



*Committente:*

Spett.le

**FAP INVESTMENTS S.R.L.**

Via M. Buonarroti n°1

25010 – San Zeno Naviglio (BS)

*Progetto:*

**SVILUPPO AREA INDUSTRIALE “D1a Boero”  
NEL COMUNE DI POZZOLO FORMIGARO.  
RICHIESTA DI PERMESSO DI COSTRUIRE PER  
REALIZZAZIONE DI UN EDIFICIO A  
DESTINAZIONE LOGISTICA**

*Oggetto:*

**Relazione geologica**

D.M. Infrastrutture 17.01.2018

Circ. App. Min. 21.01.2019

Revisione: 0

Descrizione: Prima Emissione

Data: **maggio 2025**

File: 2504LS\_624IND

## SOMMARIO

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| 1.0. PREMESSA .....                                        | 2  |
| 2.0. INQUADRAMENTO NORMATIVO .....                         | 2  |
| 3.0. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO .....               | 3  |
| 3.1. profilo geologico – geomorfologico .....              | 3  |
| 3.2. profilo idrologico – idrogeologico.....               | 5  |
| 3.4. Permeabilità dei terreni.....                         | 6  |
| 4.0. INDAGINI IN SITO.....                                 | 7  |
| 4.1. indagini pregresse .....                              | 7  |
| 4.2. indagini eseguite nell'attuale fase di studio .....   | 20 |
| 5.0. MODELLO GEOTECNICO DEL SITO .....                     | 23 |
| 6.0. CONSIDERAZIONI DI CARATTERE SISMICO .....             | 24 |
| 6.1. pericolosità sismica di base .....                    | 24 |
| 6.2. effetti di sito e definizione categoria di suolo..... | 24 |
| 6.3. esclusione alla verifica alla liquefazione.....       | 25 |
| 7.0. CONCLUSIONI E GIUDIZIO DI COMPATIBILITÀ .....         | 27 |

## ALLEGATI

|                   |                                               |
|-------------------|-----------------------------------------------|
| <b>Figura n.1</b> | <i>Corografia dell'area (estratto C.T.R.)</i> |
| <b>Figura n.2</b> | <i>Estratti PAI e PRG</i>                     |
| <b>Figura n.3</b> | <i>Carta Geologica</i>                        |
| <b>Figura n.4</b> | <i>Planimetria dell'area</i>                  |
| <b>Figura n.5</b> | <i>Sezioni stratigrafiche</i>                 |
| <b>Figura n.6</b> | <i>Pozzetti esplorativi</i>                   |
| <b>Figura n.7</b> | <i>Permeabilità in sito</i>                   |
| <b>Figura n.8</b> | <i>Indagini HVSR</i>                          |
| <b>Figura n.9</b> | <i>Parametri sismici</i>                      |

## 1.0. PREMESSA

Su incarico della Committenza, sono state effettuate le indagini geologiche a supporto del progetto di realizzazione di un nuovo impianto logistico, nei terreni prospicienti la Strada Provinciale n.35 bis dei Giovi, nel Comune di Pozzolo Formigaro (AL), nell'area identificata come D1a - Boero nel PRG vigente, foglio n° 9, mappali n° 11, 49, 50 NCT.

L'intervento è individuabile nella C.T.R. Sez. n.177140, il cui stralcio è riportato nell'allegata corografia (**Fig.1**).

In generale il progetto prevede la realizzazione di un capannone industriale a forma rettangolare di superficie complessiva pari a circa 57.870 m<sup>2</sup>, più piazzale e opere accessorie.

Il presente documento è volto a definire la caratterizzazione geolitologica, litostratigrafica, strutturale, idrogeologica e geomorfologica dell'area in esame e la caratterizzazione geologico-tecnica dei differenti terreni interessati dalle opere a progetto.

Si rimanda alla relazione di calcolo per tutte le analisi relative al dimensionamento geotecnico delle opere a progetto, comprensive delle verifiche agli stati limite tra la resistenza del terreno e la combinazione delle azioni, sia in condizioni statiche sia in campo dinamico.

## 2.0. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Le indagini sono state condotte in conformità a quanto previsto dalle normative vigenti ed in particolare al testo unico D.M. Infrastrutture 17.01.2018 "Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni" e Circolare 21.01.2019 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni".

L'area d'intervento non rientra nelle zone sottoposte al vincolo idrogeologico, ai sensi del R.D. n. 3267/1923 e L.R. n. 45/89 e s.m.i.

Con riferimento al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), in particolare alla *Tavola di delimitazione delle aree in dissesto*, si è constatato che non sono riportate criticità per l'area di stretto intervento (**Fig.2**).

Per quanto riguarda la *"Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica"* allegata alla Indagine Geologica per il progetto del PRG del Comune di Pozzolo Formigaro (**Fig.2**), l'area d'interesse ricade nella classe I, ovvero *"Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche: gli interventi sia pubblici che privati sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 11/03/88"*.

Facendo riferimento all'art. 20 bis (norme particolari per la zona D1a - Boero) delle Nd'A del PRG di Pozzolo Formigaro, per quanto di competenza:

- *che le aree per parcheggi pubblici e privati siano dotate di sistemi di pavimentazione semipermeabile (utilizzo di autobloccanti, asfalti permeabili a grana media) e siano previste idonee vasche di prima pioggia dimensionate in funzione della capacità di raccolta delle acque superficiali dei parcheggi al fine di favorire lo smaltimento in loco attraverso l'infiltrazione naturale nel terreno, con lo scopo di alimentare le falde qualora ne risulti la possibilità.*

*Per il rio Lovassina è fissata una fascia di rispetto di m 150 (maggiore del minimo di m 100) ex art. 29 della L.R. 56/77, coincidente quindi con la fascia di rispetto ex art.142 del D.Lgs. 42/2004 (Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio): la fascia di rispetto ai sensi della LR 56/77 è inedificabile; la fascia di rispetto imposta ai sensi del D.Lgs. 42/2004 comporta l'assoggettamento degli interventi ricadenti al suo interno al nulla osta della competente struttura preposta alla tutela dei Beni Ambientali.*

In sintesi quindi, l'area oggetto d'intervento non presenta criticità in ordine geologico e le opere a progetto non interferiscono con la fascia di inedificabilità assoluta per il rio Lovassina; pertanto non sono rilevati a livello geologico-normativo elementi ostativi all'intervento in oggetto; gli interventi sono conformi dal punto di vista geologico al P.A.I.-Fiume Po e al Piano Regolatore Comunale.

### 3.0. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO

In ottemperanza a quanto indicato dalle Norme Tecniche sulle Costruzioni, nei paragrafi successivi viene esposta la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito, che consiste nella ricostruzione delle peculiarità litologiche, stratigrafiche, strutturali, idrogeologiche, geomorfologiche e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, in accordo con quanto evidenziato negli elaborati tematici consultati a livello di bacino ed a scala comunale. Sono di seguito riassunte tutte le risultanze conseguenti.

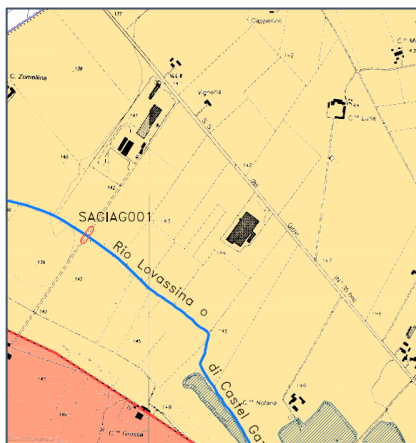
#### 3.1. profilo geologico – geomorfologico

L'area di interesse si è sviluppata sulla parte meridionale della pianura alessandrina ad una quota media di circa 140 m s.l.m.m.

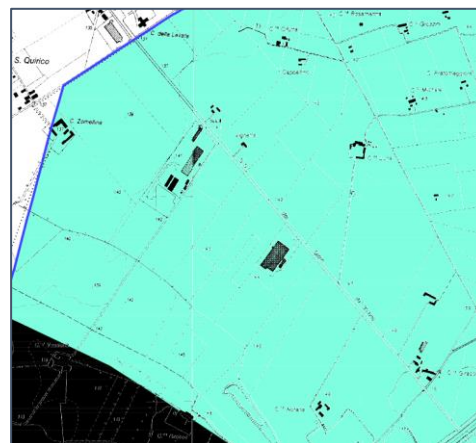
In accordo con la cartografia di riferimento ISPRA Carta Geologica d'Italia Fg. 70 **Alessandria (Fig.3)**, e la Carta Geologica, geomorfologica e del reticolo idrografico minore allegata al PRG, l'area in esame insiste sui sedimenti appartenenti alle *Fluviale recente fl<sup>3</sup>*, costituiti da *alluvioni ghiaiose sabbiose e argillose*. Essi



presentano una potenza rilevante, compresa tra 40 m e 50 m, sovrastano i depositi fluvio-lacustri più antichi e le formazioni plioceniche.



FLUVIALE RECENTE  
Ghiaie e ciottoli in sabbie grossolane e matrice fine limosa  
con modesta alterazione superficiale (interglaciale Riss-Wurm)



Ghiaie e ciottoli in sabbie grossolane e matrice fine limosa  
con modesta alterazione superficiale-fluviale recente

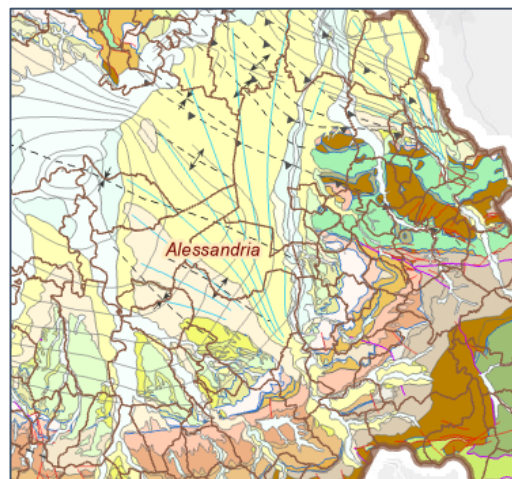
Carta geologica PRG

Carta litotecnica PRG

Essi sono derivanti dal trasporto solido del T. Scrivia che ha formato un ampio conoide alluvionale che si estende fino alla confluenza del F. Bormida e F. Tanaro ed è delimitato a W dal T. Orba e a E dallo stesso T. Scrivia.

In una vicina cava è possibile osservare direttamente la sequenza stratigrafica dei primi 5-8 m di terreno: un primo livello, di spessore pari a circa 1.0 m, è costituito dal terreno agricolo con tessitura prevalentemente franco limosa, successivamente sono presenti i depositi prevalentemente ghiaiosi, costituiti da clasti sub-arrotondati e discoidali, eterometrici e poligenici, in scarsa matricie sabbiosa-limosa. È conservata l'embriciatura dei ciottoli dovuta dalla paleocorrente dello Scrivia. I depositi risultano essere caratterizzati da un'alterazione superficiale comportando una colorazione da bruno-rossastra a giallo ocra.

Dal punto di vista tettonico, l'area su cui insiste il territorio di Pozzolo Formigaro, ricade nella sinclinale con asse orientato E-W, delimitata a S dall'arco preappenninico, a NW dalla Collina di Alessandria e Valenza e a E-NE dallo sperone di Tortona. Il substrato presenta l'immersione verso NE con inclinazione di circa 15°-20°.



La conformazione morfologica è attinente a quella dei terrazzi fluviali che si sono impostati in sinistra idrografica al T. Scrivia, sui depositi di conoide. I terrazzi decrescono in altezza verso valle e risulta essere difficile delimitarli. L'area è generalmente sub-pianeggiante, con pendenze inferiori al 5%.

La cartografia relativa *Tavola di delimitazione delle aree in dissesto* contenuta nel "*Piano stralcio per l'Assetto idrogeologico (PAI)*" l'area di stretto intervento, ricade al di fuori delle perimetrazioni di pericolosità geo-idrologica (**Fig.2**).

### 3.2. profilo idrologico – idrogeologico

Per l'area in oggetto dal punto di vista idrografico si segnala la presenza del Rio Lovassina o di Castelgazzo, che scorre da SE verso NW, lungo il confine meridionale del lotto. Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici, se ne rilevano tre principali:

- Complesso superficiale; rappresentato dal materasso alluvionale costituito da materiali grossolani ghiaioso-sabbiosi, depositatisi nel quaternario.
- Complesso Villafranchiano definito da ghiaie e sabbie di origine continentale e depositi fini lacustri.
- Complesso profondo rappresentato dai depositi di ambiente marino Pliocenici.



Accorpendo dal punto di vista stratigrafico i complessi a componente principale ghiaioso-sabbiosa il profilo idrogeologico può essere ridotto a due complessi principali corrispondenti al complesso superficiale e complesso profondo.

Il complesso superficiale è costituito da ghiaie e sabbie in matrice limosa e da alternanze di livelli limosi-argillosi piuttosto sottili, la cui potenza aumenta spostandosi da nord a sud.

Il complesso presenta un acquifero di tipo freatico la cui trasmissività varia mediamente da  $10^{-1}$  a  $10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s e la permeabilità da  $10^{-3}$  a  $10^{-6}$  m/s.

L'oscillazione del livello di falda, mostra un andamento ciclico con massimi relativi al periodo autunno-invernale e minimi tra settembre- ottobre. Tale andamento indica che gli effetti di siccità o precipitazioni prolungate si risentono, in falda, con un ritardo di circa un mese.

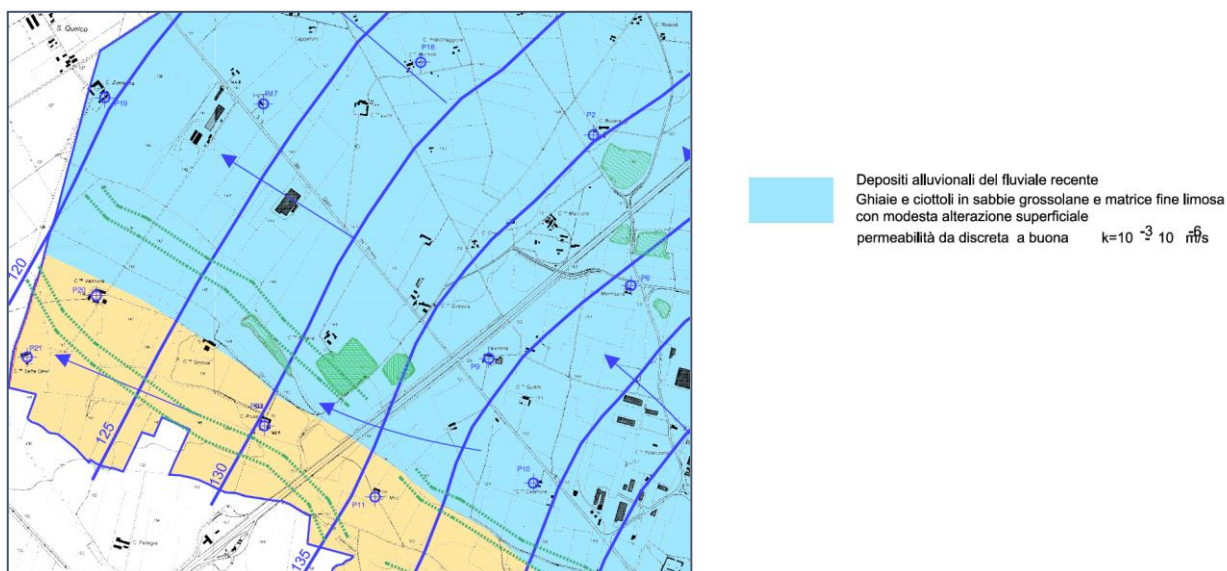
Il complesso inferiore, estremamente eterogeneo, è costituito da strati limoso-argillosi abbastanza potenti alternati a strati sabbiosi e ghiaiosi. Questo complesso è sede di un acquifero multistrato, solitamente in pressione e che presenta locali condizioni di artesianità.

L'area su cui si estendono i terreni di interesse, è compresa tra le isopiezometriche 135 e 125 con la soggiacenza della falda ad una profondità compresa tra 14.0 e 18.0 m, in funzione della stagione.

Misurazioni eseguite nei pozzi vicini, pongono la profondità della falda a circa

| Pozzo        | Soggiacenza in m da p.c. |
|--------------|--------------------------|
| C. Luna      | 15.75                    |
| C. Vignetti  | 19.0                     |
| C. Zomellina | 18.1                     |
| C.to Michele | 17.5                     |

La morfologia della superficie freatica evidenzia un flusso idrico sotterraneo caratterizzato da un andamento generale in direzione SSE-NNO.



