

REGIONE EMILIA ROMAGNA  
**COMUNE DI VERNASCA**  
PROVINCIA DI PIACENZA

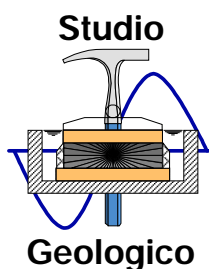
**RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA**

**a corredo del progetto denominato “WHR”  
(impianto di conversione energia termica in  
eccesso)**

*Fondo Transizione Industriale – Progetto “WASTE HEAT RECOVERY ORGANIC  
RANKINE CYCLE – WHRORC VERNASCA” n. FTIPD00000028 – CUP  
69C23000590005*

**Località : Molino Teodoro**

**Committente : BUZZI UNICEM S.r.l.**



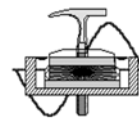
**Dott. Geol. N. CAVANNA**

Via Degani, 9 (PC)

☎ 0523 / 305674 - ☎ 335 / 5734746

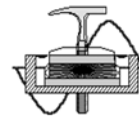
FAX 0523 / 317301





## SOMMARIO

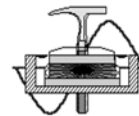
<b>1.0. - PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2.0. - CONTENUTI RELAZIONALI .....</b>	<b>4</b>
<b>3.0. - PREVISIONI PROGETTUALI.....</b>	<b>5</b>
<b>4.0. - STATO DEI LUOGHI.....</b>	<b>6</b>
<b>5.0. - INQUADRAMENTO FISICO-GEOGRAFICO ED AMBIENTALE .....</b>	<b>8</b>
5.1. - ASPETTI GEOMORFOLOGICI ED IDROLOGICI .....	8
5.1.1 - <i>Ripiano alluvionale</i> .....	8
5.1.2 - <i>Versante adiacente il ripiano alluvionale</i> .....	10
5.2. - ASPETTI IDROGRAFICI ED IDRAULICI .....	16
5.3. - ASPETTI GEOLITOLOGICI .....	17
5.4. - VALORI AMBIENTALI PAESAGGISTICI ED INFRASTRUTTURE INTERESSATE .....	17
<b>6.0 - INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI.....</b>	<b>19</b>
6.1 – SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO.....	20
6.1.1. – <i>Prove penetrometriche SPT</i> .....	21
6.2 – VERIFICHE LITOSTRATIGRAFICHE DIRETTE (TRINCEA ESPLORATIVA) .....	22
6.3 – PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (DPSH) .....	23
6.4 – PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (DPM) .....	24
6.5 – PROSPEZIONE SISMICA CON METODOLOGIA MASW .....	25
6.5.1 - <i>Metodologia d'indagine</i> .....	25
6.5.2 – <i>Analisi delle risultanze</i> .....	26
6.5.3 – <i>Ricostruzione del sottosuolo</i> .....	27
6.5.4 – <i>Categoria di suolo</i> .....	29
6.6. – REGISTRAZIONE MICROTREMORI.....	30
6.6.1 - <i>Metodologia d'indagine</i> .....	30
6.6.2 - <i>Categoria di suolo</i> .....	30
6.6.3 - <i>Elaborati dati d'indagine HVSR 01</i> .....	31
6.6.4 - <i>Elaborati dati d'indagine HVSR 02</i> .....	34
6.6.5 - <i>Elaborati dati d'indagine HVSR 03</i> .....	37
6.6.6 - <i>Elaborati dati d'indagine HVSR 04</i> .....	40
6.7 – RILEVAZIONI FREATIMETRICHE.....	43



<b>7.0 – AMBITO TERRAZZO ALLUVIONALE.....</b>	<b>44</b>
7.1 – CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA DEL SOTTOSUOLO.....	45
7.2 – CARATTERIZZAZIONE GEO-MECCANICA DEL SOTTOSUOLO .....	47
7.3 – AZIONE SISMICA .....	48
7.3.1 - Categoria di suolo fondazionale .....	48
7.3.2 – Fattori di amplificazione topografica .....	51
7.3.3 – Liquefazione dei terreni.....	52
7.3.4 – Modello sismico del sito .....	53
7.4 – PRESCRIZIONI DI CARATTERE GEOLOGICO .....	56
<b>8.0 – AMBITO ZONA COLLINARE .....</b>	<b>57</b>
8.1 – CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA DEL SOTTOSUOLO.....	58
8.2 – CARATTERIZZAZIONE GEO-MECCANICA DEL SOTTOSUOLO .....	59
8.3 – AZIONE SISMICA .....	60
8.3.1 - Categoria di suolo fondazionale .....	60
8.3.2 – Fattori di amplificazione topografica .....	63
8.3.3 – Liquefazione dei terreni.....	64
8.3.4 – Modello sismico del sito .....	65
8.4 – PRESCRIZIONI DI CARATTERE GEOLOGICO .....	68

*In allegato sono presenti:*

- |   |             |
|---|-------------|
| ➤ PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE        | ALLEGATO 1; |
| ➤ CERTIFICATI SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO          | ALLEGATO 2; |
| ➤ CERTIFICATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (DPSH)  | ALLEGATO 3; |
| ➤ CERTIFICATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (DPM)   | ALLEGATO 4; |
| ➤ ELABORATI INDAGINE SISMICA MASW                     | ALLEGATO 5. |
| ➤ ELABORATI REGISTRAZIONI MICROTREMORI SISMICI (HVSr) | ALLEGATO 6. |



## 1.0. - PREMESSA

Su incarico della Società BUZZI UNICEM S.r.l. si è eseguita nel periodo Febbraio÷Aprile 2024 un'indagine geognostica nell'ambito del comparto produttivo di proprietà della Committenza, sito in località Molino Teodoro, Comune di Vernasca, (vedi fig. 3.0.I - *"Inquadramento corografico"* su base C.T.R.).

Lo studio si è reso necessario a corredo del progetto denominato *"WASTE HEAT RECOVERY ORGANIC RANKINE CYCLE – WHRORC VERNASCA" n. FTIPD00000028 – CUP 69C23000590005* (il tutto come meglio visualizzato nelle tavole di progetto).

L'indagine è stata condotta in osservanza alla normativa vigente ed in particolare:

- zone assoggettate al Vincolo Idrogeologico (L.R. del 21.04.1999 n.3 e Del. G.R. 11.07.2000 n. 1117);
- D.M. 17 gennaio 2018 (pubblicato sulla G.U. n. 42 del 20 febbraio 2018).

Tali indagini sono quindi finalizzate a:

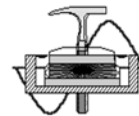
- accertare lo stato d'uso del territorio;
- illustrare lo stato d'alterazione, fratturazione e degradabilità dei litotipi presenti, i lineamenti geomorfologici della zona, gli eventuali progressi morfologici ed i dissesti in atto o potenziali;
- definire le locali condizioni litologiche, la presenza d'acque sotterranee e valutare "preliminarmente" le proprietà fisico-meccaniche dei terreni;
- suggerire eventuali opere di salvaguardia al fine di assicurare la stabilità del complesso costruzione-terreno e limitare gli impatti esercitati dall'edificazione.

Sulla base delle notizie e considerazioni ottenute dall'analisi di studi pregressi ed in relazione ai diversi obiettivi dello studio, su tale area si sono eseguite indagini di campagna concernenti rilievi geomorfologici-geolitologici, uso attuale del suolo, eventuali dissesti della rete stradale e lesioni nelle strutture adiacenti; per quanto concerne le valutazioni di carattere litostratigrafico-litotecnico sono state approntate una serie di indagini, quali: due sondaggi a carotaggio continuo, una trincea esplorativa e delle prove penetrometriche, con relativa elaborazione dei profili longitudinale/trasversali e misurazioni piezometriche all'interno dei fori. Inoltre, in ottemperanza alla normativa tecnica vigente, è stata realizzata una prospezione sismica tipo MASW ed alcune registrazioni dei microtrempi con tromografo digitale (HVSr).

Costituiscono parte integrante della presente relazione le seguenti figure:

- Inquadramento corografico in scala 1: 5.000 su estratto C.T.R. (*Fig. 4.0.I*);
- Estratto carta del dissesto da P.T.C.P. in scala 1: 5.000 (*Fig. 5.1.1.I*);
- Estratto carta geologica RER in scala 1: 5.000 (*Fig. 5.3.I*).





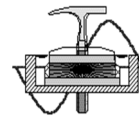
## 2.0. - CONTENUTI RELAZIONALI

Ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 "*Norme tecniche per le costruzioni*" la presente Relazione Geologica contiene la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito consistenti nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio.

Le indagini geognostiche sono state finalizzate alla documentata ricostruzione del MODELLO GEOLOGICO, sviluppato in modo da costituire utile elemento di riferimento per il progettista per inquadrare le problematiche geotecniche.

In particolare sono state sviluppate le seguenti tematiche:

- Descrizione delle caratteristiche geologico e/o geologico-strutturali e geomorfologiche generali dell'area con riferimenti anche a cartografie ufficiali e a materiale di letteratura, integrati con i dati rilevati direttamente in campagna;
- Descrizione delle caratteristiche idrogeologiche generali dell'area con riferimenti anche a cartografie tematiche e a materiale di letteratura, integrati con i dati rilevati direttamente in campagna; analisi delle eventuali interferenze della falda con la fondazione e con il manufatto;
- Eventuale presenza di vincoli geologico-ambientali (es: PAI, vincolo idrogeologico, classificazione sismica, etc.).
- Descrizione del programma delle indagini geognostiche in situ;
- Documentazione grafica dell'ubicazione delle prove, descrizione del tipo di indagini eseguite e della strumentazione utilizzata con rimando a tutti i relativi risultati, schede, tabelle e grafici esplicativi in allegato alla relazione;
- Determinazione dei parametri iniziali di accelerazione su suolo libero, con ricavo degli spettri di risposta rappresentativi delle componenti delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale, tramite l'individuazione della relativa pericolosità sismica direttamente da coordinate geografiche; calcolo delle  $V_{s30}$  tramite indagini specifiche e/o correlazioni ammesse dalla normativa vigente e conseguente individuazione della categoria di suolo e delle condizioni topografiche e della stabilità nei confronti della liquefazione;
- Descrizione, partendo da tutte le caratteristiche e considerazioni generali e sulla scorta di tutti i rilevamenti e le indagini svolte, dell'assetto stratigrafico di dettaglio con spessori dei vari litotipi esistenti nel sottosuolo del sito oggetto d'intervento e della loro variabilità spaziale, per un'ampiezza ed una profondità significative ai fini del progetto;
- Sintesi grafica (MODELLO GEOLOGICO-TECNICO) che esprima, tramite una sezione geologica, definitivamente tali aspetti e anche l'eventuale volume significativo.



### 3.0. - PREVISIONI PROGETTUALI

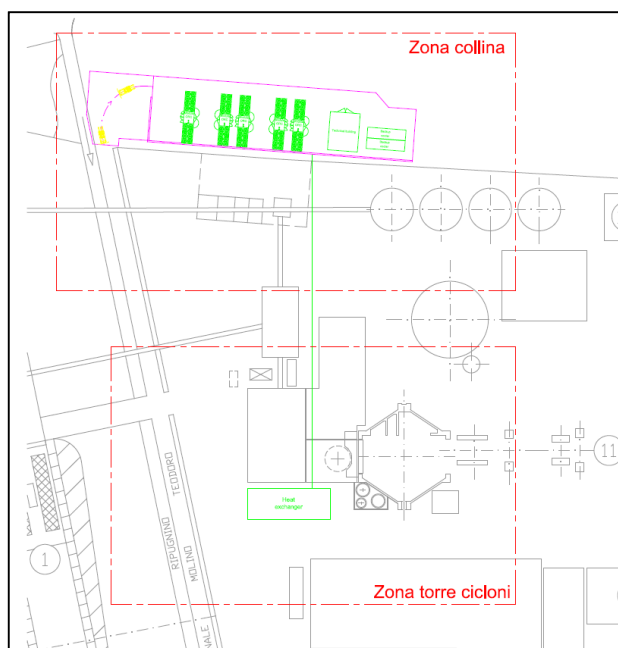
Il progetto si propone di realizzare un impianto di conversione energia termica in eccesso, generata dal processo di produzione del clinker, in energia elettrica; l'impianto denominato WHR (Waste Heat Recovery) è basato sulla generazione di energia con ciclo Rankine a fluido organico (ORC). Si prevede di integrare uno scambiatore di calore in parallelo alla torre di condizionamento esistente.

I fumi in uscita dalla torre a cicloni, attualmente convogliati alla torre di condizionamento, verranno intercettati ed inviati tramite nuove tubazioni allo scambiatore per poi essere reintrodotti nella parte bassa della torre di condizionamento. Da lì verranno poi mandati al mulino del crudo ed infine al filtro.

È possibile recuperare fino a 10,7 MW termici che possono essere riutilizzati. Il calore sarà trasferito con un circuito di acqua calda e poi convertito in elettricità dai moduli ORC. I moduli ORC sono un sistema completo costruito in un container HC standard da 40 piedi. Questi possono essere applicati a tutti i tipi di processo, poiché si adattano alla fonte di calore in termini di carichi termici e temperature.

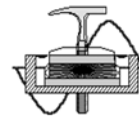
Il condensatore ad aria ambiente è incluso nel modulo, rendendo il sistema molto compatto. Il ciclo è costituito da componenti industriali standardizzati, che rendono il modulo affidabile nel funzionamento, in quanto utilizza parti collaudate.

È inclusa anche l'unità di controllo, che assicura il funzionamento automatico e la massimizzazione del rendimento energetico in tutte le condizioni. I moduli ORC sono dotati di una pompa per il circuito dell'acqua calda ma per il circuito intermedio, a causa della distanza dallo scambiatore di calore al luogo di installazione dei moduli, sarà necessaria una pompa aggiuntiva. L'installazione del nuovo impianto consentirà inoltre di raffreddare i gas di processo evitando l'iniezione di acqua attraverso la torre di condizionamento esistente, con un notevole risparmio idrico. Ciò comporterà inoltre lo spegnimento delle pompe con un risparmio di 14 kWel.



**Dott. Geol. Cavanna Nicola**

Via Degani, 9a – 29100 PIACENZA - Tel.: 0523/305674 - Fax.: 0523/317301  
e-mail: cavannageologo@gmail.com



#### 4.0. - STATO DEI LUOGHI

La zona in studio si colloca in località Molino Teodoro nel Comune di Vernasca, in prossimità ed a monte della Strada Provinciale della Val d'Arda (n° 21).

Le aree oggetto d'intervento sono site nell'ambito del cementificio di proprietà della società Buzzi Unicem e più precisamente in adiacenza alle strutture "molino crudo"-"torre di condizionamento" ed alla base della pendice retrostante lo stabilimento (vedasi fig. 4.0.I - "*Inquadramento corografico*" in scala 1: 5.000, ricavato su base C.T.R.).

La quota media sul livello del mare è compresa indicativamente tra metri 257.50 e 260.00.

##### Riferimenti cartografici:

- |                   |                 |        |                |
|-------------------|-----------------|--------|----------------|
| • Tavola C.T.R.   | scala 1: 25.000 | 198 NO | MORFASSO       |
| • Sezione C.T.R.  | scala 1: 10.000 | 198020 | CASTELLETTO    |
| • Elementi C.T.R. | scala 1: 5.000  | 198021 | MOLINO TEODORO |

La porzione corrispondente al ripiano terrazzato di origine alluvionale (zona "torre cicloni"), si presenta "stabile", in assenza di fenomeni erosivi di qualsiasi genere, né mostra particolari zone a deflusso difficoltoso delle acque superficiali.

La porzione corrispondente alla pendice retrostante lo stabilimento, nel suo complesso, risulta localmente interessata da localizzati fenomeni di instabilità, geneticamente classificabili come "colate". Si precisa che, oltre agli interventi di consolidamento realizzati nei primi anni '90, in una successiva fase progettuale verranno suggerite opere di ripristino dell'esistente e misure finalizzate ad una corretta regimazione delle acque di scorrimento superficiale.



Zona "torre ciclone"



Zona "collinare"

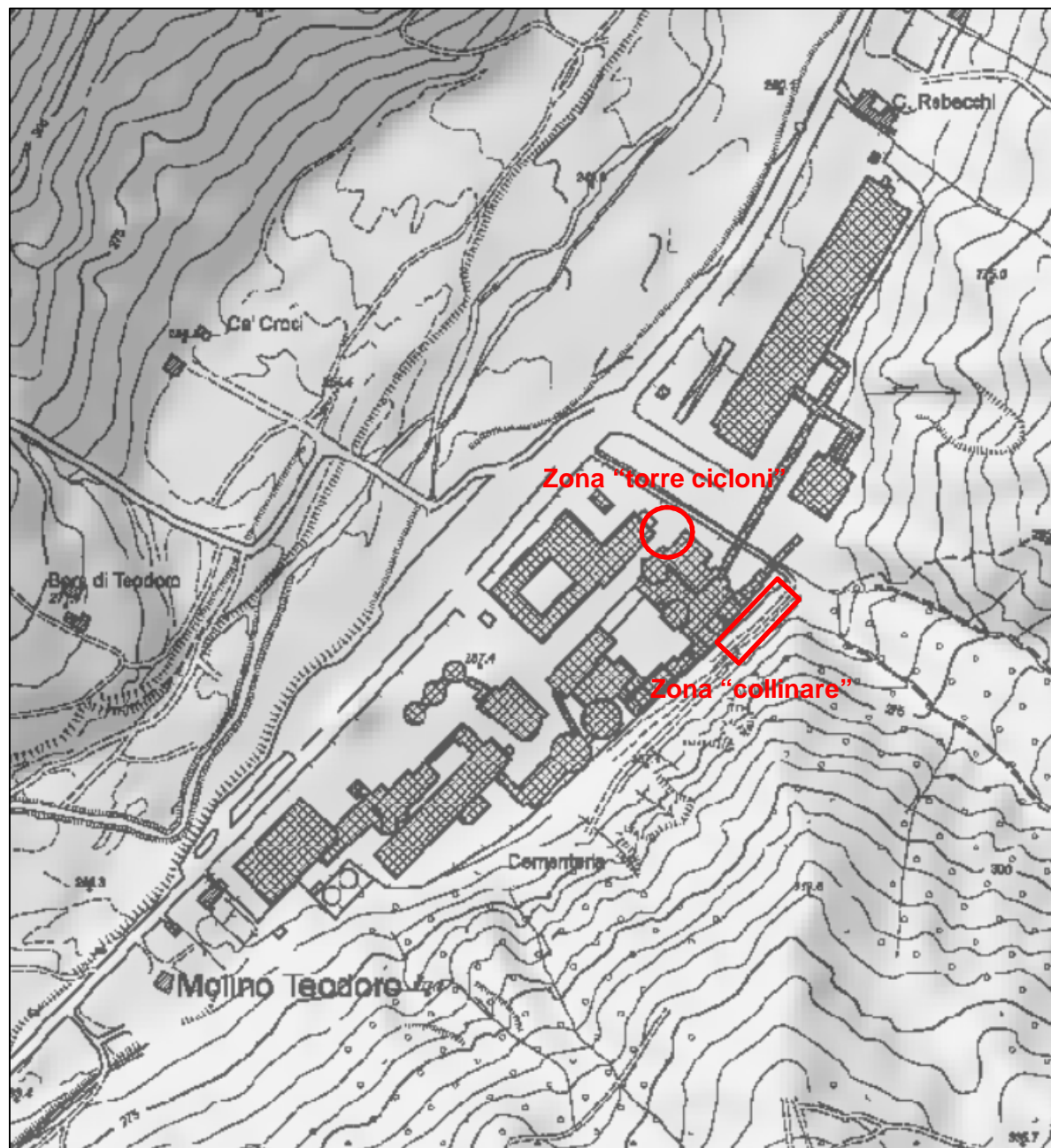
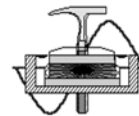
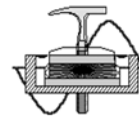


fig. 4.0.I – inquadramento corografico



## 5.0. – INQUADRAMENTO FISICO-GEOGRAFICO ED AMBIENTALE

La configurazione dell'assetto geografico e geologico del territorio è stato definito attraverso l'analisi della documentazione cartografica esistente ed i rilievi di campagna.

### 5.1. - Aspetti geomorfologici ed idrologici

#### 5.1.1 - Ripiano alluvionale

L'area in esame è ubicata all'interno dell'unità produttiva "Buzzi Unicem" ad altitudine media di 257.50 metri s.l.m., in una zona morfologicamente identificata come "alta collina". La superficie in studio si colloca nella porzione terminale del versante che degrada rapidamente fino alla sponda destra del Torrente Arda.

Nello specifico l'area oggetto d'intervento risulta sub-pianeggiante in quanto impostata su di un ripiano alluvionale in parte modificato da riporti antropici.

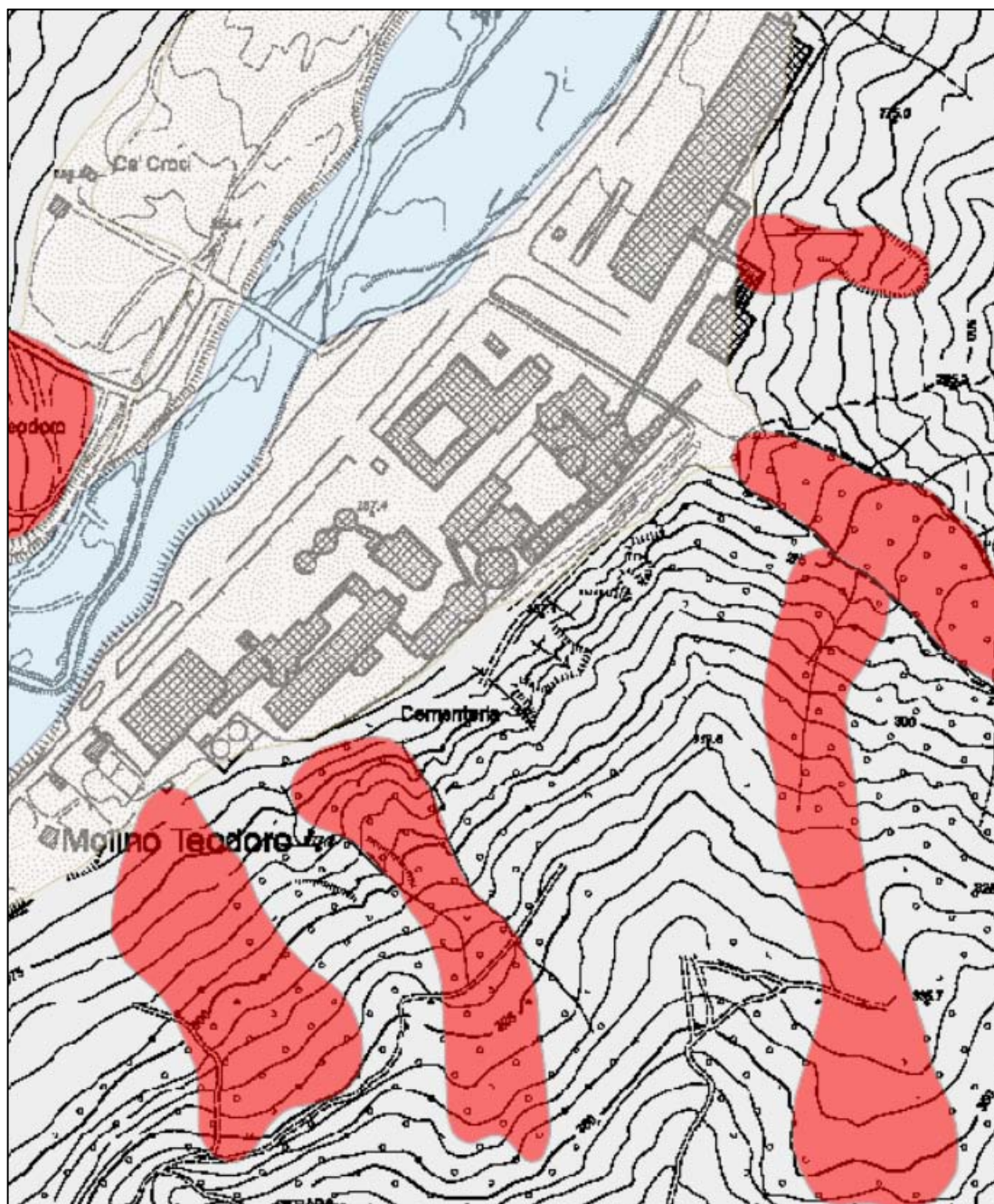
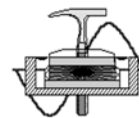
Il ripiano esaminato risulta sopraelevato di circa 3 m rispetto all'alveo attivo del T. Arda; la sua superficie, piuttosto regolare, si raccorda in modo alquanto brusco con il versante retrostante, specie dove il piede del pendio è costituito dalle unghie di alcuni (ridotti) corpi di frana, che interessano la parte terminale del pendio stesso.

Un accurato rilievo geomorfologico della zona di specifico d'interesse non ha evidenziato la presenza di fenomeni gravitativi "rilevanti" né in atto né quiescenti (vedi estratto "*Carta del dissesto da PTCP*" scala 1: 5.000 in fig. 5.1.1.I). Nell'area in esame non si sono, inoltre, rilevate zone di ristagno o "umide" né forme di erosione accentuate. Il drenaggio delle acque meteoriche è favorito dalla pendenza della superficie verso valle e verso l'impluvio naturale costituito dal sopraccitato Rio Ripugnino. L'ambito di intervento corrisponde, come anticipato, ad un ripiano terrazzato di origine alluvionale, costituito in prevalenza da ciottoli e ghiaie grossolane, dotate di una sensibile quantità di matrice limoso - sabbiosa. La natura dei clasti è alquanto varia e rispecchia la situazione delle rocce affioranti nell'ambito del bacino del T. Arda, si rinvencono in prevalenza calcari marnosi e arenarie, nonché serpentiniti e diaspri (in subordine); i clasti si presentano eterometrici, scarsamente arrotondati, con tendenza all'appiattimento.

Il sottosuolo ospita una ricca falda idrica. Detta falda, direttamente collegata alle acque dell'alveo e del subalveo del T. Arda, presenta un livello piezometrico e una potenzialità variabili in funzione del fluire delle portate del torrente.

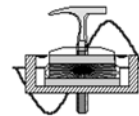
Si tratta, comunque, di una falda di significato strettamente locale; data la sua normale profondità (circa 5÷7 m dal piano campagna) e l'abbondanza della matrice limosa che caratterizza i depositi ghiaiosi interposti tra la superficie topografica e quella freatica, essa risulta già attualmente "relativamente" protetta da eventuali inquinamenti provenienti dalla superficie.





 Deposito alluvionale terrazzato

Fig. 5.1.1.I - Rischio dissesto da PTCP



### 5.1.2 - Versante adiacente il ripiano alluvionale

Nel suo complesso, il versante retrostante l'area produttiva risulta localmente interessato da fenomeni di instabilità, geneticamente classificabili come "colamenti di fango".

In particolare, è stato possibile distinguere due principali tipologie di fenomeni gravitativi, visualizzati in fig. 5.1.2.I:

1. **I coni di fango, talora passanti a vere e proprie piccole colate**, relativamente limitati e di recente evoluzione che, anche in occasione di fenomeni meteorologici di ordinaria entità, possono riprendere il loro lento movimento verso valle (colate di fango e ruscellamento attivo); tali fenomeni di dissesto, in considerazione della loro tipologia (limitati volumi coinvolti e circoscritta estensione areale) e degli interventi di consolidamento messi in opera dalla Società Buzzi Unicem, non configurano aspetti di rischio "significativo" per le strutture in progetto, anche in previsione dei futuri presidi che verranno messi in opera lungo la pendice;
2. **Il corpo di frana classificato "Deposito di frana attiva per colamento di fango"**, che si sviluppa sino in corrispondenza della zona di spartiacque, risulta delimitato del Rio Ripugnino e dal Fosso dello Zerci;

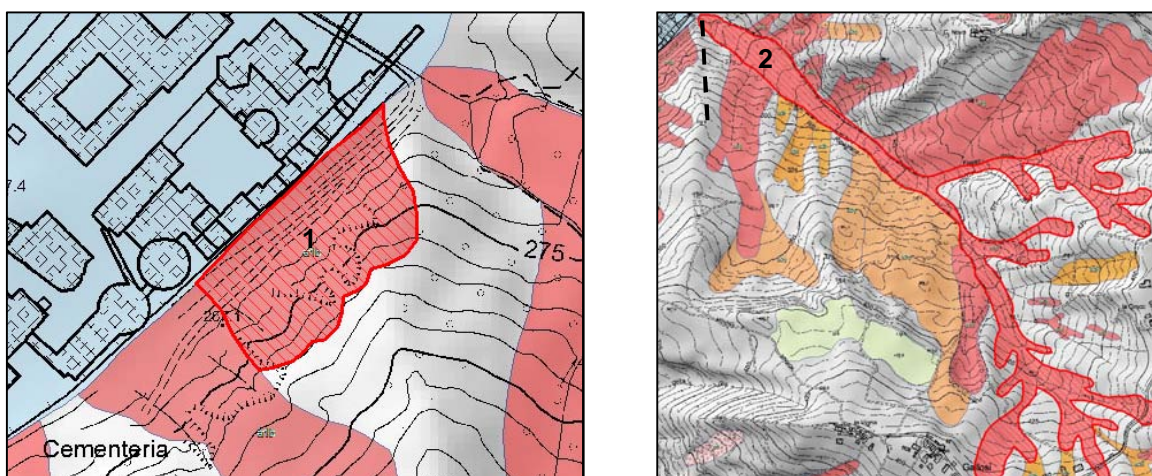
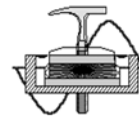


fig. 5.1.2.I – estratti carta del dissesto Regionale (RER)

Per quanto concerne il dissesto idrogeomorfologico che, per il suo sviluppo longitudinale ed i volume di materiale coinvolto, costituirebbe la più concreta fonte di pericolo (*corpo di frana denominato "2" in fig. 5.1.2.I*), occorre precisare quante segue: le informazioni disponibili nel Geoportale della Regione Emilia-Romagna, relative all'attività delle frane presenti in loco, non fa altro che riprendere le indicazioni fornite nel 1987 e successivamente riportate pedissequamente nelle varie cartografie, senza che siano stati effettuati specifici ed approfonditi rilevamenti.



Difatti tale frana, definita come “*attiva al settembre 2012*”, successivamente agli interventi di sistemazione dei primi anni '90 non ha più manifestato i suoi effetti, come inequivocabilmente documentato dalla perfetta integrità delle opere e dei manufatti di regimazione idraulica presenti nella sua zona terminale (*vedasi documentazione fotografica in fig. 5.2.I*).

Tutto ciò premesso e considerato, è importante sottolineare che le frane di cui trattasi possono interessare solo marginalmente l'area dei nuovi impianti, in quanto questa risulta difesa da un locale vallo disposto in senso NNW.

Si precisa inoltre che, è di tutto interesse dell'azienda operare in condizioni di sicurezza per cui lo sviluppo delle attività delle frane presenti lungo il versante a monte viene tenuto costantemente monitorato nel tempo e, come riferito allo scrivente, anche dopo gli interventi di salvaguardia preventiva realizzati nei primi anni '90 sono state eseguite opere manutentive. Tali opere verranno, in ogni caso, “perfezionate e integrate” in una successiva fase progettuale di consolidamento.

La delimitazione e la classificazione dei corpi di frana presenti nel territorio in esame sono state possibile grazie all'analisi delle caratteristiche geologiche del substrato, alla osservazione delle indicazioni morfologiche del terreno, alla valutazione della potenziale instabilità dei corpi di frana e dalla consultazione dei numerosi elaborati geologici provenienti da indagini e studi pregressi.

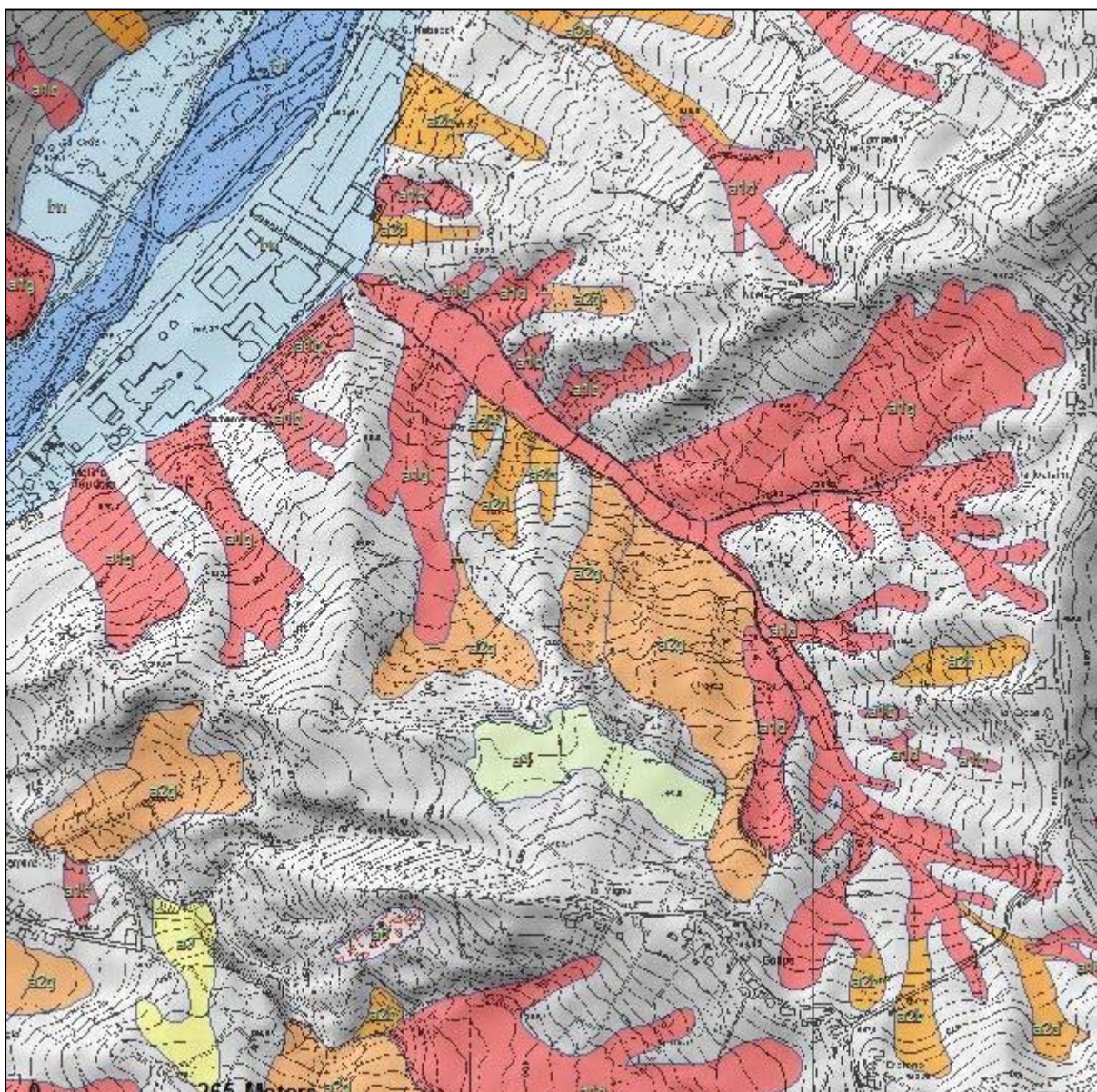
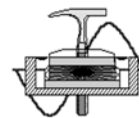
Per quanto riguarda il dissesto, il Comune di Vernasca è stata oggetto, negli ultimi decenni, di diversi studi specialistici.

