



Committente:

Spett.le

FAP INVESTMENTS S.R.L.

Via M. Buonarroti n°1

25010 – San Zeno Naviglio (BS)

Progetto:

**SVILUPPO AREA PRODUTTIVA D1E NEL
COMUNE DI POZZOLO FORMIGARO – PIANO
ESECUTIVO CONVENZIONATO**

Oggetto:

**Relazione geologica con caratterizzazione
geotecnica e modellazione sismica**

D.M. Infrastrutture 17.01.2018

Circ. App. Min. 21.01.2019

Revisione: 01

Descrizione: Prima Emissione

Data: **2 dicembre 2025**

File: 2509LS_652EC

SOMMARIO

1.0. PREMESSA.....	2
2.0. INQUADRAMENTO NORMATIVO	2
3.0. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO	4
3.1. profilo geologico – geomorfologico	4
3.2. profilo idrologico – idrogeologico.....	5
3.4. Permeabilità dei terreni.....	6
3.5. uso del suolo	7
4.0. INDAGINI IN SITO.....	8
5.0. MODELLO GEOTECNICO DEL SITO	24
6.0. CONSIDERAZIONI DI CARATTERE SISMICO	25
6.1. pericolosità sismica di base	25
6.2. effetti di sito e definizione categoria di suolo	25
6.3. esclusione alla verifica alla liquefazione.....	26
7.0. CONCLUSIONI E GIUDIZIO DI COMPATIBILITÀ	28

ALLEGATI

Figura n.1	Corografia dell'area (estratto C.T.R.)
Figura n.2	Estratti PAI e PRG
Figura n.3	Estratti cartografia uso del suolo
Figura n.4	Carta Geologica
Figura n.5	Planimetria dell'area
Figura n.6	Indagini di sismica passiva
Figura n.7	Pozzetti esplorativi e prova di permeabilità
Figura n.8	Parametri sismici

1.0. PREMESSA

Su incarico della Committenza, è stata redatta la presente relazione a supporto dell'approvazione del presente Piano di Edilizia Convenzionata, situato 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) nel PRG vigente.

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 n.3 capannoni a forma rettangolare di superficie complessiva pari a 136115 m², completi di piazzali e opere accessorie; inoltre come indicato si prevede la realizzazione di una nuova intersezione con la Ex Strada statale n.° 35 bis dei Giovi.

Il presente documento è volto a definire la compatibilità dal punto di vista geologico degli interventi proposti nel loro complesso e di valutare nei limiti delle proprie competenze, gli impatti delle opere e la loro mitigazione.

Si specifica che per la modellazione geologico stratigrafica preliminare è fatto riferimento ad una serie di indagini in sito realizzate a supporto di progetti edilizi nell'immediato intorno (Area ex Boero, Cascina Luna) come meglio specificato nel proseguo.

A seguito di questa fase verrà predisposta un'adeguata campagna d'indagine geognostica integrativa necessaria per la progettazione esecutiva delle previste strutture.

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". Gli studi sono stati finalizzati alla definizione delle condizioni geologiche e idrogeologiche del sito d'intervento, delle caratteristiche preliminari dei materiali ricedenti nel volume geotecnico significativo dei manufatti e delle problematiche attese in fase esecutiva.

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. 21 ter (norme particolari per la zona D2b - parco commerciale) delle NdA del PRG di Pozzolo Formigaro, per quanto di competenza:

Le aree per parcheggi pubblici e privati devono essere dotate di sistemi di pavimentazione semipermeabile (utilizzo di autobloccanti, asfalti permeabili a grana media) e devono essere 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.

Sono obbligatorie in fase di progetto del PEC, specifiche indagini geognostiche, in osservanza al D.M. 11/03/88, per accertare natura e profondità del substrato, e verificare i parametri geotecnici del terreno di fondazione. In particolare si dovrà porre attenzione al corretto disciplinamento delle acque meteoriche, di gronda e scarico dei fabbricati.

Devono altresì essere verificati i seguenti aspetti geomorfologici e idrologici:

- *dimensionamento del bacino imbrifero del corso d'acqua.*
- *calcolo delle probabili portate di piena*
- *calcolo delle portate di piena alla sezione di chiusura e cioè calcolo della portata defluente nel corso d'acqua con i tempi di non ritorno*

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.

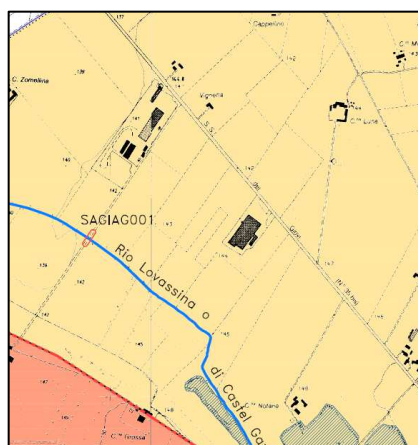
3.0. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO

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

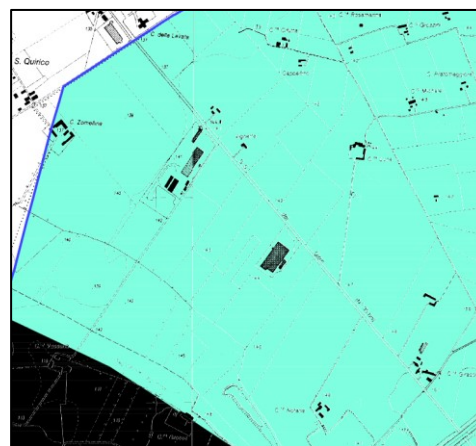
L'area di interesse si è sviluppata sulla parte meridionale della pianura alessandrina ad una quota media di circa 140 m s.l.m.m.

In accordo con la cartografia di riferimento ISPRA Carta Geologica d'Italia *Fg. 70 Alessandria (Fig.4)*, e la Carta Geologica, geomorfologica e del reticolo idrografico minore allegata al PRG, l'area in esame insiste sui sedimenti appartenenti alle *Fluviale recente fl³*, 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)

Carta geologica PRG



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

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. I depositi risultano essere caratterizzati da un'alterazione superficiale comportando una colorazione da bruno-rossastra a giallo ocre.

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 dei lotti.

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} m²/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.

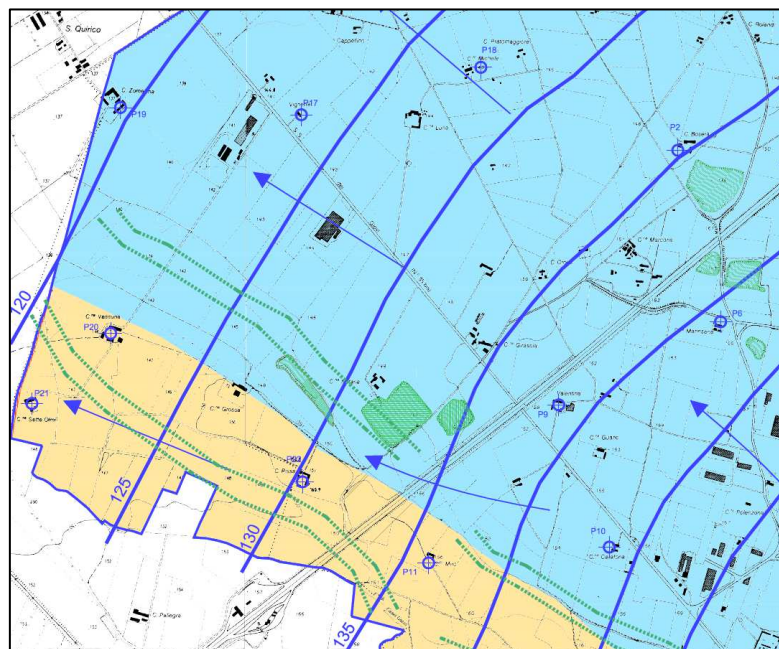
Il complesso inferiore, estremamente eterogeneo, è costituito da strati limoso-argillosi abbastanza potenti alternati a strati sabbiosi e ghiaiosi. Questo complesso è sede di un acquifero multistrato, solitamente in pressione e che presenta locali condizioni di artesianità.

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

Depositi alluvionali del fluviale recente
Ghiaie e ciottoli in sabbie grossolane e matrice fine limosa
con modesta alterazione superficiale
permeabilità da discreta a buona $k=10^{-3}$ a 10^{-1} m/s

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 sottterraneo 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:

- le coperture del Fluviale medio (fl^2) sono caratterizzate da una bassa permeabilità ($K = 10^{-4} - 10^{-7}$ m/sec)
- il Fluviale recente (fl^3) è caratterizzato da una discreta/buona permeabilità ($k = 10^{-3} - 10^{-6}$ m/sec).
- le coperture loessiche sono caratterizzate da una permeabilità da bassa a molto bassa ($k = 10^{-7} - 10^{-9}$ m/sec)

Dall'analisi di prove di permeabilità in sito eseguite nelle aree limitrofe sono stati ottenuti valori del coefficiente di permeabilità k compreso tra $1.82 \cdot 10^{-5}$ m/s e $3.82 \cdot 10^{-6}$ m/s.

Le misure ottenute sono descritte nel paragrafo successivo.

3.5. uso del suolo

Dal punto di vista dell'uso del suolo, l'area subpianeggiante ha permesso la coltivazione di colture erbacee da pieno campo quali, in particolar modo, cereali autunno-vernini, oleaginose (colza, girasole), prati permanenti o da vicenda e, più raramente, mais.

I processi pedogenetici che hanno agito sui depositi fluviali del T. Scrivia, hanno portato alla formazione di suoli evoluti denominati Alfisuoli (**Fig.3**). Sono suoli caratterizzati da un abbondante scheletro e una tessitura franco-limosa. Superficialmente il suolo ha un'alterazione da molto bassa a molto alta, con livelli a elevata ferrettizzazione, caratterizzati da una colorazione rossastra.

Per la definizione della capacità d'uso dei suoli si è fatto riferimento alla cartografia specialistica edita da I.P.L.A. per i suoli del Piemonte che si basa sulla *Land Capability Classification* del Soil Conservation Service, Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti –1961. Sono state definite **VIII classi** di capacità d'uso in funzione della zona geografica, geomorfologia, caratteristiche pedologiche, attitudini agricole e forestali. L'area di impianto ricade nella classe 3, sottoclasse s1 (**Fig.3**) *“Suoli con alcune limitazioni che riducono la scelta e la produzione delle colture agrarie - Limitazione di suolo: profondità utile per le radici*

delle piante”; l’approfondimento radicale è limitato proprio dalle caratteristiche granulometriche del suolo, caratterizzato da un’abbondante frazione ghiaiosa.

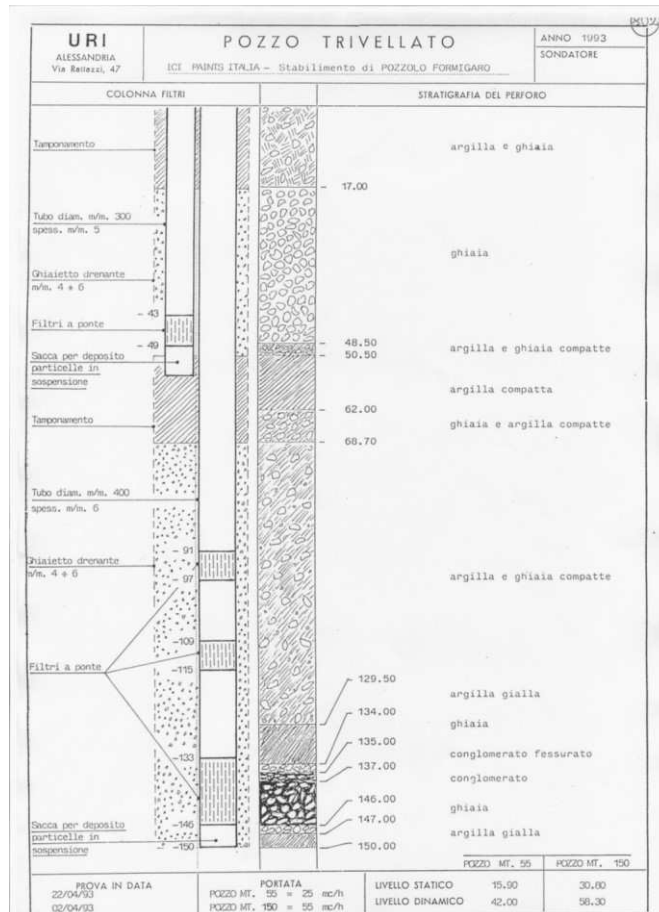
4.0. INDAGINI IN SITO

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.