Carta idrogeologica PRG

### 3.4. Permeabilità dei terreni

In linea generale i depositi alluvionali ghiaiosi limosi del Fluviale medio sono caratterizzati da una bassa permeabilità superficiale per la notevole presenza di materiale fine argilloso e da un modesto aumento con la profondità. Il carattere prevalentemente sabbioso-siltoso e argilloso dei depositi superficiali limita l'infiltrazione in sottoterraneo delle acque meteoriche a favore dello scorrimento superficiale.

I terreni ascritti al fluviale recente (ghiaie e ciottoli immersi in matrice sabbiosa/limosa) sono generalmente definiti da buona permeabilità sia verticale che orizzontale.

Vengono di seguito forniti alcuni valori indicativi relativi ai coefficienti di permeabilità delle diverse litologie desunti dalla bibliografia specialistica disponibile in ambito provinciale:

- il Fluviale recente ( $fl^3$ ) è caratterizzato da una discreta/buona permeabilità ( $k = 10^{-2} - 10^{-6}$  m/sec).
- le coperture loessiche sono caratterizzate da una permeabilità da bassa a molto bassa ( $k = 10^{-7} - 10^{-9}$  m/sec)

Dall'analisi della prova di permeabilità in sito eseguita nell'area di studio, è stato ottenuto un valore del coefficiente di permeabilità  $k$  pari a  $3.33 \cdot 10^{-4}$  m/s.

Le misure ottenute sono descritte nel paragrafo successivo.

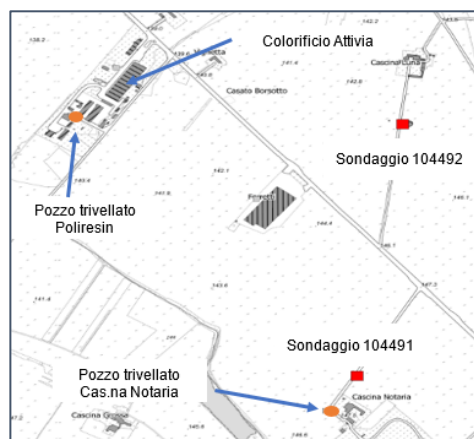
#### 4.0. INDAGINI IN SITO

Per la definizione dell'assetto stratigrafico del sito d'intervento è fatto riferimento ad una serie di indagini disponibili in bibliografia o eseguite ad altro titolo nell'immediato intorno. Nella successiva fase progettuale esecutiva saranno eseguite specifiche indagini in sito di carattere geotecnico ed idrogeologico per l'area di stretto intervento.

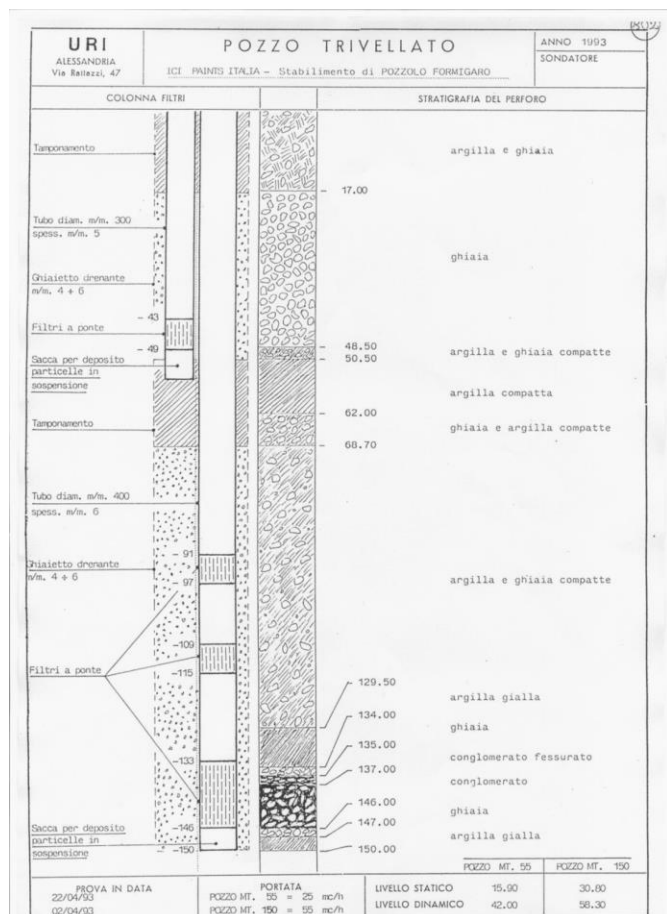
##### 4.1. indagini pregresse

Facendo riferimento alla Banca dati delle indagini geognostiche di ARPA Piemonte e da indagini eseguite nell'intorno, si riportano alcuni dei risultati derivanti da sondaggi e prove penetrometriche, eseguiti nelle aree limitrofe al sedime di riferimento, in particolare:

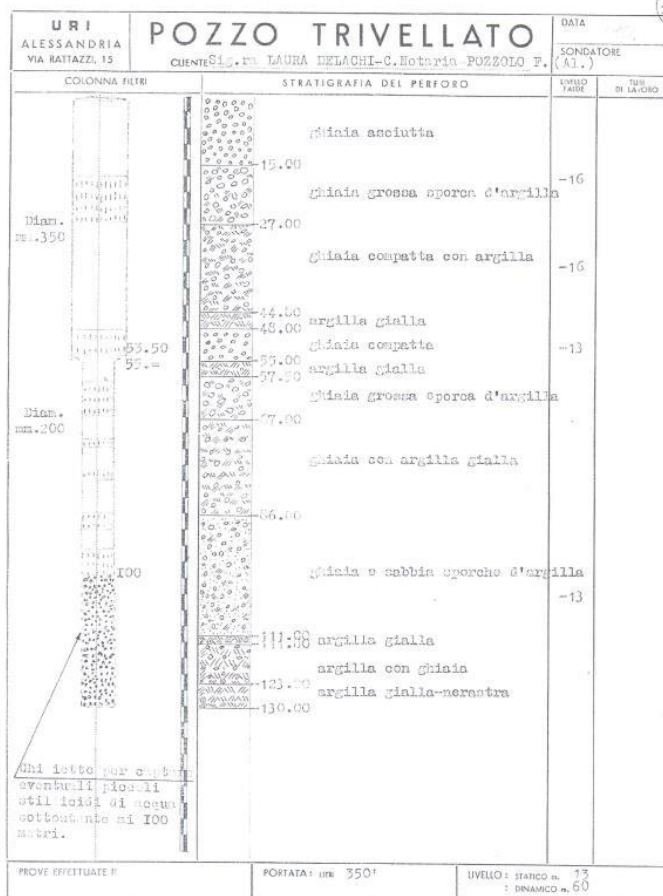
- Pozzo trivellato nel 1993 presso la Poliresin;
- Pozzo trivellato nel 1966 presso Cascina Notaria;
- Sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nel 2000 presso il colorificio Attivia;
- Sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nel 2001 a sostegno della progettazione della linea AV/AC Milano – Genova, identificati con i codici 104491 e 104492;
- campagna geognostica a supporto del dell'approvazione del PEC 1 (2006) nel sedime oggetto dell'attuale progetto in oggetto
- indagini di sismica passiva a corredo della relazione geologica redatta dallo scrivente, a supporto della Verifica di Assoggettabilità a VIA, riguardanti il progetto di realizzazione di un nuovo impianto logistico, nei terreni prospicienti la Strada Provinciale n.35 bis dei Giovi, nel Comune di Pozzolo Formigaro (AL), nell'area identificata come D1e (ex D2b Parco Commerciale);







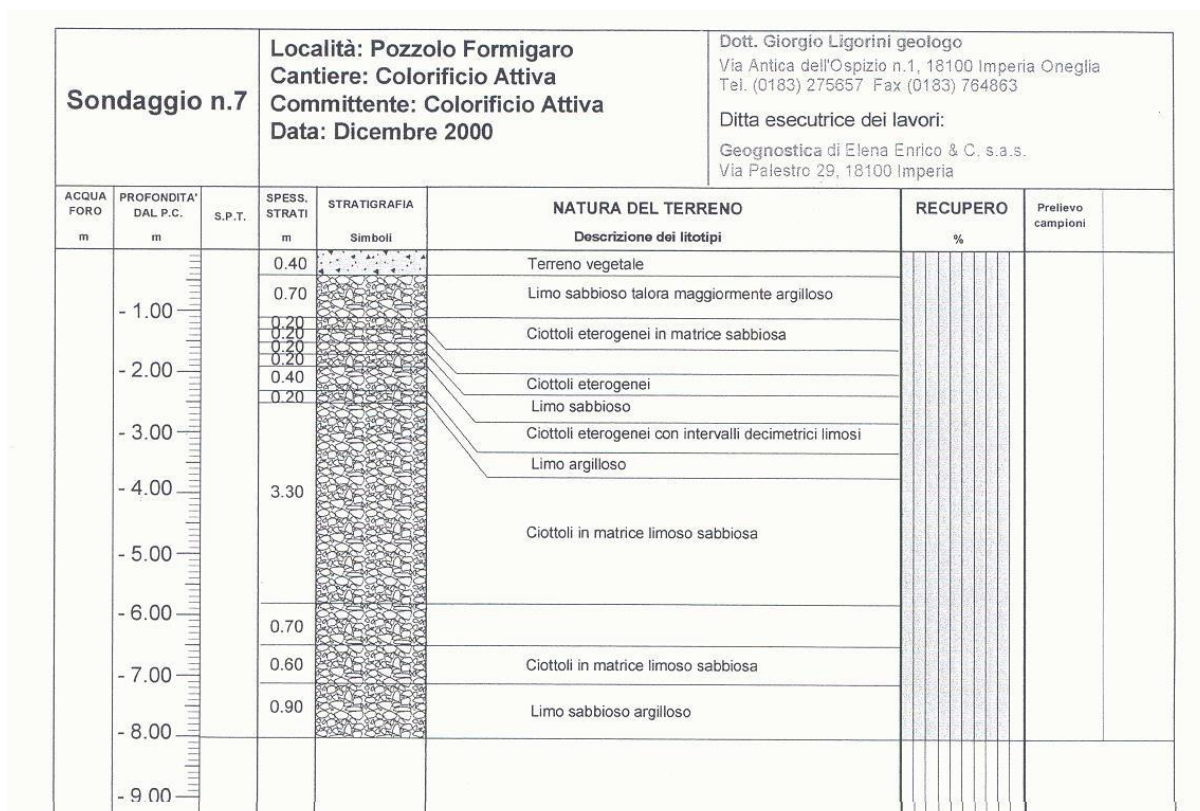
*Pozzo Poliresin (ex ICI Paints Italia)*



## Sondaggi Colorificio Attivia (alcune delle stratigrafie)

| Sondaggio n.4   |                           | Località: Pozzolo Formigaro<br>Cantiere: Colorificio Attiva<br>Committente: Colorificio Attiva<br>Data: Dicembre 2000 |                   |                         | Dott. Giorgio Ligorini geologo<br>Via Antica dell'Ospizio n.1, 18100 Imperia Oneglia<br>Tel. (0183) 275657 Fax (0183) 764863<br><br>Ditta esecutrice dei lavori:<br>Geognostica di Elena Enrico & C. s.a.s.<br>Via Palestro 29, 18100 Imperia |               |                   |  |
|-----------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------|--|
| ACQUA FORO<br>m | PROFONDITA' DAL P.C.<br>m | S.P.T.                                                                                                                | SPES. STRATI<br>m | STRATIGRAFIA<br>Simboli | NATURA DEL TERRENO<br>Descrizione dei litotipi                                                                                                                                                                                                | RECUPERO<br>% | Prelievo campioni |  |
|                 |                           |                                                                                                                       | 0.30              |                         | Terreno vegetale                                                                                                                                                                                                                              |               |                   |  |
|                 | -1.00                     |                                                                                                                       | 2.10              |                         | Limo argilloso, colore marrone; presenza di nylon a - 0.5 m                                                                                                                                                                                   |               |                   |  |
|                 | -2.00                     |                                                                                                                       |                   |                         |                                                                                                                                                                                                                                               |               |                   |  |
|                 | -3.00                     |                                                                                                                       | 2.40              |                         | Ciottoli eterogenei in matrice sabbiosa                                                                                                                                                                                                       |               |                   |  |
|                 | -4.00                     |                                                                                                                       |                   |                         |                                                                                                                                                                                                                                               |               |                   |  |
|                 | -5.00                     |                                                                                                                       | 0.20              |                         | limo sabbioso                                                                                                                                                                                                                                 |               |                   |  |
|                 | -6.00                     |                                                                                                                       | 1.10              |                         | Ciottoli in matrice limoso sabbiosa                                                                                                                                                                                                           |               |                   |  |
|                 | -7.00                     |                                                                                                                       | 1.90              |                         | Ciottoli in matrice limoso sabbiosa con intercalati livelli decimetrici di limo argilloso                                                                                                                                                     |               |                   |  |
|                 | -8.00                     |                                                                                                                       |                   |                         |                                                                                                                                                                                                                                               |               |                   |  |

| Sondaggio n.6   |                           | Località: Pozzolo Formigaro<br>Cantiere: Colorificio Attiva<br>Committente: Colorificio Attiva<br>Data: Dicembre 2000 |                   |                         | Dott. Giorgio Ligorini geologo<br>Via Antica dell'Ospizio n.1, 18100 Imperia Oneglia<br>Tel. (0183) 275657 Fax (0183) 764863<br><br>Ditta esecutrice dei lavori:<br>Geognostica di Elena Enrico & C. s.a.s.<br>Via Palestro 29, 18100 Imperia |               |                   |  |
|-----------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------|--|
| ACQUA FORO<br>m | PROFONDITA' DAL P.C.<br>m | S.P.T.                                                                                                                | SPES. STRATI<br>m | STRATIGRAFIA<br>Simboli | NATURA DEL TERRENO<br>Descrizione dei litotipi                                                                                                                                                                                                | RECUPERO<br>% | Prelievo campioni |  |
|                 |                           |                                                                                                                       | 0.50              |                         | Terreno vegetale                                                                                                                                                                                                                              |               |                   |  |
|                 | -1.00                     |                                                                                                                       | 0.20              |                         | Ciottoli con sabbia                                                                                                                                                                                                                           |               |                   |  |
|                 |                           |                                                                                                                       | 0.90              |                         | Limo argilloso, colore marrone                                                                                                                                                                                                                |               |                   |  |
|                 | -2.00                     |                                                                                                                       |                   |                         |                                                                                                                                                                                                                                               |               |                   |  |
|                 | -3.00                     |                                                                                                                       | 3.40              |                         |                                                                                                                                                                                                                                               |               |                   |  |
|                 | -4.00                     |                                                                                                                       |                   |                         |                                                                                                                                                                                                                                               |               |                   |  |
|                 | -5.00                     |                                                                                                                       |                   |                         |                                                                                                                                                                                                                                               |               |                   |  |
|                 | -6.00                     |                                                                                                                       | 2.00              |                         | Ciottoli eterogenei con sabbia con intercalati livelli decimetrici limosi                                                                                                                                                                     |               |                   |  |
|                 | -7.00                     |                                                                                                                       |                   |                         |                                                                                                                                                                                                                                               |               |                   |  |
|                 | -8.00                     |                                                                                                                       | 1.00              |                         | Limo debolmente argilloso                                                                                                                                                                                                                     |               |                   |  |



## Sondaggio 104491 Cascina Notaria

## Stratigrafia sintetica

| Profondita' (m) | Codice perforazione | Descrizione                                                                                                                       |
|-----------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0.20            | 104491              | riporto                                                                                                                           |
| 0.70            |                     | limo sabbioso con sparsi piccoli elementi lapidei consistente                                                                     |
| 3.80            |                     | ghiaia e sabbia in scarsa matrice limosa molto addensata                                                                          |
| 4.60            |                     | ghiaia addensata in discreta matrice limosa sabbiosa                                                                              |
| 10.20           |                     | ghiaia e elementi lapidei poligenici in matrice limo sabbiosa con presenza di piccoli livelli e intercalazioni limose e argillose |
| 10.45           |                     | ghiaietto e sabbia grossolana                                                                                                     |
| 13.40           |                     | ghiaia poligenica in discreta matrice limosa e limo sabbiosa molto addensato                                                      |
| 19.40           |                     | ghiaia poligenica molto addensata in matrice di limo sabbiosa e limo argilloso                                                    |
| 20.80           |                     | ghiaia ghiaietto in matrice limo sabbiosa addensata                                                                               |
| 23.30           |                     | ghiaia poligenica molto addensata in matrice limosa e argillosa limosa                                                            |
| 25.00           |                     | ghiaia poligenica molto addensata in discreta matrice limosa                                                                      |
| 35.30           |                     | ghiaia poligenica molto addensata in matrice limosa e limo argillosa sparsi elementi lapidei grossolani                           |
| 38.70           |                     | ghiaia poligenica addensata ghiaietto in discreta matrice limo sabbiosa e limosa                                                  |

## Prove di permeabilità in foro

| Codice Perforazione | Profondita' (m) | Unita' Lugeon (UL) | Permeabilita' (cm/s) | Tipologia di prova |
|---------------------|-----------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| 104491              | 3.80            | 0.00               | 3.82E-04             | LEFRANC            |
| 104491              | 24.00           | 0.00               | 4.16E-05             | LEFRANC            |

## Prove geotecniche in foro (SPT)

| Codice Perforazione | Profondità (m) | N1   | N2   | N3   | NSPT |
|---------------------|----------------|------|------|------|------|
| 104491              | 3.00           | 27   | 25   | -999 | -999 |
| 104491              | 6.10           | 5    | 6    | 5    | 11   |
| 104491              | 9.00           | 16   | 18   | 19   | 37   |
| 104491              | 12.00          | 17   | 20   | 38   | 58   |
| 104491              | 15.00          | 22   | 27   | 37   | 64   |
| 104491              | 18.00          | 18   | 30   | 42   | 72   |
| 104491              | 21.00          | -999 | 0    | 0    | -999 |
| 104491              | 24.00          | 48   | -999 | 0    | -999 |
| 104491              | 27.00          | 35   | 43   | 47   | 90   |
| 104491              | 30.00          | 44   | -999 | 0    | -999 |

NOTA: il valore -999 indica un rifiuto.

