

DOTT. GEOL. PAOLO GIANI – O.G.T. n. 1562

PIAZZA L. MONACO 16, 56020 CASTEL DEL BOSCO - MONTOPOLI IN VAL D'ARNO (PI)

TEL. 328 7239715 – E-MAIL: penetratio73@gmail.com– P. IVA: 01613600509

COMUNE DI PONSACCO

(Pisa)

PIANO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA

Comparto ATP1 - Viale Italia

Relazione di fattibilità geologica

(L.R. 41/18 – Delibera 40 del 28 Marzo 2024 - D.P.G.R. 1/R- D.P.G.R. 5/R)

COMMITTENZA: LA CHIARA s.r.l.

PROGETTISTI: Arch. Fabrizio Macchi

GEOLOGO : Dott. PAOLO GIANI

FEBBRAIO 2026

PREMESSA

La presente relazione di fattibilità geologica supporta il Piano Attuativo di iniziativa privata individuato dalla scheda norma dell'area ATP1 del vigente Piano Operativo del Comune di Ponsacco e riferito alla costruzione di un fabbricato per attività artigianale.

In questa sede si valutano le condizioni di fattibilità dell'intervento alla luce dei criteri di definizione del grado di rischio geomorfologico, idraulico e sismico locale stimato sulla base di eventuali dati esistenti e/o sull'incrocio delle informazioni disponibili con i criteri definiti dalla disciplina del D.P.G.R. n. 5/R del 30/01/2020.

Per definire la fattibilità del Piano attuativo ne è stata inoltre verificata la compatibilità rispetto alle salvaguardie ed ai vincoli sovraordinati alla disciplina del P.R.G., introdotti dalle normative nazionali e regionali sul rischio geomorfologico e idraulico (Delibera 40 del 28 Marzo 2024 dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale e L.R. 41/2018).

Al comparto ATP 1 è associata la realizzazione del vasto parco (Rain Park) di circa 20000mq localizzato a sud del territorio urbanizzato lungo la variante SR 439 ed avente la finalità di accogliere la realizzazione di opere di protezione e compensazione idraulica, nonché di fungere da parco urbano e da elemento di qualificazione dei margini della città industriale, così come indicato nel Piano Operativo del comune di Ponsacco.

Relativamente alla caratterizzazione geotecnica dei terreni si fa riferimento in questa fase ad un'indagine effettuata in loco consistita in nr 3 CPT mentre dal punto di vista sismico sono state eseguite indagini di sismica passiva a stazione singola HVSR ed un'indagine sismica Masw; le suddette indagini integrano studi sismici progressi (masw e hvsr) effettuati sull'area di interesse per conto dell'Amministrazione Comunale, riportati in allegato.

Si rimanda alla fase esecutiva l'esecuzione di una campagna geognostica e sismica di dettaglio conforme a quanto previsto dal D.P.G.R. 1/R, essendo l'intervento edilizio in progetto in classe di indagine 4.

1.DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il piano attuativo di iniziativa privata (PDL) del comparto ATP1, riguarda un'area industriale /artigianale/commerciale a fronte di Viale Italia (UTOE 1) posta a sud dell'attuale zona industriale/artigianale PIP 2. L'intervento mira anche alla riqualificazione dei margini urbani, con annesso una vasta area destinata a parco (Rain Park), funzionale anche alla sostenibilità ambientale e alla mitigazione del rischio idraulico.

Il Rain Park consiste realizzazione di una vasta area a verde di circa 20.000 mq. localizzata a sud del territorio urbanizzato lungo la variante SR 439, con finalità di qualificazione dei margini della zona industriale e compensazione idraulica. L'area per la compensazione/invarianza idraulica, ha una superficie di 15500mq ed una profondità media pari a cm. 30, e sviluppa un volume pari circa mc 4.650 e sarà rifinita come area verde/agricola L'attuazione dell'intervento prevede la realizzazione di standard pubblici funzionali quali, strada, parcheggi, verde pubblico, vasta area a parco/verde e un percorso ciclo/pedonale posto sul fronte sud. All'interno è previsto percorso ciclo/pedonale che attraversa il Rain Park ad anello irregolare per poi ricongiungersi al verde pubblico lungo viale Italia, realizzato con stabilizzato di cava H cm.7/8 previa stesura di tessuto no tessuto e segnaletica in alto. Il verde pubblico, posto a ovest del comparto, a confine con viale Italia, sarà rifinito con le caratteristiche di un'area agricola; negli spazi pertinenziali a verde privato e sul confine del lotto, è prevista la sistemazione a dimora di piante di alto fusto ad alta capacità di assorbimento di inquinanti critici.