Si tratta di cartografie tematiche, ciascuna delle quali copre in maniera omogenea l'intera Provincia di Piacenza.

Di queste cartografie tematiche si riportano in seguito degli estratti che rivestono un aspetto normativo e vincolistico a cui fare riferimento:

- Fig. 5.1.2.II: “*Carta Inventario delle frane*”, scala 1: 10.000 (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, 2014);
- Fig. 5.1.2.III: “*Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici scala 1:25.000*” (PAI: Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico, Autorità di Bacino del Fiume Po, Piacenza);
- Fig. 5.1.2.IV: “*Carta del dissesto provinciale*” scala 1: 10.000 (PTCP della Provincia di Piacenza, approvato con atto del Consiglio Provinciale n. 69 del 02 Luglio 2010);
- Fig. 5.1.2.V: “*Carta Geologica d'Italia*” scala 1: 50.000 (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - ISPRA).





### Legenda elementi del dissesto

#### cartografati

#### Frane e altri depositi di versante

- a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento
- a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango
- a1g - Deposito di frana attiva complessa
- a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento
- a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango
- a2g - Deposito di frana quiescente complessa
- a6 - Detrito di falda

#### Depositi alluvionali

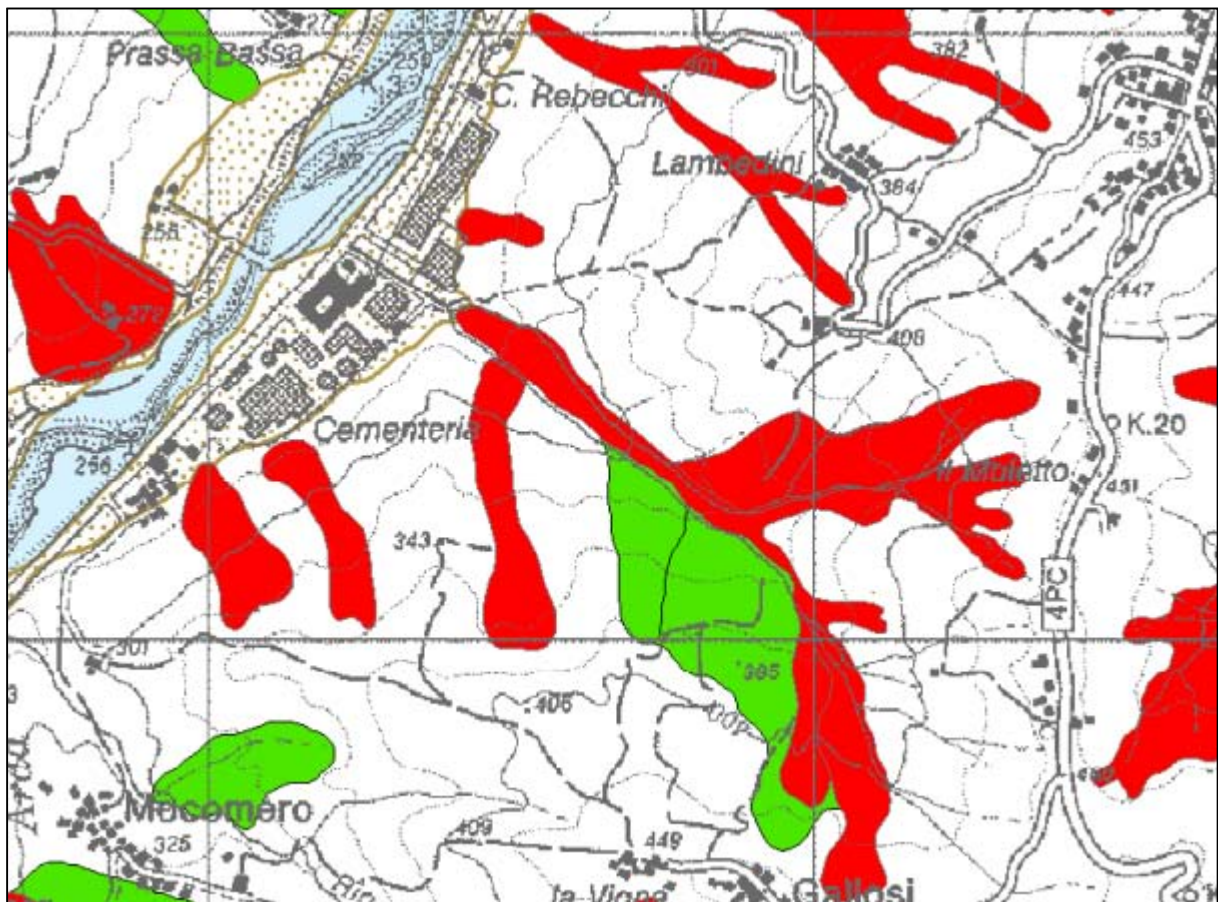
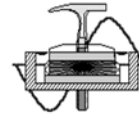
- bn - Deposito alluvionale attualmente non in evoluzione
- b1 - Deposito alluvionale in evoluzione

fig. 5.1.II – estratto carta del dissesto Regionale (RER)

Dott. Geol. Cavanna Nicola

Via Degani, 9a – 29100 PIACENZA - Tel.: 0523/305674 - Fax.: 0523/317301  
e-mail: cavannageologo@gmail.com





### Legenda elementi del dissesto

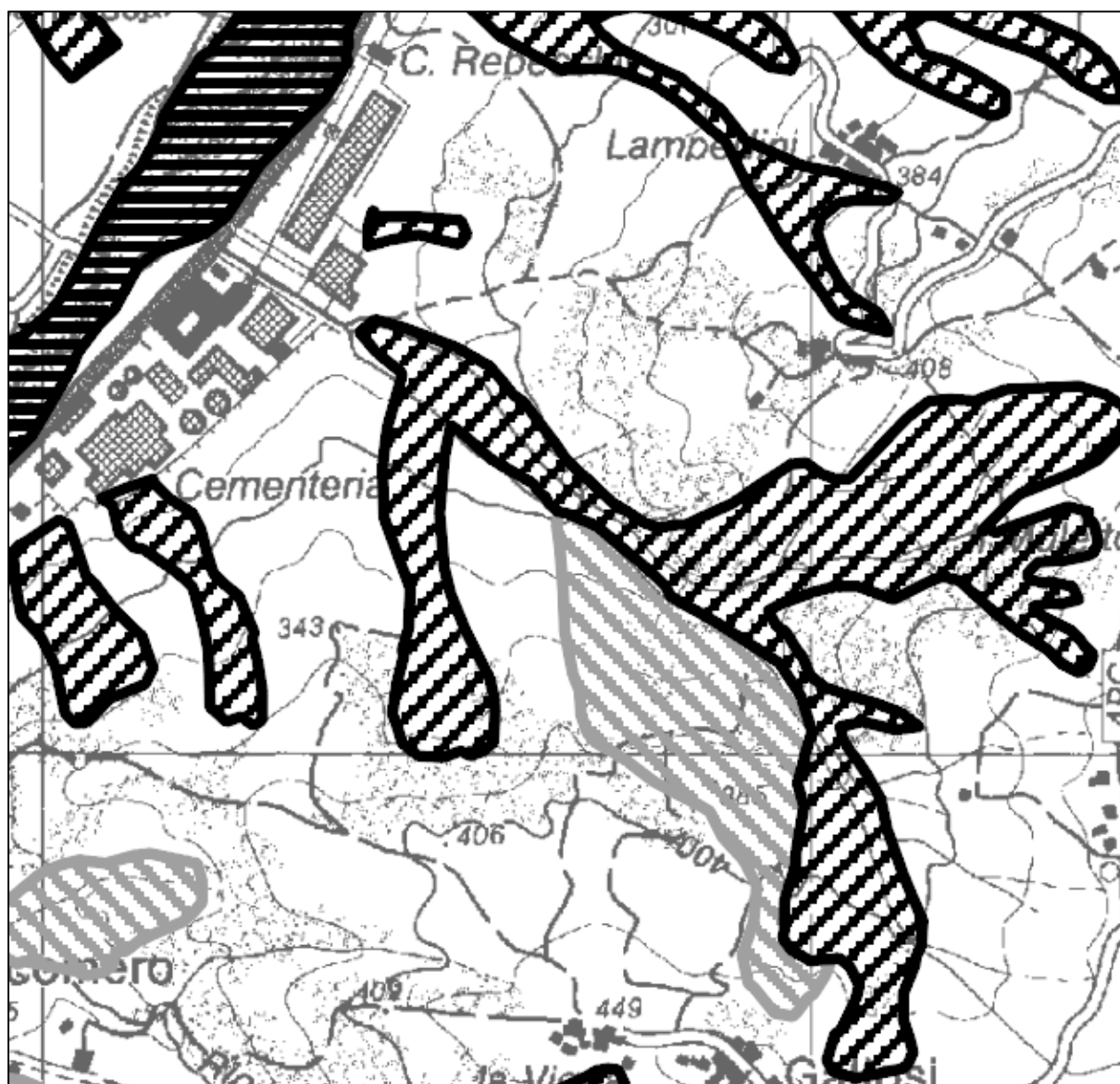
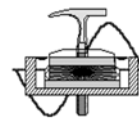
### cartografati



fig. 5.1.III – estratto carta del dissesto Provinciale (P.T.C.P.)

**Dott. Geol. Cavanna Nicola**

Via Degani, 9a – 29100 PIACENZA - Tel.: 0523/305674 - Fax.: 0523/317301  
e-mail: cavannageologo@gmail.com

**LEGENDA****Delimitazione delle aree in dissesto**

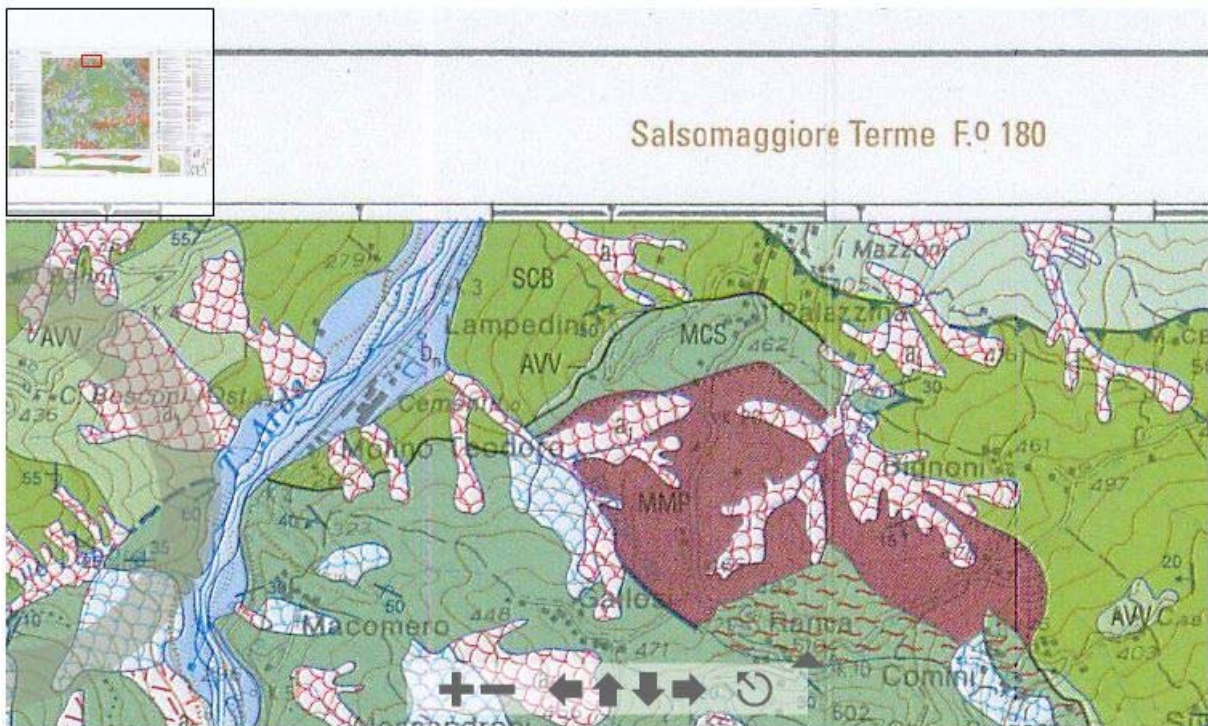
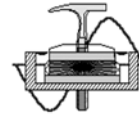
	FRANE		
	A. Delimitazione PAI	B. Modifiche e integrazioni	C. Aree a rischio idrogeologico molto elevato
Area di frana attiva (Fa)			
Area di frana quiescente (Fq)			
Area di frana stabilizzata (Fs)			
Area di frana attiva non perimetrata (Fa)			
Area di frana quiescente non perimetrata (Fq)			
Area di frana stabilizzata non perimetrata (Fs)			

fig. 5.1.IV – estratto “Delimitazioni aree in dissesto” (P.A.I.)

**Dott. Geol. Cavanna Nicola**

Via Degani, 9a – 29100 PIACENZA - Tel.: 0523/305674 - Fax.: 0523/317301  
 e-mail: cavannageologo@gmail.com





### Legenda elementi del dissesto

#### cartografati

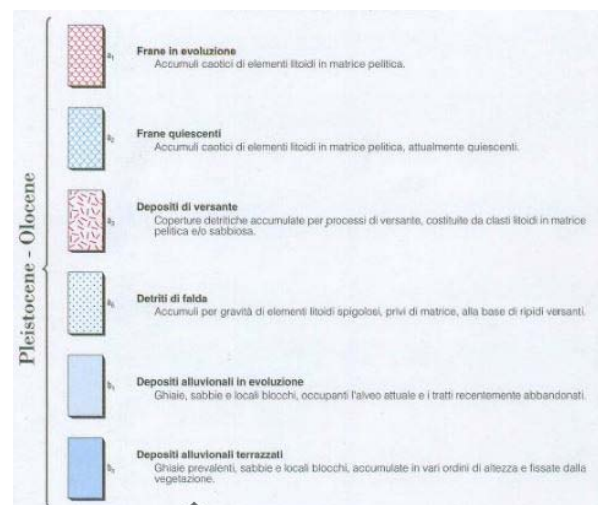
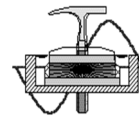


fig. 5.1.V – estratto “Carta Geologica d’Italia” (ISPRA) - Foglio 198



## 5.2. - Aspetti idrografici ed idraulici

La zona oggetto d'intervento è compresa nel bacino imbrifero del Torrente Arda, il cui ampio alveo ordinario dista, in linea d'aria, circa 0.15 Km. Localmente la rete idrica superficiale è costituita da una serie di piccoli rii e canali irrigui, che confluiscono a formare il Torrente Arda, di cui il più importante elemento è il Rio Ripugnino. La originale e potenziale inondabilità del ripiano è oggi praticamente annullata dall'esistenza del rilevato artificiale che sostiene le Strada Provinciale "Fondo Vai d'Arda"; infatti, le acque di piena ordinaria e straordinaria del T. Arda vengono agevolmente smaltite dall'attuale alveo attivo del torrente stesso. In effetti, anche sulla base dei dati desumibili dallo studio idraulico a suo tempo effettuato per la messa a punto del "Piano tralcio" del Comprensorio Val d'Arda-Val Ongina, il rilevato non è suscettibile di tracimazioni.

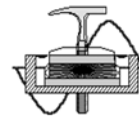
Potenziali allagamenti si potevano invece verificare in occasione delle piene del Rio Ripugnino: questo, in tali circostanze, tendeva a "ruotare" sul proprio conoide di deiezione, ubicato al suo sbocco sul ripiano, e/o ad uscire (specie in sponda destra), dagli esigui argini artificiali che lo contenevano per il restante tratto.

Si trattava evidentemente di un fenomeno che, per quanto a carattere periodico, rendeva necessaria l'adozione preventiva di adeguate opere di difesa idraulica, come puntualmente attuate dalla Buzzi Unicem (*vedasi foto in fig. 5.2.I*).



fig. 5.2.I

Da rilevare, infine, la presenza di fenomeni di erosione sulla sponda destra del T. Arda, in più punti contrastati da pennelli repellenti, già realizzati a difesa della Strada Provinciale. Assai discutibile, sotto quest'ultimo profilo la traversa – guado realizzata in zona, trasversalmente all'alveo attivo (finalizzata a consentire il transito di automezzi pesanti): indubbie sono infatti le perturbazioni di essa create al naturale equilibrio idraulico del corso d'acqua.



### 5.3. - Aspetti geolitologici

La formazione che affiora lungo il terrazzo alluvionale è conosciuta con il nome di "Unità di Modena", composta da depositi di fiume del periodo postglaciale (Olocene medio), di ghiaie sabbiose e limose (*vedasi estratto in fig. 4.3.1 "Carta geologica-geomorfologica scala 1: 5.000, redatta dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli RER"*). La deposizione di tali litotipi è piuttosto casuale: si possono talora rinvenire delle "lenti" di deposito di fiume, piuttosto larghe e sottili, allungate principalmente in direzione Est-Ovest. La disomogeneità deposizionale dovuta a tali lenti, la si rinviene anche alle diverse profondità, con orizzonti che sfumano da Ghiaie a Limi, man mano che ci si allontana dagli antichi alvei dei fiumi, che hanno costituito tutto il pacco alluvionale nel periodo glaciale. I materiali più fini, come le Argille ed i Limi, sono i depositi lasciati durante le piene dei fiumi, quando le correnti di torbida, al termine delle inondazioni, avevano modo di depositarsi su terreni pressoché pianeggianti delle aree circostanti: I depositi Sabbiosi, invece, si trovano laddove le acque scorrevano abbastanza velocemente da non lasciare possibilità di deposito agli elementi terrigeni più fini, che venivano trascinati via dalle acque. Le parti sommitali dei depositi che si rinvergono in loco, sono prevalentemente di tipo Sabbioso-Limoso, sia per il variare dei corsi principali degli affluenti di destra del fiume Po, che tendevano a mutare continuamente il loro corso (in conseguenza degli accumuli deposizionali lasciati prevalentemente all'interno dell'alveo) sia a causa delle alterazioni superficiali che hanno comportato una disgregazione degli elementi litici più grossolani, grazie all'azione meteorica e degli acidi umici dei suoli in formazione.

La formazione che costituisce l'ossatura della porzione di pendice retrostante lo stabilimento, è conosciuta nella Bibliografia Geologica, con il nome di "*Complesso di Casanova - litofacies a brecce mono e poligeniche a matrice pelitica*", appartenente all'Unità Tettonica "Liguri" del periodo Campaniano inf.. Tale formazione risulta costituita da brecce monogeniche (prevalenti) e poligeniche per lo più matrice sostenute con abbondante matrice pelitica grigio scura e clasti eterometrici, da angolari a subarrotondati, di calcilutiti chiare (per lo più riferibili alle argille a Palombini), più rari clasti di areniti scure e calcareniti.

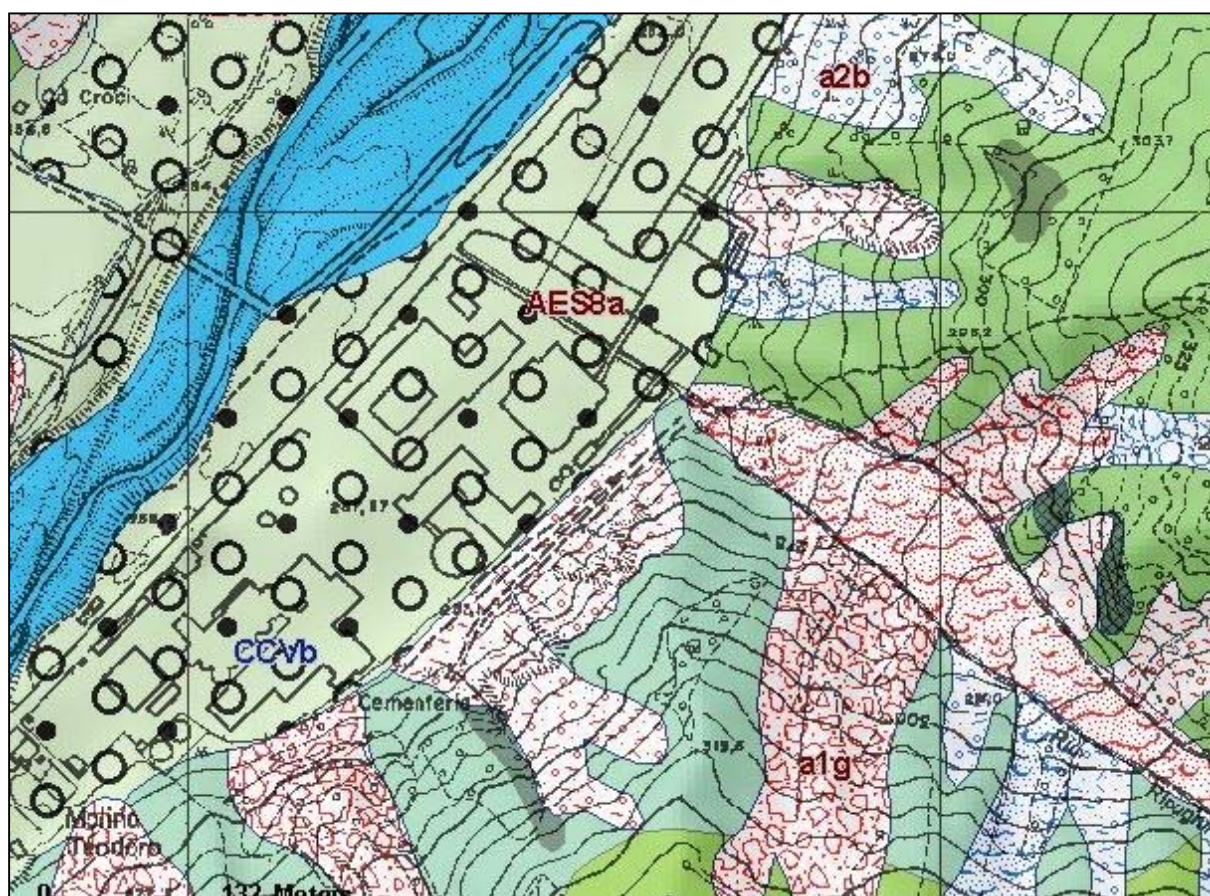
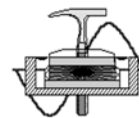
### 5.4. - Valori ambientali paesaggistici ed infrastrutture interessate

Il paesaggio del territorio adiacente e circostante l'area di specifico interesse è essenzialmente urbanizzato (area produttiva).

Questa porzione territoriale è caratterizzata dalla presenza dello stabilimento Buzzi-Unicem con attività connesse al trattamento delle marne da cemento.

In zona si riscontrano le tipiche infrastrutture a rete presenti lungo le strade provinciali di alta-media collina. Si ricorda inoltre, la presenza del Rio Ripugnino che scorre, nel suo tratto terminale, internamente allo stabilimento lungo la Strada comunale di Molino Teodoro.





### Legenda principali elementi cartografati

#### Coperture quaternarie (10K)

- AES8a - Unità di Modena
- a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento
- a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango
- a1g - Deposito di frana attiva complessa
- a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento
- a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango
- a2g - Deposito di frana quiescente complessa
- b1 - Deposito alluvionale in evoluzione

#### Limiti di unità geologiche (10K)

- contatto stratigrafico o litologico certo
- contatto stratigrafico o litologico incerto
- limite di natura incerta

#### Affioramenti (aree) (10K)

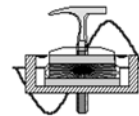
#### Unità geologiche (10K)

- AVV - Argille Varicolori di Cassio
- CCvb - Complesso di Casanova - litofacies a breccie mono e poligeniche a matrice pelitica
- MCS - Flysch di Monte Cassio
- MMP - Marne di Monte Piano
- SCB - Arenarie di Scabiazza
- SCBc - Arenarie di Scabiazza - litofacies calcareo-marnosa

fig. 5.3.I – estratto carta geologica-geomorfologica RER

Dott. Geol. Cavanna Nicola

Via Degani, 9a – 29100 PIACENZA - Tel.: 0523/305674 - Fax.: 0523/317301  
e-mail: cavannageologo@gmail.com



## 6.0 - INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI

La presente relazione geognostica ha per oggetto la definizione della successione litostratigrafia ed una caratterizzazione geo-meccanica dei terreni fondazionali siti in corrispondenza delle opere in progetto.

Nell'ambito del progetto di fattibilità, ai fini della rappresentazione stratigrafica, sono state condotte delle verifiche geognostiche nel corso della presente campagna di rilevamento "marzo ÷ aprile 2024".

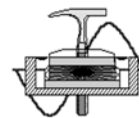
In definitiva per la stesura del presente elaborato geologico sono state approntate e/o analizzate le seguenti indagini:

- n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino a 20 m di profondità dal piano campagna **(allegato 2)**;
- n. 1 trincea esplorativa
- n. 5 prove penetrometriche dinamiche DPSH **(allegato 3)**;
- n. 3 prove penetrometriche dinamiche DPM **(allegato 4)**;
- n. 1 prospezione sismica tipo MASW **(allegato 5)**;
- n. 4 registrazioni dei microtrempi sismici HVSR **(allegato 6)**.

Occorre specificare che, durante l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo sono state approntate una serie di prove SPT in foro.

Le indagini geofisiche ed i sondaggi geognostici sono posizionati come da planimetria su ortofoto in allegato 1.





## 6.1 – Sondaggi geognostici a carotaggio continuo

I sondaggi approntati dalla società Citiemme s.r.l., sono stati realizzati adottando il metodo di perforazione a rotazione con carotaggio continuo, tramite carotiere semplice del diametro di 131 e 101 mm con esecuzione di prove penetrometriche SPT in foro e prelievo di campioni con campionatore Raymond (*vedasi documentazione stratigrafica in allegato 2 al presente elaborato*).

I campioni estratti sono stati conservati in apposite cassette catalogatrici riportanti il numero di riferimento del sondaggio e le quote dei prelievi.

La percentuale di carotaggio è stata variabile in funzione della natura e delle caratteristiche dei terreni presenti.

Nella tabella 6.1.I sono riportate le principali informazioni relative a tale sondaggio.

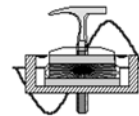
CODICE	CAMPAGNA	PROFONDITA'
S.1	Marzo 2024	20 m
S.2	Marzo 2024	20 m

Tab. 6.1.I – Verticali di sondaggio

I campioni di terreno sono stati catalogati in apposite cassette in plastica, atte a contenere ml 5 di "carote", sulle quali venivano riportate l'identificazione del sondaggio e le profondità di prelievo; i campioni sono stati quindi analizzati "a vista" e fotografati.

Per ogni sondaggio è stata allegata a tergo uno schema completo della stratigrafia (denominati: "Stratigrafia S1", "Stratigrafia S2" ecc..) che comprende:

- profondità dal p.c. (m);
- potenza dello strato (m);
- sezione stratigrafica;
- descrizione litologica;
- falda;
- metodo e diametro di perforazione;
- diametro di rivestimento;
- prove S.P.T.;



### 6.1.1. – Prove penetrometriche SPT

Nei sondaggi a carotaggio continuo sono state eseguite una serie di Prove penetrometriche SPT a profondità più o meno costanti in corrispondenti ai diversi orizzonti stratigrafici (in linea con le specifiche tecniche per le attività di caratterizzazione redatte da I.S.A.F.).

Le prove sono state eseguite con seguente attrezzatura standard:

- aste d'infissione del diametro esterno 50 mm e peso di 7 kg/m;
- testa di battuta di acciaio avvitata sulle aste;
- maglio di acciaio di 63,5 kg;
- dispositivo automatico che consente la caduta del maglio da un'altezza di 0,76 m.;
- per terreni ghiaiosi utilizzo di punta conica chiusa del diametro esterno di 51 mm spessore 16 mm e lunghezza complessiva comprendente scarpa e raccordo aste di 813 mm.

Le procedure di prova sono di seguito elencate:

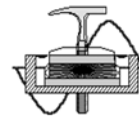
- Verifica con apposito scandaglio della quota del “fondo foro”, confrontandola con quella raggiunta dalla manovra di perforazione o di pulizia precedente. La quota può risultare maggiore per fenomeni di refluitamento del foro o per decantazione di detriti in sospensione nel fluido. Se la differenza misurata supera i 7 cm la prova non si può eseguire previa ulteriore pulitura.
- Inizio prova che consiste nel misurare il numero di colpi necessari per far penetrare di 30 cm nel terreno vergine, dopo una penetrazione preliminare di 15 cm, un utensile standard a punta chiusa.

Tale attrezzo è collegato alla superficie mediante batterie di aste, sulle quali agisce un maglio del peso di 63,5 Kg che cade liberamente da un'altezza di 0,76 m.

L'eventuale affondamento delle aste dovuto al proprio peso deve essere annotato e non incluso nei primi 15 cm di affondamento.

- Si procede all'infissione preliminare di 15 cm, contando i colpi necessari fino ad un massimo di 50 colpi. Successivamente si procede all'infissione vera e propria per un tratto di 30 cm, rilevando il numero di colpi necessario per la penetrazione di ciascun tratto di 15 cm. Il valore di NSPT è la somma dei colpi misurati in questi ultimi 30 cm.
- La prova viene sospesa quando il numero di colpi NSPT, per un tratto di 15 cm, supera 50. In tal caso si annota un “rifiuto” da parte del terreno con la penetrazione in cm ottenuta con i 50 colpi.

Nei certificati stratigrafici dei sondaggi, presenti nell'allegato 2, sono riportati i risultati delle prove SPT approntate.



## 6.2 – Verifiche litostratigrafiche dirette (trincea esplorativa)

Scopo principale dell'indagine è stato la ricostruzione diretta dell'andamento stratigrafico del terreno, a completamento e taratura del sondaggio a carotaggio continuo S2 (*vedasi ubicazione nella planimetria in allegato 1*).

Si è proceduto quindi alla verifica delle reali caratteristiche litostratigrafiche dei terreni costituenti il primo sottosuolo dell'area oggetto d'intervento attraverso l'approntamento di una trincea esplorativa.

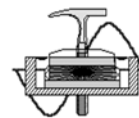
Nella foto in fig. 6.2.I è visualizzato lo scavo della trincea che ha raggiunto una profondità massima di circa 2.20 metri.

L'analisi del fronte della trincea ha evidenziato una sequenza litostratigrafica costituita da una pavimentazione in asfalto con relativo sottofondo (spessore complessivo circa 68 cm.) che ricopre materiali terrosi di riporto (spessore circa 80 cm.) con alla base depositi limo argillo sabbiosi frammisti a ghiaie e ciottoli, ascrivibili a litologie naturali costituenti il terrazzo alluvionale presente in loco.

Non si è rilevata la presenza di filtrazioni d'acqua sul fronte dello scavo (*data rilievo 8 aprile 2024*).



Fig. 6.2.I



### 6.3 – Prove penetrometriche dinamiche (DPSH)

Al fine di ottenere utili informazioni tecniche destinate al corretto dimensionamento delle opere di fondazione nella “zona collinare”, come richiesto dalla Committenza, si è proceduto alla verifica delle reali caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area in esame attraverso l'approntamento di n° 5 prove penetrometriche dinamiche “pesanti” (vedasi ubicazione in allegato 1 al presente elaborato). L'attrezzatura usata consiste in un penetrometro D.P.S.H., le cui caratteristiche standard sono:

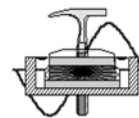
• peso massa battente	M (Kg)	63
• altezza di caduta	H (m)	0.75
• punta conica da 15 cmq diametro	Dp (mm)	43.7
• angolo apertura punta	$\beta$ (°)	60
• passo infissione	$\delta$ (m)	0.20
• lunghezza della punta conica	Da (mm)	22

Il numero di colpi (Nc) rilevato ogni 20 cm di infissione delle aste è perfettamente equiparabile al numero di colpi rilevabile ogni 30 cm di avanzamento nel corso di una prova con equipaggiamento standard SCPT o SPT. I sondaggi penetrometrici dinamici pesanti consistono nell'infissione nel terreno di un'asta dotata di una apposita punta conica e nella registrazione dei colpi necessari ad ottenere una penetrazione di 20 cm.

Le prove penetrometriche hanno evidenziato una discreta omogeneità litostratigrafica sull'intera area oggetto d'indagine (zona collinare). Analizzando le prove maggiormente “significative”, il primo sottosuolo risulta costituito da una coltre grossolana in matrice terrosa di riporto, dello spessore massimo rilevato pari a circa 1.00 m, che ricopre depositi argillo limosi frammisti a pezzame lapideo sovrastanti il locale cappellaccio del sub-strato roccioso fino alla massima profondità indagata di circa 8.00 metri per rifiuto alla penetrazione (vedasi diagrammi in allegato 3 al presente elaborato). Non si è rilevata la presenza d'acqua nei fori dei sondaggi (data rilievo 08 aprile 2024).

Sono stati così distinti, procedendo dal piano campagna verso il limite inferiore d'indagine penetrometrica, i seguenti termini litologici:

Profondità max rilevata (centimetri)	Descrizione litologie prevalenti		Spessore max rilevato (metri)
da p.c. a -100	<b>S0</b>	Coltre grossolana in matrice terrosa (riporto)	1.00
da -100 a -700	<b>A1</b>	Depositi argillo limosi frammisti a pezzame lapideo	6.00
da -700	<b>C1</b>	Probabile cappellaccio del sub-strato roccioso	--



## 6.4 – Prove penetrometriche dinamiche (DPM)

Al fine di ottenere utili informazioni per la caratterizzazione litostratigrafica dei terreni costituenti il sottosuolo della prima “pendice”, ove possibile, vista la morfologia dei luoghi, si è proceduto mediante l'approntamento di n° 3 prove penetrometriche dinamiche “medie” (*vedasi ubicazione in allegato 1 al presente elaborato*).

