

Regione Piemonte
Comune di Orbassano
Strada Rivalta n°12-14

Progetto di Piano Esecutivo Convenzionato

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA
E SISMICA**
ai sensi del D.M.11/03/88 - D.M.14/01/08

10 ottobre 2017

geol. Pietro Campantico



A circular professional stamp from the 'ORDINE GEOLOGI REGIONE PIEMONTE' is visible. The stamp contains the text: 'PIETRO CAMPANTICO', 'GEOLOGO', 'A.P. SEZ. A', and 'N. 434'. Below the stamp is a handwritten signature in black ink.

1. PREMESSA

La presente relazione espone i risultati dell'indagine condotta ai sensi del **D.M. 11/03/88** *"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"* e del **D.M. 14/01/08** *"Norme Tecniche per le Costruzioni"*.

Lo studio si prefigge la verifica delle caratteristiche geotecniche del terreno interessato dal Piano Esecutivo Convenzionato di prevista realizzazione nel Comune di Orbassano (TO), strada Rivalta n°12-14.

Nella presente relazione vengono presi in esame i seguenti aspetti geologici, geotecnici e idrogeologici :

- caratterizzazione geomorfologica, geologica ed idrogeologica dell'area;
- caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni;
- individuazione delle problematiche geologico-tecniche connesse alla realizzazione dell'intervento in progetto e verifica di alcune soluzioni fondazionali;
- verifica della compatibilità tra l'assetto idrogeologico del territorio e le opere in progetto.

A tal fine sono state eseguite in situ specifiche indagini geognostiche mirate alla caratterizzazione del sedime fondazionale e alla definizione della profondità dell'eventuale prima superficie piezometrica, consiste nell'effettuazione di n°13 saggi con escavatore meccanico spinti fino a 3,0 m c.ca di profondità dal p.c. attuale e di n°4 prove penetrometriche dinamiche continue con penetrometro dinamico continuo superpesante DPSH tipo PAGANI TG 63/200 KN con massa battente da 63,5 kg, altezza di caduta 0,75 m, diametro base punta conica 51 mm e angolo di apertura 60° (attrezzato tipo "Emilia").

Per la caratterizzazione sismica del sedime si è proceduto inoltre ad una indagine con metodologie geofisiche mediante una prospezione attiva tipo MASW per il calcolo del parametro V_{s30} (velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità dal piano campagna, parametro di riferimento per la classificazione sismica dei suoli secondo il D.M. 14/01/08) e una prospezione sismica passiva con il metodo HVSr di Nakamura per l'eventuale rilevazione di frequenze di risonanza naturali.

La campagna d'indagine geognostica è stata affiancata da un dettagliato rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio del sito d'intervento e di un suo significativo intorno e dalla raccolta e organizzazione dei dati geologici e stratigrafici esistenti, con particolare riguardo agli elaborati geologici del Piano Regolatore Generale ed alle banche dati regionali, nonché ad indagini effettuate in aree limitrofe.

2. STATO DI FATTO, OPERE IN PROGETTO E SITUAZIONE NORMATIVA

Allo stato attuale sul lotto in esame – inserito nel settore settentrionale del concentrico di Orbassano, nella porzione territoriale compresa tra strada Rivalta (a Ovest), strada Gerbido (a Est) e via Donizetti (a Nord) – sussistono una serie di capannoni (tra loro adiacenti e paralleli) posizionati lungo tutto il settore orientale, un basso fabbricato che ospita un fabbro nell'estrema porzione occidentale, mentre i restanti settori sono adibiti a cortile.

Il progetto prevede la demolizione dei manufatti esistenti e la realizzazione di due lotti:

- ✓ LOTTO 1 a destinazione commerciale, dove si prevede un nuovo edificio a destinazione commerciale con pianta all'incirca rettangolare, ad un piano fuori terra e collocato nel settore orientale del lotto; la sistemazione dell'area ad esso pertinenziale prevede zone a parcheggio (nel settore meridionale e centrale), aree verdi e nuova viabilità di collegamento tra strada Rivalta e strada del Gerbido.
- ✓ LOTTO 2 a destinazione residenziale, dove si prevede la realizzazione di n°4 palazzine con aree verdi circostanti, composte da 3÷4 piani fuori terra con sottotetto abitabile e piano interrato unico, posizionate nel settore nord-occidentale del lotto.

Nella **Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e della idoneità all'utilizzazione urbanistica** allegata al P.R.G.C. l'area d'indagine risulta ascritta alla **Classe I** (settore nord-occidentale) *"Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche, gli interventi sia pubblici che privati sono di norma consentiti nel rispetto della prescrizioni del D.M. 11 marzo 1988"*.

Nel **"PIANO stralcio per l'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)** - Interventi sulla rete idrografica e sui versanti - redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po ai sensi della Legge 18 maggio 1989, n.183, art.17, comma 6-ter, ed Adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n.1 in data 26.04.2001" non sussistono perimetrazioni e/o segnalazioni riguardanti il settore territoriale in oggetto.

L'area d'intervento non è sottoposta a vincolo idrogeologico di cui alla **L.R. 45 del 9/08/89**.

Sulla base della **D.G.R. n. 4-3084 del 12 dicembre 2011** *"D.G.R. n. 11-13058 del 19/01/2010. Approvazione delle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico attuative della nuova classificazione sismica del territorio piemontese"* pubblicata sul B.U.R. n°50 del 15/12/11 il territorio comunale di Orbassano ricade in zona 3.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area in esame, localizzabile sulla Sezione n°155150 della Carta Tecnica Regionale della Regione Piemonte – scala 1:10.000, si situa nella porzione nord-occidentale del concentrico abitativo principale di Orbassano: nel dettaglio il lotto di previsto intervento si adagia in corrispondenza del settore subpianeggiante compreso tra strada Rivalta (a Ovest), strada Gerbido (a Est) e via Donizetti (a Nord).

Dal punto di vista geomorfologico l'area d'intervento si colloca in corrispondenza della porzione centro-meridionale della Pianura Torinese, caratterizzata dalla coalescenza e dalle interdigitazioni tra i depositi di pertinenza del Fiume Po e quelli geneticamente correlabili all'evoluzione dei torrenti Chisola e Sangone. Il complesso assetto geomorfologico risultante trova espressione nell'area di indagine in una morfologia terrazzata e lievemente ondulata corrispondente al lembo relitto di superficie terrazzata che costituisce nell'areale torinese il livello fondamentale dell'alta pianura, distinta e sopraelevata dalle più recenti alluvioni che bordano il corso attuale dei fiumi.

In particolare il territorio comunale di Orbassano, posizionato allo sbocco vallivo della Val Sangone, si adagia in corrispondenza di un ampio settore sub-pianeggiante esteso in destra e sinistra idrografica del T. Sangone, solo localmente modellato da blande ondulazioni della superficie morfologica.

Tale territorio è ascrivibile al Complesso di deposizione fluvio-glaciale pleistocenico rissiano così come riportato nella Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 (F°56 Torino e F°68 Carmagnola) e nella relativamente più recente Carta Geo-Morfologica dell'Anfiteatro Morenico di Rivoli-Avigliana alla scala 1:40.000 (1970, F. Petrucci). Si tratta di terreni a superficie piana o debolmente ondulata, sospesi di almeno 3/5 metri sul fondovalle attuale, costituiti prevalentemente da ghiaie poligeniche, con ciottoli a pezzatura ben gradata e subordinate sottili intercalazioni lenticolari sabbiose, \pm intensamente alterate negli orizzonti superficiali con presenza di paleosuolo rosso-bruno argillificato e potente copertura loessica.

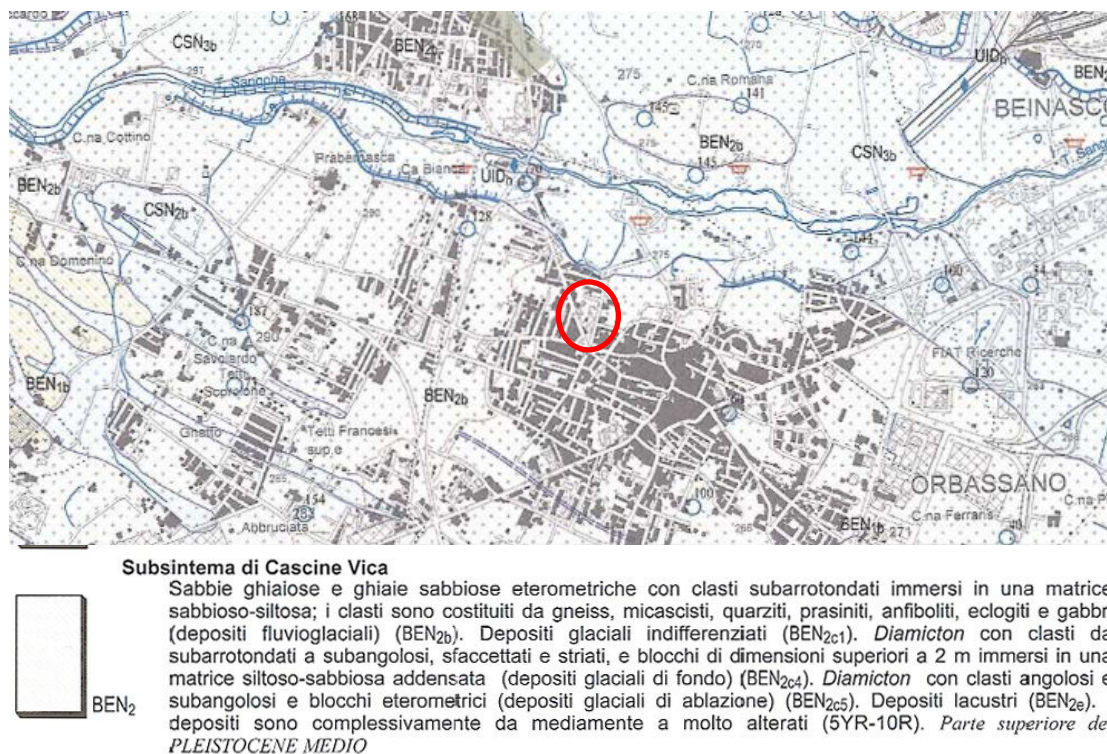
Verso il Torrente Sangone, procedendo in direzione di Beinasco, il limite di tali depositi è rappresentato da una breve scarpata o da un più esteso piano inclinato raccordantesi dolcemente con la sottostante superficie pianeggiante delle Alluvioni Antiche. Tali depositi costituiscono una stretta fascia circa parallela al Torrente Sangone, di poco sospesa sulla superficie delle più recenti e depresse Alluvioni Medio-Recenti che si estendono fino alla sponda dell'alveo attuale del corso d'acqua.

In corrispondenza dell'alto terrazzo rissiano affiorano a luoghi lembi relitti di più antichi depositi ghiaioso-sabbiosi ascrivibili al Mindel ricoperti da un potente paleosuolo e con scarsa copertura loessica: le cave, gli insediamenti industriali e più in generale l'urbanizzazione hanno gradualmente obliterato negli ultimi anni la morfologia "a dorso di cetaceo" dei lembi relitti mindeliani conferendogli l'aspetto pianeggiante attuale.



Estratto del Foglio n°56 (Torino) della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000.