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:

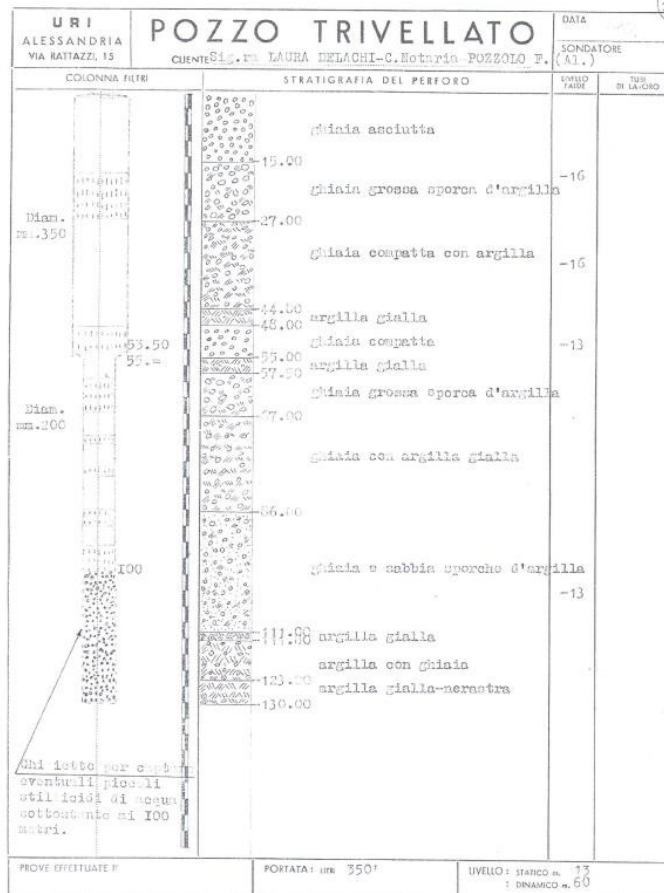
- Pozzo trivellato nel 1993 presso la Poliresin;
- Pozzo trivellato nel 1966 presso Cascina Notaria;
- Sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nel 2000 presso il colorificio Attivia;
- Sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nel 2001 a sostegno della progettazione della linea AV/AC Milano – Genova, identificati con i codici 104491 e 104492;
- campagna geognostica a supporto del progetto della Boero Bartolomeo S.p.a per la costruzione di capannoni per logistica nell’area confinante afferente al già approvato PEC 1 (2006);
- campagna geognostica a supporto del progetto agrovoltatico Cascina Luna, eseguita nel 2024 dallo scrivente;
- indagine geofisica preliminare a supporto del presente progetto, eseguita dallo scrivente nel 2024;
- campagna geognostica a supporto del progetto di realizzazione di un nuovo impianto logistico nell’area identificata come D1a – Boero eseguita nel corrente anno dallo scrivente.





Pozzo Poliresin (ex ICI Paints Italia)

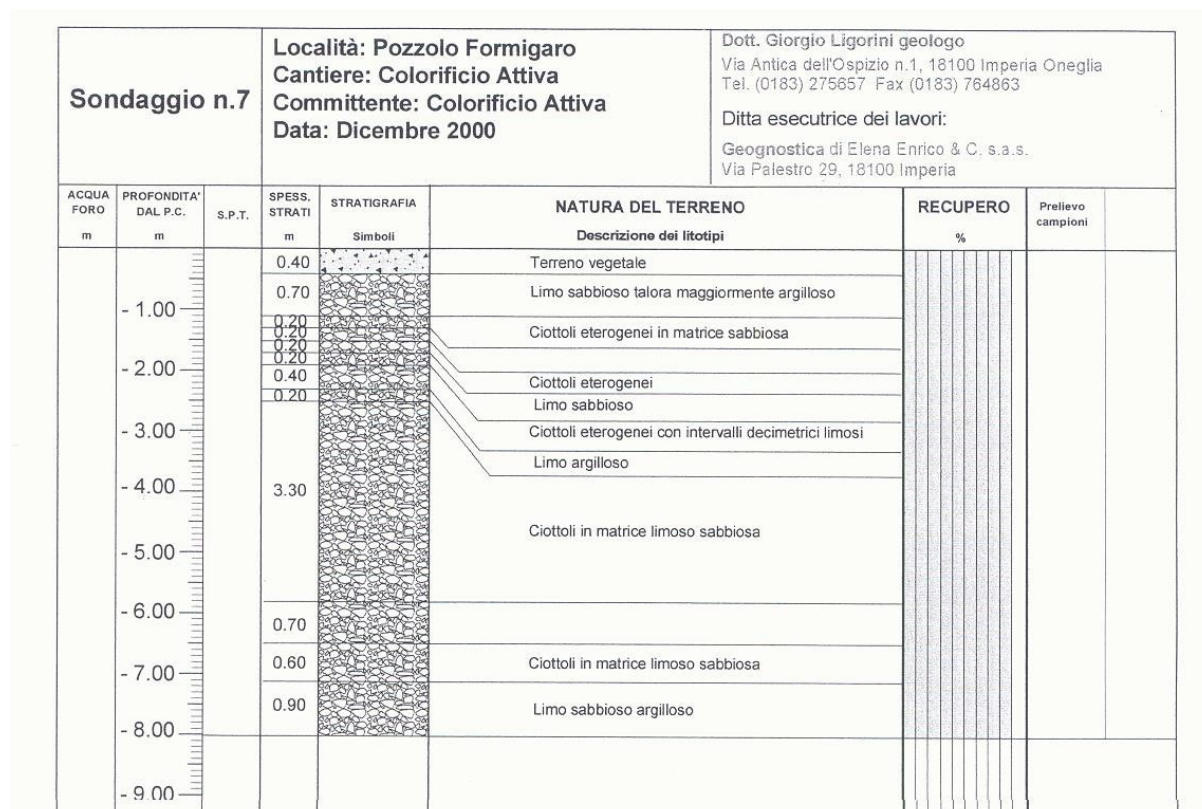
Pozzo Cascina Notaria



Sondaggi Colorificio Attivia (alcune delle stratigrafie)

Sondaggio n.4		Località: Pozzolo Formigaro Cantiere: Colorificio Attiva Committente: Colorificio Attiva Data: Dicembre 2000			Dott. Giorgio Ligorini geologo Via Antica dell'Ospizio n.1, 18100 Imperia Oneglia Tel. (0183) 275657 Fax (0183) 764863 Ditta esecutrice dei lavori: Geognostica di Elena Enrico & C. s.a.s. Via Palestro 29, 18100 Imperia			
ACQUA FORO	PROFONDITA' DAL P.C.	S.P.T.	SPESS. STRATI	STRATIGRAFIA	NATURA DEL TERRENO	RECUPERO	Prelievo campioni	
m	m		m	Simboli	Descrizione dei litotipi	%		
			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 Cantiere: Colorificio Attiva Committente: Colorificio Attiva Data: Dicembre 2000			Dott. Giorgio Ligorini geologo Via Antica dell'Ospizio n.1, 18100 Imperia Oneglia Tel. (0183) 275657 Fax (0183) 764863 Ditta esecutrice dei lavori: Geognostica di Elena Enrico & C. s.a.s. Via Palestro 29, 18100 Imperia			
ACQUA FORO	PROFONDITA' DAL P.C.	S.P.T.	SPESS. STRATI	STRATIGRAFIA	NATURA DEL TERRENO	RECUPERO	Prelievo campioni	
m	m		m	Simboli	Descrizione dei litotipi	%		
			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

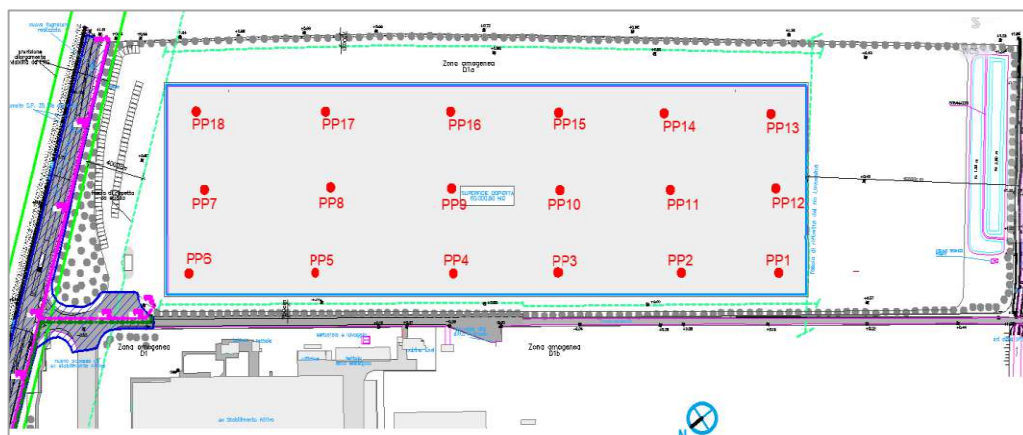
Prove geotecniche in foro (SPT)

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)

Per il progetto di PEC afferente all'areale compreso tra il colorificio Attivia e l'area d'interesse, sono state eseguite n. 18 prove penetrometriche pesanti. 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.



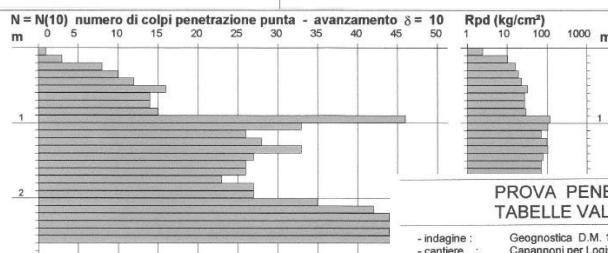
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 2

- indagine : Geognostica D.M. 11-03-88
- cantiere : Capannoni per Logistica - Capannone C
- località : Pozzolo Formigaro
- note :

- data : 04/11/2006
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- 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	11,8	—	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



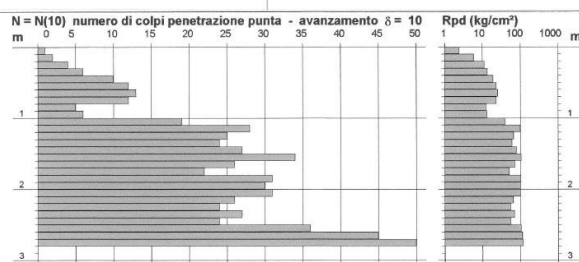
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 3

- indagine : Geognostica D.M. 11-03-88
- cantiere : Capannoni per Logistica - Capannone B
- località : Pozzolo Formigaro
- note :

- data : 04/11/2006
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- 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	28	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	125,6	—	3
1,20 - 1,30	25	92,2	—	2	2,60 - 2,70	45	158,2	—	3
1,30 - 1,40	24	88,5	—	2	2,70 - 2,80	50	175,8	—	3

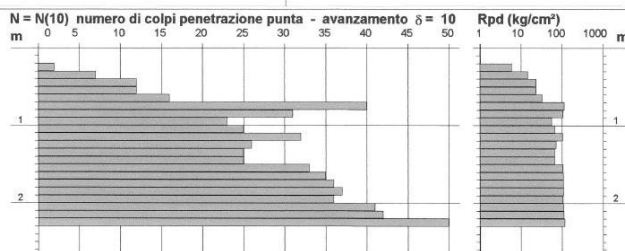


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

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

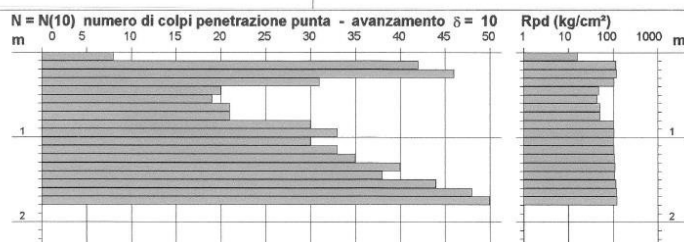
Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r) asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r) asta
0,00 - 0,10	—	—	—	1,20 - 1,30	26	95,9	—
0,10 - 0,20	—	—	—	1,30 - 1,40	25	92,2	—
0,20 - 0,30	2	7,8	—	1,40 - 1,50	25	92,2	—
0,30 - 0,40	7	27,2	—	1,50 - 1,60	33	121,7	—
0,40 - 0,50	12	46,6	—	1,60 - 1,70	35	129,1	—
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

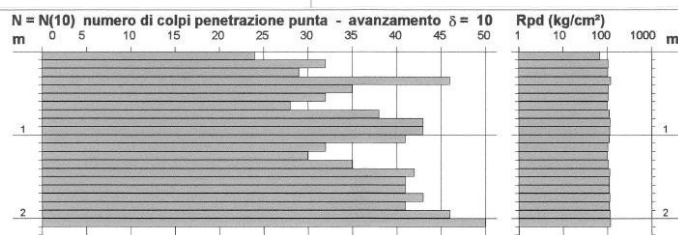
Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r) asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r) asta
0,00 - 0,10	8	31,0	—	0,90 - 1,00	33	121,7	—
0,10 - 0,20	42	162,9	—	1,00 - 1,10	30	110,7	—
0,20 - 0,30	46	176,4	—	1,10 - 1,20	33	121,7	—
0,30 - 0,40	31	120,3	—	1,20 - 1,30	35	129,1	—
0,40 - 0,50	20	77,6	—	1,30 - 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	—