L'attrezzatura usata consiste in un penetrometro D.P.M., le cui caratteristiche standard sono:

• peso massa battente	M (Kg)	30
• altezza di caduta	H (m)	0.20
• punta conica da 10 cmq diametro	Dp (mm)	35.7
• angolo apertura punta	$\beta$ (°)	60
• passo infissione	$\delta$ (m)	0.10
• diametro aste da 1m di lunghezza	Da (mm)	20

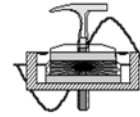
Il numero di colpi (Nc) rilevato ogni 10 cm di infissione delle aste è perfettamente equiparabile al numero di colpi rilevabile ogni 30 cm di avanzamento nel corso di una prova con equipaggiamento standard SCPT o SPT.

I sondaggi penetrometrici dinamici consistono nell'infissione nel terreno di un'asta dotata di una apposita punta conica e nella registrazione dei colpi necessari ad ottenere una penetrazione di 10 cm.

Le prove penetrometriche, approntate dallo scrivente, hanno evidenziato una parziale disomogeneità litostratigrafica sull'intera area oggetto d'indagine, costituita da una coltre terrosa poco consistente e dello spessore compreso indicativamente tra 0.70 e 2.70 m, che ricopre depositi argillo limosi frammisti a pezzame lapideo sovrastanti il locale cappellaccio del sub-strato roccioso fino alla massima profondità indagata di circa 4.80 metri per rifiuto alla penetrazione (*vedasi diagrammi in allegato 4 al presente elaborato*). Sono state rilevate delle circolazioni acquifere a fondo foro (*data rilievo 25 marzo 2024*).

Sono stati così distinti, procedendo dal piano campagna verso il limite inferiore d'indagine penetrometrica, i seguenti termini litologici:

Profondità max rilevata (centimetri)	Descrizione litologie prevalenti		Spessore max rilevato (metri)
da p.c. a -270	<b>A0</b>	Coltre terrosa poco consistente	2.70
da -270 a -430	<b>A1</b>	Depositi argillo limosi frammisti a pezzame lapideo	1.60
da -430	<b>C1</b>	Probabile cappellaccio del sub-strato roccioso	--



## 6.5 – Prospezione sismica con metodologia MASW

Il paragrafo illustra e commenta l'indagine geofisica eseguita ai fini della determinazione del terreno di fondazione ai sensi del testo *“Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni”* (D.M. 17 gennaio 2018).

Lo stendimento approntato dallo scrivente nell'area di specifico interesse, denominato MASW 01, è posizionato come da planimetria su base ortofoto in allegato 1.

### 6.5.1 - Metodologia d'indagine

L'acquisizione di campagna è stata condotta con sismografo PASI modello Gea 24 con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtraggio digitale programmabile (per la riduzione dei rumori) e guadagno automatico del segnale (in ampiezza), geofoni verticali e orizzontali da 4.5 Hz spazati di 5 m con offset a 5 m di distanza dal primo geofono; l'energizzazione è avvenuta tramite mazza del peso di 10 Kg.

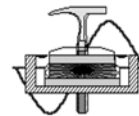
Per avere un'approfondita Analisi Multicanale delle Onde di Superficie (M.A.S.W.), i dataset sono stati ottenuti mediante le seguenti modalità di acquisizione:

- Dataset Onde Rayleigh componente verticale (ZVF)
  - 12 geofoni verticali da 4.5 Hz;
  - Energizzazione verticale su piastra quadrata in alluminio.

L'elaborazione è stata eseguita tramite il software WinMASW 3C 7.2 beta e nell'analisi sono stati scelti i dataset migliori acquisiti scegliendo i più rappresentativi per le Onde di Rayleigh (ZVF) e per le Onde di Love (THF).

Una volta individuati sono stati determinati gli spettri di velocità per ogni dataset e successivamente è stata effettuata la modellazione, in modalità congiunta per lo stendimento L1.

È necessario sottolineare che l'interpretazione delle indagini geofisiche viene fatta nell'ipotesi che gli strati del sottosuolo siano omogenei, orizzontali e con superfici di separazione piano parallele. Si rammenta infine come, in ogni caso, la valutazione delle velocità e degli spessori dei singoli strati viene effettuata con un margine di incertezza, insita proprio nei metodi geofisici, che si aggira attorno al 10-15%.



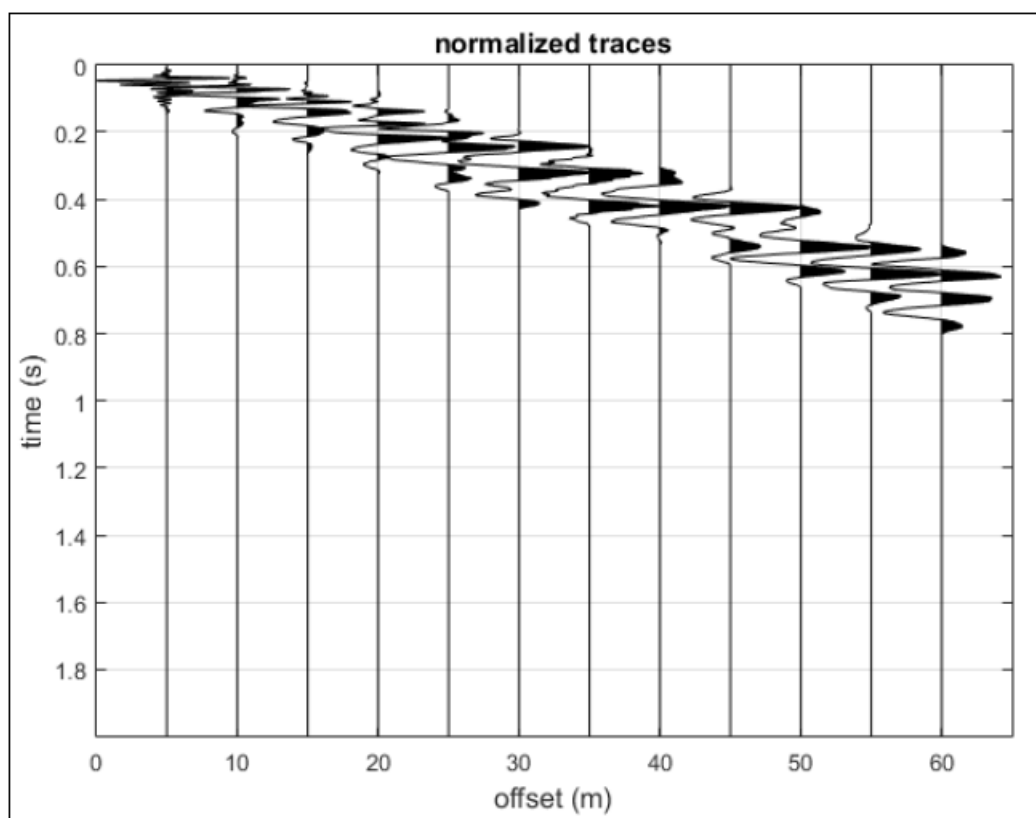
### 6.5.2 – Analisi delle risultanze

Al fine di fornire i valori delle  $V_s$ , necessarie per la caratterizzazione sismica del sito, è stata realizzata una stesa sismica denominata MASW L1, di lunghezza pari a 60 m con distanza intergeofonica pari a 5.0 metri.

L'energizzazione del terreno (sorgente di energia), per la lettura dei tempi di arrivo delle onde Superficiali (Rayleigh), è stata ottenuta impiegando una mazza battente da 10 kg in senso verticale su di una piastra in alluminio aderente al suolo.

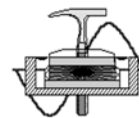
L'energizzazione è stata effettuata agli estremi dello stendimento ad una distanza di 5.0 m ed è stata eseguita più volte per garantire l'apprezzabilità dei segnali raccolti dal sistema di acquisizione dati.

Si riporta di seguito il sismogramma frutto della somma di ciascuna acquisizione, filtrato di eventuali disturbi di fondo, scelto per la modellazione (fig. 6.5.2.I):

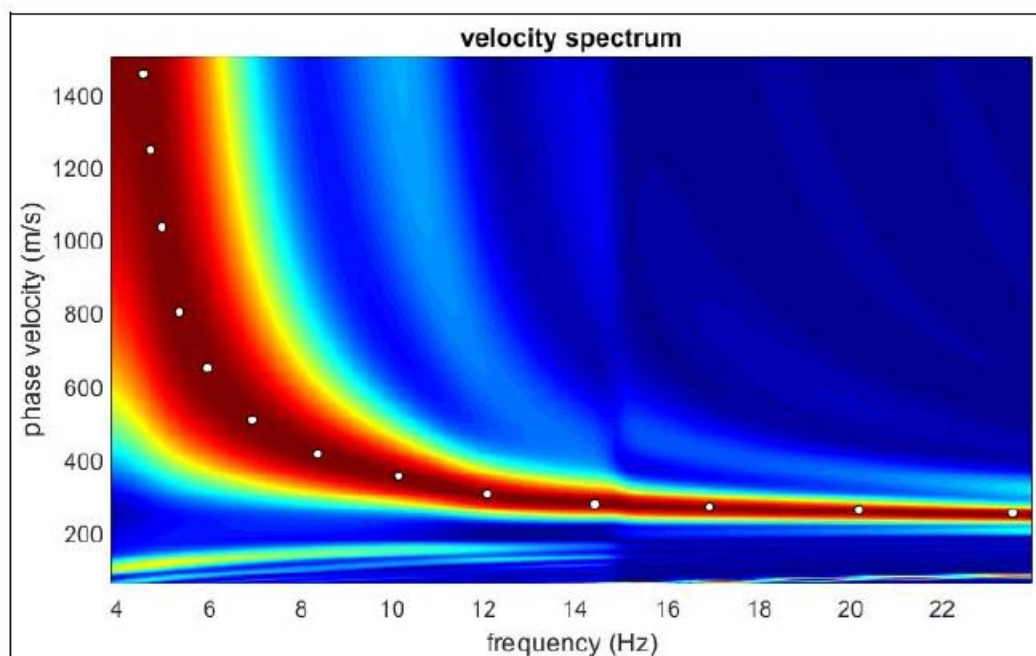


**Figura. 6.5.2.I:** Sismogramma base sismica L1.





L'elaborazione del sismogramma ha consentito di estrapolare lo spettro di velocità dal quale si è risalito tramite picking alla curva di dispersione (fig. 6.5.2.II) che consente di ottenere sia gli spessori dei vari strati che le rispettive velocità.



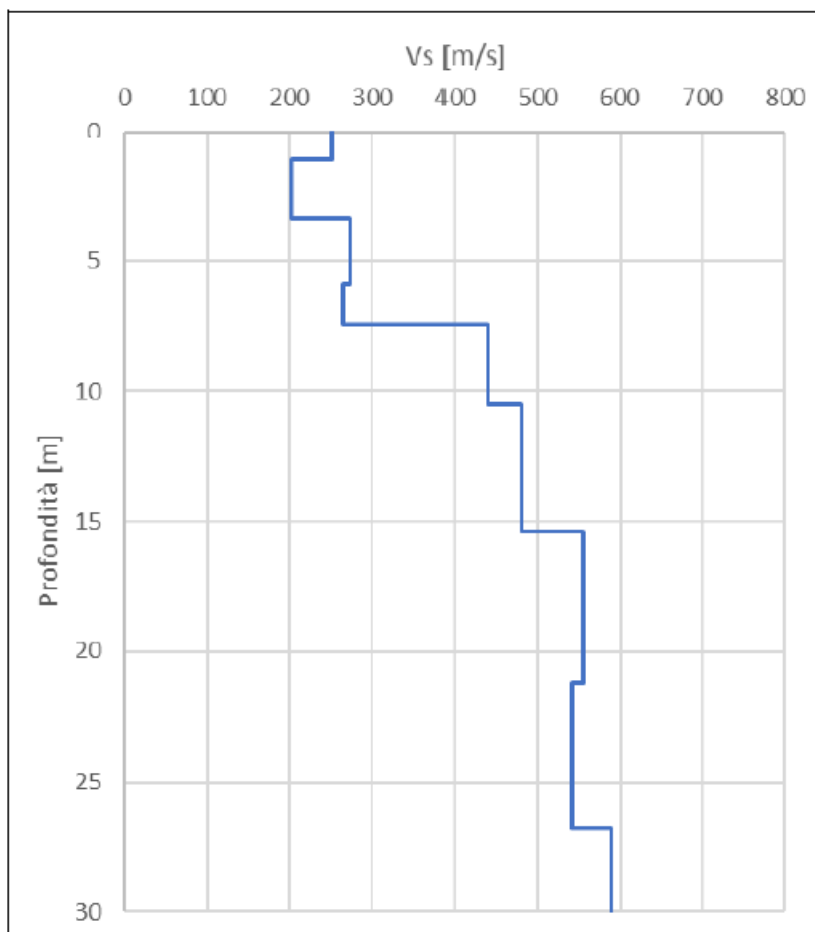
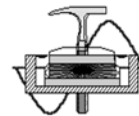
**Figura. 6.5.2.II:** Spettro di velocità base sismica L1 con picking.

### 6.5.3 – Ricostruzione del sottosuolo

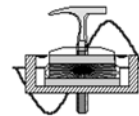
Dall'inversione della curva di dispersione si è ottenuta la ricostruzione del sottosuolo in orizzonti aventi differenti spessori e valori di velocità:

L1		
Spessore (m)	Profondità (m)	V <sub>s</sub> (m/sec)
1.10	0.00-1.10	251
2.30	1.10-3.40	202
2.50	3.40-5.90	274
1.60	5.90-7.50	265
3.00	7.50-10.50	439
4.90	10.50-15.40	481
5.80	15.40-21.20	555
5.60	21.20-26.80	542
3.20	26.80-30.00	589





**Figura. 6.5.3.I:** Diagramma delle vel.  $V_s$  riferite ai vari strati intercettati nella base sismica L1.



#### 6.5.4 – Categoria di suolo

Per quanto riguarda la determinazione della categoria di sottosuolo il D.M. 17.01.2018 prevede una classificazione in cinque categorie principali riportate nella tabella 3.2.II (fig. 6.5.4.I) definite in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s,eq}$  corrispondente alla velocità media di propagazione delle onde sismiche di taglio fino alla profondità del substrato sismico, definito come quella formazione caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità di tale substrato superiore a 30 m la velocità equivalente  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , considerando le proprietà degli strati di terreno fino alla profondità di 30 m.

L'espressione per la determinazione della velocità equivalente  $V_{s,eq}$  è la seguente:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_i}}$$

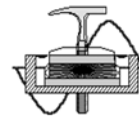
$h_i$  = Spessore in metri dello strato i-esimo  
 $V_i$  = Velocità dell'onda di taglio i-esima  
 $N$  = Numero di strati  
 $H$  = Profondità del substrato sismico con  $V_s > 800$  m/s

Per il sito in esame la categoria di sottosuolo è stata determinata tramite i dati ottenuti dallo stendimento sismico con metodologia M.A.S.W. eseguito in corrispondenza dell'area di indagine. Dall'elaborazione di tali dati il terreno presenta per la linea eseguita, valori delle  $V_{s,eq} = V_{s30}$  pari a circa **404 m/s**, riferiti all'attuale piano campagna.

Il terreno è pertanto classificabile in **categoria B** "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

**Figura. 6.5.4.I:** Tabella 3.2.II "Categorie di sottosuolo" – D.M. 17.01.2018.



## 6.6. – Registrazione microtremori

Il paragrafo illustra e commenta l'indagine geofisica eseguita ai fini della determinazione della categoria di suolo del terreno di fondazione e della frequenza caratteristica, ai sensi del testo unitario " Norme tecniche per le costruzioni" (D.M. 17 Gennaio 2018).

### 6.6.1 - Metodologia d'indagine

La misura a stazione singola del tremore sismico, attraverso l'analisi dei rapporti spettrali consente la determinazione della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo; mediante il processo di inversione le misure del microtremore consentono di stimare in maniera rapida il valore di Vs30.

La caratterizzazione dei terreni è stata effettuata tramite la tecnica sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali) o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio). La prova è stata condotta utilizzando un sismometro a stazione singola (tromografo digitale) in grado di registrare i microtremori lungo le direzioni X coincidente con l'Est topografico e Y coincidente con il Nord e lungo quella verticale (Z), di un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (mediamente 15 minuti).

Il moto indotto nel terreno è stato misurato dallo strumento in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z). Le misure registrate sono state poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza) e spettri V (componente verticale del moto in funzione della frequenza).

### 6.6.2 - Categoria di suolo

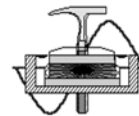
Per determinare il valore delle onde di taglio VS è stato eseguito un rilievo tromografico che ha permesso di determinare:

- La frequenza di risonanza caratteristica del sito;
- Velocità media delle onde di taglio Vs.

Per la determinazione delle onde di taglio Vs è stata utilizzata l'inversione vincolata dello spettro H/V ottenuto attraverso il rilievo tromografico.

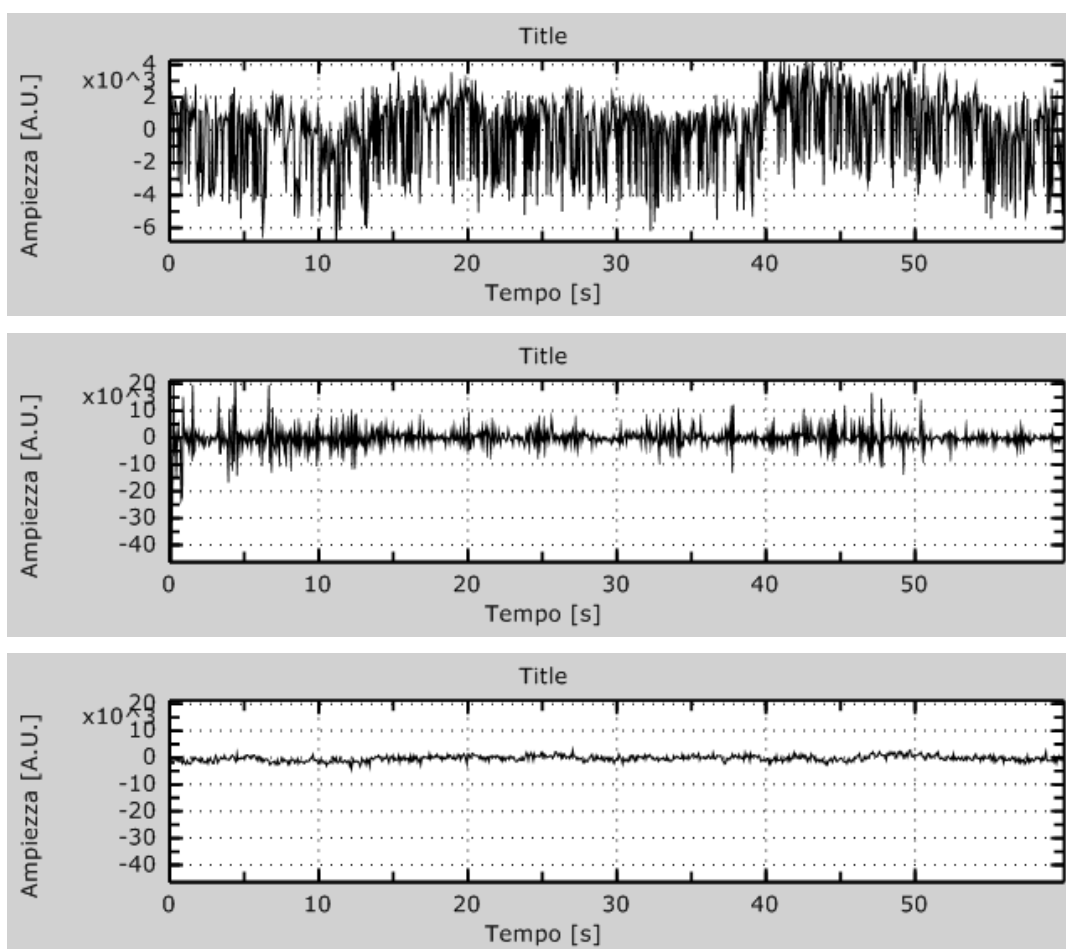
La relazione seguente correla la frequenza di risonanza del terreno (f) alla velocità delle onde S (Vs) con la profondità della base dello strato (H).

$$f(Hz) = \frac{V_s}{4H}$$



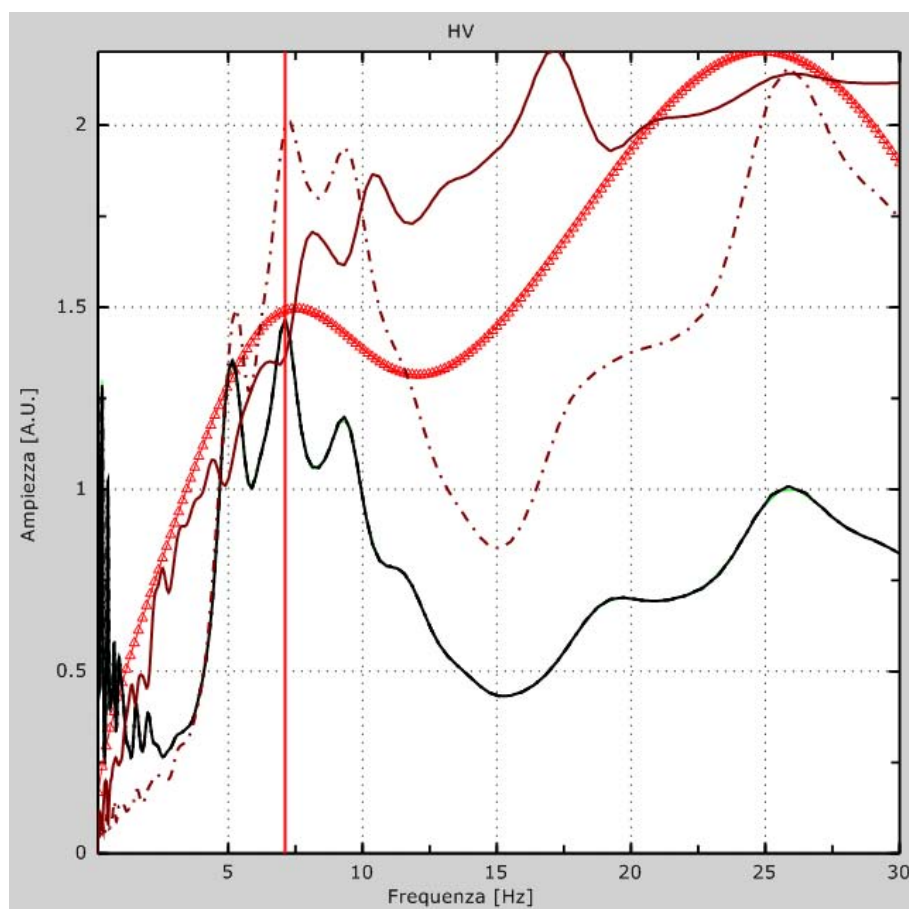
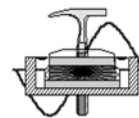
### 6.6.3 - Elaborati dati d'indagine HVSR 01

Nome	buzzi\dati HVSR01\vernasca.SAF
Passo temporale	~6.45ms
Numero di campioni	9300
Istante finale	60s
Numero di sotto-intervalli	1



**Figura. 6.6.3.I:** Dati sperimentali in direzione Z (alto), N-S (centro) e E-W (basso).

Nota indicativamente la profondità di ogni livello stratigrafico, ottenuta attraverso l'elaborazione dei dati ricavati dai sondaggi e dai rilevamenti geologici in sito, è possibile procedere all'inversione dello spettro H/V, modellando la curva numerica in modo da ottenere la sovrapposizione con quella misurata (vedasi fig. 6.6.3.II), per poi ricavare la  $V_s$  media per ogni singolo strato.



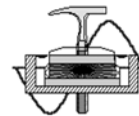
**Figura 6.6.3.II:** Curva HVSR; Curva H/V numerica (rosso); Curva H/V sperimentale (nero).

Finestra temporale	60 sec
Frequenza massima	30 Hz
Numero di campioni	200
Passo in frequenza	0.15 Hz

Sulla base di tali elaborazioni è stato ottenuto l'andamento della Vs al variare della profondità (vedasi Grafico in allegato 6).

In conclusione, la velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri è definita come:

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



I dati sismici acquisiti, ed elaborati, hanno consentito di determinare un profilo di velocità delle onde “S” fino ad oltre 35 m di profondità (*vedasi risultanze in allegato 1 al presente elaborato*).

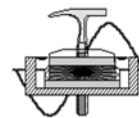
La velocità delle onde di taglio, essendo legata alle caratteristiche dello scheletro del materiale, costituisce un parametro di grande rilevanza per la definizione delle caratteristiche geomeccaniche dei materiali.

Risulta evidente che a velocità elevate corrispondono materiali con buone caratteristiche geomeccaniche, viceversa a bassi valori corrispondono materiali con scadenti caratteristiche geotecniche.

Dall'esame del grafico in allegato 6, si possono fare le seguenti considerazioni:

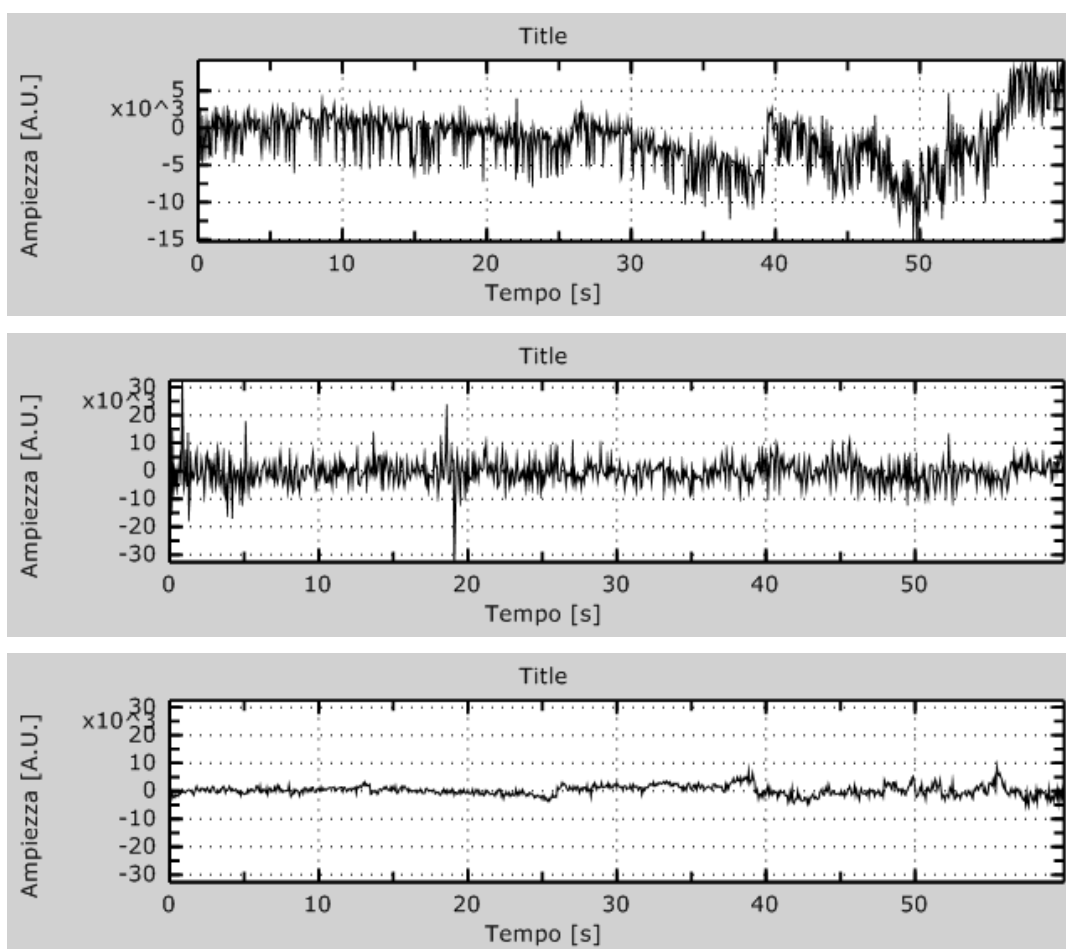
- ✓ Fino a circa 2 m dal p.c. i valori di Vs registrati indicano la presenza di materiali poco consistenti;
- ✓ Da circa 2 m a circa 10 m i valori di Vs registrati indicano la presenza di materiali mediamente addensati assimilabili ai depositi alluvionali grossolani;
- ✓ Più in profondità, si ha un aumento significativo di velocità; tali valori possono essere correlati alle argille marnose da allentate a consistenti;
- ✓ La velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri risulta, pari a circa **405 m/s**, quindi in base all'attuale normativa il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione di tipo “**B**”;
- ✓ La Frequenza di risonanza caratteristica dell'area è risultata pari a **7,16 ± 0,1 Hz**.

Si precisa infine che, il dato delle Vs<sub>30</sub>, ottenuto tramite la registrazione dei microtremori sismici, pur avendo un valore puramente indicativo, risulta “cautelativo” e conforme con le rilevazioni “geologiche” condotte nella zona ed in particolare: le geometrie dei luoghi rispecchiano chiaramente lo spessore della coltre alluvionale superficiale; inoltre, le risultanze dei sondaggi a carotaggio continuo confermano indicativamente quanto ipotizzato.



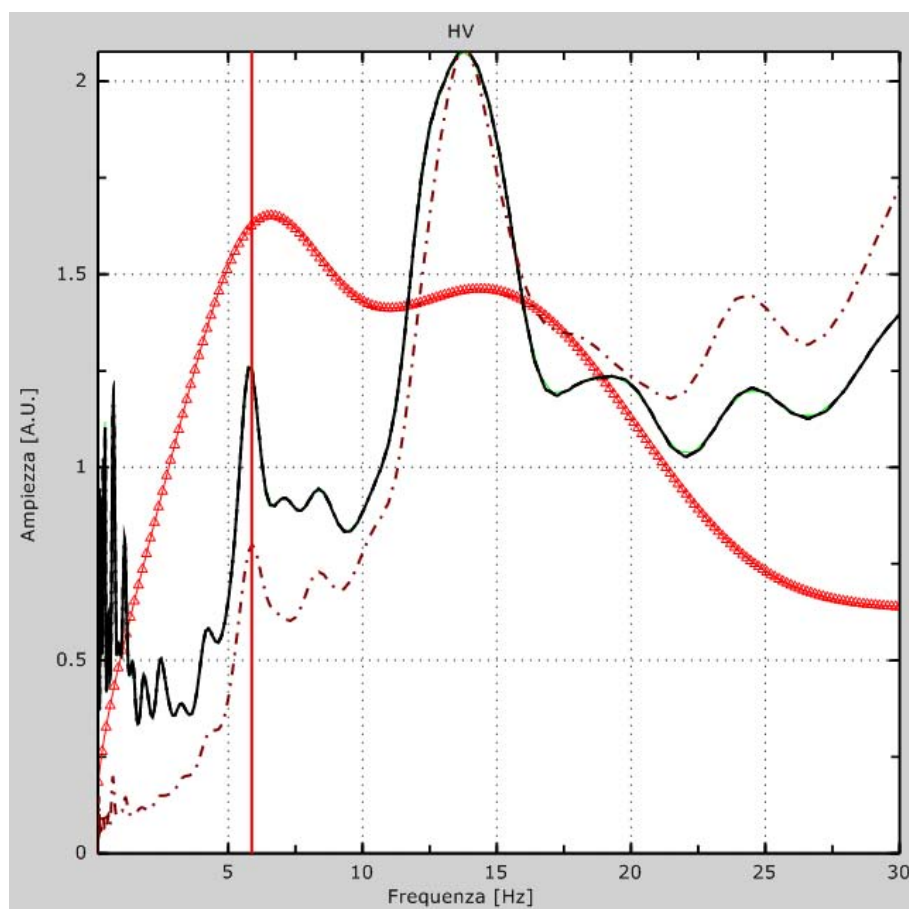
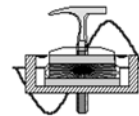
#### 6.6.4 - Elaborati dati d'indagine HVSR 02

Nome	buzzi\dati HVSR02\vernasca.SAF
Passo temporale	~6.45ms
Numero di campioni	9300
Istante finale	60s
Numero di sotto-intervalli	1



**Figura. 6.6.4.I:** Dati sperimentali in direzione Z (alto), N-S (centro) e E-W (basso).

Nota indicativamente la profondità di ogni livello stratigrafico, ottenuta attraverso l'elaborazione dei dati ricavati dai sondaggi e dai rilevamenti geologici in sito, è possibile procedere all'inversione dello spettro H/V, modellando la curva numerica in modo da ottenere la sovrapposizione con quella misurata (vedasi fig. 6.6.4.II), per poi ricavare la  $V_s$  media per ogni singolo strato.



**Figura 6.6.3.II:** Curva HVSR; Curva H/V numerica (rosso); Curva H/V sperimentale (nero).

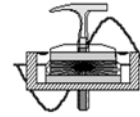
Finestra temporale	60 sec
Frequenza massima	30 Hz
Numero di campioni	200
Passo in frequenza	0.15 Hz

Sulla base di tali elaborazioni è stato ottenuto l'andamento della Vs al variare della profondità (vedasi Grafico in allegato 6).

In conclusione, la velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri è definita come:

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





I dati sismici acquisiti, ed elaborati, hanno consentito di determinare un profilo di velocità delle onde “S” fino ad oltre 35 m di profondità (*vedasi risultanze in allegato 1 al presente elaborato*).

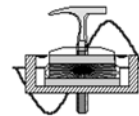
La velocità delle onde di taglio, essendo legata alle caratteristiche dello scheletro del materiale, costituisce un parametro di grande rilevanza per la definizione delle caratteristiche geomeccaniche dei materiali.

Risulta evidente che a velocità elevate corrispondono materiali con buone caratteristiche geomeccaniche, viceversa a bassi valori corrispondono materiali con scadenti caratteristiche geotecniche.

