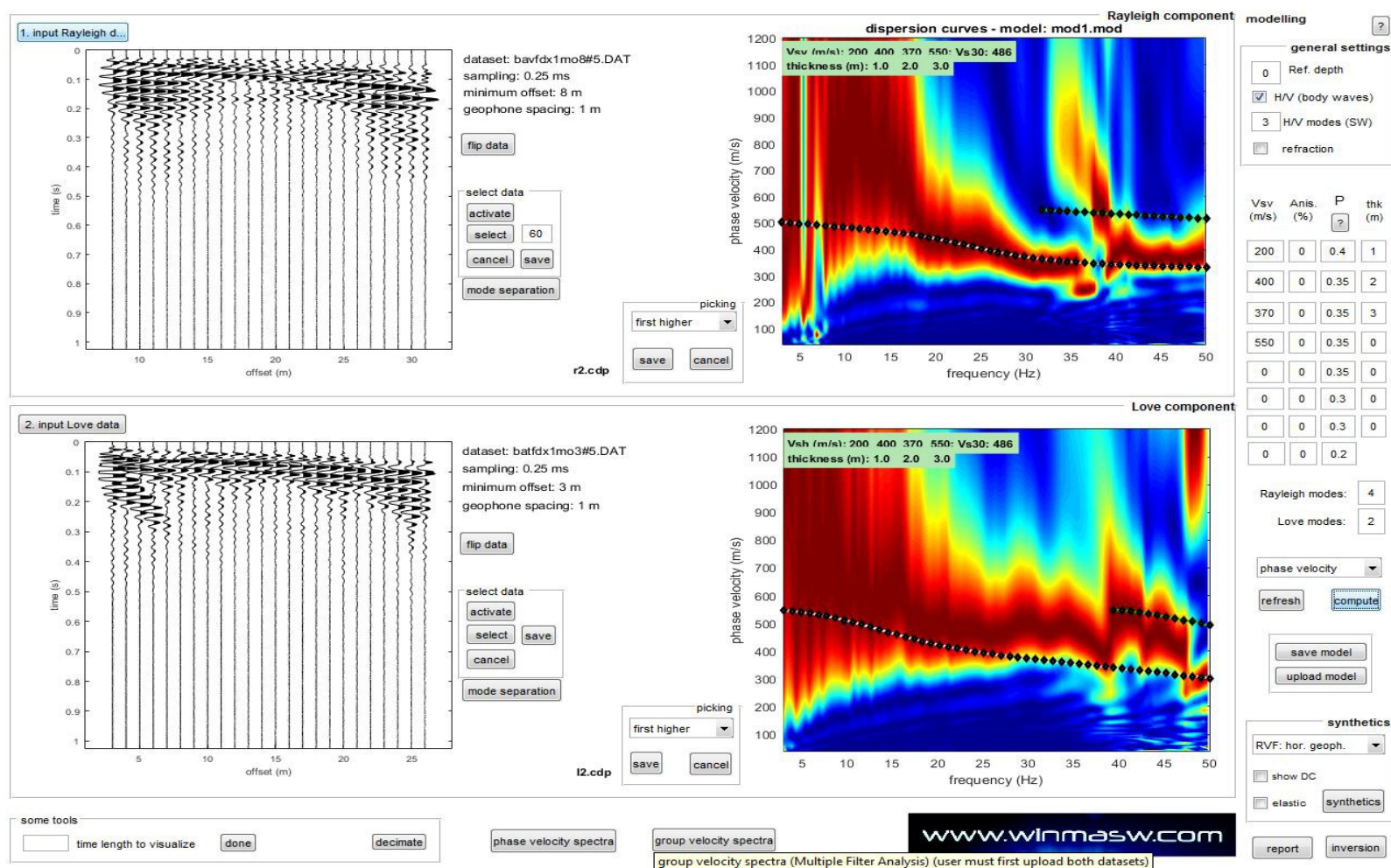


Fig 6: prova MASW - sismogramma delle onde di Rayleigh e di Love e relative curva di dispersione con individuazione del modo di vibrazione fondamentale e primo superiore