## Sondaggio 104492 Cascina Luna

## Stratigrafia sintetica

| Profondità (m) | Descrizione                                                                                 |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0.30           | terreno vegetale                                                                            |
| 0.65           | limo sabbioso molto consistente                                                             |
| 6.50           | ghiaia con sabbia in matrice limo sabbiosa da molto addensata a addensata                   |
| 15.20          | ghiaia poligenica in discreta matrice limo sabbiosa e limosa da addensata a molto addensata |
| 15.90          | limo debolmente sabbioso mediamente consistente                                             |
| 19.75          | ghiaia poligenica in discreta matrice limo sabbiosa e limosa molto addensata                |
| 21.55          | ghiaia poligenica in matrice limo sabbiosa e limo argillosa da addensata a molto addensata  |
| 21.65          | sabbia grossolana                                                                           |
| 30.95          | ghiaia poligenica in matrice limo sabbiosa e limo argillosa da addensata a molto addensata  |
| 31.40          | limo sabbioso consistente                                                                   |
| 40.00          | ghiaia poligenica in matrice limosa e limo argillosa                                        |

## Prove di permeabilità in foro

| Codice Perforazione | Profondità (m) | Unità Lugeon (UL) | Permeabilità (cm/s) | Tipologia di prova |
|---------------------|----------------|-------------------|---------------------|--------------------|
| 104492              | 11.00          | 0.00000           | 0.0018200000        | LEFRANC            |
| 104492              | 20.00          | 0.00000           | 0.0000500000        | LEFRANC            |
| 104492              | 30.00          | 0.00000           | 0.0000000000        | LEFRANC            |

## Prove geotecniche in foro (SPT)

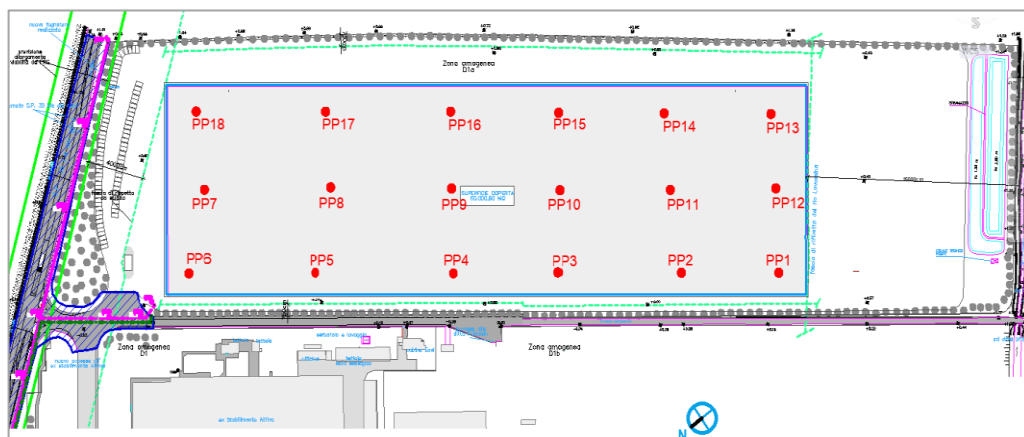
| Codice Perforazione | Profondità (m) | N1   | N2 | N3   | NSPT |
|---------------------|----------------|------|----|------|------|
| 104492              | 3.00           | 22   | 33 | 28   | 61   |
| 104492              | 6.00           | 15   | 18 | 21   | 39   |
| 104492              | 9.00           | 12   | 19 | 22   | 41   |
| 104492              | 12.00          | 22   | 27 | -999 | -999 |
| 104492              | 14.50          | 25   | 39 | 33   | 72   |
| 104492              | 18.00          | 28   | 31 | 25   | 56   |
| 104492              | 21.00          | 15   | 14 | 18   | 32   |
| 104492              | 24.00          | 23   | 27 | 30   | 57   |
| 104492              | 27.00          | 27   | 37 | 42   | 79   |
| 104492              | 30.00          | -999 | 0  | 0    | -999 |

NOTA: il valore -999 indica un rifiuto.

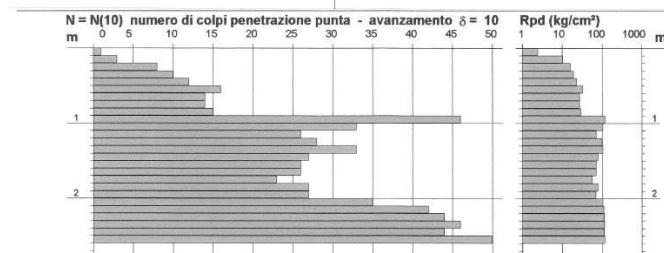


## Campagna geognostica PEC 1 (2006-2023)

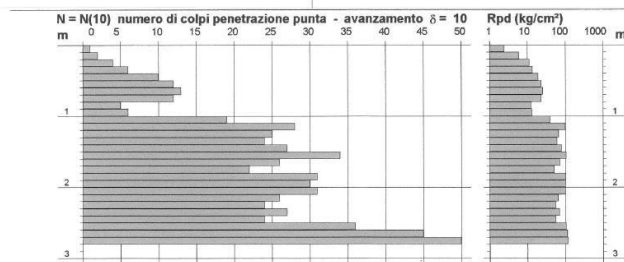
Per il progetto di PEC afferente all'areale d'interesse, sono state eseguite n. 18 prove penetrometriche. I profili N colpi/profondità, mostrano la presenza di un terreno prevalentemente ghiaioso con un elevato grado di addensamento. Si riportano di seguito per riferimento i risultati di n. 10 prove.



| PROVA PENETROMETRICA DINAMICA<br>TABELLE VALORI DI RESISTENZA |            |             |            |      |                                    |            |             |            |      | n° 2 |  |
|---------------------------------------------------------------|------------|-------------|------------|------|------------------------------------|------------|-------------|------------|------|------|--|
| - indagine : Geognostica D.M. 11-03-88                        |            |             |            |      | - data : 04/11/2006                |            |             |            |      |      |  |
| - cantiere : Capannoni per Logistica - Capannone C            |            |             |            |      | - quota inizio :                   |            |             |            |      |      |  |
| - località : Pozzolo Formigaro                                |            |             |            |      | - prof. falda : Falda non rilevata |            |             |            |      |      |  |
| - note :                                                      |            |             |            |      | - pagina : 1                       |            |             |            |      |      |  |
| Prof.(m)                                                      | N(colpi p) | Rpd(kg/cm²) | N(colpi r) | asta | Prof.(m)                           | N(colpi p) | Rpd(kg/cm²) | N(colpi r) | asta |      |  |
| 0,00 - 0,10                                                   | 1          | 3,9         | —          | 1    | 1,30 - 1,40                        | 33         | 121,7       | —          | 2    |      |  |
| 0,10 - 0,20                                                   | 3          | 11,6        | —          | 1    | 1,40 - 1,50                        | 27         | 99,6        | —          | 2    |      |  |
| 0,20 - 0,30                                                   | 8          | 31,0        | —          | 1    | 1,50 - 1,60                        | 26         | 95,9        | —          | 2    |      |  |
| 0,30 - 0,40                                                   | 10         | 38,8        | —          | 1    | 1,60 - 1,70                        | 26         | 95,9        | —          | 2    |      |  |
| 0,40 - 0,50                                                   | 12         | 46,6        | —          | 1    | 1,70 - 1,80                        | 23         | 84,8        | —          | 2    |      |  |
| 0,50 - 0,60                                                   | 16         | 62,1        | —          | 1    | 1,80 - 1,90                        | 27         | 99,6        | —          | 2    |      |  |
| 0,60 - 0,70                                                   | 14         | 54,3        | —          | 1    | 1,90 - 2,00                        | 27         | 94,9        | —          | 3    |      |  |
| 0,70 - 0,80                                                   | 14         | 54,3        | —          | 1    | 2,00 - 2,10                        | 35         | 123,0       | —          | 3    |      |  |
| 0,80 - 0,90                                                   | 15         | 58,2        | —          | 1    | 2,10 - 2,20                        | 42         | 147,7       | —          | 3    |      |  |
| 0,90 - 1,00                                                   | 46         | 169,7       | —          | 2    | 2,20 - 2,30                        | 44         | 154,7       | —          | 3    |      |  |
| 1,00 - 1,10                                                   | 33         | 121,7       | —          | 2    | 2,30 - 2,40                        | 46         | 161,7       | —          | 3    |      |  |
| 1,10 - 1,20                                                   | 26         | 95,9        | —          | 2    | 2,40 - 2,50                        | 44         | 154,7       | —          | 3    |      |  |
| 1,20 - 1,30                                                   | 28         | 103,3       | —          | 2    | 2,50 - 2,60                        | 50         | 175,8       | —          | 3    |      |  |



| PROVA PENETROMETRICA DINAMICA<br>TABELLE VALORI DI RESISTENZA |            |             |            |      |                                    |            |             |            |      | n° 3 |  |
|---------------------------------------------------------------|------------|-------------|------------|------|------------------------------------|------------|-------------|------------|------|------|--|
| - indagine : Geognostica D.M. 11-03-88                        |            |             |            |      | - data : 04/11/2006                |            |             |            |      |      |  |
| - cantiere : Capannoni per Logistica - Capannone B            |            |             |            |      | - quota inizio :                   |            |             |            |      |      |  |
| - località : Pozzolo Formigaro                                |            |             |            |      | - prof. falda : Falda non rilevata |            |             |            |      |      |  |
| - note :                                                      |            |             |            |      | - pagina : 1                       |            |             |            |      |      |  |
| Prof.(m)                                                      | N(colpi p) | Rpd(kg/cm²) | N(colpi r) | asta | Prof.(m)                           | N(colpi p) | Rpd(kg/cm²) | N(colpi r) | asta |      |  |
| 0,00 - 0,10                                                   | 1          | 3,9         | —          | 1    | 1,40 - 1,50                        | 27         | 99,6        | —          | 2    |      |  |
| 0,10 - 0,20                                                   | 2          | 7,8         | —          | 1    | 1,50 - 1,60                        | 34         | 125,4       | —          | 2    |      |  |
| 0,20 - 0,30                                                   | 4          | 15,5        | —          | 1    | 1,60 - 1,70                        | 26         | 95,9        | —          | 2    |      |  |
| 0,30 - 0,40                                                   | 6          | 23,3        | —          | 1    | 1,70 - 1,80                        | 22         | 81,1        | —          | 2    |      |  |
| 0,40 - 0,50                                                   | 10         | 38,8        | —          | 1    | 1,80 - 1,90                        | 31         | 114,3       | —          | 2    |      |  |
| 0,50 - 0,60                                                   | 12         | 46,6        | —          | 1    | 1,90 - 2,00                        | 30         | 105,5       | —          | 3    |      |  |
| 0,60 - 0,70                                                   | 13         | 50,4        | —          | 1    | 2,00 - 2,10                        | 31         | 109,0       | —          | 3    |      |  |
| 0,70 - 0,80                                                   | 12         | 46,6        | —          | 1    | 2,10 - 2,20                        | 26         | 91,4        | —          | 3    |      |  |
| 0,80 - 0,90                                                   | 5          | 19,4        | —          | 1    | 2,20 - 2,30                        | 24         | 84,4        | —          | 3    |      |  |
| 0,90 - 1,00                                                   | 6          | 22,1        | —          | 2    | 2,30 - 2,40                        | 27         | 94,9        | —          | 3    |      |  |
| 1,00 - 1,10                                                   | 19         | 70,1        | —          | 2    | 2,40 - 2,50                        | 24         | 84,4        | —          | 3    |      |  |
| 1,10 - 1,20                                                   | 28         | 103,3       | —          | 2    | 2,50 - 2,60                        | 36         | 126,6       | —          | 3    |      |  |
| 1,20 - 1,30                                                   | 25         | 92,2        | —          | 2    | 2,60 - 2,70                        | 45         | 159,2       | —          | 3    |      |  |
| 1,30 - 1,40                                                   | 24         | 88,5        | —          | 2    | 2,70 - 2,80                        | 50         | 175,8       | —          | 3    |      |  |



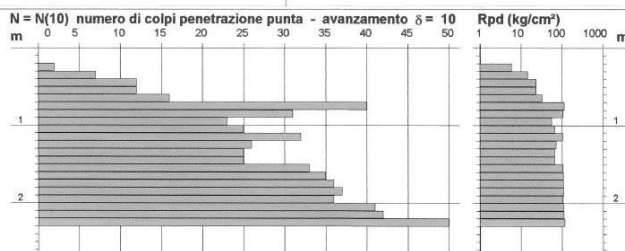
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

n° 4

|              |                                       |                  |                    |
|--------------|---------------------------------------|------------------|--------------------|
| - indagine : | Geognostica D.M. 11-03-88             | - data :         | 04/11/2006         |
| - cantiere : | Capannoni per Logistica - Capannone B | - quota inizio : |                    |
| - località : | Pozzolo Formigaro                     | - prof. falda :  | Falda non rilevata |
| - note :     |                                       | - pagina :       | 1                  |

| Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm²) | N(colpi r) asta | Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm²) | N(colpi r) asta |
|-------------|------------|-------------|-----------------|-------------|------------|-------------|-----------------|
| 0,00 - 0,10 | —          | —           | —               | 1,20 - 1,30 | 26         | 95,9        | —               |
| 0,10 - 0,20 | —          | —           | —               | 1,30 - 1,40 | 25         | 92,2        | —               |
| 0,20 - 0,30 | 2          | 7,8         | —               | 1,40 - 1,50 | 25         | 92,2        | —               |
| 0,30 - 0,40 | 7          | 27,2        | —               | 1,50 - 1,60 | 33         | 121,7       | —               |
| 0,40 - 0,50 | 12         | 46,6        | —               | 1,60 - 1,70 | 35         | 129,1       | —               |
| 0,50 - 0,60 | 12         | 46,6        | —               | 1,70 - 1,80 | 36         | 132,8       | —               |
| 0,60 - 0,70 | 16         | 62,1        | —               | 1,80 - 1,90 | 37         | 136,5       | —               |
| 0,70 - 0,80 | 40         | 155,2       | —               | 1,90 - 2,00 | 36         | 126,6       | —               |
| 0,80 - 0,90 | 31         | 120,3       | —               | 2,00 - 2,10 | 41         | 144,1       | —               |
| 0,90 - 1,00 | 23         | 84,8        | —               | 2,10 - 2,20 | 42         | 147,7       | —               |
| 1,00 - 1,10 | 25         | 92,2        | —               | 2,20 - 2,30 | 50         | 175,8       | —               |
| 1,10 - 1,20 | 32         | 118,0       | —               |             |            |             |                 |