I **parametri urbanistici** previsti nel comparto ATP1 sono:

- Destinazione d'uso ammesse: Industriale-artigianale-commerciale al dettaglio direzionale e di servizio- commerciale all'ingrosso e depositi-
- Strumento di attuazione: Piano Attuativo di iniziativa privata (PDL)

Parametri Urbanistici:

ST mq. 35.440

SE mq. 16.000

H. max mt. 11- estendibile per necessita dichiarata fino a mt. 15

IC. 45%

Verde P. mq. 1.047

Parcheggio P. mq. 3.174

Distanza dai confini: 5 mt

Distanza dalle strade 7,5 mt

2. GEOMORFOLOGIA E GEOLOGIA DEL SITO

Il fabbricato in progetto andrà a collocarsi nella vasta pianura alluvionale posta sulla sinistra orografica del fiume Arno, in un'area pertanto caratterizzata da una conformazione morfologica pressochè pianeggiante, a leggera pendenza verso ONO (2.5-3‰), caratterizzata da quote medie intorno ai 20,0m s.l.m..

Tracciando un breve quadro dell'assetto idrografico e idraulico del sito di intervento e della zona circostante si rileva che in origine il deflusso delle acque piovane era garantito da alcune fosse campestri parallele dirette prevalentemente SSO-NNE le quali confluivano le acque basse nella Fossa Nuova corrente a sud.

La geologia di superficie è costituita da sedimenti alluvionali olocenici, di prevalente composizione silico-clastica, caratterizzati dall'alternanza di limi sabbiosi sciolti o poco addensati ed argille limose di media plasticità e consistenza. Tali depositi olocenici sono legati al sovralluvionamento che si è sviluppato nella Pianura di Pisa durante la deglaciazione postwurmiana che ha prodotto la risalita del livello del mare.

In generale in questi sedimenti prevalgono le sabbie nelle zone adiacenti ai corsi d'acqua attuale (e a quelli antichi), sabbie accumulate durante le esondazioni del passato; nelle zone più lontane dai fiumi, invece, che sono rimaste leggermente depresse e quindi soggette ad impaludamenti, sono più diffuse le argille e le torbe dato che le esondazioni vi trasportavano solo i materiali più fini. I suoli superficiali, nelle zone dove prevalgono sedimenti sabbioso-limosi e limo-sabbiosi garantiscono un apprezzabile drenaggio verticale. Nei siti dove invece prevalgono sedimenti fini limo-argillosi l'infiltrazione verticale risulta difficoltosa per cui la circolazione delle acque piovane si concentra nel primo metro provocando nei periodi molto umidi saturazioni e ristagni temporanei. Nel tempo si sono verificate ampie modifiche del tracciato del fiume principale; da immagini da satellite sono stati infatti rilevati numerosi tratti di alvei fluviali abbandonati per naturale evoluzione del corso fluviale, nonchè paleoalvei sepolti che testimoniano una significativa variazione del regime di deposizione e quindi una notevole eteropia laterale dei sedimenti alluvionali.

Per quanto riguarda l'idrogeologia, nell'area esiste una attiva circolazione idrica sotterranea spiegabile con la presenza di una falda freatica regionale direttamente alimentata dalle piogge e dalla filtrazione laterale delle acque dell'Arno e dei canali principali; da essa attingono i pozzi a sterro localizzati presso molti dei fabbricati rurali e non dispersi nella pianura a sud dell'Arno.

La circolazione sotterranea, pur modesta, interessa esclusivamente gli strati sabbiosi e limo-sabbiosi a maggiore permeabilità, per cui, data la notevole vicinanza dei medesimi, origina modeste falde sospese separate da livelli argillosi, saturi ma improduttivi. Nell'area in esame, alla luce dei numerosi sondaggi effettuati, oltre i nove-dieci metri di profondità si riscontrano frequenti livelli di sabbie limose interessate da circolazione di falda costante, probabilmente caratterizzata da una leggera pressione.

Entro il foro di ispezione delle prove effettuate è stato rilevato un livello d'acqua stabilizzato intorno a 1,60mt di profondità dal p.c., indicativo verosimilmente di una circolazione freatica entro i limi subsuperficiali, ma potrebbe derivare anche da livelli acquiferi in pressione presenti più in profondità. Alla luce di quanto sopra evidenziato si consiglia di realizzare lo scavo preliminare alla realizzazione delle fondazioni in periodo secco ovvero di prendere in considerazione la possibilità di dotare il cantiere di pompa idrovora per consentire il getto delle strutture, qualora vi fossero venute d'acqua di un certo rilievo entro lo sbancamento.

