



COMUNE DI VOLVERA



ADEGUAMENTO STATICO E SISMICO SCUOLA PRIMARIA "PRIMO LEVI"
PROGETTO ESECUTIVO

COMMITTENTE :
Comune di VOLVERA (TO)

IMPRESA :

RUP: ing. Roberto RACCA

COMMESSA N. 2016_22

OGGETTO :Relzione Geologica

Agg. N.03

Agg. N.02

Agg. N.01

Emissione

Febbraio 2017

201622CR_02

Localita' :
Comune di VOLVERA (TO)

SCALA --



STUDIO DI INGEGNERIA MANCINI PALMIERI e ASSOCIATI
ENGINEERING & ARCHITECTURAL SOLUTIONS
via F.lli Carle, 41 - 10129 TORINO -ITALY

Tel. +39.011.591524 r.a.
Fax +39.011.5690214
Site www.studioingegneriamp.it
Mail info@studioingegneriamp.it



STUDI RINALDIS
SOLUZIONI PER L'INGEGNERIA
EDILIZIA - URBANISTICA - STRUTTURE

**Studio Geologico
Tecnico Ambientale**

Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI

INDICE

1	PREMESSA	Pag.	2
2	CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE	Pag.	3
3	PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA	Pag.	5
4	CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE	Pag.	6
5	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	Pag.	6
6	CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGRAFICHE	Pag.	8
7	SINTESI DELLE RISULTANZE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E GEOTECNICHE	Pag.	8
8	CARATTERISTICHE SISMICHE	Pag.	14
9	OPERE DI FONDAZIONE	Pag.	19
10	MODELLO GEOTECNICO	Pag.	21
11	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	Pag.	23
12	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	Pag.	27
13	ALLEGATI	Pag.	28
-	Inquadramento topografico (scala 1:5.000)		
-	Documentazione fotografica (foto aerea dell'area d'indagine)		
-	Carta di sintesi della pericolosità idrogeologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica (P.R.G.C.)		
-	Carta geologica - strutturale (Foglio 68 Carmagnola della Carta Geologica d'Italia)		
-	Report indagini geognostiche e geotecniche		
-	Report indagini geofisiche		
-	Sezione stratigrafica e geotecnica (modello geologico e geotecnico) (Sezione B-B di progetto modificata)		

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
16.TO.VOLVERA	26.01.2017	Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 2 di 28

1. PREMESSA

La presente relazione geologica e geotecnica a supporto del **progetto definitivo/esecutivo degli interventi di adeguamento sismico dell'edificio scolastico "Primo Levi"** sito in **Comune di VOLVERA (TO) - via Garibaldi 1**, fa seguito ad un sopralluogo e ad un'indagine geologico - tecnica e sismica eseguita in sito, di superficie e di profondità, su incarico conferito allo scrivente dall'**AMMINISTRAZIONE COMUNALE**.

Le indagini eseguite, estese ad un significativo intorno dell'area interessata dagli interventi, in ottemperanza al Testo Unitario - Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14.01.2008), sono state finalizzate alla definizione delle condizioni geologiche e geomorfologiche del sito e delle caratteristiche geotecniche dei materiali ricadenti nel volume significativo dei manufatti, verificando i possibili scenari di rischio e le problematiche esecutive, con il preciso intento di definirne le potenzialità di fruizione in relazione all'assetto territoriale, verificando le condizioni di stabilità, l'eventuale presenza di elementi morfogenici dissestivi e lo stato di fatto, traendone le opportune valutazioni sulla compatibilità degli interventi con la situazione idrogeologica, geomorfologica, litologica e sismica locale.

Più precisamente è stato definito un modello geologico - tecnico e sismico del volume di sottosuolo interagente con le opere da realizzare e/o realizzate, determinando le proprietà geotecniche e geomeccaniche iniziali per i diversi litotipi e le diverse zone d'omogeneità con riferimento al volume significativo, al fine di permettere la corretta caratterizzazione del sottosuolo.

Si è pertanto proceduto all'esecuzione di una serie di indagini di natura geologica, le risultanze delle quali sono state riportate nella **relazione geologica**, quest'ultima finalizzata alla costruzione del **modello geologico**; nella **relazione geotecnica**, sulla base del modello geologico e delle indagini geotecniche eseguite in sito, seguendo i dettami della normativa vigente (Decreto Ministeriale 14.01.2008) e dello stato dell'arte, è stato poi ricostruito il locale **modello geotecnico**.

Nel terreno interessato dall'intervento è presente, allo stato attuale, un edificio scolastico strutturato secondo un livello seminterrato (vespaio), n. 3 livelli fuori terra ed un livello di sottotetto.

La fase esecutiva prevede la realizzazione di una serie di interventi di adeguamento sismico dell'edificio scolastico, ai sensi della vigente normativa in materia.

L'indagine geologico - tecnica è stata estesa ad un significativo intorno dell'area in esame con il preciso intento di definirne le potenzialità di fruizione in relazione all'assetto territoriale e sismico, verificando le condizioni di stabilità, l'eventuale presenza di elementi morfogenici dissestivi e lo stato di fatto, traendone le opportune valutazioni sulle condizioni geologiche l.s. locali.

Il presente studio è stato sviluppato in modo tale da costituire un utile elemento di riferimento per il Progettista al fine di inquadrare le eventuali problematiche idro - geologiche, sismiche e geotecniche dell'area d'intervento. Si elencano di seguito i contenuti principali del presente elaborato:

- inquadramento normativo di riferimento ed esame dell'intervento nel contesto degli strumenti di pianificazione vigenti con analisi del quadro conoscitivo esistente;
- caratteristiche generali del progetto e suo inquadramento in ambito territoriale;
- definizione delle caratteristiche tettonico - strutturali dell'area d'intervento;
- definizione dei lineamenti geomorfologici della zona ed analisi dei processi morfogenetici con specifico riferimento ai dissesti in atto o potenziali ed alla loro tendenza evolutiva al fine di una valutazione delle reali incidenze dell'intervento sulle condizioni di stabilità pre e post-intervento;
- definizione delle caratteristiche geologiche del sito: caratterizzazione della successione litostratigrafia del sito per un intorno areale significativo al fine di caratterizzare il "volume significativo";

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
16.TO.VOLVERA	26.01.2017	Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 3 di 28

- definizione della distribuzione areale e volumetrica dei litotipi, il loro stato di fratturazione e alterazione ed un primo giudizio qualitativo sulle loro caratteristiche geomeccaniche;
- definizione delle caratteristiche sismiche e della categoria di sottosuolo;
- definizione delle condizioni idrogeologiche del sito, tenendo conto dello schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea, dei livelli piezometrici dell'acquifero superficiale e delle indicazioni sulla loro escursione stagionale (misurata o stimata sulla base dei valori medi conosciuti oppure derivata da dati bibliografici o dalle carte dello strumento urbanistico vigente);
- valutazioni specifiche degli effetti indotti complessivamente dalle opere in progetto anche in relazione a tutti gli interventi necessari per la loro realizzazione (scavi, riporti e drenaggi);
- definizione di "zona nota" o "zona non nota" in relazione alla stabilità complessiva struttura/opera-terreno;
- risultanze delle prove ed indagini geognostiche e geotecniche disponibili con l'obiettivo di ricostruire le caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e geofisiche locali e relativa documentazione tecnica: standard di riferimento e specifiche tecniche adottate, attrezzature impiegate e metodologie di esecuzione delle indagini, interpretazione ed elaborazione dei risultati; cartografia di corredo, rapporti di prova;

La presente indagine è eseguita ai sensi della seguente normativa di riferimento:

- D.M. 14.01.2008, norme tecniche per le costruzioni;
- L.R. n. 56 del 05.12.1977 che definisce le norme in materia di tutela ed uso del suolo;
- P.A.I. - Piano per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po, elaborato dall'Autorità di Bacino del Fiume Po;
- P.R.G.C. - Piano Regolatore Generale Comunale.

Si rappresenta che la zona in esame non ricade in area sottoposta a vincolo per scopi idrogeologici, ai sensi del R.D. n. 3267 del 30.12.1923 e della L.R. n. 45 del 09.08.1989.

Preliminarmente all'esecuzione dell'indagine in sito, è stata condotta una ricerca dei dati bibliografici e della cartografia tecnica disponibili riguardanti l'area in oggetto, nonché degli elaborati geologico - tecnici allegati al vigente P.R.G.C. ed al Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del bacino del fiume Po.

Vengono di seguito esposte alcune note circa le caratteristiche geologico - strutturali, geomorfologiche, geolitologiche, geotecniche, stratigrafiche, sismiche, idrogeologiche ed idrologiche dell'area interessata dagli interventi.

2. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il presente studio si è concentrato in un'area del territorio urbano centro meridionale del Comune di Volvera. Il territorio comunale è compreso nella parte terminale, o unghia, delle grandi conoidi alluvionali della Dora Riparia e del Chisola. Si tratta di morfologie generatisi dall'incastro di apparati di età diversa, che si manifestano con una serie di terrazzi, i più recenti dei quali, corrispondenti agli alvei post-glaciali, appaiono spesso incassati di parecchi metri rispetto a quelli più antichi (mindeliano-rissiani, nel caso in questione).

Da un punto di vista geologico i terreni superficiali presenti nella zona possono essere divisi in due grandi gruppi di età diversa:

> il più giovane (e più ridotto come estensione) è rappresentato dalle alluvioni antiche e recenti che costituiscono l'alveo attuale o da poco abbandonato dal Chisola e che risultano generalmente

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
16.TO.VOLVERA	26.01.2017	Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 4 di 28

delimitate da scarpate di terrazzo; esse costituiscono quindi le zone di più recente formazione, per buona parte inondabili in caso di piena;

> il più antico (e di più ampia estensione) è costituito dalle alluvioni fluvioglaciali del Riss e del Mindel; esso forma la parte preponderante della pianura a sud di Torino, risultando più elevato delle alluvioni precedentemente descritte; i terreni che lo costituiscono presentano una pedogenesi (alterazione superficiale) accentuata e sono spesso ricoperti da uno strato di loess (deposito eolico) più o meno potente e di colore giallo arancio o rosso, soprattutto ad est dell'area esaminata.

Sulla superficie morfologica che era venuta a formarsi agirono infatti i fattori climatici che caratterizzarono le successive fasi glaciali e interglaciali.

Questi si tradussero in processi alterni di profonda pedogenesi di tipo caldo umido e prevalentemente di erosione fluviale. Ne derivò l'aspetto attuale della superficie che appare profondamente *ferretizzata* e sensibilmente ondulata; alle fasi steppiche, che caratterizzarono il ritorno delle varie glaciazioni, e principalmente quella del Riss, è da riferire la copertura eolica.

Dal punto di vista geomorfologico, la fisiografia del sito deriva dalle singole fasi di avanzamento dei ghiacciai. Durante ogni fase la continua alimentazione dell'apporto detritico da parte del ghiacciaio determinava un rinnovarsi continuo dell'edificio morenico; quest'ultimo subiva contemporaneamente una parziale elaborazione da parte dei numerosi torrenti glaciali i quali portavano alla formazione, all'esterno delle cerchie stesse, di un'estesa, piatta conoide di depositi alluvionali.

Nell'area in esame i depositi fluvioglaciali rissiani ricoprono formazioni geologiche più antiche; pure rappresentati sono i depositi fluvioglaciali mindelliani; questi ultimi nel settore centro nord del territorio comunale un terrazzo sospeso sui terreni alluvionali. Gran parte dell'area è ricoperta da una coltre di loess di potenza variabile da pochi centimetri ad alcuni metri. Tale copertura interessa tutto il territorio e, nelle zone dove la potenza è minima, il loess risulta difficilmente riconoscibile sia per la presenza di suolo agrario, sia per il facile mescolamento con le ghiaie sottostanti. Su altre zone invece la potenza della copertura eolica raggiunge valori rilevanti.

I depositi rissiani emergono in placche allungate *a dorso di cetaceo* e si presentano talvolta ondulati per la conservazione di una originaria morfologia, in parte fluvioglaciale (forme di erosione), in parte eolica (forme di accumulo).

I sedimenti costituenti la pianura hanno caratteristiche granulometriche e tessiturali diverse in relazione a fattori diversi tra i quali:

- > provenienza dei clasti;
- > distanza di percorso;
- > successione di eventi paleoclimatici diversi durante il corso del Quaternario.

Per questo motivo risulta a grandi linee che la pianura di cui fa parte il territorio comunale è formata essenzialmente, nella parte superiore, da depositi grossolani provenienti dallo smantellamento del bacino alpino che si alternano verso il basso, in obbedienza a condizioni diverse di sedimentazione, a livelli più o meno continui di argille.

Dal punto di vista cronologico gli eventi deposizionali sono collegati a tre episodi distinti e corrispondenti il primo al fluviolacustre del Villafranchiano, il secondo alle fasi glaciali e interglaciali quaternarie (Mindel-Riss), e l'ultimo alle alluvioni fluviali successive alla glaciazione wurmiana.

Più nello specifico, la zona interessata dall'intervento ha come principale caratteristica, dal punto di vista geomorfologico, quella di formare un ambiente pressochè omogeneo di tipo subpianeggiante, con forme legate prevalentemente allo scorrimento delle acque superficiali ed alla preponderante azione geomorfica esercitata nel recente passato dal fiume Po, nonchè secondariamente dalla rete idrografica minore (corsi d'acqua tributari). Essa è ubicata alla quota di circa 252 m s.l.m., in un'area fortemente antropizzata ad uso prevalentemente residenziale.

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
16.TO.VOLVERA	26.01.2017	Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 5 di 28

3. PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

I rilievi eseguiti, le informazioni storiche acquisite nonché l'analisi della tematica relativa alla zona in esame, hanno evidenziato che l'edificio in oggetto ricade all'interno della fascia fluviale C del torrente Chisola, quindi in un'area esondabile per tempi di ritorno > 500 anni.

I rilievi eseguiti non hanno evidenziato fenomeni di erosione accelerata o di mobilitazione riguardanti il terreno indagato.

I manufatti presenti nell'area in esame e nel suo intorno non manifestano lesioni significative. La presenza di piccole lesioni in alcuni fabbricati è, presumibilmente, attribuibile ad assestamenti strutturali degli edifici stessi.

Alla luce di quanto rilevato in sito, si rappresenta che l'area in esame non risulta essere oggetto, allo stato attuale, di fenomeni morfogenici dissestivi in atto o potenziali di particolare entità.

Il sito oggetto della presente indagine, come rappresentato nella "Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfológica e dell'Idoneità all'Utilizzazione Urbanistica" alla scala 1:5.000 allegata al vigente P.R.G.C., ricade all'interno della **CLASSE II – PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA MEDIA**: *Porzioni di territorio nelle quali condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di norme di attuazione ispirate al D.M. 11 marzo 1988 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante. Tali interventi non dovranno in alcun modo incidere negativamente sulle aree limitrofe, né condizionarne la propensione all'edificabilità. Nel territorio comunale di Volvera sono costituite da:* - *aree edificabili con potenziale criticità solo per eventi idrogeologici eccezionali, con costi di soglia connessi a zone caratterizzate da requisiti incerti perché penalizzate dalla scarsa portanza dei terreni;* - *settori di territorio condizionabili da modesti allagamenti dove, comunque, l'azione delle acque di esondazione presenta caratteri di bassa energia e altezze di pochi centimetri;* - *aree di pianura limitrofe a settori di territorio condizionabili da allagamenti lungo la rete irrigua, per le quali si evidenzia la necessità di interventi manutentivi (pulizia costante dell'alveo, rivestimento dei canali e dei fossi, adeguamento degli attraversamenti, ecc...) e nelle quali il 78 rischio di inondabilità, di acque sempre a bassa energia, è legato alla scarsa manutenzione, o a eventi catastrofici.*

1 – NORMATIVA RELATIVA ALLA CLASSE II

Si impone la scrupolosa osservanza del D.M. 11.3.88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione", ricordando che tali norme si applicano a tutte le opere pubbliche e private da realizzare nel territorio della Repubblica.

2 – PRESCRIZIONI PER LA CLASSE II Valgono le seguenti prescrizioni:

- *in tali aree ogni nuova opera dovrà essere preceduta da verifiche locali con caratterizzazione geotecnica delle formazioni incoerenti di copertura e geomeccanica del substrato raggiungibile dagli interventi nonché delle caratteristiche di circolazione delle acque sotterranee;*
- *la progettazione e l'esecuzione delle opere dovranno essere condotte tenendo conto della successione e delle caratteristiche fisicomeccaniche dei terreni, delle falde idriche, del profilo della superficie topografica, dei manufatti circostanti, delle caratteristiche di resistenza e di deformabilità dell'opera, dei drenaggi e dei dispositivi per lo smaltimento delle acque superficiali e sotterranee e delle modalità di esecuzione dell'opera e del reinterro.*

3 – **INDAGINI DA ESEGUIRE NELLA CLASSE II** Si propone di inserire nella normativa di piano la seguente disciplina per quanto riguarda le problematiche di natura idrogeologica, l'edificabilità è condizionata alla presentazione di una relazione geologico – idraulica che dimostri la compatibilità dell'intervento con la stabilità dell'area interessata, anche tramite eventuali caratterizzazioni geotecniche dei litotipi presenti e relative verifiche di stabilità estese su tutta la

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
16.TO.VOLVERA	26.01.2017	Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 6 di 28

zona di insediamento e nelle aree ad essa afferenti. Nelle aree soggette a modesti allagamenti (vedi cartografia di sintesi) dove, comunque, l'azione delle acque di esondazione presenta caratteristiche di bassa energia, il ricorso all'innalzamento del piano di campagna è consigliato, ma con apposita relazione geologico- idraulica deve essere dimostrato che i futuri manufatti non costituiscano aggravante e causa di maggiori danni per le aree limitrofe .