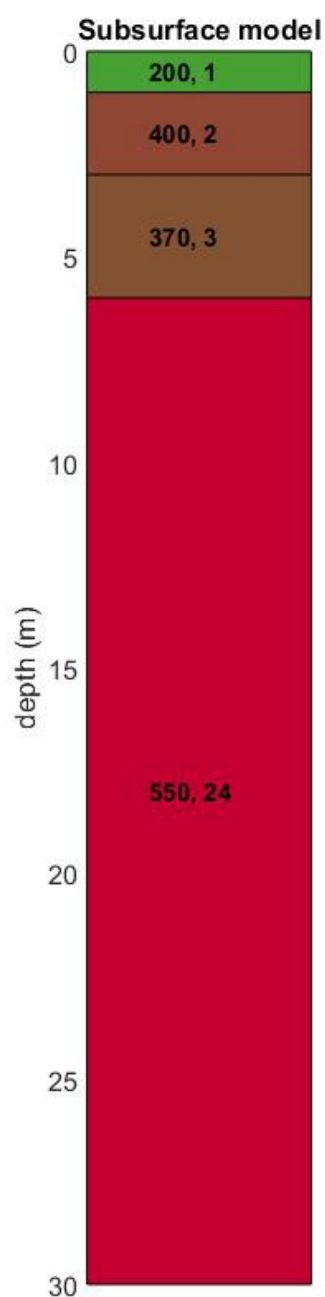


Fig 7: modello sismostratigrafico elaborato con indicazione per ogni strato della velocità V_s (in m/sec) e dello spessore (in m)