Nel Foglio 155 "Torino Ovest" della Carta Geologica d'Italia - scala 1:50.000 del Progetto CARG (consultabile sul sito dell'ISPRA) curato dall'Arpa Piemonte, dall'Università di Torino e dal C.N.R., l'area in esame è inserita in corrispondenza del "Sintema di Bennale" e, nello specifico, all'interno del "Subsintema di Cascine Vica" costituito da sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose eterometriche con clasti subarrotondati immersi in una matrice sabbioso-siltosa (depositi fluvio-glaciali).



Estratto del Foglio 155 "Torino Ovest" della Carta Geologica d'Italia - scala 1:50.000 del Progetto CARG.

3.1 Stratigrafia di dettaglio

La ricostruzione stratigrafica di dettaglio e la parametrizzazione meccanica dei terreni costituenti il sedime dell'area d'intervento sono state effettuate in base ai risultati della campagna geognostica, espletatasi mediante l'esecuzione di n°13 saggi con escavatore meccanico spinti fino a 3,0 m c.ca di profondità dal p.c. attuale (nel seguito P1÷P13) e di n°4 prove penetrometriche dinamiche continue con penetrometro dinamico continuo superpesante DPSH tipo PAGANI TG 63/200 KN (nel seguito DPSH1÷DPSH4).

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica (angolo di apertura = 60°) posta all'estremità di un'asta d'acciaio, prolungabile con l'aggiunta di successive aste; l'infissione avviene per battuta, facendo cadere da un'altezza di 0,75 mt un maglio di peso pari a 63,5 kg e contando i colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di 0,20 mt (N'). I risultati delle prove penetrometriche dinamiche vengono espressi in termini di **N₂₀**, intendendo con tale quantità il numero di colpi necessario all'avanzamento della punta del penetrometro DPSH per un tratto di 20 cm: per la parametrizzazione geotecnica tali valori verranno poi normalizzati al termine **N_{SPT}** della resistenza penetrometrica standard in base al rapporto di energia esistente con quella rilevata con il penetrometro DPSH Pagani TG 63/200 KN, assunto pari a **N_{SPT} = 1,489 N₂₀**.

Tali indagini hanno evidenziato un'assetto geologico caratterizzato da una coltre superficiale limoso-sabbiosa più o meno pedogenizzata di potenza pari a c.ca 1,0÷1,5 m, con sottostanti depositi ghiaiosi rossastri con patine argillose in matrice sabbioso-argillosa piuttosto alterata, generalmente ben addensati, passanti in profondità a ghiaie grigie generalmente poco alterate.

La stratigrafia superficiale riferita alla quota del p.c. può essere così schematizzata:

- da p.c. a -0,2÷0,6 m c.ca: pavimentazioni e relativo sottofondo ghiaioso e, sulle aree esterne cortilizie, ghiaia minuta mista a sabbia compattata con locale presenza di terreno rimaneggiato;
- da -0,2÷0,6 a -1,0÷1,5 m: originaria coltre superficiale costituita da limi sabbiosi e sabbie limose pedogenizzate di colore rossastro. La transizione verso i depositi sottostanti è evidenziata dalla comparsa di un raro scheletro clastico di elementi centimetrici quasi completamente alterati e sfatti; tale orizzonte risulta caratterizzato da scarsa valenza geotecnica;
- oltre -1,0÷1,5 m c.ca: materasso alluvionale costituito da ghiaia sabbiosa eterometrica e ghiaia con ciottoli arrotondati (diametro max. 15÷25 cm) con struttura da "clast supported" a "matrix supported" di colore bruno-rossastro con patine ocre di alterazione, passanti in profondità a ghiaie grigie da poco a nulla alterate. Trattasi di materiali da addensati (ove la struttura è prevalentemente matrix supported) a

molto addensati. Tale orizzonte è contraddistinto da un evidente e repentino incremento dei valori di resistenza penetrometrica fino al rifiuto alla penetrazione con $N_{\text{spt}} > 50$ colpi/piede (ORIZZONTE 2).

Per un dettaglio maggiore si rimanda alla planimetria delle prove effettuate, alle stratigrafie dei singoli saggi geognostici e alle prove penetrometriche riportate in allegato.

3.2 Idrogeologia

Per quanto concerne il settore comprendente l'area d'intervento, posto in sponda destra del Torrente Sangone, la "Carta geoidrologica" allegata al P.R.G.C. segnala la presenza della prima falda freatica a profondità di c.ca 10,0 m dal p.c. attuale in condizioni di regime idrogeologico ordinario; è comunque prevedibile che, nei periodi più piovosi dell'anno, il livello piezometrico della falda freatica possa innalzarsi stante la natura grossolana dell'acquifero seppur non a profondità interferenti con le strutture interrato in progetto.

4. RAPPORTO GEOTECNICO

4.1 Parametri geotecnici assunti

Sulla base dei dati ricavati dalle indagini eseguite si è proceduto ad una parametrizzazione geotecnica degli orizzonti costituenti la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalle opere in progetto. Si è ritenuto corretto definire "una stratigrafia geotecnica" cercando di individuare materiali con comportamento meccanico simile e di utilizzare per essi parametri rappresentativi di una situazione "media" e piuttosto conservativa.

Sono state adottate le correlazioni esistenti in letteratura specifica tra N_{SPT} e densità relativa (Dr) [Gibbs e Holtz, 1957], fra angolo di attrito (ϕ') e densità relativa (Dr) [Schmertmann, 1977], tenendo conto del rapporto di energia (pari a 1,489) esistente tra la resistenza penetrometrica standard (N_{SPT}) e quella rilevata con il penetrometro utilizzato (N_{20}).

I valori successivamente riportati, ottenuti mediante il metodo statistico applicato in maniera ragionata, possono essere considerati come valori caratteristici per la successiva modellizzazione.

L'assetto stratigrafico è caratterizzato dalla presenza di un primo orizzonte superficiale costituito dalla coltre superficiale e dal sovrastante terreno di riporto (ORIZZONTE 1); tali terreni superficiali, affioranti complessivamente fino ad una profondità di circa 1,0÷1,5 m dal p.c., possono essere nel complesso caratterizzati nel seguente modo:

γ_n	=	peso di volume naturale = 18,0 kN/m ³
c'	=	coesione efficace = 0,00 kPa
ϕ'_p	=	resistenza al taglio di picco = 30°
ϕ'_{cv}	=	resistenza al taglio a volume costante = 27°

Al di sotto affiorano delle ghiaie sabbiose (ORIZZONTE 2) caratterizzate da un grado di addensamento da moderato a elevato e che offrono il rifiuto alla penetrazione ($N_{\text{SPT}} > 50$ colpi/piede).

L'angolo di resistenza al taglio di picco è stato stimato mediante le correlazioni e i valori forniti da numerosi autori: in particolare *Leonards* (1962) propone, per terreni con percentuale di ghiaia fino al 65% e densità relativa media, dei valori compresi tra 37° e 41° , mentre *Lambe & Whitman* (1969), per sabbie e ghiaie con densità media, suggeriscono un campo di valori compresi tra 36° e 42° . E' possibile quindi ritenere rappresentativo per il deposito in oggetto (orizzonte ghiaioso) un valore di 38° , tenendo conto anche della possibile presenza di livelli meno addensati. Analogamente si può definire il valore di resistenza al taglio a volume costante (ϕ_{cv}), parametro che descrive il comportamento dei terreni granulari alle elevate deformazioni, in cui si ha l'assenza di variazioni di volume ed una resistenza disponibile corrispondente allo stato critico (LANCELLOTTA, 1987). *Lambe & Whitman* propongono per tale parametro dei valori compresi tra 32° e 36° : mediamente, tenuto conto delle locali variazioni di addensamento del substrato, si assumerà $\phi_{cv} = 34^\circ$. Trattandosi di terreni ghiaioso-sabbiosi con ciottoli si assumerà cautelativamente un valore nullo della coesione.

La definizione dei parametri di deformazione è possibile sulla base del diagramma proposto da Janbu (1967), assumendo cautelativamente come rappresentativa del deposito una Densità relativa media D_r pari al 50%. Il coefficiente di Poisson può essere assunto pari a $\nu = 0,30$.

Infine il peso di volume può essere valutato sulla base delle correlazioni proposte dal *NAVFAC* (1971), che per terreni di questa granulometria permette di stimare un valore di 20 kN/m^3 . L'ORIZZONTE 2 è stata pertanto caratterizzato nel seguente modo:

γ_n	=	peso di volume naturale = $20,0 \text{ kN/m}^3$
c'	=	coesione efficace = $0,00 \text{ kPa}$
ϕ'_p	=	resistenza al taglio di picco = 38°
ϕ'_{cv}	=	resistenza al taglio a volume costante = 34°
ν	=	coefficiente di Poisson = $0,30$

4.2 Caratterizzazione sismica del sedime

Il piano di indagini ha previsto la realizzazione di una prova MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) finalizzata ad ottenere la stratigrafia di velocità delle onde trasversali V_s da cui ricavare il parametro V_{s30} (velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità dal piano campagna, parametro di riferimento per la classificazione sismica dei suoli secondo il D.M. 14/01/08) e una prospezione sismica passiva con il metodo HVSr di Nakamura: si illustrano nel seguito le metodologie adottate ed i risultati ottenuti.

PROSPEZIONE SISMICA ATTIVA MASW

4.2.1 Cenni teorici sull'analisi multicanale delle onde superficiali

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali.

Ipotizzando una variazione di velocità di propagazione nei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata

velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga: questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

L'intero processo comprende tre passi successivi: l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s .

Per ottenere un profilo V_s bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarli minimizzando il rumore.

Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando come riferimento la curva di dispersione misurata sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati. Per ottenere il profilo verticale V_s dalla curva di dispersione sono necessari valori approssimati del rapporto di Poisson e della densità e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh, vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane.

Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni).

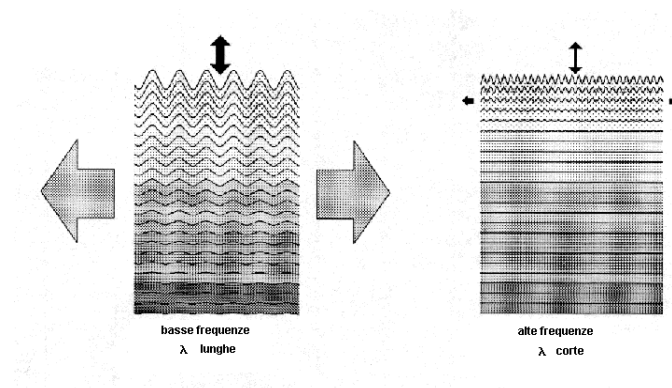
Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza dipendentemente dalla distanza dalla sorgente. La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione. La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza.

La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x ; y), il cui legame costituisce la curva di dispersione. È anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma: in questo caso MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N.

Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo V_s di inversione.



L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione meno profonda. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali quale la MASW può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme dei differenti tipi di onde sismiche. Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno, tali onde vengono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.

4.2.2 Strumentazione utilizzata e stendimento effettuato

L'acquisizione è stata effettuata con un sismografo EEG BR24 24 dotato di convertitore analogico/digitale integrato con un computer portatile su cui è installato un apposito programma che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate.

I geofoni utilizzati possiedono una frequenza di risonanza pari a 4,5 Hz con distorsione inferiore allo 0,2%.

L'energizzazione è stata ottenuta con massa battente da 4 Kg su piastra metallica in alluminio; per l'innesco (trigger) si è utilizzato uno "shock sensor" collegato alla mazza battente e connesso via cavo al sismografo.