Alla luce di quanto sopra rappresentato, si evidenzia che l'intervento in oggetto risulta compatibile con la Normativa Generale di P.R.G.C.

4. CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE

Dal punto di vista geolitologico, in base al rilievo effettuato ed a quanto riportato sul Foglio n° 68 "Carmagnola" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, i terreni presenti nell'area d'indagine e nel suo intorno sono di origine fluvio – glaciale e fluviale ed appartengono al "Sistema dei terrazzi a depositi argilloso-sabbioso-ghiaiosi, con paleosuolo giallo-rossiccio, sospesi sino ad una decina di metri sulle Alluvioni Medio recenti del Fiume Po (Fluviale e Fluvioglaciale Riss)".

I terreni fluvioglaciali rissiani sono costituiti da depositi ghiaioso-ciottolosi con testimoni di paleosuolo rossastro argillificato, quasi sempre ricoperto dalla coltre eolica precedentemente descritta. Le ghiaie sono più o meno grossolane e sono intercalate a sabbie e sabbie argillose in stratificazione lenticolare. Taluni livelli ghiaioso-sabbiosi risultano fortemente cementati, formando dei diaframmi impermeabili in grado di pressurizzare localmente le falde e garantire loro una certa protezione nei confronti di eventuali apporti inquinanti dall'alto.

Generalmente i depositi rissiani, che emergono in plaghe allungate "a dorso di cetaceo" e che si presentano sensibilmente ondulati per la conservazione di una originaria morfologia in parte fluvioglaciale (forme di erosione), in parte eolica (forme di accumulo), sono visibili solo in occasione di attività di scavo, nelle cave e talora nei canali, altrimenti formano un piano più o meno continuo leggermente inclinato verso il corso del Po. L'omogeneità morfologica fa pensare che probabilmente si è verificata, in varie fasi posteriori al Riss, specialmente in corrispondenza di originarie depressioni, un'evoluzione geomorfologica che ha portato ad un livellamento delle antiche depressioni. Da un attento esame si è avuto occasione di notare in profondi scavi la presenza di materiali che fanno pensare ad un riempimento secondario, mentre in altri casi ci sarebbe stata una certa demolizione dell'originario terrazzo.

Da un punto di vista geomorfologico i terreni rissiani sono sopraelevati rispetto ai depositi alluvionali medio-recenti e, dove ancora conservata, sono delimitati da una scarpata di terrazzo.

Nei terreni rissiani manca ogni traccia di classazione granulometrica, sono quindi caratterizzati da una estrema variabilità nelle dimensioni dei componenti (accentuate caoticità ed eterometria). Tali caratteristiche litotecniche permettono in molti casi l'uso di fondazioni dirette (una volta superato lo strato superficiale limo-argilloso).

5. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

A scala regionale, l'idrogeologia dell'area torinese, compresa tra l'Anfiteatro di Rivoli-Avigliana a ovest e i rilievi della Collina di Torino a est, risulta condizionata dal sistema idrografico superficiale del fiume Po e dei suoi tributari Stura di Lanzo, Dora Riparia, Sangone e Chisola.

Secondo quanto riportato negli studi geologici a corredo della Variante, e in accordo con gli studi effettuati di Civita e Pizzo, nel sottosuolo è possibile distinguere i seguenti tre complessi idrogeologici (dal più antico al più recente):

- Complesso arenaceo-marnoso
- Complesso delle alternanze

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
16.TO.VOLVERA	26.01.2017	Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 7 di 28

- Complesso ghiaioso – sabbioso

Complesso arenaceo-marnoso

Corrisponde all'unità stratigrafico-strutturale più antica, formata da marne, arenarie e conglomerati della sequenza del Bacino Terziario Ligure-Piemontese. Il complesso è affiorante lungo il rilievo collinare mentre nel settore di pianura risulta ricoperto dalla coltre di depositi pliocenico - quaternari. La permeabilità primaria per porosità o per fessurazione degli orizzonti meno cementati è bassa o medio-bassa per cui questo complesso assume un ruolo di basamento poco permeabile.

Complesso delle alternanze

Riconducibile ai depositi del Pliocene, è presente a profondità variabile da 10 m a 20 m dal p.c. a sud di Torino e nel settore nord-orientale della pianura, fino ad un massimo di una settantina di metri nel settore occidentale della pianura torinese. In base all'età relativa ed alle caratteristiche sedimentologiche dei depositi, il complesso può essere suddiviso in due subcomplessi:

- subcomplesso sabbioso-argilloso: riferito alle formazioni delle “Argille del Piancenziano” e delle “Sabbie di Asti”); il subcomplesso ha permeabilità variabile da media a bassa relativa agli orizzonti sabbiosi alla presenza in tenore variabile della matrice siltosa e di un debole grado di cementazione;
- subcomplesso argilloso-ghiaioso: ascrivibile ai depositi del Villafranchiano con grado di permeabilità degli orizzonti ghiaioso-sabbiosi in genere medio - alto.

Gli orizzonti ghiaiosi e sabbiosi della sequenza in facies transizionale Villafranchiana così come i livelli sabbiosi della sottostante serie marina pliocenica danno origine nel loro insieme, in ragione delle loro caratteristiche di permeabilità, ad un acquifero profondo multifalda in pressione sfruttato a scopo idropotabile. Tale acquifero profondo è alimentato prevalentemente dall'apporto per fenomeni di drenanza verticale dall'acquifero superficiale o, nei settori in corrispondenza ai rilievi alpini, per apporti da acquiferi laterali.

Complesso ghiaioso - sabbioso

Costituisce il complesso di età più recente (dal Pleistocene fino all'attuale) e si estende con continuità su tutta l'area torinese con potenza massima verso oriente di circa 70 m. È caratterizzato da alternanze di sedimenti più grossolani (ghiaie sabbiose, ghiaie sabbioso-limose e conglomerati) con orizzonti più fini (sabbie e limi debolmente argillosi).

Il Complesso ghiaioso-sabbioso costituisce l'acquifero superficiale ed è sede della falda superficiale di tipo libero. La presenza a diverse profondità di orizzonti argilloso-limosi o di livelli cementati anche di spessore plurimetri intercalati ai materiali più grossolani può determinare un effetto di confinamento della falda ad esclusivo carattere episodico e locale.

Il grado di permeabilità dell'acquifero è medio - alto e la conducibilità media è dell'ordine di 1×10^{-4} m/s, pur essendo influenzata dalla presenza di orizzonti a granulometria più fine.

Il campo di moto della falda è condizionato sia dall'andamento della superficie di appoggio basale dei depositi che costituiscono il Complesso ghiaioso-sabbioso sia dalla presenza dei corsi d'acqua che incidono il settore della pianura torinese. In generale il flusso di falda è diretto verso sud-sudest in direzione dell'asta fluviale del Po, che costituisce il livello di base dell'acquifero. Il gradiente medio della falda è pari a circa il 3%.

L'alimentazione dell'acquifero superficiale avviene prevalentemente per infiltrazione efficace delle precipitazioni e per fenomeni di alimentazione da parte dei corsi d'acqua e subordinatamente per fenomeni di alimentazione laterale da complessi idrogeologici che si trovano localmente in relazione di giustapposizione con l'acquifero stesso.

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
16.TO.VOLVERA	26.01.2017	Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 8 di 28

Per quanto concerne la falda idrica superficiale a superficie libera, dall'osservazione della "Carta dell'acquifero superficiale della provincia di Torino" allegata al Piano di Tutela delle Acque redatto dalla Regione Piemonte, si evince un andamento generale delle isopieze parallelo al contorno del bordo alpino ed al corso del Po, con quote via via decrescenti andando verso il tratto più a valle del fiume Po, il quale ne rappresenta il livello di base.

I terreni presenti in sito risultano, nel complesso, avere caratteri di permeabilità dipendenti dalla composizione granulometrica e dal differente grado di compattazione; in particolare i livelli sabbioso - limosi mostrano una permeabilità primaria (per porosità) medio - bassa mentre le intercalazioni costituite da una predominanza delle frazioni più fini (livelli argillosi) sono caratterizzate da un basso grado di permeabilità, conseguente ad un minor indice dei vuoti tra le particelle.

Sulla base delle considerazioni sopra riportate, nonché dell'analisi delle caratteristiche morfologiche ed idrogeologiche locali, si rappresenta che gli interventi in progetto non interferiranno con il locale assetto idrogeologico, risultando pertanto compatibili con questo. In base delle indagini eseguite (sondaggio geognostico eseguito in sito) nonché all'analisi della documentazione esistente (PAI, cartografia tecnica regionale, provinciale e comunale), è possibile segnalare la presenza di una falda acquifera alla profondità di m 4,5 circa da p.c. (al Dicembre 2016), non saranno comunque, da escludersi, in concomitanza di eventi piovosi intensi e/o prolungati, significativi innalzamenti del livello piezometrico e quindi prevedibili oscillazioni in rapporto agli apporti meteorici stagionali diretti ed indiretti che in ogni, caso non interferiranno con le opere esistenti e con quelle in progetto.

6. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGRAFICHE

Dal punto di vista idrologico, si evidenzia la possibilità di fenomeni d'inondazione per eventi eccezionali ($Tr > 500$ anni) da parte del torrente Chisola che potrebbero interessare il sito in oggetto. In ogni caso il battente idrico risulterebbe estremamente contenuto (< 50 cm) con acque a debole energia).

Valutata la natura del progetto in esame, nonché la limitata entità del rischio idraulico locale, si rappresenta che l'intervento in progetto non costituirà un incremento del suddetto rischio, ne' determinerà modifiche dell'assetto idraulico locale, risultando pertanto compatibile con le vigenti prescrizioni normative.

7. SINTESI DELLE RISULTANZE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E GEOTECNICHE

7.1 PREMESSA

Di seguito si riporta la sintesi delle risultanze delle indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche eseguite nell'area d'intervento. In allegato sono riportati i report originali delle indagini.

7.2 SONDAGGI GEOGNOSTICI

Nel periodo compreso tra il 5 e il 19 Dicembre 2016, è stata eseguita un'indagine geognostica dalla Sondeco s.r.l., costituita da n° 1 sondaggio geognostico con posa di tubazione per prove sismiche e n° 1 prova geofisica in foro di tipo Down Hole, ubicata presso le pertinenze della scuola primaria. Tale indagine aveva lo scopo di valutare l'assetto litostratigrafico e di acquisire i

parametri geotecnici necessari alla valutazione di fattibilità ed alla progettazione dell'intervento di adeguamento sismico dell'edificio scolastico.

Il sondaggio è stato eseguito a rotazione con carotaggio continuo utilizzando una sonda idraulica tipo CMV "MK 900 GL" montata su trattore gommato a trazione integrale; per tutta la lunghezza si sono utilizzati carotieri semplici aventi diametro 127 e 101 mm. Per stabilizzare in corso d'opera le pareti del foro sono stati impiegati rivestimenti metallici provvisori diametro 127 mm.

Il sondaggio DH1 è stato spinto fino alla profondità di m 30.00 dal piano campagna ed in corso d'opera sono state eseguite n° 5 prove SPT (Standard Penetration Test).

Il livello statico della falda rilevato nel corso delle operazioni di perforazione è riportato nella scheda stratigrafica.

I testimoni del carotaggio sono stati riposti in n° 6 cassette catalogatrici, opportunamente classificate e ricoverate in cantiere, a disposizione della Committenza.

Al termine della perforazione, la verticale di indagine DH1 è stata strumentata mediante la posa in opera di un tubo in PVC (diam. 3"), al fine di consentire la successiva esecuzione di una prova sismica di tipo "Down Hole"; la tubazione è stata resa solidale al terreno circostante mediante cementazione dell'intercapedine tra tubo e pareti del foro.

Le coordinate, la profondità di perforazione dei sondaggi, il numero di prove SPT eseguite in ciascuno ed il tipo di strumentazione installata sono riepilogati nella Tabella seguente:

Sondaggio n°	Coordinate del punto di indagine (GPS - gradi decimali)	Metodologia di perforazione	Profondità (m)	N° prove SPT	Campioni prelevati	Tipo di strumentazione
DH1	44.952500 7.508000	Carotaggio continuo	30.00	5	-	Tubazione per prova Down Hole

La sezione stratigrafica risultante è stata riportata in allegato.

7.3 RISULTANZE DELLE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (SPT)

Durante le operazioni di perforazione, sono state eseguite nel foro del sondaggio n. 5 prove penetrometriche di profondità, denominate SPT (Standard Penetration Test). Nella seguente tabella vengono indicati i risultati delle prove effettuate.

Profondità (m)	Nr. Colpi
3.15	3
3.30	4
3.45	5
6.15	11
6.30	11
6.45	18
9.15	14
9.30	14
9.45	10
12.15	18
12.30	23
12.45	31

15.15	13
15.30	19
15.45	16

Le prove penetrometriche dinamiche SPT, standardizzate a livello internazionale, sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio italiano ed estero da geologi e geotecnici, data la loro semplicità operativa, economicità, rapidità di esecuzione ed efficacia.

Le prove SPT, la cui metodologia è stata sviluppata negli USA a partire dagli Anni '20 del secolo scorso, vengono utilizzate per ottenere valori quantitativi sulla resistenza del terreno alla penetrazione e, qualora le caratteristiche dei materiali analizzati lo consentano, ricavare un campione semindisturbato di terreno.

La prova è di tipo discontinuo e viene eseguita nel corso della perforazione a carotaggio continuo, interrompendo l'avanzamento del sondaggio a intervalli regolari o prestabiliti e che consente di ottenere dati sulla consistenza e sul grado di addensamento dei terreni attraversati.

Le prove S.P.T. sono state effettuate tramite l'infissione, a partire dal fondo foro raggiunto, di un campionatore a parete grossa tipo Raymond (diam. 51 mm, lunghezza utile 562 mm), collegato al piano campagna da una batteria di aste di dimensioni standardizzate (diam. 51 mm, peso 7.5 kg/m), per mezzo di un'apparecchiatura a percussione del peso standard di 63.5 kg con sganciamento automatico del maglio (Trip Monkey tipo Pilcon) dall'altezza prefissata di 760 mm. Il dispositivo di sollevamento è fornito dall'organo oleodinamico della sonda perforatrice.

Nei casi in cui non vi era pericolo di repentino collasso del foro, la prova è stata eseguita immediatamente dopo la manovra di carotaggio e prima della manovra di rivestimento, per evitare disturbi al terreno, previa verifica della quota del fondo foro.

Il campionatore viene fatto penetrare nel terreno per una profondità di 45 cm, a partire dalla quota di fondo foro (eventualmente ripulito tramite apposita manovra), rilevando il numero di colpi (N) necessari per la penetrazione di ciascun intervallo di 15 cm. Il valore di NSPT è ottenuto sommando i colpi necessari per il 2° e 3° tratto.

La prova viene sospesa ogni qualvolta il numero di colpi N, per un tratto di 15 cm, supera il valore di 50, annotando in tal caso il rifiuto alla penetrazione e registrando l'infissione in centimetri ottenuta con 50 colpi.

Per l'esecuzione delle prove SPT si è utilizzato il campionatore Raymond corredato di una scarpa troncoconica a punta aperta, la cui lunghezza standard è di 76 mm.

La prova SPT può essere applicata su tutti i tipi di terreni e su rocce alterate o tenere. Per quanto riguarda i terreni ghiaiosi, questa tipologia d'indagine fornisce dei risultati validi se i ciottoli non hanno una pezzatura superiore a mm 50, altrimenti viene falsata dando dei valori ai quali corrisponderebbe un terreno molto più addensato.

L'elaborazione dei dati ottenuti dalle prove SPT, eseguita mediante appositi software, viene operata calcolando il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da diversi Autori. I suddetti programmi di calcolo permettono inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione delle prove penetrometriche SPT per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

In particolare è possibile ottenere informazioni su:

- andamento verticale ed orizzontale degli intervalli stratigrafici;
- caratterizzazione litologica di massima delle unità stratigrafiche;
- stima indicativa dei principali parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

Si riportano, di seguito, i dati ottenuti dall'elaborazione delle prove SPT eseguite in sito. Tale tipologia di prova porta ad una stima di massima dei parametri indicati, i quali dovranno essere confermati da prove ed analisi di laboratorio.

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra					
16.TO.VOLVERA	26.01.2017	Relazione geologica e geotecnica			Rev. 00 - Pag. 11 di 28

Il valore R riportato nella colonna con il numero di colpi significa rifiuto. Per fornire una stima indicativa dei parametri anche in quei casi ove si è ottenuto rifiuto, è stato posto un numero di colpi pari a 50, cioè il massimo numero di colpi accettabile per l'infissione di 15 cm.