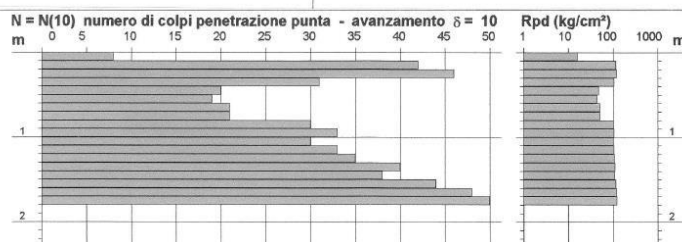

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

n° 6

|              |                                       |                  |                    |
|--------------|---------------------------------------|------------------|--------------------|
| - indagine : | Geognostica D.M. 11-03-88             | - data :         | 04/11/2006         |
| - cantiere : | Capannoni per Logistica - Capannone A | - quota inizio : |                    |
| - località : | Pozzolo Formigaro                     | - prof. falda :  | Falda non rilevata |
| - note :     |                                       | - pagina :       | 1                  |

| Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm²) | N(colpi r) asta | Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm²) | N(colpi r) asta |
|-------------|------------|-------------|-----------------|-------------|------------|-------------|-----------------|
| 0,00 - 0,10 | 8          | 31,0        | —               | 0,90 - 1,00 | 33         | 121,7       | —               |
| 0,10 - 0,20 | 42         | 162,9       | —               | 1,00 - 1,10 | 30         | 110,7       | —               |
| 0,20 - 0,30 | 46         | 178,4       | —               | 1,10 - 1,20 | 33         | 121,7       | —               |
| 0,30 - 0,40 | 31         | 120,3       | —               | 1,20 - 1,30 | 35         | 129,1       | —               |
| 0,40 - 0,50 | 20         | 77,6        | —               | 1,30 - 1,40 | 40         | 147,5       | —               |
| 0,50 - 0,60 | 19         | 73,7        | —               | 1,40 - 1,50 | 38         | 140,2       | —               |
| 0,60 - 0,70 | 21         | 81,5        | —               | 1,50 - 1,60 | 44         | 162,3       | —               |
| 0,70 - 0,80 | 21         | 81,5        | —               | 1,60 - 1,70 | 48         | 177,0       | —               |
| 0,80 - 0,90 | 30         | 116,4       | —               | 1,70 - 1,80 | 50         | 184,4       | —               |

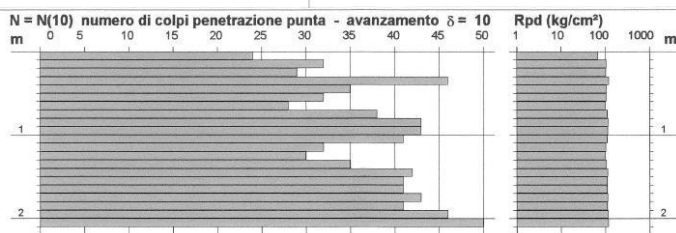

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

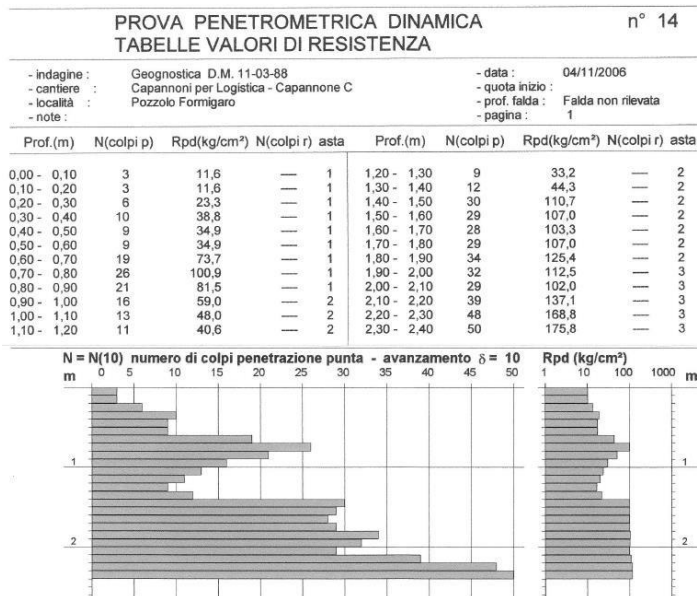
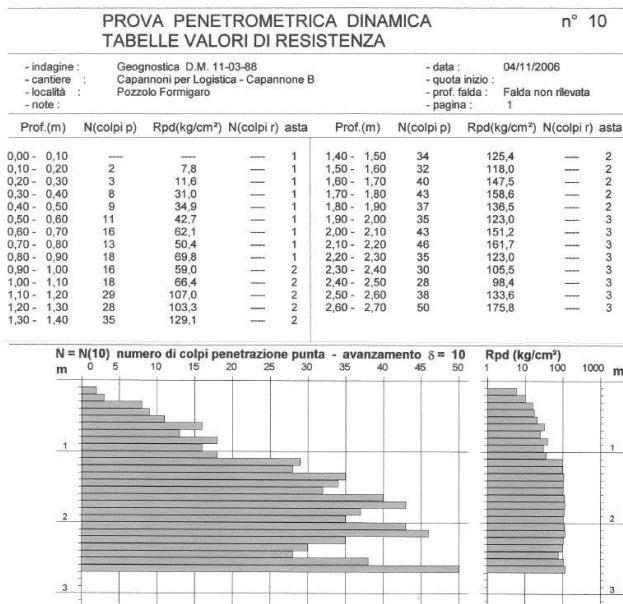
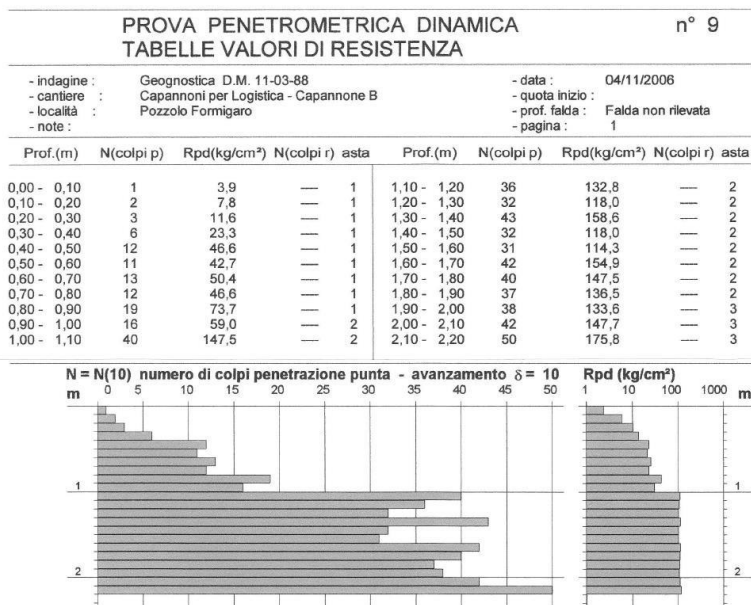
n° 7

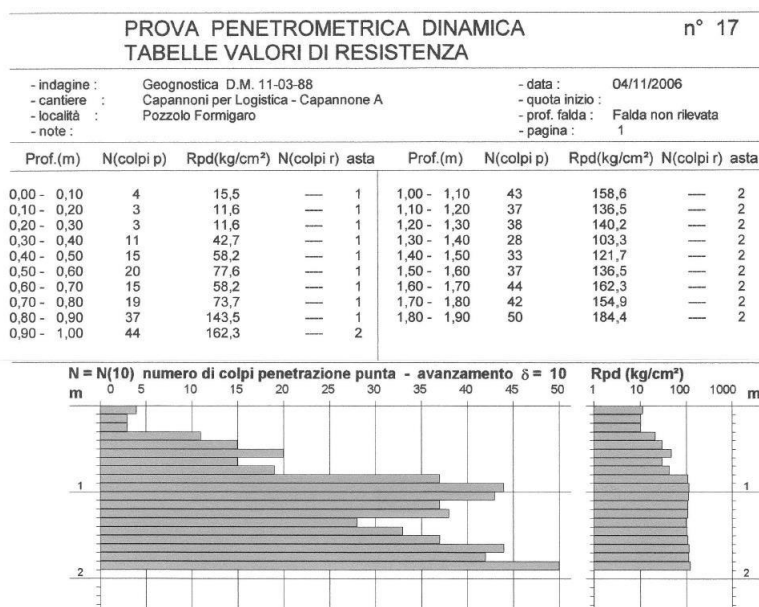
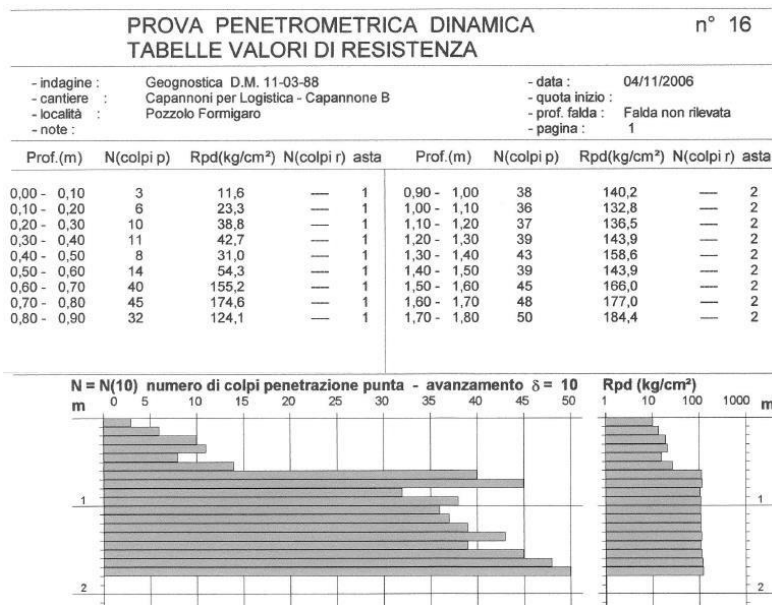
|              |                                       |                  |                    |
|--------------|---------------------------------------|------------------|--------------------|
| - indagine : | Geognostica D.M. 11-03-88             | - data :         | 04/11/2006         |
| - cantiere : | Capannoni per Logistica - Capannone A | - quota inizio : |                    |
| - località : | Pozzolo Formigaro                     | - prof. falda :  | Falda non rilevata |
| - note :     |                                       | - pagina :       | 1                  |

| Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm²) | N(colpi r) asta | Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm²) | N(colpi r) asta |
|-------------|------------|-------------|-----------------|-------------|------------|-------------|-----------------|
| 0,00 - 0,10 | 24         | 93,1        | —               | 1,10 - 1,20 | 32         | 118,0       | —               |
| 0,10 - 0,20 | 32         | 124,1       | —               | 1,20 - 1,30 | 30         | 110,7       | —               |
| 0,20 - 0,30 | 29         | 112,5       | —               | 1,30 - 1,40 | 35         | 129,1       | —               |
| 0,30 - 0,40 | 46         | 178,4       | —               | 1,40 - 1,50 | 42         | 154,9       | —               |
| 0,40 - 0,50 | 35         | 135,8       | —               | 1,50 - 1,60 | 41         | 151,2       | —               |
| 0,50 - 0,60 | 32         | 124,1       | —               | 1,60 - 1,70 | 41         | 151,2       | —               |
| 0,60 - 0,70 | 28         | 108,6       | —               | 1,70 - 1,80 | 43         | 158,6       | —               |
| 0,70 - 0,80 | 38         | 147,4       | —               | 1,80 - 1,90 | 41         | 151,2       | —               |
| 0,80 - 0,90 | 43         | 166,8       | —               | 1,90 - 2,00 | 46         | 161,7       | —               |
| 0,90 - 1,00 | 43         | 158,6       | —               | 2,00 - 2,10 | 50         | 175,8       | —               |
| 1,00 - 1,10 | 41         | 151,2       | —               |             |            |             |                 |







Nel 2023, nell'area d'intervento sono state eseguite prospezioni sismiche al fine di verificare l'assetto sismostratigrafico. In particolare è stata eseguita n.1 acquisizione MASW con Sismografo EEG-ABM-MARAHVIB.

La strumentazione utilizzata è costituita da:



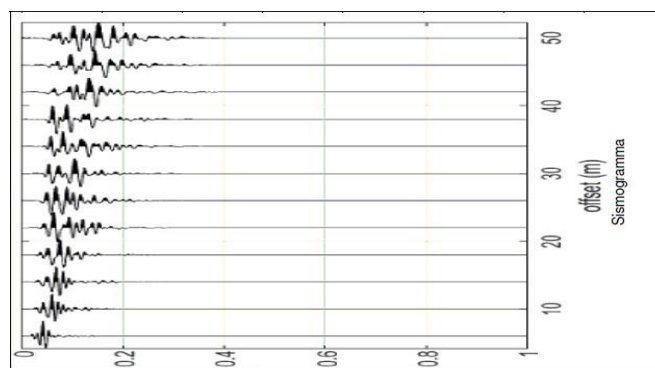
- Sismografo EEG-ABM-MARAHVIB
- geofoni a 4.5Hz
- fucile sismico o una mazza da 6 Kg

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

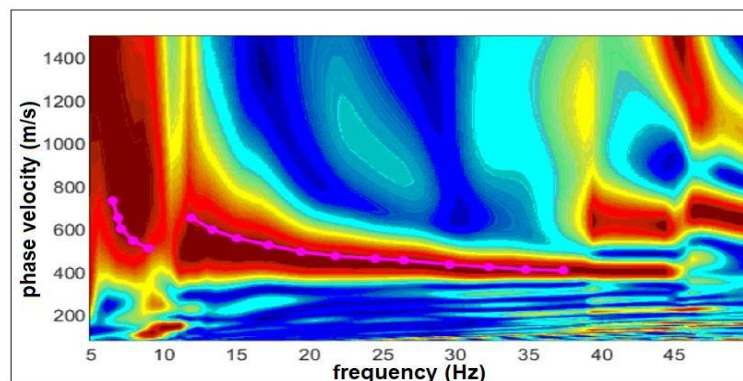
- acquisizione dei dati di campo; estrazione della curva di dispersione;
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità

Nel seguito sono riportati i risultati della prova MASW

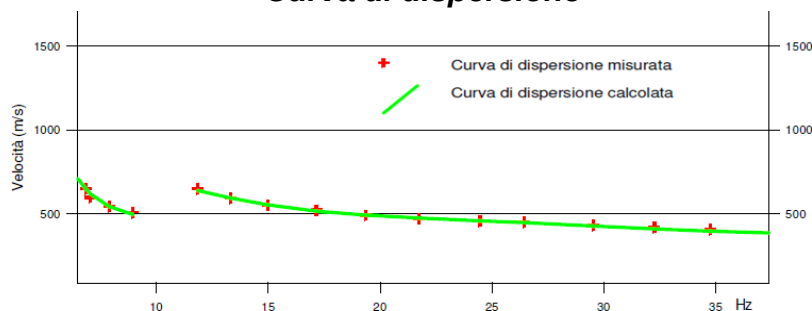
### ***Sismogramma ottenuto in fase di acquisizione***



### ***Immagine di dispersione dell'energia sismica***

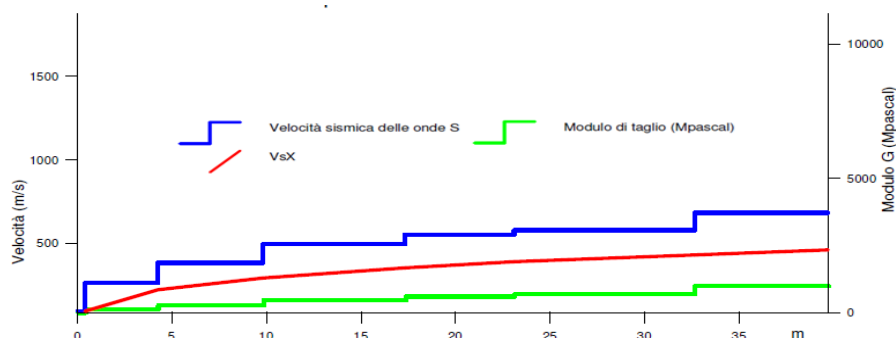


### ***Curva di dispersione***





### Modello del Terreno



L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS (e del modulo di taglio) e, di conseguenza, del parametro Vseq, risultato per il modello medio pari a **418 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

**TABELLA DI CALCOLO**

| Da Prof. | a Prof. | Vs  | Hi/Vi | VsX | G    |
|----------|---------|-----|-------|-----|------|
| 0        | .4      | 90  | .0045 | 90  | 13   |
| .4       | 4.2     | 259 | .0148 | 220 | 118  |
| 4.2      | 9.8     | 381 | .0147 | 289 | 273  |
| 9.8      | 17.3    | 492 | .0153 | 352 | 483  |
| 17.3     | 23.1    | 548 | .0105 | 387 | 616  |
| 23.1     | 32.7    | 576 | .0166 | 428 | 688  |
| 32.7     | 39.7    | 682 | .0104 | 458 | 1016 |

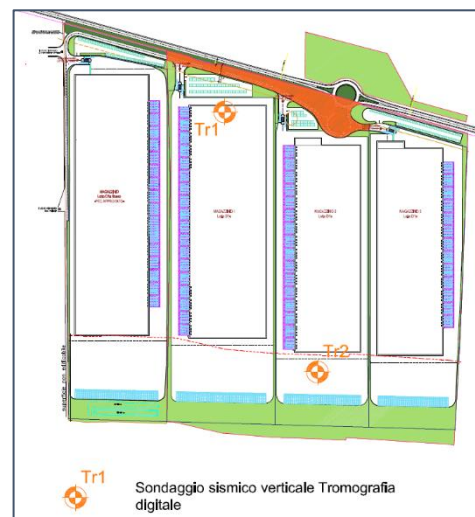
**VALORE CALCOLATO VS Eq. = 418 m/s**

### Campagna indagini verifica assoggettabilità VIA lotto D1e (2024)

Al fine di una verifica dell'assetto sismostratigrafico dell'area del lotto D1e, sono state effettuate dallo scrivente n.2 indagini di sismica passiva HVSR tramite strumento Tromino® (Moho S.r.l.), denominate Tr<sub>1</sub> e Tr<sub>2</sub>.