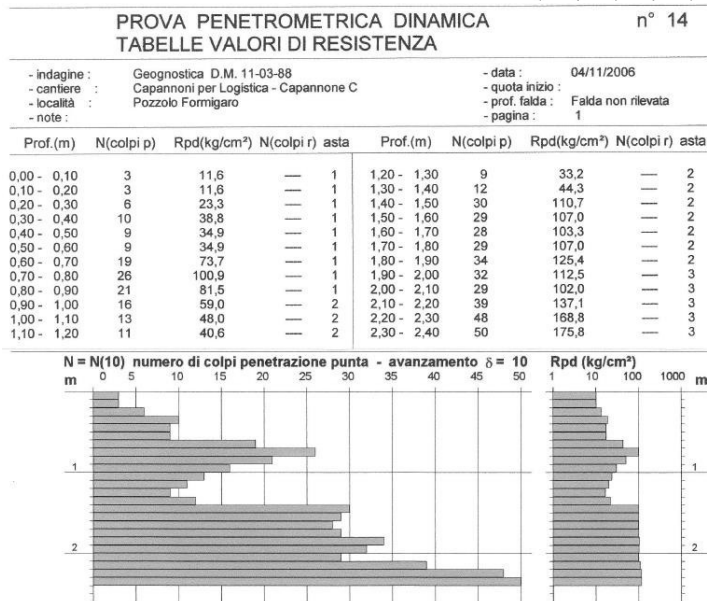
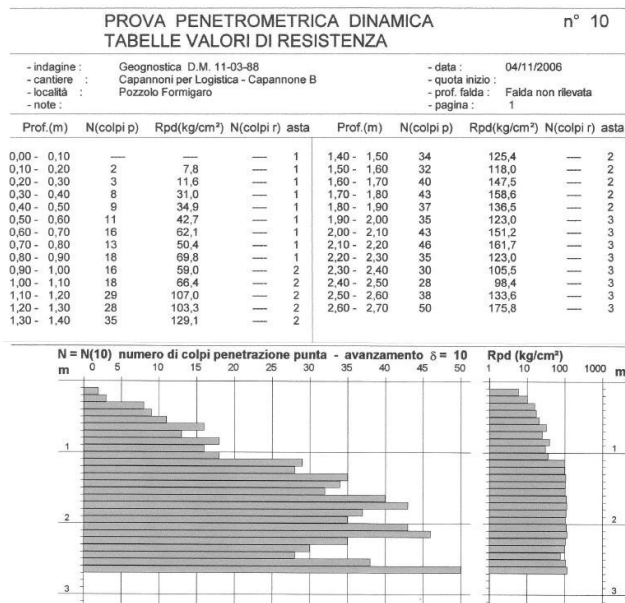
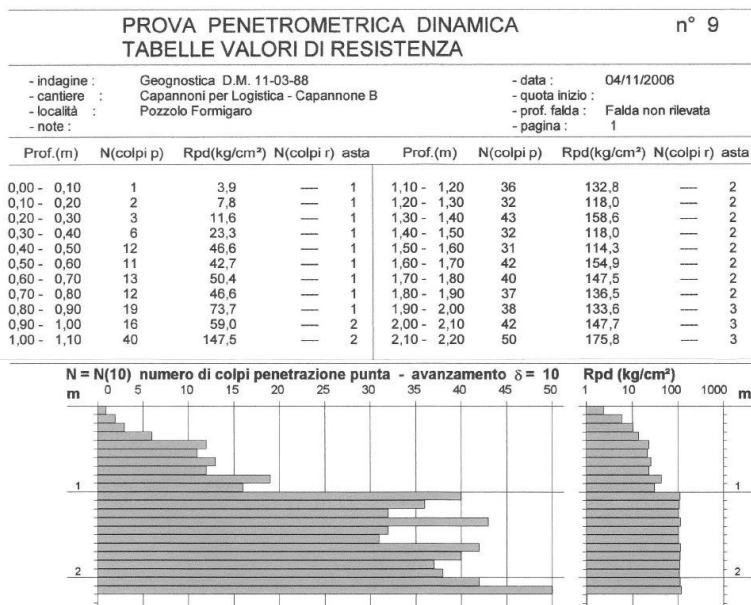

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

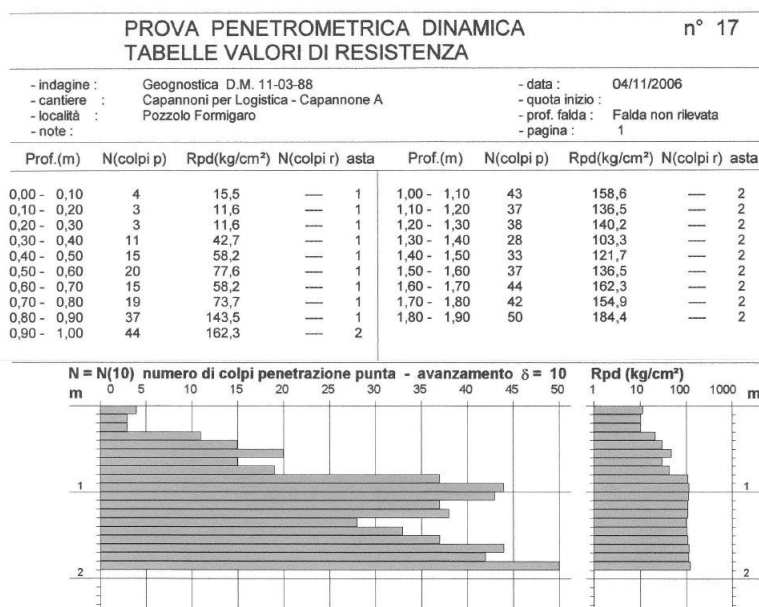
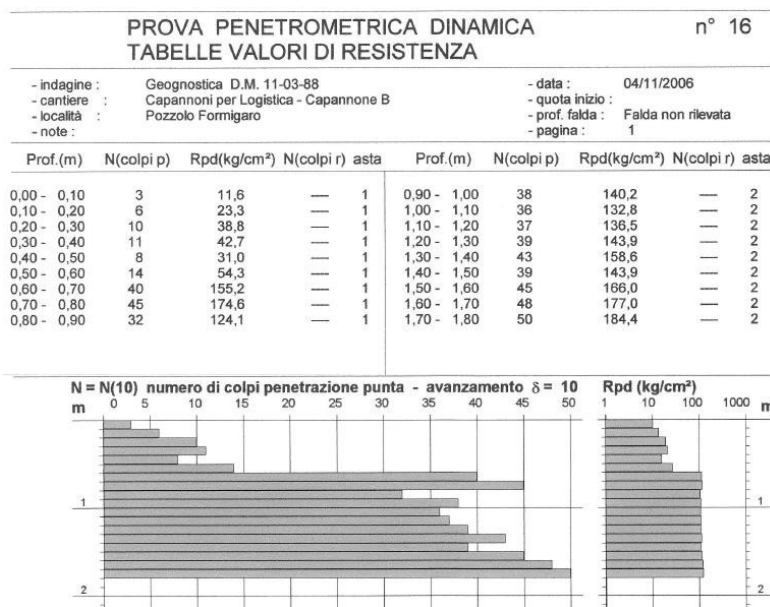
n° 7

- 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	176,4	—	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	—				

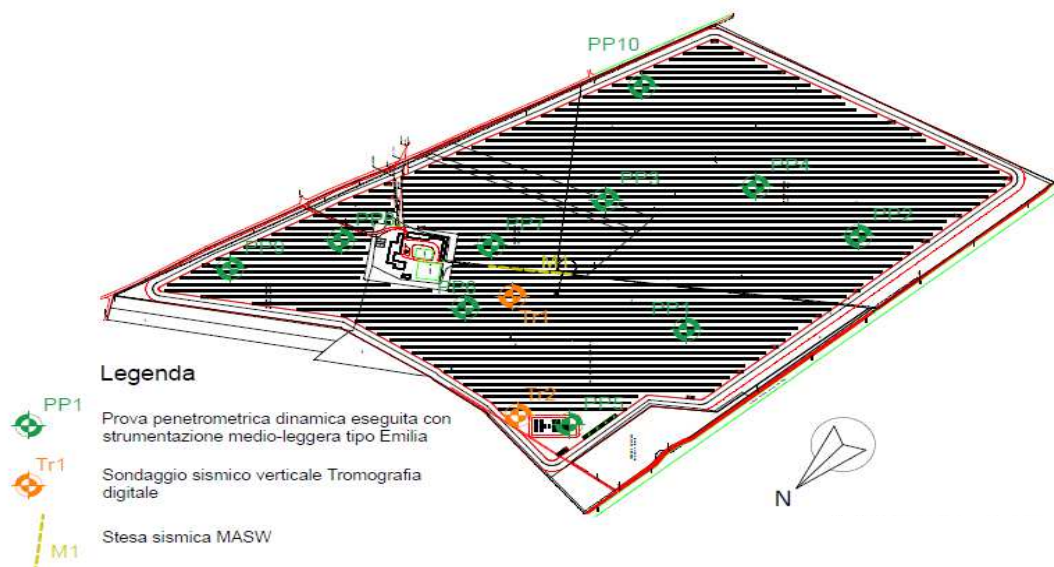




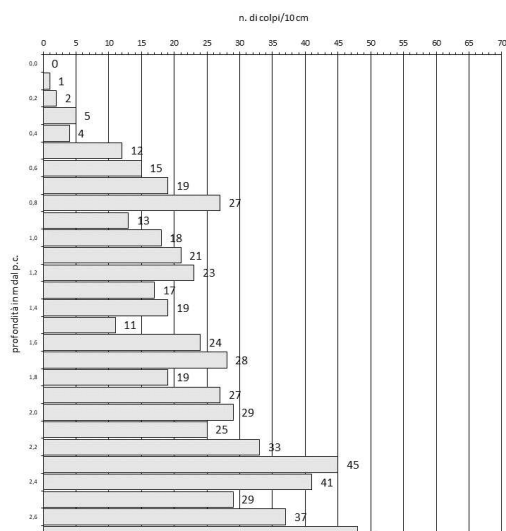


Campagna geognostica impianto agrovoltaiico Cascina Luna (2024)

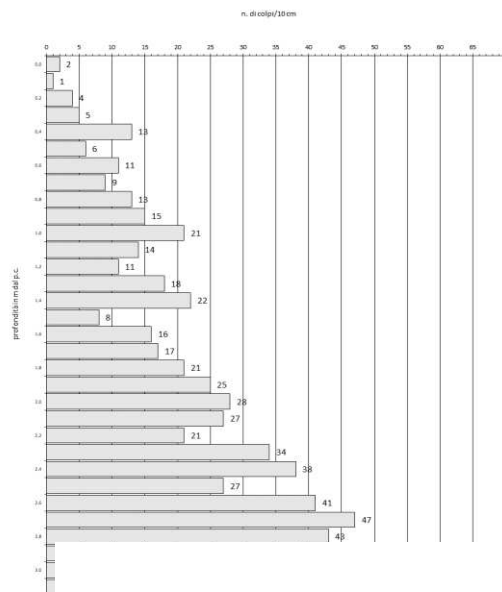
Al fine di determinare le caratteristiche meccaniche dei terreni, lo scrivente ha eseguito n. 10 prove penetrometriche dinamiche, denominate PP₁₋₁₀ mediante strumentazione medio-leggera tipo “Emilia”. Le indagini hanno evidenziato la presenza di un livello superficiale rimaneggiato sabbioso ghiaioso, sovrapposto ad un orizzonte francamente ghiaioso molto addensato. Di seguito vengono riportati i log penetrometrici. Inoltre sono stati eseguiti n.2 indagini di sismica passiva HVSR tramite strumento Tromino® (Moho S.r.l.), denominate Tr₁ e Tr₂ e n.1 stesa sismica tipo MASW.