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DH1

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	9	3.45	9	Gibbs & Holtz 1957	39.2
[2] - Strato	29	6.45	22	Gibbs & Holtz 1957	74.33
[3] - Strato	24	9.45	19.5	Gibbs & Holtz 1957	85.79
[4] - Strato	54	12.45	34.5	Gibbs & Holtz 1957	100
[5] - Strato	35	15.45	25	Gibbs & Holtz 1957	0

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	9	3.45	9	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	26.62
[2] - Strato	29	6.45	22	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	33.17
[3] - Strato	24	9.45	19.5	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	32.10
[4] - Strato	54	12.45	34.5	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	37.75
[5] - Strato	35	15.45	25	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	34.36

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
[1] - Strato	9	3.45	9	Bowles (1982) Sabbia Media	---
[2] - Strato	29	6.45	22	Bowles (1982) Sabbia Media	185.00
[3] - Strato	24	9.45	19.5	Bowles (1982) Sabbia Media	172.50
[4] - Strato	54	12.45	34.5	Bowles (1982) Sabbia Media	247.50
[5] - Strato	35	15.45	25	Bowles (1982) Sabbia Media	200.00

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
16.TO.VOLVERA	26.01.2017	Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 12 di 28

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	9	3.45	9	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[2] - Strato	29	6.45	22	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - Strato	24	9.45	19.5	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] - Strato	54	12.45	34.5	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO
[5] - Strato	35	15.45	25	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Strato	9	3.45	9	Meyerhof ed altri	1.70
[2] - Strato	29	6.45	22	Meyerhof ed altri	2.03
[3] - Strato	24	9.45	19.5	Meyerhof ed altri	1.98
[4] - Strato	54	12.45	34.5	Meyerhof ed altri	2.17
[5] - Strato	35	15.45	25	Meyerhof ed altri	2.08

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Strato	9	3.45	9	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.91
[2] - Strato	29	6.45	22	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.44
[3] - Strato	24	9.45	19.5	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.38
[4] - Strato	54	12.45	34.5	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.50
[5] - Strato	35	15.45	25	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.50

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	9	3.45	9	(A.G.I.)	0.34
[2] - Strato	29	6.45	22	(A.G.I.)	0.31
[3] - Strato	24	9.45	19.5	(A.G.I.)	0.32
[4] - Strato	54	12.45	34.5	(A.G.I.)	0.29
[5] - Strato	35	15.45	25	(A.G.I.)	0.3

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
16.TO.VOLVERA	26.01.2017	Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 13 di 28

7.3 INDAGINE SISMICA (MASW)

L'esecuzione della prova geofisica di tipo Down Hole è stata eseguita dalla Sondeco s.r.l. in collaborazione con Techgea s.r.l. La descrizione della metodologia adottata ed i risultati dell'indagine sismica sono riportati in apposito allegato.

L'indagine sismica in foro di tipo downhole ha il compito di supportare la progettazione degli interventi di adeguamento sismico di un edificio esistente definendo la classe sismica di suolo secondo le prescrizioni del D.M. 14/01/2008 "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni"

L'acquisizione dei dati sismici a rifrazione è stata realizzata con sismografo Daq Link IV (Seismic Source, USA) a 24 canali. L'unità di acquisizione, dotata di un convertitore analogico/digitale a 24 bit, è fornita di una connessione di rete standard 10/100 (base RJ45) per la comunicazione con un laptop su cui è installato il software (VibraScope® v.2.4.40) che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate.

La sonda impiegata in foro utilizza 24 sensori 20DM 10-280 con frequenza caratteristica pari a 10 Hz. posizionati in otto terne cartesiane equispaziate a un metro di distanza e un sistema pneumatico di accoppiamento con le pareti del foro.

La generazione del segnale sismico è stata realizzata con mazza da 10 Kg dotata di interruttore inerziale; per ogni intervallo di misura (1 metro) è stata effettuata la registrazione con energizzazione verticale su piastra metallica, e due registrazioni con energizzazione tangenziale diretta e coniugata su traversina in legno. La prima base di energizzazione è utilizzata per determinare la velocità delle onde di compressione. La seconda e la terza base di energizzazione hanno la funzione di generare una coppia di onde di taglio a polarità opposta, utili a riconoscere i primi arrivi delle onde di taglio una volta sovrapposti i sismogrammi.

Per determinare il tempo di arrivo delle onde S si è proceduto a ricostruire un unico file contenente tutte le registrazioni sismiche ottenute alle diverse profondità. Successivamente, si è proceduto all'operazione di riconoscimento dei tempi di primo arrivi (picking), con il software ReflexW (Sandmeier software, DE).

Poiché le onde sismiche prodotte dalla sorgente, data la sua posizione spostata di 2 m, non si propagano esattamente in direzione verticale rispetto ai ricevitori, i tempi di primo arrivo sono stati corretti per tenere conto dell'inclinazione del percorso effettivo.

I valori di velocità di propagazione delle onde di taglio e delle onde di compressione sono stati calcolati con il metodo dell'intervallo reale, con determinazione delle velocità relative ad ogni punto di misura (ogni metro) calcolati per differenza tra misure successive.

Il grafico delle velocità è stato, invece, definito con il metodo dei tempi intercetti, che tende a "mediare" eventuali variazioni locali non correlabili a fattori naturali (variazioni stratigrafiche) ma piuttosto legate a difformità della cementazione.

L'analisi dei tempi di primo arrivo evidenzia una prima importante differenza tra le onde di compressione P e le onde di taglio S, determinato dall'effetto della saturazione già a partire da 4-5 m di profondità.

L'assetto sismostratigrafico (basato sul modello di velocità delle onde di taglio) è definito come segue:

- fino a circa 6 m di profondità le onde di taglio presentano velocità pari a circa 220 m/s. Tale livello sismostratigrafico corrisponde con i terreni sciolti ed eterogenei superficiali.
- Da 6 a 11 metri di profondità si manifestano valori di velocità delle onde di taglio pari a 342 m/s. I terreni attraversati sono caratterizzati da scheletro a granulometria grossolana ed addensamento moderato.
- Tra 11 e 23 metri di profondità sono stati rilevati valori di velocità (380 m/s circa) compatibili con terreni mediamente addensati a granulometria non uniforme da fine a medio grossolana.

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
16.TO.VOLVERA	26.01.2017	Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 14 di 28

- Da 23 m a 30 m (fondo foro) la velocità delle onde di taglio assume valori pari a circa 500 m/s; i depositi attraversati presentano un addensamento medio-alto, granulometria grossolana e presenza di matrice sabbioso-limosa a tratti abbondante.

Secondo la normativa sismica vigente, costituita per la Regione Piemonte dalla D.G.R. n. 4-3084 del 12.12.2011 e s.m.i., il Comune di Volvera ricade in zona 3.

Il D.M. 14/01/2008 “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni” individua come parametro di riferimento per la classificazione sismica dei suoli la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità dal piano campagna (V_{s30}) e viene calcolato con la seguente formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità (in m/s) delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Il **valore di V_{s30}** definito al piano campagna mediante la prova downhole è pari a **344 m/s**. Pertanto è possibile definire il contesto geotecnico esaminato come suolo di classe sismica “C”.

Suolo	Descrizione geotecnica	V_{s30} [m/s]
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s	344 m/s

8. CARATTERISTICHE SISMICHE

Introduzione

Secondo l’Ordinanza n. 3274 della Presidenza del Consiglio dei Ministri, aggiornata con le comunicazioni fornite dalle Regioni, vengono individuate, nelle “norme tecniche”, 4 valori di accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (A_g/g). Ciascuna zona viene individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (A_g), con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni (A_g/g).

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [A_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [A_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15 – 0,25	0,25
3	0,05 – 0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

Il Comune di Volvera, interessato dall'intervento in esame, ricade nella classificazione sismica dei Comuni italiani in **Zona 3**. Tale zona corrisponde a:

Accelerazione orizz. con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni $[Ag/g] = 0,05 - 0,15$

Accelerazione orizz. di ancoraggio dello spettro di risposta elastico $[Ag/g] = 0,15$

Categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto, come riportato nel D.M. delle Infrastrutture 14.01.2008, punto 3.2.2 "Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche", si definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (Tabella 3.2.II - le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni superficiali, oppure alla quota di testa dei pali nel caso di fondazioni speciali):

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_{s,30} > 800$ m/s).

In aggiunta a queste categorie, se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare (Tabella 3.2.III):

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Nelle definizioni precedenti $V_{s,30}$ è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s]}$$

La resistenza penetrometrica dinamica equivalente $N_{SPT,30}$ è definita dall'espressione:

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{N_{SPT,i}}}$$

La resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ è definita dall'espressione:

$$c_{u,30} = \frac{\sum_{i=1,K} h_i}{\sum_{i=1,K} \frac{h_i}{c_{u,i}}}$$

dove:

- h_i spessore (in metri) dell' i -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;
- $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;
- $N_{SPT,i}$ numero di colpi NSPT nell' i -esimo strato;
- $c_{u,i}$ resistenza non drenata nell' i -esimo strato;
- N numero di strati compresi nei primi 30 m di profondità;
- M numero di strati di terreni a grana grossa compresi nei primi 30 m di profondità;
- K numero di strati di terreni a grana fina compresi nei primi 30 m di profondità;
- h_i e V_i indicano la potenza (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $< 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Il terreno indagato, in base alle indagini sismiche eseguite, rientra all'interno della **categoria C**: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti S_s e C_c valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_o e T_c^* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V del D.M., nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo T_c^* è espresso in secondi.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

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

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
16.TO.VOLVERA	26.01.2017	Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 17 di 28

- ag accelerazione orizzontale massima del terreno;
- Fo 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.

Per ciascun nodo del *reticolo di riferimento* e per ciascuno dei periodi di ritorno T_r considerati dalla *pericolosità sismica*, i 3 parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

- ag il valore previsto dalla *pericolosità sismica*;
- Fo e T_c * i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla *pericolosità sismica* (la condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

Sempre in merito alle indicazioni fornite nel suddetto punto 3.2.2 del D.M. 14.01.2008, si rappresenta che la risposta sismica locale di un sito, oltre che dalle caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo, dipende anche dalla conformazione morfologica dei luoghi. Pertanto, qualora le caratteristiche topografiche dei luoghi non risultino particolarmente complesse (caso nel quale è necessario prevedere una modellizzazione particolare del sito, necessaria per identificare correttamente le caratteristiche di risposta sismica locale), vengono individuate 4 diverse categorie topografiche, rappresentative di altrettante configurazioni superficiali semplici, riportate nella successiva tabella (Tabella 3.2.IV).

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 $i > 30^\circ$

Come riportato nel Decreto, le su esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

L'area d'intervento, secondo quanto verificato dai rilevamenti eseguiti in sito, ricade in una zona sub-pianeggiante: pertanto, tale area risulta essere compresa nella categoria topografica **T1** = "*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$* ".

Con l'entrata in vigore del D.M. 14.01.2008 la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s,30} > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". Ciò comporta delle non trascurabili differenze nel calcolo dell'accelerazione sismica di base rispetto alle precedenti normative.

Ai fini della stima dell'azione sismica di progetto relativa al sito ubicato nel territorio comunale in oggetto, con le precedenti normative in campo antisismico, applicando il criterio "zona dipendente" avremmo potuto stimare l'accelerazione di base (senza considerare l'incremento dovuto ad effetti locali dei terreni) in maniera automatica, poiché essa sarebbe stata direttamente correlata alla Zona sismica di appartenenza del Comune (nel caso in esame, Zona sismica 4).

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 Gennaio 2008 la classificazione sismica del territorio è scollegata dalla determinazione dell'azione sismica di progetto, mentre rimane il riferimento per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica. Pertanto (secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 14.01.2008) la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
16.TO.VOLVERA	26.01.2017	Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 18 di 28

calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le coordinate geografiche (o l'indirizzo ove disponibile), riportate nel reticolo di riferimento.

Ai fini della determinazione della pericolosità sismica il primo passo consiste nella determinazione di a_g (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido). Per tale determinazione è necessario conoscere, come anticipato, le coordinate geografiche dell'opera da verificare. Le coordinate geografiche dovranno essere trasformate da gradi sessagesimali a decimali. Si determina, quindi, la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e, sulla base della maglia interessata, si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto. Di seguito si riportano i parametri sismici validi per il sito in esame:

Tipo di elaborazione: fondazioni

Sito in esame.

latitudine:	44,9536
longitudine:	7,509229
Classe:	4
Vita nominale:	50 anni

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 14234	Lat: 44,9346	Lon: 7,4877	Distanza: 2710,134
Sito 2	ID: 14235	Lat: 44,9381	Lon: 7,5582	Distanza: 4219,015
Sito 3	ID: 14013	Lat: 44,9880	Lon: 7,5532	Distanza: 5156,903
Sito 4	ID: 14012	Lat: 44,9845	Lon: 7,4828	Distanza: 4012,094

Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	100 anni
Coefficiente c_u :	2

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	60	[anni]
a_g :	0,040	g
F_o :	2,552	
T_c^* :	0,218	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	101	[anni]
a_g :	0,050	g
F_o :	2,560	
T_c^* :	0,235	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	949	[anni]
a_g :	0,107	g
F_o :	2,597	
T_c^* :	0,277	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	1950	[anni]

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
16.TO.VOLVERA	26.01.2017	Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 19 di 28

ag: 0,133 g
Fo: 2,597
Tc*: 0,286 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,740
St: 1,000
Kh: 0,012
Kv: 0,006
Amax: 0,592
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,690
St: 1,000
Kh: 0,015
Kv: 0,007
Amax: 0,731
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,500
Cc: 1,600
St: 1,000
Kh: 0,039
Kv: 0,019
Amax: 1,577
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,490
Cc: 1,590
St: 1,000
Kh: 0,048
Kv: 0,024
Amax: 1,945
Beta: 0,240

9. MODELLO GEOTECNICO

Le indagini eseguite hanno evidenziato la presenza in sito di depositi fluviali sabbioso - limosi superficialmente frammisti a materiale di riporto antropico sovrapposti ad una sequenza fluvio-glaciale ghiaioso – sabbiosa.

Al fine della ricostruzione del modello geotecnico dell'area d'intervento, sulla base delle indagini eseguite, è stato possibile individuare le seguenti *unità litologiche* aventi caratteristiche geotecniche omogenee:

						VALORI MEDI		
Unità litologica	Litologia	Profondità massima	Nspt medio	Tipo	Classificazione A.G.I.	γ_m	ϕ'_m	C_m
		m da p.c.				t/m ³	°	kg/cm ²
1	Limi e argille	0,0 – 2,5	9	Incoerente	Sciolto	1,8	26	0,1
2	Ghiaie e sabbie	2,5 – 21,5	35	Incoerente	Da moderatamente addensato ad addensato	2,2	33	0,0
3	Argille plastiche e limi	21,5 – 23,0	-	Coerente	Consistente	2,0	22	0,1
4	Sabbie limose	23,0 – 30,0	-	Incoerente	Addensato	2,1	30	0,0

dove:

Nspt : numero colpi riferibili ad una prova SPT;

γ_m : peso di volume secco;

ϕ'_m : angolo di attrito interno efficace;

C_m : coesione.

Di seguito si riportano i valori caratteristici coincidenti con i valori medi da adottare nei calcoli ove vengano previste Combinazioni contenenti M1, ai sensi del D.M. 14.01.2008.

						VALORI CARATTERISTICI		
Unità litologica	Litologia	Profondità massima	Nspt medio	Tipo	Classificazione A.G.I.	γ_k	ϕ'_k	C_k
		m da p.c.				t/m ³	°	kg/cm ²
1	Limi e argille	0,0 – 2,5	9	Incoerente	Sciolto	1,8	26	0,1
2	Ghiaie e sabbie	2,5 – 21,5	35	Incoerente	Da moderatamente addensato ad addensato	2,2	33	0,0
3	Argille plastiche e limi	21,5 – 23,0	-	Coerente	Consistente	2,0	22	0,1
4	Sabbie limose	23,0 – 30,0	-	Incoerente	Addensato	2,1	30	0,0

dove:

Nspt : numero colpi riferibili ad una prova SPT;

γ_k : peso di volume secco;

ϕ'_k : angolo di attrito interno;

C_k : coesione.

I valori di progetto da adottare nei calcoli ove vengano previste Combinazioni contenenti M2, dovranno essere ottenuti dividendo i valori caratteristici per un coefficiente riduttivo parziale secondo quanto indicato nell'Eurocodice 7 e nel D.M. 14.01.2008 – NTC. Tali parametri vengono ottenuti dividendo i valori caratteristici per i seguenti coefficienti di riduzione:

$$\gamma_d = \gamma_k/1;$$

$$\varphi'_d = \varphi'_k/1,25;$$

$$C_d = C_k/1,4.$$

						VALORI DI PROGETTO		
Unità litologica	Litologia	Profondità massima	Nspt medio	Tipo	Classificazione A.G.I.	γ_d	φ'_d	C_d
		m da p.c.				t/m ³	°	kg/cm ²
1	Limi e argille	0,0 – 2,5	9	Incoerente	Sciolto	1,8	20,8	0,1
2	Ghiaie e sabbie	2,5 – 21,5	35	Incoerente	Da moderatamente addensato ad addensato	2,2	26,4	0,0
3	Argille plastiche e limi	21,5 – 23,0	-	Coerente	Consistente	2,0	17,6	0,1
4	Sabbie limose	23,0 – 30,0	-	Incoerente	Addensato	2,1	24,0	0,0

dove:

Nspt : numero colpi riferibili ad una prova SPT;

γ_d : peso di volume secco;

φ'_d : angolo di attrito interno;

C_d : coesione.