Dall'esame del grafico in allegato 6, si possono fare le seguenti considerazioni:

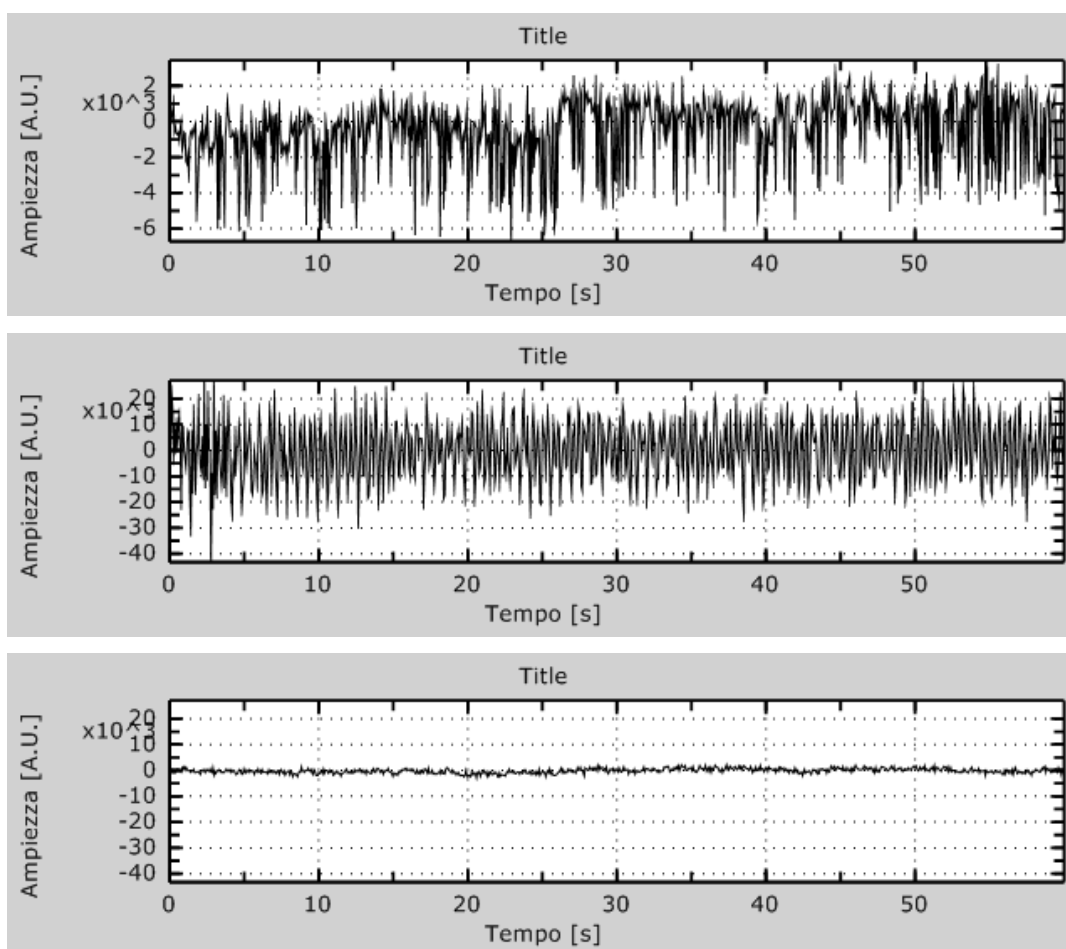
- ✓ Fino a circa 3 m dal p.c. i valori di Vs registrati indicano la presenza di materiali poco consistenti;
- ✓ Da circa 3 m a circa 14 m i valori di Vs registrati indicano la presenza di materiali mediamente addensati assimilabili ai depositi alluvionali grossolani;
- ✓ Più in profondità, si ha un aumento significativo di velocità; tali valori possono essere correlati alle argille marnose da allentate a consistenti;
- ✓ La velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri risulta, pari a circa **390 m/s**, quindi in base all'attuale normativa il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione di tipo “**B**”;
- ✓ La Frequenza di risonanza caratteristica dell'area è risultata pari a **5,90 ± 0,1 Hz**.

Si precisa infine che, il dato delle Vs<sub>30</sub>, ottenuto tramite la registrazione dei microtremori sismici, pur avendo un valore puramente indicativo, risulta “cautelativo” e conforme con le rilevazioni “geologiche” condotte nella zona ed in particolare: le geometrie dei luoghi rispecchiano chiaramente lo spessore della coltre alluvionale superficiale; inoltre, le risultanze dei sondaggi a carotaggio continuo confermano indicativamente quanto ipotizzato.



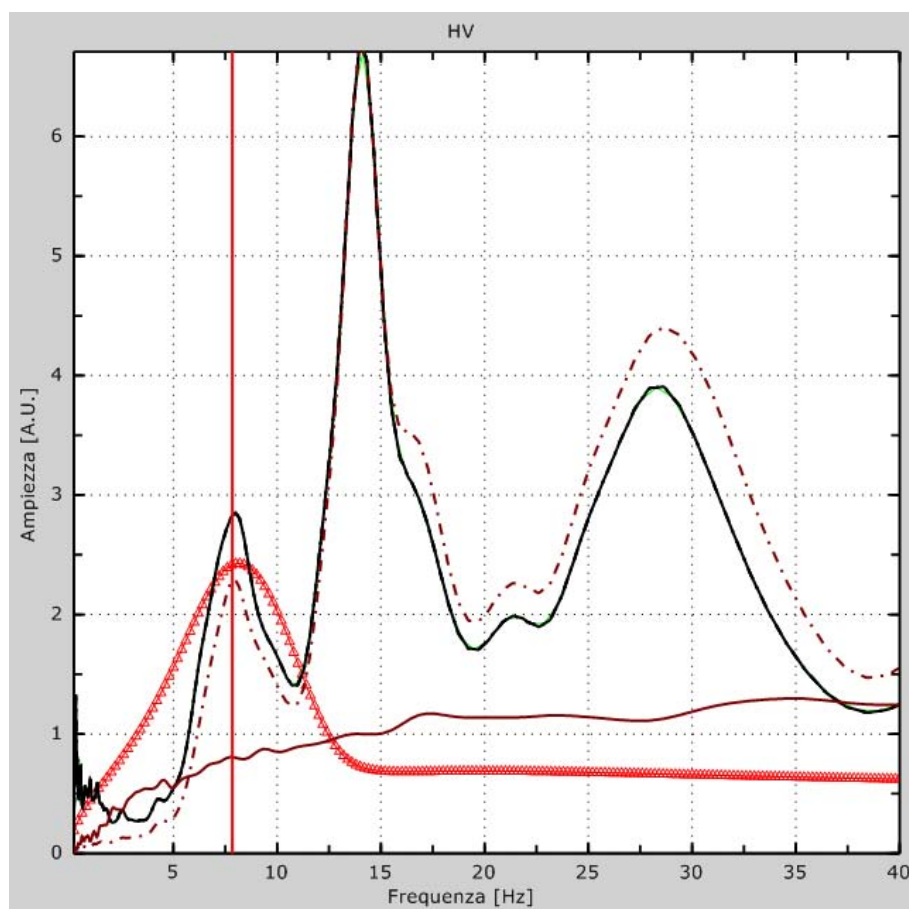
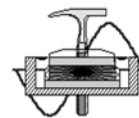
### 6.6.5 - Elaborati dati d'indagine HVSR 03

Nome	buzzi\dati HVSR03\vernasca.SAF
Passo temporale	~6.45ms
Numero di campioni	9300
Istante finale	60s
Numero di sotto-intervalli	1



**Figura. 6.6.5.I:** Dati sperimentali in direzione Z (alto), N-S (centro) e E-W (basso).

Nota indicativamente la profondità di ogni livello stratigrafico, ottenuta attraverso l'elaborazione dei dati ricavati dai sondaggi e dai rilevamenti geologici in sito, è possibile procedere all'inversione dello spettro H/V, modellando la curva numerica in modo da ottenere la sovrapposizione con quella misurata (vedasi fig. 6.6.5.II), per poi ricavare la  $V_s$  media per ogni singolo strato.



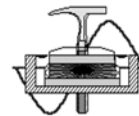
**Figura 6.6.5.II:** Curva HVSR; Curva H/V numerica (rosso); Curva H/V sperimentale (nero).

Finestra temporale	60 sec
Frequenza massima	40 Hz
Numero di campioni	200
Passo in frequenza	0.20 Hz

Sulla base di tali elaborazioni è stato ottenuto l'andamento della Vs al variare della profondità (vedasi Grafico in allegato 6).

In conclusione, la velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri è definita come:

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



I dati sismici acquisiti, ed elaborati, hanno consentito di determinare un profilo di velocità delle onde “S” fino ad oltre 35 m di profondità (*vedasi risultanze in allegato 1 al presente elaborato*).

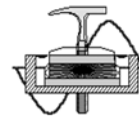
La velocità delle onde di taglio, essendo legata alle caratteristiche dello scheletro del materiale, costituisce un parametro di grande rilevanza per la definizione delle caratteristiche geomeccaniche dei materiali.

Risulta evidente che a velocità elevate corrispondono materiali con buone caratteristiche geomeccaniche, viceversa a bassi valori corrispondono materiali con scadenti caratteristiche geotecniche.

Dall'esame del grafico in allegato 6, si possono fare le seguenti considerazioni:

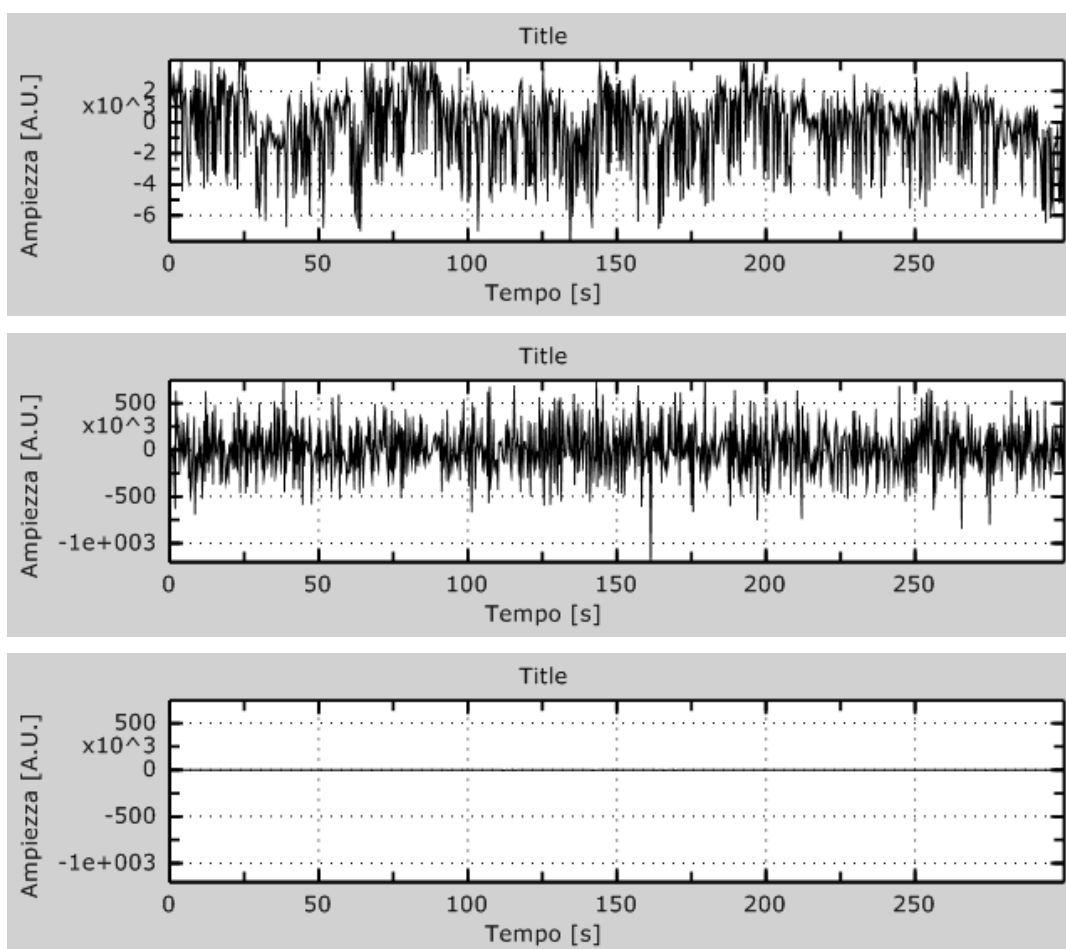
- ✓ Fino a circa 7.5 m dal p.c. i valori di Vs registrati indicano la presenza di materiali da poco a mediamente consistenti;
- ✓ Più in profondità, si ha un aumento significativo di velocità; tali valori possono essere correlati alle argille marnose da allentate a consistenti;
- ✓ La velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri risulta, pari a circa **385 m/s**, quindi in base all'attuale normativa il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione di tipo “**B**”;
- ✓ La Frequenza di risonanza caratteristica dell'area è risultata pari a **7,94 ± 0,1 Hz**.

Si precisa infine che, il dato delle Vs<sub>30</sub>, ottenuto tramite la registrazione dei microtremori sismici, pur avendo un valore puramente indicativo, risulta “cautelativo” e conforme con le rilevazione “geologiche” condotte nella zona.



### 6.6.6 - Elaborati dati d'indagine HVSR 04

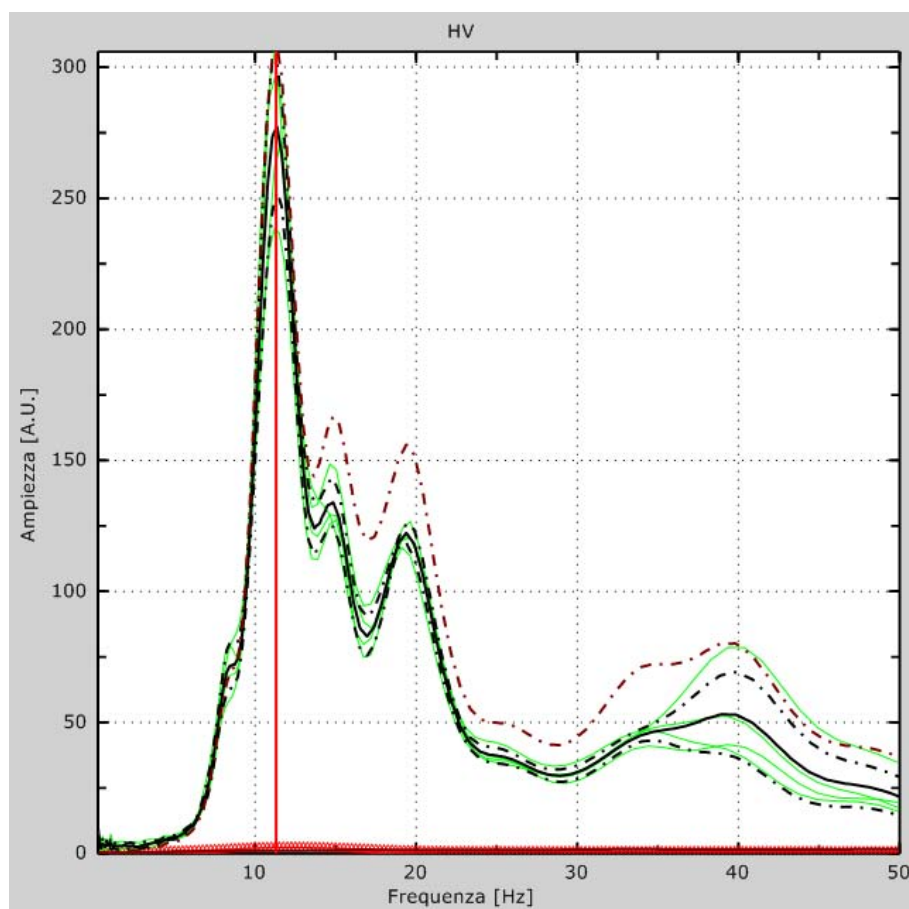
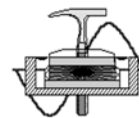
Nome	buzzi\dati HVSR04\vernasca.SAF
Passo temporale	~6.45ms
Numero di campioni	46500
Istante finale	300s
Numero di sotto-intervalli	1



**Figura. 6.6.6.I:** Dati sperimentali in direzione Z (alto), N-S (centro) e E-W (basso).

Nota indicativamente la profondità di ogni livello stratigrafico, ottenuta attraverso l'elaborazione dei dati ricavati dai sondaggi e dai rilevamenti geologici in sito, è possibile procedere all'inversione dello spettro H/V, modellando la curva numerica in modo da ottenere la sovrapposizione con quella misurata (vedasi fig. 6.6.6.II), per poi ricavare la  $V_s$  media per ogni singolo strato.





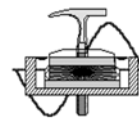
**Figura 6.6.6.II:** Curva HVSR; Curva H/V numerica (rosso); Curva H/V sperimentale (nero).

Finestra temporale	60 sec
Frequenza massima	50 Hz
Numero di campioni	200
Passo in frequenza	0.25 Hz

Sulla base di tali elaborazioni è stato ottenuto l'andamento della Vs al variare della profondità (vedasi Grafico in allegato 6).

In conclusione, la velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri è definita come:

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



I dati sismici acquisiti, ed elaborati, hanno consentito di determinare un profilo di velocità delle onde “S” fino ad oltre 35 m di profondità (*vedasi risultanze in allegato 1 al presente elaborato*).

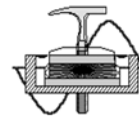
La velocità delle onde di taglio, essendo legata alle caratteristiche dello scheletro del materiale, costituisce un parametro di grande rilevanza per la definizione delle caratteristiche geomeccaniche dei materiali.

Risulta evidente che a velocità elevate corrispondono materiali con buone caratteristiche geomeccaniche, viceversa a bassi valori corrispondono materiali con scadenti caratteristiche geotecniche.

Dall'esame del grafico in allegato 6, si possono fare le seguenti considerazioni:

- ✓ Fino a circa 4.0÷5.0 m dal p.c. i valori di  $V_s$  registrati indicano la presenza di materiali da poco a mediamente consistenti;
- ✓ Più in profondità, si ha un aumento significativo di velocità; tali valori possono essere correlati alle argille marnose da allentate a consistenti;
- ✓ La velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri risulta, pari a circa **380 m/s**, quindi in base all'attuale normativa il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione di tipo “**B**”;
- ✓ La Frequenza di risonanza caratteristica dell'area è risultata pari a **11,37 ± 0,1 Hz**.

Si precisa infine che, il dato delle  $V_{s30}$ , ottenuto tramite la registrazione dei microtremori sismici, pur avendo un valore puramente indicativo, risulta “cautelativo” e conforme con le rilevazioni “geologiche” condotte nella zona.



## 6.7 – Rilevazioni freatiche

All'interno del pozzo presente nello stabilimento, mediante freatimetro, si è proceduto alla verifica della superficie piezometrica. La documentazione fotografica in fig. 6.7.I visualizza la testata del pozzo oggetto di rilevazioni.

La soggiacenza della prima falda rispetto al p.c. si attesta ad una profondità di circa -6.20 metri.

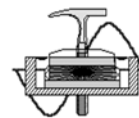
Si rende noto che i dati raccolti sono riferiti ad un lasso di tempo alquanto contenuto, che abbraccia il periodo compreso tra il 01 settembre 2014 ed il 04 settembre 2014.

Tuttavia, occorre precisare che ai fini della caratterizzazione idrologica del territorio sono state prese in esame anche le rilevazioni effettuate nelle verticali dei sondaggi a carotaggio continuo, le cui specifiche sui valori di soggiacenza della falda freatica sono riportate nelle colonne stratigrafiche in allegato 2.

In conclusione, il livello della falda subisce consistenti oscillazioni di carattere stagionale. Nella stagione siccitosa la falda è normalmente confinata nella parte bassa del banco di ghiaia, ma nella stagione invernale può elevarsi a pochi metri delle superficie.



fig. 6.7.I

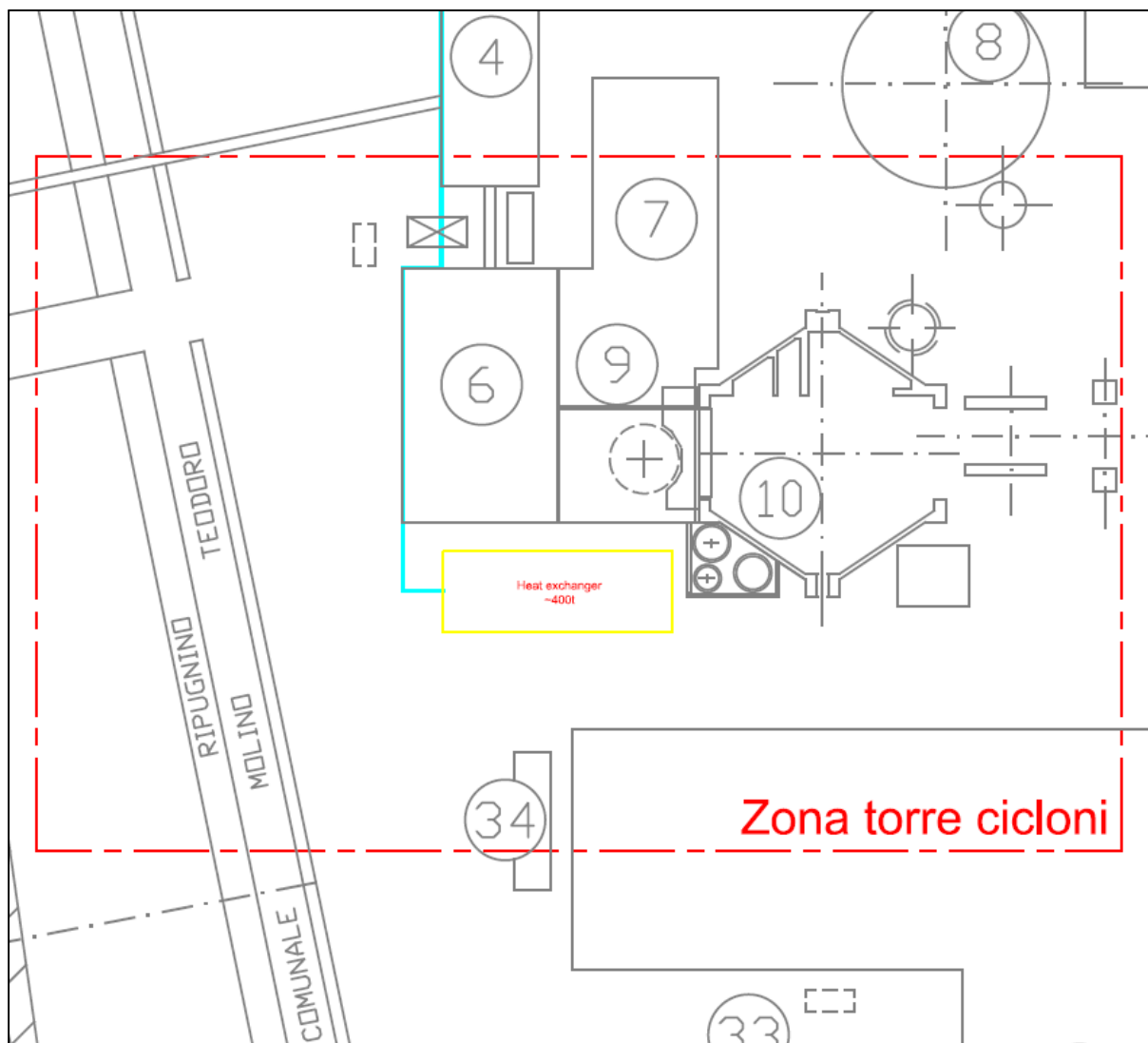


## 7.0 – AMBITO TERRAZZO ALLUVIONALE

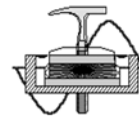
L'ambito di intervento (zona torre cicloni) corrisponde ad un ripiano terrazzato di origine alluvionale, costituito in prevalenza da ghiaie grossolane, dotate di una sensibile quantità di matrice limoso-sabbiosa e celate superficialmente da spessori variabili di terreni di riporto sovrastanti limi sabbio argillosi.

Il progetto si propone di realizzare un impianto di conversione energia termica in eccesso, generata dal processo di produzione del clinker, in energia elettrica; l'impianto denominato WHR (Waste Heat Recovery) è basato sulla generazione di energia con ciclo Rankine a fluido organico (ORC).

Si prevede di integrare uno scambiatore di calore in parallelo alla torre di condizionamento esistente.



Estratto planimetria progettuale



## 7.1 – Caratterizzazione stratigrafica del sottosuolo

Salvo relativamente “limitati” spessori in superficie di terreno rimaneggiato (strato S0), sovrastante depositi limo sabbio argillosi (strato B1), nell'area dello stabilimento si è sempre raggiunto a modeste profondità il banco di ghiaia alluvionale la cui potenza risulta alquanto variabile (strato B2). Il deposito prevalentemente ghiaioso è relativamente sottile presso il margine lato monte del terrazzo e si ispessisce notevolmente procedendo verso l'alveo del torrente. Il sondaggio a carotaggio continuo realizzato nell'ambito “torre ciclone”, ha attraversato circa 11 metri di ghiaia. Il banco alluvionale è generalmente costituito da ghiaia assortita mista a sabbia fine limosa. I valori di S.P.T. sempre alti indicano una relativamente elevata densità del deposito, che poggia direttamente sul substrato di “argilla scagliosa” consistente.

L'argilla che costituisce il substrato locale si presenta in genere leggermente allentata nei primi metri, poi diviene rapidamente molto dura spesso con consistenza lapidea (strato C1). Oltre ad argilla dura minutamente caotica di elevato indice di plasticità, è presente argilla scura molto consistente, minutamente fessurata, ed argilla marnosa grigia sempre molto consistente fessurata con vene di calcite e con intercalati livelli arenacei. Per la caratterizzazione litotecnica delle argille marnose sono state prese in esame delle analisi di laboratorio pregresse che hanno interessato essenzialmente campioni prelevati al tetto della formazione più o meno allentata.

Nelle foto in fig. 7.1.I sono visualizzati i depositi ghiaiosi di superficie e le argille marnose che costituiscono il sub-strato.



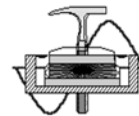
Bancate ghiaiose alluvionali



Argille marnose

Fig. 7.1.I

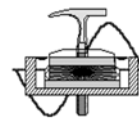




Nella tabella 7.1.II, con riferimento a quanto esposto in precedenza ed analizzando i dati emersi dai rilevamenti, è stata determinata una stratigrafia di progetto, da considerare rappresentativa per i calcoli fondazionali.

STRATIGRAFIA DI PROGETTO		
SOGGIACENZA FALDA:		≈ 4.60 m dal p.c. <i>(soggiacenze presunte: min. ~3.50 m ÷ max ~6.50 m)</i>
PROVE DI RIFERIMENTO :		trincea esplorativa (Tr.01 )
		sondaggi a carotaggio continuo (S.01÷S.02)
		rilevazioni freaticometriche in pozzo e sondaggi
STRATO	profondità strato (m)	DESCRIZIONE SINTETICA
S0	da p.c. a -1.70	coltre di riporto <i>si trascura ai fini geognostici.</i>
B1	da -1.70 a -3.30	Limi sabbio argillosi frammiste a ghiaie e ciottoli <i>i risultati delle prove SPT in foro eseguite nell'ambito di tale strato indicano che si è in presenza di materiali a matrice prevalentemente coerente "moderatamente consistenti".</i>
B2	da -3.30 a -10.70	ghiaie in matrice limo sabbiosa <i>i risultati delle prove SPT in foro eseguite nell'ambito di tale strato indicano che si è in presenza di materiali incoerenti "addensati".</i>
C1	da 10.70 a >20.00	argille marnose grigie <i>i risultati delle rilevazioni mediante apparecchiature pocket indicano che si è in presenza di un deposito coesivo dotato di "buona consistenza".</i>

7.1.II – tabella stratigrafia di progetto



## 7.2 – Caratterizzazione geo-meccanica del sottosuolo

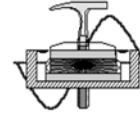
Al fine di ottenere una parametrizzazione geotecnica utilizzabile per l'area indagata si è proceduto ad un'elaborazione statistica dei dati più "scadenti" desunti dai sondaggi S1÷S2 e da pregresse campagne d'indagine, ottenendo una serie di valori medi "cautelativi" (*vedasi tabella seguente*).

PARAMETRI GEOTECNICI

Livello	S. 0	B. 1	B. 2	C. 1
Spessore (metri)	~1.70	~1.60	~6.40	> 20.00
$\gamma$ (t/mc)	Si trascura ai fini geognostici	~1.85	~1.95	~2.15
$\varphi$ (°)		~24	~38	--
Dr (°)		--	~70	--
Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )		~0.55	--	~2.50
E (Kg/cm <sup>2</sup> )		~56	~430	~250
$\nu$		~0.38	~0.28	~0.45
Ko (Kg/cm <sup>2</sup> )		~1.30	~6.50	--

### Legenda

$\gamma$	<i>Peso di volume</i>
$\varphi$	<i>Angolo di attrito interno</i>
Dr	<i>Densità relativa</i>
Cu	<i>Coesione non drenata</i>
E	<i>Modulo di Young</i>
$\nu$	<i>Modulo di Poisson</i>
Ko	<i>Modulo di Winkler</i>



## 7.3 – Azione sismica

### 7.3.1 - Categoria di suolo fondazionale

*Per la definizione complessiva dell'azione sismica di progetto si deve considerare, oltre che la zonazione sismica, anche la tipologia del terreno di fondazione.*

*L'importanza della determinazione della funzione spettrale del sisma (Risposta Sismica locale) è dovuta al fatto che un deposito incoerente poggiante su un basamento rigido può modificare un impulso sismico determinando amplificazioni o attenuazioni di alcune delle componenti in esso contenute.*

*Il contributo della Pericolosità al Rischio per una struttura sottoposta ad uno stress sismico dipende infatti dall'intensità del terremoto che la colpisce, ma anche, e forse principalmente, dalle caratteristiche delle componenti a varie frequenze contenute nel segnale sismico, in particolare quello relativo alle onde S. Queste a loro volta possono subire amplificazioni differenziali che dipendono dalle caratteristiche meccaniche e geometriche del materiale che costituisce il sottosuolo del terreno di fondazione.*

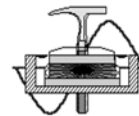
*E' quindi necessaria, per valutare le modifiche dell'impulso sismico provocate dal terreno, una parametrizzazione geometrica, geolitologica e geosismica, del sottosuolo dell'area interessata ad una costruzione, che consenta una valutazione corretta della Pericolosità sismica del sito di costruzione.*

*Gli impulsi sismici provenienti da una sorgente distante varie decine di chilometri che giungono ad un basamento ricoperto da terreni sciolti posto nel sottosuolo di siti distanti fra loro solo qualche centinaio o migliaio di metri sono praticamente identici.*

*Essi si sono attenuati rispetto alla sorgente d'origine in dipendenza della distanza dalla sorgente stessa e, quindi, del percorso, che, comunque, è per tutti praticamente identico. Gli impulsi sismici registrati in superficie nei detti siti, invece, possono differire sostanzialmente a causa delle possibili diverse caratteristiche geosismiche dei depositi incoerenti che il raggio sismico attraversa nel suo ultimo tratto e che, come detto precedentemente, "modulano" in ampiezza e frequenza gli impulsi sismici.*

*Questo effetto, il cui spettro di ampiezza è detto Fattore di Amplificazione Dinamica (FAD), dipende dalle proprietà fisiche, dai parametri dinamici (Modulo di Taglio,  $G_{din}$ ; Coefficiente di smorzamento,  $D$ ), caratteristici della particolare litologia dei depositi incoerenti e dalla loro geometria (spessore, profondità).*

*La Fase di indagini relative ai progetti esecutivi è quindi rivolta essenzialmente alla determinazione della Risposta Sismica di Sito in corrispondenza di una struttura edilizia esistente o in fieri e lo studio dovrà prevedere, in particolare, indagini di prospezioni geofisiche tese a determinare le caratteristiche sismiche del sottosuolo ed al fine di valutare l'eventualità di possibili fenomeni di amplificazione locale dell'intensità sismica, quale era stata prevista, in generale, dalle precedenti indagini di Microzonazione Sismica per lo Strumento Urbanistico Generale.*



Le indagini da effettuarsi sono, quindi, prevalentemente finalizzate alla determinazione della giacitura e potenza degli strati nei siti scelti, fino ad una profondità di 30 m dal piano di posa delle fondazioni, ed alla caratterizzazione sismica dei terreni presenti, intesa come determinazione in particolare della Velocità delle onde sismiche trasversali  $V_s$  dei singoli sismostrati, con calcolo della media pesata per i primi 30 metri ( $V_{s30}$ ) ed attribuzione alla categoria di suolo di cui alla OPCM n.3274/03 con la verifica della significatività, in senso orizzontale, di tale attribuzione.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s.eq}$  è definita dal parametro  $V_{s.30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

La velocità media  $V_{s30}$  è definita dall'espressione:

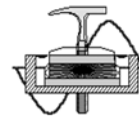
$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1..N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove:

$h_i$  = spessore (m.) della  $i$ -esima formazione o strato compreso nei primi 30 m di profondità;

$V_i$  = velocità delle onde di taglio nella stessa formazione o strato;

$n$  = numero di formazioni o strati compresi nei primi 30 m di profondità.



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  $F_0$  e  $T_c$  relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV, nelle quali  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  è l'accelerazione di gravità e  $T_c$  è espresso in secondi.

Tab. 3.2.IV – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Quindi, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato al capo 7.11.3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (vedasi Tabella 3.2.II).

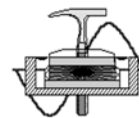
Dai rilievi di superficie e dalle indagini geognostiche realizzate nella zona oggetto d'intervento edilizio il suolo di fondazione risulta costituito prevalentemente da sabbie limose con ghiaia e ghiaie in matrice limo sabbiosa appartenenti all'Unità di Modena (depositi alluvionali del periodo postglaciale), che ricoprono il sub-strato argillo scaglioso e/o marnoso noto nella Bibliografia Geologica con il nome di "Complesso di Casanova - litofacies a brecce mono e poligeniche a matrice pelitica", appartenente all'Unità Tettonica "Liguri" del periodo Campanianiano inf.

La velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi trenta metri del sottosuolo, alla luce dei dati ricavati dalle indagini in sito, delle quali si riportano le risultanze nelle figure in allegato 6 (rif. parag. 6.6. "Prospezioni sismiche con metodologia HVSR 01-HVSR02"), risulta pari a circa  $V_{s30} \cong 400 \text{ m/s}$ .

Il suolo di fondazione dell'area oggetto di intervento è pertanto ascrivibile alla **categoria di sottosuolo tipo B**.

Quindi il coefficiente di amplificazione stratigrafica  **$S_s$**  risulta pari a **1.20**.





### 7.3.2 – Fattori di amplificazione topografica

Con riferimento alla *Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018*, per la determinazione dell'azione di progetto dovranno essere definiti i fattori di amplificazione topografica dell'azione sismica.

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III delle sopraccitate norme tecniche):

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

Le sopra 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 metri.

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella Tab. 3.2.V delle sopraccitate norme tecniche, in funzione delle categorie topografiche e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

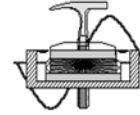
Tab. 3.2.V – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$*

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

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove  $S_T$  assume valore unitario.