3. INDAGINI EFFETTUATE

Prove penetrometriche CPT

Le prove CPT effettuate in loco consentono in questa fase una prima caratterizzazione del sottosuolo di intervento, differenziandolo nei livelli a diverso grado di addensamento. Sulla base delle correlazioni empiriche e semiempiriche proposte dalla letteratura specializzata ed in ragione della diversa resistenza geomeccanica dei terreni rilevati, si sono quindi attribuiti i parametri geotecnici ai vari litotipi differenziati nel sottosuolo. Gli orizzonti litologici con differenti caratteristiche geotecniche sono pertanto i seguenti:

LITOTIPO A: LIMI ARGILLOSI DI BASSA CONSISTENZA ($7 < Q_c < 9 \text{Kg/cmq}$)

In relazione ai parametri meccanico-fisici possono essere derivati i seguenti valori dalle prove penetrometriche:

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| - Coesione non drenata | $C_u = 0,35-0,45 \text{ kg / cm}^2$ |
| - Peso di volume | $\gamma = 1.80 \text{ kg/dm}^3$ |
| - Modulo di deformazione edometrico | $11 < M_o < 38 \text{ Kg/cm q}$ |

LITOTIPO B: ARGILLE SABBIOSE/SABBIE ARGILLOSE COMPATTE ($20 < Q_c < 55 \text{Kg/cm q}$)

In relazione ai parametri meccanico-fisici possono essere derivati i seguenti valori:

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| - Coesione non drenata | $C_u = 0,8-1,8 \text{ kg / cm q}$ |
| - Peso di volume secco | $\gamma = 1.85 \text{ kg/dm c}$ |
| - Angolo di attrito interno | $\phi = 27-31^\circ$ |
| - Modulo di deformazione edometrico | $M_o = 60-165 \text{ Kg/cm q}$ |

LITOTIPO C: LIMI ARGILLOSI DI MEDIA CONSISTENZA ($10 < Q_c < 19 \text{Kg/cm q}$)

In relazione ai parametri meccanico-fisici possono essere derivati i seguenti valori dalle prove penetrometriche:

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| - Coesione non drenata | $C_u = 0,50-0,78 \text{ kg / cm}^2$ |
| - Peso di volume | $\gamma = 1.85 \text{ kg/dm}^3$ |
| - Modulo di deformazione edometrico | $40 < M_o < 58 \text{ Kg/cm q}$ |

Indagine in sismica passiva

L'indagine si è articolata su 2 postazioni di misura; le ubicazioni precise sono indicate nelle allegate schede monografiche, che comprendono la documentazione fotografica, l'estratto foto-sat, coordinate ed annotazioni varie.

E' stata effettuata una rilevazione del microtremore sismico ambientale con le seguenti modalità:

- durata dell'acquisizione di 20' ;
- suddivisione dell'acquisizione stessa in "finestre" temporali di 20" ;

- frequenza di campionamento pari a 128 Hz

I risultati dell'elaborazione evidenziano dei massimi H/V di ampiezza modesta per entrambe le postazioni di misura. In particolare:

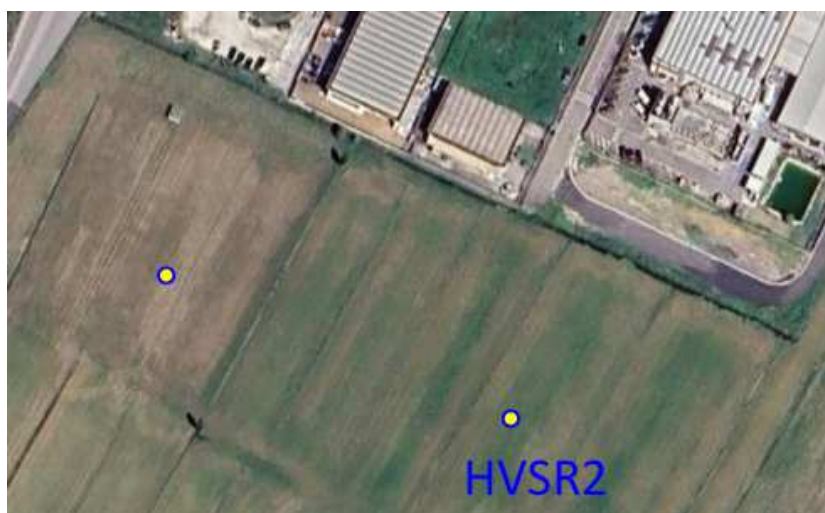
postaz. 1



- a basse frequenze: Max H/V a 1.1 Hz , ampiezza 2.1

- ad alte frequenze: Max H/V a 25.6 Hz , ampiezza 2.2 primi criteri Sesame : 3/3 - secondi criteri : 3/6

postaz. 2



- ad alte frequenze: Max H/V a 21.8 Hz , ampiezza 2.4 - primi criteri Sesame : 3/3 - secondi criteri : 4/6

I “picchi” evidenziati indicano la presenza di contrasti di velocità non particolarmente significativi.