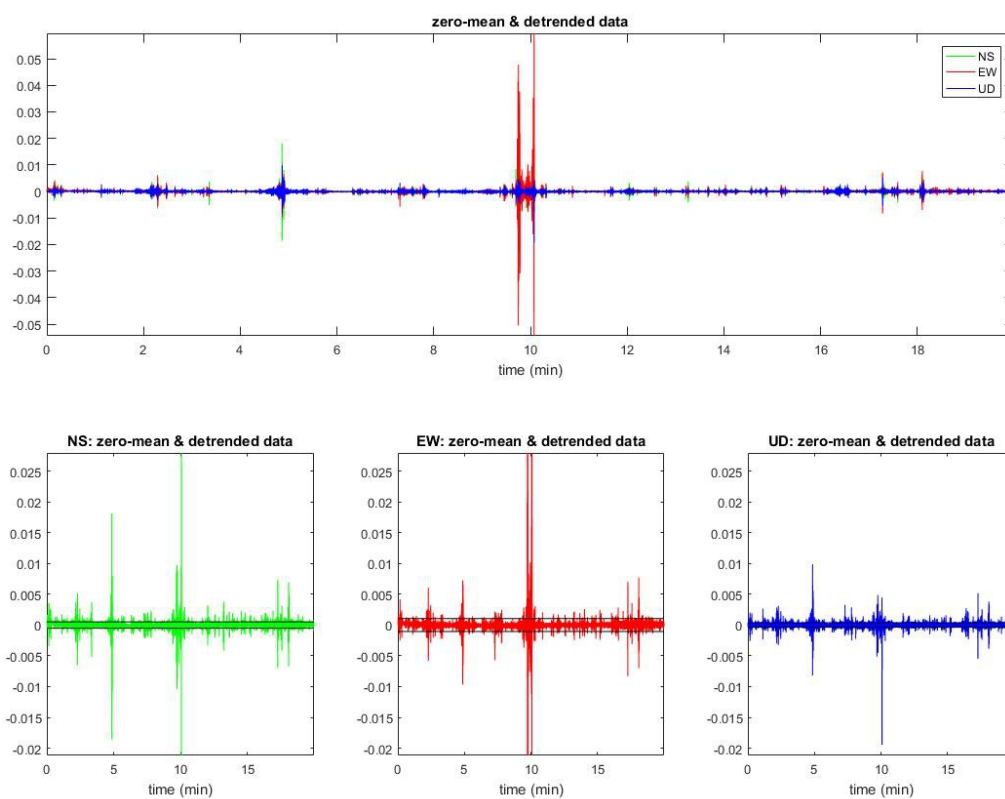


Fig 8: prova HVSR - microtremori misurati lungo le tre componenti NS, EW e UD

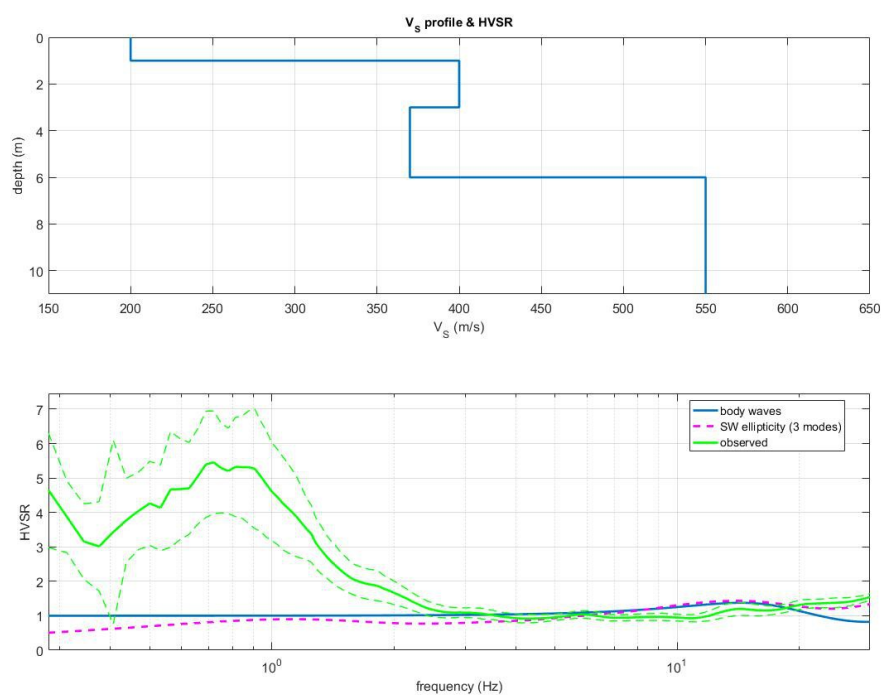


Fig 9: prova HVSR - elaborazione rapporto HV

2.6 Il modello sismico del sito

Il territorio comunale di Barone Canavese ricade in zona sismica 4 ($a_g < 0,05g$) come indicato dalla DGR n.4-3084 del 12.12.2011.

I dati di disaggregazione della pericolosità sismica forniti dall'INGV per tutti i punti della griglia nazionale indicano per il sito in esame valori medi di magnitudo e distanza relativi al sisma di riferimento pari a $M = 5,2$ e $d = 85,0$ km.

Secondo il D.M. 17.01.2018, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale va valutato mediante analisi specifiche.

In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite dalla normativa (Tab. 3.2.II), si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s .

I valori di V_s possono essere ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono definite tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

L'approccio semplificato prevede che l'azione sismica di progetto venga stimata a partire dai parametri che seguono:

| | |
|--------------------------------------|---|
| CATEGORIA DI SOTTOSUOLO ² | B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s |
| CARATTERISTICHE TOPOGRAFICHE | T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ |
| CLASSE D'USO DELLA COSTRUZIONE | III - Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale |

²La categoria di sottosuolo è stata definita per mezzo di un'apposita indagine descritta al cap. 2.5

| | |
|---------------------|----------------|
| | collasso |
| VITA NOMINALE OPERA | ≥ 50 anni |

Sui tabulati allegati sono indicati i parametri sismici definiti per i diversi stati limite di progetto.

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii
Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine: 45,3277361768742
longitudine: 7,87425994706913
Classe: 3
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

| | | |
|--------------------|--------------|-------------|
| Sito 1 ID: 12685 | Lat: 45,3009 | Lon: 7,8066 |
| Distanza: 6070,793 | | |
| Sito 2 ID: 12686 | Lat: 45,3043 | Lon: 7,8774 |
| Distanza: 2622,943 | | |
| Sito 3 ID: 12464 | Lat: 45,3542 | Lon: 7,8726 |
| Distanza: 2939,868 | | |
| Sito 4 ID: 12463 | Lat: 45,3508 | Lon: 7,8018 |
| Distanza: 6218,254 | | |

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 75anni
Coefficiente cu: 1,5

Operatività (SL0):

| | | |
|-----------------------------|-------|--------|
| Probabilità di superamento: | 81 | % |
| Tr: | 45 | [anni] |
| ag: | 0,021 | g |
| Fo: | 2,586 | |
| Tc*: | 0,184 | [s] |

Danno (SLD):

| | | |
|-----------------------------|-------|--------|
| Probabilità di superamento: | 63 | % |
| Tr: | 75 | [anni] |
| ag: | 0,026 | g |
| Fo: | 2,646 | |
| Tc*: | 0,199 | [s] |

Salvaguardia della vita (SLV):

| | | |
|-----------------------------|-------|--------|
| Probabilità di superamento: | 10 | % |
| Tr: | 712 | [anni] |
| ag: | 0,047 | g |
| Fo: | 2,692 | |
| Tc*: | 0,291 | [s] |