L'area sulla quale verrà realizzato l'intervento si dispone lungo una porzione di pendice sub-pianeggiante (terrazzo alluvionale).

Quindi, per quanto concerne la "*determinazione dell'azione di progetto*" si dovrà fare specifico riferimento alla categoria topografica **T1**, nella quale il coefficiente  **$S_T$**  è pari a **1,00** (rif. tabella 3.2.IV delle NTC).



### 7.3.3 – Liquefazione dei terreni

Le norme per la verifica alla liquefazione dei terreni sono esplicitate nell'Euro Codice 8 "UNI-ENV 1998-5- 1998" al p.to 4.1.3 "*terreni potenzialmente liquefacibili*".

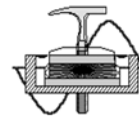
Per liquefazione si intende il fenomeno in base al quale un terreno incoerente (sabbia) di particolari caratteristiche, durante una sollecitazione sismica tende a comportarsi come un fluido, vale a dire perde la resistenza al taglio e può colare anche su pendenze molto modeste.

Il fenomeno dipende dal tipo di sedimenti, dal loro grado di compattazione, dalle pressioni iniziali agenti e soprattutto dal livello della falda acquifera (condizioni di saturazione).

I terreni maggiormente colpiti dalla liquefazione sono le pianure alluvionali, le spiagge, i terrazzi e i depositi di estuario (Youd & Hoose, 1977-tesi).

In Italia, malgrado l'elevata pericolosità sismica, il fenomeno è molto limitato; ciò può essere dovuto al fatto che le aree più sismiche sono prevalentemente montuose, mentre i terreni potenzialmente liquefacibili sono situati nella Pianura Padana o lungo le coste.

In riferimento ai parametri idrogeologici e litostratigrafici che caratterizzano l'area oggetto d'intervento, alla categoria sismica del territorio comunale (**zona sismica 3**) e considerando le massime intensità microsismiche (magnitudo storica inferiore o pari a 7) osservate per un intorno significativo all'area d'intervento (rif. GNDT-ING-SSN – Servizio Sismico Nazionale), **non sussistono le condizioni perché si verifichino fenomeni di liquefazione.**



### 7.3.4 – Modello sismico del sito

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi *stati limite* presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica. La pericolosità sismica è intesa come accelerazione massima orizzontale  $a_g$  in condizioni di campo libero su suolo rigido ( $V_{s30} > 800$  m/s), con superficie topografica orizzontale (di categoria di sottosuolo A; NTC, § 3.2.2), ma è definita anche in termini di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento PVR, come definite nelle NTC nel periodo di riferimento VR.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 e s.m.i., infatti, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (v. tabella 1 nell'Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008 e s.m.i.).

Le forme spettrali vengono definite, per ciascuna delle probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento PVR, partendo dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T^*C$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

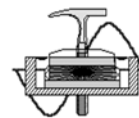
## **Parametri sismici**

### **Sito in esame.**

latitudine: 44,795 (Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50)  
longitudine: 9,812

Classe d'uso: II (*cautelativa*) *Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.*

Vita nominale: 50 [anni]



## Siti di riferimento

Sito 1	ID: 15376	Lat: 44,7766	Lon: 9,7589	Distanza: 4718,271
Sito 2	ID: 15377	Lat: 44,7787	Lon: 9,8292	Distanza: 2223,725
Sito 3	ID: 15155	Lat: 44,8287	Lon: 9,8261	Distanza: 3892,115
Sito 4	ID: 15154	Lat: 44,8265	Lon: 9,7558	Distanza: 5696,662

## Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	50anni
Coefficiente cu:	1

## Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	30	[anni]
ag:	0,044	g
Fo:	2,470	
Tc*:	0,227	[s]

## Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	50	[anni]
ag:	0,056	g
Fo:	2,483	
Tc*:	0,246	[s]

## Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	475	[anni]
ag:	0,135	g
Fo:	2,509	
Tc*:	0,284	[s]

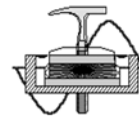
## Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]
ag:	0,171	g
Fo:	2,545	
Tc*:	0,291	[s]

## Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

## SLO:

Ss:	1,200
Cc:	1,480
St:	1,000
Kh:	0,011
Kv:	0,005
Amax:	0,521
Beta:	0,200



## SLD:

Ss: 1,200  
Cc: 1,460  
St: 1,000  
Kh: 0,013  
Kv: 0,007  
Amax: 0,659  
Beta: 0,200

## SLV:

Ss: 1,200  
Cc: 1,420  
St: 1,000  
Kh: 0,039  
Kv: 0,019  
Amax: 1,589  
Beta: 0,240

## SLC:

Ss: 1,200  
Cc: 1,410  
St: 1,000  
Kh: 0,049  
Kv: 0,025  
Amax: 2,011  
Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50  
Geostru

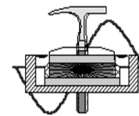
Coordinate WGS84

latitudine: 44.794049

longitudine: 9.811740







## 7.4 – Prescrizioni di carattere geologico

La presente indagine geognostica si è resa necessaria in quanto sull'area in studio, sita all'interno dello stabilimento di proprietà della società Buzzi Unicem (Comune di Vernasca), è prevista la formazione della struttura denominata "Heat exchanger" afferente al progetto "Waste Heat Recovery", il tutto come meglio evidenziato nel progetto esecutivo.

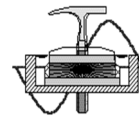
Pur esprimendo un **parere geologico-tecnico positivo** alla realizzazione delle opere previste in progetto, si raccomanda di adottare alcuni avvertimenti costruttivi:

- la fondazione dell'opera in progetto dovrà essere locata escludendo necessariamente la coltre superficiale di riporto (strato S0), entro i depositi "naturali" non rimaneggiati presenti in sito, su di un livello omogeneo senza alcuna evidente variabilità laterale, rilevabile al momento degli scavi;
- avendo riscontrato un aumento del grado di consistenza dei terreni con la profondità, si consiglia di approfondire le opere fondazionali entro il sub-strato alluvionale grossolano (strato B1) posto ad una profondità di circa 3.30 metri dall'attuale piano campagna, previo risultanze verifiche dirette durante la fase di sbancamento;
- preso atto delle caratteristiche tipologiche dell'opera in progetto ed al fine di tutelare l'integrità strutturale dei fabbricati adiacenti, si consiglia l'adozione di fondazioni profonde (es. pali CFA) intestate nel sub-strato argillo-marnoso (C1);
- per ciò che riguarda l'esecuzione degli sbancamenti fondazionali, sarà buona norma eseguire i medesimi durante la stagione meno piovosa, mantenendo le scarpate scevre da circolazione idrica ancorché occasionale e garantendo l'integrità strutturale degli impianti adiacenti l'opera in progetto;
- limitare scavi e sbancamenti allo stretto necessario per l'alloggiamento delle opere di fondazione e di progetto, il terreno di risulta dovrà essere immediatamente allontanato dall'area;
- evitare qualsiasi dispersione o infiltrazione d'acqua nel sottosuolo, sia durante che al termine dei lavori, specie in prossimità delle opere di fondazione.

Qualora durante gli scavi fondazionali si riscontrassero situazioni non evidenziate dalle indagini in sito, i risultati progettuali degli interventi si dovranno basare anche sui dati acquisiti in corso d'opera.

Si prescrive quindi di provvedere ad una assistenza tecnico-geologica durante la fase di sbancamento fondazionale per verificare direttamente i dati emersi dai sondaggi geognostici.

*Infine, sulla base di quanto sopra si ritiene l'intervento proposto compatibile con la stabilità idrogeomorfologica dell'area, nonché con le ragioni di tutela enunciate dall'art. 1 del R.D.L. n. 3267/1923 (vincolo idrogeologico).*

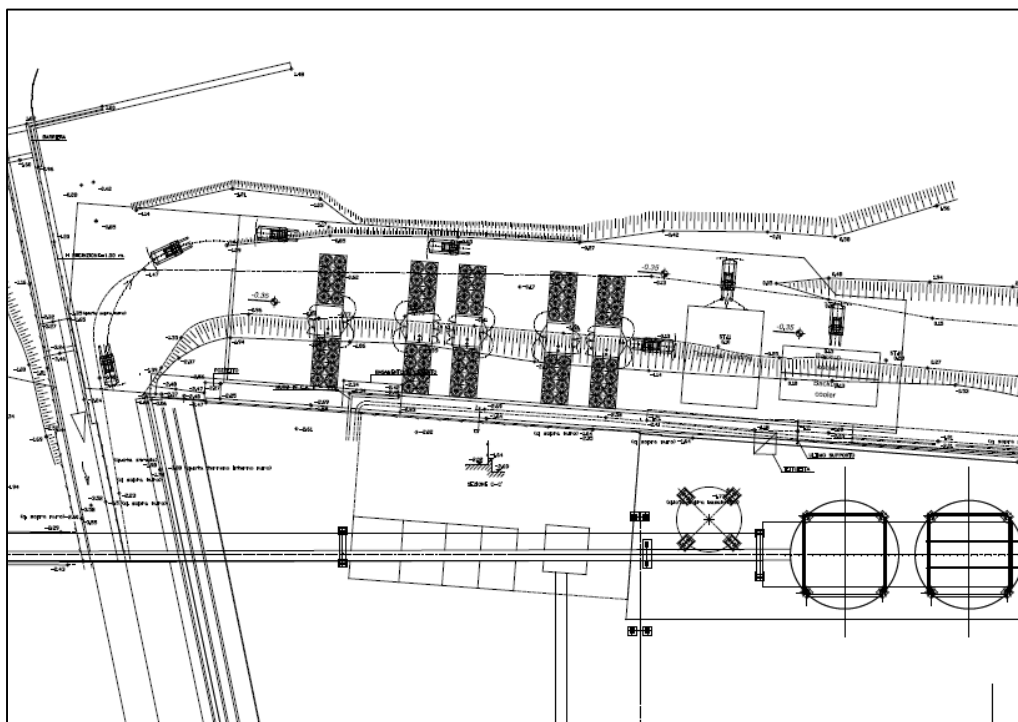


## 8.0 – AMBITO ZONA COLLINARE

L'ambito di intervento (zona collinare) corrisponde ad un ripiano di origine antropica (*vedasi documentazione fotografica seguente*), costituito alla base da argilliti marnose appartenenti alla formazione denominata "*Complesso di Casanova - litofacies a brecce mono e poligeniche a matrice pelitica*" e celate superficialmente da spessori variabili di terreni di riporto (max circa 1.00 metro) sovrastanti una coltre di argille limose prevalenti.



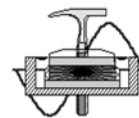
Il progetto si propone la messa in opera di una serie di "Moduli ORC", un "Backup Cooler" e la realizzazione di una struttura denominata "Technical building", il tutto a servizio dell'impianto WHR (Waste Heat Recovery).



Estratto planimetria progettuale

Dott. Geol. Cavanna Nicola

Via Degani, 9a – 29100 PIACENZA - Tel.: 0523/305674 - Fax.: 0523/317301  
e-mail: cavannageologo@gmail.com

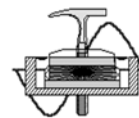


## 8.1 – Caratterizzazione stratigrafica del sottosuolo

Nella tabella 8.1.I, analizzando i dati emersi dalle indagini in sito, è stata determinata una stratigrafia di progetto, da considerare rappresentativa per i calcoli fondazionali.

STRATIGRAFIA DI PROGETTO		
SOGGIACENZA FALDA:		≈ 2.50 m dal p.c. (presunta)
PROVE DI RIFERIMENTO :		prospezione sismica con metodologia MASW (L.01)
		prove penetrometriche dinamiche (DPSH.01÷ DPSH.02÷ DPSH.03÷ DPSH.04÷ DPSH.05)
		rilevazioni freaticometriche nei fori delle prove
STRATO	profondità max strato (m)	DESCRIZIONE SINTETICA
S0	da p.c. a -1.00	coltre di riporto <i>si trascura ai fini geognostici.</i>
A1	da -1.00 a -7.00	argille limose frammiste a pezzame lapideo <i>i risultati delle prove DPSH eseguite nell'ambito di tale strato indicano che si è in presenza di materiali a matrice coerente "poco consistenti".</i>
C1	da 7.00 a >20.00	argille marnose grigie <i>i risultati delle prove DPSH eseguite nell'ambito di tale strato indicano che si è in presenza di un deposito coesivo dotato di "buona consistenza".</i>

8.1.I – tabella stratigrafia di progetto



## 8.2 – Caratterizzazione geo-meccanica del sottosuolo

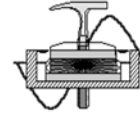
Al fine di ottenere una parametrizzazione geotecnica utilizzabile per l'area indagata si è proceduto ad un'elaborazione statistica dei dati desunti dalle prove penetrometriche (DPSH), ottenendo una serie di valori medi "cautelativi" (*vedasi tabella seguente*). Si precisa che, malgrado lo strato di riporto abbia evidenziato un buon grado di consistenza, ai fini del calcolo delle portanze fondazionali si consiglia di utilizzare i parametri del livello denominato A1.

### PARAMETRI GEOTECNICI

Livello	S. 0	A. 1	C. 1
Spessore (metri)	~1.00	~6.00	> 20.00
$\gamma$ (t/mc)	Si trascura ai fini geognostici	~1.85	~2.15
$\phi$ (°)		~23	--
Dr (°)		--	--
Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )		~0.45	~2.50
E (Kg/cm <sup>2</sup> )		~50	~250
$\nu$		~0.40	~0.45
Ko (Kg/cm <sup>2</sup> )		~1.10	--

### Legenda

$\gamma$	<i>Peso di volume</i>
$\phi$	<i>Angolo di attrito interno</i>
Dr	<i>Densità relativa</i>
Cu	<i>Coesione non drenata</i>
E	<i>Modulo di Young</i>
$\nu$	<i>Modulo di Poisson</i>
Ko	<i>Modulo di Winkler</i>



## 8.3 – Azione sismica

### 8.3.1 - Categoria di suolo fondazionale

*Per la definizione complessiva dell'azione sismica di progetto si deve considerare, oltre che la zonazione sismica, anche la tipologia del terreno di fondazione.*

*L'importanza della determinazione della funzione spettrale del sisma (Risposta Sismica locale) è dovuta al fatto che un deposito incoerente poggiante su un basamento rigido può modificare un impulso sismico determinando amplificazioni o attenuazioni di alcune delle componenti in esso contenute.*

*Il contributo della Pericolosità al Rischio per una struttura sottoposta ad uno stress sismico dipende infatti dall'intensità del terremoto che la colpisce, ma anche, e forse principalmente, dalle caratteristiche delle componenti a varie frequenze contenute nel segnale sismico, in particolare quello relativo alle onde S. Queste a loro volta possono subire amplificazioni differenziali che dipendono dalle caratteristiche meccaniche e geometriche del materiale che costituisce il sottosuolo del terreno di fondazione.*

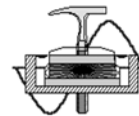
*E' quindi necessaria, per valutare le modifiche dell'impulso sismico provocate dal terreno, una parametrizzazione geometrica, geolitologica e geosismica, del sottosuolo dell'area interessata ad una costruzione, che consenta una valutazione corretta della Pericolosità sismica del sito di costruzione.*

*Gli impulsi sismici provenienti da una sorgente distante varie decine di chilometri che giungono ad un basamento ricoperto da terreni sciolti posto nel sottosuolo di siti distanti fra loro solo qualche centinaio o migliaio di metri sono praticamente identici.*

*Essi si sono attenuati rispetto alla sorgente d'origine in dipendenza della distanza dalla sorgente stessa e, quindi, del percorso, che, comunque, è per tutti praticamente identico. Gli impulsi sismici registrati in superficie nei detti siti, invece, possono differire sostanzialmente a causa delle possibili diverse caratteristiche geosismiche dei depositi incoerenti che il raggio sismico attraversa nel suo ultimo tratto e che, come detto precedentemente, "modulano" in ampiezza e frequenza gli impulsi sismici.*

*Questo effetto, il cui spettro di ampiezza è detto Fattore di Amplificazione Dinamica (FAD), dipende dalle proprietà fisiche, dai parametri dinamici (Modulo di Taglio,  $G_{din}$ ; Coefficiente di smorzamento,  $D$ ), caratteristici della particolare litologia dei depositi incoerenti e dalla loro geometria (spessore, profondità).*

*La Fase di indagini relative ai progetti esecutivi è quindi rivolta essenzialmente alla determinazione della Risposta Sismica di Sito in corrispondenza di una struttura edilizia esistente o in fieri e lo studio dovrà prevedere, in particolare, indagini di prospezioni geofisiche tese a determinare le caratteristiche sismiche del sottosuolo ed al fine di valutare l'eventualità di possibili fenomeni di amplificazione locale dell'intensità sismica, quale era stata prevista, in generale, dalle precedenti indagini di Microzonazione Sismica per lo Strumento Urbanistico Generale.*



Le indagini da effettuarsi sono, quindi, prevalentemente finalizzate alla determinazione della giacitura e potenza degli strati nei siti scelti, fino ad una profondità di 30 m dal piano di posa delle fondazioni, ed alla caratterizzazione sismica dei terreni presenti, intesa come determinazione in particolare della Velocità delle onde sismiche trasversali  $V_s$  dei singoli sismostrati, con calcolo della media pesata per i primi 30 metri ( $V_{s30}$ ) ed attribuzione alla categoria di suolo di cui alla OPCM n.3274/03 con la verifica della significatività, in senso orizzontale, di tale attribuzione.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S.eq}$  è definita dal parametro  $V_{S.30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

La velocità media  $V_{s30}$  è definita dall'espressione:

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

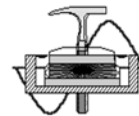
dove:

$h_i$  = spessore (m.) della  $i$ -esima formazione o strato compreso nei primi 30 m di profondità;

$V_i$  = velocità delle onde di taglio nella stessa formazione o strato;

$n$  = numero di formazioni o strati compresi nei primi 30 m di profondità.





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  $F_0$  e  $T_c$  relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV, nelle quali  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  è l'accelerazione di gravità e  $T_c$  è espresso in secondi.

Tab. 3.2.IV – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Quindi, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato al capo 7.11.3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

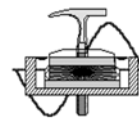
In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (vedasi Tabella 3.2.II).

Dai rilievi di superficie e dalle indagini geognostiche realizzate nella zona oggetto d'intervento edilizio il suolo di fondazione risulta costituito prevalentemente da sabbie limose con ghiaia e ghiaie in matrice limo sabbiosa appartenenti all'Unità di Modena (depositi alluvionali del periodo postglaciale), che ricoprono il sub-strato argillo scaglioso e/o marnoso noto nella Bibliografia Geologica con il nome di "Complesso di Casanova - litofacies a brecce mono e poligeniche a matrice pelitica", appartenente all'Unità Tettonica "Liguri" del periodo Campanianiano inf.

La velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi trenta metri del sottosuolo, alla luce dei dati ricavati dalle indagini in sito, delle quali si riportano le risultanze nella figura in allegato 5 (rif. parag. 6.5. "Prospezioni sismiche con metodologia MASW"), risulta pari a circa  $V_{s30} \cong 404 \text{ m/s}$ .

Il suolo di fondazione dell'area oggetto di intervento è pertanto ascrivibile alla **categoria di sottosuolo tipo B**.

Quindi il coefficiente di amplificazione stratigrafica  **$S_s$**  risulta pari a **1.20**.



### 8.3.2 – Fattori di amplificazione topografica

Con riferimento alla *Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018*, per la determinazione dell'azione di progetto dovranno essere definiti i fattori di amplificazione topografica dell'azione sismica.

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III delle sopraccitate norme tecniche):

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

Le sopra 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 metri.

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella Tab. 3.2.V delle sopraccitate norme tecniche, in funzione delle categorie topografiche e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

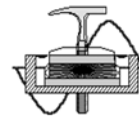
Tab. 3.2.V – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$*

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

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove  $S_T$  assume valore unitario.

L'area sulla quale verrà realizzato l'intervento si dispone lungo la porzione terminale di una pendice caratterizzata da pendenze medie nell'ordine dei  $25^\circ$ .

Quindi, per quanto concerne la “*determinazione dell'azione di progetto*” ed in via cautelativa, si dovrà fare specifico riferimento alla categoria topografica **T2**, nella quale il coefficiente  **$S_T$**  è pari a **1,20** (rif. tabella 3.2.IV delle NTC).



### 8.3.3 – Liquefazione dei terreni

Le norme per la verifica alla liquefazione dei terreni sono esplicitate nell'Euro Codice 8 "UNI-ENV 1998-5- 1998" al p.to 4.1.3 "*terreni potenzialmente liquefacibili*".

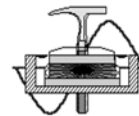
Per liquefazione si intende il fenomeno in base al quale un terreno incoerente (sabbia) di particolari caratteristiche, durante una sollecitazione sismica tende a comportarsi come un fluido, vale a dire perde la resistenza al taglio e può colare anche su pendenze molto modeste.

Il fenomeno dipende dal tipo di sedimenti, dal loro grado di compattazione, dalle pressioni iniziali agenti e soprattutto dal livello della falda acquifera (condizioni di saturazione).

I terreni maggiormente colpiti dalla liquefazione sono le pianure alluvionali, le spiagge, i terrazzi e i depositi di estuario (Youd & Hoose, 1977-tesi).

In Italia, malgrado l'elevata pericolosità sismica, il fenomeno è molto limitato; ciò può essere dovuto al fatto che le aree più sismiche sono prevalentemente montuose, mentre i terreni potenzialmente liquefacibili sono situati nella Pianura Padana o lungo le coste.

In riferimento ai parametri idrogeologici e litostratigrafici che caratterizzano l'area oggetto d'intervento, alla categoria sismica del territorio comunale (**zona sismica 3**) e considerando le massime intensità microsismiche (magnitudo storica inferiore o pari a 7) osservate per un intorno significativo all'area d'intervento (rif. GNDT-ING-SSN – Servizio Sismico Nazionale), **non sussistono le condizioni perché si verifichino fenomeni di liquefazione.**



### 8.3.4 – Modello sismico del sito

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi *stati limite* presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica. La pericolosità sismica è intesa come accelerazione massima orizzontale  $a_g$  in condizioni di campo libero su suolo rigido ( $V_{s30} > 800$  m/s), con superficie topografica orizzontale (di categoria di sottosuolo A; NTC, § 3.2.2), ma è definita anche in termini di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento PVR, come definite nelle NTC nel periodo di riferimento VR.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 e s.m.i., infatti, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (v. tabella 1 nell'Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008 e s.m.i.).

Le forme spettrali vengono definite, per ciascuna delle probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento PVR, partendo dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T^*C$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

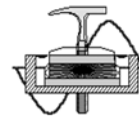
## **Parametri sismici**

### **Sito in esame.**

latitudine: 44,794 (Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50)  
longitudine: 9,813

Classe d'uso: II (*cautelativa*) *Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.*

Vita nominale: 50 [anni]



## Siti di riferimento

Sito 1	ID: 15376	Lat: 44,7766	Lon: 9,7589	Distanza: 4739,537
Sito 2	ID: 15377	Lat: 44,7787	Lon: 9,8292	Distanza: 2136,421
Sito 3	ID: 15155	Lat: 44,8287	Lon: 9,8261	Distanza: 3942,968
Sito 4	ID: 15154	Lat: 44,8265	Lon: 9,7558	Distanza: 5782,031

## Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2
Periodo di riferimento:	50anni
Coefficiente cu:	1

## Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	30	[anni]
ag:	0,044	g
Fo:	2,469	
Tc*:	0,227	[s]

## Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	50	[anni]
ag:	0,056	g
Fo:	2,483	
Tc*:	0,246	[s]

## Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	475	[anni]
ag:	0,135	g
Fo:	2,510	
Tc*:	0,283	[s]

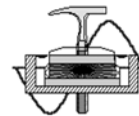
## Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]
ag:	0,171	g
Fo:	2,545	
Tc*:	0,291	[s]

## Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

## SLO:

Ss:	1,200
Cc:	1,480
St:	1,200
Kh:	0,013
Kv:	0,006
Amax:	0,626
Beta:	0,200



## SLD:

Ss: 1,200  
Cc: 1,460  
St: 1,200  
Kh: 0,016  
Kv: 0,008  
Amax: 0,791  
Beta: 0,200

## SLV:

Ss: 1,200  
Cc: 1,420  
St: 1,200  
Kh: 0,047  
Kv: 0,023  
Amax: 1,909  
Beta: 0,240

## SLC:

Ss: 1,200  
Cc: 1,410  
St: 1,200  
Kh: 0,059  
Kv: 0,030  
Amax: 2,417  
Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru

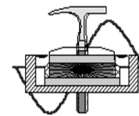
Coordinate WGS84

latitudine: 44.793440

longitudine: 9.812442







#### 8.4 – Prescrizioni di carattere geologico

La presente indagine geognostica si è resa necessaria in quanto sull'area in studio, sita lungo la pendice adiacente lo stabilimento di proprietà della società Buzzi Unicem (Comune di Vernasca), sono previste la messa in opera di macchinari (Module, Backup cooler e Technical building) afferenti al progetto denominato "Waste Heat Recovery", il tutto come meglio evidenziato nel progetto esecutivo.

Pur esprimendo un **parere geologico-tecnico positivo** alla realizzazione delle opere di cui sopra, si prescrive la "messa in sicurezza della pendice a monte dello stabilimento di Vernasca", con interventi di ripristino/consolidamento del versante finalizzati a garantire nel tempo le attività di gestione e manutenzione dei nuovi impianti.

Inoltre, nel medesimo progetto di messa in sicurezza, dovranno essere definite le modalità di "livellamento" della superficie atta ad accogliere le nuove strutture.

*Nel dichiararci a disposizione per eventuali chiarimenti o rilevazioni che si rendessero necessarie, cogliamo l'occasione per porgere i più distinti saluti.*

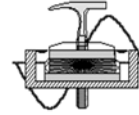
Piacenza: Aprile 2024

IL GEOLOGO  
Dott. Nicola Cavanna

---

Dott. Geol. Cavanna Nicola

Via Degani, 9a – 29100 PIACENZA - Tel.: 0523/305674 - Fax.: 0523/317301  
e-mail: cavannageologo@gmail.com



*Provincia di Piacenza*

*Comune di Vernasca*

# **ALLEGATO 1**

## ***UBICAZIONI SONDAGGI GEOGNOSTICI***

***Su base ortofoto***

**1 pagina**

**Committenza:**

**Società BUZZI UNICEM S.r.l.**

---

**Dott. Geol. Cavanna Nicola**








Via Degani, 9a – 29100 PIACENZA - Tel.: 0523/305674 - Fax.: 0523/317301  
e-mail: cavannageologo@gmail.com





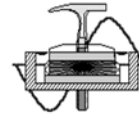
PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

LEGENDA

-  H (HVSr) - registrazioni microtremori sismici
-  L (MASW) - prospezione sismica
-  D (DPM) - prove penetrometriche dinamiche medie
-  P (DPSH) - prove penetrometriche dinamiche pesanti
-  S - sondaggi a carotaggio continuo spinti fino a 20 m dal p.c.
-  PZ - pozzo presente all'interno dello stabilimento
-  Tr - trincea esplorativa spinta fino a 2-3 m dal p.c.

Scala grafica





*Provincia di Piacenza*

*Comune di Vernasca*

## **ALLEGATO 2**

### ***SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO***



#### ***Rapporto certificativo indagine***

A cura di COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI S.r.l.

**19 pagine**

**Committenza:**

**Società BUZZI UNICEM S.r.l.**

---

**Dott. Geol. Cavanna Nicola**

Via Degani, 9a – 29100 PIACENZA - Tel.: 0523/305674 - Fax.: 0523/317301  
e-mail: cavannageologo@gmail.com

REGIONE EMILIA ROMAGNA  
PROVINCIA DI PIACENZA  
COMUNE DI VERNASCA

SONDAGGI GEOGNOSTICI STABILIMENTO MOLINO TEODORO

PROGETTO WHR



RAPPORTO CERTIFICATIVO DELLE INDAGINI

**CODICE ELABORATO**

24001-08/ IG

**COMMITTENTE**



BUZZI UNICEM s.r.l.  
Via Luigi Buzzi, 6  
15033, Casale Monferrato (AL)



COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI Srl



Decreto di autorizzazione  
n. 4965 del 04/06/2010  
per esecuzione e certificazione di  
indagini geognostiche e prove in sito  
ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Accettazione n. 24001-08 del 23/02/2024

*Dr. A. Cantù* *Dr. A. Cantù*

Dr. A. Cantù

Dr. A. Cantù

Lo Sperimentatore

Lo Sperimentatore

Dr. *Giorgio Sola*

Il Direttore del Laboratorio

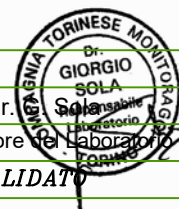
MARZO 2024

DATA EDIZIONE

REDATTO

CONTROLLATO

VALIDATO





REGIONE EMILIA ROMAGNA  
PROVINCIA DI PIACENZA  
COMUNE VERNASCA

SONDAGGI GEOGNOSTICI STABILIMENTO MOLINO TEODORO

PROGETTO WHR

*Rapporto certificativo delle indagini geognostiche*

---

Marzo 2024

---

#### INDICE CERTIFICATI

24001-08/01 Rilievo stratigrafico di perforazione S1 .....	
24001-08/02 Prove penetrometriche dinamiche SPT sondaggio S1 .....	
24001-08/03 Rilievo stratigrafico di perforazione S2 .....	
24001-08/04 Prove penetrometriche dinamiche SPT sondaggio S2 .....	





## INDAGINI GEOGNOSTICHE

**Committente:** Buzzi Unicem s.r.l.

**Commessa:** 24001-08

**Cantiere:** Vernasca (PC) – Stabilimento Molino Teodoro – Zona Chiesetta

Sondaggi geognostici

≈ ≈ ≈

Tra il 13/03/2024 e il 19/03/2024 sono stati realizzati n. 2 sondaggi a carotaggio continuo in Comune di Vernasca (PC) (Vedi corografia e Tav.01).

In particolare, si tratta dei sondaggi:

- S1: profondo 20 m;
- S2: profondo 20 m.

La terebrazione è stata eseguita impiegando una sonda idraulica COMACCHIO MC 450P montata su carro cingolato; nella tabella a seguire ne vengono presentate le principali caratteristiche.



*Particolare fotografico della sonda utilizzata*

<b>SONDA PERFORATRICE IDRAULICA</b>		
Modello:	<b>COMACCHIO– MC 450 P SN. 1380</b>	
Coppia max.	kgm	1100
Velocità di rotazione	rpm	20÷550
Spinta	kg	4500
Tiro	kg	6500
Velocità rapida risalita	m/min	22
Velocità rapida discesa (min.-max.)	m/min	32
Tiro max. argano	kg	2000
Motore JOHN DEERE	KW	86
<i>Dimensioni</i>		
<i>Lunghezza</i>	m	5.46
<i>Larghezza</i>	m	2.00
<i>Altezza</i>	m	2.61
<i>Peso</i>	kg	8500
<b>Pompa a pistoni Triplex 200 per fanghi</b>		
Portata max.	l/min	200
Pressione max. esercizio	bar	45



## METODOLOGIA DI PERFORAZIONE

### Carotaggio continuo

La perforazione dei sondaggi è stata condotta con rotazione a carotaggio continuo del terreno attraversato utilizzando carotieri semplici di diametro 131 mm e 101 mm, tali da rendere minimo il disturbo dei materiali attraversati e da consentire il prelievo dei campioni rappresentativi (carote).

La perforazione di carotaggio per il recupero dei campioni realizzata con carotiere semplice, è stata eseguita, compatibilmente con la natura dei terreni attraversati, senza l'uso di fluido di circolazione (carotaggio a secco).

## RIVESTIMENTO

La natura del terreno e la finalità dell'intervento hanno determinato la necessità di rivestire i fori per il sostegno delle pareti: a tal scopo sono stati impiegati rivestimenti provvisori consistenti in tubi di acciaio speciale filettati, della lunghezza di 1.5 m e del diametro di 127 mm alla profondità indicata in stratigrafia.

Durante le operazioni di posa del rivestimento provvisorio si è reso necessario l'impiego di fluidi di perforazione per il raffreddamento del tagliente (scarpa) e l'asportazione del detrito: a tale scopo si è impiegata circolazione diretta di acqua chiara.

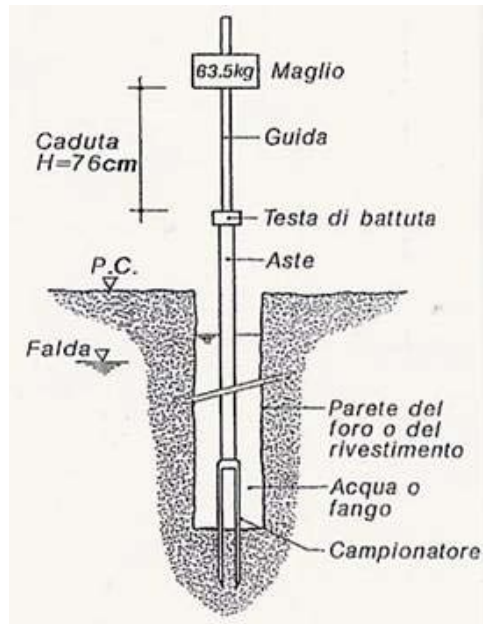
## PROVE GEOTECNICHE IN FORO

### PROVE S.P.T.

Nei fori di sondaggio sono state eseguite complessivamente n. 8 prove S.P.T. ("Standard Penetration Test"), alle profondità indicate in stratigrafia.

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; essa consente di ottenere dati sulla consistenza e sul grado di addensamento dei terreni attraversati.

Le prove S.P.T. si effettuano 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 alla sonda 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.



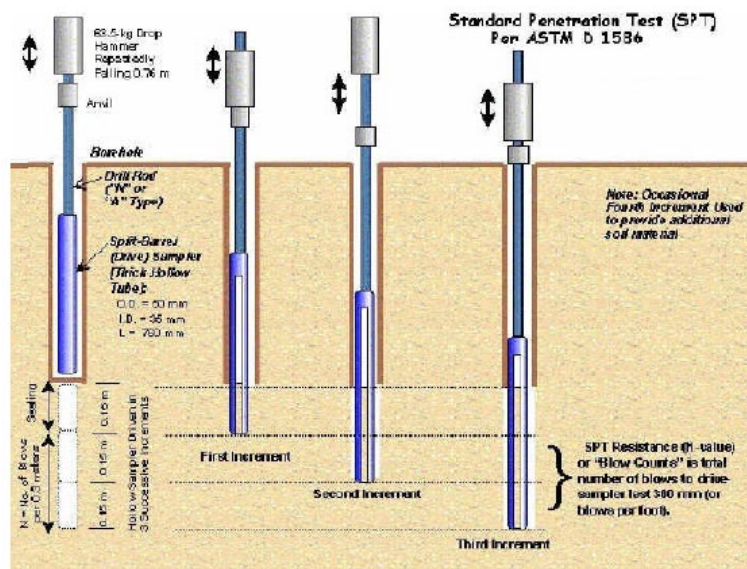
Il campionatore viene fatto penetrare nel terreno per una profondità di 45 cm, a partire dalla quota di fondo foro (eventualmente ripulito tramite apposita manovra), rilevando il numero di colpi (N) necessari per la penetrazione di ciascun intervallo di 15 cm. Il valore di  $N_{SPT}$  è ottenuto sommando 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.