Indagine sismica Masw

L'indagine M.A.S.W. è stata condotta con l'obiettivo di determinare il parametro V_{Seq} , necessario al fine della classificazione dei suoli, per la definizione dell'azione sismica di progetto, volendo procedere secondo la normativa vigente (D.M. 17 gennaio 2018).

Si rimanda alla fase esecutiva l'esecuzione di una campagna sismica di dettaglio conforme a quanto previsto dal D.P.G.R. 1/R, essendo l'intervento edilizio in progetto in classe di indagine 4.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede 3 fasi fondamentali:

- acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni;
- estrazione del modo fondamentale dalla curva di dispersione (grafico velocità di fase rispetto alla frequenza) delle onde superficiali di Rayleigh;
- inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle V/S .

Per ottenere un profilo V_s vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume (P e S), sia onde di superficie (Rayleigh e Love), che si propagano in tutte le direzioni.

Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, ecc.) e diventano rumore.

Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana.

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella possibilità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni.

L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali. Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i

segnali sismici acquisiti in una immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni. Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico. Lo stendimento impiegato per il profilo MASW in oggetto ha le seguenti caratteristiche:

- n. geofoni: 24
- spaziatura fra i geofoni: 2m
- n. shots: sono state effettuate 5 rilevazioni, impiegando la massa battente, a distanze di 2 m, 4,0 m, 6 m. 8,0m e 10,0m dalla linea geofonica.
- tempo di acquisizione : 1.000 msec.

Il software winMasw presenta come soluzione due modelli: il modello migliore cioè quello che presenta la differenza minore tra la curva osservata e calcolata, e un modello medio calcolato secondo un'operazione statistica, fornendo per ciascun modello il valore di Vs30. Di seguito sono riportate le velocità Vs e gli spessori dei livelli sismici costituenti i due modelli.

- secondo il MODELLO MEDIO

strato n.	1	2	3	4
VS (m/s):	133	196	297	361
spessori (m):	4.3	6.4	11.3	

- secondo il MODELLO MIGLIORE:

strato n.	1	2	3	4
VS (m/s):	133	188	320	333
spessori (m):	4.5	5.0	12.8	

Con i dati ottenuti, per la zona di indagine si ha:

- VS₃₀ (Vs eq) del modello migliore: 243 m/s

Il valore della Vseq determinato identifica una categoria di sottosuolo di tipo C secondo la tabella 3.2.II del DM 17 gennaio 2018 (aggiornamento delle Norme Tecniche

per le Costruzioni”), corrispondente a Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.

4.INQUADRAMENTO URBANISTICO: NORMATIVE SOVRAORDINATE AL P.R.G.

4.1 Piano di bacino del fiume Arno: Delibera 40 del 28 Marzo 2024

L'autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale con la Delibera 40 del 28 Marzo 2024 impone che a far data dal termine di cui all'art. 1 comma 2 (“Le misure di salvaguardia di cui alla presente deliberazione trovano applicazione a far data dalla pubblicazione dell'avviso di adozione sulla Gazzetta Ufficiale e restano in vigore fino all'approvazione del PAI dissesti distrettuale, ai sensi dell'art. 57 comma 1, lettera a), numero 2) del decreto legislativo n. 152/2006 e alla conseguente pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale e, comunque, per un periodo non superiore a tre anni.”) , per l'intero territorio distrettuale dell'Appennino Settentrionale:

- a. trovano applicazione le mappe di cui all'art. 6 della disciplina di piano del PAI dissesti distrettuale che, dalla medesima data, sostituiscono quelle dei PAI vigenti; in particolare le mappe di cui all'art. 6 comma 1 della disciplina di piano del PAI dissesti costituiscono il riferimento cartografico unico in materia di pericolosità da dissesti di natura geomorfologica.
- b. le mappe di cui all'art. 6 della disciplina di piano del PAI dissesti sono pubblicate sul sito web dell'Autorità all'indirizzo https://www.appenninosettentrionale.it/itc/?page_id=3112.
- c. le attività di riesame e le conseguenti modifiche delle mappe di cui all'art. 6 della disciplina di piano del PAI dissesti sono disciplinate ai sensi dell'art. 15 della medesima disciplina e di quanto riportato negli allegati n. 2 e n. 3 della stessa

Nel caso in esame l'area di intervento è esterna alle zone classificate a pericolosità elevata o molto elevata, pertanto non è soggetta a vincoli o salvaguardie.