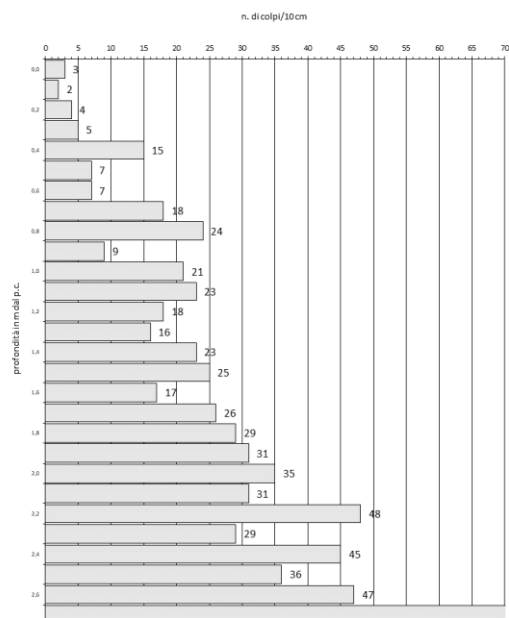
Prova penetrometrica dinamica n.1



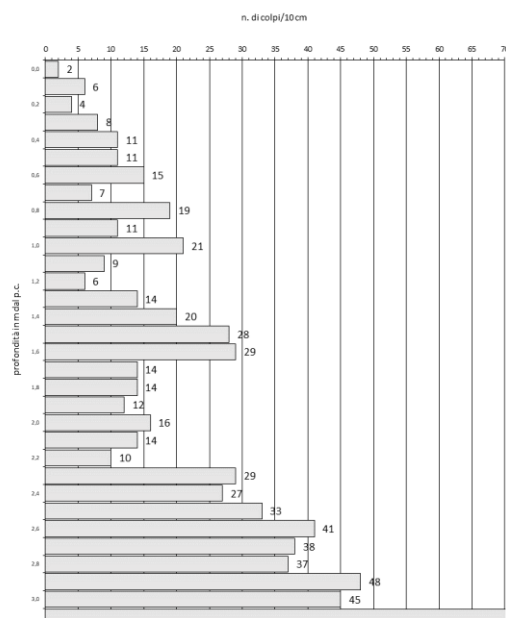
Prova penetrometrica dinamica n.2



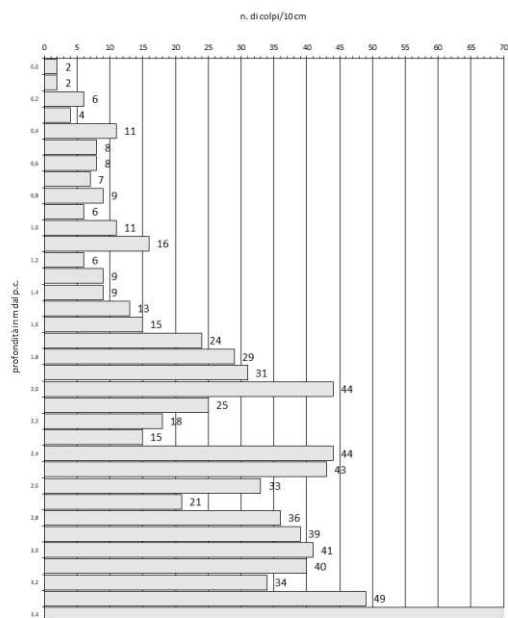
Prova penetrometrica dinamica n.3



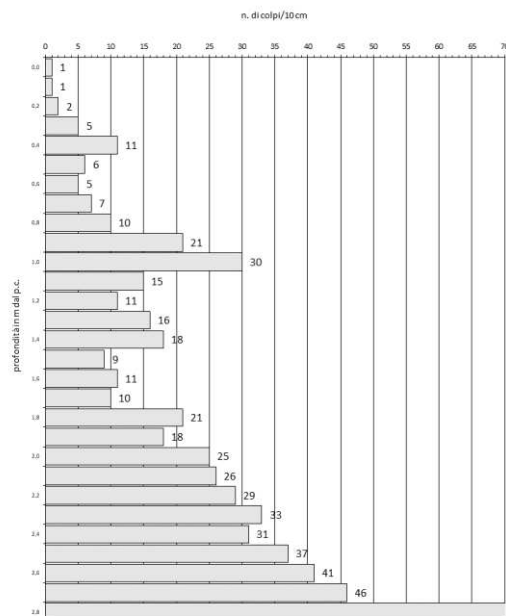
Prova penetrometrica dinamica n.4



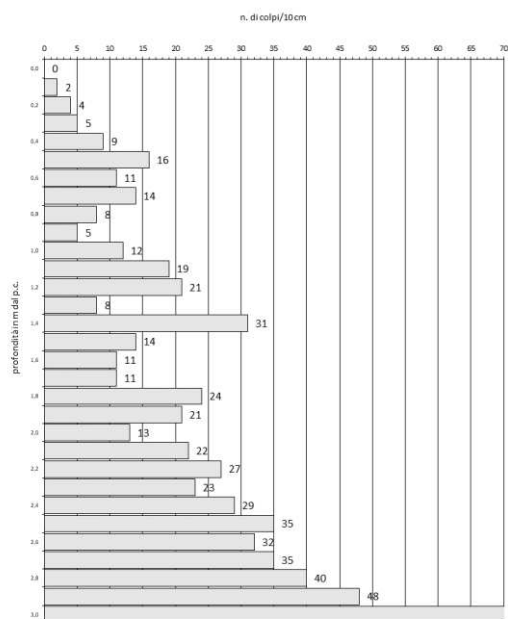
Prova penetrometrica dinamica n.5



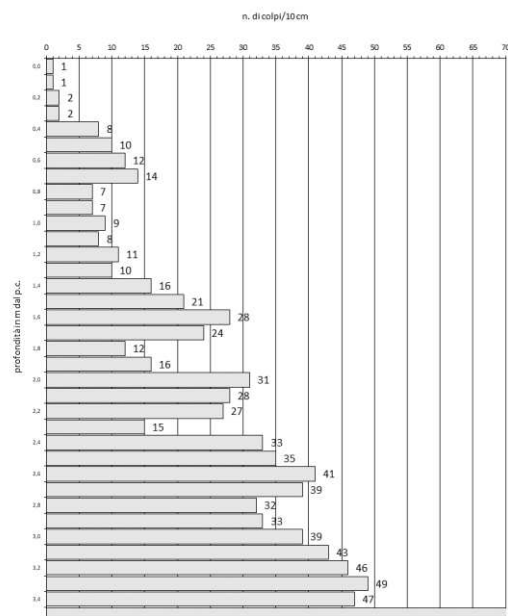
Prova penetrometrica dinamica n.6

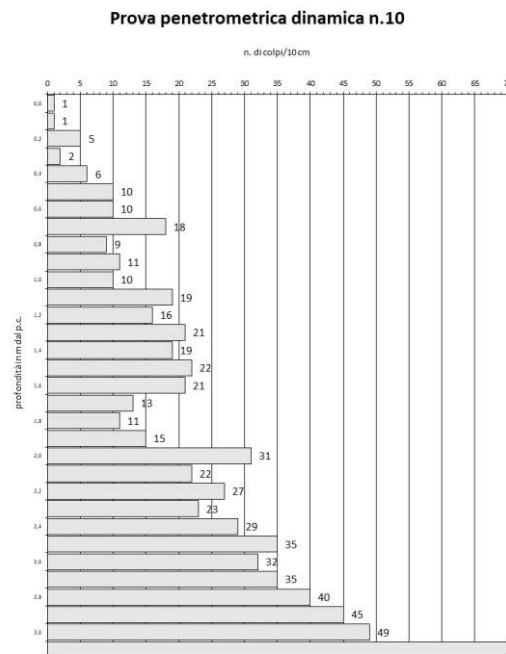
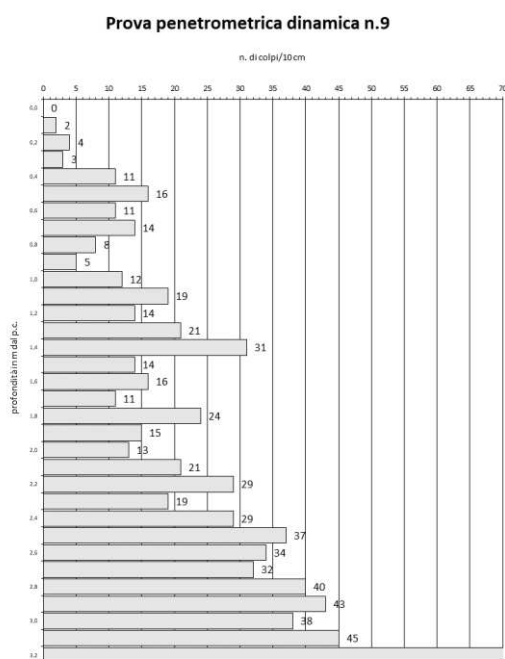


Prova penetrometrica dinamica n.7



Prova penetrometrica dinamica n.8





Per quanto riguarda le indagini sismiche, le prove riportano i seguenti risultati:

Indagini tomografiche

Tr₁ – Sulla curva H/V considerate le caratteristiche stratigrafiche, non sono presenti picchi di ampiezza elevata e la modellizzazione del sottosuolo propone il passaggio da terreni da poco a mediamente addensati ($V_s=270$ m/s) e gli orizzonti profondi maggiormente consistenti (V_s da 450 a 650 m/s). L'inversione vincolata della curva H/V indica il contatto tra i terreni a diversa consistenza ad una profondità di circa 1.50 m da p.c. La V_{seq} ricavata dalla prova è pari a 503 m/s.

Tr₂ - Sulla curva H/V considerate le caratteristiche stratigrafiche, non sono presenti picchi di ampiezza elevata e la modellizzazione del sottosuolo propone il passaggio da terreni da poco a mediamente addensati ($V_s=270$ m/s) e gli orizzonti profondi maggiormente consistenti (V_s da 410 a 610 m/s). L'inversione vincolata della curva H/V indica il contatto tra i terreni a diversa consistenza ad una profondità di circa 1.20 m da p.c. La V_{seq} ricavata dalla prova è pari a 503 m/s.

Stesa sismica MASW

L'indagine mostra nella porzione superficiale V_s comprese tra 138 e 265 m/s entro 2.50 m da p.c.; con l'aumentare della profondità le velocità, gradualmente

si alzano fino a circa 625 m/s, alla profondità di 16.00 m, dove poi si registra il passaggio con il bedrock sismico con Vs pari a circa 1100 m/s.

La $V_{s,eq}$ ottenuta è pari a 379 m/s.

Indagine geofisica preliminare Area produttiva D1E – Verifica assoggettabilità VIA (2024)

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

L'ubicazione delle indagini è indicata in planimetria (**Fig.5**).

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 Vs 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 Vs 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 della prova, mentre il dettaglio è riportato in allegato (**Fig.6**).

Tr₁ – 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.

Tr₂ - 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.

Campagna geognostica area D1a – Boero (2025)

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 PE₁₋₉. Entro il pozzetto PE₅ 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 specifico per quel progetto.

La stratigrafia derivante dai pozzetti prevede in sintesi:

PE₁

- 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.

PE₂

- 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.

PE₃

- 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.

PE₄

- 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.

PE₅

- 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.

PE₆

- 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.

PE₇

- 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.

PE₈

- 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.

PE₉

- 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 della documentazione è riportato in **Fig.7**.

La prova di permeabilità, eseguita nel pozzetto PE₅, 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 mentre il dettaglio è riportato in allegato (**Fig.6**).

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 **$V_{s_{eq}}$** 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 **$V_{s_{eq}}$** ricavata dalla prova è pari a **444 m/s**.

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 0.5 e 1.5 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".

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: $\phi' = 24^\circ - 26^\circ$

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

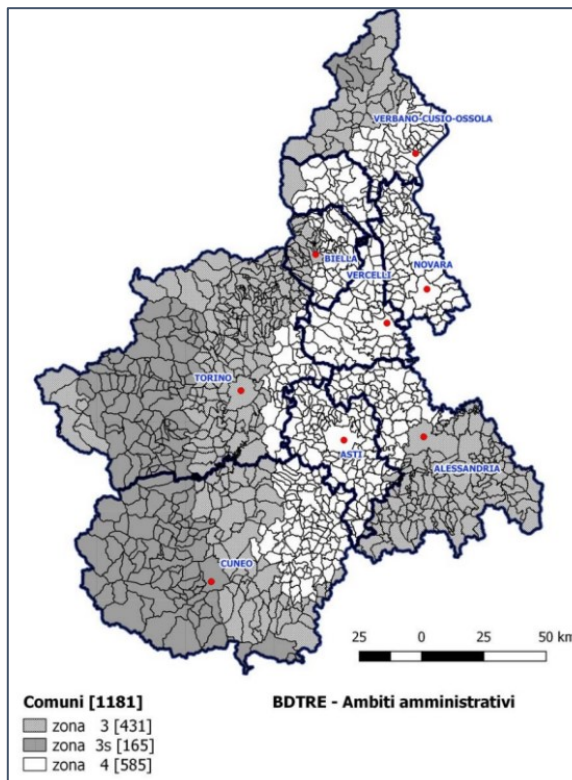
Coesione non drenata: $c_u = 5 \text{ kPa}$

Coesione drenata: $c' = 0 \text{ kPa}$

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

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:

- $V_{s \text{ eq}} \text{ Tr}_1 \text{ Cascina Luna} = 503 \text{ m/s}$
- $V_{s \text{ eq}} \text{ Tr}_2 \text{ Cascina Luna} = 503 \text{ m/s}$
- $V_{s \text{ eq}} \text{ MASW Cascina Luna} = 379 \text{ m/s}$
- $V_{s \text{ eq}} \text{ Tr}_1 \text{ lotto D1e (2024)} = 505 \text{ m/s}$
- $V_{s \text{ eq}} \text{ Tr}_2 \text{ lotto D1e (2024)} = 487 \text{ m/s}$
- $V_{s \text{ eq}} \text{ Tr}_1 \text{ D1a Boero (2025)} = 471 \text{ m/s}$
- $V_{s \text{ eq}} \text{ Tr}_2 \text{ D1a Boero (2025)} = 444 \text{ m/s}$

con riferimento al profilo stratigrafico proposto nel presente documento e dalle indagini di sismica passiva, 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.8**)

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 $qc1N > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della

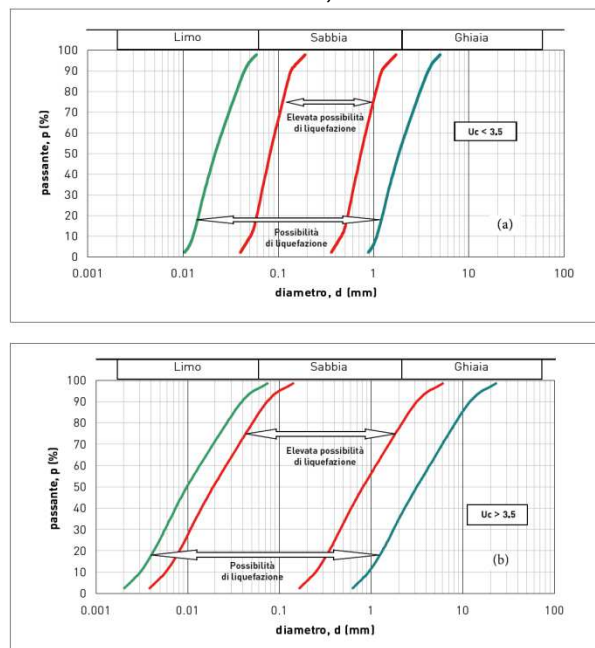


Figura 2.7-1- Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b) (da AGI, 2005).

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 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 $a_g = 0,081\text{ g}$ quindi $< 0,1\text{ g}$.

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 alla “Relazione d’invarianza idraulica” per un maggior dettaglio della trattazione.

Al fine di verificare la buona corrispondenza dei dati ottenuti nella presente fase di indagine, a supporto della fase esecutiva dovrà essere attuata una specifica campagna geognostica, per appurare la stratigrafia e adeguare eventualmente le fondazioni alle situazioni riscontrate.

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.