Per l'acquisizione dei dati di campo è stato realizzato uno stendimento geofonico di lunghezza pari a 46 m, posizionando n°24 geofoni con un interasse di 2 m. Sono individuati 2 punti di energizzazione all'estremità dello stendimento, distanti rispettivamente 2 m dall'estremità del geofono n°1 e 10 m dall'estremità del geofono n°24.

Per ogni punto di energizzazione sono stati generati almeno 5 impulsi sismici.

4.2.3 Risultati dell'indagine MASW

In allegato a fondo testo sono riportati i risultati della prova MASW: nel riquadro in alto a sinistra è riportata l'immagine di dispersione dell'energia sismica, al di sotto è riportata l'estrazione della curva di dispersione eseguita sull'immagine precedente. Ancora sotto sono riportati i grafici relativi al modello del terreno, sia sotto forma di stratificazione Vs (spezzata di colore blu) che di Modulo di Taglio (spezzata verde).

Per il calcolo del modulo di taglio è stata usata una formula approssimata per la valutazione della densità, non nota. La formula utilizzata è la seguente:

$$\text{densità} = 1,5 + V_s/1000$$

Poiché il valore del modulo di taglio G in MegaPascal si ottiene dalla formula

$$G = V_s \times V_s \times \text{Densità} / 10^3$$

è facile ricalcolare il modulo G esatto quando si disponesse di valori più precisi di densità.

Con una curva di colore rosso è stato tracciato il valore di Vs progressiva: dalla curva si può quindi ricavare il valore di Vs10, Vs20 e così via, e quindi anche il valore di Vs30, quest'ultimo ovviamente alla profondità di 30 m.

A destra è visibile il sismogramma mentre in basso è riportato il valore del parametro V_{s30} calcolato utilizzando la stratigrafia Vs e la formula

$$V_{s30} = 30 / [(\sum_{i=1, N} h_i / V_i)]$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Come illustrato nella suddetta tavola a fondo testo, il valore di **V_{s30}** ottenuto tramite la prova MASW effettuata è risultato pari a **437 m/s** a partire dal piano campagna.

In riferimento al D.M. 14 Gennaio 2008 "*Norme tecniche per le costruzioni*", la suddetta stratigrafia e le caratteristiche geotecniche consentono di inquadrare il sedime nell'ambito della **categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione di tipo B** "*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto 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 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)*".

Nei paragrafi seguenti si è proceduto ad inserire i fattori correttivi per l'azione sismica, tenendo in considerazione la "pericolosità sismica di base" del sito in esame: la pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa (a_g) in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale. Considerato che l'area in esame è posta in Zona 3 della **D.G.R. n. 4-3084 del 12 dicembre 2011**, con categoria topografica T1 e sottosuolo di categoria B, i parametri da introdurre nei calcoli - considerando lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) - sono i seguenti:

- a_g = accel. orizz. max attesa su sito di riferimento rigido = $0,079 \text{ m/s}^2$
- S_s = amplificazione stratigrafica = 1,00
- S_t = amplificazione topografica = 1,00
- a_{\max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito = $0,775 \text{ m/s}^2$
- β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito = 0,200
- K_h = coefficiente per le azioni sismiche orizzontali = 0,016
- K_v = coefficiente per le azioni sismiche verticali = 0,008

PROSPEZIONE SISMICA PASSIVA HVSR

4.2.4 Cenni metodologici e risultati ottenuti

La metodologia sismica HVSR (Horizontal to Vertical Spectrum Ratio) misura il rumore sismico ambientale che è presente ovunque sulla superficie terrestre, ed è prodotto dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, microterremoti, vento) e dall'attività antropica.

Il rumore sismico ambientale viene anche chiamato microtremore in quanto costituito da oscillazioni di piccolissima ampiezza se confrontate con quelle associate ai terremoti.

La denominazione di sismica passiva dipende dal fatto che il rumore non viene generato artificialmente, come nelle energizzazioni della sismica attiva, ma è presente naturalmente.

In qualsiasi luogo pianeggiante sono sempre presenti delle vibrazioni associate alle onde oceaniche con dei picchi a 0,14 e 0,07 Hz. A questo comportamento spettrale di "fondo", sempre presente in varia forma, e soggetto a scarsissima attenuazione, si sovrappongono le sorgenti locali dovute alle attività antropiche (traffico, macchinari ecc..) e naturali. L'effetto di queste sorgenti locali è soggetto ad attenuazioni quanto maggiori all'aumentare della frequenza e dovute all'assorbimento anelastico associato all'attrito interno delle rocce e dei terreni.

La metodologia HVSR è stata introdotta da Nakamura (1989) per la determinazione delle frequenze di risonanza dei terreni e la stima dell'amplificazione sismica locale, elementi di grande utilità per l'ingegneria sismica.

La frequenza fondamentale di risonanza (F) dello strato di terreno è data dalla formula:

$$F_n = V_s/4h$$

in cui V_s è la velocità media delle onde S nello strato N ed h è lo spessore.

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità, è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati.

Viceversa, nota la stratigrafia è teoricamente possibile fornire una valutazione approssimativa della velocità delle onde S nei singoli strati.

I risultati (grafici) allegati a fondo testo, sono stati ottenuti mediante impiego di un geofono triassiale ed elaborati con apposito software: il segnale dei velocimetri (3) è acquisito in sito per un tempo t , e digitalizzato a 16 bit con due linee di preamplificatori.

Per ciascuna delle 3 componenti del moto il software esegue le seguenti elaborazioni:

- divide il tracciato acquisito in finestre di lunghezza L (generalmente 26 s);
- elimina il trend da ciascuna finestra;
- fa il "pad" di ciascuna finestra con degli zero;
- calcola la trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra;
- calcola lo spettro di ampiezza per ciascuna finestra;
- liscia lo spettro di ogni finestra secondo opportuno smoothing;
- calcola il rapporto spettrale HVSR ad ogni frequenza, per ciascuna finestra.

La funzione HVSR finale è data dalle medie degli HVSR di ciascuna finestra.

L'indagine eseguita evidenzia un debole picco di risonanza alla frequenza di 19 Hz circa, corrispondente a un contrasto di impedenza nei confronti delle onde sismiche alla profondità indicativa (tenuto conto della velocità media delle onde misurata) pari a circa 6 m, ragionevolmente riconducibile alla presenza di un livello ghiaioso maggiormente addensato.

4.3 Verifica a liquefazione

La verifica a liquefazione non risulta necessaria in quanto - con riferimento al punto 2 dell'art. 7.11.3.4.2 "Esclusione dalla verifica a liquefazione" del D.M. 14 Gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" - l'accelerazione massima attesa al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) risulta minore di 0,1 g.

4.4 Tipologie fondazionali e capacità portante

L'intervento in esame contempla la realizzazione di un lotto a destinazione commerciale (LOTTO 1) dove si prevede un nuovo edificio ad un piano fuori terra e privo di locali interrati e di un lotto a destinazione residenziale (LOTTO2), dove si prevede la costruzione di n°4 palazzine composte da 3÷4 piani fuori terra con sottotetto abitabile e piano interrato unico.

La ricostruzione stratigrafica e la parametrizzazione geotecnica condotta hanno evidenziato la presenza di un primo orizzonte superficiale con scadente valenza geotecnica (ORIZZONTE 1), affiorante fino ad una profondità di c.ca 1,0÷1,5 m dal p.c. e sottostanti depositi ghiaioso-sabbiosi addensati e compatti (ORIZZONTE 2).

Si impone pertanto, quale sedime fondazionale per i manufatti di prevista realizzazione, il raggiungimento del sedime ghiaioso-sabbioso naturale dell'ORIZZONTE 2 dotato di buone caratteristiche geomeccaniche; tale configurazione risulta peraltro agevolmente perseguibile stante la sua ridotta profondità di affioramento.

Sono state nel seguito pertanto verificate soluzioni fondazionali dirette isolate a plinto di lato $B = 1,5 \div 2,5$ m e di tipo nastriforme di lato $B = 1,5 \div 2,5$ m e lunghezza $L \gg B$, immorsate in corrispondenza dell'ORIZZONTE 2, ad una profondità minima di 1,5 m dal p.c. per il LOTTO 1 e di 3,5 m dal p.c. per il LOTTO 2.

La valutazione della capacità portante limite ed ammissibile del terreno è stata verificata utilizzando il metodo di verifica ex **D.M. 14/01/2008** nei confronti degli stati limite ultimi (**SLU**), introducendo i fattori correttivi per l'**azione sismica**.

In particolare è stato preso in considerazione l'approccio più cautelativo ovvero l'**Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2)** in cui i parametri di resistenza del terreno sono ridotti tramite i coefficienti del gruppo M2 e la resistenza globale del sistema tramite i coefficienti γ_R del gruppo R2; le azioni di progetto in fondazione derivano da analisi strutturali che devono essere svolte impiegando i coefficienti parziali del gruppo A2.

In mancanza d'indicazioni sulle azioni di progetto, si è proceduto al calcolo della capacità portante del terreno introducendo i coefficienti correttivi del termine M (M2 e M1): si evidenzia quindi che le azioni di progetto E_d [la cui definizione è demandata al progettista] dovranno risultare inferiori alle capacità portanti ridotte dai relativi fattori di sicurezza R (ed indicate nel seguito come R_d). Come precedentemente accennato, si è inoltre proceduto ad inserire nei calcoli i fattori correttivi per l'azione sismica, come precedentemente definiti.

I calcoli sono stati effettuati utilizzando il software **LOADCAP[®]** della Geostru: trattasi di un software per il calcolo del carico limite di fondazione su terreni sciolti secondo Terzaghi, Meyerhof, Hansen, Vesic e Brinch-Hansen e per il calcolo dei cedimenti con il loro decorso nel tempo. Il programma permette inoltre l'analisi in condizioni sismiche utilizzando le correzioni sismiche secondo Vesic e Sano.

Le verifiche sono state fatte adottando la soluzione di **BRINCH - HANSEN [1970]**; affinché una fondazione possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale,

per tutte le combinazioni di carico relative allo SLU (stato limite ultimo), deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$V_d \leq R_d$$

dove V_d è il carico di progetto allo SLU, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso della fondazione stessa, mentre R_d è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici.

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$R/A' = c' N_c s_c i_c + q' N_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma$$

dove:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2(45 + \phi'/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

$$N_\gamma = 1,5(N_q - 1) \tan \phi'$$

s_c , s_q e s_γ sono i fattori di forma:

$$s_q = 1 + (B'/L') \sin \phi' \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_q = 1 + \sin \phi' \quad \text{per forma quadrata o circolare}$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3(B'/L') \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_\gamma = 0,7 \quad \text{per forma quadrata o circolare}$$

$$s_c = (s_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1) \quad \text{per forma rettangolare, quadrata o circolare.}$$

i_q e i_c sono i fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a L'

$$i_q = i = 1 - H / (V + A' c' \cot \phi')$$

$$i_c = (i_q N_q - 1) / (N_q - 1)$$

i_q , i_c e i_γ sono i fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B'

$$i_q = [1 - 0,7H / (V + A' c' \cot \phi')]^3$$

$$i_\gamma = [1 - H / (V + A' c' \cot \phi')]^3$$

$$i_c = (i_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1)$$

Oltre ai fattori correttivi di cui sopra sono considerati quelli complementari della profondità del piano di posa e dell'inclinazione del piano di posa e del piano campagna (Hansen).