Lo schema geotecnico valido per l'area d'intervento, dedotto dalle indagini eseguite è il seguente:

- piano campagna di riferimento locale: orizzontale;
- profondità della falda: 4,5;
- terreno di fondazione probabile: Unità litologica 2;
- volume significativo: Unità litologica 1-2;
- valori medi parametri: vedasi tabella precedente.

Si rappresenta che l'Unità litologica 2 è idonea ad essere utilizzata come piano di appoggio ad opere fondazionali di tipo superficiale..

10. OPERE DI FONDAZIONE

10.1 Premessa

Una volta ottenuti i predetti valori caratteristici e di progetto da utilizzarsi nelle diverse tipologie di verifiche da parte del Progettista, tutte le opere e le componenti strutturali dovranno essere progettate, eseguite, collaudate, verificate e soggette a manutenzione in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dalla normativa vigente.

Le opere e le varie tipologie strutturali dovranno possedere i seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU);

- capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone, o comportare la perdita di beni, o provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera;
- sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- robustezza nei confronti di azioni eccezionali: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti.

Il superamento di uno stato limite ultimo (SLU) ha carattere irreversibile e si definisce collasso. Il superamento di uno stato limite di esercizio (SLE) può avere carattere reversibile o irreversibile.

Il superamento di uno stato limite di esercizio (SLE) ha carattere reversibile nel caso che si esamini una situazione in cui la deformazione o il danno cessino con l'estinguersi della causa che ha determinato il superamento dello stato limite. Se, pur non avendosi il collasso, l'opera subisce lesioni tali da renderla inutilizzabile, in quest'ultimo caso siamo in presenza di danni irreversibili o di deformazioni permanenti inaccettabili. Ad esempio, nel caso di una fondazione superficiale ciò può verificarsi quando i cedimenti del terreno superano una soglia critica, provocando delle distorsioni angolari non accettabili negli elementi della sovrastruttura.

Per le opere esistenti è possibile fare riferimento a livelli di sicurezza diversi da quelli delle nuove opere ed è anche possibile considerare solo gli stati limite ultimi (SLU).

La verifica della sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) di resistenza si ottiene con il "Metodo semiprobabilistico dei Coefficienti parziali" di sicurezza tramite l'equazione:

$$R_d > E_d$$

con:

R_d = resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate (di pertinenza del geotecnico e dello strutturista);

E_d = valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato in base ai valori di progetto nelle varie combinazioni di carico (di pertinenza dello strutturista).

Disponendo dei carichi indotti dalle strutture in progetto, nonché dei parametri caratteristici e di progetto forniti, dovranno essere effettuate dal Progettista le verifiche ai diversi stati limite del sistema geotecnico per le combinazioni A1+M1+R1, A2+M2+R2 e A1+M1+R3, suddivise nei 2 approcci previsti, applicando i coefficienti parziali sui parametri del D.M. 14.01.2008 indicati nelle tabelle seguenti.

PARAMETRO		COEFF. PARZIALE	
		A1	A2
Carichi permanenti		$\gamma_G = 1,3$	$\gamma_G = 1,0$
Carichi variabili		$\gamma_Q = 1,5$	$\gamma_Q = 1,3$

PARAMETRO		COEFF. PARZIALE	
		M1	M2
Angolo di attrito	$\tan \phi'$	$\gamma_{\phi'} = 1,00$	$\gamma_{\phi'} = 1,25$
Coesione	c'	$\gamma_{c'} = 1,00$	$\gamma_{c'} = 1,25$
Resistenza non drenata	c_u	$\gamma_{cu} = 1,00$	$\gamma_{cu} = 1,40$
Peso di volume	γ	$\gamma_T = 1,00$	$\gamma_T = 1,00$

PARAMETRO	COEFF. PARZIALE		
	R1	R2	R3
Carico limite	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
16.TO.VOLVERA	26.01.2017	Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 23 di 28

10.2 Opere di fondazione

In base al modello geologico evidenziato ed a quello geotecnico sopradescritto, si evince come le opere di fondazione dei manufatti in oggetto trasferiscono le azioni ai depositi fluvio-glaciali, individuati a partire da una profondità di 2,5 m circa da p.c. (Unità litologica 2).

Non disponendo, allo stato attuale, dei valori dei carichi ed azioni indotti dal manufatto in oggetto, nonché dell'esatte caratteristiche delle opere fondazionali, per le verifiche di tali opere si rimanda alla *Relazione sulle opere fondazionali* a firma del Progettista delle strutture.

Nel caso il Progettista delle verifiche delle opere fondazionali nei confronti dei diversi Stati Limite strutturali (STR) e geotecnici (GEO) utilizzi i seguenti approcci: DA1.1 - Approccio 1 - Combinazione 1: (A1+M1+R1) e DA1.2 - Approccio 2 - Combinazione 1: (A1+M1+R3) i parametri di riferimento che dovranno essere utilizzati saranno quelli *caratteristici* (γ_k, Cu_k, ϕ'_k). Nel caso venga invece utilizzato il seguente approccio: DA1.1 - Approccio 1 - Combinazione 2: (A2+M2+R2), i parametri da utilizzare saranno quelli di *progetto* (γ_d, Cu_d, ϕ'_d).

11. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente relazione geologica e geotecnica a supporto del progetto definitivo/esecutivo degli interventi di adeguamento sismico dell'edificio scolastico "Primo Levi" sito in Comune di VOLVERA (TO) - via Garibaldi 1, ha fatto seguito ad un sopralluogo e ad un'indagine geologico - tecnica e sismica eseguita in sito, su incarico conferito allo scrivente dall'AMMINISTRAZIONE COMUNALE.

Le indagini eseguite, estese ad un significativo intorno dell'area interessata dagli interventi, in ottemperanza al Testo Unitario - Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14.01.2008), sono state finalizzate alla definizione delle condizioni geologiche e geomorfologiche del sito e delle caratteristiche geotecniche dei materiali ricadenti nel volume significativo dei manufatti, verificando i possibili scenari di rischio e le problematiche esecutive, con il preciso intento di definirne le potenzialità di fruizione in relazione all'assetto territoriale, verificando le condizioni di stabilità, l'eventuale presenza di elementi morfogenici dissestivi e lo stato di fatto, traendone le opportune valutazioni sulla compatibilità degli interventi con la situazione idrogeologica, geomorfologica, litologica e sismica locale.

Più precisamente è stato definito un modello geologico - tecnico e sismico del volume di sottosuolo interagente con le opere da realizzare e/o realizzate, determinando le proprietà geotecniche e geomeccaniche iniziali per i diversi litotipi e le diverse zone d'omogeneità con riferimento al volume significativo, al fine di permettere la corretta caratterizzazione del sottosuolo. Alla luce delle indagini eseguite è possibile affermare quanto segue:

- trattandosi della realizzazione di modesti interventi accessori ad un fabbricato sito all'interno di un contesto già antropizzato, si ritiene che gli effetti indotti sull'ambiente circostante saranno notevolmente contenuti.
- Nel complesso, dal confronto con la cartografia di Piano, l'intervento in oggetto risulta compatibile con la Normativa Generale.
- Dal punto di vista idrologico ed idraulico, si evidenzia la possibilità di fenomeni d'inondazione per eventi eccezionali ($Tr > 500$ anni) da parte del torrente Chisola che potrebbero interessare il sito in oggetto. In ogni caso il battente idrico risulterebbe estremamente contenuto (< 50 cm) con acque a debole energia. Valutata la natura del progetto in esame, nonché la limitata entità del rischio idraulico locale, si rappresenta che l'intervento in progetto non costituirà un incremento del suddetto rischio, ne' determinerà modifiche dell'assetto idraulico locale, risultando pertanto compatibile con le vigenti prescrizioni normative.

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
16.TO.VOLVERA	26.01.2017	Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 24 di 28

- I manufatti presenti nell'area in esame e nel suo intorno non manifestano lesioni significative. La presenza di piccole lesioni in alcuni fabbricati è, presumibilmente, attribuibile ad assestamenti strutturali degli edifici stessi.
- Dal punto di vista geolitologico, in base al rilievo effettuato ed a quanto riportato sul Foglio n° 68 "Carmagnola" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, i terreni presenti nell'area d'indagine e nel suo intorno sono di origine fluvio – glaciale e fluviale ed appartengono al "Sistema dei terrazzi a depositi argilloso-sabbioso-ghiaiosi, con paleosuolo giallo-rossiccio, sospesi sino ad una decina di metri sulle Alluvioni Medio recenti del Fiume Po (Fluviale e Fluvioglaciale Riss)". I terreni fluvioglaciali rissiani sono costituiti da depositi ghiaioso-ciottolosi con testimoni di paleosuolo rossastro argillificato, quasi sempre ricoperto dalla coltre eolica precedentemente descritta. Le ghiaie sono più o meno grossolane e sono intercalate a sabbie e sabbie argillose in stratificazione lenticolare. Taluni livelli ghiaioso-sabbiosi risultano fortemente cementati, formando dei diaframmi impermeabili in grado di pressurizzare localmente le falde e garantire loro una certa protezione nei confronti di eventuali apporti inquinanti dall'alto.
- Dal punto di vista idrogeologico, sulla base delle considerazioni sopra riportate, nonché dell'analisi delle caratteristiche morfologiche ed idrogeologiche locali, si rappresenta che gli interventi in progetto non interferiranno con il locale assetto idrogeologico, risultando pertanto compatibili con questo. In base delle indagini eseguite (sondaggio geognostico eseguito in sito) nonché all'analisi della documentazione esistente (PAI, cartografia tecnica regionale, provinciale e comunale), è possibile segnalare la presenza di una falda acquifera alla profondità di m 4,5 circa da p.c. (al Dicembre 2016), non saranno comunque, da escludersi, in concomitanza di eventi piovosi intensi e/o prolungati, significativi innalzamenti del livello piezometrico e quindi prevedibili oscillazioni in rapporto agli apporti meteorici stagionali diretti ed indiretti che in ogni, caso non interferiranno con le opere esistenti e con quelle in progetto.
- Dal punto di vista sismico il Comune di Volvera, interessato dall'intervento in esame, ricade nella classificazione sismica dei Comuni italiani in Zona 3. Tale zona corrisponde a:
 - Accelerazione orizz. con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni $[Ag/g] = 0,05 - 0,15$
 - Accelerazione orizz. di ancoraggio dello spettro di risposta elastico $[Ag/g] = 0,15$

Sulla base delle risultanze delle indagini eseguite in corrispondenza del lotto in esame, il sito è stato classificato come **categoria C**: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- Le indagini eseguite hanno evidenziato la presenza in sito di depositi fluviali sabbioso - limosi superficialmente frammisti a materiale di riporto antropico sovrapposti ad una sequenza fluvio- glaciale ghiaioso – sabbiosa. Al fine della ricostruzione del modello geotecnico dell'area d'intervento, sulla base delle indagini eseguite, è stato possibile individuare le seguenti *unità litologiche* aventi caratteristiche geotecniche omogenee:

						VALORI MEDI		
Unità litologica	Litologia	Profondità massima	Nspt medio	Tipo	Classificazione A.G.I.	γ_m	ϕ'_m	C_m
		m da p.c.				t/m ³	°	kg/cm ²
1	Limi e argille	0,0 – 2,5	9	Incoerente	Sciolto	1,8	26	0,1
2	Ghiaie e sabbie	2,5 – 21,5	35	Incoerente	Da moderatament e addensato ad addensato	2,2	33	0,0
3	Argille plastiche e limi	21,5 – 23,0	-	Coerente	Consistente	2,0	22	0,1
4	Sabbie limose	23,0 – 30,0	-	Incoerente	Addensato	2,1	30	0,0

dove:

Nspt : numero colpi riferibili ad una prova SPT;

γ_m : peso di volume secco;

ϕ'_m : angolo di attrito interno efficace;

C_m : coesione.

- In base al modello geologico evidenziato ed a quello geotecnico sopradescritto, si evince come le opere di fondazione dei manufatti in progetto trasferiscono le azioni ai depositi fluvio-glaciali, individuati a partire da una profondità di 2,5 m circa da p.c. (Unità litologica 2). Non disponendo, allo stato attuale, dei valori dei carichi ed azioni indotti dal manufatto in oggetto, nonché dell'esatte caratteristiche delle opere fondazionali, per le verifiche di tali opere si rimanda alla *Relazione sulle opere fondazionali* a firma del Progettista delle strutture. Nel caso il Progettista delle verifiche delle opere fondazionali nei confronti dei diversi Stati Limite strutturali (STR) e geotecnici (GEO) utilizzi i seguenti approcci: DA1.1 - Approccio 1 - Combinazione 1: (A1+M1+R1) e DA1.2 - Approccio 2 - Combinazione 1: (A1+M1+R3) i parametri di riferimento che dovranno essere utilizzati saranno quelli *caratteristici* ($\gamma_k, C_{u,k}, \phi'_k$). Nel caso venga invece utilizzato il seguente approccio: DA1.1 - Approccio 1 - Combinazione 2: (A2+M2+R2), i parametri da utilizzare saranno quelli di *progetto* ($\gamma_d, C_{u,d}, \phi'_d$).

Alla luce delle risultanze delle indagini geologiche, geotecniche e sismiche eseguite sul terreno in oggetto e sull'area ad esso circostante, all'interno di un volume significativo, riportate nella presente *Relazione Geologica e Geotecnica*, si può concludere che il sito debba ritenersi idoneo ad accogliere le opere in progetto (interventi di adeguamento sismico) nell'assoluto rispetto delle raccomandazioni geotecniche fornite.

Si attesta, pertanto, la fattibilità geologica, geotecnica e sismica dell'intervento in progetto.

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
16.TO.VOLVERA	26.01.2017	Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 26 di 28

La presente relazione costituisce adempimento alle Norme Tecniche di cui al D.M. 14.01.2008.

Torino, 26 Gennaio 2017

Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI



Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
16.TO.VOLVERA	26.01.2017	Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 27 di 28

12. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

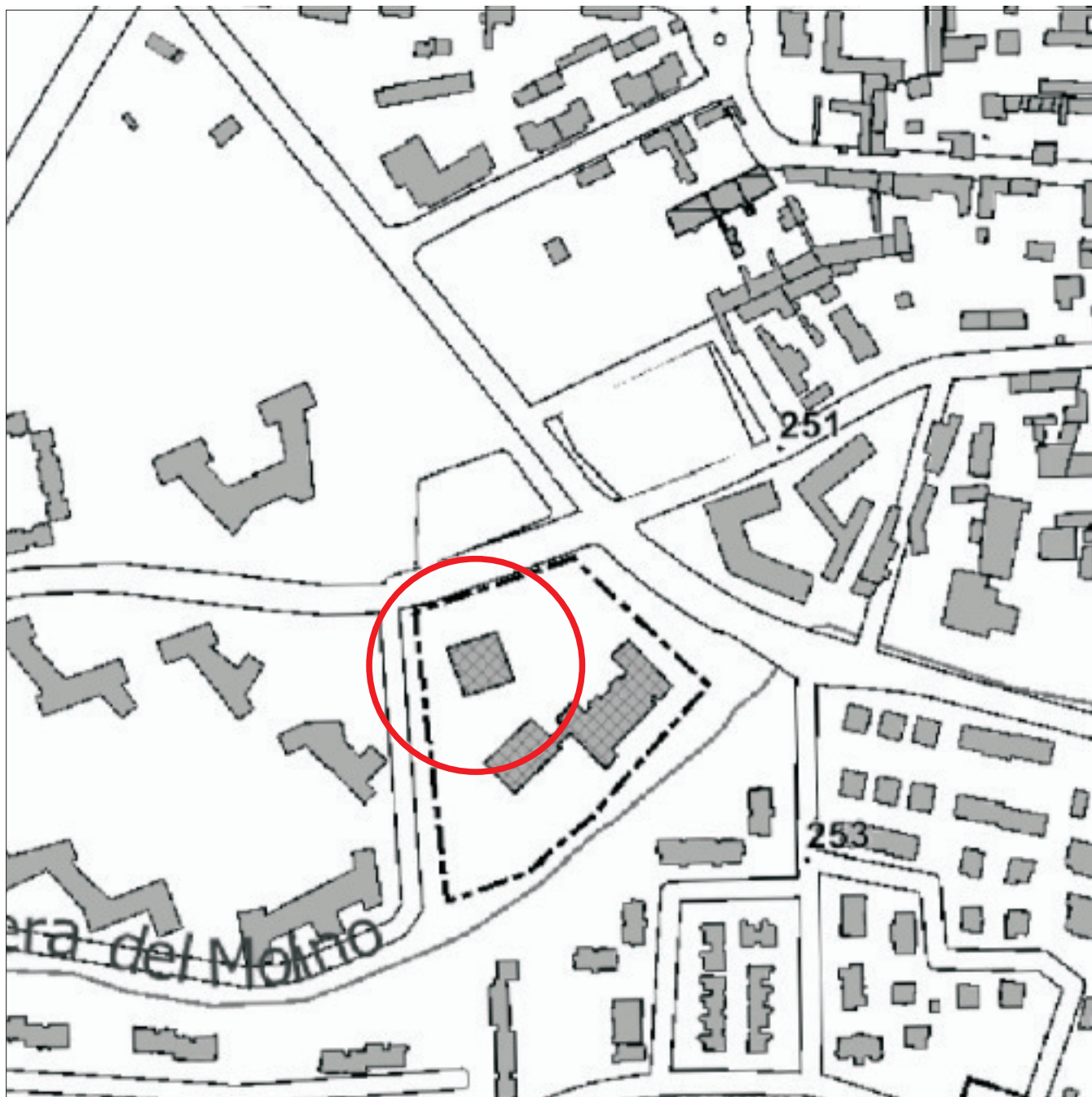
- Cestari F. (1990) "Prove geotecniche in sito" Ed. Geo-Graph snc. Segrate (MI).
- D. Ministero LL.PP. "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate (...)" Suppl. Ord. alla Gazzetta Ufficiale n. 4 del 1.06.1988.
- D. Ministero Infrastrutture e Trasporti 14.09.2005 "Testo Unitario delle Norme Tecniche per le costruzioni" Suppl. Ord. n. 159 alla Gazzetta Ufficiale n. 222 del 23.09.2005.
- EN 1998-1 (rev. 2003) "Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance" CEN/TC250/SC-8.
- Lupini J.F., Skinner A.E., Vaughan P.R. (1981) "The Drained Residual Strength of Cohesive Soils" Geotechnique 31, n. 2, pp 181-213.
- Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 – "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generali da utilizzare per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" Gazzetta Ufficiale n. 108 del 11.05.2006.
- Regione Piemonte "Piano di tutela delle acque".
- P.R.G.C.
- Decreto Ministeriale 14.01.2008 "Norme tecniche per le costruzioni".