Prevenzione dal collasso (SLC):

| | | |
|-----------------------------|-------|--------|
| Probabilità di superamento: | 5 | % |
| Tr: | 1462 | [anni] |
| ag: | 0,055 | g |
| Fo: | 2,758 | |
| Tc*: | 0,304 | [s] |

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SL0:

Ss: 1,200
Cc: 1,540
St: 1,000
Kh: 0,005
Kv: 0,003
Amax: 0,252
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200
Cc: 1,520
St: 1,000
Kh: 0,006
Kv: 0,003
Amax: 0,304
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,200
Cc: 1,410
St: 1,000
Kh: 0,011
Kv: 0,006
Amax: 0,556
Beta: 0,200

SLC:

Ss: 1,200
Cc: 1,400
St: 1,000
Kh: 0,013
Kv: 0,007
Amax: 0,651
Beta: 0,200

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50
Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 45.326786

longitudine: 7.873174

2.6 L'intervento in progetto e le valutazioni preliminari di supporto alla scelta ed al dimensionamento delle opere fondazionali

Come descritto dagli elaborati progettuali redatti dall'Ing. Boffa l'intervento prevede il miglioramento sismico del fabbricato che ospita la Scuola dell'Infanzia e la realizzazione di una scala di emergenza lungo il lato occidentale dello stesso.

L'intervento di miglioramento sismico non interesserà le opere fondazionali del fabbricato.

I calcoli e gli elementi che seguono riguardano pertanto una valutazione preliminare della capacità portante (SLV) relative alle opere di fondazione della scala di emergenza costituite da una platea di dimensioni in pianta pari a 4,0x4,0 metri.

Alla luce dell'assetto stratigrafico locale sarà opportuno prevedere un approfondimento del piano di posa delle fondazioni tale da raggiungere il tetto dell'orizzonte di ghiaie e ciottoli, posto ad una profondità di 0,8 metri da p.c, caratterizzato da buoni valori dei parametri geotecnici.

Si è fatto riferimento alla stratigrafia relativa alla prova P2 eseguita nel punto in cui verrà realizzata la scala di emergenza.

L'analisi è stata condotta in condizioni drenate secondo la combinazione A1+M1+R3 prevista per l'Approccio 2 definito al capitolo 6 del D.M. 17.01.2018.

La verifica è stata eseguita utilizzando la formula di Brinch-Hansen³ sotto riportata considerando gli effetti dell'azione sismica attraverso i fattori di correzione sismica inerziali (Paolucci & Pecker 1997).

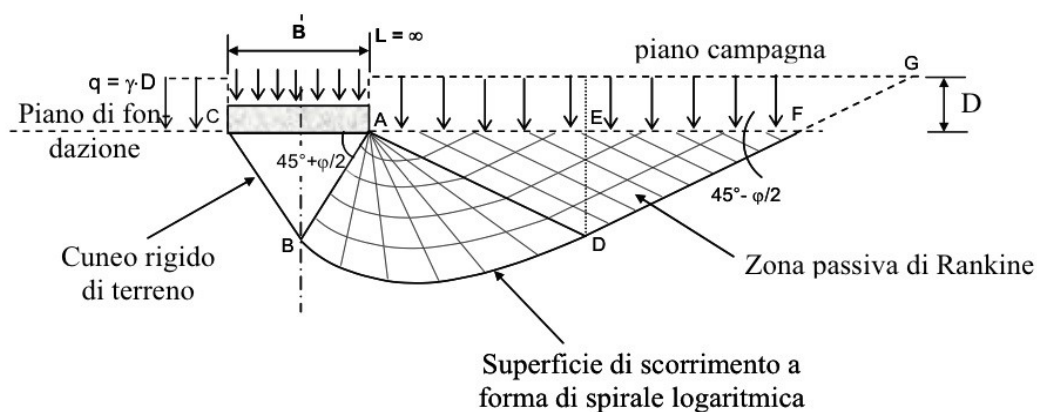
$$q_{lim} = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot [s_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot g_{\gamma}] + c \cdot N_c \cdot [s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c] + q \cdot N_q \cdot [s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q]$$

In tabella sono riportati i risultati ottenuti che andranno verificati alla luce dell'esatta geometria fondazionale e delle azioni di progetto.

| condizione | resistenza limite | coefficiente YR | resistenza di progetto |
|------------|------------------------|-----------------|------------------------|
| drenata | 1133 KN/m ² | 2,3 | 493 KN/m ² |

³Si è tenuto conto dei fattori di capacità portante proposti da Vesic.