Infine, per tener conto degli effetti inerziali indotti dal sisma sulla determinazione del q_{lim} vengono introdotti i fattori correttivi z di Paolucci e Pecker:

$$z_q = \left(1 - \frac{k_h}{\tan \phi}\right)^{0,35}$$

$$z_c = 1 - 0,32 \cdot k_h$$

$$z_\gamma = z_q$$

dove k_h è il coefficiente sismico orizzontale.

Le verifiche effettuate utilizzando il metodo precedentemente descritto hanno fornito i valori R_d per la verifica allo stato limite ultimo (**SLU**) riportati nella tabella seguente.

LOTTO 1 (p.f. -1,5 m)	Approccio 1 Combin. 2 (M2)	
	$Q_{lim.} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	$R_d \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
	M2	M2+R2
plinto B = 1,5 m	6,21	3,45
plinto B = 2,0 m	6,70	3,72
plinto B = 2,5 m	7,28	4,04
nastriforme B = 1,5 m	5,79	3,21
nastriforme B = 2,0 m	6,61	3,67
nastriforme B = 2,5 m	7,45	4,14

LOTTO 2 (p.f. -3,5 m)	Approccio 1 Combin. 2 (M2)	
	$Q_{lim.} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	$R_d \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
	M2	M2+R2
plinto B = 1,5 m	6,82	3,79
plinto B = 2,0 m	7,42	4,12
plinto B = 2,5 m	8,04	4,46
nastriforme B = 1,5 m	6,22	3,46
nastriforme B = 2,0 m	7,19	3,96
nastriforme B = 2,5 m	8,01	4,45

Come già anticipato, le azioni di progetto E_d (ridotte dai relativi coefficienti del gruppo A) dovranno risultare inferiori ai valori di R_d sopra indicati.

I valori di R_d ottenuti non possono inoltre essere considerati pari alla pressione ammissibile poiché occorre effettuare anche la verifica nei confronti degli Stati Limite di Esercizio (SLE).

La verifica nei confronti degli Stati Limite di Esercizio (SLE) è stata eseguita con il medesimo programma, utilizzando il metodo di calcolo di *BURLAND e BURBIDGE* [1984].

Il programma infatti permette, qualora si disponga di dati ottenuti da prove penetrometriche dinamiche, di effettuare il calcolo dei cedimenti con il metodo di Burland e Burbidge (1985), nel quale viene correlato un indice di compressibilità I_c al risultato N delle prove penetrometriche dinamiche. L'espressione del cedimento proposta dai due autori è la seguente:

$$S = f_s \cdot f_H \cdot f_t \cdot \left[\sigma'_{v0} \cdot B^{0.7} \cdot I_C / 3 + (q' - \sigma'_{v0}) \cdot B^{0.7} \cdot I_C \right]$$

nella quale:

q' = pressione efficace lorda;

σ'_{v0} = tensione verticale efficace alla quota d'imposta della fondazione;

B = larghezza della fondazione;

I_c = indice di compressibilità;

f_s, f_H, f_t = fattori correttivi che tengono conto rispettivamente della forma, dello spessore dello strato compressibile e del tempo, per la componente viscosa.

L'indice di compressibilità I_c è legato al valore medio N_{AV} di N_{SPT} all'interno di una profondità significativa z :

$$I_c = \frac{1.706}{N_{AV}^{1.4}}$$

Le espressioni dei fattori correttivi f_s , f_H e f_t sono rispettivamente:

$$f_s = \left(\frac{1.25 \cdot L / B}{L / B + 0.25} \right)^2$$

$$f_H = \frac{H}{z_i} \left(2 - \frac{H}{z_i} \right)$$

$$f_t = \left(1 + R_3 + R \cdot \log \frac{t}{3} \right)$$

con:

t = tempo in anni > 3 ;

R_3 = costante pari a 0,3 per carichi statici e 0,7 per carichi dinamici;

R = 0,2 nel caso di carichi statici e 0,8 per carichi dinamici.

Nei calcoli dei cedimenti è stato utilizzato un valore di N_{AV} , che rappresenta la media "conservativa" dei valori N_{SPT} all'interno della profondità significativa z (funzione del lato della fondazione), cautelativamente pari a = 20 colpi/piede: ciò al fine di tenere in debito conto la possibile presenza di interdigitazioni sabbiose relativamente meno addensate.

Per contenere i cedimenti differenziali su valori accettabili per la stabilità della struttura, si è imposto un cedimento massimo ammissibile nell'immediato (S_{imm}) e dopo 30 anni dall'applicazione del carico (S_{max}) inferiore a 25 mm.

La verifica ha fornito i seguenti valori limite dell'effetto delle azioni C_d (portata ammissibile ai cedimenti):

PORTANZA AMMISSIBILE VERIFICATA AI CEDIMENTI (VERIFICA AGLI SLE)

<u>LOTTO 1</u> (p.f. -1,5 m)	S_{imm} (mm)	S_{max} (mm)	C_d (kg/cm²)
plinto B = 1,5 m	10,79	16,19	3,4
plinto B = 2,0 m	14,43	21,65	3,7
plinto B = 2,5 m	15,91	23,87	3,5
nastriforme B = 1,5 m	14,70	22,04	3,2
nastriforme B = 2,0 m	16,39	24,58	3,0
nastriforme B = 2,5 m	16,05	24,08	2,6

<u>LOTTO 2</u> (p.f. -3,5 m)	S_{imm} (mm)	S_{max} (mm)	C_d (kg/cm²)
plinto B = 1,5 m	10,91	16,35	3,7
plinto B = 2,0 m	15,39	23,08	4,1

plinto B = 2,5 m	16,55	24,83	3,9
nastriforme B = 1,5 m	14,37	21,56	3,4
nastriforme B = 2,0 m	16,58	24,87	3,3
nastriforme B = 2,5 m	16,28	24,41	2,9

Come già anticipato, le azioni di progetto Ed (ridotte dai relativi coefficienti del gruppo A) dovranno risultare inferiori ai valori di Cd sopra indicati.

In ottemperanza all'articolo 7.2.5.1 del D.M. 14/01/08 qualora si propenda per una fondazione a plinti isolati occorrerà prevedere un collegamento orizzontale tra gli stessi.

5. STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO E DELL'INSIEME OPERE-TERRENO

Gli interventi in progetto nel LOTTO 1 non contemplano la formazione di scavi di sbancamento, se non quelli relativi alla posa delle fondazioni; lo sbancamento necessario per la realizzazione del piano interrato del LOTTO 2 comporterà invece la formazione di fronti di scavo che raggiungeranno una altezza massima di circa $3,5 \div 4,0$ m.

Ciò premesso, per il LOTTO 2 nei settori in cui i fronti di scavo si localizzeranno in posizione sufficientemente distale dai manufatti esistenti si potranno realizzare scarpate libere purché sagomate con angolo di inclinazione $\beta \leq 45^\circ$, configurazione che - nel breve termine - fornisce un adeguato fattore di sicurezza.

Il filo occidentale dello scavo, che si svilupperà in prossimità di un basso fabbricato privo di interrato (Carrozzeria Rivalta), richiederà l'adozione di adeguate opere provvisorie a sostegno e protezione delle pareti, al fine di garantire la stabilità di quest'ultime, il mantenimento delle attuali condizioni di equilibrio dei manufatti circostanti ed assicurare un adeguato coefficiente di sicurezza alle maestranze coinvolte.

Si suggerisce in ogni caso, sia sui fronti liberi che su eventuali fronti protetti, di procedere con sollecitudine alla realizzazione dei muri contro terra definitivi.

In corso d'opera si dovranno adottare tutti gli accorgimenti necessari ad evitare il franamento delle pareti: in particolare si consiglia l'intercettazione delle acque meteoriche alla testata dello scavo ed eventualmente la sua copertura con teli impermeabili per evitare ruscellamenti e destabilizzazioni lungo la scarpata.

Poiché i fabbricati in progetto si localizzano in ambito subpianeggiante e non modificheranno in modo sostanziale le condizioni di attuale equilibrio del territorio, non si ritiene necessaria una verifica numerica della stabilità dell'insieme opere-terreno.

6. GESTIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI

La falda freatica si attesta mediamente - in condizioni di regime idrogeologico ordinario - ad una profondità di c.ca 10,0 m dal p.c. attuale, a quote pertanto non interferenti con le strutture in progetto. Le acque superficiali ricadenti su entrambi i lotti dovranno essere adeguatamente raccolte e smaltite in idoneo recettore.

7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le analisi svolte ai punti precedenti hanno permesso di individuare le principali problematiche geologico-tecniche connesse alla realizzazione degli interventi edificatori in corrispondenza dell'area in esame: sulla base dei rilievi eseguiti e delle indagini condotte, è stato possibile pervenire a una definizione dettagliata dell'assetto litostratigrafico e dei parametri geotecnici dei terreni presenti.

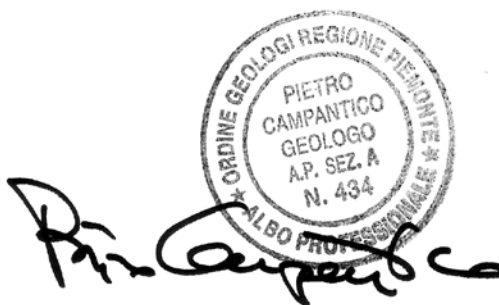
Il modello concettuale geotecnico del sottosuolo ha inoltre consentito di individuare le più idonee soluzioni fondazionali e di valutare la capacità portante ammissibile del terreno.

L'esame condotto nei capitoli precedenti permette quindi di esprimere un giudizio positivo circa la fattibilità geologica, geotecnica e la compatibilità idrogeologica con l'assetto territoriale degli interventi in progetto, fatti salvi i risultati e le prescrizioni riportate nella presente.