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
16.TO.VOLVERA	26.01.2017	<i>Relazione geologica e geotecnica</i>	Rev. 00 - Pag. 28 di 28

13. ALLEGATI

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Scala 1:5.000



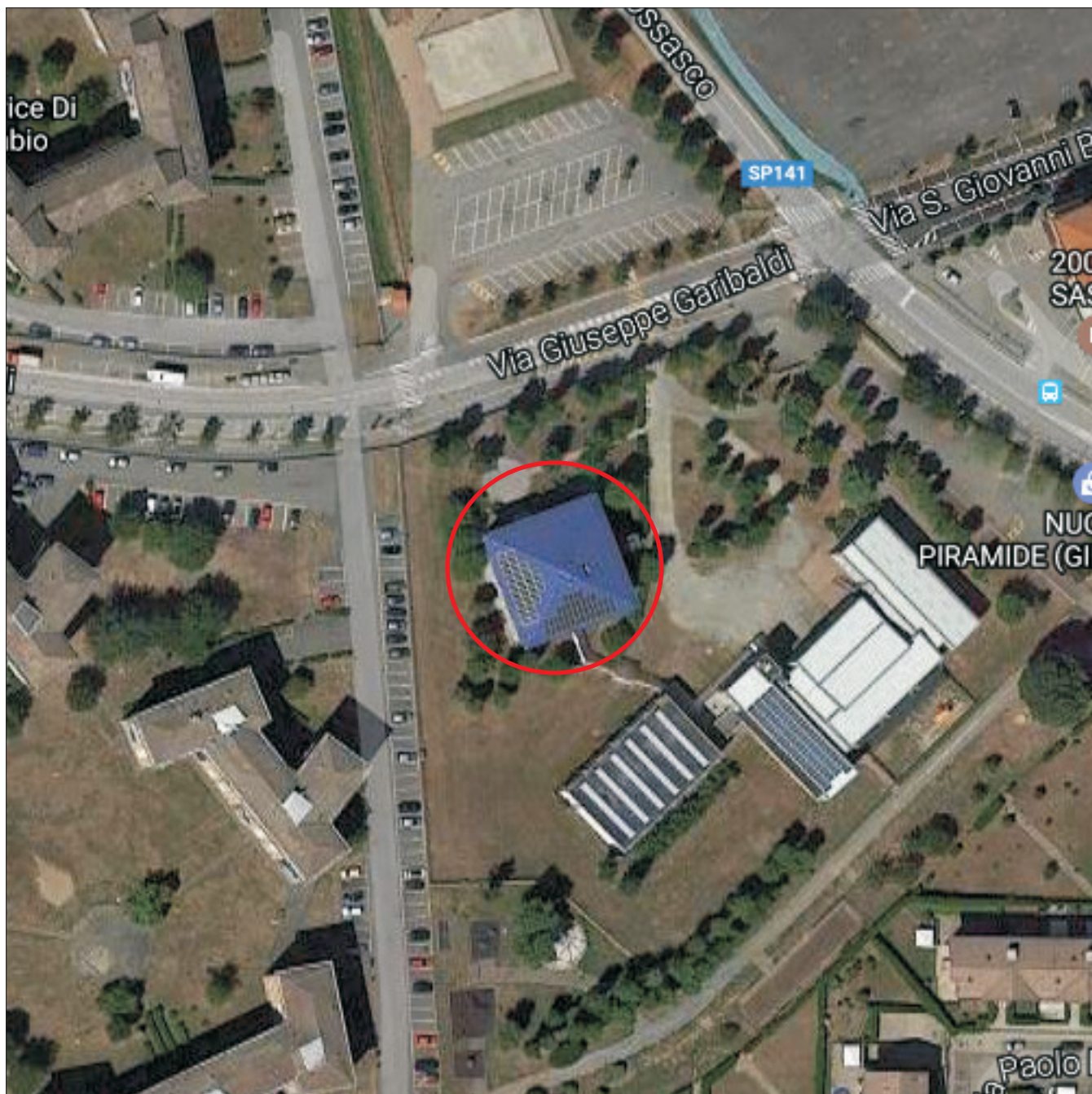
LEGENDA



Ubicazione area d'indagine

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

(Foto aerea dell'area in esame)



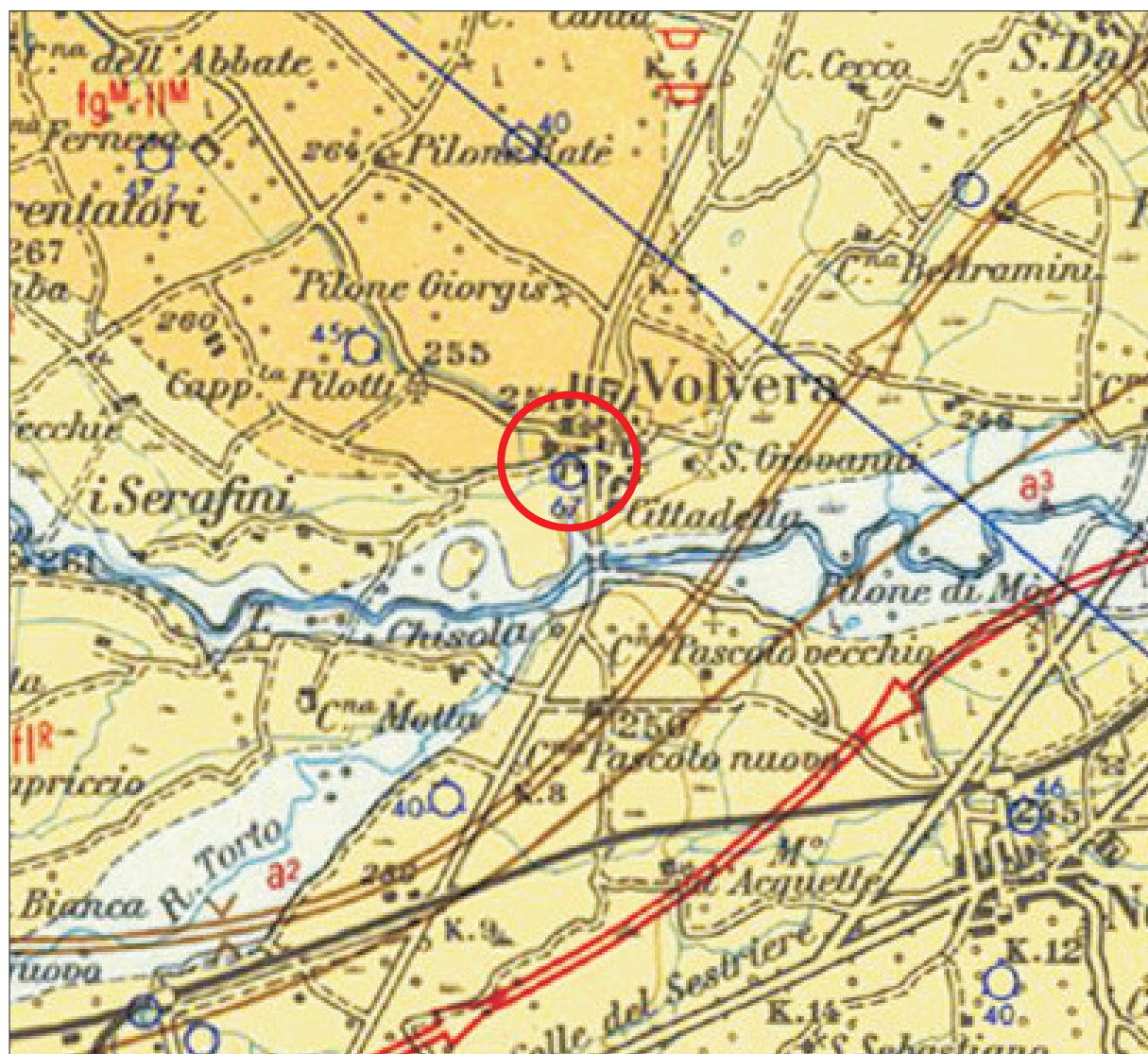
LEGENDA



Ubicazione area d'indagine

CARTA GEOLOGICA STRUTTURALE (FOGLIO 68 CARMAGNOLA DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA)

Scala 1:10.000



LEGENDA

Ig^R-fl^R



Sistema dei terrazzi e depositi argilloso-sabbioso-ghiaiosi, con paleosuolo giallo-rossiccio, sospesi sino ad una decina di metri sulle Alluvioni Medio-Recenti del F. Po (**FLUVIALE** e **FLUVIOGLACIALE RISS**).

Ig^M-fl^M



Depositi ghiaioso-sabbiosi degli alti terrazzi, alteratissimi, con potente paleosuolo argilloso rosso-bruno (tipico "ferretto"), spesso mascherato dal loess rissiano (Ig^M-fl^M) (**FLUVIOGLACIALE** e **FLUVIALE MINDEL**). Superficie di erosione e relativi paleosuoli di età postvillfranchiana, generalmente con copertura loessica rissiana, dell'Altopiano di Poirino (**AP**).

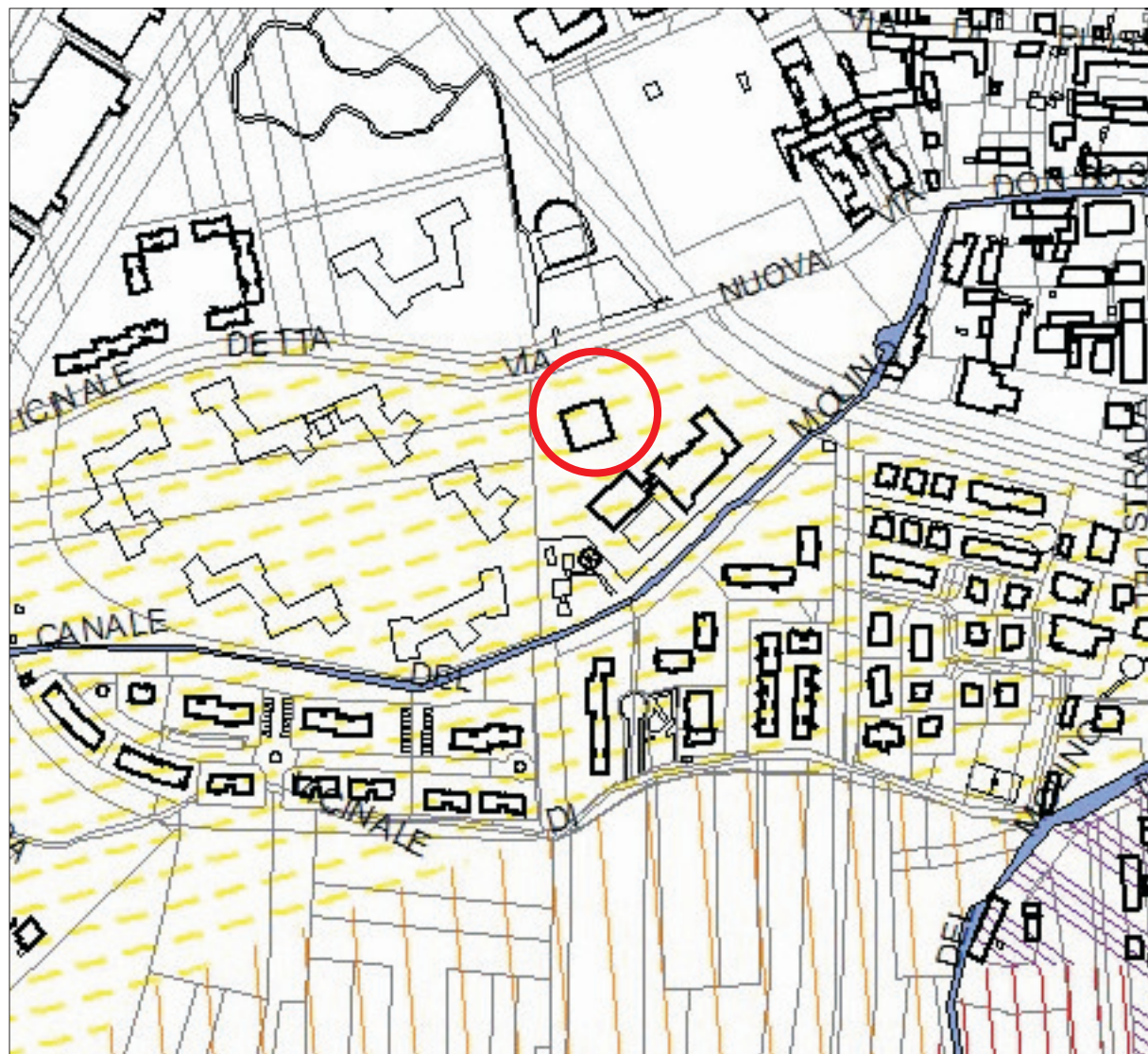
AP



Ubicazione area d'indagine

CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA' IDROGEOLOGICA E DELL'IDONEITA' ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA (P.R.G.C.)

Scala 1:5.000



LEGENDA



Classe II



Ubicazione area d'indagine



COMUNE DI VOLVERA

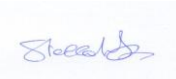
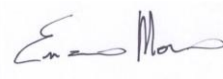

CANTIERE: SCUOLA PRIMARIA "PRIMO LEVI"

VIA GARIBALDI 1/B

VOLVERA (TO)

INDAGINE GEOGNOSTICA - GEOFISICA

Note tecnico – esecutive

Rev.	Data	Redazione	Verifica	Approvazione	Descrizione
Ø	10/01/2017	dott. Stellato S. 	dott. geol. Mosso E. 	dott. geol. Chiesa G. 	Prima Emissione

Comune di Volvera

INDAGINE GEOGNOSTICA - GEOFISICA

Scuola Primaria “Primo Levi” – Via Garibaldi 1/B – Volvera (TO)

Su incarico del “*Comune di Volvera*” è stata eseguita, nel periodo compreso tra il 5 e il 19 dicembre 2016, una indagine geognostica costituita da n° 1 sondaggio geognostico con posa di tubazione per prove sismiche e n° 1 prova geofisica in foro di tipo Down Hole, ubicata presso le pertinenze della scuola primaria “Primo Levi” sita in via Garibaldi n° 1/B (Fig. 1 e 2), nel territorio comunale di Volvera (TO); tale indagine aveva lo scopo di valutare l’assetto litostratigrafico e di acquisire i parametri geotecnici necessari alla valutazione di fattibilità ed alla progettazione dell’intervento di adeguamento sismico dell’edificio scolastico.

SONDAGGI

Il sondaggio è stato eseguito a rotazione con carotaggio continuo utilizzando una sonda idraulica tipo CMV “MK 900 GL” montata su trattore gommato a trazione integrale; per tutta la lunghezza si sono utilizzati carotieri semplici aventi Ø 127 e 101 mm. Per stabilizzare in corso d’opera le pareti del foro sono stati impiegati rivestimenti metallici provvisori Ø 127 mm.

Il sondaggio *DHI* è stato spinto fino alla profondità di m 30.00 dal piano campagna ed in corso d’opera sono state eseguite n° 5 prove SPT (Standard Penetration Test); le risultanze e le quote di esecuzione sono riportate nella stratigrafia allegata.

Il livello statico della falda rilevato nel corso delle operazioni di perforazione è riportato nella scheda stratigrafica.

I testimoni del carotaggio sono stati riposti in n° 6 cassette catalogatrici, opportunamente classificate e ricoverate in cantiere, a disposizione della Committenza.

Certificato n° 613 del 10/01/2017**PROVE IN FORO - SPT**

Le prove SPT sono state eseguite secondo le prescrizioni stabilite dalle specifiche AGI 1977 e approfondite dalla norma UNI EN ISO 22476-3:2012.

La sottostante **Tabella 1** riporta le caratteristiche del dispositivo di battuta con maglio a sganciamento automatico (tipo “Nenzi”) utilizzato per l’esecuzione delle prove in foro di tipo SPT:

CARATTERISTICHE TECNICHE DEL MARTINO A SGANCIO AUTOMATICO (PROVE “SPT”)	
Peso totale dispositivo di battitura	115,00 kg
Massa maglio	63,50 kg
Altezza di caduta libera	760,00 mm
Diametro esterno aste di infissione	50,00 mm
Peso aste di infissione (tipo B)	7,00 kg/m
Lunghezza campionatore Raymond (comprendente scarpa e raccordo per le aste)	813,00 mm
Diametro esterno campionatore Raymond	51,00 mm
Diametro interno campionatore Raymond	35,00 mm
Angolo di spoglia della punta aperta	20°
Angolo di apertura della punta conica	60°

Tabella 1

Le risultanze e le quote di esecuzione delle prove SPT eseguite sono riportate nelle stratigrafie allegate.