4.2 P.G.R.A.

Nella cartografia a supporto del **P.G.R.A.** (Piano di gestione del rischio alluvioni, redatto ai sensi della direttiva 2007/60/CE e del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49, adottato in data 17/12/2015) l'area in esame in parte risulta compresa nelle aree a pericolosità per alluvioni bassa (**P1**) ed in parte nelle aree a pericolosità per alluvioni media (**P2**)

4.3 L.R. 41/2018

In relazione alle misure di salvaguardia adottate dalla Regione Toscana in materia di rischio idraulico e tutela dei corsi d'acqua si rileva che l'area in esame è esterna alle fasce della larghezza di 10 metri dai cigli di sponda o dal piede esterno degli argini dei corsi d'acqua censiti nel comune di Ponsacco, per cui non è soggetta al vincolo di inedificabilità di cui all'art. 1.

5. CLASSI DI PERICOLOSITA'

5.1D.P.G.R. n. 53/R

Seguendo le direttive del D.P.G.R. n. 53/R, l'area in esame è stata classificata come segue:

➤ **PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA (CLASSE G1 – PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA BASSA)**

Ricadono in questa classe “.....aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche e giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfologici evolutivi”

➤ **PERICOLOSITA' IDRAULICA**

L'area in esame risulta classificata in parte a pericolosità idraulica media (**P.I. 2**, ovvero “Alluvioni poco frequenti”: aree interessate da allagamenti per eventi con tempi di ritorno compresi tra 200 e 500 anni”) in parte a pericolosità idraulica bassa (**P.I. 1**, ovvero “Alluvioni rare e di estrema intensità”: aree interessate da allagamenti per eventi con tempi di ritorno superiori a 500anni)

➤ **PERICOLOSITA' SISMICA (CLASSE S2 – PERICOLOSITA' SISMICA MEDIA)**

Per valutare la pericolosità sismica locale ai sensi del *DPGR 53/R* (punto C.5 allegato A) si

sono considerate:

- le caratteristiche geolitologiche e geomorfologiche dell'area;
- le caratteristiche litostratigrafiche rilevate mediante la campagna geognostica effettuata in adiacenza all'area in esame;
- le risultanze delle specifiche indagini geo-sismiche, effettuate in prospettiva di una MS di I livello, le quali hanno consentito di rilevare un profilo delle Vs da cui si evince una categoria "C" di suolo di fondazione e di indagini in sismica passiva che hanno escluso l'esistenza di frequenze di risonanza associabili a contatti tra litotipi a caratteristiche di velocità sismica (e quindi fisico-meccaniche) significativamente differenti. Gli studi disponibili hanno consentito di rilevare che non esiste una suscettibilità di amplificazione locale in quanto non si rileva la presenza di significativi contrasti di impedenza sismica al di sotto della copertura alluvionale. Per questo è stata definita una **Pericolosità sismica locale media (S.2)**: *ricadono in questa classe "...zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3)*

6. D. P. G. R. n. 5/R

Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche.

Alla luce delle cartografie di base disponibili, nello specifico per l'area in oggetto si ha:

PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

BASSA G1: aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche e giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi

PERICOLOSITA' IDRAULICA

P1

Aree a pericolosità da **alluvioni rare** o di estrema intensità (**P1**), come classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del d.lgs.49/2010

P2

Aree a pericolosità per **alluvioni poco frequenti (P2)**, come definite dall'articolo 2, comma 1, lettera e) della l.r.41/2018

PERICOLOSITA' SISMICA

MEDIA S2:

- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali connessi con contrasti di impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal piano campagna e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore a 1hz;
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione (F_x) < 1.4;
- zone stabili suscettibili di amplificazione topografica (pendii con inclinazione superiore a 15 gradi);
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, non rientranti tra quelli previsti nelle classi di pericolosità sismica S.3;

7.FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO EDILIZIO

Di seguito si rivalutano pertanto le condizioni di fattibilità specifiche per l'area in esame alla luce della destinazione d'uso e dei criteri di definizione del grado di rischio geomorfologico, idraulico e sismico locale stimato sulla base dei criteri definiti dalla nuova disciplina.

- La fattibilità in relazione agli aspetti geomorfologici è **F2**.

Questo comparto ricade in pericolosità geologica bassa G.1 in quanto area in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi, di conseguenza non è necessario dettare condizioni di attuazione dovute a limitazioni di carattere geomorfologico. Gli approfondimenti di indagine consistono, nel rispetto del DPGR 1/R/2022 (Art.5-

Allegato1 Linee guida sulle tipologie e classi di indagini geologiche, geofisiche e geotecniche da allegare ai progetti), nell'esecuzione di verifiche geotecniche dirette volte ad investigare i terreni effettivamente interessati dalle nuove costruzioni, definendo il modello geologico e geotecnico del sottosuolo attraverso l'esecuzione di prove geognostiche, sondaggi, analisi di laboratorio delle terre, ecc. le cui quantità e tipologia sono definite in funzione della classe di indagine di riferimento (paragrafo 3 dell'Allegato 1).