Torino, lì 10 ottobre 2017

geol. Pietro Campantico

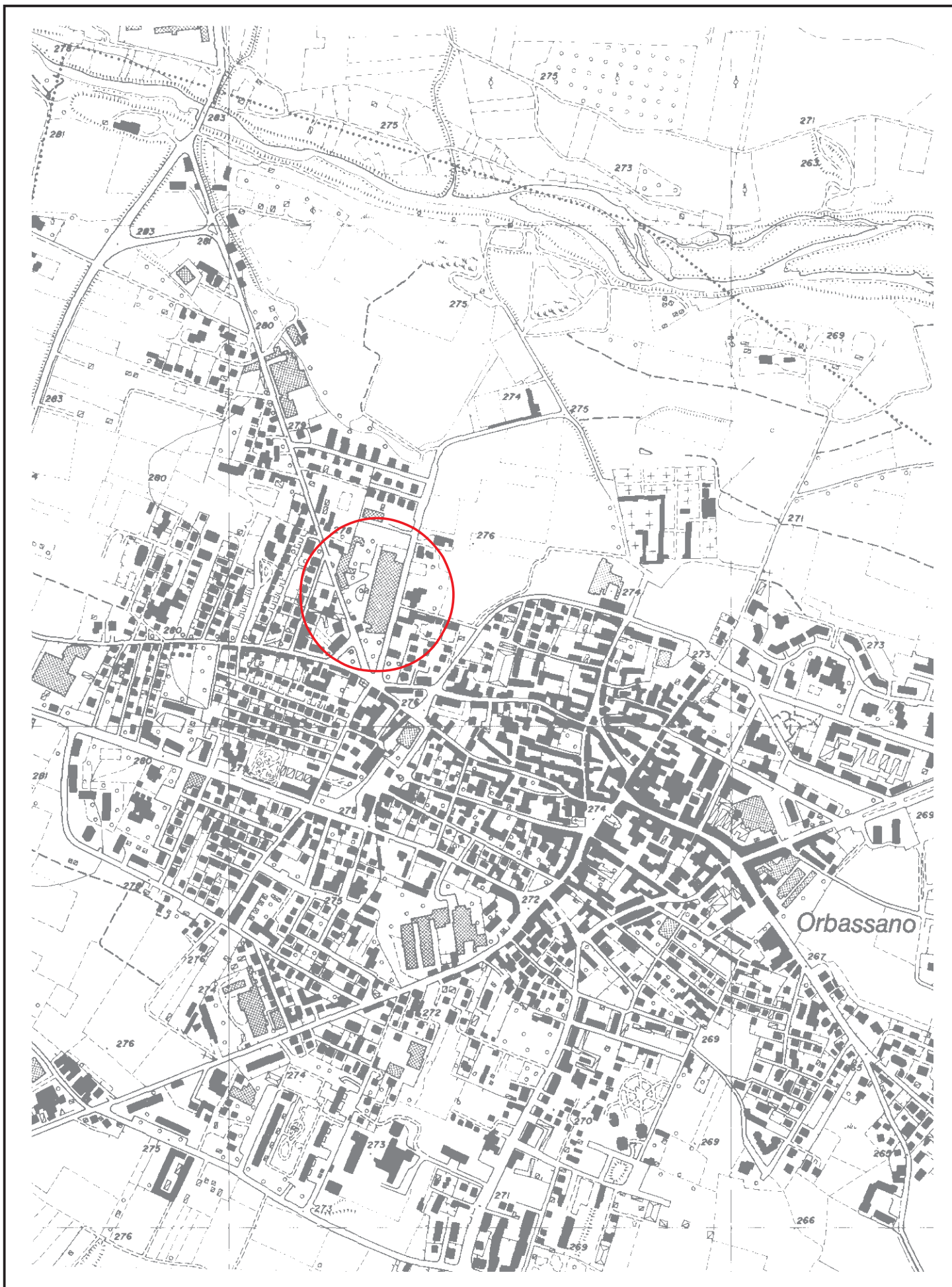
Collaboratore:
geol. Giorgio Toselli



The image shows a handwritten signature in black ink, which appears to read 'P. Campantico'. Overlaid on the signature is a circular professional stamp. The stamp contains the following text: 'ORDINE GEOLOGI REGIONE PIEMONTE' around the top edge, 'PIETRO CAMPANTICO' in the center, 'GEOLOGO' below it, 'A.P. SEZ. A' below that, and 'N. 434' at the bottom. The words 'ALBO PROFESSIONISTI' are partially visible at the very bottom of the stamp.

ALLEGATI

- COROGRAFIA GENERALE - scala 1:10.000
- PLANIMETRIA GENERALE DELL'AREA D'INTERVENTO CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE EFFETTUATE
- STRATIGRAFIE DEI SAGGI GEOGNOSTICI
- DIAGRAMMI DELLE PROVE PENETROMETRICHE



COROGRAFIA GENERALE - scala 1:10.000 -
Estratto da Carta Tecnica Regionale - sezione n°155150




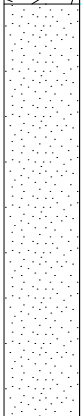
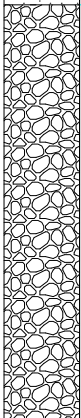
PLANIMETRIA DESCRITTIVA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE EFFETTUATE

STRATIGRAFIE DEI SAGGI GEOGNOSTICI

genovese & associati
geologia & ambiente
via Camogli 10 - 10134 Torino
tel./fax 011-3199507
e-mail genovese@iol.it
p.iva 07282110019

Committente Emme S.p.A.
Cantiere via rivalta
Località Orbassano (TO)
Data Inizio 04/010/2017 Data Fine 04/10/2017

SONDAGGIO	FOGLIO
P1	1/1
Il geologo dott. Campantico	

Stratigrafia	Profondita'	Descrizione	Campioni
	0.30	Pavimentazione in asfalto e relativo sottofondo ghiaioso	
	1.40	Sabbia limosa rossa con raro scheletro minuto	1.00 C1
	2.50	Ghiaia media con ciottoli alterati in matrice limosa debolmente sabbiosa di colore rosso, "matrix-supported"	1.40 2.20 C2 2.50

genovese & associati
geologia & ambiente
via Camogli 10 - 10134 Torino
tel./fax 011-3199507
e-mail genovese@iol.it
p.iva 07282110019

Committente Emme S.p.A.
Cantiere via rivalta
Località Orbassano (TO)
Data Inizio 04/010/2017 Data Fine 04/10/2017




SONDAGGIO	FOGLIO
P2	1/1
Il geologo dott. Campantico	

Stratigrafia	Profondita'	Descrizione	Campioni
	0.10	Pavimentazione in cemento armato	0.30
		Sottofondo in ghiaietto misto spaccato di colore grigio	
	0.30	Limo e sabbia limosa di colore arancio con raro scheletro clastico alterato	0.30
			C1
	1.50	Ghiaia rossa con ciottoli e blocchi alterati e con patine di argillificazione su clasti	1.40
			2.50
	3.00		C2
			3.00

genovese & associati
geologia & ambiente
via Camogli 10 - 10134 Torino
tel./fax 011-3199507
e-mail genovese@iol.it
p.iva 07282110019

Committente Emme S.p.A.
Cantiere via rivalta
Località Orbassano (TO)
Data Inizio 04/010/2017 Data Fine 04/10/2017

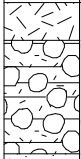
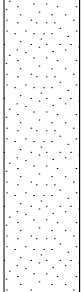
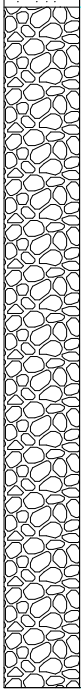
SONDAGGIO	FOGLIO
P3	1/1
Il geologo dott. Campantico	

Stratigrafia	Profondita'	Descrizione	Campioni
	0.10	Pavimentazione in cemento armato	
		Sottofondo misto granulare	
	0.60	Limo con sabbia e sabbia limosa di colore rosso	0.60 C1
	1.00	Ghiaia di colore rosso con presenza di ciottoli	1.00
			2.00
			C2
	3.00		3.00

genovese & associati
geologia & ambiente
via Camogli 10 - 10134 Torino
tel./fax 011-3199507
e-mail genovese@iol.it
p.iva 07282110019

Committente Emme S.p.A.
Cantiere via rivalta
Località Orbassano (TO)
Data Inizio 04/010/2017 Data Fine 04/10/2017



SONDAGGIO	FOGLIO
P4	1/1
Il geologo dott. Campantico	

Stratigrafia	Profondita'	Descrizione	Campioni
	0.10	Pavimentazione in cemento armato	
		Sottofondo sabbioso di colore grigio	
	0.40	Sabbia limosa di colore rosso con screziature grigio/nerastre di probabile origine organica non olenti	0.40
			C1
	1.20	Ghiaia rossa media con ciottoli in matrice sabbiosa e patine di argillificazione su clasti	1.20
			1.50
			C2
	3.00		3.00

genovese & associati
geologia & ambiente
via Camogli 10 - 10134 Torino
tel./fax 011-3199507
e-mail genovese@iol.it
p.iva 07282110019

Committente **Emme S.p.A.**
Cantiere **via rivalta**
Località **Orbassano (TO)**
Data Inizio **04/010/2017** Data Fine **04/10/2017**

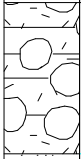
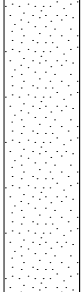
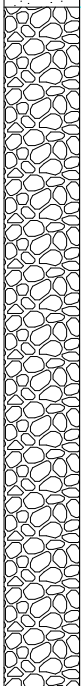
SONDAGGIO **P5** FOGLIO **1/1**
Il geologo
dott. Campantico

Stratigrafia	Profondita'	Descrizione	Campioni
	0.10	Pavimentazione in cemento	
	0.20	Sottofondo in ciottoli di grandi dimensioni	
	0.20	Sabbia limosa e sabbia franca con ghiaietto di colore rosso	0.40 C1
	1.00	Ghiaia rossa con presenza di ciottoli alterati	1.00
	2.80		2.00 C2 2.80

genovese & associati
geologia & ambiente
via Camogli 10 - 10134 Torino
tel./fax 011-3199507
e-mail genovese@iol.it
p.iva 07282110019

Committente Emme S.p.A.
Cantiere via rivalta
Località Orbassano (TO)
Data Inizio 04/010/2017 Data Fine 04/10/2017

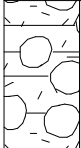
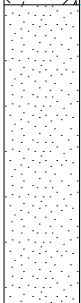
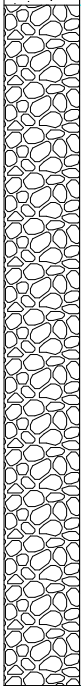
SONDAGGIO	FOGLIO
P6	1/1
Il geologo dott. Campantico	

Stratigrafia	Profondita'	Descrizione	Campioni
	0.40	Pavimentazione in cemento e sottofondo con ciottoli di grandi dimensioni	0.40
	1.20	Sabbia limosa di colore rosso	C1
	3.00	Ghiaia di colore rosso con ciottoli	C2

genovese & associati
geologia & ambiente
via Camogli 10 - 10134 Torino
tel./fax 011-3199507
e-mail genovese@iol.it
p.iva 07282110019

Committente **Emme S.p.A.**
Cantiere **via rivalta**
Località **Orbassano (TO)**
Data Inizio **04/010/2017** Data Fine **04/10/2017**

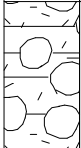
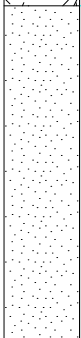
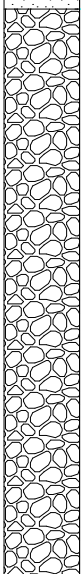
SONDAGGIO FOGLIO
P7 **1/1**
Il geologo
dott. Campantico

Stratigrafia	Profondita'	Descrizione	Campioni
	0.40	Pavimentazione in cemento e sottofondo con ciottoli di grandi dimensioni	0.40
	1.20	Sabbia limosa di colore rosso	C1
	3.00	Ghiaia di colore rosso	C2

genovese & associati
geologia & ambiente
via Camogli 10 - 10134 Torino
tel./fax 011-3199507
e-mail genovese@iol.it
p.iva 07282110019

Committente **Emme S.p.A.**
Cantiere **via rivalta**
Località **Orbassano (TO)**
Data Inizio **04/010/2017** Data Fine **04/10/2017**

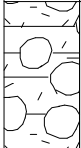
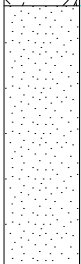
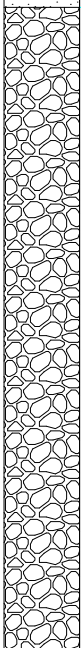
SONDAGGIO **P8** FOGLIO **1/1**
Il geologo
dott. Campantico

Stratigrafia	Profondita'	Descrizione	Campioni
	0.40	Pavimentazione in cemento e sottofondo con ciottoli di grandi dimensioni	
	1.30	Sabbia limosa di colore rosso senza scheletro solido	0.60 C1
	2.80	Ghiaia di colore rosso con ciottoli	1.30 2.30 C2 2.80

genovese & associati
geologia & ambiente
via Camogli 10 - 10134 Torino
tel./fax 011-3199507
e-mail genovese@iol.it
p.iva 07282110019