Le misure di microtremore ambientale sono state effettuate con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico.

Lo strumento Tromino (Moho S.r.l.), è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) ortogonali, orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V e senza cavi esterni.



Il rumore sismico ambientale è stato acquisito ad una frequenza di campionamento di 128 Hz, amplificato e digitalizzato a 24 bit equivalenti e registrato per 20 minuti. Lo strumento è stato posizionato sul terreno naturale.

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

- le curve H/V, ottenute col software Grilla in dotazione al tromografo Tromino®, con parametri:
- larghezza delle finestre d'analisi 20 sec;
- lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale;
- rimozione manuale dei transienti sulla serie temporale degli H/V.
- le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto (ottenute dopo analisi con gli stessi parametri del punto 1).

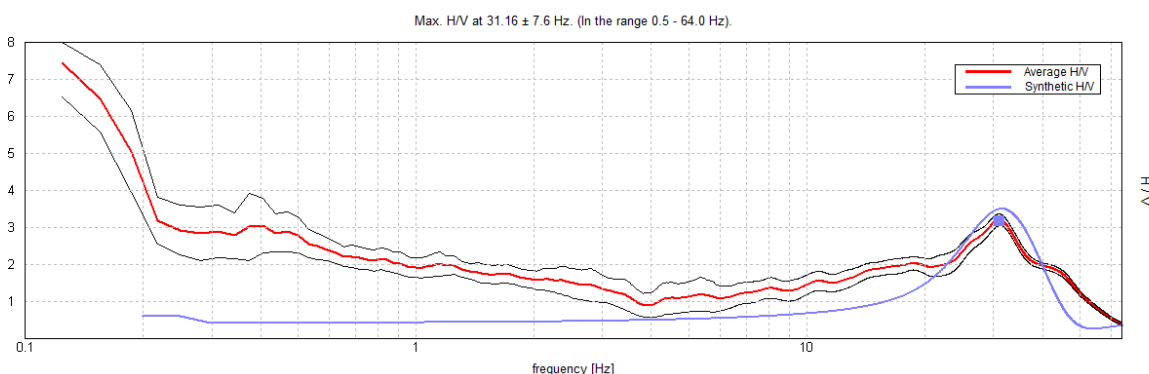
La ricerca dei picchi da interpretare è stata effettuata, congiuntamente, nel grafico H/V ed in quello degli spettri delle singole componenti. In particolare, i picchi H/V di origine stratigrafica sono quelli generati da un minimo nella componente verticale del moto, che significa minimo delle onde di Rayleigh alla frequenza di risonanza.

Le curve H/V sono state quindi invertite per ottenere il modello di sottosuolo (profilo di  $V_s$  medie) il cui corrispondente H/V teorico meglio approssima la curva H/V sperimentale. Tale modello è ottenuto dal fit vincolato della curva H/V secondo le procedure descritte in Castellaro e Mulargia (2009).

Dal profilo di  $V_s$  è stato ricavato il valore del parametro  $V_{seq}$ , valore che porta con sé un'incertezza stimata tipica dell'ordine del 20%.

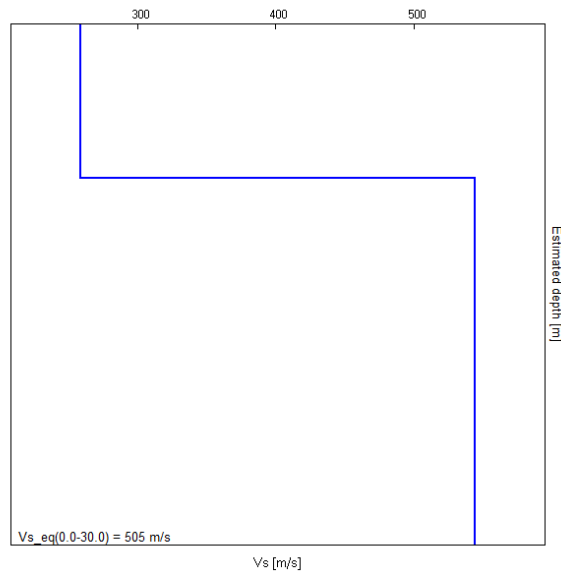
Di seguito l'interpretazione delle prove.

**Tr<sub>1</sub>** – Sulla curva H/V considerate le caratteristiche stratigrafiche, è presente un picco di origine stratigrafica alla frequenza di 31.16 Hz e la modellizzazione del sottosuolo propone il passaggio da terreni da poco a mediamente addensati ( $V_s=259$  m/s) e gli orizzonti profondi maggiormente consistenti ( $V_s = 544$  m/s). L'inversione vincolata della curva H/V indica il contatto tra i terreni a diversa consistenza ad una profondità di circa 2.10 m da p.c. La  $V_{seq}$  ricavata dalla prova è pari a 505 m/s.

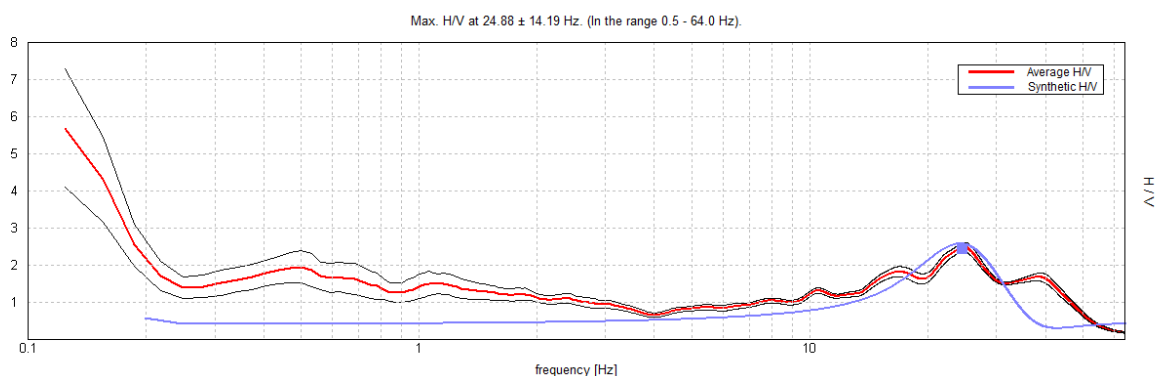


| Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson |
|---------------------------------------|--------------|----------|---------------------|
| 2.10                                  | 2.10         | 259      | 0.42                |
| inf.                                  | inf.         | 544      | 0.40                |

$$V_{s\_eq}(0.0-30.0) = 505 \text{ m/s}$$

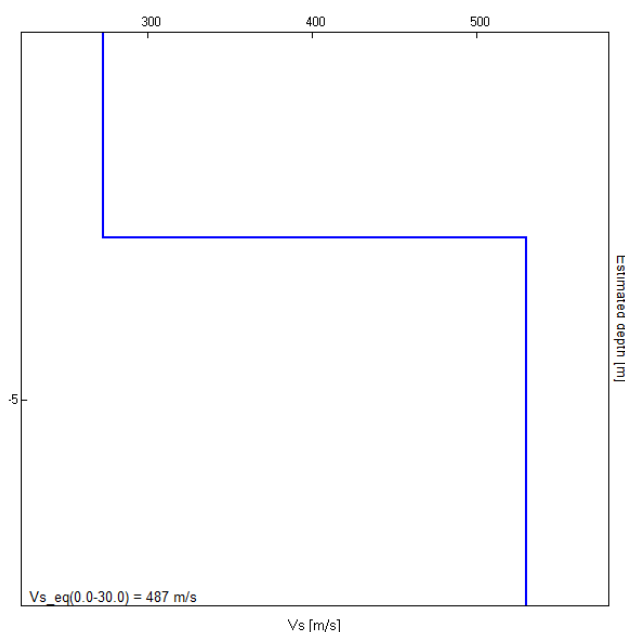


**Tr<sub>2</sub>** - Sulla curva H/V considerate le caratteristiche stratigrafiche, è presente un picco di origine stratigrafica alla frequenza di 24.88 Hz e la modellizzazione del sottosuolo propone il passaggio da terreni da poco a mediamente addensati ( $V_s=273$  m/s) e gli orizzonti profondi maggiormente consistenti ( $V_s= 530$  m/s). L'inversione vincolata della curva H/V indica il contatto tra i terreni a diversa consistenza ad una profondità di circa 2.80 m da p.c. La  $V_{seq}$  ricavata dalla prova è pari a 487 m/s.



| Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson |
|---------------------------------------|--------------|----------|---------------------|
| 2.80                                  | 2.80         | 273      | 0.42                |
| inf.                                  | inf.         | 530      | 0.42                |

$$V_{s\_eq}(0.0-30.0) = 487 \text{ m/s}$$



#### 4.2. indagini eseguite nell'attuale fase di studio

Nell'attuale fase di approfondimenti, per determinare direttamente la stratigrafia dei terreni interessati dalle opere e definire sperimentalmente il coefficiente di permeabilità  $k$ , sono stati eseguiti n.9 pozzetti esplorativi con escavatore con benna a cucchiaio rovescio, denominati PE<sub>1-9</sub>. Entro il pozzetto PE<sub>5</sub> è stata effettuata una prova di permeabilità in sito a carico variabile secondo le *Raccomandazioni A.G.I.* (1977), al fine di dimensionare il sistema disperdente delle acque meteoriche (vedi *Relazione Invarianza idraulica*). L'ubicazione delle prove è riportata nell'allegata planimetria (**Fig.4**).

La stratigrafia derivante dai pozzetti prevede in sintesi:

PE<sub>1</sub>

- da 0.00 m a 0.50 m: Limo sabbioso con ghiaia, colore rossastro;
- da 0.50 m a 2.50 m: Ghiaia in scarsa matrice limo-sabbiosa, ciottoli eterometrici sub arrotondati, molto addensato, colore da rossastro a ocra.

PE<sub>2</sub>

- da 0.00 m a 0.30 m: Limo sabbioso con ghiaia, colore rossastro;
- da 0.30 m a 1.10 m: Ghiaia in scarsa matrice limo-sabbiosa, ciottoli eterometrici sub arrotondati, molto addensato, colore da rossastro a ocra.

PE<sub>3</sub>

- da 0.00 m a 0.80 m: Limo sabbioso con ghiaia, colore rossastro;
- da 0.80 m a 1.30 m: Ghiaia in scarsa matrice limo-sabbiosa, ciottoli eterometrici sub arrotondati, molto addensato, colore da rossastro a ocra.

PE<sub>4</sub>

- da 0.00 m a 0.50 m: Limo sabbioso con ghiaia, colore rossastro;
- da 0.50 m a 1.50 m: Ghiaia in scarsa matrice limo-sabbiosa, ciottoli eterometrici sub arrotondati, molto addensato, colore da rossastro a ocra.

PE<sub>5</sub>

- da 0.00 m a 0.50 m: Limo sabbioso con ghiaia, colore rossastro;
- da 0.50 m a 1.10 m: Ghiaia in scarsa matrice limo-sabbiosa, ciottoli eterometrici sub arrotondati, molto addensato, colore da rossastro a ocra.

PE<sub>6</sub>

- da 0.00 m a 0.70 m: Limo sabbioso con ghiaia, colore rossastro;
- da 0.70 m a 1.30 m: Ghiaia in scarsa matrice limo-sabbiosa, ciottoli eterometrici sub arrotondati, molto addensato, colore da rossastro a ocra.

PE<sub>7</sub>

- da 0.00 m a 1.10 m: Limo sabbioso con ghiaia, colore rossastro;
- da 1.10 m a 1.60 m: Ghiaia in scarsa matrice limo-sabbiosa, ciottoli eterometrici sub arrotondati, molto addensato, colore da rossastro a ocra.

PE<sub>8</sub>

- da 0.00 m a 1.20 m: Limo sabbioso con ghiaia, colore rossastro;
- da 1.20 m a 1.80 m: Ghiaia in scarsa matrice limo-sabbiosa, ciottoli eterometrici sub arrotondati, molto addensato, colore da rossastro a ocra.

PE<sub>9</sub>

- da 0.00 m a 1.40 m: Limo sabbioso con ghiaia, colore rossastro;
- da 1.40 m a 1.70 m: Ghiaia in scarsa matrice limo-sabbiosa, ciottoli eterometrici sub arrotondati, molto addensato, colore da rossastro a ocra.

Il dettaglio delle stratigrafie e della documentazione fotografica è riportato in **Fig.6**.

La prova di permeabilità, eseguita nel pozzetto PE<sub>5</sub>, consiste nel valutare l'abbassamento del livello dell'acqua secondo intervalli di tempo prestabiliti, all'interno di uno scavo di dimensioni 0.55 m\*1.3 m\* 1.1 m.

Dalla prova si ricava il coefficiente di permeabilità  $k$  secondo questa relazione:

$$k = \frac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1} \frac{1 + \left(2 \frac{h_m}{b}\right)}{\left(27 \frac{h_m}{b} + 3\right)}$$

dove:

$h_m$  = altezza media dell'acqua nel pozzetto



$(h_m > d/4)$ ;

$t_2 - t_1$  = intervallo di tempo;

$h_2 - h_1$  = variazione di livello dell'acqua nell'intervallo  $t_2 - t_1$ ;

$b$  = lato della base del pozzetto.

L'esito delle prove ha consentito di determinare un coefficiente  $k$  compreso pari a  $3.33 \cdot 10^{-2}$  cm/s ( $3.33 \cdot 10^{-4}$  m/s), in linea ai valori medi per le ghiaie/terreni sabbioso ghiaiosi, compresi tra  $10^{-4}$  cm/s e  $10^{-2}$  cm/s (Cestari, 1990).

| Tipo di terreno                | Coefficiente di permeabilità $k$ (cm/s) |
|--------------------------------|-----------------------------------------|
| Ghiaia pulita                  | 1-10                                    |
| Sabbia pulita, sabbia e ghiaia | $10^{-3}$ -1                            |
| Sabbia molto fine              | $10^{-4}$ - $10^{-2}$                   |
| Limo                           | $10^{-6}$ - $10^{-4}$                   |
| Argilla omogenea sotto falda   | $<10^{-7}$                              |
| Argilla SC fessurata           | $10^{-6}$ - $10^{-2}$                   |

Il dettaglio della prova è riportato in **Fig.7**.

Al fine di una verifica dell'assetto sismostratigrafico dell'area, sono state effettuate n.2 indagini di sismica passiva HVSR tramite strumento Tromino® (Moho S.r.l.), denominate  $Tr_1$  e  $Tr_2$ .

Le misure sono state effettuate in modo analogo a quanto eseguito per la campagna di indagini per la verifica assoggettabilità VIA lotto D1e (2024), precedentemente descritte. Di seguito l'interpretazione delle prove.

**$Tr_1$**  - Sulla curva H/V sono stati identificati due picchi arrotondati di moderata ampiezza, il maggiore a **52.81 Hz** e il minore a **12.57 Hz**, entrambi di origine stratigrafica. Considerate le caratteristiche stratigrafiche il picco a 52.81 Hz corrisponde al passaggio tra i terreni limoso sabbiosi ( $V_s=180$  m/s) e i terreni ghiaiosi ( $V_s=360$  e  $550$  m/s). La  **$V_{seq}$**  ricavata dalla prova è pari a **471 m/s**.