-La fattibilità in relazione agli aspetti idraulici è F3

Dalle schede di fattibilità geologiche redatte a supporto del POC risulta che il presente comparto è caratterizzato da:

- **Pericolosità da alluvione** variabile, da **P1** a **P2**.
- **Magnitudo moderata (M1)**, con presenza di aree minimali a magnitudo severa (M2) e molto severa (M3) ininfluenti ai fini del rischio idraulico dell'area, in quanto corrispondenti a scoline campestri.
- **Battente TR200** variabile, con un valore **medio sul comparto pari a 0.17 m**.
- **Quota di esondazione TR200** variabile **con un valore massimo di 19.20 m s.l.m., da assumersi come quota di esondazione a cui sommare il franco di progetto (30cm)**.

Volume potenzialmente sottratto alle esondazioni per TR200 pari a 5649.1mc su tutto il comparto. Considerando l'indice di copertura dell'area di pertinenza pari a 0.45 si ha un'area massima occupata da fabbricati pari a 11475 m², cui corrisponde un volume sottratto alle esondazioni pari a circa 1726 m³, che sommato ai volumi di esondazione che interessano la viabilità da luogo a **volumi sottratti alle esondazioni per TR200 intorno a 2950 mc**.

Per la realizzazione di interventi di nuova costruzione si fa riferimento a quanto previsto all'art.11 della LR 41/2018. Il non aggravio del rischio in altre aree è definito secondo quanto prescritto dall'art.8 comma 2 della L.R. 41/2018. Per la realizzazione dei nuovi fabbricati è possibile procedere con interventi di sopraelevazione di cui all'art. 8, comma 1,

lett. c) della L.R. 41/2018. Per i nuovi fabbricati **il franco** sulla quota di esondazione da assumere nell'imposta del piano di calpestio del piano terra è **pari a 30 cm**. Per la realizzazione della nuova viabilità con relativi parcheggi si può fare riferimento all'articolo 13 della LR 41/2018, rispettivamente commi 2 e 4. In entrambi i casi deve essere assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, non deve essere superato il rischio medio R2 e devono essere previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali. A tal fine nell'area a parcheggio e sulla nuova viabilità (compreso il percorso pedonale) dovrà essere disposta idonea cartellonistica di avviso e dovrà essere aggiornato il piano di protezione civile comunale. **Si evidenzia comunque che nell'area sono presenti battenti di esondazione limitati (<30cm), tali da non superare le condizioni di rischio medio R2.**

Al comparto ATP 1 è associata la realizzazione del vasto parco (Rain Park) di circa 20000mq localizzato a sud del territorio urbanizzato lungo la variante SR 439 ed avente la finalità di accogliere la realizzazione di opere di protezione e compensazione idraulica, nonché di fungere da parco urbano e da elemento di qualificazione dei margini della città industriale, così come indicato nel Piano Operativo del comune di Ponsacco.

Il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree verrà pertanto assicurato attraverso la realizzazione di opere o interventi che invasino temporaneamente le acque di esondazione nell'area denominata "Rain Park", assicurando il successivo drenaggio delle acque verso la Fossa Nuova corrente a sud (vedasi Tav. 6 del progettista).

Al fine di garantire l'invarianza idraulica della trasformazione del comparto (in base alle superfici impermeabili, semi-permeabili e permeabili a verde di progetto) è stato effettuato uno studio apposito da parte dell'Ing. Fancesca Lotti che ha definito un volume di "stoccaggio temporaneo" da rilasciare gradualmente nel reticolo secondario pari a 1432mc.

Il volume da compensare, considerato come il volume massimo (analogamente a quanto previsto per altri comparti posti nel settore nord come ad es. comparto 6a e sub-comparto 6b), tra "volume da compensare per esondazione con TR200" e "carico idraulico di progetto" (relativo all'invarianza idraulica TR30 durata 1h), risulta pertanto pari a 2950mc.

L'area per la compensazione/invarianza idraulica, ha una superficie di 15500mq ed una profondità media pari a cm. 30, e sviluppa un volume pari circa mc 4.650 nettamente superiore alle volumetria sopra definita ai fini del non aggravio verso le aree adiacenti.

A tal proposito preme sottolineare come questa soluzione sia preferibile sia rispetto alla realizzazione di vasche al di sotto del fabbricato dove lo svuotamento non sarebbe stato possibile per gravità sia rispetto alla soluzione proposta (non vincolante) nella scheda di fattibilità (P.O.) che avrebbe dovuto prevedere una altezza di vaso di 0,89mt, ben più alta di quella prevista (30cm) nel Rain Park.