STRUMENTAZIONE – POSA DI TUBAZIONE PER PROVE GEOFISICHE IN FORO

Al termine della perforazione, la verticale di indagine *DHI* è stata strumentata mediante la posa in opera di un tubo in PVC (\varnothing 3”), al fine di consentire la successiva esecuzione di una prova sismica di tipo “Down Hole”; la tubazione è stata resa solidale al terreno circostante mediante cementazione dell’intercapedine tra tubo e pareti del foro.

Certificato n° 613 del 10/01/2017**INDAGINE GEOFISICA**

L'esecuzione della prova geofisica di tipo Down Hole è stata eseguita in collaborazione con una struttura specialistica di comprovata esperienza nel settore (Techgea S.r.l. - Torino).

La descrizione della metodologia adottata ed i risultati dell'indagine sismica sono riportati in apposito allegato.

RIEPILOGO SONDAGGI

Le coordinate, la profondità di perforazione dei sondaggi, il numero di prove SPT eseguite in ciascuno ed il tipo di strumentazione installata sono riepilogati nella **Tabella 2** seguente:

Sondaggio n°	Coordinate del punto di indagine (GPS – gradi decimali)	Metodologia di perforazione	Profondità (m)	N° prove SPT	Campioni prelevati	Tipo di strumentazione
DH1	44.952500 7.508000	Carotaggio continuo	30.00	5	-	Tubazione per prova Down Hole

Tabella 2

Si trasmette in allegato la documentazione tecnica relativa all'indagine eseguita.

Certificato n° 613 del 10/01/2017

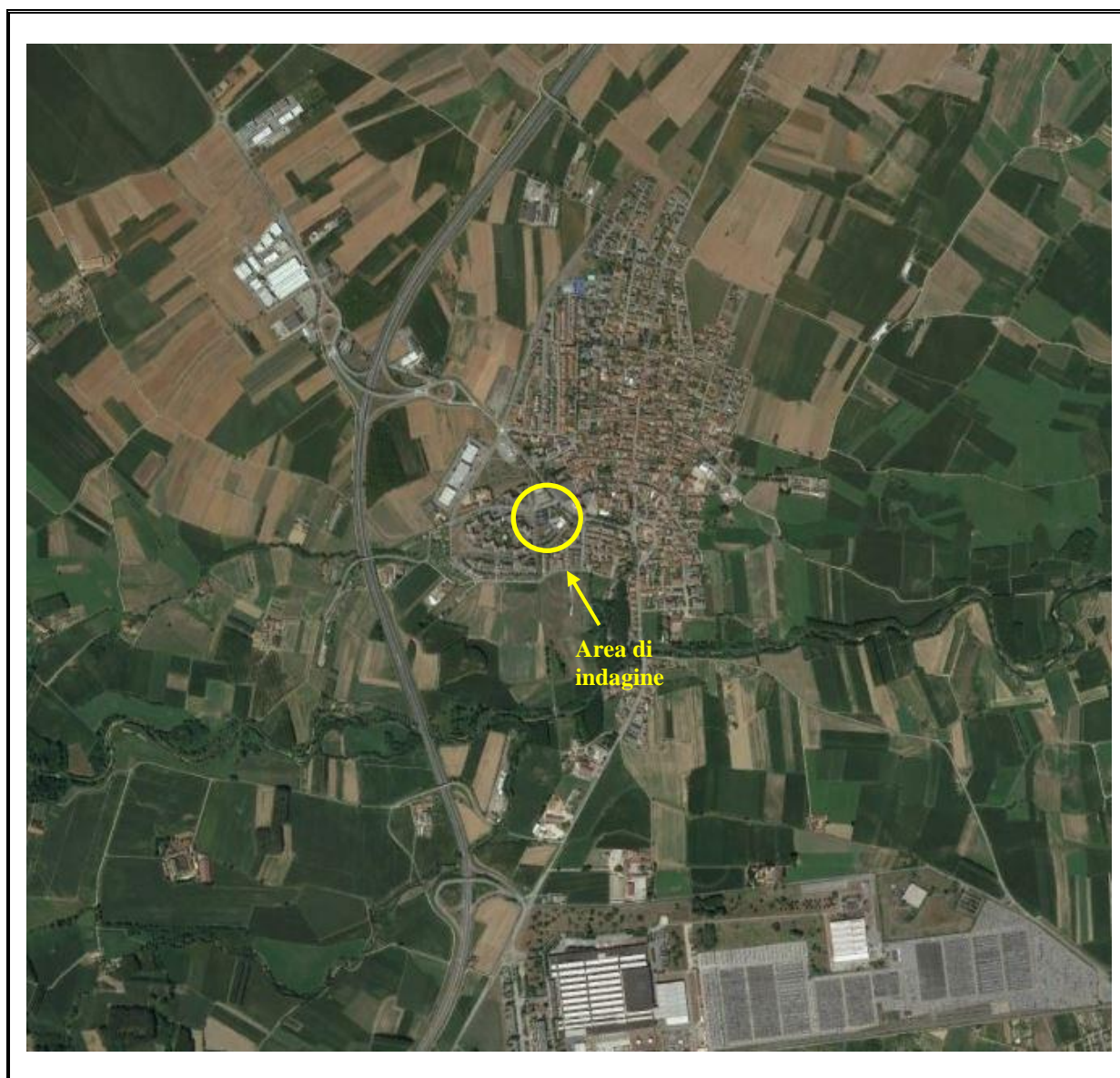


Fig. 1: Inquadramento area di indagine.

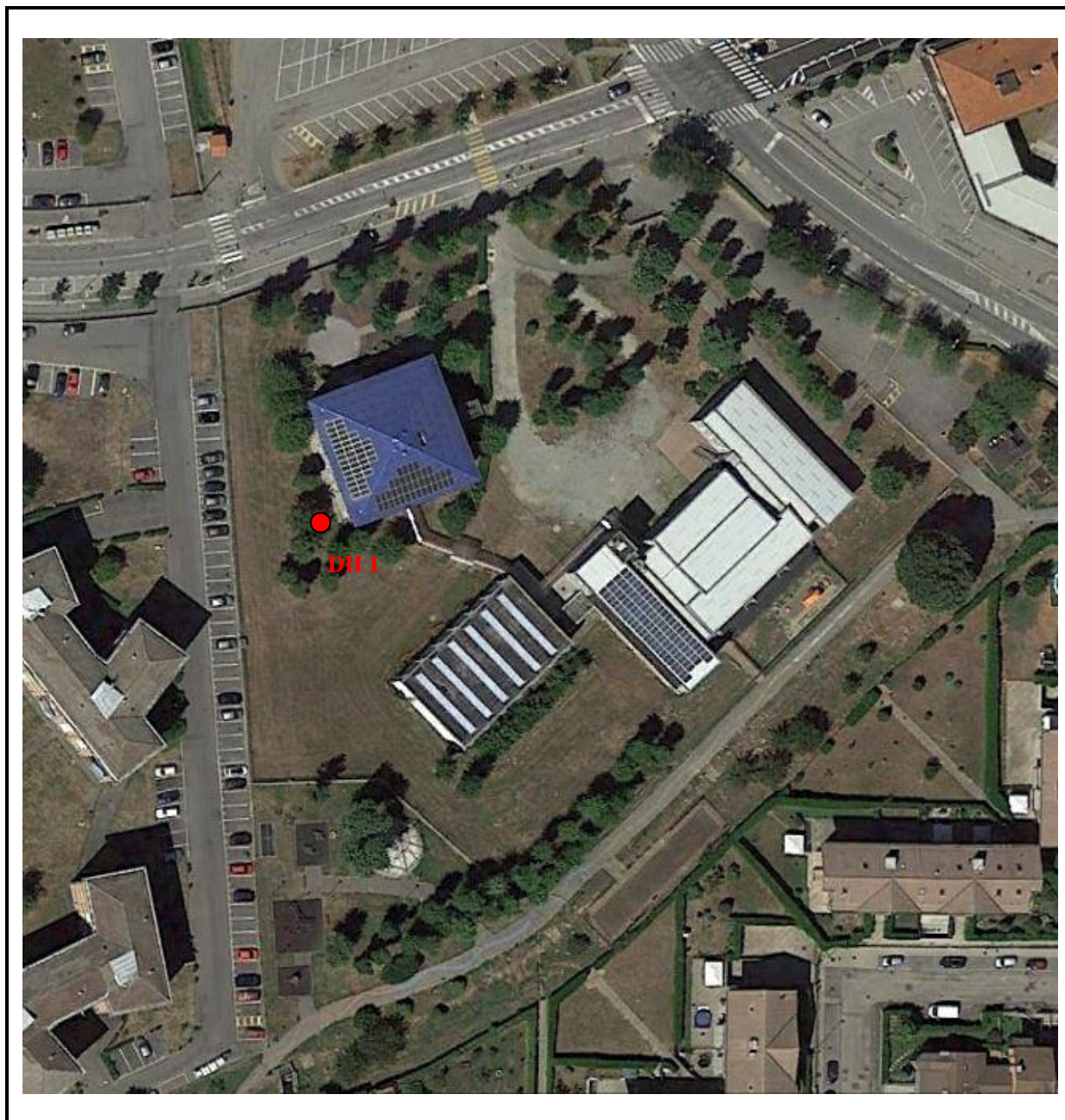



Fig. 2: Ubicazione delle indagini eseguite (in rosso).

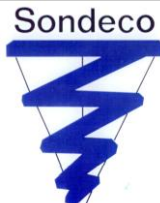
**Allegato
stratigrafico**

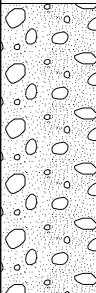





Certificato n° 613 del 10/01/2017

	Committente	Comune di Volvera	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Scuola Primo Levi - Via Garibaldi, 1/B	DH1	1/2
	Località	Volvera (TO)	Quota (p.c.)	
	Data Inizio	05/12/16	Data Fine	09/12/16

Profondità	Potenza	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
0.10	0.10			Coltre vegetale.		127							
1.20	1.20	1		Terreno di riporto limoso argilloso con apparati radicali al tetto e sporadici frammenti di laterizi; colore bruno.									
1.30	0.90	2		Limo, limo argilloso ed argilla limosa, debolmente stratificati al letto, inglobanti abbondanti noduli millimetrici carboniosi nerastri ed ossidati rossicci; colore bruno rossiccio.								3.00	
2.20	0.30	3		Argilla limosa ferrettizzata; colore rossiccio.								3-4-5	
2.50	1.50	4		Ghiaia eterometrica, a tratti intensamente alterate, in matrice sabbiosa e sabbioso limosa, addensata; colore bruno rossiccio.	4.50								
4.00	2.00	5		Sabbia, a tratti debolmente limosa, con ghiaia fine debolmente alterata, da sciolta a poco addensata, satura a partire da m 4.80; colore bruno rossiccio.								6.00	
6.00		6		Sabbia medio grossolana con ghiaia eterometrica da sciolta a moderatamente addensata, con presenza di sporadici piccoli ciottoli (diam. max 6-8 cm) e di sottili orizzonti decimetrici a matrice sabbioso limosa prevalente; colore bruno.		101	127	90				11-11-18	
		7										9.00	
		8										14-14-10	
		9											
		10											
		11											
11.40	0.60	12		Ghiaia eterometrica con piccoli ciottoli (diam. max 8-10 cm) in matrice sabbioso limosa, addensata; colore giallastro.								12.00	
12.00	1.50	13		Ghiaia eterometrica, a tratti debolmente alterata, subordinata matrice sabbioso limosa, addensata; colore bruno scuro.								18-23-31	
13.50	1.70	14		Ghiaia eterometrica, a tratti alterata, con ciottoli (diam. max 8-10 cm) in matrice sabbiosa e sabbioso limosa, addensata; colore bruno.								15.00	
15.20		15										13-19-16	

Certificato n° 613 del 10/01/2017

	Committente	Comune di Volvera		SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Scuola Primo Levi - Via Garibaldi, 1/B		DH1	2/2
	Località	Volvera (TO)		Quota (p.c.)	
	Data Inizio	05/12/16	Data Fine	09/12/16	

Profondità	Potenza	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
15.20	4.70	16		Ghiaia media con occasionali ciottoli (diam. max 10-12 cm) in matrice sabbiosa medio grossolana, sciolta, satura; colore bruno chiaro.	101	127	90						
		17											
		18											
		19											
19.90	0.70	20		Limo sabbioso, addensato, con ghiaia eterometrica, a tratti alterata; colore bruno.									
20.60		21		Sabbia eterometrica, ossidata e addensata al tetto, con ghiaia e piccoli ciottoli al letto; colore giallo rossiccio.									
21.40	1.80	22		Argilla plastica di colore grigio nocciola chiaro passante ad argilla limosa, limo e limo sabbioso di colore grigio bruno.									
		23											
23.20	0.40	24		Sabbia eterometrica, ossidata ed addensata, con ghiaia fine; colore rossiccio.									
23.60		25		Sabbia limosa, addensata ed ossidata, derivante da intensa alterazione ed argillificazione di ghiaia che, a tratti, si presenta pressoché inalterata; colore bruno giallo rossiccio.									
		26											
		27											
27.10	0.50	28		Sabbia limosa, addensata, con ghiaia fine, parzialmente alterata; colore bruno scuro.									
27.60		29		Sabbia limosa e limo sabbioso, addensato, con ghiaia, a tratti intensamente alterata; colore bruno giallastro.									
		30											
30.00	2.40												

Foro completato con posa in opera di tubazione diam. 3" in PVC per esecuzione di prova geofisica di tipo Down Hole.

**Allegato
fotografico**

Certificato n° 613 del 10/01/2017

Foto 1: Sondaggio DH1- cassa 1 - da 0.00 m a 5.00 m.



Foto 2: Sondaggio DH1- cassa 2 - da 5.00 m a 10.00 m.

Certificato n° 613 del 10/01/2017

Foto 3: Sondaggio DH1- cassa 3 - da 10.00 m a 15.00 m.



Foto 4: Sondaggio DH1- cassa 4 - da 15.00 m a 20.00 m.

Certificato n° 613 del 10/01/2017

Foto 5: Sondaggio DH1- cassa 5 - da 20.00 m a 25.00 m.



Foto 6: Sondaggio DH1- cassa 6 - da 25.00 m a 30.00 m.

Committente:

Comune di Volvera

Sito:

Scuola Primo Levi, Volvera (TO)



Esecuzione di indagini geognostiche e sismiche finalizzate
all'intervento di adeguamento sismico dell'edificio destinato a scuola
primaria "Primo Levi" di via Garibaldi 1/B di Volvera

Relazione n:	3506/17
Redatto da:	Dott. Geol. Emmanuele Duò
Controllato da:	Dott. Geol. Mario Naldi
Data:	Gennaio 2017
Revisione:	0

Sommario

1. INTRODUZIONE	1
2. UBICAZIONE INDAGINI	1
3. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA ED ELABORAZIONE DATI.....	2
4. RISULTATI OTTENUTI.....	4
4.1 Classificazione sismica	4

In allegato:

Tavole 1-4	Indagini sismiche in foro di tipo downhole per la classificazione sismica di sito.
Appendice A	Cenni sulla metodologia sismica in foro di sondaggio (downhole)

1. INTRODUZIONE

La presente relazione illustra e descrive le indagini geofisiche realizzate in data 19 dicembre 2016 su incarico della società Sondeco S.r.l. nei pressi della Scuola Primo Levi localizzata in via Garibaldi 1/B a Volvera (TO).

L'indagine sismica in foro di tipo downhole ha il compito di supportare la progettazione degli interventi di adeguamento sismico di un edificio esistente definendo la classe sismica di suolo secondo le prescrizioni del D.M. 14/01/2008 "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni".

I risultati delle indagini sono illustrati nelle Tavole allegate al testo e commentati nelle pagine seguenti.

2. UBICAZIONE INDAGINI

Il foro attrezzato utilizzato per l'esecuzione della prova downhole è localizzato in prossimità dello spigolo sud dell'edificio scolastico oggetto di ristrutturazione; la posizione è riportata nella Tavola 1 allegata in appendice al testo e nella seguente Figura 1 (fonte foto satellitare Google Earth Pro).



Figura 1 – Ubicazione foro attrezzato (prova downhole)

3. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA ED ELABORAZIONE DATI

L'acquisizione dei dati sismici a rifrazione è stata realizzata con sismografo Daq Link IV (Seismic Source, USA) a 24 canali. L'unità di acquisizione, dotata di un convertitore analogico/digitale a 24 bit, è fornita di una connessione di rete standard 10/100 (base RJ45) per la comunicazione con un laptop su cui è installato il software (VibraScope ® v.2.4.40) che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate.



Figura 2 – Strumentazione utilizzata – Sismografo Daq Link IV

La sonda impiegata in foro utilizza 24 sensori 20DM 10-280 con frequenza caratteristica pari a 10 Hz. posizionati in otto terne cartesiane equispaziate a un metro di distanza e un sistema pneumatico di accoppiamento con le pareti del foro.