**$Tr_2$**  - Sulla curva H/V sono stati identificati due picchi arrotondati di moderata ampiezza, il maggiore **52.81 Hz** e il minore a **15.71 Hz**, entrambi di origine stratigrafica. Considerate le caratteristiche stratigrafiche il picco a 52.81 Hz corrisponde al passaggio tra i terreni limoso sabbiosi ( $V_s=180$  m/s) e i terreni ghiaiosi ( $V_s=355$  e  $500$  m/s). La  **$V_{seq}$**  ricavata dalla prova è pari a **444 m/s**.



L'ubicazione delle prove è riportata in **Fig.4** mentre il dettaglio in **Fig.8**.

## 5.0. MODELLO GEOTECNICO DEL SITO

Sulla base delle indagini in sito eseguite e dei dati geotecnici disponibili (Relazioni geologiche precedenti, PRGC e Banche dati ARPA-Piemonte) è stato definito il seguente modello stratigrafico-geotecnico. In sintesi si indica la presenza di un primo orizzonte rimaneggiato dall'attività agricola a componente limoso sabbiosa di potenza compresa tra 0.3 e 1.4 m; lo spessore varia a causa del rimaneggiamento antropico che ha subito l'area (lavorazioni agricole e asportazione di materiale). Al di sotto si rileva un orizzonte ghiaioso prevalente con grado di addensamento elevato, afferente ai depositi alluvionali del "Fluviale recente".

Tutti gli elementi emersi nel corso delle indagini, hanno permesso di ricostruire le sezioni stratigrafiche interpretative (**Fig.5**), elaborate sulla base delle sezioni fornite dal progettista e preparate al fine di fornire l'immediata comprensione dei rapporti geometrici esistenti tra i terreni descritti.

Sono di seguito attribuiti ai livelli individuati i parametri geotecnici e geomeccanici medi, desunti dall'esperienza personale e dal confronto con prove di laboratorio condotte su materiali simili.

### ORIZZONTE SUPERFICIALE – limo sabbioso con ghiaia

Comportamento geotecnico: grana fine (terreni ML - MH)

Peso di volume:  $\gamma = 17 - 18 \text{ kN/m}^3$

Densità secca:  $15-16 \text{ kN/m}^3$

Coesione non drenata:  $c_u = 25 - 30 \text{ kPa}$

Coesione drenata:  $c' = 10 - 15 \text{ kPa}$

Angolo d'attrito efficace:  $\varphi' = 24^\circ - 26^\circ$

### DEPOSITI ALLUVIONALI FLUVIALE RECENTE– ghiaia in scarsa matrice limosa sabbiosa

Comportamento geotecnico: grana grossa (terreni GP)

Peso di volume:  $\gamma = 19 - 20 \text{ kN/m}^3$

Densità secca:  $18-19 \text{ kN/m}^3$

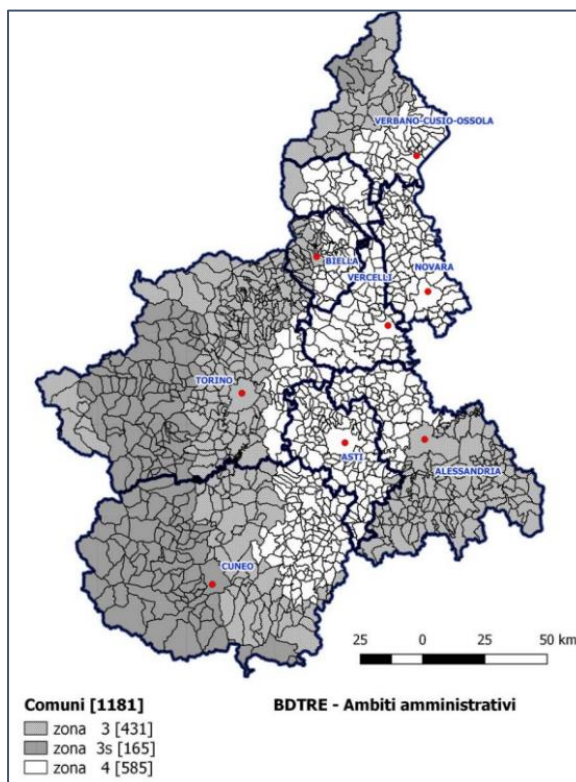
Coesione non drenata:  $c_u = 0 \text{ kPa}$

Coesione drenata:  $c' = 5 \text{ kPa}$

Angolo d'attrito efficace:  $\varphi' = 35^\circ - 37^\circ$

## 6.0. CONSIDERAZIONI DI CARATTERE SISMICO

### 6.1. pericolosità sismica di base



La “pericolosità sismica di base”, costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni e alle strutture connesse con il funzionamento di opere come i fabbricati produttivi.

Per quel che concerne la Normativa inerente la “classificazione sismica del territorio” (D.G.R. n. 6-887 del 30 dicembre 2019) è risultato che l’area di interesse, sita nel Comune di Pozzolo Formigaro rientra in **ZONA 3** alla quale è associato un valore di riferimento di  $a_g$  (accelerazione orizzontale di picco al suolo con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni)  $0,05 \leq a_g < 0,125g$ .

L’attuale classificazione sismica è stata definita dall’Università di Genova -

Dipartimento di Scienze della Terra dell’Ambiente e della Vita (DISTAV). Lo studio è stato condotto utilizzando la griglia di nodi di riferimento nazionale.

### 6.2. effetti di sito e definizione categoria di suolo

L’influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale può essere valutata, in prima approssimazione, ricavando la velocità equivalente delle onde S dal piano di posa fondazionale ( $V_{seq}$ ) e riconducendo l’assetto stratigrafico del sito ad una specifica categoria di sottosuolo.

Utilizzando le velocità ottenute durante le indagini eseguite è stato possibile definire la categoria del sottosuolo attraverso il calcolo del parametro  $V_{s,eq}$ , come definito dal D.M. Infrastrutture 17.01.2018 “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”. Rispetto alle normative precedenti, sono state ridefinite le categorie di sottosuolo dell’approccio semplificato escludendo le categorie S1 e S2.

Il parametro  $V_{s,eq}$  deriva dalla seguente espressione:

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

Dove:

$h_i$  = spessore dello stato i-esimo

$V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato

N = numero di strati

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/sec

Quindi la "velocità equivalente" riguarda esclusivamente gli orizzonti di terreno soprastanti il bedrock rigido con  $V_s > 800$  m/s e coincide con il "vecchio" parametro  $V_{s30}$  solo in caso di presenza di depositi di potenza superiore a 30 m oppure se la  $V_{s \max}$  è inferiore a 800 m/s.

Sviluppando l'equazione sulla base delle sole velocità misurate, utilizzando l'assetto stratigrafico accertato, tramite le indagini precedentemente descritte, viene di seguito riportato il parametro  $V_{s \text{ eq}}$  per ogni indagine sismica effettuata:

- $V_{s \text{ eq}}$  MASW (2023) = 481 m/s
- $V_{s \text{ eq}}$  Tr<sub>1</sub> lotto D1e (2024) = 505 m/s
- $V_{s \text{ eq}}$  Tr<sub>2</sub> lotto D1e (2024) = 487 m/s
- $V_{s \text{ eq}}$  Tr<sub>1</sub> D1a Boero (2025) = 471 m/s
- $V_{s \text{ eq}}$  Tr<sub>2</sub> D1a Boero (2025) = 444 m/s

con riferimento al profilo stratigrafico proposto nel presente documento e dalle indagini di sismiche presenti, si può ritenere valida una categoria di sottosuolo di **tipo B** che comprende *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.*

Per quanto riguarda gli effetti topografici, ovvero la modifica all'azione sismica indotta dalla geometria superficiale del terreno, la morfologia del sito di edificazione è stata associata alla categoria T1 (aree pianeggianti).

In allegato i parametri di pericolosità sismica (**Fig.9**).

### 6.3. esclusione alla verifica alla liquefazione

Per liquefazione s'intende un processo d'incremento della pressione del fluido interstiziale che causa, in un terreno non coesivo saturo (sabbia, ghiaia, limo non plastico), la diminuzione della resistenza a taglio a seguito dello scuotimento sismico, potendo dar luogo a deformazioni permanenti significative.

La liquefazione consiste quindi in una diminuzione della resistenza del terreno, a seguito del raggiungimento della condizione di fluidità. La perdita totale della resistenza viene raggiunta quando la pressione dell'acqua che riempie gli interstizi arriva a uguagliare la pressione di confinamento, rendendo nulle le tensioni efficaci trasmesse attraverso le particelle solide.

Una volta che un terremoto ha innescato il processo di liquefazione, la massa del suolo resta in movimento fino a che non raggiunge una nuova condizione di stabilità. Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione. In assenza d'interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.

Le NTC ed. 2018 richiedono di verificare che il sito sul quale è ubicato il nuovo manufatto risulti stabile nei confronti della liquefazione. Si definisce pertanto liquefazione, la riduzione di resistenza e/o rigidità causata durante un sisma, dall'aumento delle pressioni interstiziali in terreni saturi non coesivi, tale da provocare deformazioni permanenti significative o persino da indurre nel terreno una condizione di sforzi efficaci quasi nulli. Ciò può avvenire nei depositi di sabbie fini sciolte quando, sotto l'azione dei carichi applicati o di forze idrodinamiche, la pressione dell'acqua dei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento, cioè fino a quando gli sforzi efficaci si riducono a zero.

Di seguito si riportano le condizioni di **esclusione** dalla verifica di liquefazione così come indicate sulle NTC '18, ovvero quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove

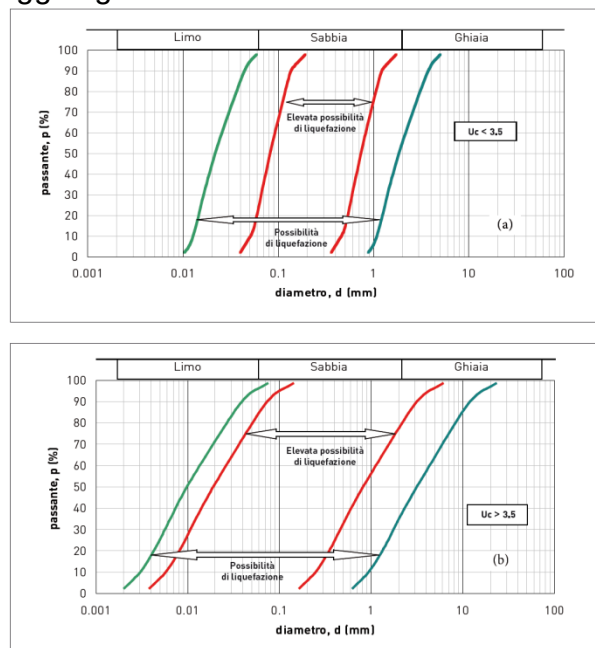


Figura 2.7.1-1: Fecce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b) (da AGI, 2005).

penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura a lato nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

Nel caso in oggetto le accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero (SLV) sono pari  $a_g = 0,080 g$  quindi  $< 0,1 g$ .

La coltre è costituita principalmente da ghiaia con sabbia. Il valore medio di  $(N_1)_{60}$  è stimato tra 40 e 43.

Essendo verificate almeno due delle quattro condizioni di esclusione, **NON** si rientra nella categoria dei terreni suscettibili di fenomeni di liquefazione.

## 7.0. CONCLUSIONI E GIUDIZIO DI COMPATIBILITÀ

Sulla base di quanto emerso nel corso delle indagini, il comparto analizzato risulta essere idoneo dal punto di vista geologico e idrogeologico ad ospitare le opere a progetto.

Attuando i sistemi di gestione e dispersione delle acque meteoriche intercettate dalle nuove superfici impermeabili, non si alterano le condizioni di drenaggio superficiale. Si rimanda all'apposita relazione per il dimensionamento delle opere di dispersione. Tenendo conto della ricostruzione dei caratteri di pericolosità geologica del territorio, analizzati nel presente elaborato tecnico, si esprime quindi un giudizio positivo in merito alla compatibilità geologica degli interventi a progetto in relazione agli strumenti di pianificazione del territorio vigenti a scala comunale e di bacino.

Genova, 7 maggio 2025

Geol. Luca Sivori





## ALLEGATI

|                          |                                               |
|--------------------------|-----------------------------------------------|
| <b><i>Figura n.1</i></b> | <i>Corografia dell'area (estratto C.T.R.)</i> |
| <b><i>Figura n.2</i></b> | <i>Estratti PAI e PRG</i>                     |
| <b><i>Figura n.3</i></b> | <i>Carta Geologica</i>                        |
| <b><i>Figura n.4</i></b> | <i>Planimetria dell'area</i>                  |
| <b><i>Figura n.5</i></b> | <i>Sezioni stratigrafiche</i>                 |
| <b><i>Figura n.6</i></b> | <i>Pozzetti esplorativi</i>                   |
| <b><i>Figura n.7</i></b> | <i>Permeabilità in sito</i>                   |
| <b><i>Figura n.8</i></b> | <i>Indagini HVSR</i>                          |
| <b><i>Figura n.9</i></b> | <i>Parametri sismici</i>                      |

---





PAI – Delimitazione aree in dissesto: nessuna perimetrazione



PRGC - Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica: Classe I

2

Estratti PAI-PRG area  
d'impianto

n.

figura

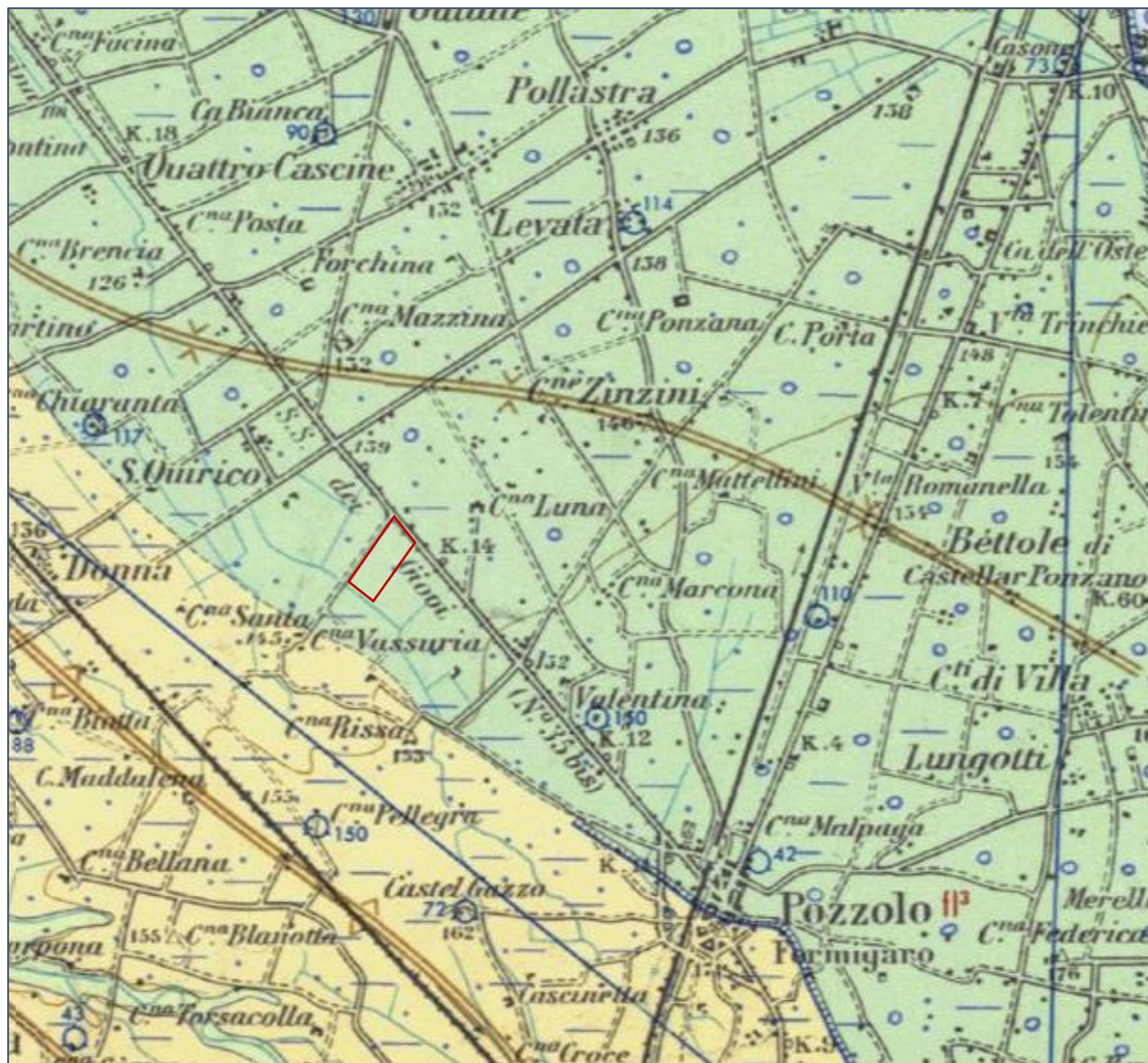
\\

Spett.le **FAP INVESTMENTS S.R.L.**

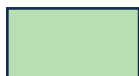
scala

committente





ISPRA Carta Geologica - Foglio 70 - Alessandria



**fl<sup>3</sup>** Fluviale recente

|       |                                        |
|-------|----------------------------------------|
| 3     | Carta geologica                        |
| n.    | figura                                 |
| \\    | Spett.le <b>FAP INVESTMENTS S.R.L.</b> |
| scala | committente                            |