Essendo il comparto già in una condizione di Magnitudo idraulica moderata, recepite le indicazioni di cui sopra l'intervento risulta fattibile ai sensi della L.R. 41/2018 in base all'Art. 11 comma 1, rientrando il caso in esame nell'eccezione di cui all'art. 8 comma 1 lettera b della stessa.

La fattibilità in relazione agli aspetti sismici è **F2**

Questo comparto ricade in **pericolosità sismica media S.2** in quanto zona stabile suscettibile di amplificazioni locali priva di un alto contrasto di impedenza sismica (zona 2002 delle Mops), di conseguenza **non è necessario indicare condizioni di attuazione per la fase attuativa o progettuale degli interventi.**

Limitatamente a quelle connesse con contrasti di impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal piano campagna e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore ad 1herz, la fattibilità degli interventi di nuova edificazione tiene conto dell'analisi combinata della frequenza fondamentale del terreno e del periodo proprio delle tipologie edilizie, al fine di verificare l'eventuale insorgenza di fenomeni di doppia risonanza terreno-struttura nella fase della progettazione edilizia.

Gli approfondimenti di indagine consistono, nel rispetto del DPGR 1/R/2022 (Art.5-Allegato1 Linee guida sulle tipologie e classi di indagini geologiche, geofisiche e geotecniche da allegare ai progetti), nell'esecuzione di verifiche geofisiche volte ad investigare i terreni effettivamente interessati dalle nuove costruzioni, definendo il modello sismico del sottosuolo attraverso l'esecuzione di prove sismiche di superficie, prove

penetrometriche con cono sismico, prove geofisiche in foro di sondaggio, ecc. le cui quantità e tipologia sono definite in funzione della classe di indagine di riferimento (paragrafo 3 dell'Allegato 1).

Alla luce di quanto sopra evidenziato si conclude che il Piano Attuativo è compatibile con le disposizioni del P.O. del comune di Ponsacco e con le normative sovraordinate sul rischio geomorfologico idraulico e sismico ed è pertanto fattibile dal punto di vista geologico.

Castel del Bosco, 11/02/2026

Il Geologo

APPENDICI

- Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica (tratta da PGRA - Bacino del fiume Arno)
- Reticolo idrografico
- Estratto da Google Maps con ubicazione indagini
- Carta Geologica
- Carta Litotecnica
- Stralcio Carta di Pericolosità Geomorfologica (53/R.)
- Stralcio Carta di Pericolosità Idraulica (53/R.)
- Carta delle zone a maggior pericolosità sismica locale (53/R.)
- Carta delle M.O.P.S
- Stralcio Carta di Pericolosità Geomorfologica (5/R.)
- Stralcio Carta di Pericolosità Idraulica (5/R.)
- Carta dei battenti
- Carta della velocità
- Carta della Magnitudo
- Carta della Pericolosità sismica (5/R.)
- Carta del rischio sismico
- Carta della vulnerabilità sismica
- Planivolumetrico
- Tav 6 del progettista (Rain Park)
- Stralcio schede di fattibilità geologica sismica ed idraulica (POC)
- Elaborati prove penetrometriche statiche CPT1, CPT2 e CPT 3
- Indagine geofisica in sismica passiva
- Indagine masw
- Indagini pregresse

Mappa della Pericolosità da alluvione



14/01/2026, 14:25:29

Limiti Comunali
CTR 1:10000 - II Edizione

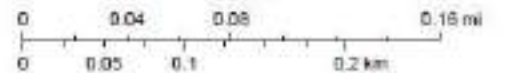
Pericolosità Dominio Fluviale
P1
P2
P3
Pericolosità Dominio Costiero
P2

CTR_10K_WGS84



COMPARTO ATP 1

1:4,514



Sources: Esri, Vector, Airbus DS, USGS, NOAA, NASA, COIAR, IN
Robinson, NCEAS, NLS, OS, NMA, Geodatabyren, Rijkswaterstaat, DSA, Geoland, FEMA, Intermap, and the GIS user
community, Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino
Settentrionale



OFC 2021 20cm - 32 bit colore - RGB

Infrastruttura Idrica



Ret. idrografico aggiornato con DCR 24/2025



SI



TOMBATO



TRATTO VIRTUALE

ESTRATTO DA GOOGLE MAPS CON UBICAZIONE INDAGINI



HVSR



INDAGINI PREGRESSE

HVSR2



SISMICA PASSIVA

CPT1



PROVE PENETROMETRICHE STATICHE



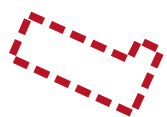
INDAGINE MASW

Carta geologica e geomorfologica



Complesso neoautoctono

- | | |
|---|---|
|  | bna - Depositi alluvionali recenti
Olocene |
|  | bnat - Depositi alluvionali terrazzati
Olocene |
|  | bnb - Depositi alluvionali terrazzati
Pleistocene medio - pleistocene superiore |
|  | VILe - Sabbie e conglomerati
Zancleano - piacentino |
|  | VILb - Sabbie, sabbie ciottolose e sabbie siltoso-argillose e limi sabbiosi
Rusciniense - villafranchiano |
|  | VILa - Conglomerati e ciottolami poligenici
Rusciniense - villafranchiano |
|  | PLIs - Sabbie e arenarie gialle
zancleano - piacentino |