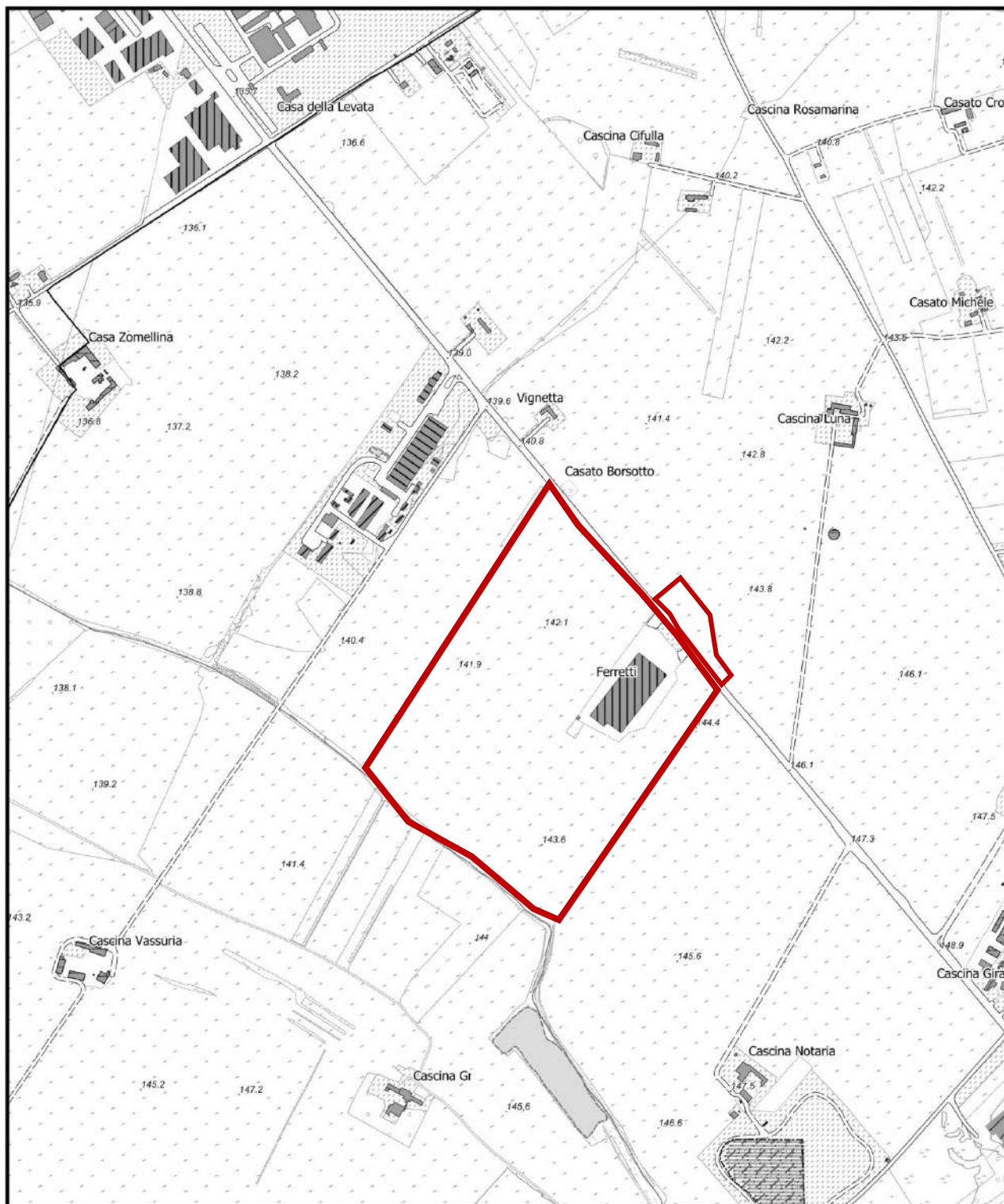
Genova, 2 dicembre 2025

Geol. Luca Sivori



ALLEGATI

- Figura n.1*** *Corografia dell'area (estratto C.T.R.)*
- Figura n.2*** *Estratti PAI e PRG*
- Figura n.3*** *Estratti cartografia uso del suolo*
- Figura n.4*** *Carta Geologica*
- Figura n.5*** *Planimetria dell'area*
- Figura n.6*** *Indagini di sismica passiva*
- Figura n.7*** *Pozzetti esplorativi e prova di permeabilità*
- Figura n.8*** *Parametri sismici*
-



Estratto CTR Sez. n. 177140

1	Corografia dell'area
n.	figura
10000	Spett.le FAP INVESTMENTS S.R.L.
scala	committente



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.

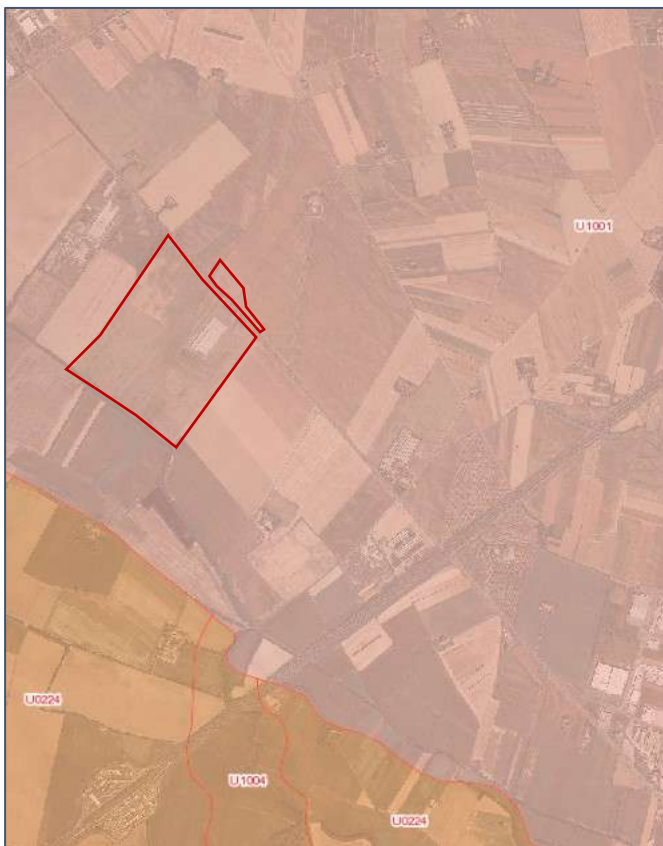
figura

\\

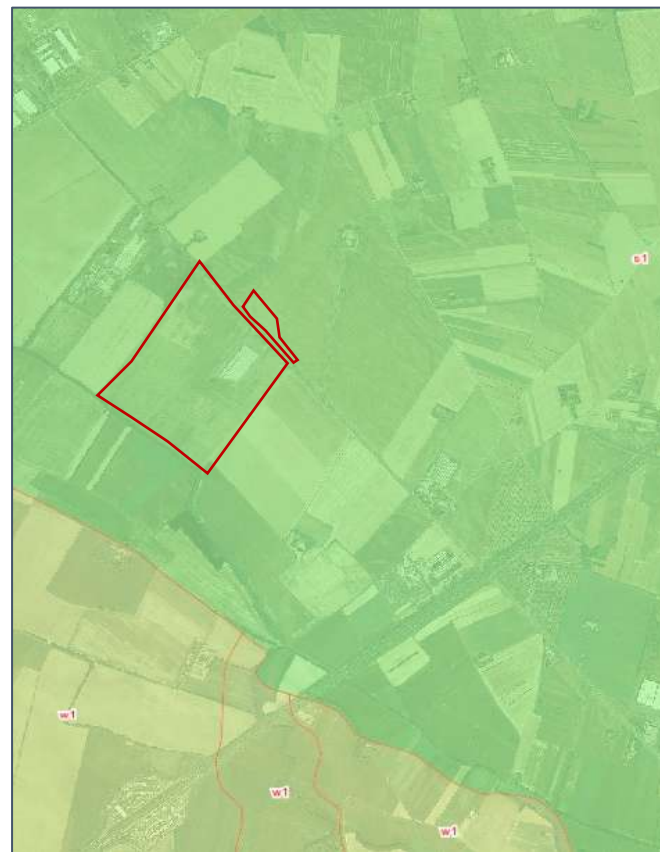
Spett.le **FAP INVESTMENTS S.R.L.**

scala

committente

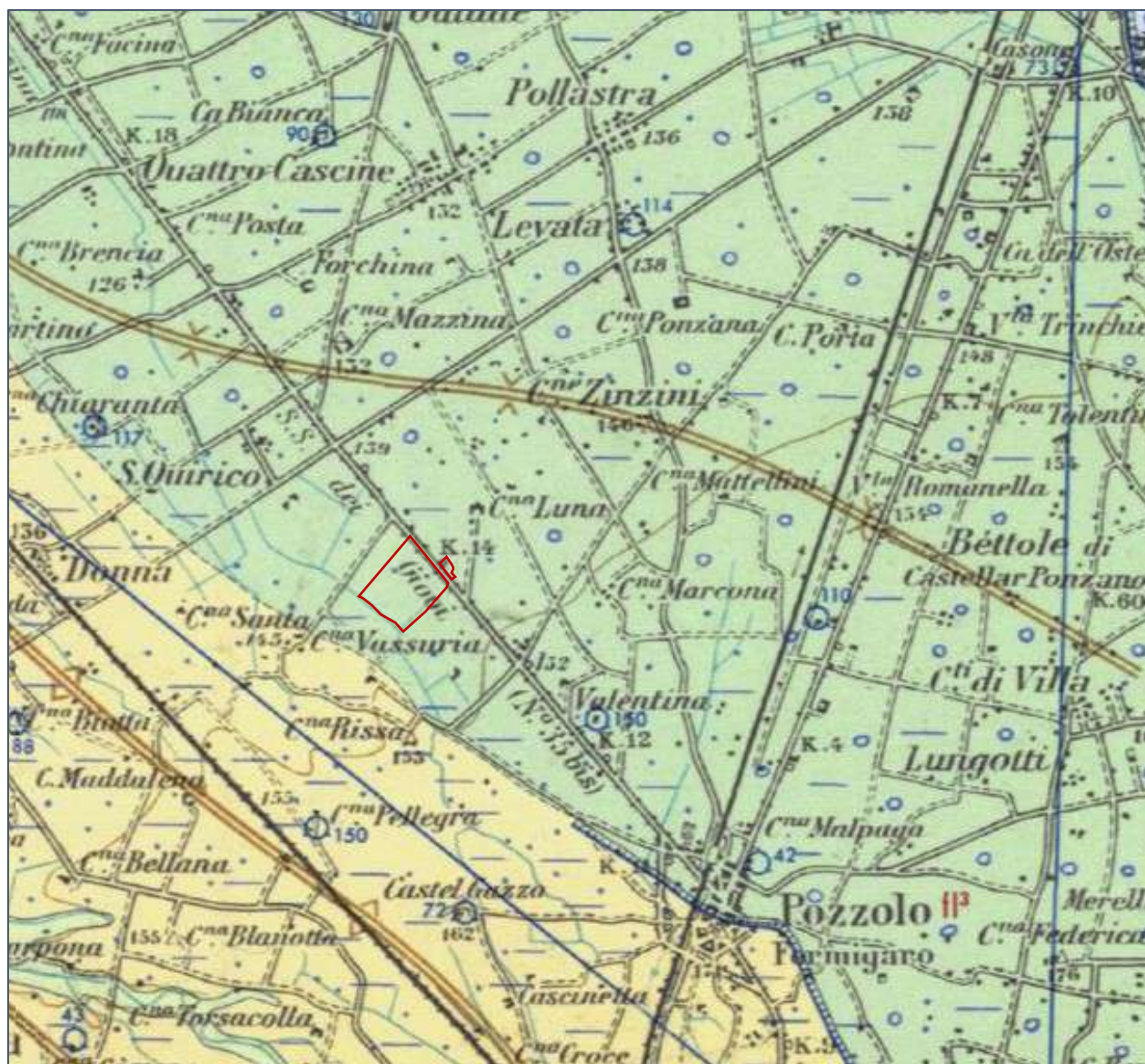


Reg. Piemonte – Carta dell'uso del suolo: Alfisuoli di pianura ghiaiosi



Reg. Piemonte – Carta della capacità d'uso del suolo: Classe 3s1

3	Estratti cart. Uso del suolo
n.	figura
\\	Spett.le FAP INVESTMENTS S.R.L.
scala	committente

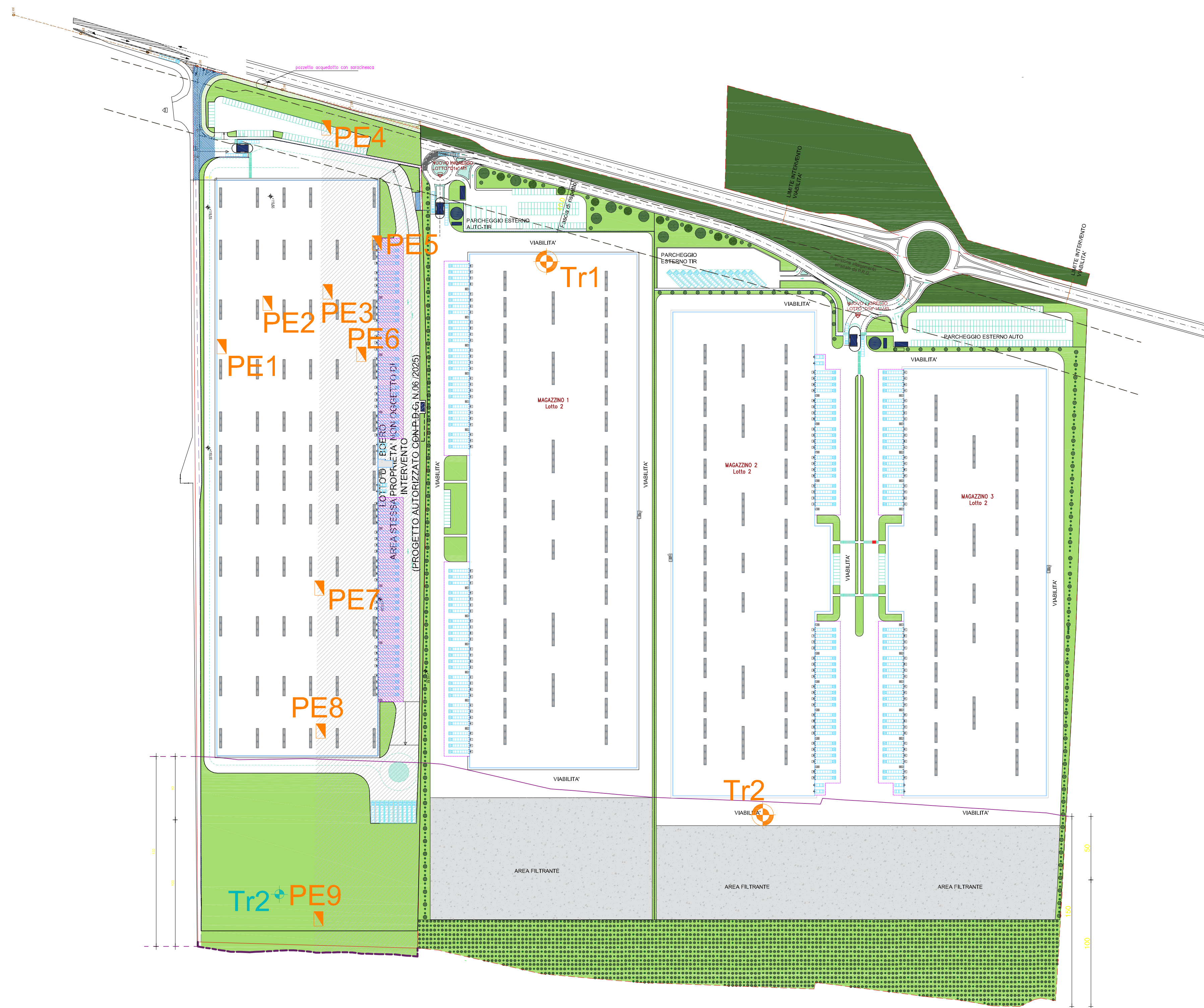


ISPRA Carta Geologica - Foglio 70 - Alessandria



fl³ Fluviale recente

4	Carta geologica
n.	figura
\\	Spett.le FAP INVESTMENTS S.R.L.
scala	committente



- PE1 Pozzetto esplorativo (2025)
- Tr1 Tromografia digitale (2025)
- Tr1 Tromografia digitale (2024)