4

Planimetria dell'area

n.

figura

1:2000

Spett.le **FAP INVESTMENTS S.R.L.**

scala

committente

---





5

Sezioni stratigrafiche

n.

figura

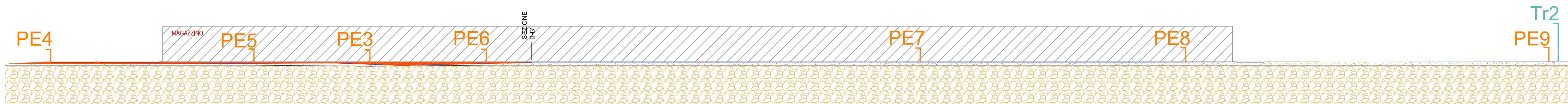
1:1250

Spett.le **FAP INVESTMENTS S.R.L.**

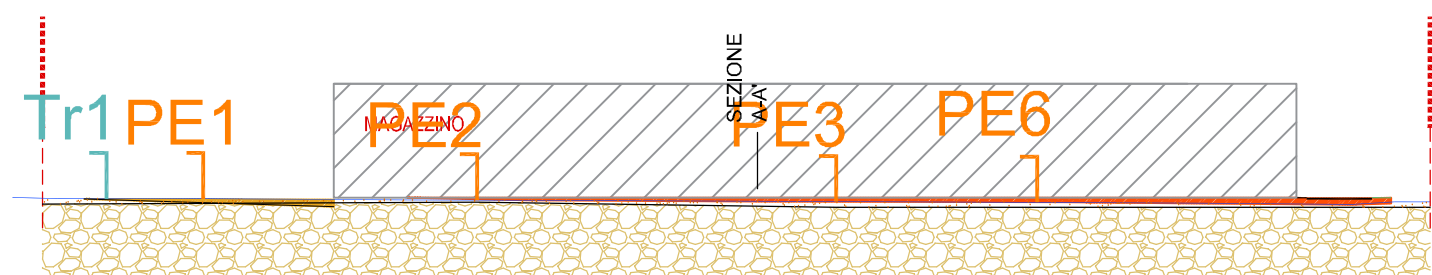
scala

committente

SEZIONE  
A-A'

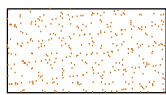


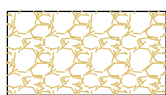
SEZIONE  
B-B'



Tr1  
1 Tromografia digitale, metodo HVSR

PE1  
1 Pozzetto esplorativo

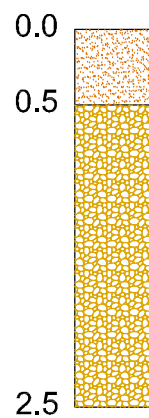
 Limo sabbioso con ghiaia, colore rossastro

 Ghiaia in matrice limo-sabbiosa, ciottoli eterometrici sub arrotondati, molto addensato, colore da rossastro a ocre

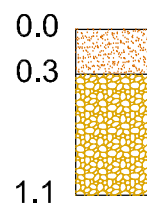
|       |                                        |
|-------|----------------------------------------|
| 6     | Pozzetti esplorativi                   |
| n.    | figura                                 |
| 1:50  | Spett.le <b>FAP INVESTMENTS S.R.L.</b> |
| scala | committente                            |

---

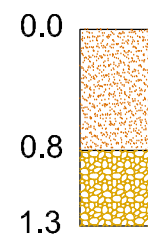
PE1



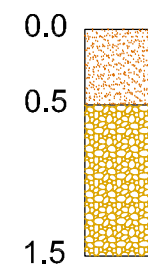
PE2



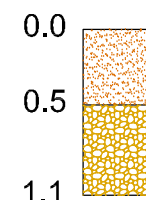
PE3



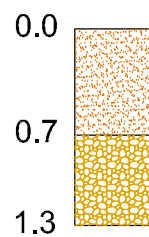
PE4



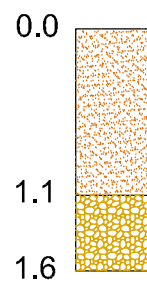
PE5



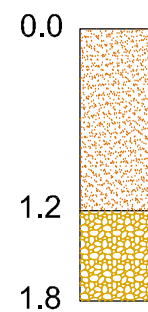
PE6



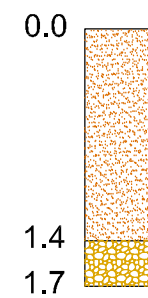
PE7



PE8



PE9



## LEGENDA

-  Limo sabbioso con ghiaia, colore rossastro
-  Ghiaia in scarsa matrice limo-sabbiosa, ciottoli eterometrici sub arrotondati, molto addensato, colore da rossastro a ocre





PE1



PE1 cumulo





PE2



PE2 cumulo





PE3



PE3 cumulo





PE4



PE4 cumulo





PE5



PE5 cumulo





PE6



PE6 cumulo





PE7



PE7 cumulo





PE8



PE8 cumulo





PE9



PE9 cumulo



PROVA PERMEABILITA' IN POZZETTO SUPERFICIALE

Secondo le raccomandazioni A.G.I., 1977

GENERALITA'

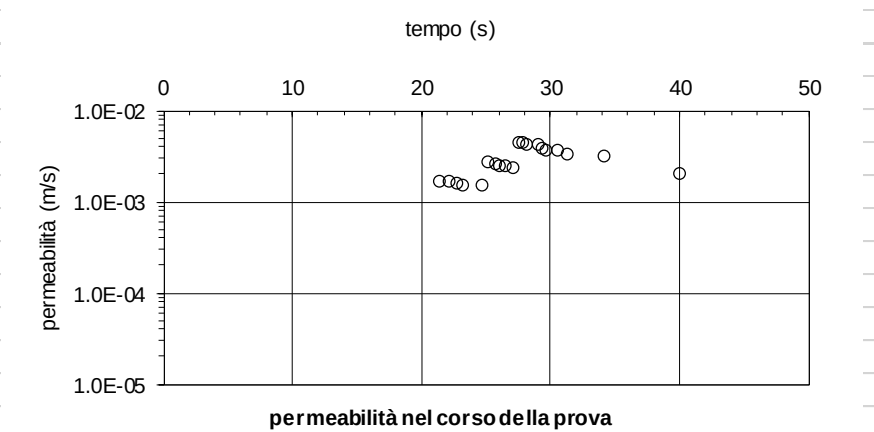
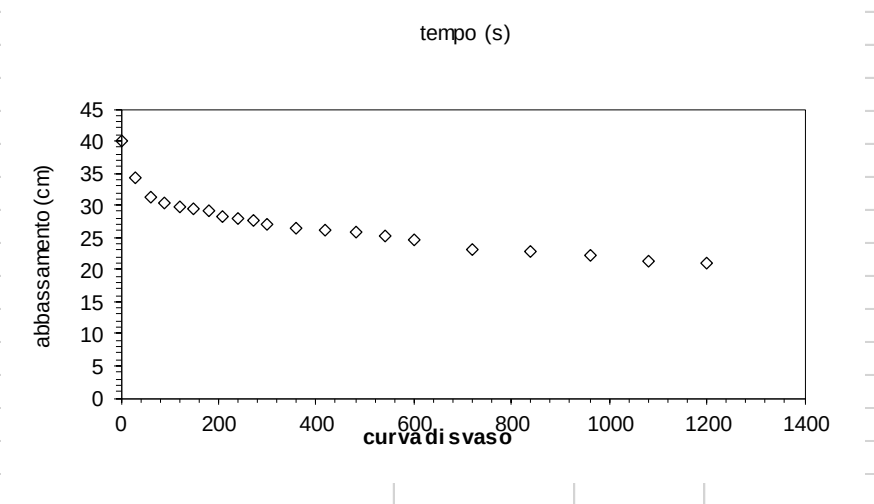
|                           |                          |  |  |
|---------------------------|--------------------------|--|--|
| cantiere:                 | POZZOLO FORMIGARO        |  |  |
| sondaggio:                | PE5                      |  |  |
| prova n.°:                | 1                        |  |  |
| data:                     | 30/4/25                  |  |  |
| materiale cella di prova: | Ghiaia con limo e sabbia |  |  |

DATI DI INGRESSO

|                               |     |    |
|-------------------------------|-----|----|
| profondità pozzetto da p.c.   | 110 | cm |
| altezza acqua inizio prova    | 40  | cm |
| diametro del foro             |     | cm |
| lato pozzetto                 | 55  | cm |
| livello di falda o fondo foro | 70  | cm |

COEFFICIENTE DI PERMEABILITA'

|  |          |      |
|--|----------|------|
|  | 3.33E-02 | cm/s |
|  | 3.33E-04 | m/s  |



7

Permeabilità in sito

n.

figura

\\

Spett.le **FAP INVESTMENTS S.R.L.**

scala

committente

|       |                                        |
|-------|----------------------------------------|
| 8     | Indagini HVSR                          |
| n.    | figura                                 |
| \\    | Spett.le <b>FAP INVESTMENTS S.R.L.</b> |
| scala | committente                            |

## POZZOLO FORMIGARO, D1A BOERO TR1

Strumento: TZB-0163/02-22

Formato dati: 32 bit

Fondo scala [mV]: 89

Inizio registrazione: 02/05/2025 09:53:03 Fine registrazione: 02/05/2025 10:13:03

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 92% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

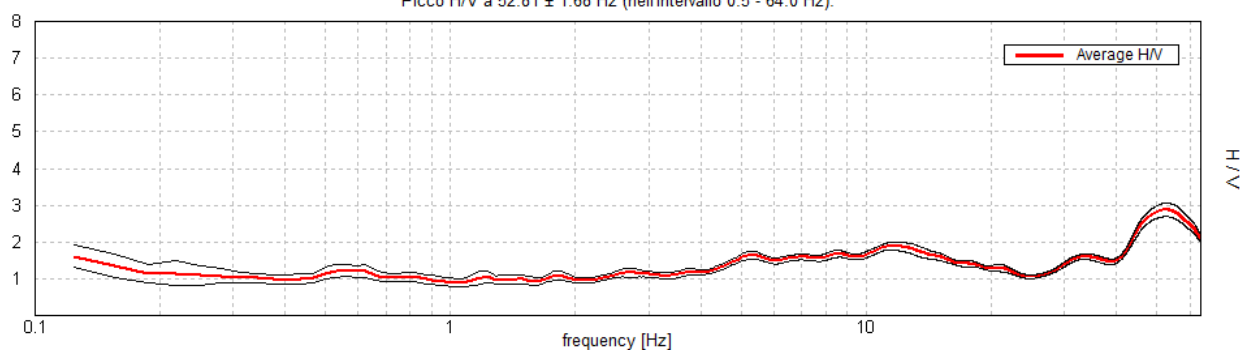
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

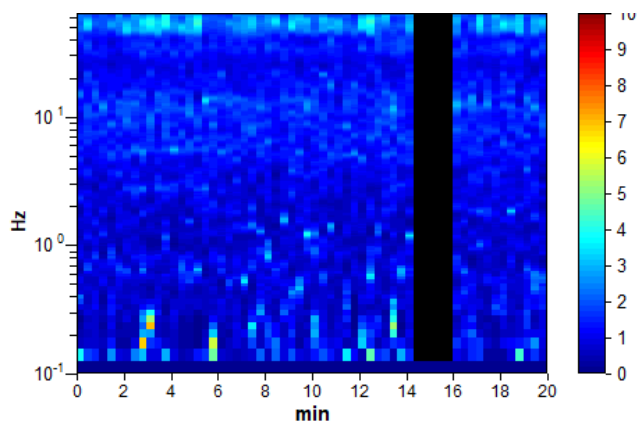
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

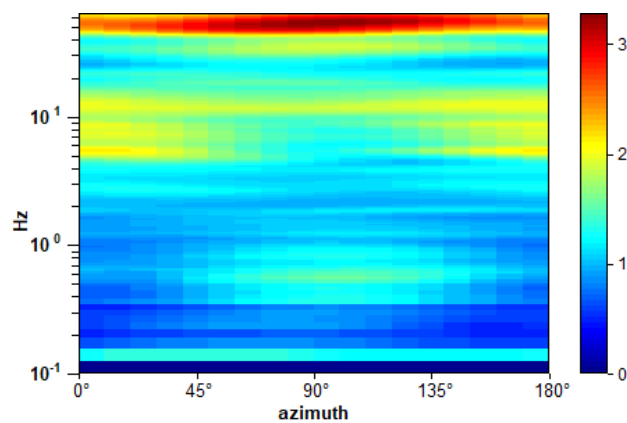
Picco H/V a  $52.81 \pm 1.68$  Hz (nell'intervallo 0.5 - 64.0 Hz).



### SERIE TEMPORALE H/V

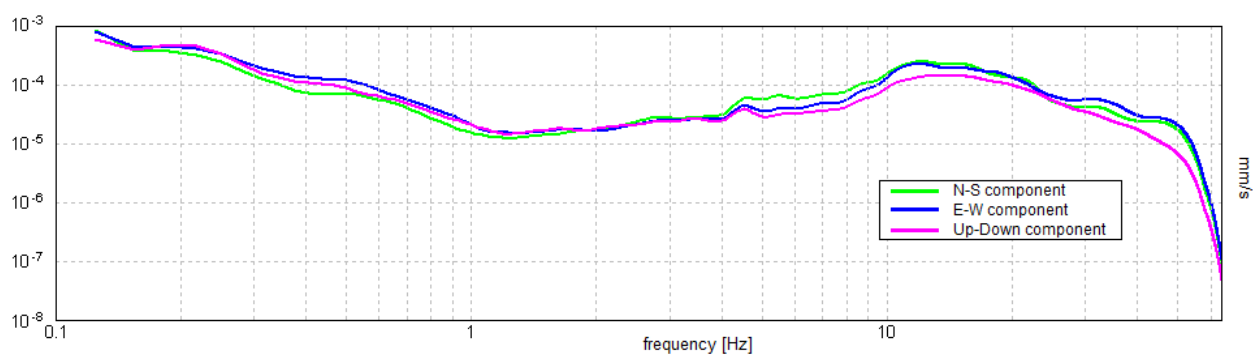


### DIREZIONALITA' H/V

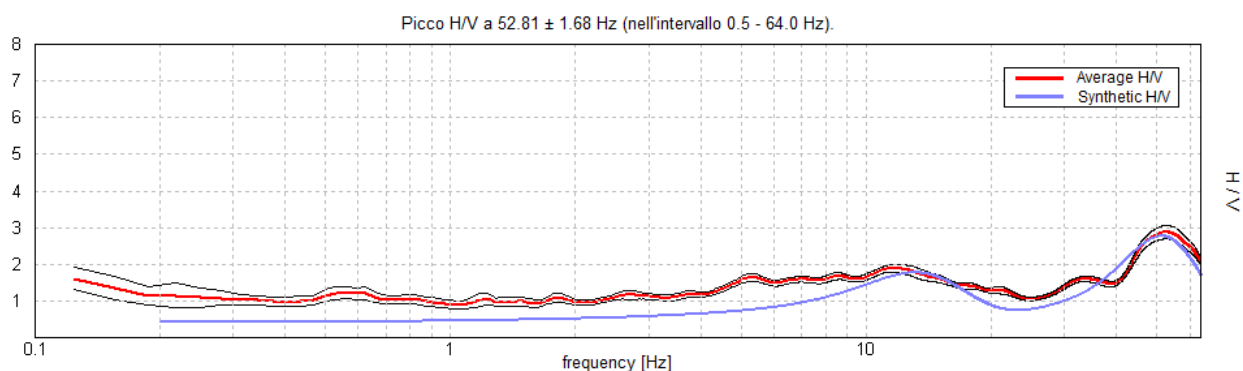




# SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



**Profondità alla base  
dello strato [m]**

0.90  
6.90  
inf.