Nei casi in cui non vi è pericolo di repentino collasso del foro, la prova viene 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.

In accordo con le Raccomandazioni AGI (1977), per l'esecuzione delle prove SPT si è utilizzato il campionatore Raymond corredato di una scarpa troncoconica a punta aperta di lunghezza standard pari a 76 mm o chiusa con angolo di apertura standard di 60° a seconda della granulometria riscontrata.

Per l'esecuzione della prova si veda lo schema a seguire:



≈ ≈ ≈

In allegato, dopo l'ubicazione dei punti di indagine, vengono forniti i certificati stratigrafici dei sondaggi geognostici, i certificati delle prove SPT eseguite e le fotografie delle carote prelevate.



Venasca (PC) –Stabilimento Molino Teodoro – Zona Molino Crudo  
Corografia di inquadramento delle indagini





Venasca (PC) –Stabilimento Molino Teodoro – Zona Molino Crudo


Tav. 01 – Ubicazione sondaggi



---

# CERTIFICATI

---



Decreto di autorizzazione  
n. 4965 del 04/06/2010  
per esecuzione e certificazione di  
indagini geognostiche e prove in sito  
ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

UNI EN ISO 22475-1:2007  
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

Committente  
Buzzi Unicem s.r.l.

Cantiere  
Sondaggi geognostici per ampliamento - Transizione industriale


Località  
Vernasca (PC) - Stabilimento Molino Teodoro - Zona Chiesetta

Perforazione  
inizio: 13/03/2024   fine: 15/03/2024   Sonda: Comacchio MC 450 P

Coordinate: N= 44°47'29.02"   E= 9°48'27.74"   Scala 1 : 70


Accettazione n. 24001-08   Certificato n. 24001-08/01   del 26/03/2024

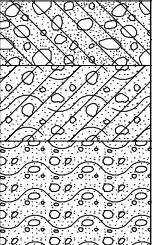

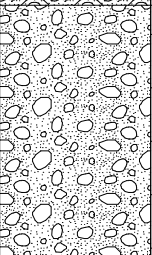

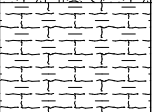

Commissa n. 24001-08

Lo Sperimentatore  
Dr. A. Cantù  


SONDAGGIO  
S1


Pagina 1 di 1

Il Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Giorgio Sola  


profondita' dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]
0.00	0.60		Terreno di riporto ghiaioso-sabbioso di colore grigio.		carotaggio continuo 131 mm semplice	127 mm	90-100 %			3.00 15-20-24					
0.60	0.70		Terreno di riporto e/o rimaneggiato ghiaioso-sabbioso a tratti limoso, colore nocciola.												
1.30	1.00		Limo sabbioso-debolmente argilloso con subordinati clasti, poco consistente, colore nocciola-brunastro.												
2.30	2.40		Ghiaia eterometrica in matrice sabbioso-siltosa a tratti abbondante, subordinati ciottoli, addensata, colore grigio-debolmente nocciola.		carotaggio continuo 101 mm semplice	127 mm	90-100 %			6.00 17-22-25					
4.70	2.20		Ghiaia eterometrica con sabbia limosa a tratti abbondante e/o prevalente, debole ossidazione, addensata, colore nocciola.												
6.90	1.70		Ghiaia eterometrica in matrice limoso debolmente argilloso-sabbiosa a livelli prevalente, discreta ossidazione, addensata, colore nocciola.												
8.60	1.20		Pelite siltoso-marnosa con frammenti minuti marnoso-arenacei, consistente, colore grigio.												
9.80	10.20		Pelite siltoso-marnosa con subordinate passate con frammenti minuti marnoso-arenacei, da consistente a molto consistente-sublitoide, colore grigio.												
20.00															

Il foro di sondaggio è stato ritombato al termine della perforazione.  
Il valore del livello di falda è indicativo in quanto il foro non è stato attrezzato con tubo piezometrico.



 <small>Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01</small>	<b>PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE</b> <b>SPT (UNI EN ISO 22476-3:2012)</b> Mod. 7.5.13 rev. 01		<b>SONDAGGIO</b> <b>n.</b> <b>S1</b>
	Committente: Buzzi Unicem s.r.l.		
	Cantiere: Sondaggi geognostici per ampliamento – Transazione industriale		
	Località: Vernasca (PC) – Stabilimento Molino Teodoro – Zona Chiesetta		Eseguito il
	Coordinate: N=44°47'29.02" E=9°48'27.74"		13-15/03/2024
Accettazione n. 24001-08 - Certificato n. 24001-08/02 del 26/03/2024 - Commessa n. 24001-08			

Prova n.	inizio prova prof. [m] da p.c.	N° colpi			note
		15 cm	30 cm	45 cm	
1	3.00	15	20	24	
2	6.00	17	22	25	
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					


NOTE E OSSERVAZIONI:

Lo Sperimentatore  
Dr. A. Cantù



Il Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Giorgio Sola





Decreto di autorizzazione  
n. 4965 del 04/06/2010  
per esecuzione e certificazione di  
indagini geognostiche e prove in sito  
ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

UNI EN ISO 22475-1:2007  
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

Committente

Buzzi Unicem s.r.l.

Cantiere

Sondaggi geognostici per ampliamento - Transizione industriale

Località

Vernasca (PC) - Stabilimento Molino Teodoro - Zona Molino Crudo

Perforazione

inizio: 18/03/2024   fine: 19/03/2024   Sonda: Comacchio MC 450 P

Coordinate:


N= 44°47'38.74"   E= 9°48'42.45"   Scala 1 : 70

Accettazione n. 24001-08

Certificato n. 24001-08/03

del 26/03/2024


Commissa n. 24001-08

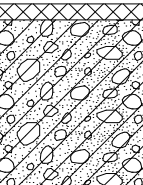

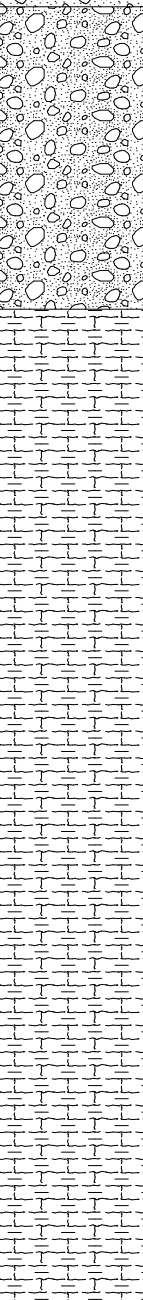
Lo Sperimentatore  
Dr. A. Cantù  


SONDAGGIO


S2

Pagina 1 di 1

Il Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Giorgio Sola  


profondita' dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]
0.00	0.15		Asfalto bituminoso (tre strati).	<div>4.60</div> 	carotaggio continuo 131 mm semplice	127 mm	90-100 %			1.50					
0.15	1.55		Terreno di riporto ghiaioso-sabbioso con ciottoli sparsi, poco addensato, colore grigio.							3-4-3					
1.70	1.60	Limo sabbioso-argilloso con subordinati clasti e ciottoli, discreta ossidazione, poco consistente, colore da nocciola a bruno-nocciola.	3.00												
3.30	3.70	Ghiaia prevalentemente medio-fine in matrice sabbioso-siltosa a tratti abbondante, addensata con livelli piu' competenti ad inizio strato, colore grigio.	2-3-3												
7.00			4.50												
			34-R												
7.90	0.90	Come sopra, con debole ossidazione e maggiore matrice fine, addensata, colore nocciola.	6.00												
7.90	2.80	Ghiaia eterometrica in matrice limoso-sabbiosa a tratti abbondante, subordinati ciottoli, addensata, colore da grigio a nocciola; presenza di livello ossidato di colore vi-naccia a fondo strato (10.40-10.50).	25-33-26												
10.70			7.50												
20.00	9.30		Pelite siltoso-marnosa con subordinati frammenti minuti marnoso-arenacei, da consistente a molto consistente-sublitoide, colore grigio.	15-22-27											
				9.00											

Il foro di sondaggio è stato ritombato al termine della perforazione.  
Il valore del livello di falda è indicativo in quanto il foro non è stato attrezzato con tubo piezometrico.

 <p>Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01</p>	<b>PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE</b> <b>SPT (UNI EN ISO 22476-3:2012)</b>		<b>SONDAGGIO</b> <b>n.</b> <b>S2</b>
	Mod. 7.5.13 rev. 01		
	Committente: Buzzi Unicem s.r.l.		Eseguito il 18-19/03/2024
	Cantiere: Sondaggi geognostici per ampliamento – Transazione industriale		
Località: Vernasca (PC) – Stabilimento Molino Teodoro – Zona Chiesetta			
Coordinate: N=44°47'38.74" E=9°48'42.45"			
Accettazione n. 24001-08 - Certificato n. 24001-08/04 del 26/03/2024 - Commessa n. 24001-08			

Prova n.	inizio prova prof. [m] da p.c.	N° colpi			note
		15 cm	30 cm	45 cm	
1	1.50	3	4	3	
2	3.00	2	3	3	
3	4.50	34	Rif.		Rifiuto
4	6.00	25	33	26	
5	7.50	15	22	27	
6	9.00	19	19	22	
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

**NOTE E OSSERVAZIONI:**

Lo Sperimentatore  
Dr. A. Cantù



Il Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Giorgio Sola





---

# FOTOGRAFIE CASSETTE

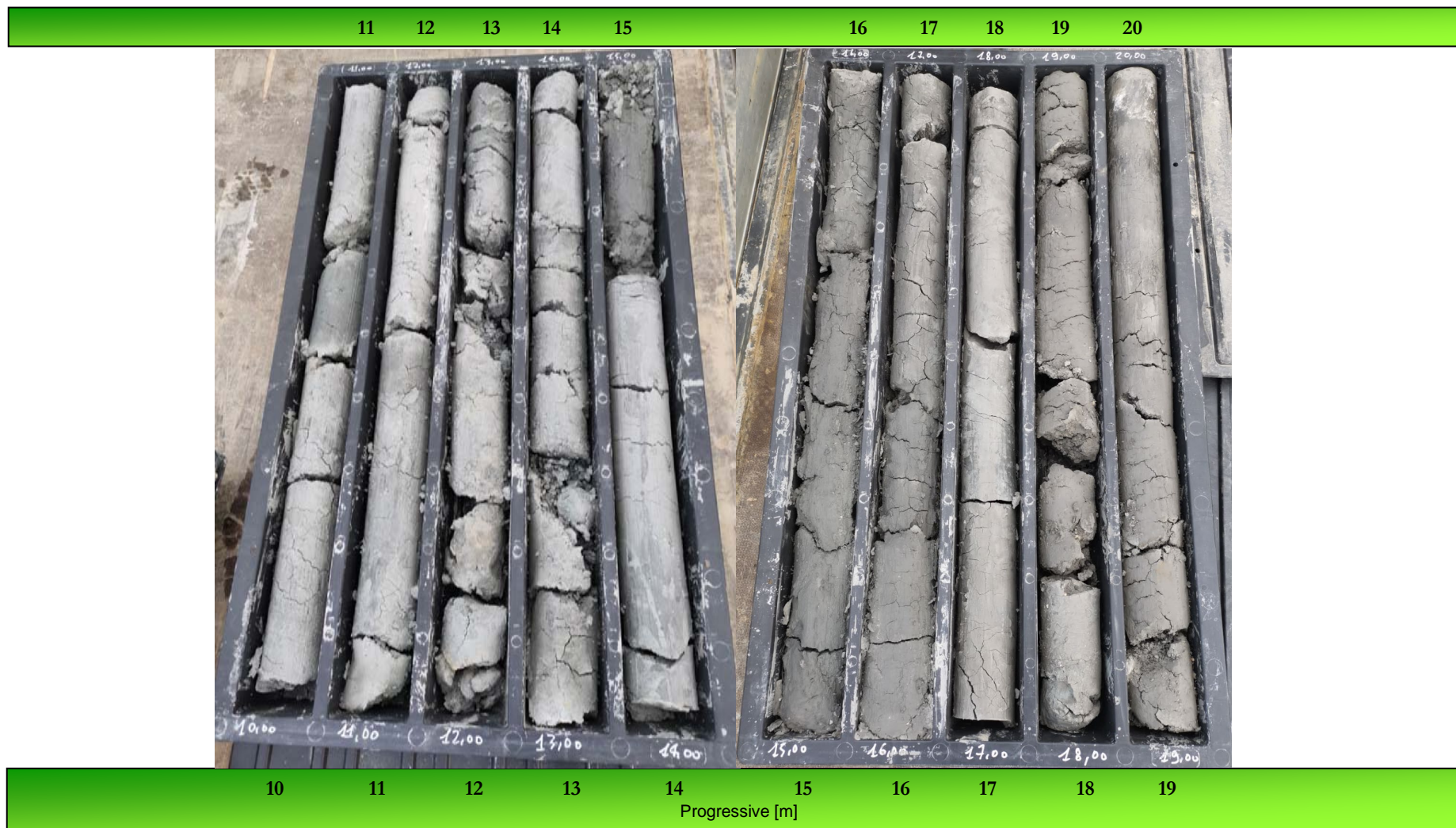
---

Vernasca (PC) - Sondaggio SI (L = 20.00 m)



Cassette 1 e 2 da 0.00 m a 10.00 m da p.c.

Vernasca (PC) - Sondaggio SI (L = 20.00 m)



Cassette 3 e 4 da 10.00 m a 20.00 m da p.c.

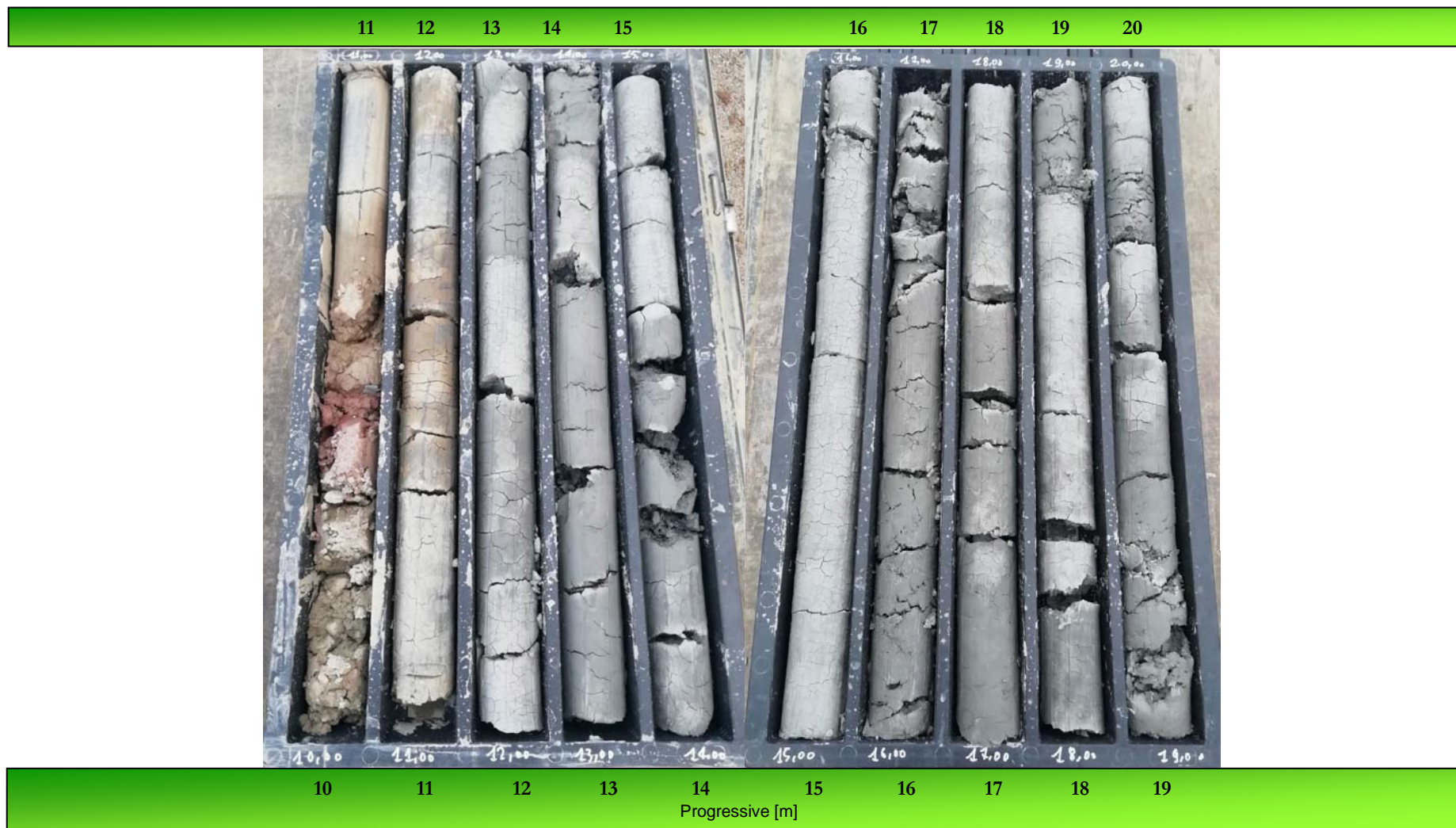


Vernasca (PC) - Sondaggio S2 (L = 20.00 m)

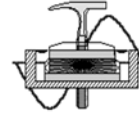


Cassette 1 e 2 da 0.00 m a 10.00 m da p.c.

Vernasca (PC) - Sondaggio S2 (L = 20.00 m)



Cassette 3 e 4 da 10.00 m a 20.00 m da p.c.



*Provincia di Piacenza*

*Comune di Vernasca*

## **ALLEGATO 3**

### ***CERTIFICATI PENETROMETRICI DINAMICI (DPSH)***



**10 pagine**

**Committenza:**

**Società BUZZI UNICEM S.r.l.**

---

**Dott. Geol. Cavanna Nicola**

Via Degani, 9a – 29100 PIACENZA - Tel.: 0523/305674 - Fax.: 0523/317301  
e-mail: cavannageologo@gmail.com



**PROVA ... Nr.1**

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

DPSH TG 63-200 PAGANI  
 08/04/2024  
 8,00 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,20	4	0,855	35,92	42,03	1,80	2,10
0,40	7	0,851	62,58	73,55	3,13	3,68
0,60	8	0,847	65,34	77,15	3,27	3,86
0,80	3	0,843	24,40	28,93	1,22	1,45
1,00	3	0,840	24,29	28,93	1,21	1,45
1,20	3	0,836	24,19	28,93	1,21	1,45
1,40	2	0,833	16,06	19,29	0,80	0,96
1,60	3	0,830	22,18	26,73	1,11	1,34
1,80	3	0,826	22,09	26,73	1,10	1,34
2,00	2	0,823	14,67	17,82	0,73	0,89
2,20	4	0,820	29,23	35,64	1,46	1,78
2,40	3	0,817	21,84	26,73	1,09	1,34
2,60	4	0,814	26,97	33,13	1,35	1,66
2,80	3	0,811	20,16	24,85	1,01	1,24
3,00	3	0,809	20,09	24,85	1,00	1,24
3,20	3	0,806	20,03	24,85	1,00	1,24
3,40	4	0,803	26,61	33,13	1,33	1,66
3,60	4	0,801	24,78	30,94	1,24	1,55
3,80	2	0,798	12,35	15,47	0,62	0,77
4,00	3	0,796	18,47	23,21	0,92	1,16
4,20	2	0,794	12,28	15,47	0,61	0,77
4,40	3	0,791	18,37	23,21	0,92	1,16
4,60	3	0,789	17,18	21,77	0,86	1,09
4,80	2	0,787	11,42	14,51	0,57	0,73
5,00	2	0,785	11,39	14,51	0,57	0,73
5,20	2	0,783	11,36	14,51	0,57	0,73
5,40	2	0,781	11,34	14,51	0,57	0,73
5,60	2	0,779	10,65	13,67	0,53	0,68
5,80	2	0,777	10,62	13,67	0,53	0,68
6,00	2	0,775	10,60	13,67	0,53	0,68
6,20	3	0,774	15,86	20,50	0,79	1,03
6,40	3	0,772	15,83	20,50	0,79	1,03
6,60	8	0,770	39,80	51,66	1,99	2,58
6,80	5	0,769	24,82	32,29	1,24	1,61
7,00	12	0,767	59,45	77,49	2,97	3,87
7,20	18	0,716	83,19	116,24	4,16	5,81
7,40	17	0,714	78,40	109,78	3,92	5,49
7,60	25	0,663	101,41	153,02	5,07	7,65
7,80	36	0,611	134,70	220,35	6,73	11,02
8,00	50	0,560	171,36	306,04	8,57	15,30

**PROVA ... Nr.2**

Strumento utilizzato...

DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data

08/04/2024

Profondità prova

7,80 mt

Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	10	0,855	89,80	105,07	4,49	5,25
0,40	8	0,851	71,51	84,06	3,58	4,20
0,60	2	0,847	16,34	19,29	0,82	0,96
0,80	2	0,843	16,27	19,29	0,81	0,96
1,00	2	0,840	16,20	19,29	0,81	0,96
1,20	3	0,836	24,19	28,93	1,21	1,45
1,40	2	0,833	16,06	19,29	0,80	0,96
1,60	9	0,830	66,53	80,20	3,33	4,01
1,80	4	0,826	29,45	35,64	1,47	1,78
2,00	2	0,823	14,67	17,82	0,73	0,89
2,20	3	0,820	21,92	26,73	1,10	1,34
2,40	5	0,817	36,41	44,55	1,82	2,23
2,60	2	0,814	13,49	16,56	0,67	0,83
2,80	4	0,811	26,88	33,13	1,34	1,66
3,00	3	0,809	20,09	24,85	1,00	1,24
3,20	3	0,806	20,03	24,85	1,00	1,24
3,40	3	0,803	19,96	24,85	1,00	1,24
3,60	4	0,801	24,78	30,94	1,24	1,55
3,80	4	0,798	24,70	30,94	1,24	1,55
4,00	3	0,796	18,47	23,21	0,92	1,16
4,20	3	0,794	18,42	23,21	0,92	1,16
4,40	3	0,791	18,37	23,21	0,92	1,16
4,60	4	0,789	22,91	29,03	1,15	1,45
4,80	2	0,787	11,42	14,51	0,57	0,73
5,00	2	0,785	11,39	14,51	0,57	0,73
5,20	3	0,783	17,05	21,77	0,85	1,09
5,40	2	0,781	11,34	14,51	0,57	0,73
5,60	3	0,779	15,97	20,50	0,80	1,03
5,80	4	0,777	21,25	27,34	1,06	1,37
6,00	5	0,775	26,50	34,17	1,32	1,71
6,20	6	0,774	31,73	41,00	1,59	2,05
6,40	4	0,772	21,10	27,34	1,06	1,37
6,60	16	0,720	74,43	103,33	3,72	5,17
6,80	15	0,719	69,62	96,87	3,48	4,84
7,00	18	0,717	83,37	116,24	4,17	5,81
7,20	10	0,766	49,44	64,58	2,47	3,23
7,40	24	0,664	102,94	154,99	5,15	7,75
7,60	33	0,613	123,76	201,99	6,19	10,10
7,80	50	0,561	171,78	306,04	8,59	15,30

**PROVA ... Nr.3**

Strumento utilizzato...

DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data

08/04/2024

Profondità prova

8,20 mt

Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,20	10	0,855	89,80	105,07	4,49	5,25
0,40	17	0,801	143,04	178,62	7,15	8,93
0,60	4	0,847	32,67	38,57	1,63	1,93
0,80	16	0,793	122,41	154,30	6,12	7,71
1,00	6	0,840	48,59	57,86	2,43	2,89
1,20	3	0,836	24,19	28,93	1,21	1,45
1,40	2	0,833	16,06	19,29	0,80	0,96
1,60	2	0,830	14,78	17,82	0,74	0,89
1,80	2	0,826	14,73	17,82	0,74	0,89
2,00	2	0,823	14,67	17,82	0,73	0,89
2,20	2	0,820	14,62	17,82	0,73	0,89
2,40	3	0,817	21,84	26,73	1,09	1,34
2,60	2	0,814	13,49	16,56	0,67	0,83
2,80	2	0,811	13,44	16,56	0,67	0,83
3,00	1	0,809	6,70	8,28	0,33	0,41
3,20	2	0,806	13,35	16,56	0,67	0,83
3,40	2	0,803	13,31	16,56	0,67	0,83
3,60	5	0,801	30,98	38,68	1,55	1,93
3,80	4	0,798	24,70	30,94	1,24	1,55
4,00	6	0,796	36,95	46,41	1,85	2,32
4,20	3	0,794	18,42	23,21	0,92	1,16
4,40	3	0,791	18,37	23,21	0,92	1,16
4,60	3	0,789	17,18	21,77	0,86	1,09
4,80	6	0,787	34,27	43,54	1,71	2,18
5,00	5	0,785	28,48	36,28	1,42	1,81
5,20	8	0,783	45,46	58,06	2,27	2,90
5,40	8	0,781	45,34	58,06	2,27	2,90
5,60	7	0,779	37,27	47,84	1,86	2,39
5,80	6	0,777	31,87	41,00	1,59	2,05
6,00	10	0,775	53,00	68,34	2,65	3,42
6,20	6	0,774	31,73	41,00	1,59	2,05
6,40	5	0,772	26,38	34,17	1,32	1,71
6,60	5	0,770	24,87	32,29	1,24	1,61
6,80	3	0,769	14,89	19,37	0,74	0,97
7,00	7	0,767	34,68	45,20	1,73	2,26
7,20	12	0,766	59,33	77,49	2,97	3,87
7,40	16	0,714	73,79	103,33	3,69	5,17
7,60	19	0,713	82,88	116,30	4,14	5,81
7,80	28	0,661	113,33	171,38	5,67	8,57
8,00	36	0,610	134,39	220,35	6,72	11,02
8,20	50	0,559	170,95	306,04	8,55	15,30

**PROVA ... Nr.4**

Strumento utilizzato...

DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data

08/04/2024

Profondità prova

7,60 mt

Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	2	0,855	17,96	21,01	0,90	1,05
0,40	2	0,851	17,88	21,01	0,89	1,05
0,60	1	0,847	8,17	9,64	0,41	0,48
0,80	2	0,843	16,27	19,29	0,81	0,96
1,00	2	0,840	16,20	19,29	0,81	0,96
1,20	4	0,836	32,26	38,57	1,61	1,93
1,40	4	0,833	32,13	38,57	1,61	1,93
1,60	8	0,830	59,14	71,29	2,96	3,56
1,80	2	0,826	14,73	17,82	0,74	0,89
2,00	2	0,823	14,67	17,82	0,73	0,89
2,20	2	0,820	14,62	17,82	0,73	0,89
2,40	3	0,817	21,84	26,73	1,09	1,34
2,60	2	0,814	13,49	16,56	0,67	0,83
2,80	6	0,811	40,32	49,69	2,02	2,48
3,00	6	0,809	40,18	49,69	2,01	2,48
3,20	4	0,806	26,70	33,13	1,34	1,66
3,40	3	0,803	19,96	24,85	1,00	1,24
3,60	4	0,801	24,78	30,94	1,24	1,55
3,80	6	0,798	37,06	46,41	1,85	2,32
4,00	3	0,796	18,47	23,21	0,92	1,16
4,20	2	0,794	12,28	15,47	0,61	0,77
4,40	2	0,791	12,24	15,47	0,61	0,77
4,60	2	0,789	11,45	14,51	0,57	0,73
4,80	2	0,787	11,42	14,51	0,57	0,73
5,00	2	0,785	11,39	14,51	0,57	0,73
5,20	6	0,783	34,09	43,54	1,70	2,18
5,40	5	0,781	28,34	36,28	1,42	1,81
5,60	4	0,779	21,30	27,34	1,06	1,37
5,80	5	0,777	26,56	34,17	1,33	1,71
6,00	6	0,775	31,80	41,00	1,59	2,05
6,20	5	0,774	26,44	34,17	1,32	1,71
6,40	10	0,772	52,76	68,34	2,64	3,42
6,60	18	0,720	83,74	116,24	4,19	5,81
6,80	23	0,669	99,33	148,53	4,97	7,43
7,00	25	0,667	107,71	161,45	5,39	8,07
7,20	31	0,616	123,25	200,19	6,16	10,01
7,40	45	0,564	163,95	290,60	8,20	14,53
7,60	50	0,563	172,21	306,04	8,61	15,30

**PROVA ... Nr.5**

Strumento utilizzato...

DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data

08/04/2024

Profondità prova

7,60 mt

Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,20	1	0,855	8,98	10,51	0,45	0,53
0,40	2	0,851	17,88	21,01	0,89	1,05
0,60	3	0,847	24,50	28,93	1,23	1,45
0,80	2	0,843	16,27	19,29	0,81	0,96
1,00	1	0,840	8,10	9,64	0,40	0,48
1,20	2	0,836	16,13	19,29	0,81	0,96
1,40	2	0,833	16,06	19,29	0,80	0,96
1,60	2	0,830	14,78	17,82	0,74	0,89
1,80	3	0,826	22,09	26,73	1,10	1,34
2,00	3	0,823	22,01	26,73	1,10	1,34
2,20	3	0,820	21,92	26,73	1,10	1,34
2,40	2	0,817	14,56	17,82	0,73	0,89
2,60	3	0,814	20,23	24,85	1,01	1,24
2,80	3	0,811	20,16	24,85	1,01	1,24
3,00	4	0,809	26,79	33,13	1,34	1,66
3,20	2	0,806	13,35	16,56	0,67	0,83
3,40	4	0,803	26,61	33,13	1,33	1,66
3,60	5	0,801	30,98	38,68	1,55	1,93
3,80	5	0,798	30,88	38,68	1,54	1,93
4,00	7	0,796	43,10	54,15	2,16	2,71
4,20	8	0,794	49,12	61,88	2,46	3,09
4,40	9	0,791	55,10	69,62	2,75	3,48
4,60	10	0,789	57,27	72,57	2,86	3,63
4,80	7	0,787	39,98	50,80	2,00	2,54
5,00	6	0,785	34,18	43,54	1,71	2,18
5,20	5	0,783	28,41	36,28	1,42	1,81
5,40	10	0,781	56,68	72,57	2,83	3,63
5,60	16	0,729	79,73	109,35	3,99	5,47
5,80	18	0,727	89,47	123,01	4,47	6,15
6,00	21	0,675	96,94	143,52	4,85	7,18
6,20	26	0,674	119,71	177,69	5,99	8,88
6,40	19	0,722	93,75	129,85	4,69	6,49
6,60	21	0,670	90,91	135,61	4,55	6,78
6,80	23	0,669	99,33	148,53	4,97	7,43
7,00	27	0,667	116,33	174,36	5,82	8,72
7,20	39	0,566	142,46	251,86	7,12	12,59
7,40	50	0,564	182,16	322,89	9,11	16,14
7,60	50	0,563	172,21	306,04	8,61	15,30

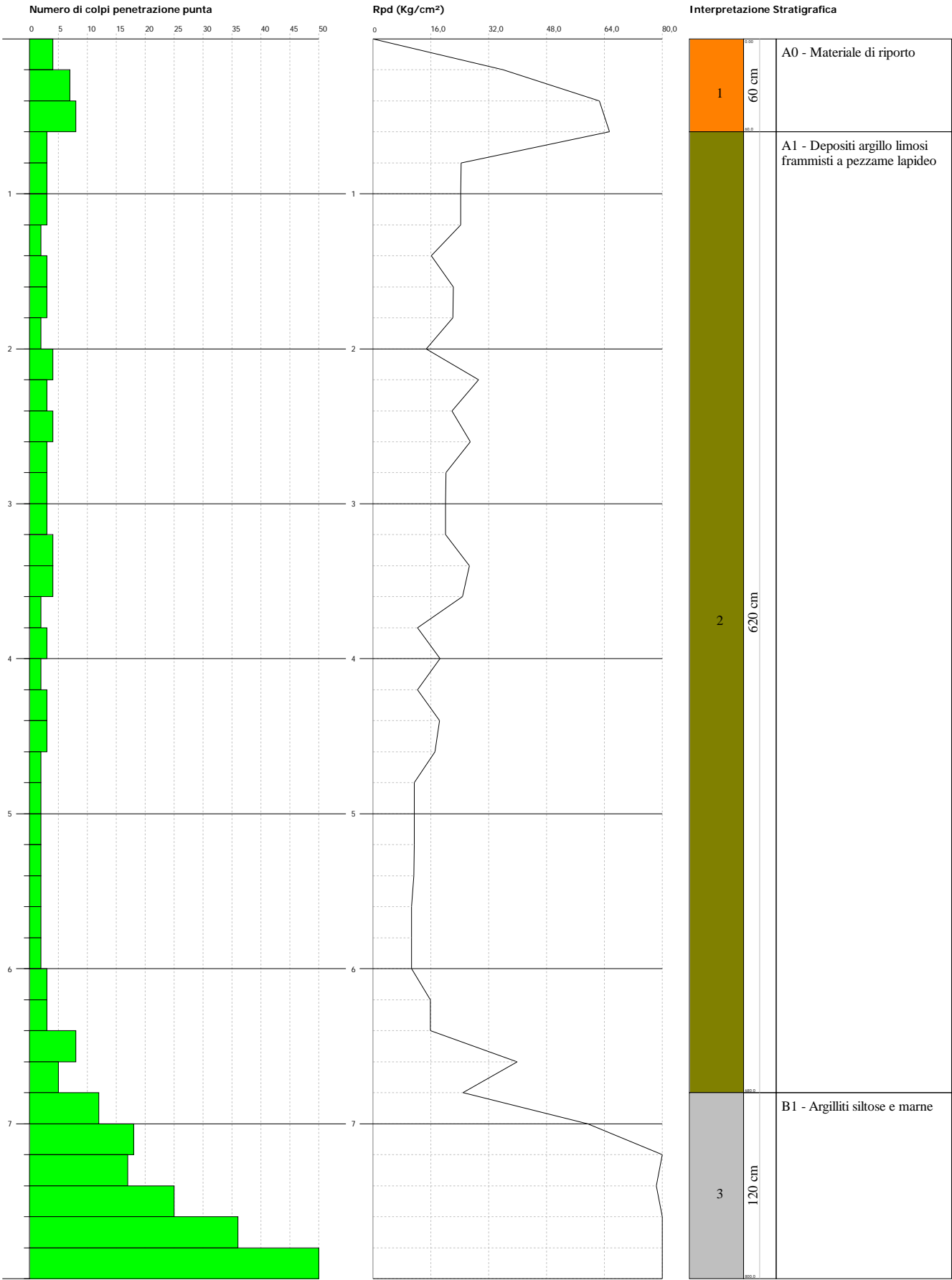


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1  
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Società Buzzi Unicem  
Cantiere: Progetto WHR  
Località: Molino Teodoro - Comune di Vernasca (PC)