Committente **Emme S.p.A.**
Cantiere **via rivalta**
Località **Orbassano (TO)**
Data Inizio **04/010/2017** Data Fine **04/10/2017**

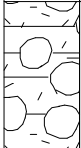
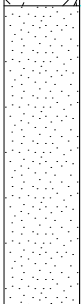
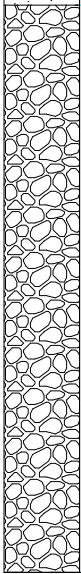
SONDAGGIO **P9** FOGLIO **1/1**
Il geologo
dott. Campantico

Stratigrafia	Profondita'	Descrizione	Campioni
	0.40	Pavimentazione in cemento e sottofondo con ciottoli	0.40
	1.10	Sabbia limosa di colore rosso	C1
	2.80	Ghiaia di colore rosso	C2

genovese & associati
geologia & ambiente
via Camogli 10 - 10134 Torino
tel./fax 011-3199507
e-mail genovese@iol.it
p.iva 07282110019

Committente **Emme S.p.A.**
Cantiere **via rivalta**
Località **Orbassano (TO)**
Data Inizio **04/010/2017** Data Fine **04/10/2017**

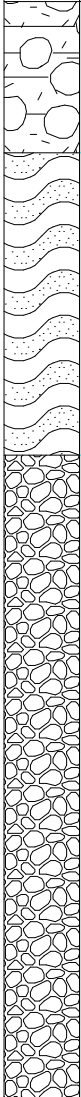
SONDAGGIO FOGLIO
P10 **1/1**
Il geologo
dott. Campantico

Stratigrafia	Profondita'	Descrizione	Campioni
	0.40	Pavimentazione in cemento e sottofondo con ciottoli di grandi dimensioni	
	1.20	Limo sabbioso umido di colore rosso	0.70 C1 1.20
	2.70	Ghiaia di colore rosso con presenza di ciottoli alterati	2.10 C2 2.80

genovese & associati
geologia & ambiente
via Camogli 10 - 10134 Torino
tel./fax 011-3199507
e-mail genovese@iol.it
p.iva 07282110019


Committente **Emme S.p.A.**
Cantiere **via rivalta**
Località **Orbassano (TO)**
Data Inizio **04/010/2017** Data Fine **04/10/2017**

SONDAGGIO FOGLIO
P11 **1/1**
Il geologo
dott. Campantico

Stratigrafia	Profondita'	Descrizione	Campioni
	0.40	Pavimentazione in cemento e sottofondo con ciottoli di grandi dimensioni	
	1.20	Limo sabbioso asciutto	0.80 C1 1.20
	2.90	Ghiaia di colore rosso	2.10 C2 2.90

genovese & associati geologia & ambiente via Camogli 10 - 10134 Torino tel./fax 011-3199507 e-mail genovese@iol.it p.iva 07282110019	Committente	Emme S.p.A.	
	Cantiere	via rivalta	
	Località	Orbassano (TO)	
	Data Inizio	04/010/2017	Data Fine

SONDAGGIO	FOGLIO
P12	1/1
Il geologo dott. Campantico	

Stratigrafia	Profondita'	Descrizione	Campioni
	0.80	Coltre vegetale e limo sabbioso	0.80
	2.50	Ghiaia di colore rosso	<div>C1</div> <div>1.20</div> <div>2.10</div> <div>C2</div> <div>2.50</div>

geologia & ambiente
via Camogli 10 - 10134 Torino
tel./fax 011-3199507
e-mail genovese@iol.it
p.iva 07282110019

Committente	Emme S.p.A.		
Cantiere	via rivalta		
Località	Orbassano (TO)		
Data Inizio	04/010/2017	Data Fine	04/10/2017

SONDAGGIO	FOGLIO
P13	1/1
Il geologo dott. Campantico	

Stratigrafia	Profondita'	Descrizione	Campioni
		<p>Riporto ghiaioso ben addensato con matrice sabbiosa di colore nocciola con presenza di plastica, tubi in gomma, sacchetti, pezzi di latta, onduline in vetroresina, mattoni</p>	<p>0.80</p> <p>C1</p> <p>1.20</p>
	<p>2.00</p> <p>2.70</p>	<p>Ghiaia grossolana di colore rosso</p>	

DIAGRAMMI DELLE PROVE PENETROMETRICHE

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
Penetrometro dinamico pesante DPSH PAGANI TG 63/200 KN

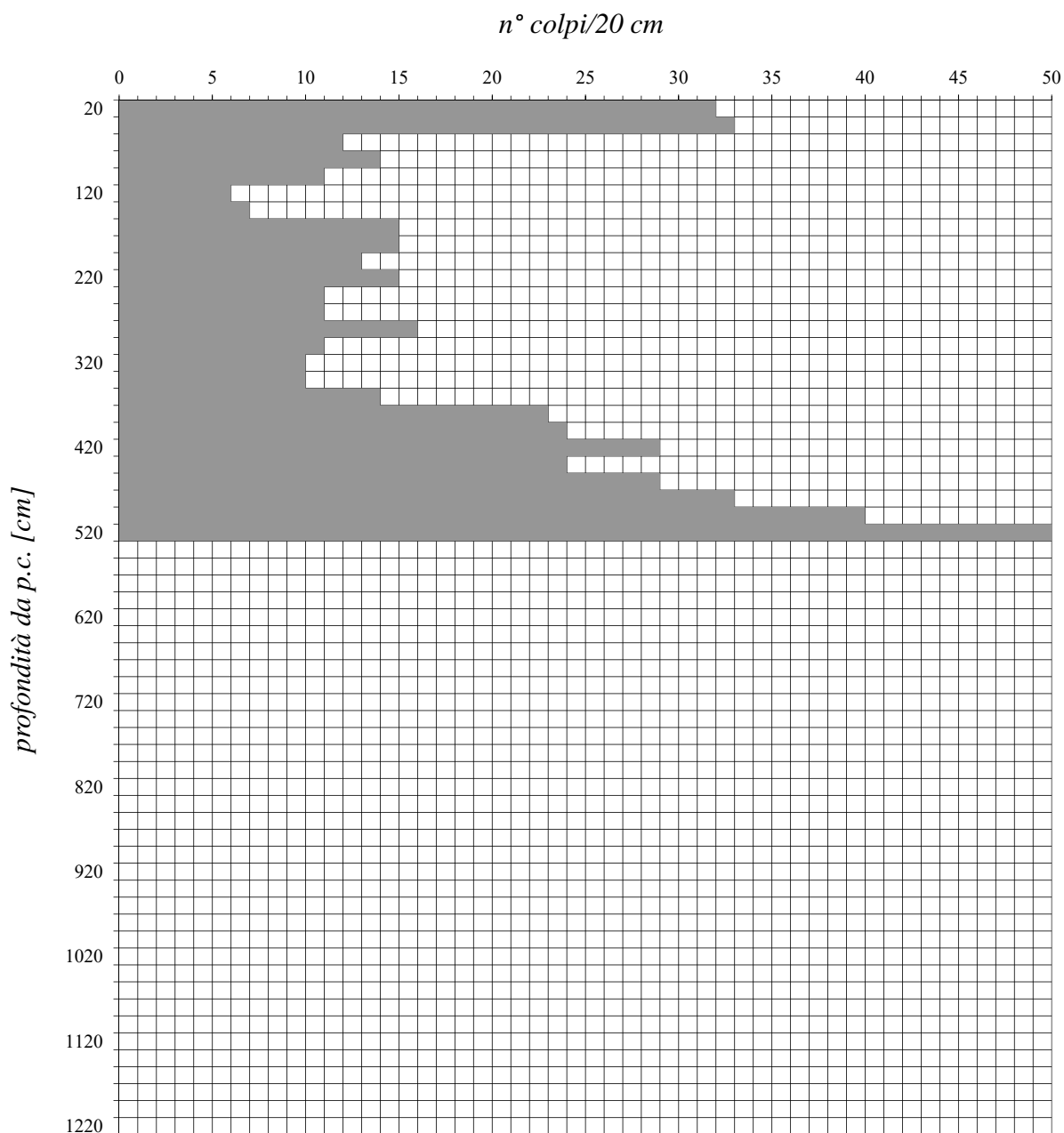
prova n°: **DPSH1**

località: **Orbassano (TO) strada Rivalta n°12**

data: **03/10/2017**

quota inizio: **p.c.**

falda: **non rilevata**



Massa battente [Kg]	altezza di caduta [m]	punta conica diametro di base 51 mm	registrazione num. colpi ogni 0,20 m (N')
63,5	0,75	angolo di apertura 60°	coeff. teorico di energia N _{SPT} = 1,489 N'

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
Penetrometro dinamico pesante DPSH PAGANI TG 63/200 KN

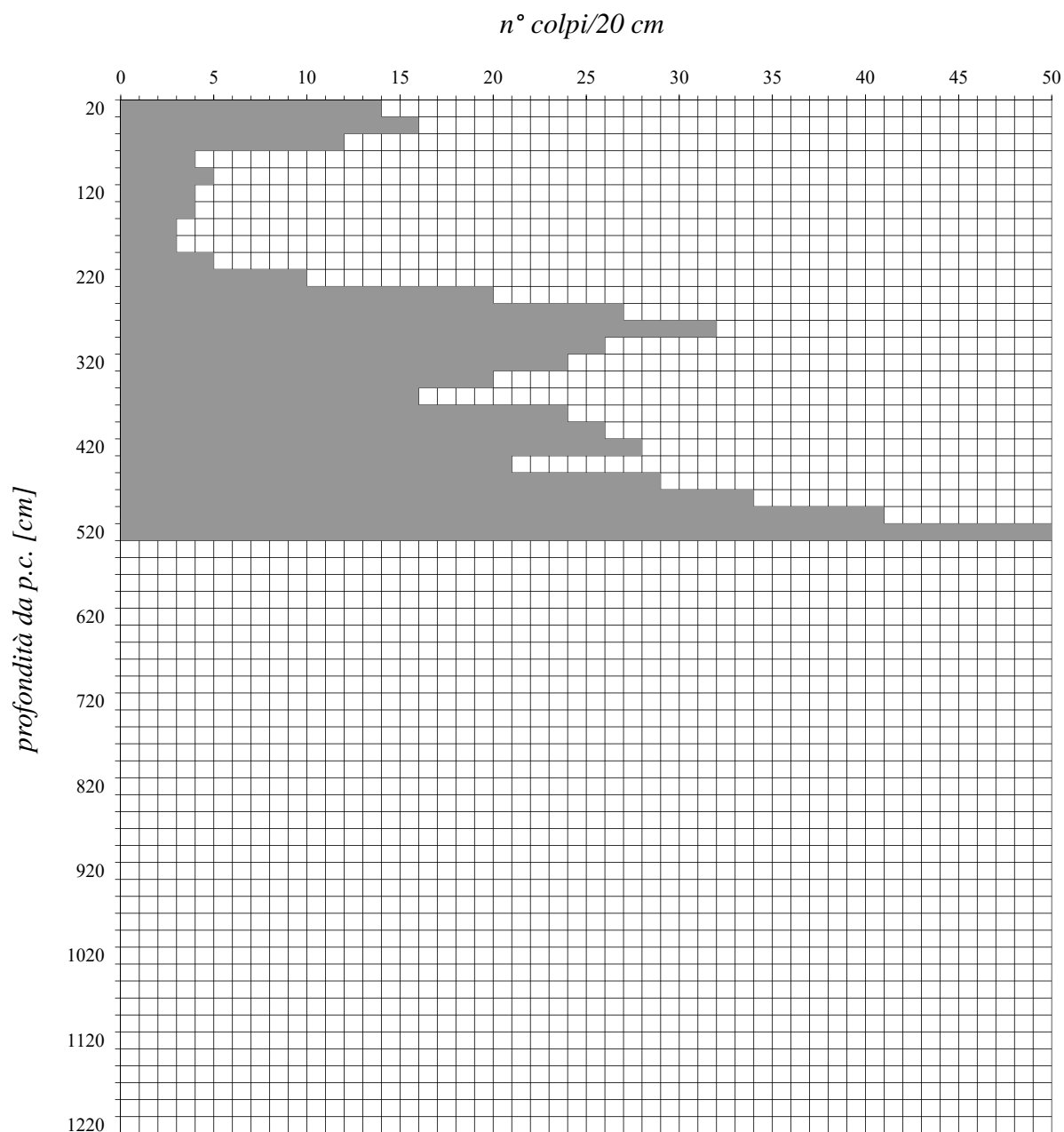
prova n°: **DPSH2**

località: **Orbassano (TO) strada Rivalta n°12**

data: **03/10/2017**

quota inizio: **p.c.**

falda: **non rilevata**



Massa battente [Kg]	altezza di caduta [m]	punta conica diametro di base 51 mm	registrazione num. colpi ogni 0,20 m (N')
63,5	0,75	angolo di apertura 60°	coeff. teorico di energia N _{SPT} = 1,489 N'