Figure 3 e 4 – Strumentazione utilizzata – Sonda geofonica da foro

La generazione del segnale sismico è stata realizzata con mazza da 10 Kg dotata di interruttore inerziale; per ogni intervallo di misura (1 metro) è stata effettuata la registrazione con energizzazione verticale su piastra metallica, e due registrazioni con energizzazione tangenziale diretta e coniugata su traversina in legno. La prima base di energizzazione è utilizzata per determinare la velocità delle onde di compressione. La seconda e la terza base di energizzazione hanno la funzione di generare una coppia di onde di taglio a polarità opposta, utili a riconoscere i primi arrivi delle onde di taglio una volta sovrapposti i sismogrammi.

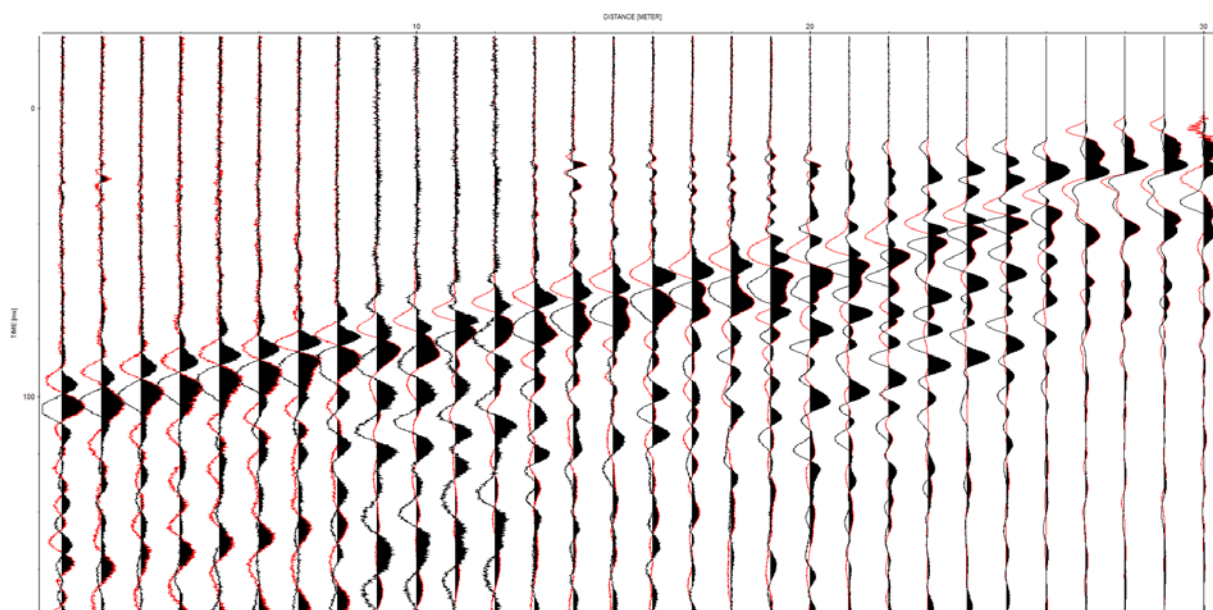


Figura 5 – Sovrapposizione sismogramma diretto e coniugato per la prova DH1

Per determinare il tempo di arrivo delle onde S si è proceduto a ricostruire un unico file contenente tutte le registrazioni sismiche ottenute alle diverse profondità. Successivamente, si è proceduto all'operazione di riconoscimento dei tempi di primo arrivi (picking), con il software ReflexW (Sandmeier software, DE).

Poiché le onde sismiche prodotte dalla sorgente, data la sua posizione spostata di 2 m, non si propagano esattamente in direzione verticale rispetto ai ricevitori, i tempi di primo arrivo sono stati corretti per tenere conto dell'inclinazione del percorso effettivo.

Indicata con z la profondità del ricevitore, con d la distanza effettiva tra sorgente e ricevitore, con R la distanza superficiale tra sorgente e centro del foro e con t il tempo determinato dalle tracce di registrazione, il tempo corretto risulta:

$$t^* = \frac{z}{d} t = \frac{z}{\sqrt{z^2 + R^2}} t$$

4. RISULTATI OTTENUTI

Nella Tavola 2 allegata in appendice al testo vengono riportati in tabella e in grafico i tempi di primo arrivo delle onde di compressione e di taglio corretti per tenere conto della distanza dal foro del punto di energizzazione (3 m). I tempi di arrivo corretti sono denominati T_p' e T_s' .

I valori di velocità di propagazione delle onde di taglio e delle onde di compressione sono stati calcolati con il metodo dell'intervallo reale, con determinazione delle velocità relative ad ogni punto di misura (ogni metro) calcolati per differenza tra misure successive.

Il grafico delle velocità è stato, invece, definito con il metodo dei tempi intercetti, che tende a "mediare" eventuali variazioni locali non correlabili a fattori naturali (variazioni stratigrafiche) ma piuttosto legate a difformità della cementazione.

L'analisi dei tempi di primo arrivo, il cui grafico è riportato in Tavola 2, evidenzia una prima importante differenza tra le onde di compressione P e le onde di taglio S, determinato dall'effetto della saturazione già a partire da 4-5 m di profondità.

L'assetto sismostratigrafico (basato sul modello di velocità delle onde di taglio) è definito come segue:

- fino a circa 6 m di profondità le onde di taglio presentano velocità pari a circa 220 m/s. Tale livello sismostratigrafico corrisponde con i terreni sciolti ed eterogenei superficiali.
- Da 6 a 11 metri di profondità si manifestano valori di velocità delle onde di taglio pari a 342 m/s. I terreni attraversati sono caratterizzati da scheletro a granulometria grossolana ed addensamento moderato.
- Tra 11 e 23 metri di profondità sono stati rilevati valori di velocità (380 m/s circa) compatibili con terreni mediamente addensati a granulometria non uniforme da fine a medio grossolana.
- Da 23 m a 30 m (fondo foro) la velocità delle onde di taglio assume valori pari a circa 500 m/s; i depositi attraversati presentano un addensamento medio-alto, granulometria grossolana e presenza di matrice sabbioso-limosa a tratti abbondante.

4.1 Classificazione sismica

Secondo la normativa sismica vigente, costituita per la Regione Piemonte dalla D.G.R. n. 4-3084 del 12.12.2011 e s.m.i., il Comune di Volvera ricade in zona 3.

Il D.M. 14/01/2008 "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni" individua come parametro di riferimento per la classificazione sismica dei suoli la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità dal piano campagna (V_{s30}) e viene calcolato con la seguente formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità (in m/s) delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

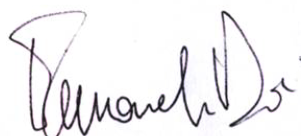
Il valore di V_{s30} definito al piano campagna mediante la prova downhole è pari a 344 m/s. Pertanto è possibile definire il contesto geotecnico esaminato come suolo di classe sismica "C".

Suolo	Descrizione geotecnica	V_{s30} [m/s]
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s	344 m/s

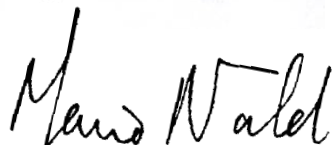
Tabella 1 – Definizione classe sismica di suolo

Techgea S.r.l.

Redatto da: Dott. Geol. Emmanuele Duò

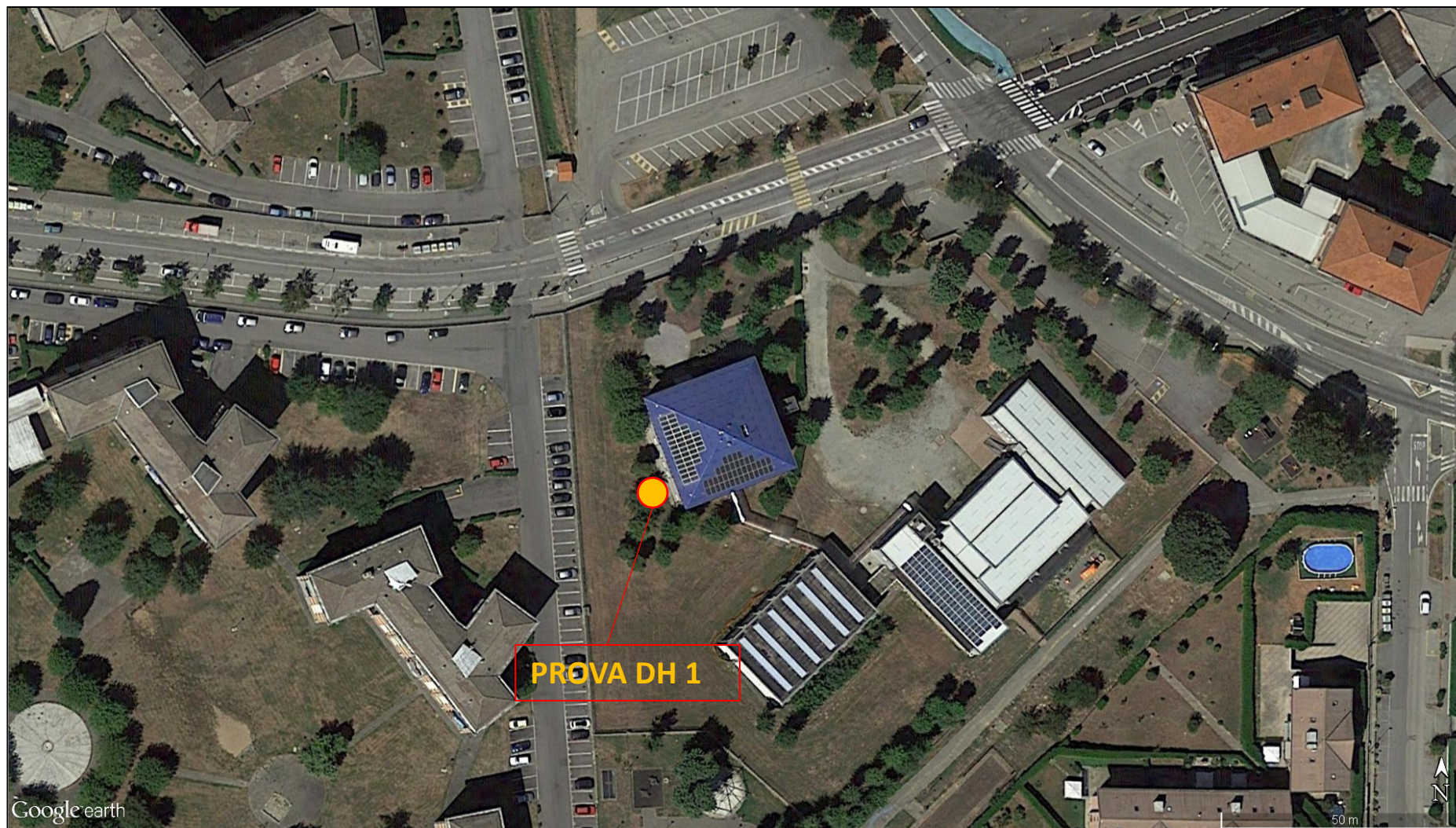


Controllato da: Dott. Geol. Mario Naldi



TAVOLE

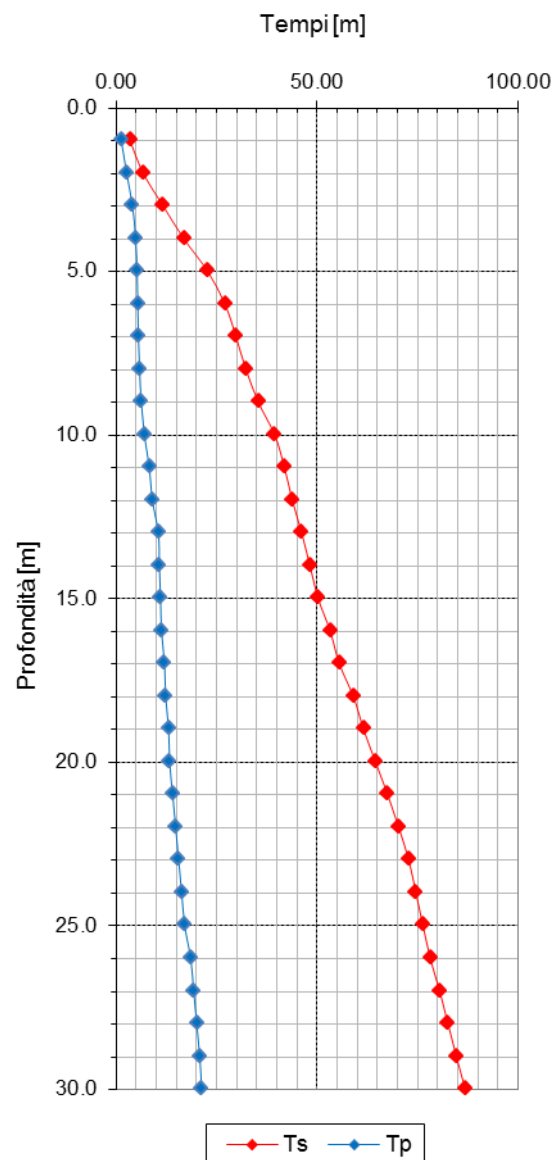
UBICAZIONE INDAGINI



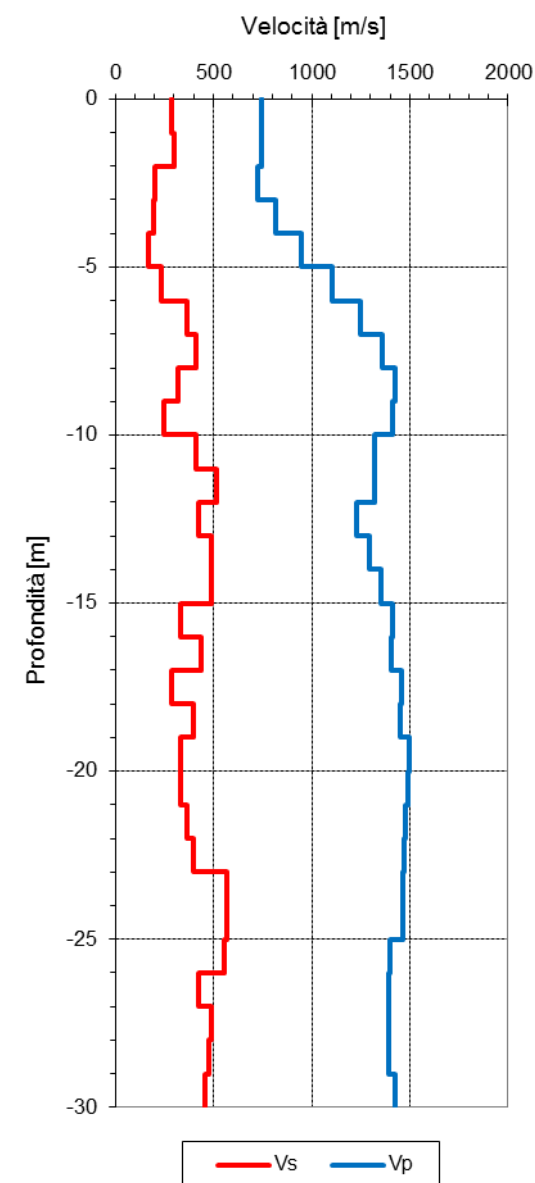
0 20 40 60 m

COORDINATE GPS (UTM WGS84 32N)
Longitudine: 382310 m E
Latitudine: 4978758 m N

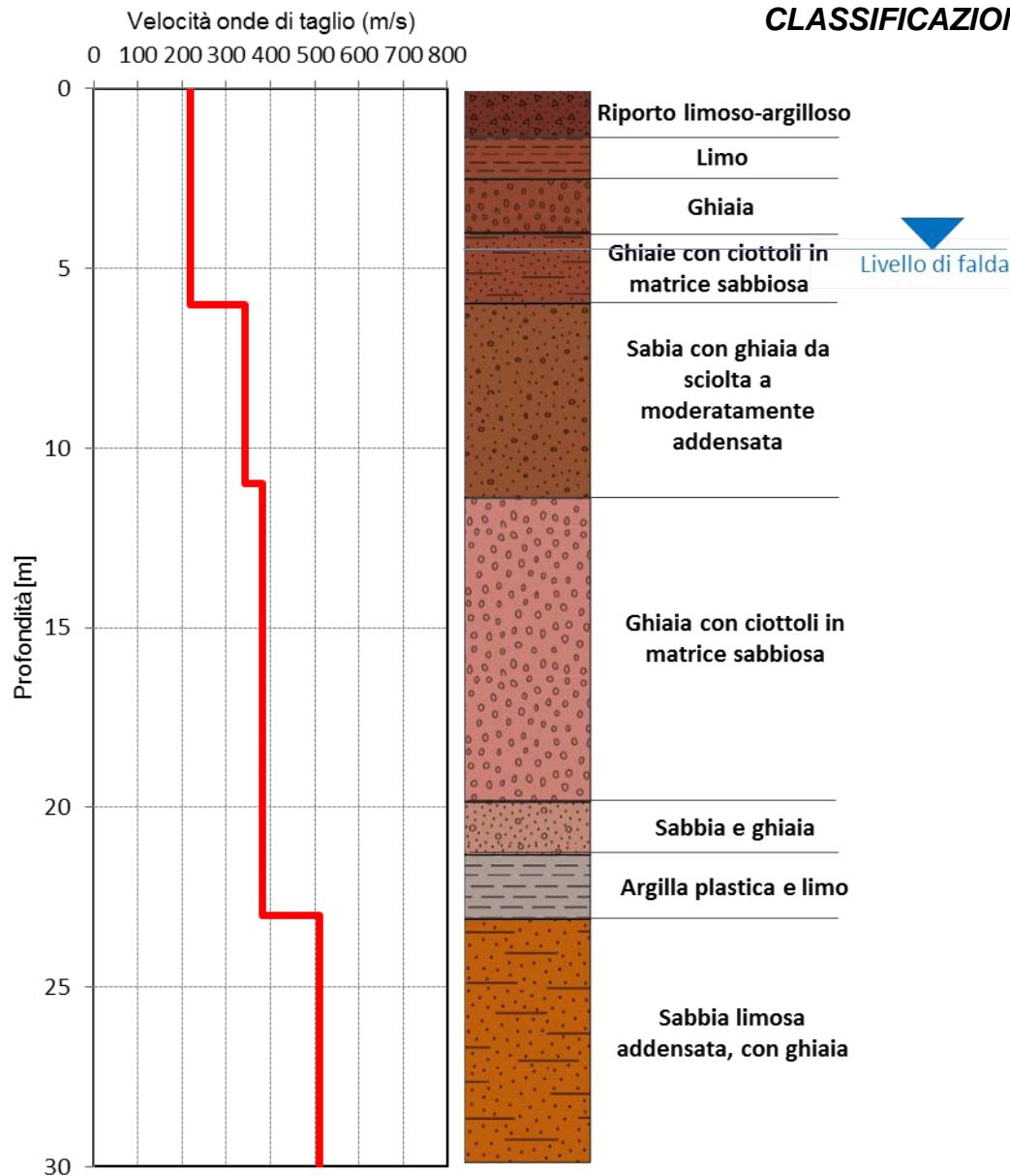
ELABORAZIONE TEMPI E VELOCITA'