5	Planimetria dell'area
	figura
2000	Spett.le FAP INVESTMENTS S.R.L.
scala	committente

6	Indagini di sismica passiva
n.	figura
\\	Spett.le FAP INVESTMENTS S.R.L.
scala	committente

POZZOLO FORMIGARO, PEC 2 Tr1

Strumento: TZB-0163/02-22

Formato dati: 32 bit

Fondo scala [mV]: 89

Inizio registrazione: 11/07/2024 09:02:54 Fine registrazione: 11/07/2024 09:22:54

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

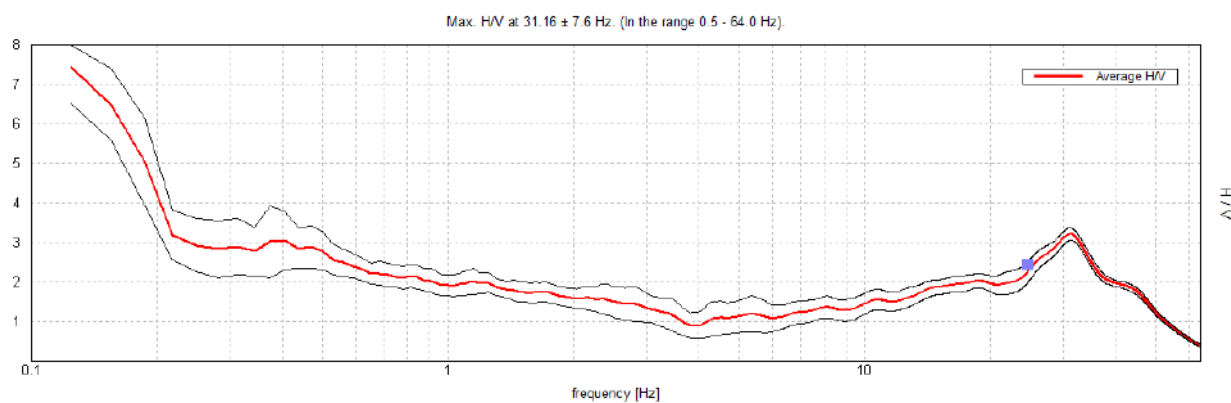
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

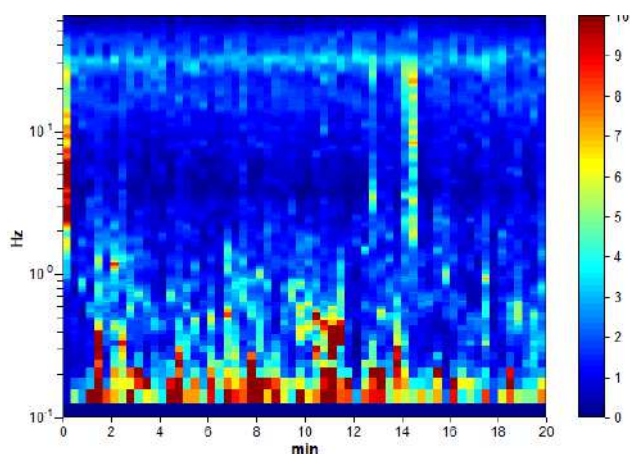
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

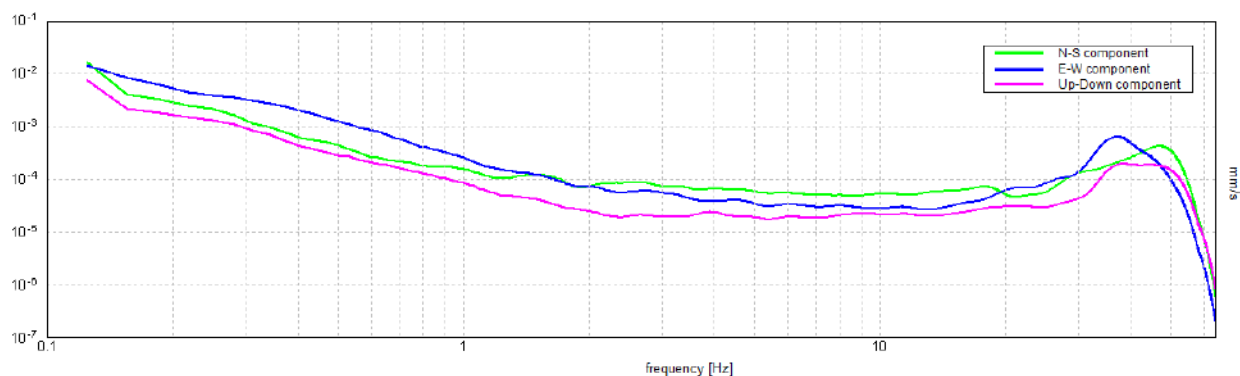
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



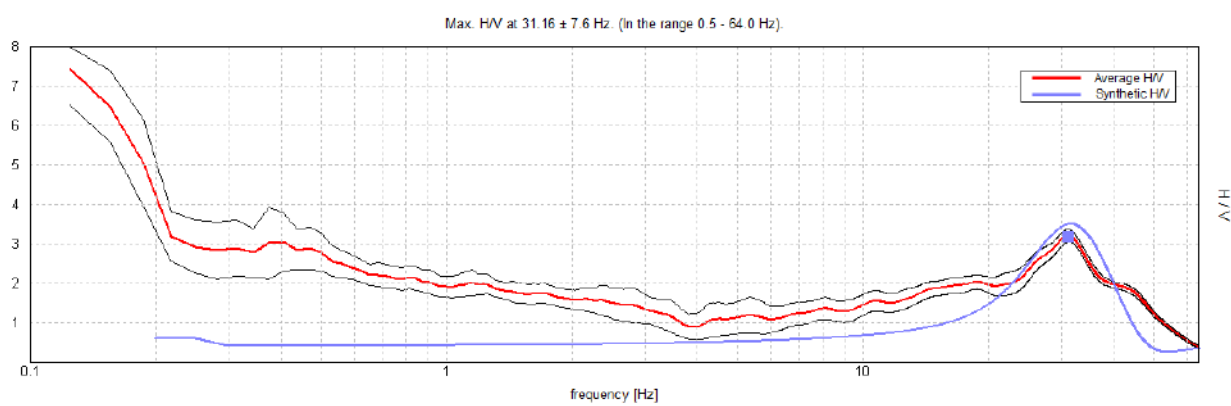
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



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

2.10
inf.

Spessore [m]

2.10
inf.

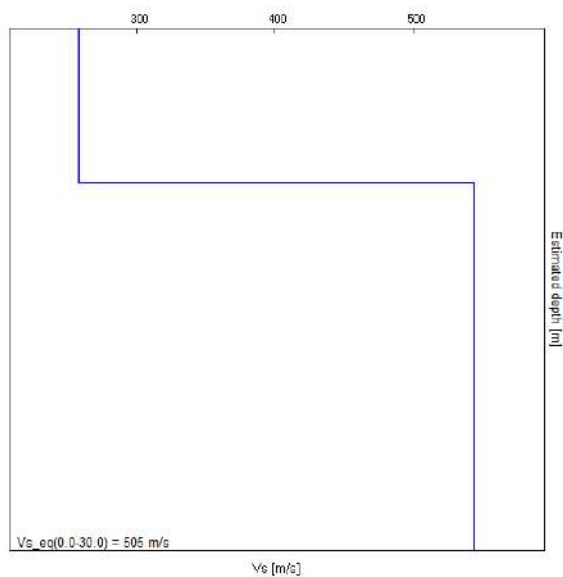
Vs [m/s]

259
544

Rapporto di Poisson

0.42
0.40

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



[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 31.16 ± 7.6 Hz (nell'intervallo 0.5 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$31.16 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$37387.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1497	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	12.625 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	46.594 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.21 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.24401 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$7.60254 < 1.55781$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.156 < 1.58$	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
σ_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 σ_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, PEC 2 Tr2

Strumento: TZB-0163/02-22

Formato dati: 32 bit

Fondo scala [mV]: 89

Inizio registrazione: 11/07/2024 09:25:04 Fine registrazione: 11/07/2024 09:45:04

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 78% tracciato (selezione manuale)

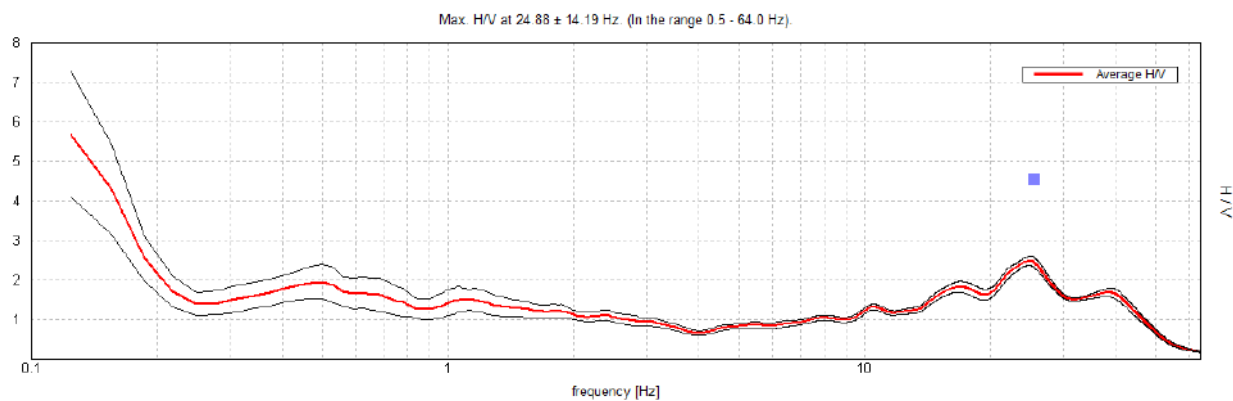
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

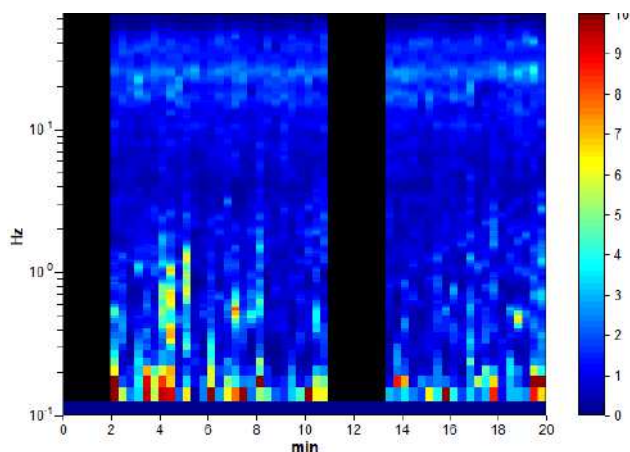
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

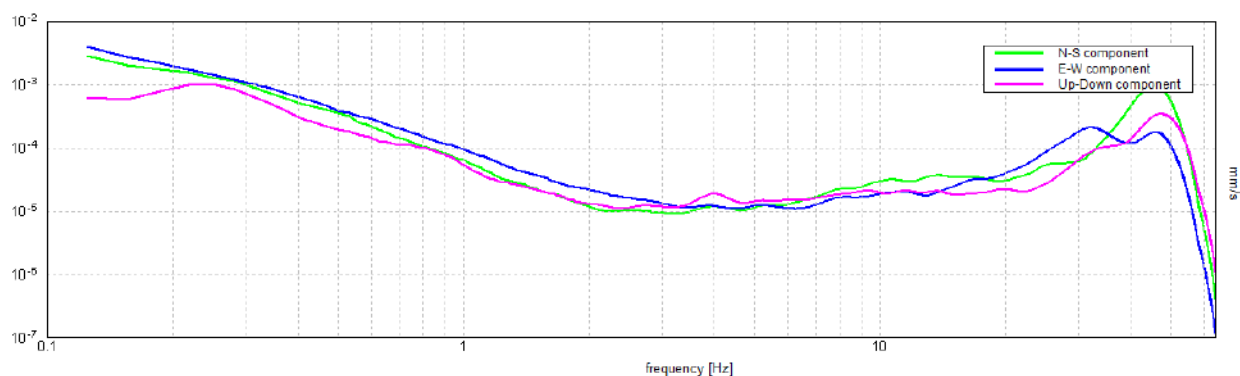
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



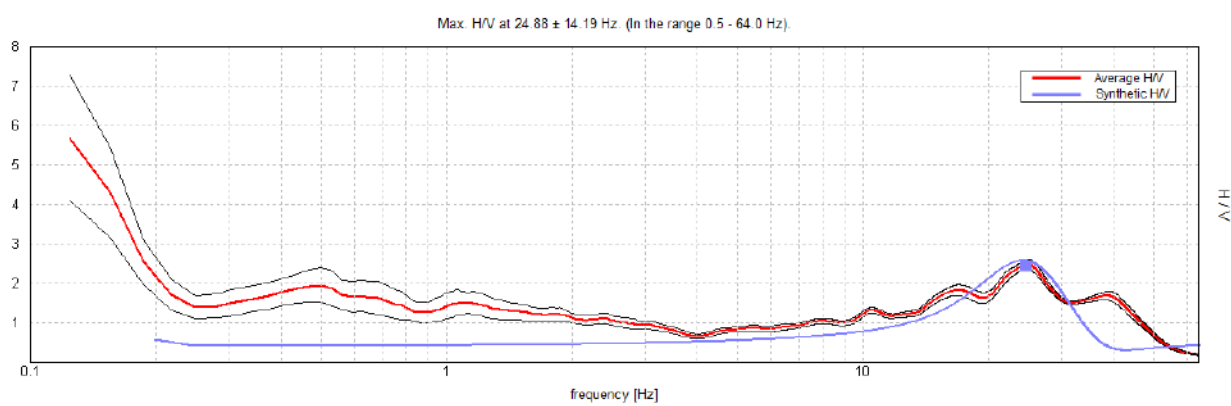
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



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

2.80
inf.