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
Penetrometro dinamico pesante DPSH PAGANI TG 63/200 KN

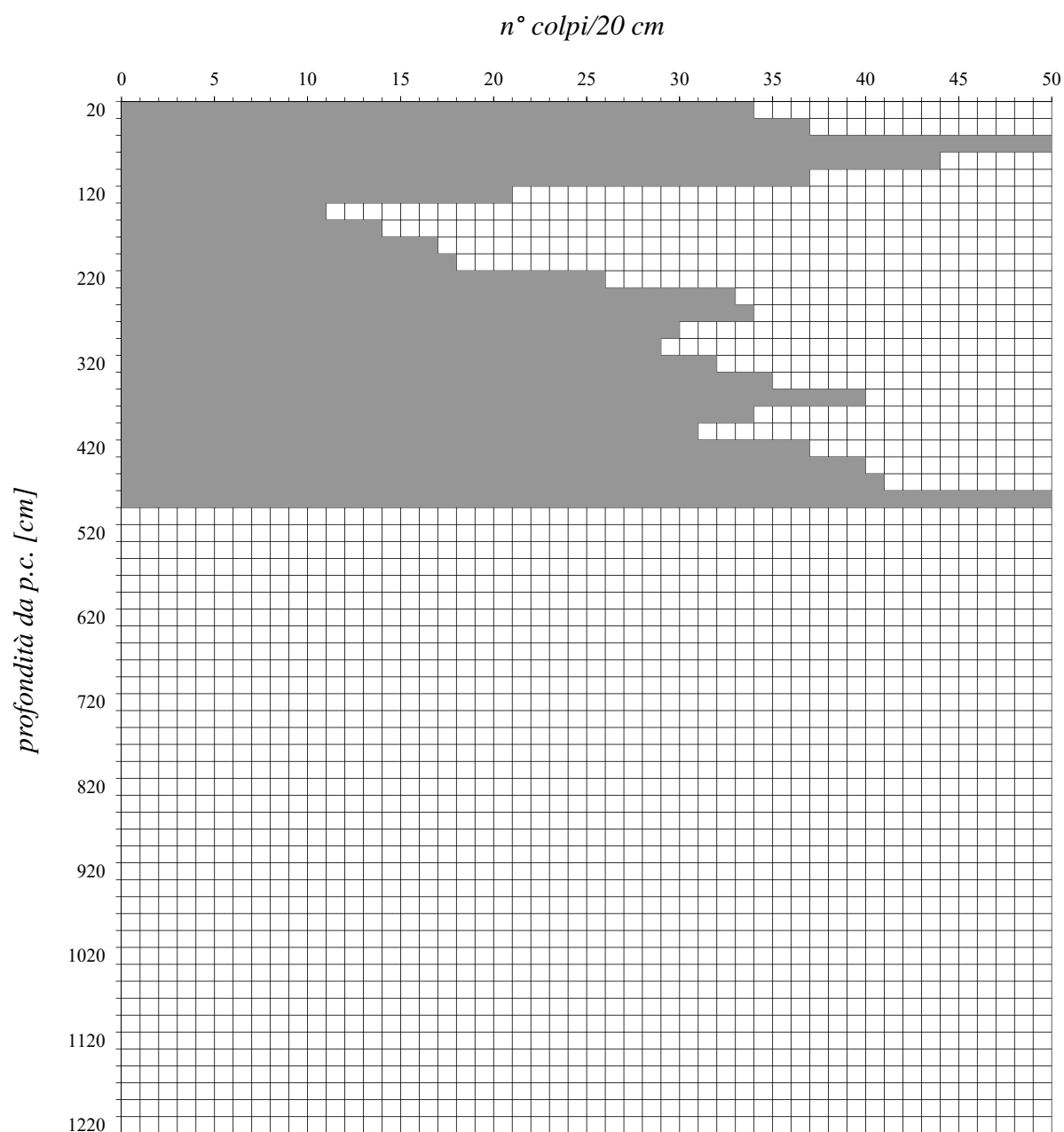
prova n°: **DPSH3**

località: **Orbassano (TO) strada Rivalta n°12**

data: **03/10/2017**

quota inizio: **p.c.**

falda: **non rilevata**



Massa battente [Kg]	altezza di caduta [m]	punta conica diametro di base 51 mm	registrazione num. colpi ogni 0,20 m (N')
63,5	0,75	angolo di apertura 60°	coeff. teorico di energia N _{SPT} = 1,489 N'

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
Penetrometro dinamico pesante DPSH PAGANI TG 63/200 KN

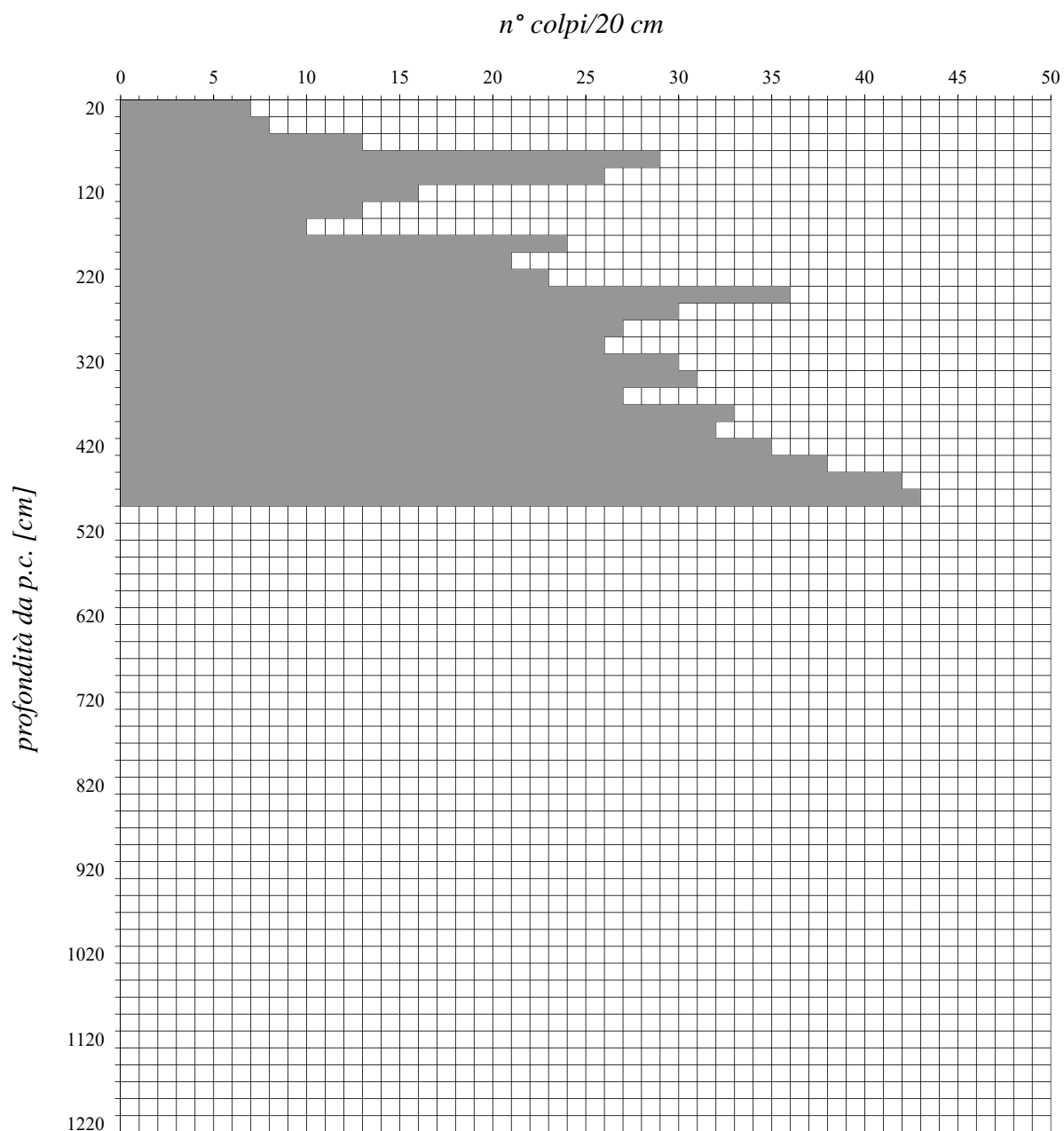
prova n°: **DPSH4**

località: **Orbassano (TO) strada Rivalta n°12**

data: **03/10/2017**

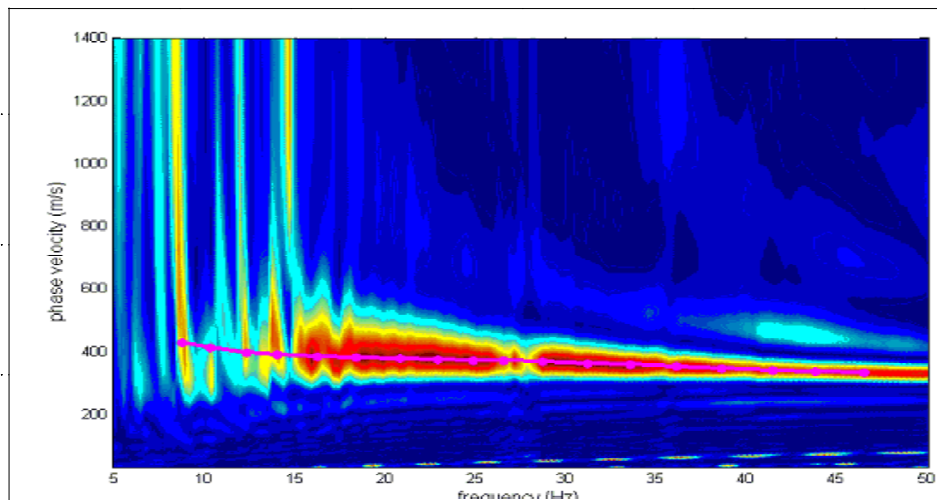
quota inizio: **p.c.**

falda: **non rilevata**



Massa battente [Kg]	altezza di caduta [m]	punta conica diametro di base 51 mm	registrazione num. colpi ogni 0,20 m (N')
63,5	0,75	angolo di apertura 60°	coeff. teorico di energia N _{SPT} = 1,489 N'