Profondità	Tempi di arrivo onde P	Tempi di arrivo onde S
metri	Tp' (ms)	Ts' (ms)
1	1.34	3.51
2	2.68	6.82
3	4.15	11.79
4	4.90	16.91
5	5.28	22.86
6	5.44	27.14
7	5.60	29.90
8	5.89	32.34
9	6.31	35.45
10	7.07	39.52
11	8.32	41.94
12	9.08	43.87
13	10.57	46.22
14	10.82	48.27
15	11.09	50.30
16	11.35	53.32
17	12.10	55.59
18	12.36	59.09
19	13.11	61.60
20	13.37	64.60
21	14.11	67.60
22	14.86	70.36
23	15.61	72.85
24	16.36	74.61
25	17.11	76.37
26	18.60	78.18
27	19.35	80.53
28	20.10	82.58
29	20.85	84.68
30	21.35	86.87



INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA E CLASSIFICAZIONE SISMICA



Strato	Profondità [m]		Vs [m/s]
	da	a	
1	0.0	-6.0	219
2	-6.0	-11.0	342
3	-11.0	-23.0	382
4	-23.0	30.0	511

CLASSE DI SUOLO: C

V_{s30} : 344 m/s

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

In merito alla categoria E, secondo quanto indicato nel Quaderno di approfondimento alle Linee Guida NTC 08 ad opera del Gruppo Interregionale dell'Ordine dei Geologi, appare poco cautelativo individuare nei suoli tipo C e D, aventi V_{s30} inferiori a 360 m/s, i terreni "pericolosi", senza un riferimento specifico al contrasto di rigidità sismica tra copertura e bedrock: coperture anche più "veloci" delle categorie C e D possono risultare ugualmente pericolose in funzione di una velocità del bedrock superiore agli 800 m/s. In quest'ottica possono risultare di grande aiuto anche le misure di rumore sismico ambientale a stazione singola.

Partendo dal presupposto che il contrasto minimo di velocità sismica per entrare in categoria di sottosuolo E vale $V_{contr} = 800/360 \approx 2.2$, è ragionevole assumere, in presenza di spessori della copertura ≤ 20 m anche con velocità superiore a 360 m/s ma con contrasto di velocità $V_{contr} \geq 2.2$, categoria di sottosuolo E.

Nel caso specifico la valutazione è condizionata dalla verificata presenza di depositi caratterizzati da addensamento crescente fino alla profondità di 30 metri.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



APPENDICE A
Cenni sulla metodologia sismica in foro di sondaggio
(Downhole)

La misura della velocità delle onde sismiche direttamente all'interno di un foro di sondaggio è detta prova downhole. La prova consiste nella misura dei tempi di arrivo degli impulsi sismici generati dalla superficie all'interno di un foro di sondaggio, opportunamente attrezzato mediante tubo in PVC e cementazione dello stesso per l'adesione al terreno ospitante, attraverso uno o più ricevitori calati all'interno del foro stesso.

Lo scopo della misura è ricavare la velocità delle onde (dirette) di compressione (onde P) e di taglio (onde SH) utili alla determinazione dei parametri elastici dei terreni in condizioni dinamiche.

Le onde elastiche vengono generate mediante una piastra metallica che, fatta aderire al suolo e resa salda solo per mezzo di attrito radente, consenta l'energizzazione tangenziale (su due lati coniugati a 180°) e verticale. La piastra è posizionata consuetamente ad una distanza di 2-3 metri dalla bocca foro.

Il sistema di ricevitori è costituito da una sonda a 4/7 ricevitori (1 verticale e 3/6 geofoni orizzontali orientati tra loro con scarti angolari di 60°/30°) corredata di un sistema capace di renderla solidale alle pareti del foro in cui viene calata.

Il sistema di acquisizione si completa con il sismografo registratore con un numero di canali adeguato al sistema di ricevitori utilizzato, una frequenza di campionamento pari a 0.025 ms, e un convertitore A/D del segnale a 24 bit.



Figura 1 - Modello tomografico della distribuzione delle onde di compressione V_p in m/s

L'acquisizione dei dati procede dalla base del foro in risalita con un intervallo delle misure consuetamente compreso tra 1 e 2 metri. Per ogni misura vengono registrate le tracce relative all'energizzazione tangenziale (scoppio normale e scoppio coniugato) e quelle relative all'energizzazione verticale, fino al completamento dell'intera lunghezza del foro.

L'analisi dei dati viene effettuata attraverso la composizione dei sismogrammi per ciascun canale acquisito, mediante la combinazione delle tracce relative a tutti gli intervalli di misura (in profondità); il riconoscimento

dei primi arrivi delle onde SH sul singolo canale può essere agevolato dalla sovrapposizione delle tracce dell'energizzazione normale ed opposta, da cui deve risultare un'inversione di polarità del segnale acquisito.

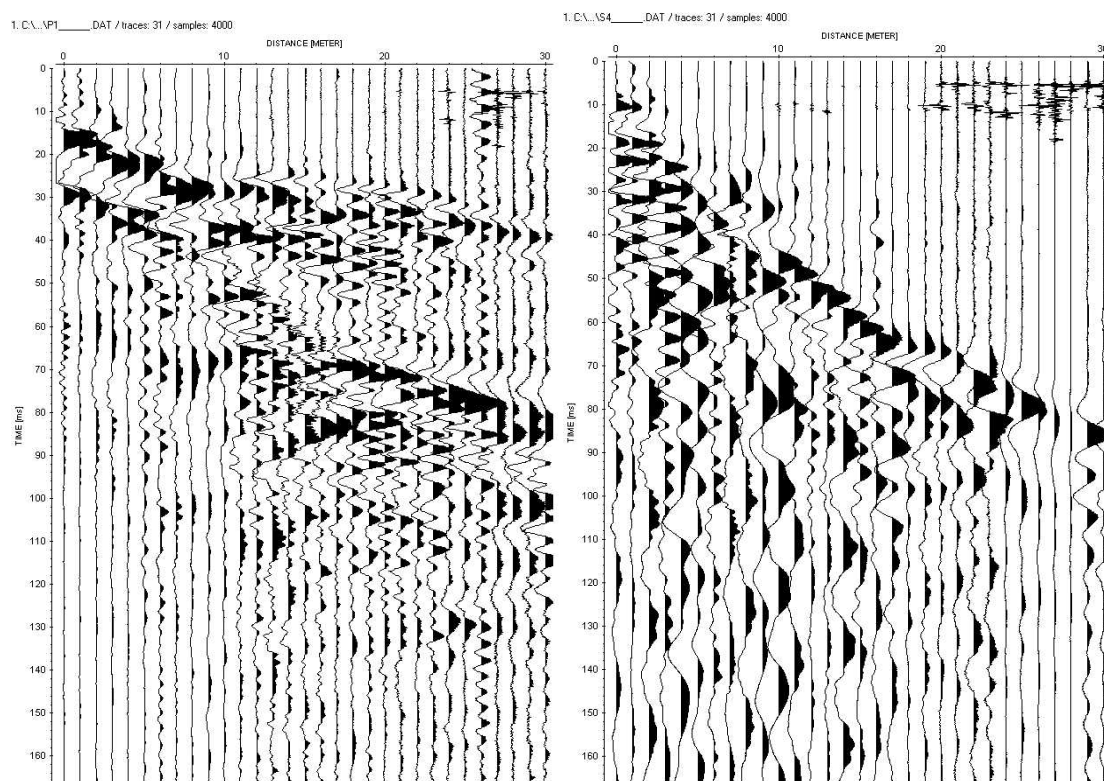


Figura 2 – Sismogrammi composti delle onde P ed SH

Le operazioni descritte ed il *picking* dei tempi di primo arrivo vengono effettuati attraverso il software *Reflexw* (Sandmeier Software, D). I tempi di percorso rilevati sono corretti per tenere conto della distanza della sorgente dal foro attraverso la relazione:

$$t^* = \frac{z}{d} t = \frac{z}{\sqrt{z^2 + R^2}} t$$

dove z è la profondità del ricevitore, d la distanza effettiva tra sorgente e ricevitore, R è la distanza superficiale tra sorgente e centro del foro e t il tempo determinato dalle tracce di registrazione.

Il confronto dei tempi di primo arrivo corretti ed il tracciamento delle dromocrone permettono la restituzione di elaborati riportanti:

- tempi di arrivo delle onde di compressione e di taglio;
- velocità intervallari delle onde di compressione e di taglio;
- velocità mediate sul modello stratigrafico;
- coefficiente di Poisson dinamico;

- modulo di elasticità dinamico;
- modulo di taglio dinamico;
- modulo di compressibilità dinamico;

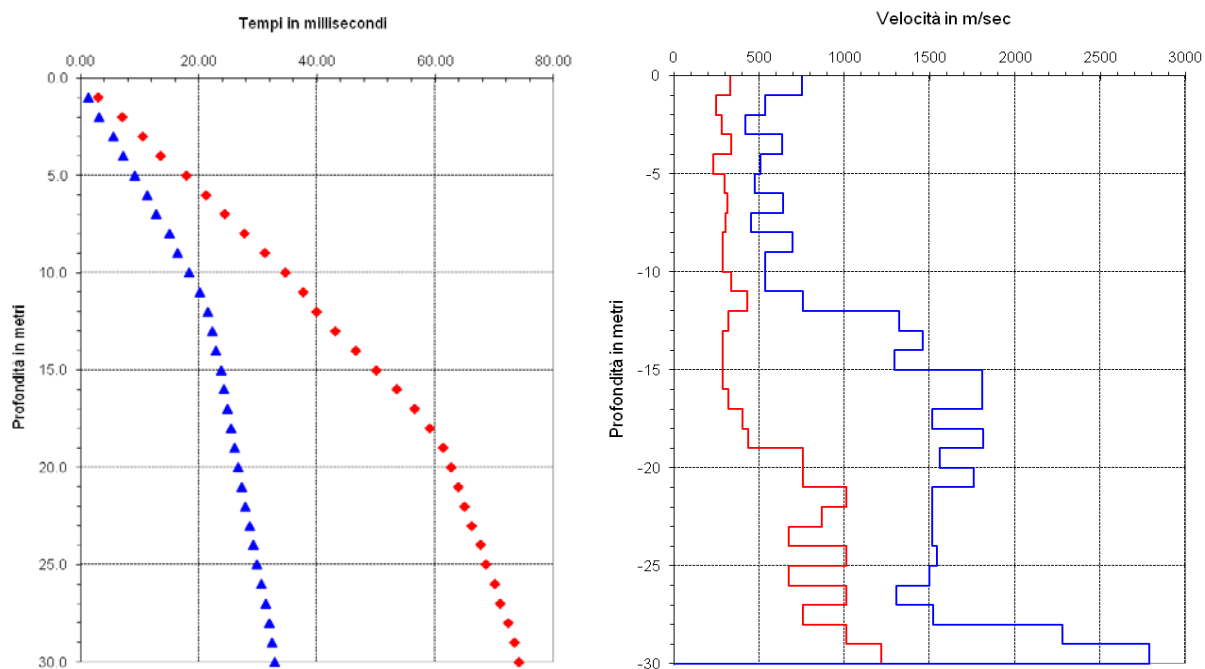
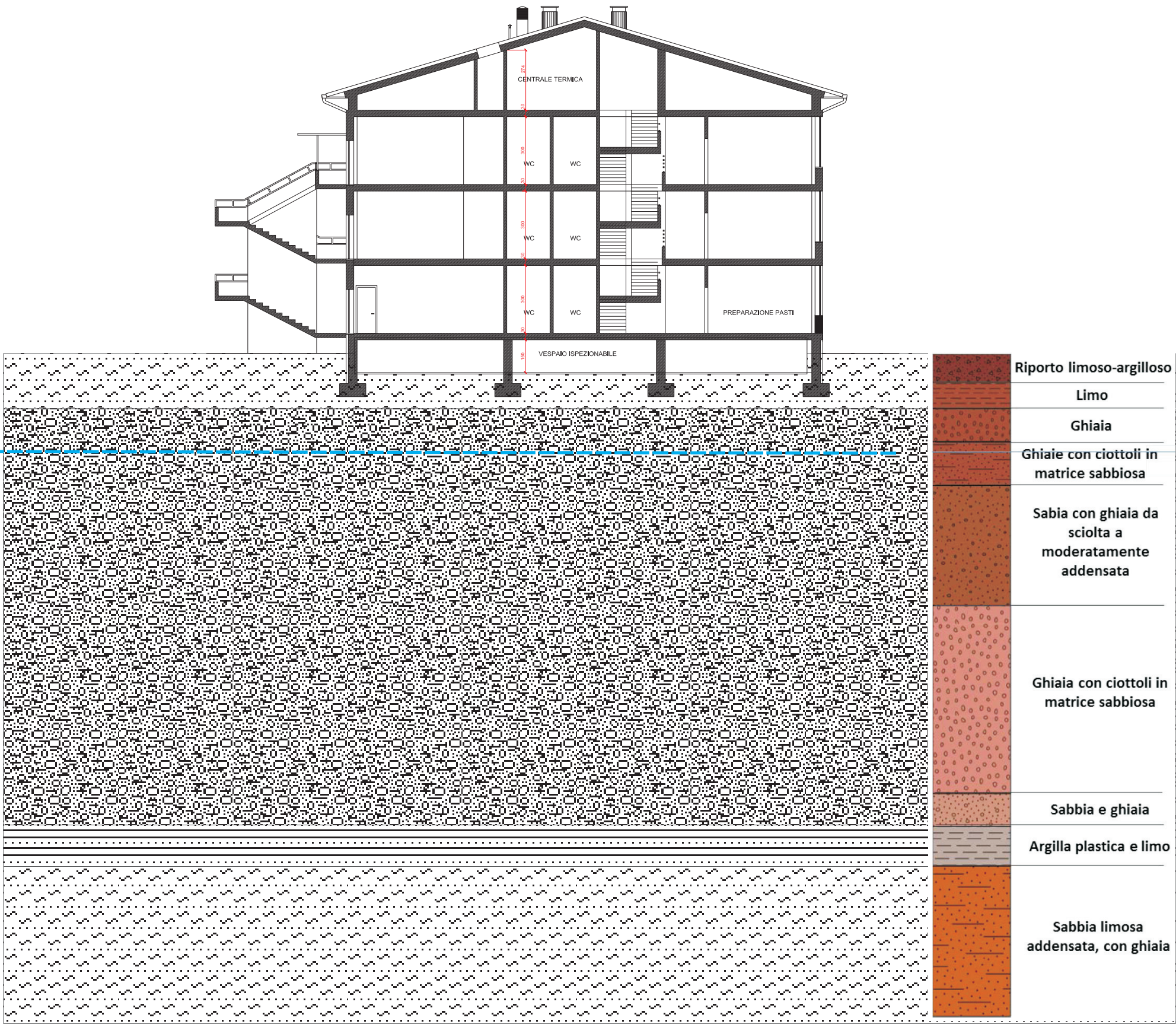




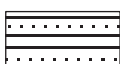


Figura 3 – Grafico dei tempi di primo arrivo delle velocità intervallari in funzione della profondità per le onde P (colore blu) ed SH (colore rosso)

SEZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA (MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO)
(Sezione B-B di progetto modificata)

Scala 1:100



LEGENDA

-  **Unità litologica 1** - Limi e argille
-  **Unità litologica 2** - Ghiaie e sabbie
-  **Unità litologica 3** - Argille plastiche e limi
-  **Unità litologica 4** - Sabbie limose
-  Livello falda idrica al 09/12/2016