Spessore [m]

2.80
inf.

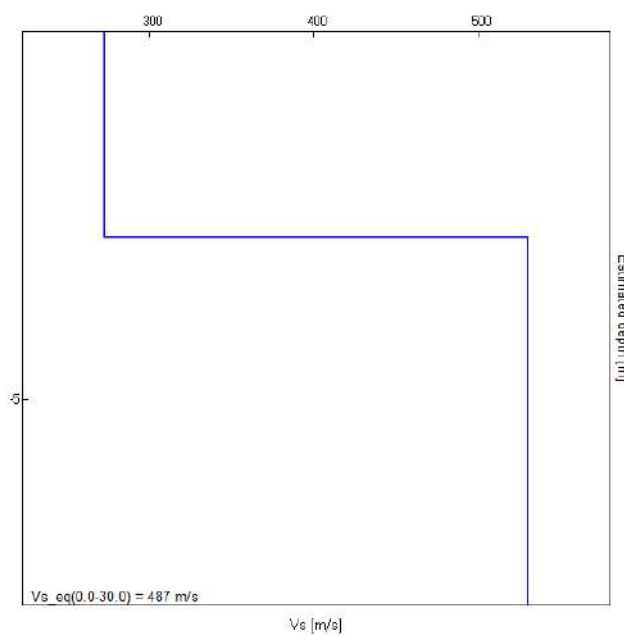
Vs [m/s]

273
530

Rapporto di Poisson

0.42
0.42

$Vs_{eq}(0.0-30.0) = 487$ 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 24.88 ± 14.19 Hz (nell'intervallo 0.5 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$24.88 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$23382.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1195	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	13.156 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	44.0 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.49 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.57036 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$14.18768 < 1.24375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1206 < 1.58$	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
σ_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 σ_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 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

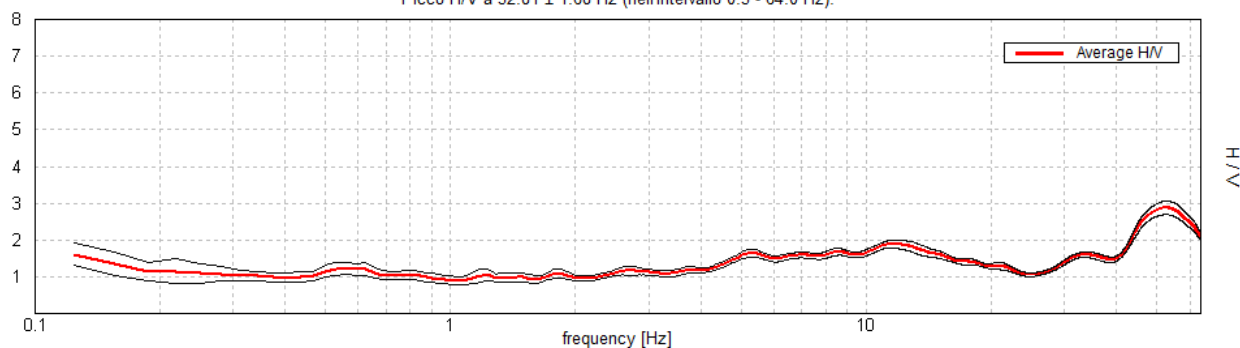
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

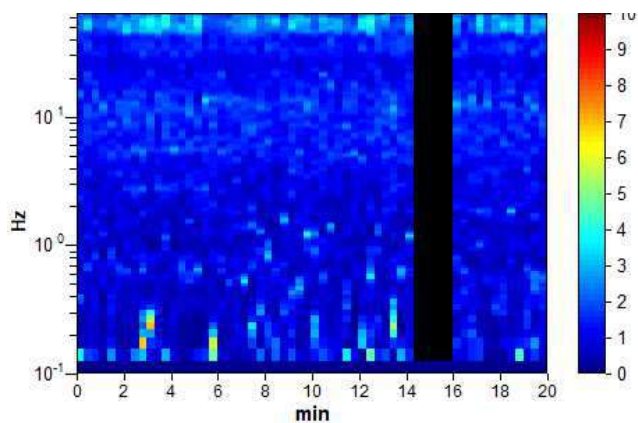
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

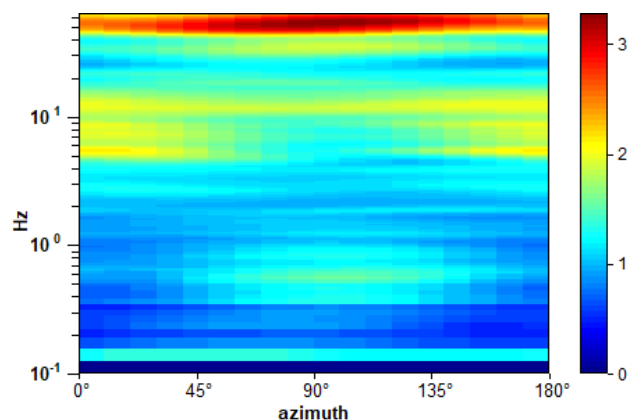
Picco H/V a 52.81 ± 1.68 Hz (nell'intervallo 0.5 - 64.0 Hz).



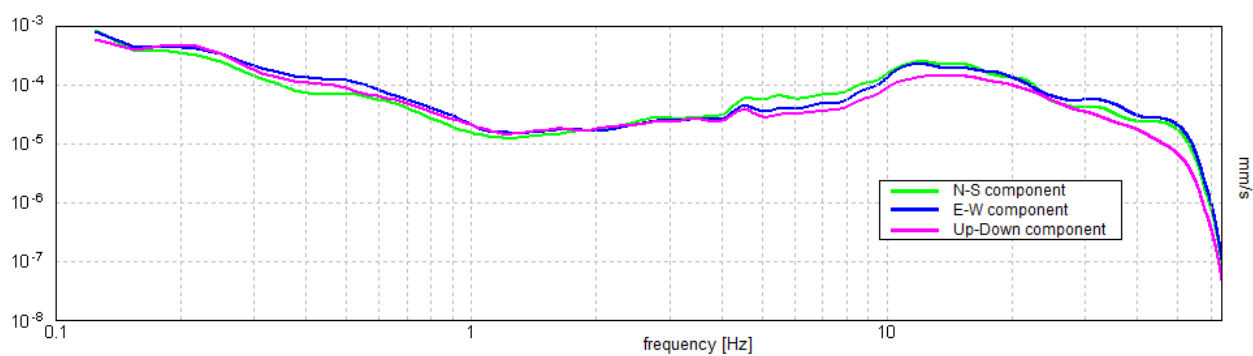
SERIE TEMPORALE H/V



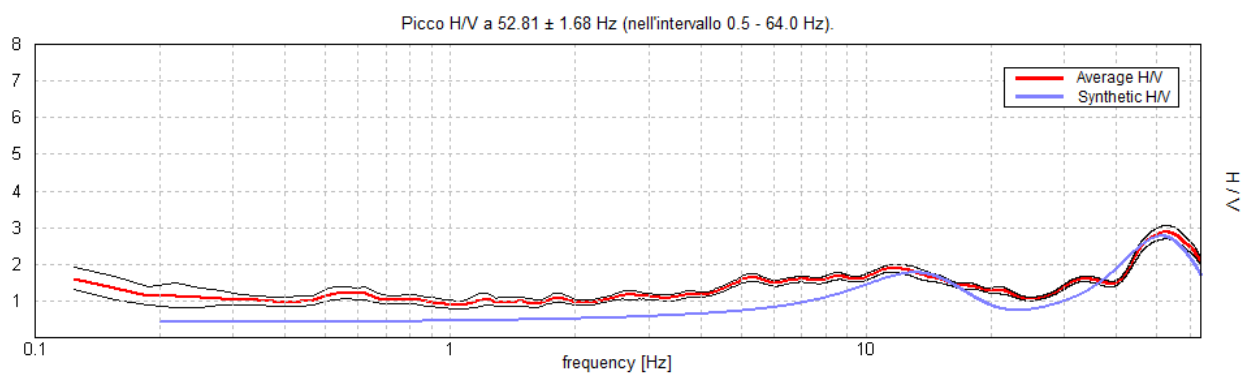
DIREZIONALITA' H/V



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.

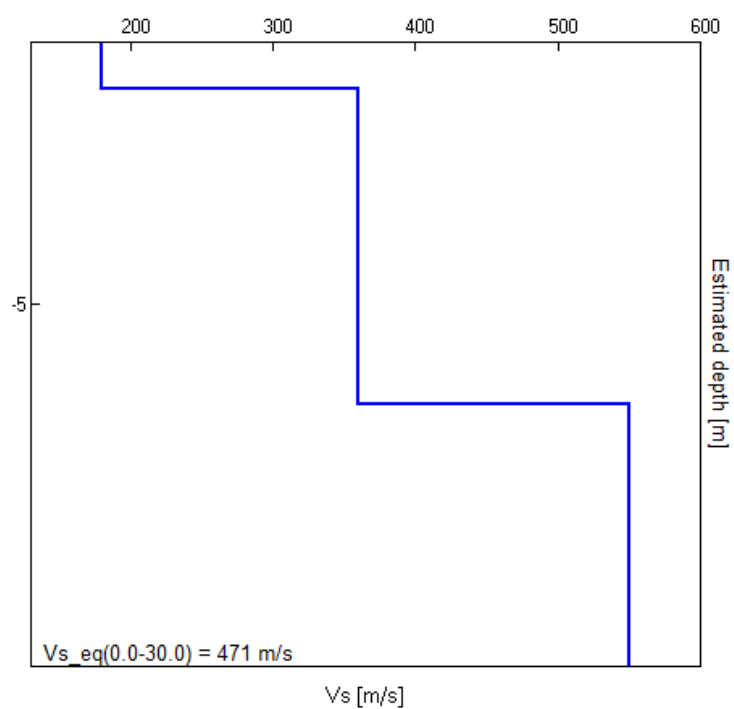
Vs [m/s]

180
360
550

Rapporto di Poisson

0.42
0.42
0.42

$$V_{s_eq}(0.0-30.0) = 471 \text{ m/s}$$



[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 ± 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 $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ 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
σ_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 σ_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

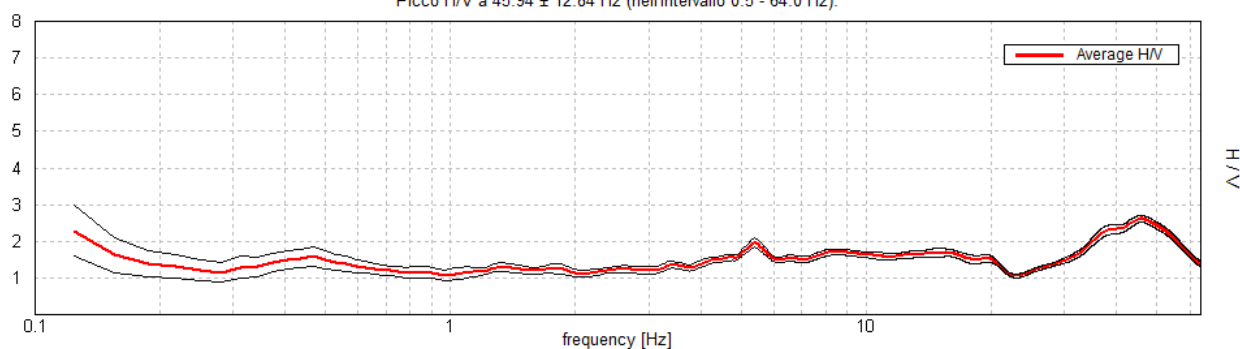
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

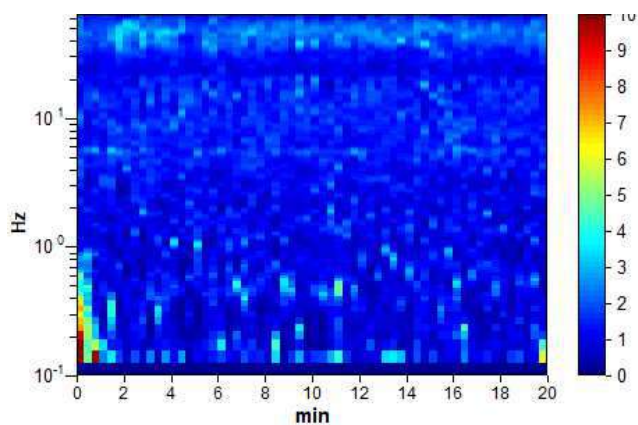
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

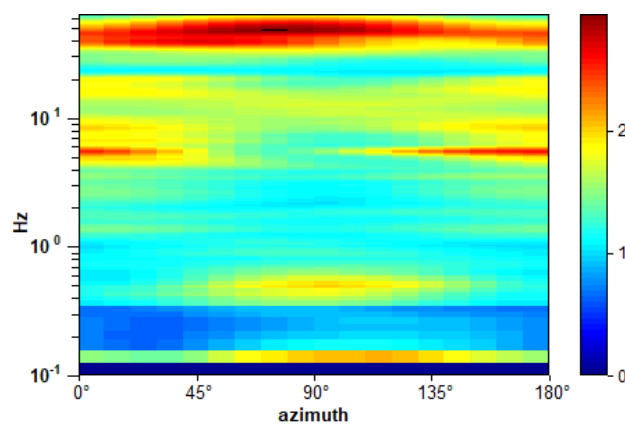
Picco H/V a 45.94 ± 12.84 Hz (nell'intervallo 0.5 - 64.0 Hz).