Data: 08/04/2024

Scala 1:35

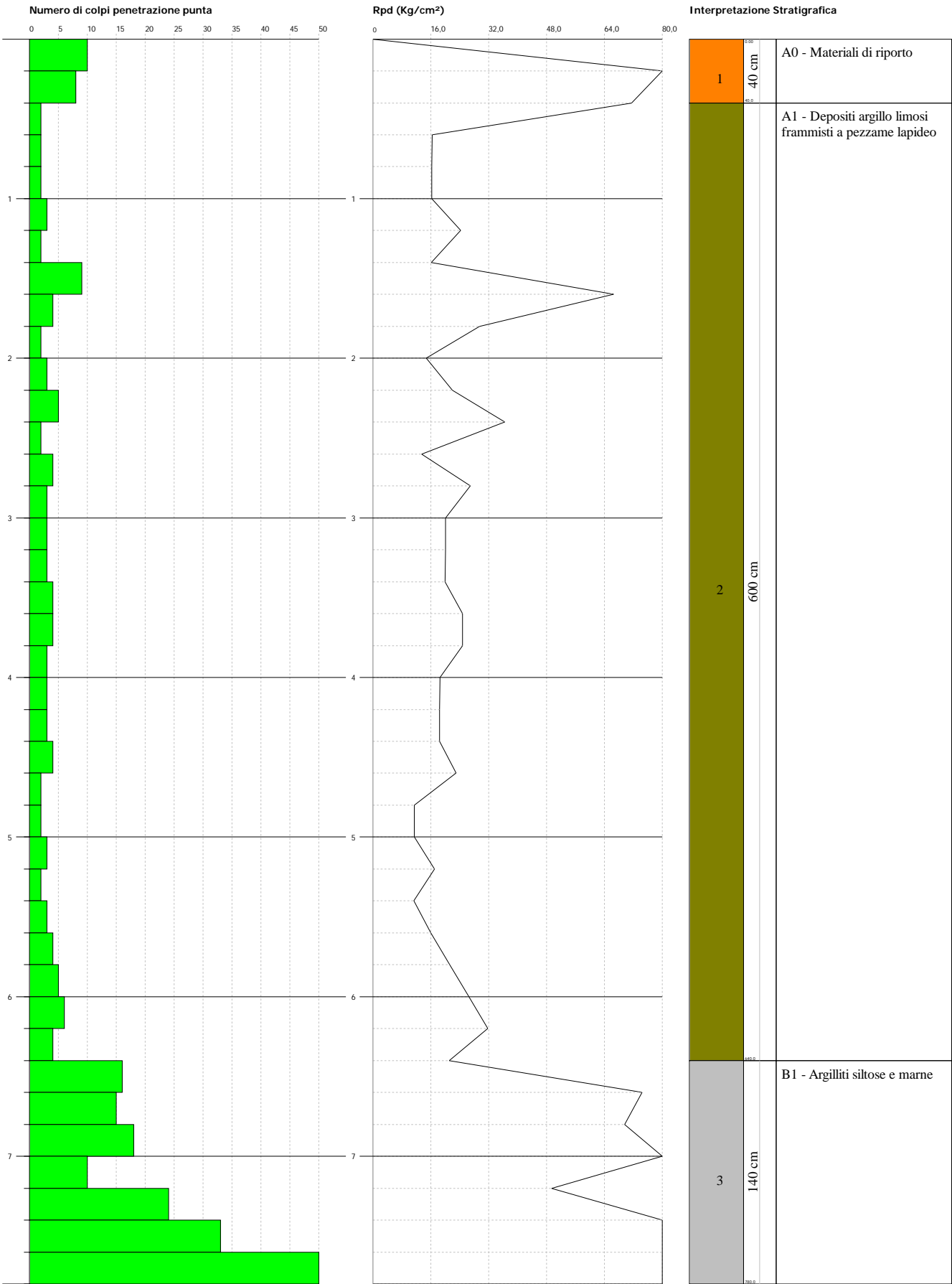


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2  
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Società Buzzi Unicem  
Cantiere: Progetto WHR  
Località: Molino Teodoro - Comune di Vernasca (PC)

Data: 08/04/2024

Scala 1:34

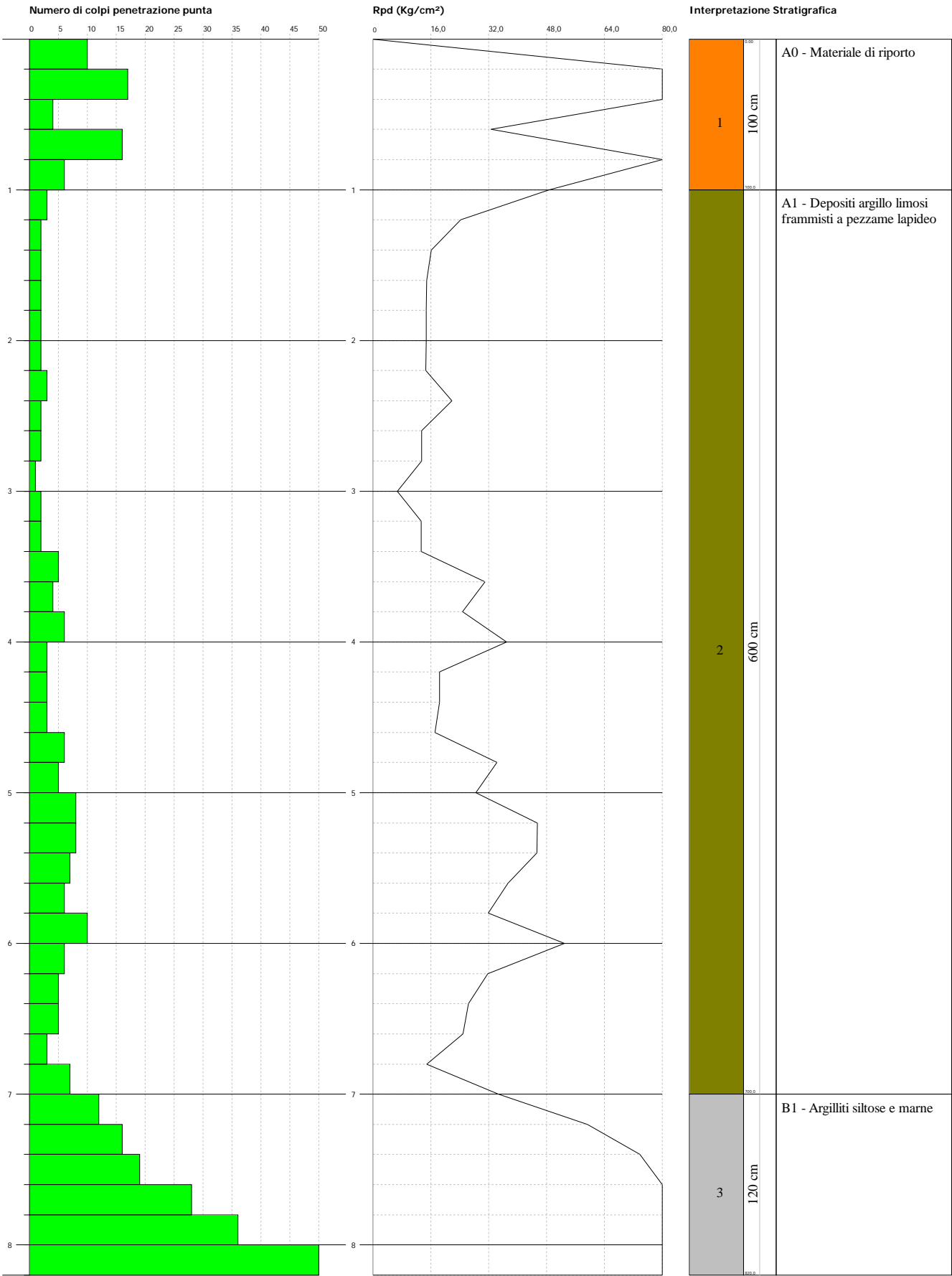


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3  
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Società Buzzi Unicem  
Cantiere: Progetto WHR  
Località: Molino Teodoro - Comune di Vernasca (PC)

Data: 08/04/2024

Scala 1:36

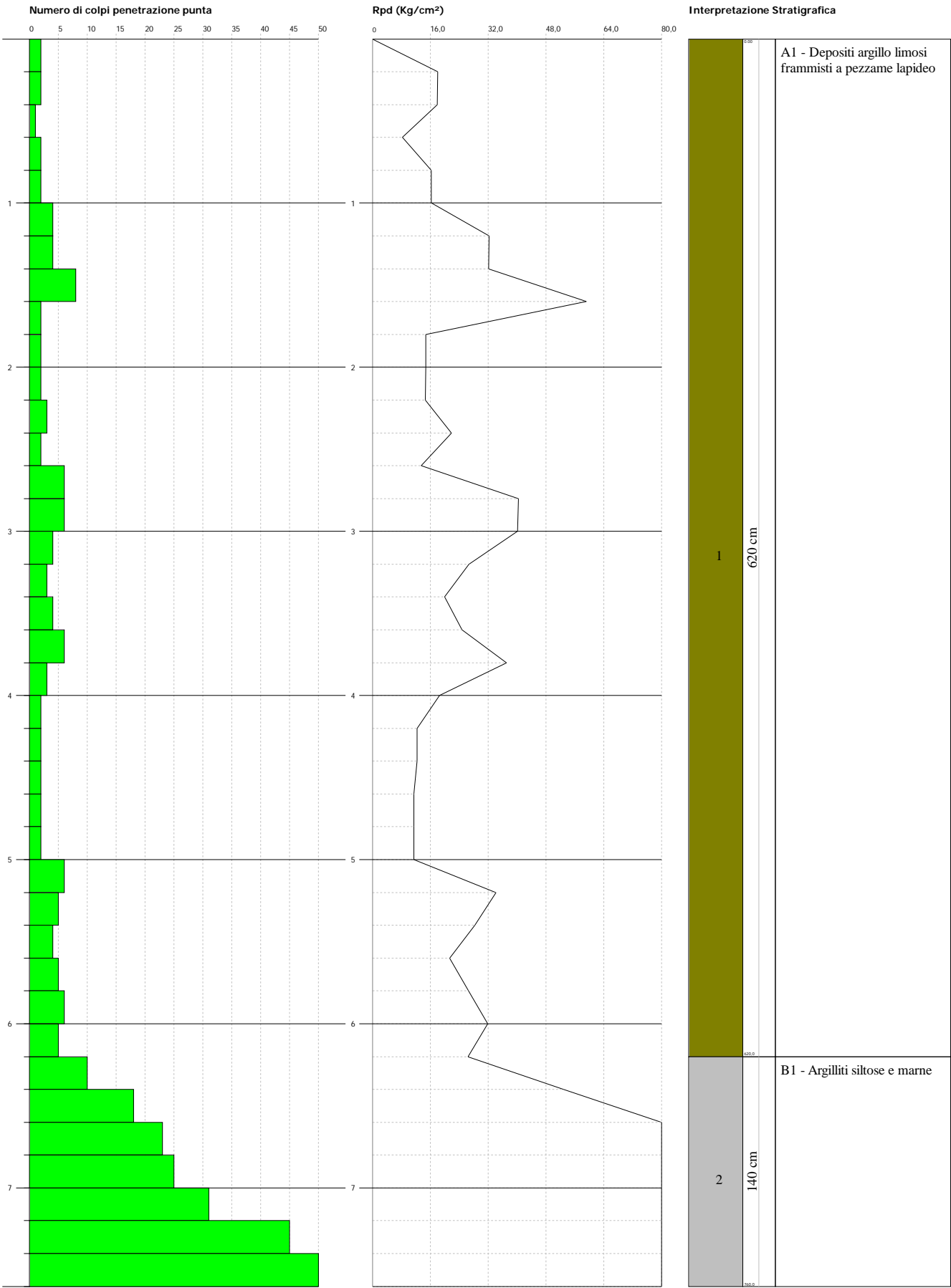


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4  
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Società Buzzi Unicem  
Cantiere: Progetto WHR  
Località: Molino Teodoro - Comune di Vernasca (PC)

Data: 08/04/2024

Scala 1:33

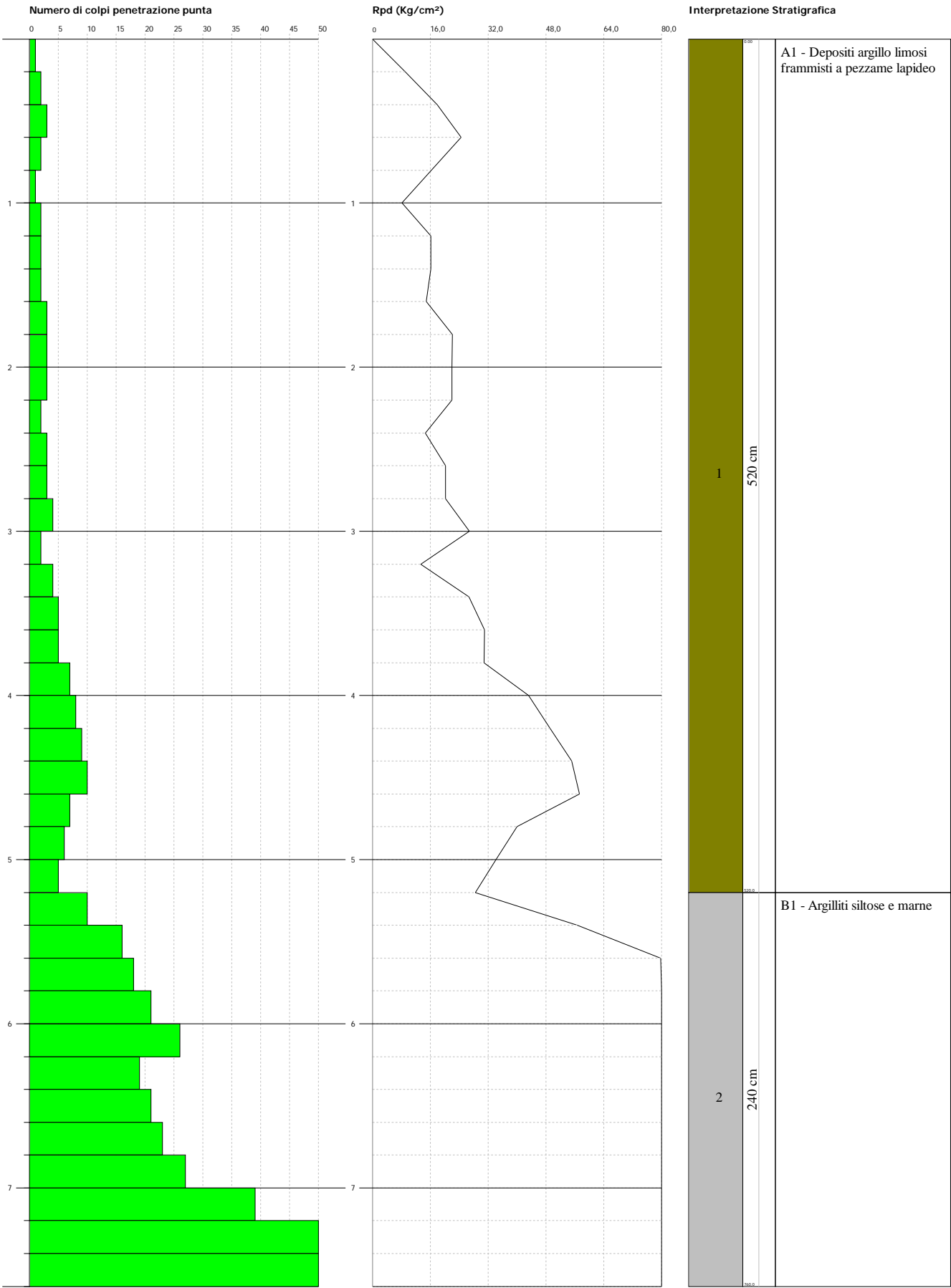


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.5  
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

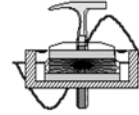
Committente: Società Buzzi Unicem  
Cantiere: Progetto WHR  
Località: Molino Teodoro - Comune di Vernasca (PC)

Data: 08/04/2024

Scala 1:33







*Provincia di Piacenza*

*Comune di Vernasca*

## **ALLEGATO 4**

### ***CERTIFICATI PENETROMETRICI DINAMICI (DPM)***



**6 pagine**

**Committenza:**

**Società BUZZI UNICEM S.r.l.**

---

**Dott. Geol. Cavanna Nicola**

Via Degani, 9a – 29100 PIACENZA - Tel.: 0523/305674 - Fax.: 0523/317301  
e-mail: cavannageologo@gmail.com

**PROVA ... Nr.1**

Strumento utilizzato...

DMP 3020 PAGANI

Prova eseguita in data

25/03/2024

Profondità prova

3,00 mt

Falda rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,10	1	0,857	3,24	3,78	0,16	0,19
0,20	2	0,855	6,46	7,56	0,32	0,38
0,30	1	0,853	3,22	3,78	0,16	0,19
0,40	1	0,851	3,21	3,78	0,16	0,19
0,50	1	0,849	3,21	3,78	0,16	0,19
0,60	2	0,847	6,40	7,56	0,32	0,38
0,70	2	0,845	6,39	7,56	0,32	0,38
0,80	9	0,843	28,67	34,00	1,43	1,70
0,90	8	0,842	24,21	28,77	1,21	1,44
1,00	5	0,840	15,10	17,98	0,76	0,90
1,10	5	0,838	15,07	17,98	0,75	0,90
1,20	5	0,836	15,04	17,98	0,75	0,90
1,30	5	0,835	15,01	17,98	0,75	0,90
1,40	7	0,833	20,97	25,17	1,05	1,26
1,50	4	0,831	11,96	14,39	0,60	0,72
1,60	4	0,830	11,93	14,39	0,60	0,72
1,70	5	0,828	14,89	17,98	0,74	0,90
1,80	4	0,826	11,89	14,39	0,59	0,72
1,90	4	0,825	11,32	13,73	0,57	0,69
2,00	3	0,823	8,48	10,30	0,42	0,51
2,10	3	0,822	8,46	10,30	0,42	0,51
2,20	4	0,820	11,26	13,73	0,56	0,69
2,30	4	0,819	11,24	13,73	0,56	0,69
2,40	4	0,817	11,22	13,73	0,56	0,69
2,50	14	0,766	36,79	48,05	1,84	2,40
2,60	9	0,814	25,15	30,89	1,26	1,54
2,70	6	0,813	16,74	20,59	0,84	1,03
2,80	28	0,711	68,36	96,09	3,42	4,80
2,90	32	0,660	69,31	105,01	3,47	5,25
3,00	40	0,609	79,90	131,27	3,99	6,56

**PROVA ... Nr.2**

Strumento utilizzato...

DMP 3020 PAGANI

Prova eseguita in data

25/03/2024

Profondità prova

4,40 mt

Falda rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,10	1	0,857	3,24	3,78	0,16	0,19
0,20	1	0,855	3,23	3,78	0,16	0,19
0,30	2	0,853	6,44	7,56	0,32	0,38
0,40	2	0,851	6,43	7,56	0,32	0,38
0,50	2	0,849	6,41	7,56	0,32	0,38
0,60	2	0,847	6,40	7,56	0,32	0,38
0,70	2	0,845	6,39	7,56	0,32	0,38
0,80	2	0,843	6,37	7,56	0,32	0,38
0,90	2	0,842	6,05	7,19	0,30	0,36
1,00	6	0,840	18,12	21,58	0,91	1,08
1,10	3	0,838	9,04	10,79	0,45	0,54
1,20	3	0,836	9,02	10,79	0,45	0,54
1,30	3	0,835	9,00	10,79	0,45	0,54
1,40	2	0,833	5,99	7,19	0,30	0,36
1,50	2	0,831	5,98	7,19	0,30	0,36
1,60	2	0,830	5,97	7,19	0,30	0,36
1,70	2	0,828	5,96	7,19	0,30	0,36
1,80	2	0,826	5,94	7,19	0,30	0,36
1,90	2	0,825	5,66	6,86	0,28	0,34
2,00	5	0,823	14,13	17,16	0,71	0,86
2,10	3	0,822	8,46	10,30	0,42	0,51
2,20	2	0,820	5,63	6,86	0,28	0,34
2,30	2	0,819	5,62	6,86	0,28	0,34
2,40	2	0,817	5,61	6,86	0,28	0,34
2,50	5	0,816	14,00	17,16	0,70	0,86
2,60	3	0,814	8,38	10,30	0,42	0,51
2,70	3	0,813	8,37	10,30	0,42	0,51
2,80	5	0,811	13,92	17,16	0,70	0,86
2,90	5	0,810	13,29	16,41	0,66	0,82
3,00	10	0,809	26,54	32,82	1,33	1,64
3,10	12	0,807	31,79	39,38	1,59	1,97
3,20	12	0,806	31,74	39,38	1,59	1,97
3,30	11	0,805	29,05	36,10	1,45	1,80
3,40	13	0,753	32,14	42,66	1,61	2,13
3,50	15	0,752	37,02	49,23	1,85	2,46
3,60	15	0,751	36,96	49,23	1,85	2,46
3,70	10	0,800	26,24	32,82	1,31	1,64
3,80	10	0,798	26,20	32,82	1,31	1,64
3,90	14	0,747	32,89	44,02	1,64	2,20
4,00	25	0,696	54,71	78,60	2,74	3,93
4,10	28	0,695	61,17	88,03	3,06	4,40
4,20	32	0,644	64,76	100,61	3,24	5,03
4,30	40	0,593	74,52	125,76	3,73	6,29
4,40	40	0,591	74,38	125,76	3,72	6,29

**PROVA ... Nr.3**

Strumento utilizzato...

DMP 3020 PAGANI

Prova eseguita in data

25/03/2024

Profondità prova

4,80 mt

Falda rilevata

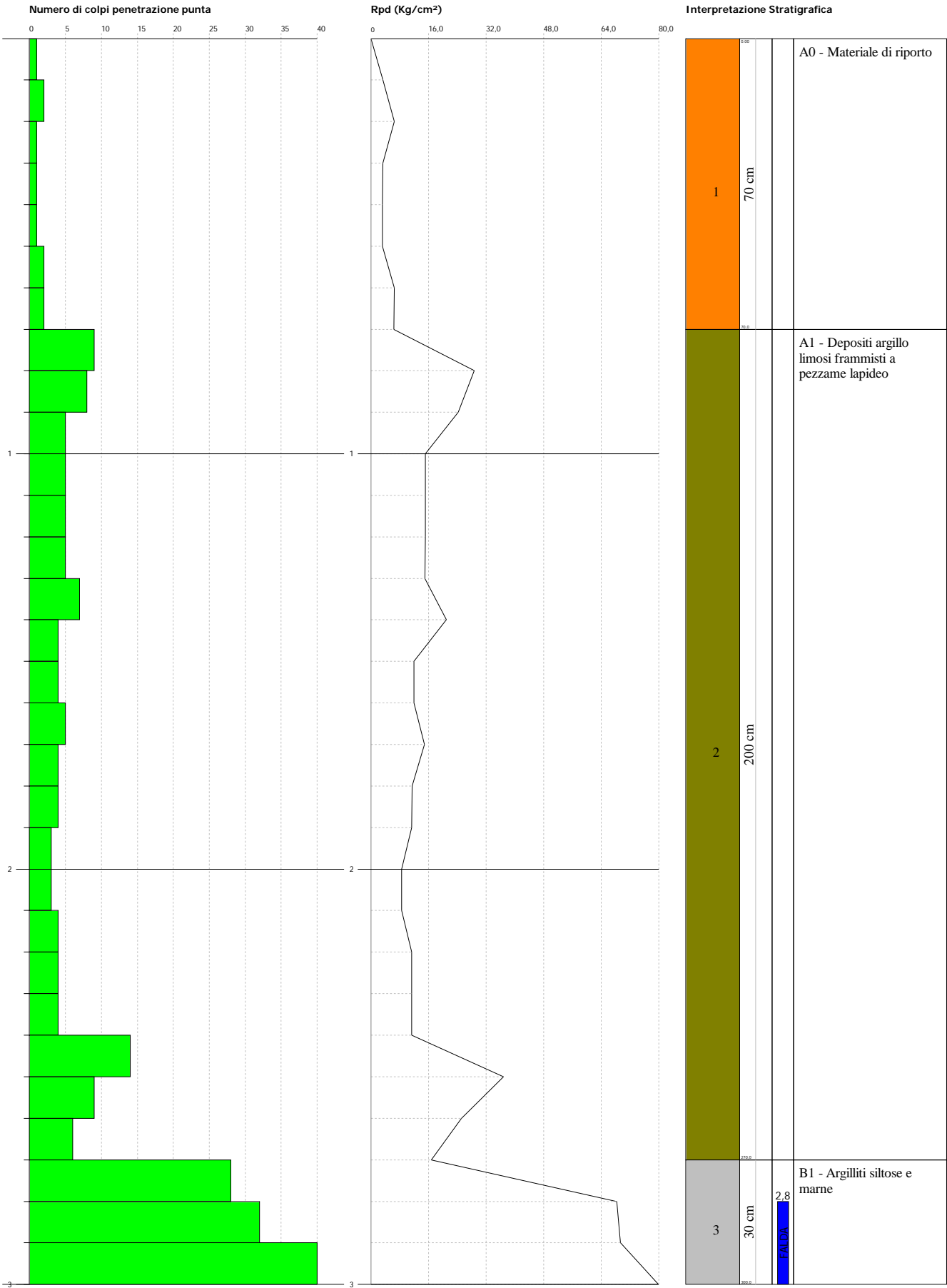
Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	3	0,857	9,71	11,33	0,49	0,57
0,20	1	0,855	3,23	3,78	0,16	0,19
0,30	1	0,853	3,22	3,78	0,16	0,19
0,40	1	0,851	3,21	3,78	0,16	0,19
0,50	1	0,849	3,21	3,78	0,16	0,19
0,60	2	0,847	6,40	7,56	0,32	0,38
0,70	1	0,845	3,19	3,78	0,16	0,19
0,80	2	0,843	6,37	7,56	0,32	0,38
0,90	2	0,842	6,05	7,19	0,30	0,36
1,00	2	0,840	6,04	7,19	0,30	0,36
1,10	2	0,838	6,03	7,19	0,30	0,36
1,20	2	0,836	6,02	7,19	0,30	0,36
1,30	2	0,835	6,00	7,19	0,30	0,36
1,40	2	0,833	5,99	7,19	0,30	0,36
1,50	2	0,831	5,98	7,19	0,30	0,36
1,60	2	0,830	5,97	7,19	0,30	0,36
1,70	2	0,828	5,96	7,19	0,30	0,36
1,80	2	0,826	5,94	7,19	0,30	0,36
1,90	2	0,825	5,66	6,86	0,28	0,34
2,00	2	0,823	5,65	6,86	0,28	0,34
2,10	2	0,822	5,64	6,86	0,28	0,34
2,20	2	0,820	5,63	6,86	0,28	0,34
2,30	2	0,819	5,62	6,86	0,28	0,34
2,40	2	0,817	5,61	6,86	0,28	0,34
2,50	2	0,816	5,60	6,86	0,28	0,34
2,60	1	0,814	2,79	3,43	0,14	0,17
2,70	2	0,813	5,58	6,86	0,28	0,34
2,80	4	0,811	11,14	13,73	0,56	0,69
2,90	5	0,810	13,29	16,41	0,66	0,82
3,00	6	0,809	15,92	19,69	0,80	0,98
3,10	6	0,807	15,90	19,69	0,79	0,98
3,20	8	0,806	21,16	26,25	1,06	1,31
3,30	8	0,805	21,13	26,25	1,06	1,31
3,40	12	0,803	31,64	39,38	1,58	1,97
3,50	12	0,802	31,59	39,38	1,58	1,97
3,60	14	0,751	34,50	45,94	1,72	2,30
3,70	19	0,750	46,74	62,35	2,34	3,12
3,80	12	0,798	31,44	39,38	1,57	1,97
3,90	10	0,797	25,07	31,44	1,25	1,57
4,00	10	0,796	25,03	31,44	1,25	1,57
4,10	14	0,745	32,79	44,02	1,64	2,20
4,20	17	0,744	39,75	53,45	1,99	2,67
4,30	18	0,743	42,02	56,59	2,10	2,83
4,40	25	0,691	54,35	78,60	2,72	3,93
4,50	27	0,690	58,60	84,89	2,93	4,24
4,60	32	0,639	64,31	100,61	3,22	5,03
4,70	38	0,638	76,25	119,48	3,81	5,97
4,80	40	0,587	73,84	125,76	3,69	6,29

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1  
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente: Società Buzzi Unicem  
Cantiere: Progetto WHR  
Località: Molino Teodoro - Comune di Vernasca (PC)

Data: 25/03/2024

Scala 1:13



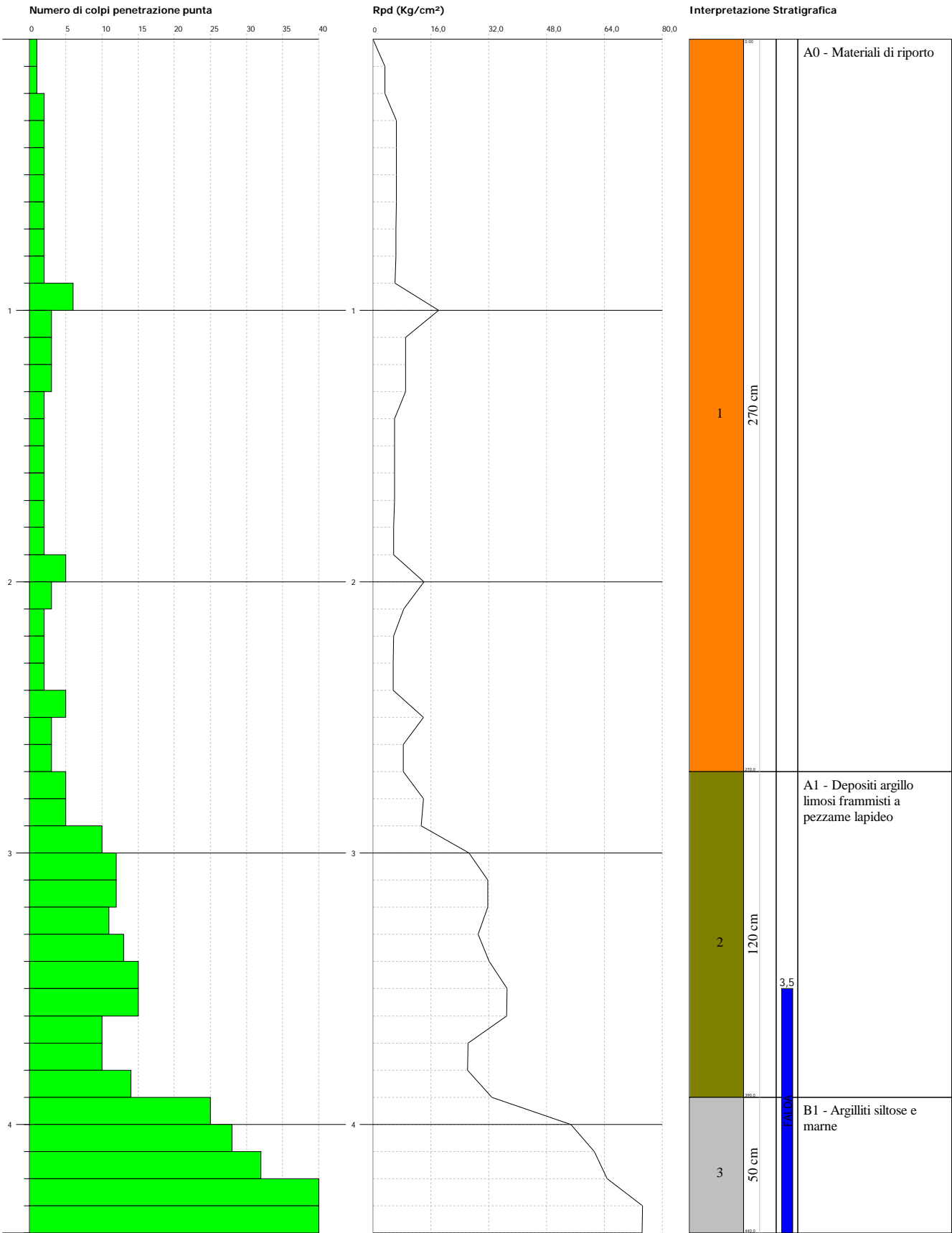


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2  
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente: Società Buzzi Unicem  
Cantiere: Progetto WHR  
Località: Molino Teodoro - Comune di Vernasca (PC)