**Spessore [m]**

0.90  
6.00  
inf.

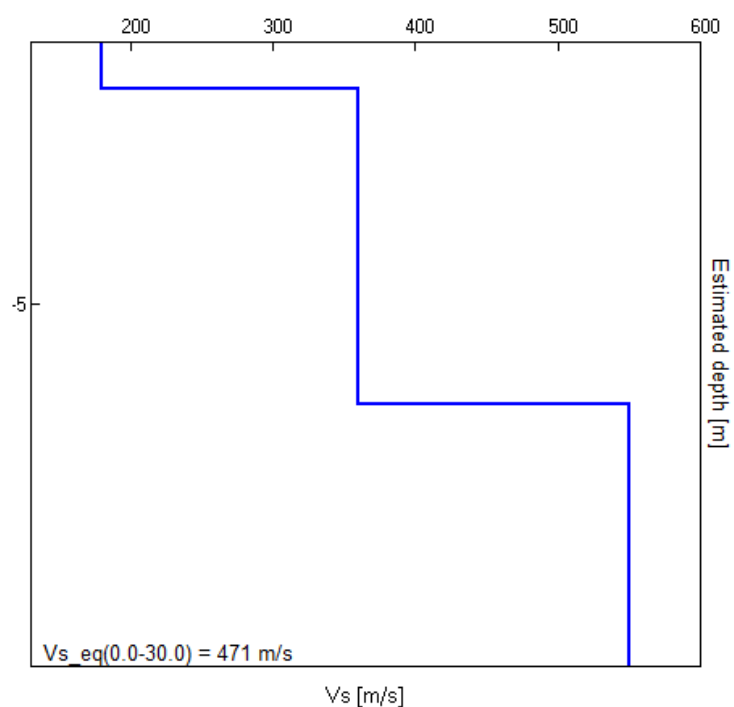
**Vs [m/s]**

180  
360  
550

**Rapporto di Poisson**

0.42  
0.42  
0.42

$$Vs_{eq}(0.0-30.0) = 471 \text{ m/s}$$



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $52.81 \pm 1.68$  Hz (nell'intervallo 0.5 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

|                                                                                                                                        |                          |    |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$                                                                                                                       | $52.81 > 0.50$           | OK |  |
| $n_c(f_0) > 200$                                                                                                                       | $58093.8 > 200$          | OK |  |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Superato 0 volte su 1204 | OK |  |

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

|                                                              |                     |    |    |
|--------------------------------------------------------------|---------------------|----|----|
| Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$    | 30.375 Hz           | OK |    |
| Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$     |                     |    | NO |
| $A_0 > 2$                                                    | $2.88 > 2$          | OK |    |
| $f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.03176  < 0.05$  | OK |    |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                                | $1.67733 < 2.64063$ | OK |    |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$                                | $0.1853 < 1.58$     | OK |    |

|                        |                                                                                                                                             |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $L_w$                  | lunghezza della finestra                                                                                                                    |
| $n_w$                  | numero di finestre usate nell'analisi                                                                                                       |
| $n_c = L_w n_w f_0$    | numero di cicli significativi                                                                                                               |
| $f$                    | frequenza attuale                                                                                                                           |
| $f_0$                  | frequenza del picco H/V                                                                                                                     |
| $\sigma_f$             | deviazione standard della frequenza del picco H/V                                                                                           |
| $\varepsilon(f_0)$     | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                                                               |
| $A_0$                  | ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$                                                                                               |
| $A_{H/V}(f)$           | ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$                                                                                                 |
| $f^-$                  | frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$                                                                             |
| $f^+$                  | frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$                                                                              |
| $\sigma_A(f)$          | deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$                                                                                        |
| $\theta(f_0)$          | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$                                                                 |

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

| Intervallo di freq. [Hz]                        | < 0.2      | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0  | 1.0 – 2.0  | > 2.0      |
|-------------------------------------------------|------------|-----------|------------|------------|------------|
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz]                         | $0.25 f_0$ | $0.2 f_0$ | $0.15 f_0$ | $0.10 f_0$ | $0.05 f_0$ |
| $\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$               | 3.0        | 2.5       | 2.0        | 1.78       | 1.58       |
| $\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48       | 0.40      | 0.30       | 0.25       | 0.20       |

## POZZOLO FORMIGARO, D1A BOERO TR2

Strumento: TZB-0163/02-22

Formato dati: 32 bit

Fondo scala [mV]: 89

Inizio registrazione: 02/05/2025 10:24:48 Fine registrazione: 02/05/2025 10:44:48

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

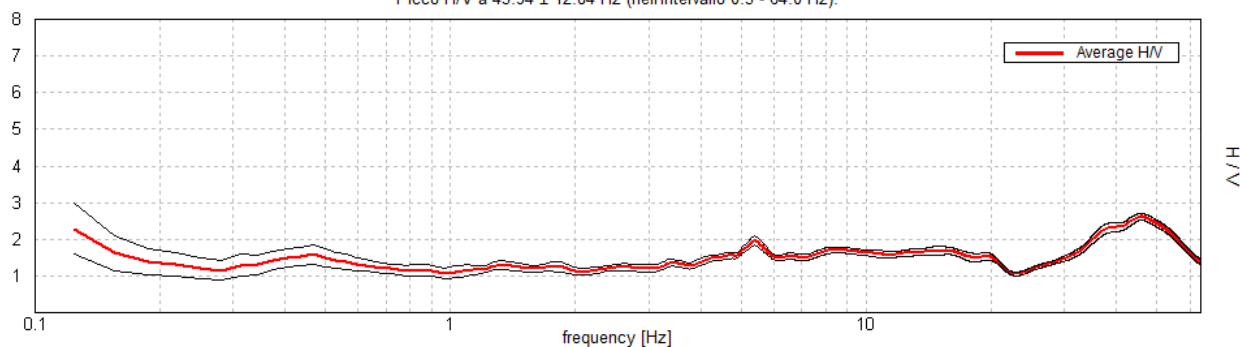
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

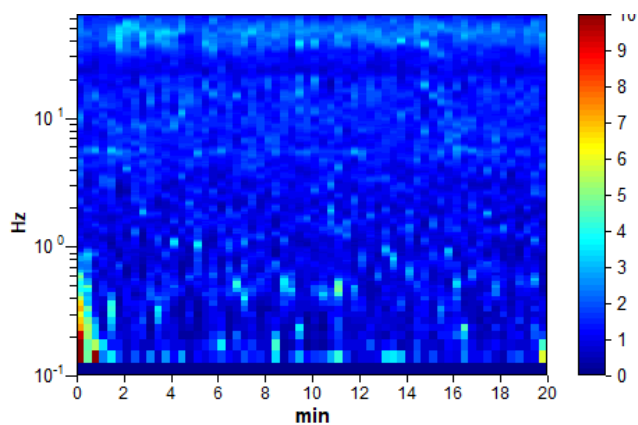
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

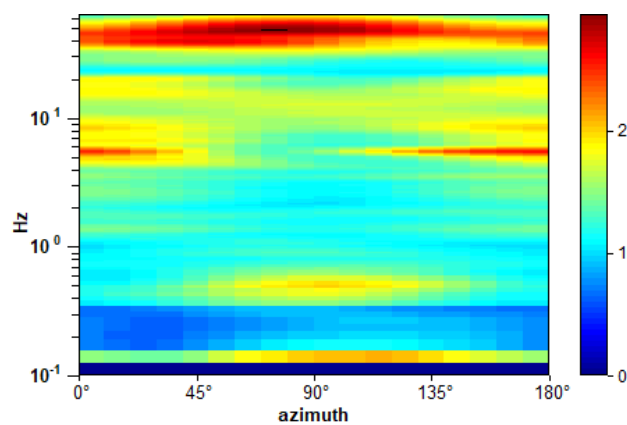
Picco H/V a  $45.94 \pm 12.84$  Hz (nell'intervallo 0.5 - 64.0 Hz).



### SERIE TEMPORALE H/V

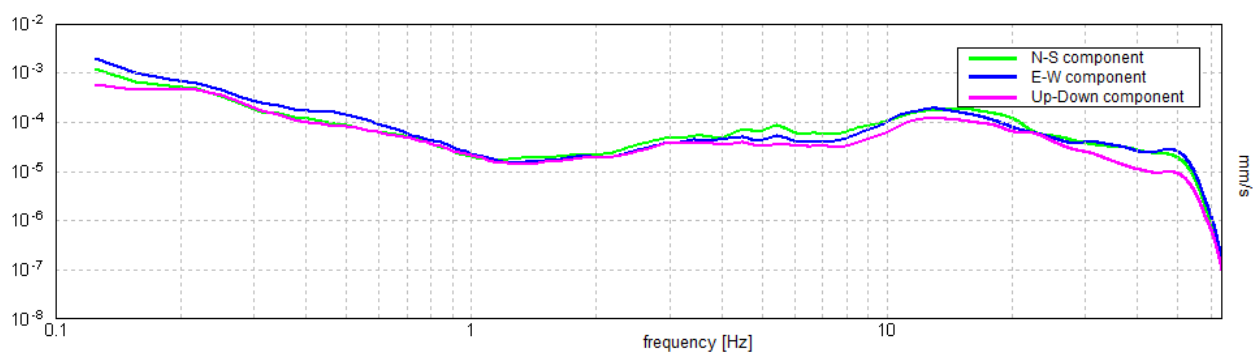


### DIREZIONALITA' H/V

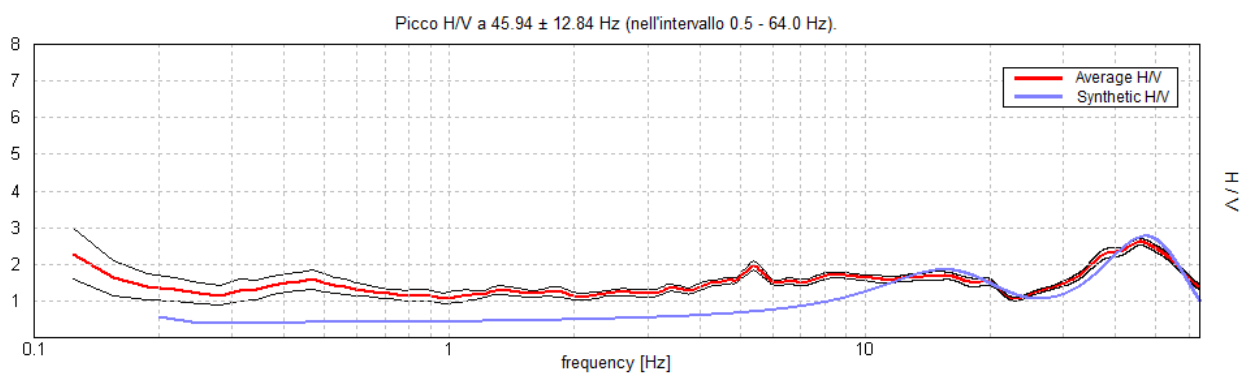




## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



**Profondità alla base  
dello strato [m]**

1.00  
6.00  
inf.

**Spessore [m]**

1.00  
5.00  
inf.

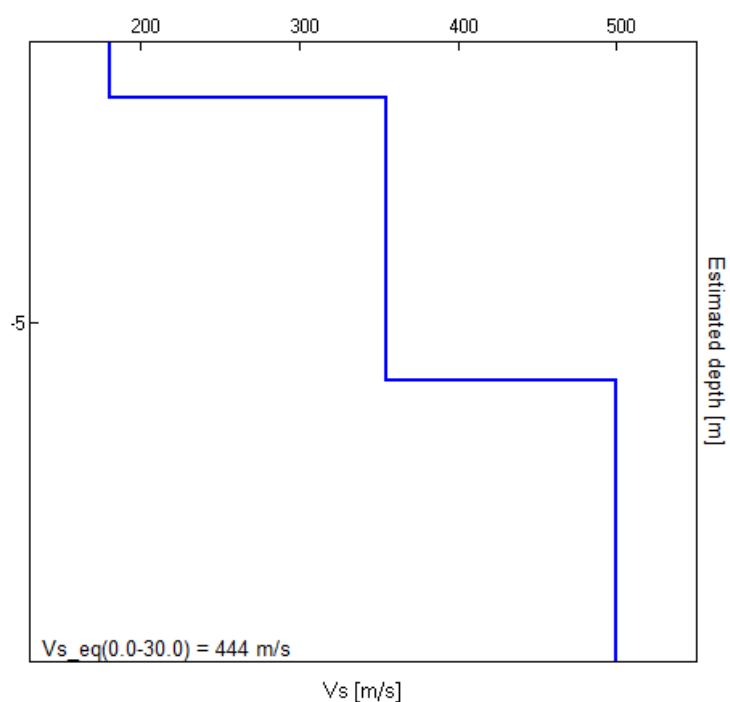
**Vs [m/s]**

180  
355  
500

**Rapporto di Poisson**

0.45  
0.45  
0.45

$$Vs_{eq}(0.0-30.0) = 444 \text{ m/s}$$



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $45.94 \pm 12.84$  Hz (nell'intervallo 0.5 - 64.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

|                                                                                                                                        |                          |    |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$                                                                                                                       | $45.94 > 0.50$           | OK |  |
| $n_c(f_0) > 200$                                                                                                                       | $55125.0 > 200$          | OK |  |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Superato 0 volte su 1314 | OK |  |

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

|                                                              |                      |    |    |
|--------------------------------------------------------------|----------------------|----|----|
| Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$    | 26.781 Hz            | OK |    |
| Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$     |                      |    | NO |
| $A_0 > 2$                                                    | $2.62 > 2$           | OK |    |
| $f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.27953  < 0.05$   |    | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                                | $12.84087 < 2.29688$ |    | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$                                | $0.0944 < 1.58$      | OK |    |

|                        |                                                                                                                                             |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $L_w$                  | lunghezza della finestra                                                                                                                    |
| $n_w$                  | numero di finestre usate nell'analisi                                                                                                       |
| $n_c = L_w n_w f_0$    | numero di cicli significativi                                                                                                               |
| $f$                    | frequenza attuale                                                                                                                           |
| $f_0$                  | frequenza del picco H/V                                                                                                                     |
| $\sigma_f$             | deviazione standard della frequenza del picco H/V                                                                                           |
| $\varepsilon(f_0)$     | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                                                               |
| $A_0$                  | ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$                                                                                               |
| $A_{H/V}(f)$           | ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$                                                                                                 |
| $f^-$                  | frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$                                                                             |
| $f^+$                  | frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$                                                                              |
| $\sigma_A(f)$          | deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$                                                                                        |
| $\theta(f_0)$          | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$                                                                 |

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

| Intervallo di freq. [Hz]                        | < 0.2      | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0  | 1.0 – 2.0  | > 2.0      |
|-------------------------------------------------|------------|-----------|------------|------------|------------|
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz]                         | $0.25 f_0$ | $0.2 f_0$ | $0.15 f_0$ | $0.10 f_0$ | $0.05 f_0$ |
| $\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$               | 3.0        | 2.5       | 2.0        | 1.78       | 1.58       |
| $\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48       | 0.40      | 0.30       | 0.25       | 0.20       |



### Coefficienti sismici

**Tipo** Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) 1 us (m) 0.1

Cat. Sottosuolo B

Cat. Topografica T1

|                                 | SLO  | SLD  | SLV  | SLC  |
|---------------------------------|------|------|------|------|
| SS Amplificazione stratigrafica | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 |
| CC Coeff. funz categoria        | 1,54 | 1,51 | 1,43 | 1,42 |
| ST Amplificazione topografica   | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

| Coefficienti | SLO   | SLD   | SLV   | SLC   |
|--------------|-------|-------|-------|-------|
| kh           | 0.005 | 0.007 | 0.019 | 0.031 |
| 0.003        | 0.003 | 0.010 | 0.016 |       |
| Amax [m/s²]  | 0.248 | 0.338 | 0.945 | 1.283 |
| Beta         | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.240 |

### Stati limite

**Classe Edificio**

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

**Vita Nominale** 50

**Interpolazione** Media ponderata

**CU = 1**

| Stato Limite               | Tr [anni] | ag [g] | Fo    | Tc* [s] |
|----------------------------|-----------|--------|-------|---------|
| Operatività (SLO)          | 30        | 0.021  | 2.514 | 0.184   |
| Danno (SLD)                | 50        | 0.029  | 2.486 | 0.205   |
| Salvaguardia vita (SLV)    | 475       | 0.080  | 2.451 | 0.271   |
| Prevenzione collasso (SLC) | 975       | 0.109  | 2.440 | 0.276   |

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50