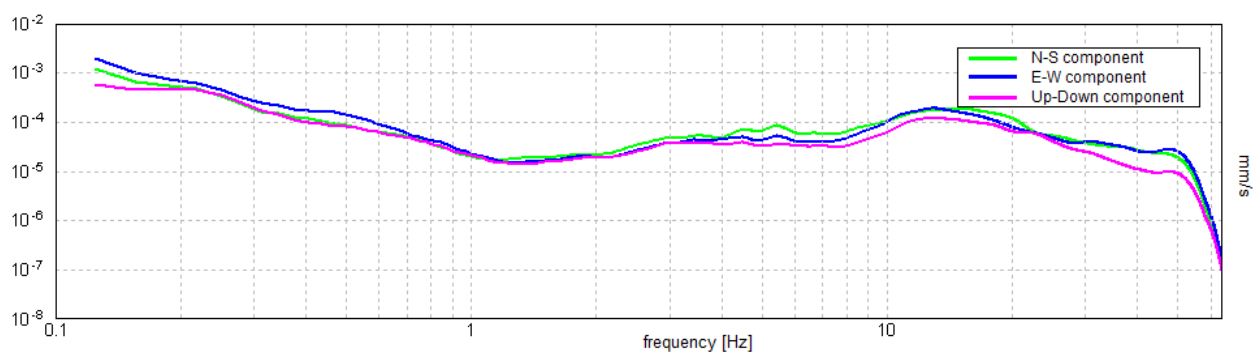
SERIE TEMPORALE H/V



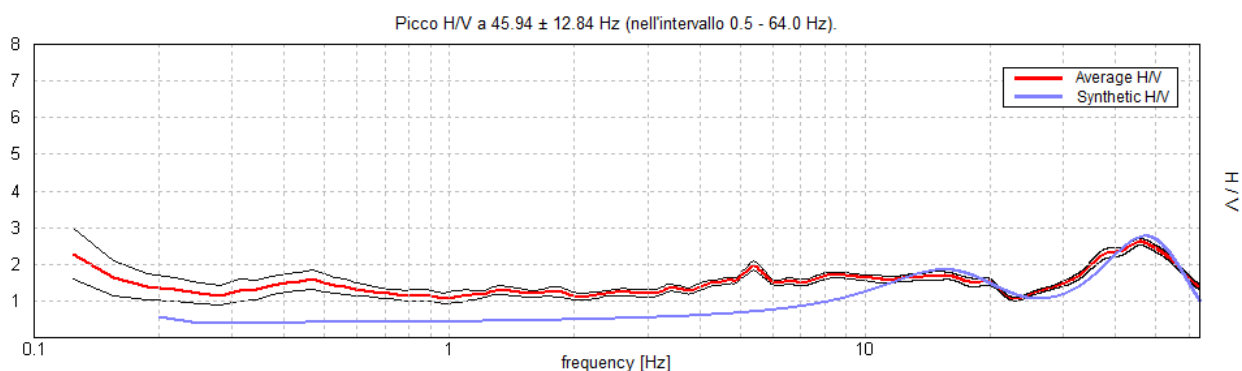
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

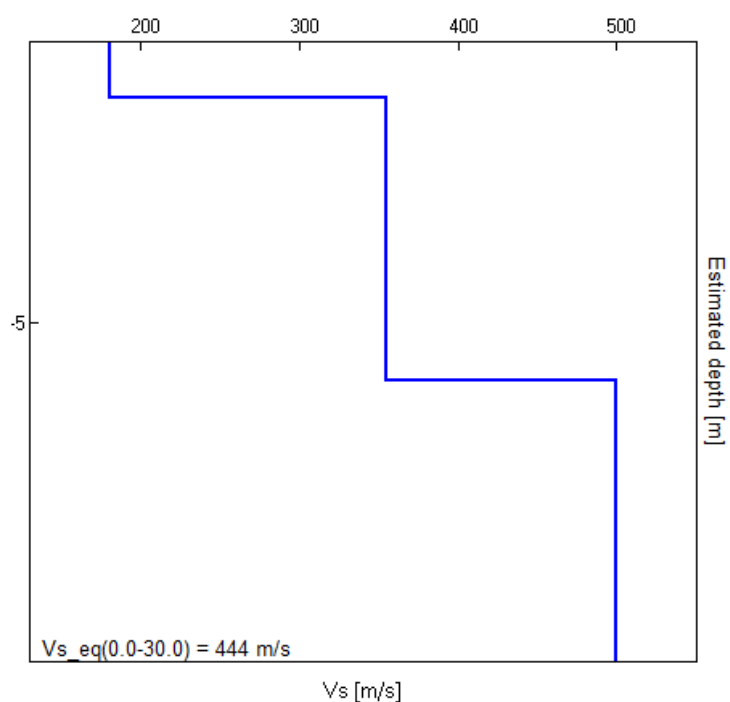


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	180	0.45
6.00	5.00	355	0.45
inf.	inf.	500	0.45

$$V_{s_eq}(0.0-30.0) = 444 \text{ m/s}$$



[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 ± 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 $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ 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	

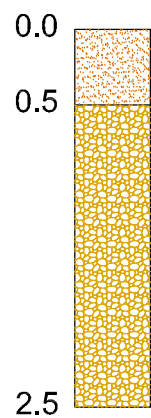
L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
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 σ_f e $\sigma_A(f_0)$

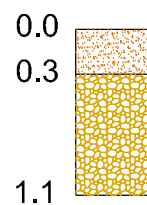
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

7	Pozzetti esplorativi e prova di permeabilità
n.	figura
\\	Spett.le FAP INVESTMENTS S.R.L.
scala	committente

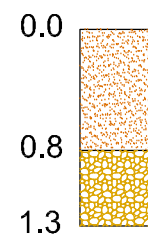
PE1



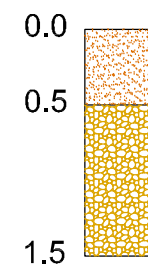
PE2



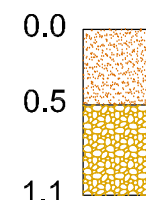
PE3



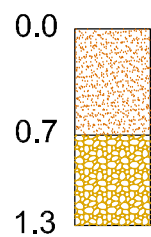
PE4



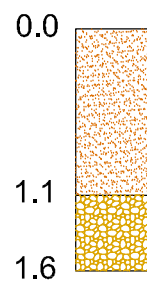
PE5



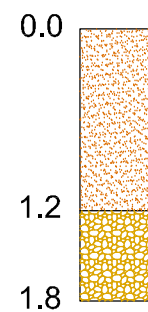
PE6



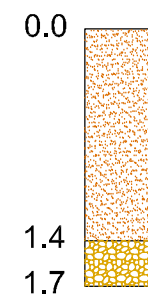
PE7





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



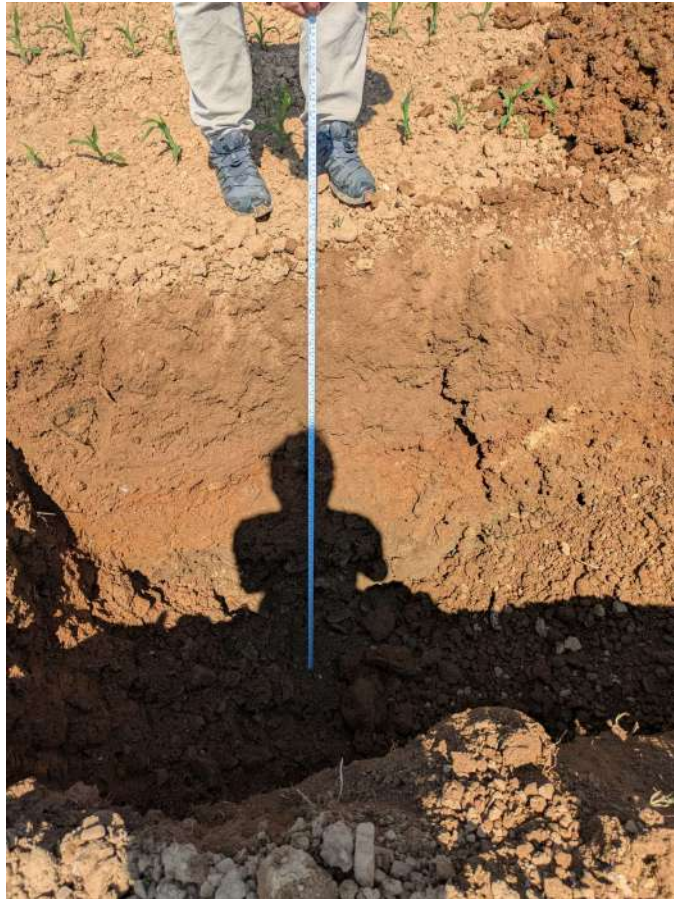
PE5 cumulo



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'

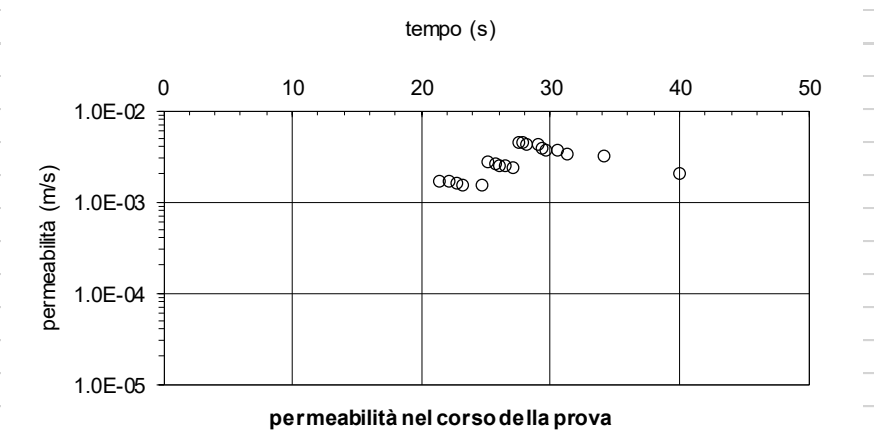
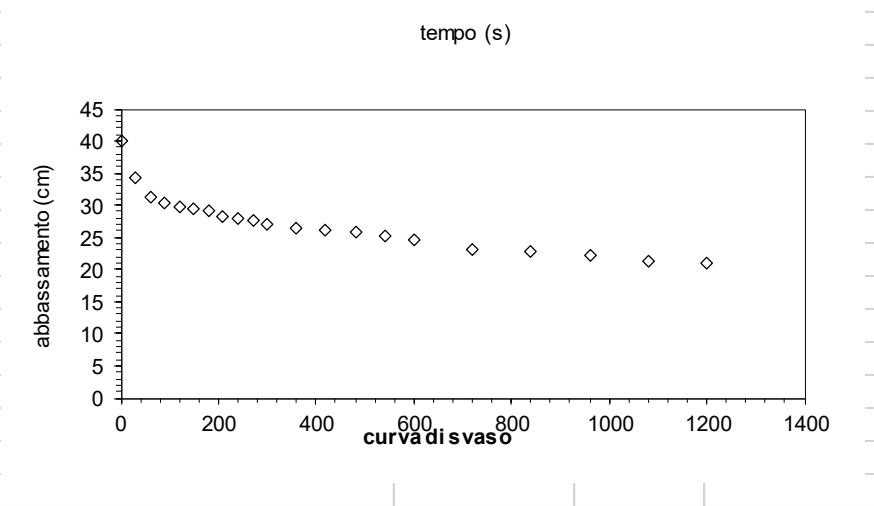
cantiere:	POZZOLO FORMIGARO
sondaggio:	PE5
prova n.°:	1
data:	30/4/25
materiale cella di prova:	Ghiaia con limo e sabbia

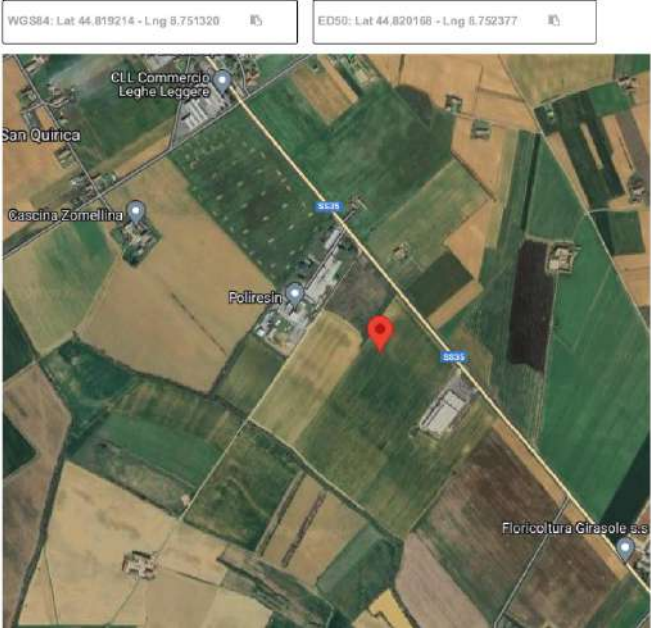
DATI DI INGRESSO

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





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	2.513	0.184
Danno (SLD)	50	0.029	2.486	0.205
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.080	2.450	0.271
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.109	2.439	0.275
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

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
<input type="checkbox"/> Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]				0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.005	0.007	0.019	0.031
kv	0.003	0.003	0.010	0.016
Amax [m/s²]	0.249	0.338	0.946	1.284
Beta	0.200	0.200	0.200	0.240

8

Parametri sismici

n.

figura

\\

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

scala

committente