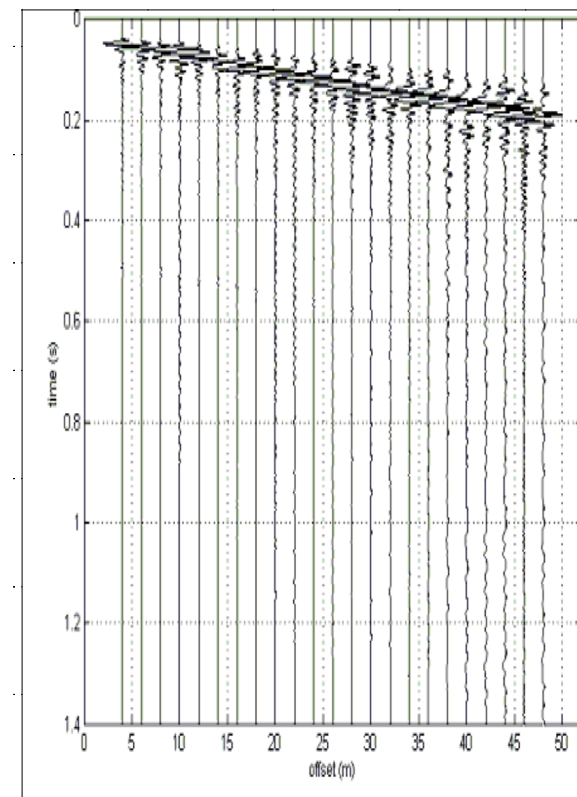
INDAGINI GEOFISICHE MASW e HVSR



LEGENDA

- + Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpascal)
- VsX

Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula $D=1.5 + V_s/1000$



Sismogramma

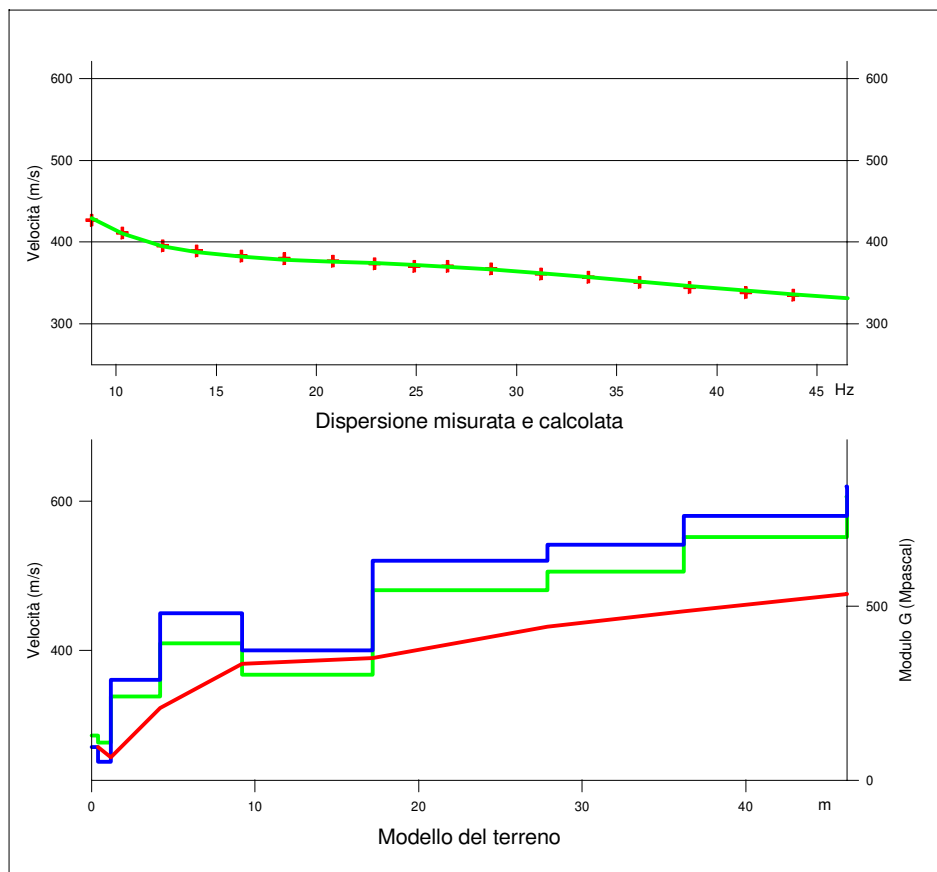


TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.4	270	.0015	270	129
.4	1.2	250	.0032	256	109
1.2	4.2	360	.0083	323	241
4.2	9.2	450	.0111	381	395
9.2	17.2	400	.02	390	304
17.2	27.9	520	.0206	431	546
27.9	36.2	542	.0153	452	600
36.2	46.2	580	.0172	475	700

VALORE CALCOLATO VS30 = 437 m/s

PROVA SISMICA VS30

Orbassano(TO)- strada Rivalta 12-14

EMME S.r.l.

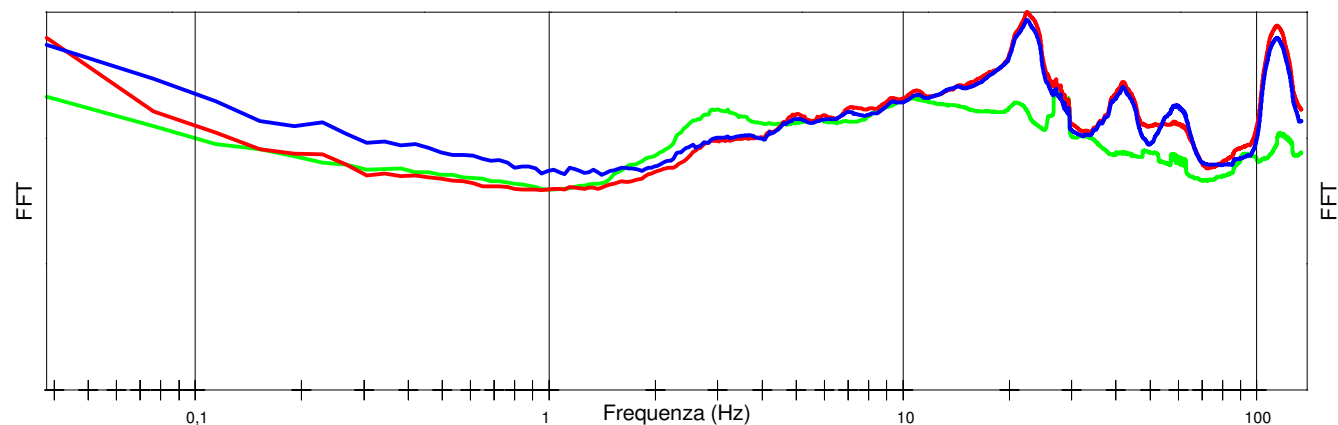
metodologia MASW

VELOCITA' DELLE ONDE S

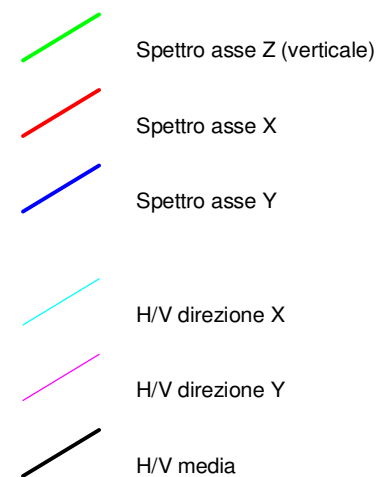
Ottobre 2017

genovese & associati

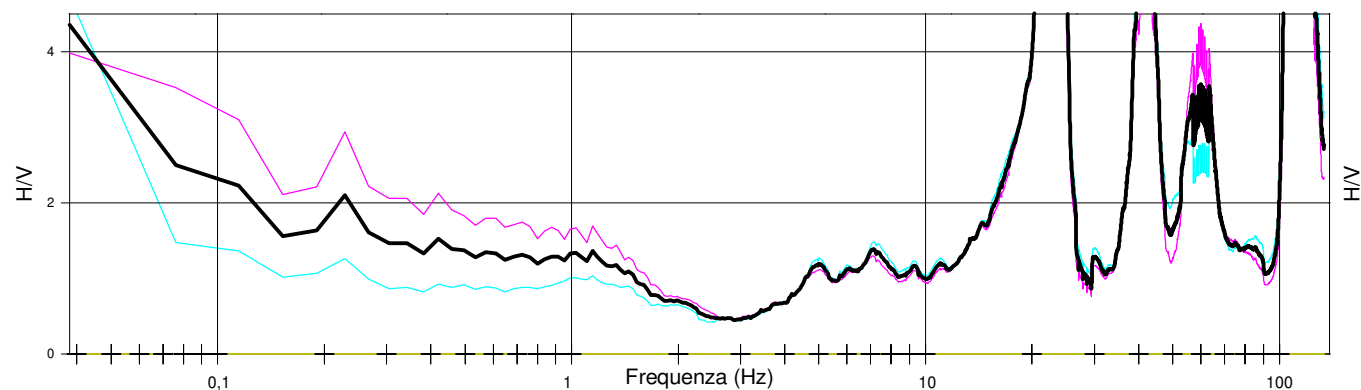
COMPONENTI XYZ DELLO SPETTRO DI FREQUENZA



LEGENDA



RAPPORTO DELLE COMPONENTI SPETTRALI ORIZZONTALI SULLA VERTICALE

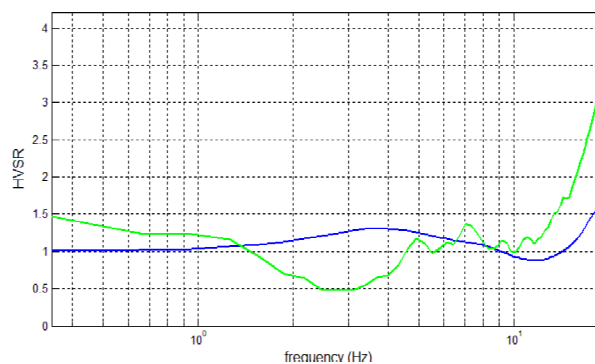
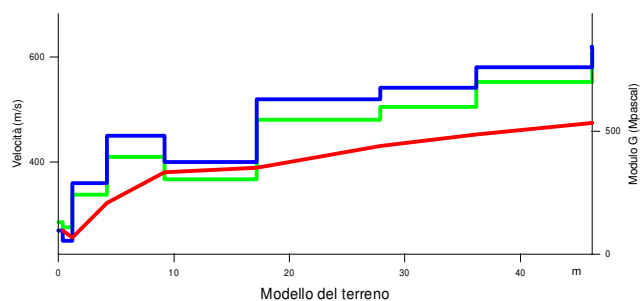


Durata della registrazione 20' 32.1"

Campionamento 10 KHz

Finestra di campionamento 26,2 s

Debole picco alla frequenza di 19 Hz circa



PROVA H/V

Orbassano(TO)- strada Rivalta 12-14

EMME S.r.l.

metodo Nakamura

**SPETTRI DI FREQUENZA
PROVA S1-223**

Ottobre 2017

genovese & associati