Data: 25/03/2024

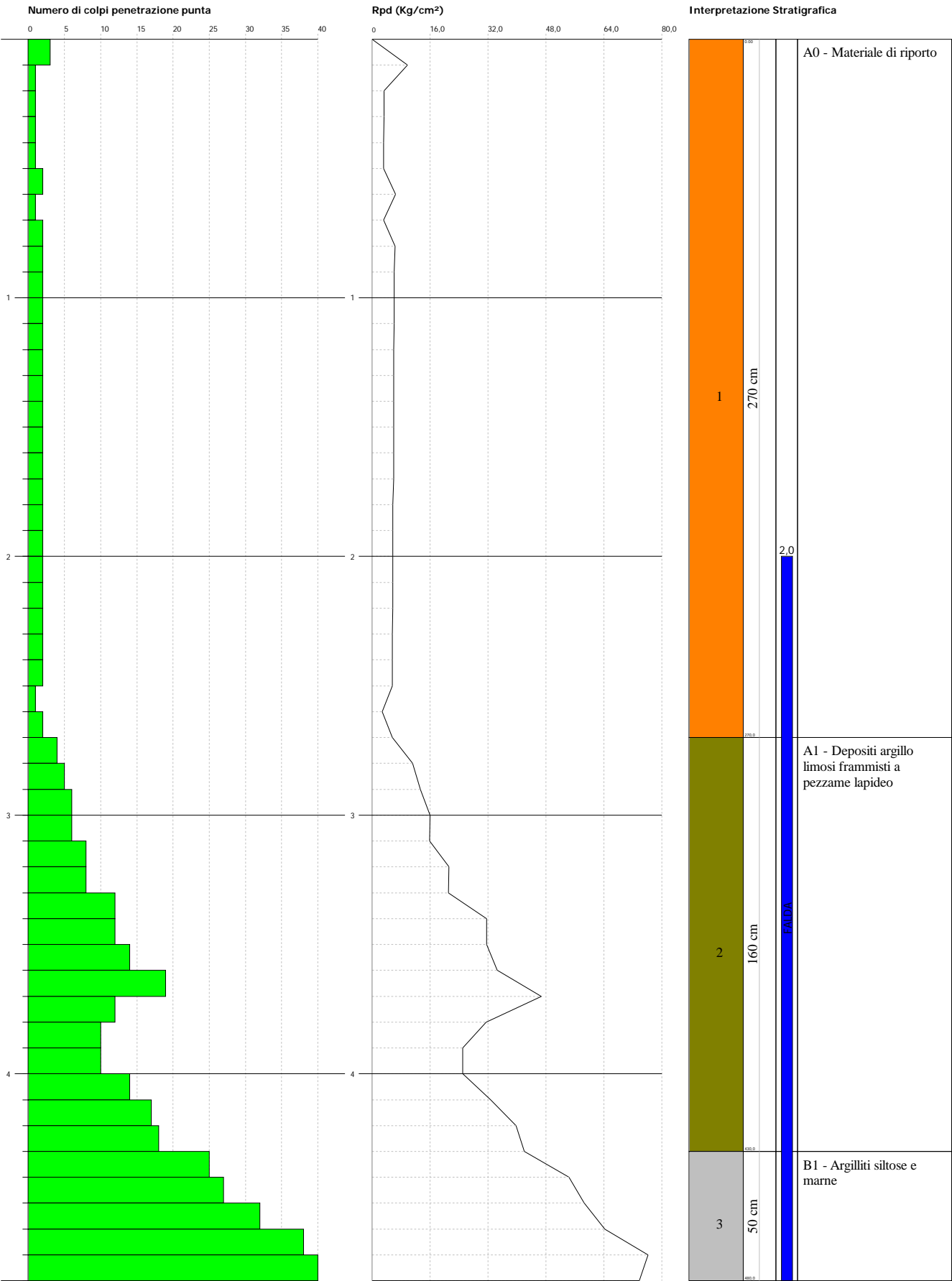
Scala 1:20

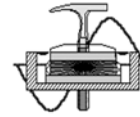


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3  
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente: Società Buzzi Unicem  
Cantiere: Progetto WHR  
Località: Molino Teodoro - Comune di Vernasca (PC)

Scala 1:21



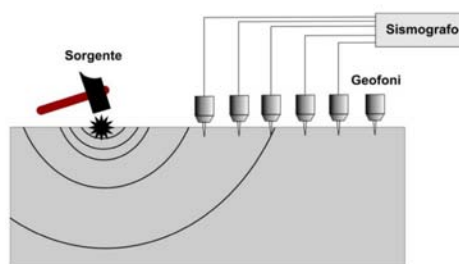


*Provincia di Piacenza*

*Comune di Vernasca*

## ALLEGATO 5

RISULTANZE PROSPEZIONE SISMICA TIPO "MASW"



**1 pagina**

**Committenza:**

**Società BUZZI UNICEM S.r.l.**

---

**Dott. Geol. Cavanna Nicola**

Via Degani, 9a – 29100 PIACENZA - Tel.: 0523/305674 - Fax.: 0523/317301  
e-mail: cavannageologo@gmail.com

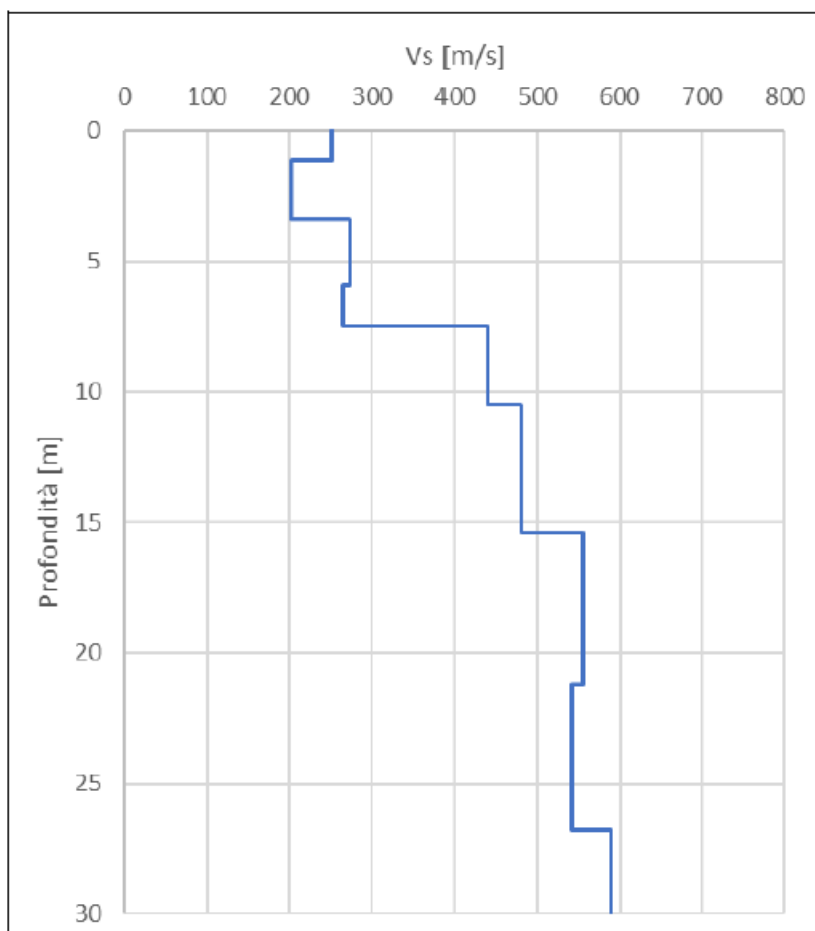
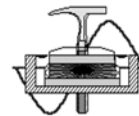
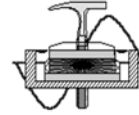


Diagramma delle velocità  $V_s$  riferite ai vari strati intercettati nella base sismica L1.

*La velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri risulta, pari a circa **404 m/s**, quindi in base all'attuale normativa il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione di tipo **"B"**;*



*Provincia di Piacenza*

*Comune di Vernasca*

## ALLEGATO 6

### RISULTANZE PROSPEZIONE SISMICA (HVSr)



**8 pagine**

**Committenza:**

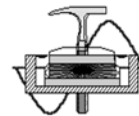
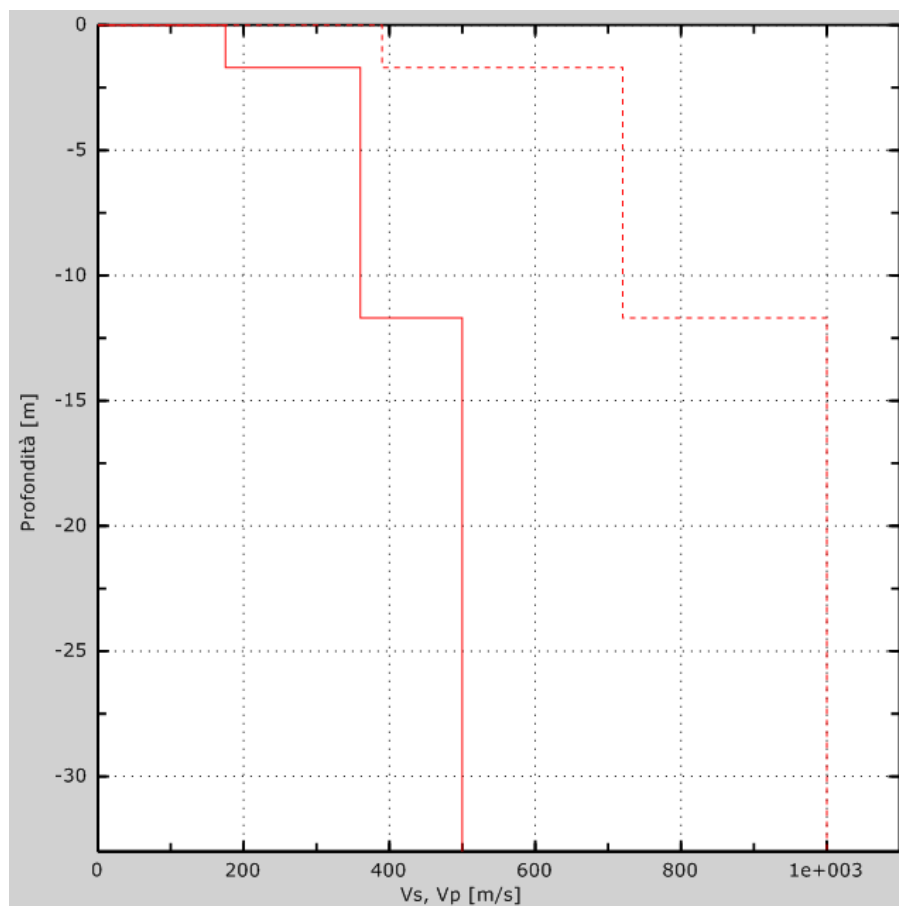
**Società BUZZI UNICEM S.r.l.**

---

**Dott. Geol. Cavanna Nicola**

Via Degani, 9a – 29100 PIACENZA - Tel.: 0523/305674 - Fax.: 0523/317301  
e-mail: cavannageologo@gmail.com

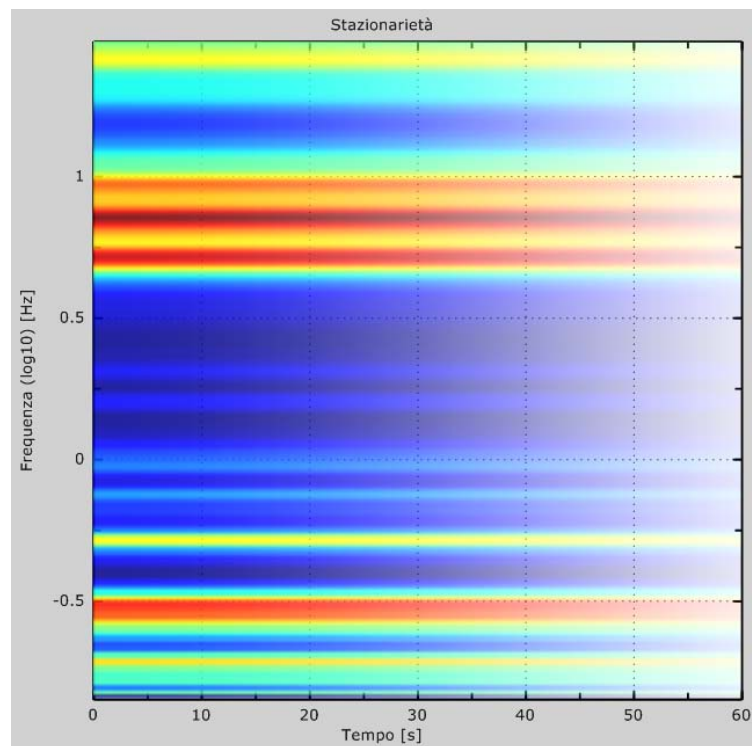
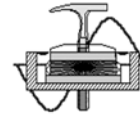


**HVSR 01**

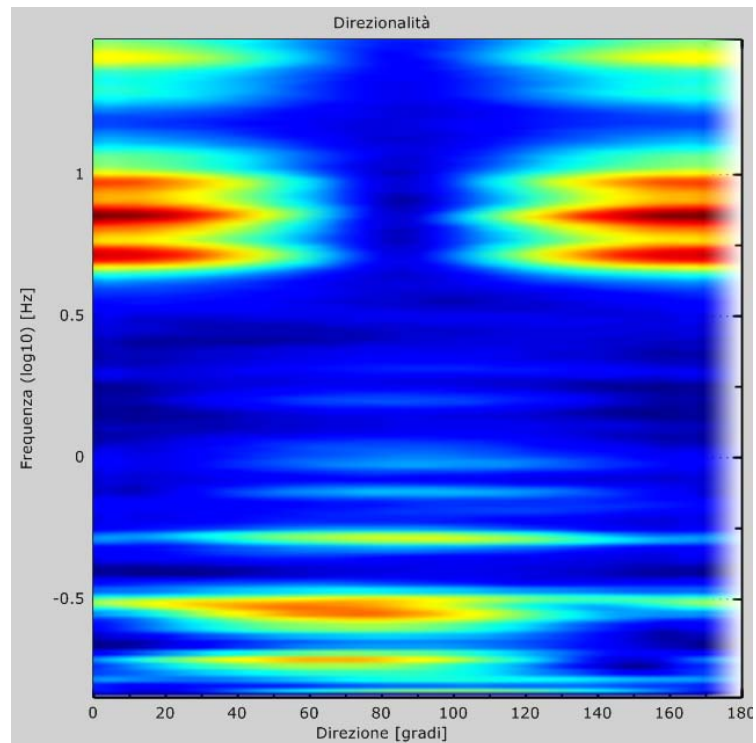
Profili di velocità Vs e Vp

*La velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri risulta, pari a **404 m/s**, quindi in base all'attuale normativa il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione di tipo "**B**";*

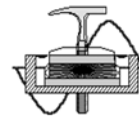
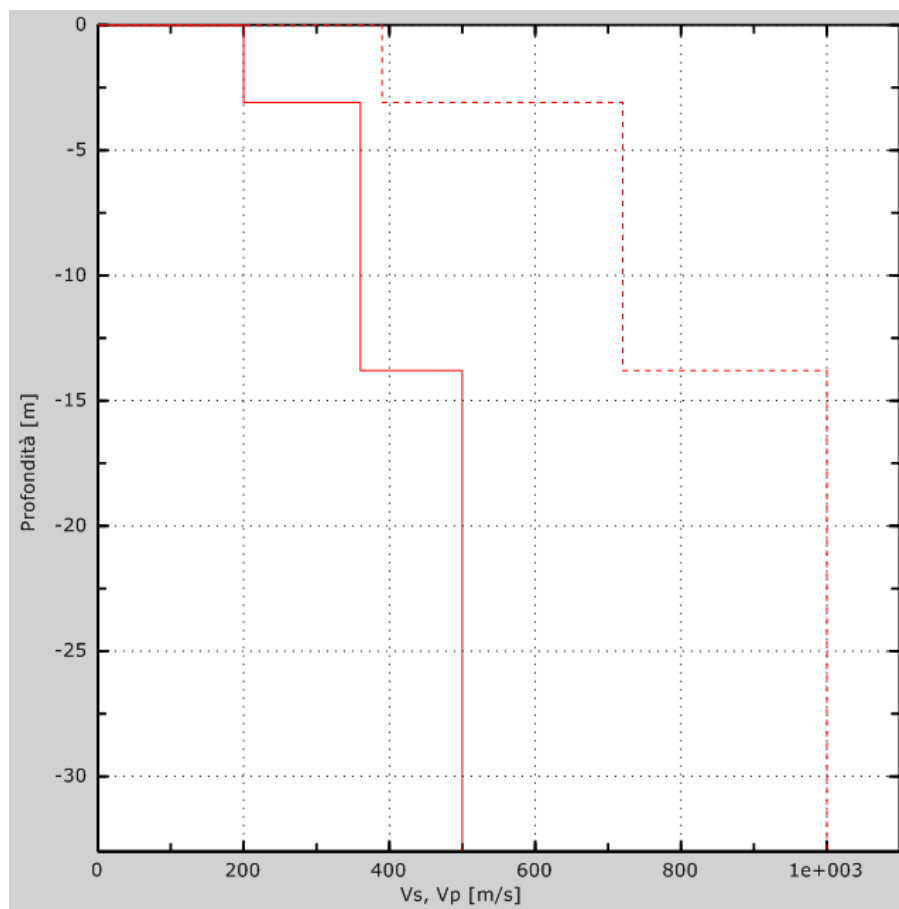
*La Frequenza di risonanza caratteristica dell'area è risultata pari a circa **7.16 Hz**.*



Stazionarietà



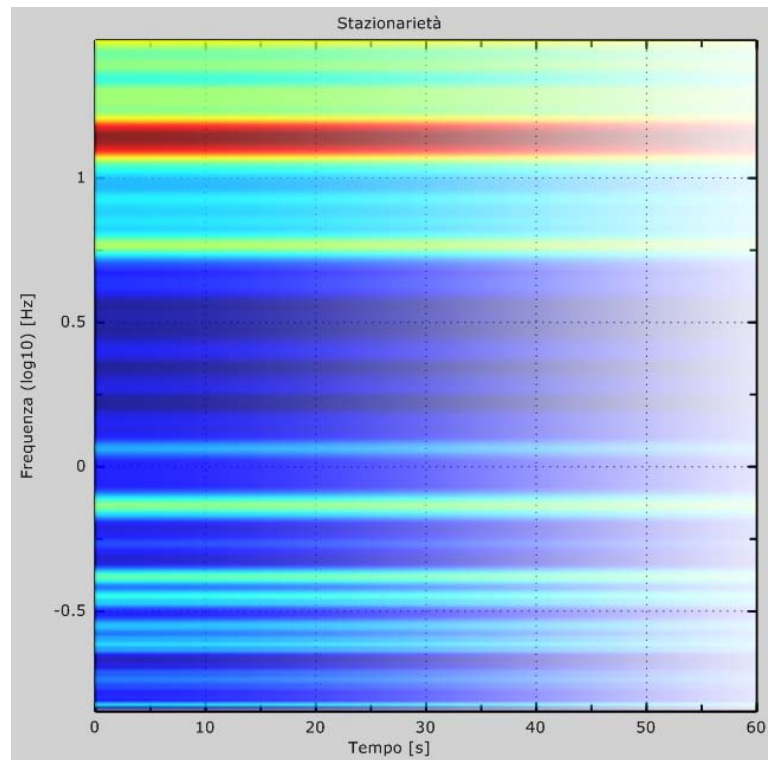
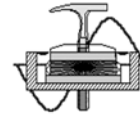
Direzionalità

**HVSR 02**

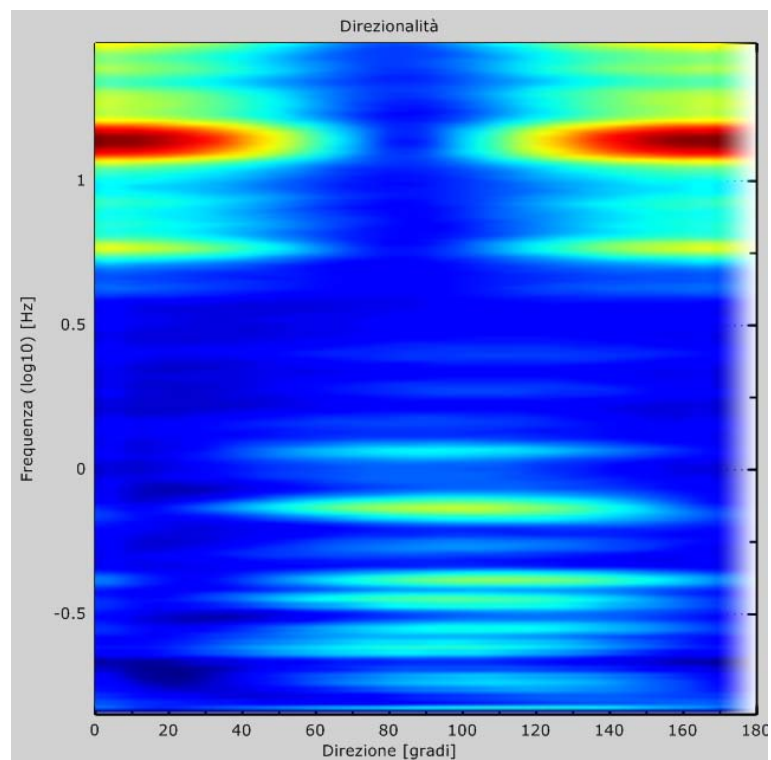
Profili di velocità Vs e Vp

La velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri risulta, pari a **390 m/s**, quindi in base all'attuale normativa il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione di tipo **"B"**;

La Frequenza di risonanza caratteristica dell'area è risultata pari a circa **5.90 Hz**.



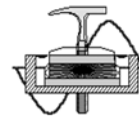
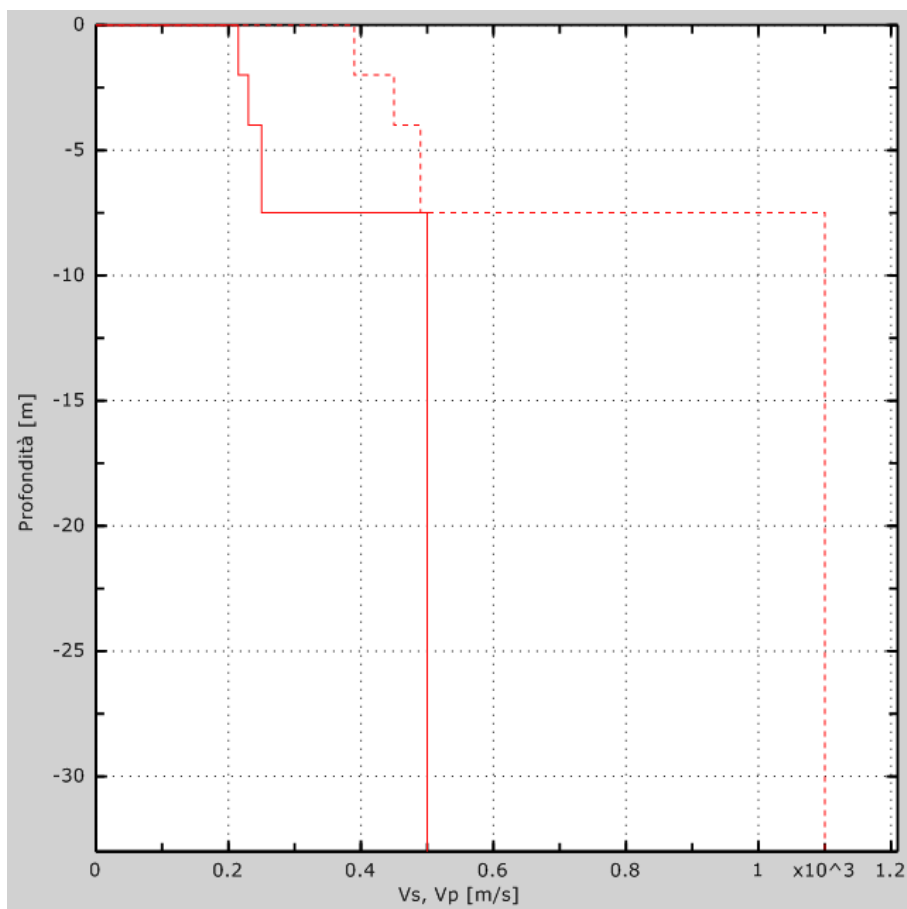
Stazionarietà



Direzionalità

**Dott. Geol. Cavanna Nicola**

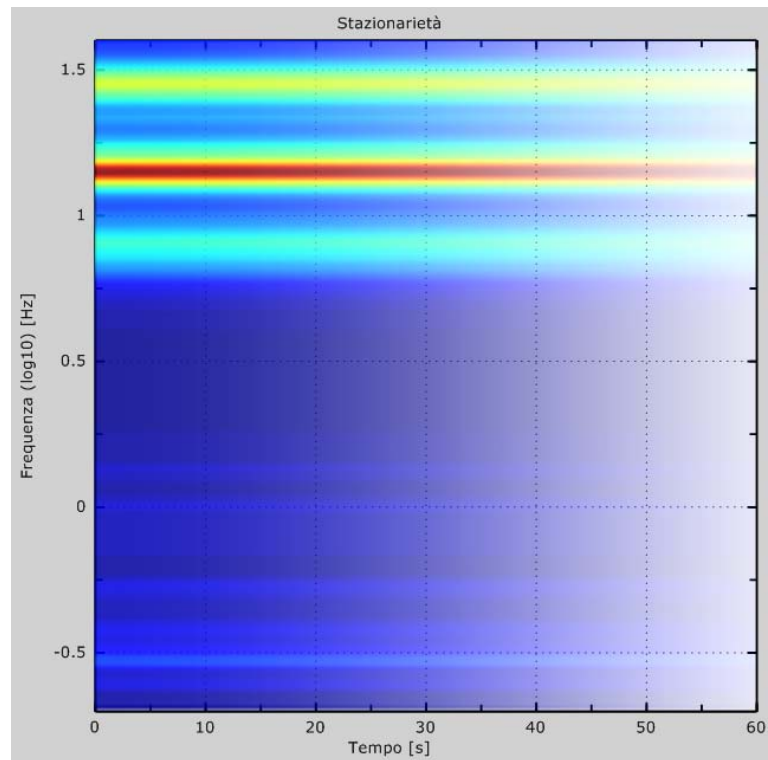
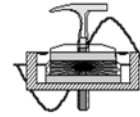
Via Degani, 9a – 29100 PIACENZA - Tel.: 0523/305674 - Fax.: 0523/317301  
e-mail: cavannageologo@gmail.com

**HVSR 03**

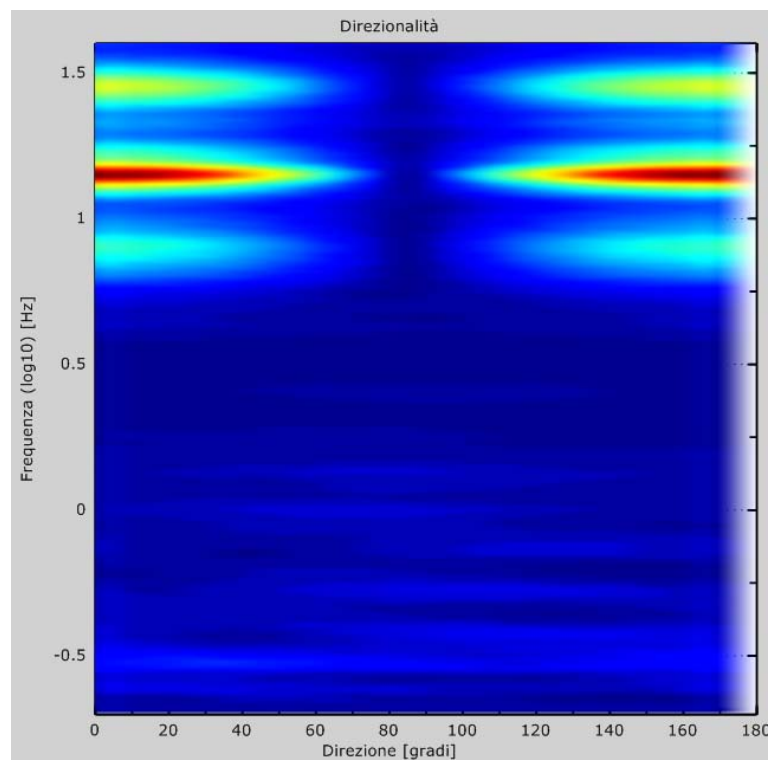
Profili di velocità Vs e Vp

*La velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri risulta, pari a **385 m/s**, quindi in base all'attuale normativa il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione di tipo "B";*

*La Frequenza di risonanza caratteristica dell'area è risultata pari a circa **7.90 Hz**.*



Stazionarietà

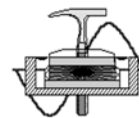
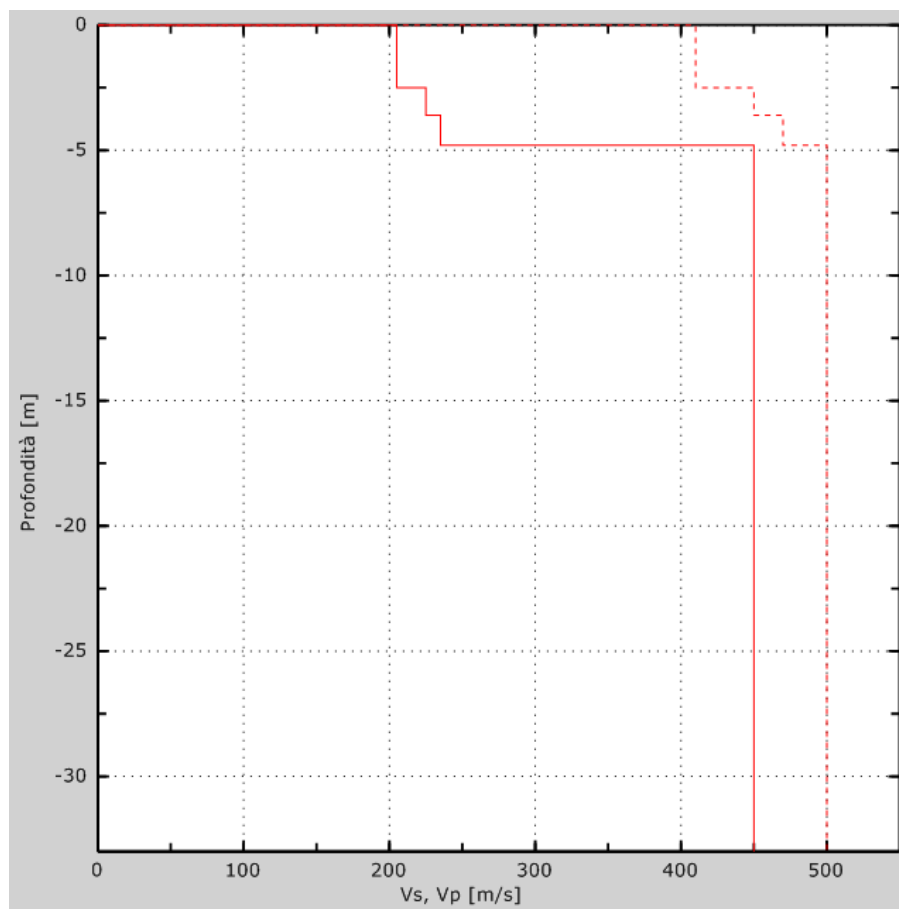


Direzionalità

**Dott. Geol. Cavanna Nicola**

Via Degani, 9a – 29100 PIACENZA - Tel.: 0523/305674 - Fax.: 0523/317301  
e-mail: cavannageologo@gmail.com

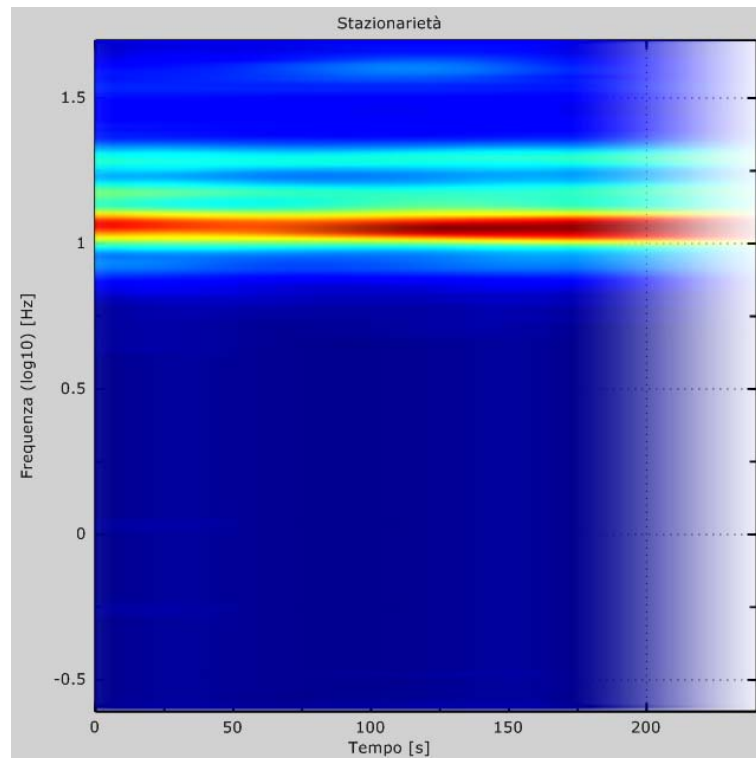
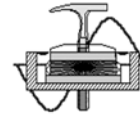


**HVSR 04**

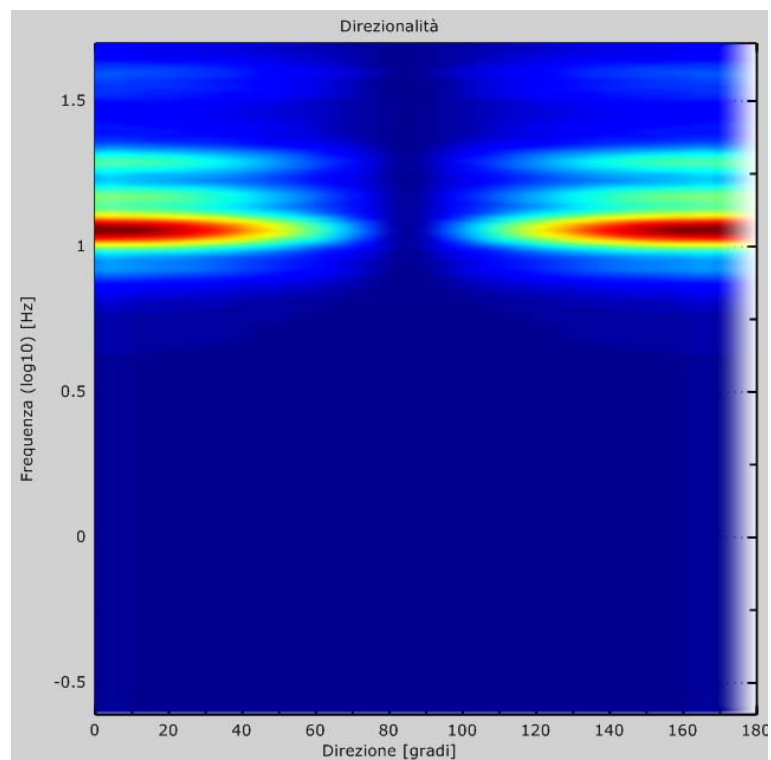
Profili di velocità Vs e Vp

La velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri risulta, pari a **380 m/s**, quindi in base all'attuale normativa il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione di tipo "**B**";

La Frequenza di risonanza caratteristica dell'area è risultata pari a circa **11.37 Hz**.



Stazionarietà



Direzionalità

**Dott. Geol. Cavanna Nicola**

Via Degani, 9a – 29100 PIACENZA - Tel.: 0523/305674 - Fax.: 0523/317301  
e-mail: cavannageologo@gmail.com