Si segnala infine come alla luce di quanto indicato al punto 7.11.3.4.2 del D.M. 17.01.2018, per il sito in esame la verifica alla liquefazione può essere omessa poiché l'accelerazione massima attesa al sito (SLC) è risultata essere pari a 0,067g ($< 0,1g$).

PARAMETRI GEOTECNICI MEDI NEL CUNEO DI ROTTURA

| | Strato 1 | Strato 2 | Strato 3 | |
|------------------------------------|----------|----------|----------|-------|
| spessore (m) | 1,2 | 2,4 | 0,8 | m |
| angolo di attrito Φ | 36 | 31 | 38 | ° |
| coesione non drenata c_u | - | - | - | KN/mq |
| peso di volume γ | 16 | 15 | 17 | KN/mc |
| peso di volume sat. γ_{sat} | - | - | - | KN/mc |
| profondità falda | - | m | | |

dati geometrici fondazione

| | |
|--|--------|
| lunghezza | 4,00 m |
| larghezza (B) | 4,00 m |
| angolo β ($45^\circ + \Phi/2$) | 63 ° |
| profondità piano di posa | 0,00 m |
| altezza cuneo (H) | 3,93 m |

parametri geotecnici medi nel cuneo

| | |
|--------------------------|----------|
| angolo di attrito Φ | 33 ° |
| peso di volume γ | 15 KN/mc |
| coesione non drenata | - KN/mq |

3. SINTESI DELL'INDAGINE E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'indagine geologico-tecnica è stata portata a termine attraverso l'analisi di un intorno significativo dell'area interessata dal progetto di miglioramento sismico del fabbricato che ospita la Scuola dell'Infanzia di Barone Canavese.

Nella tabella che segue sono sintetizzati ed evidenziati gli aspetti più significativi messi in luce dalle analisi condotte ed è indicato il relativo paragrafo di approfondimento.

| | | |
|---|---|-----------------------|
| classe di pericolosità geomorfologica | Classe II | par. 1.3 |
| caratterizzazione tecnica dell'area in esame | <u>geologia</u> : depositi fluvio-glaciali | par. 2.1 |
| | <u>geomorfologia e dissesto</u> : settore di versante caratterizzato da un ridotta pendenza verso sud che non risulta interessato da fenomenologie morfogenetiche-dissestive | par. 2.1 |
| | <u>idrogeologia</u> : falda più superficiale caratterizzata da una soggiacenza compresa tra tre e cinque metri ed una più profonda che si attesta ad una profondità di circa venti metri da p.c.; a questo proposito si segnala come nel corso delle indagini eseguite (cfr. cap. 2.2), che hanno raggiunto una profondità massima di cinque metri da p.c., non si sono intercettate falde idriche | par. 2.1 |
| | <u>assetto stratigrafico e geotecnico locale</u> : orizzonte superficiale di potenza pari a 0,8 metri ad addensamento ridotto di natura limoso-argillosa (Nspt 3) che poggia su di un livello ad addensamento medio-elevato (Nspt 24-36) costituito verosimilmente da ghiaie e ciottoli il cui letto si attesta ad una profondità pari a circa due metri da p.c. Più in profondità si è intercettato uno strato ad addensamento medio (Nspt 11-12) di natura presumibilmente sabbioso-ghiaiosa di potenza compresa tra 1,6 e 2,4 metri al di sotto del quale si rinviene nuovamente un livello più grossolano di ghiaie e ciottoli molto addensati (Nspt 31-38), all'interno dei quali la prova P1 è giunta a rifiuto. | par. 2.2 2.3 – 2.4 |
| classificazione sismica | zona 4 - categoria di suolo B | par. 2.5 |

| | | |
|---|---|----------|
| indicazioni a supporto delle scelte progettuali ed esecutive | <p>Alla luce dell'assetto stratigrafico locale per la posa delle opere fondazionali della scala di emergenza sarà opportuno prevedere un approfondimento del piano di posa delle stesse tale da raggiungere il tetto dell'orizzonte di ghiaie e ciottoli, posto ad una profondità di 0,8 metri da p.c, caratterizzato da buoni valori dei parametri geotecnici.</p> <p>In alternativa, qualora il piano di posa dovesse essere impostato ad una quota superiore, i terreni di natura limoso-argillosa andranno completamente asportati e sostituiti con materiali granulari debitamente compattati.</p> | par. 2.6 |
|---|---|----------|

Nel complesso l'indagine ha consentito di verificare la fattibilità dell'intervento in progetto in relazione al contesto geologico, geomorfologico e geotecnico descritto a patto che vengano rispettate le normali attenzioni in fase operativa e le indicazioni sopra esposte.