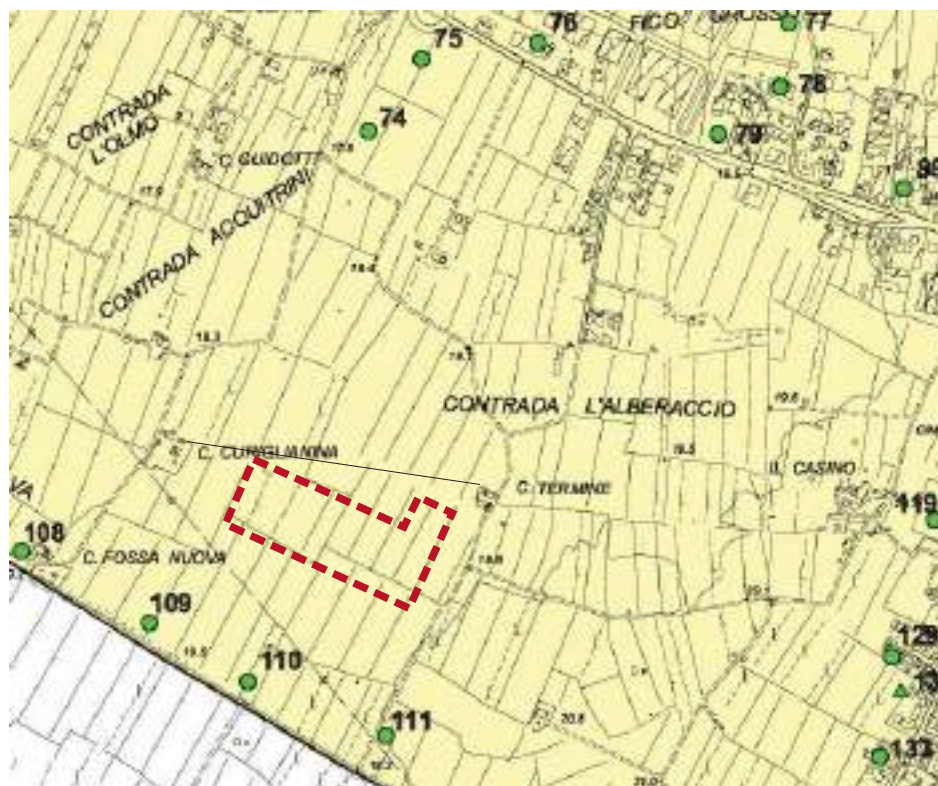
COMPARTO ATP 1

CARTA LITOTECNICA

tratta da









INDAGINI GEOLOGICO-TECNICHE
DI SUPPORTO ALLA PIANIFICAZIONE DEL TERRITORIO COMUNALE

L.R. n° 1-2005, D.C.R. n° 72-2007, D.P.C.M. 6/05/2005, D.P.G.R. n°26/r-2007



COMPARTO ATP 1

Classi litotecniche

-  Unità 1 : Formazioni di media resistenza (non rappresentata)
-  Unità 2 : Formazioni semicoerenti conglomeratiche (q6 - q11)
-  Unità 3 : Formazioni incoerenti sabbiose (at - p3)
-  Unità 4 : Formazioni coerenti di scarsa resistenza (non rappresentata)
-  Unità 5 : Formazioni pseudocoerenti argilloso-sabbiose (a)
-  Unità 6 : Formazioni pseudocoerenti prevalentemente argillose (q2)
-  Unità 7 : Accumulo di materiale rimaneggiato (discariche, detrito di versante, frane, ex cavi) - laghi
-  Corsi d'acqua principali

Ubicazione Prove in sito


-  Ubicazione Prove Penetrometriche Dinamiche leggere
-  Ubicazione Prove Penetrometriche Dinamiche pesanti
-  Ubicazione Prove Penetrometriche Statiche
-  Ubicazione Sondaggi
-  Ubicazione Saggi


G.06.a


Carta della pericolosità geologica




CLASSI DI PERICOLOSITA' AI SENSI DEL D.P.G.R. N.53R

-  **Pericolosità geologica bassa (G.1):**
aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giacaturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.

-  **Pericolosità geologica media (G.2):**
aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giacaturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 15%.

-  **Pericolosità geologica elevata (G.3)**
aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 15%.

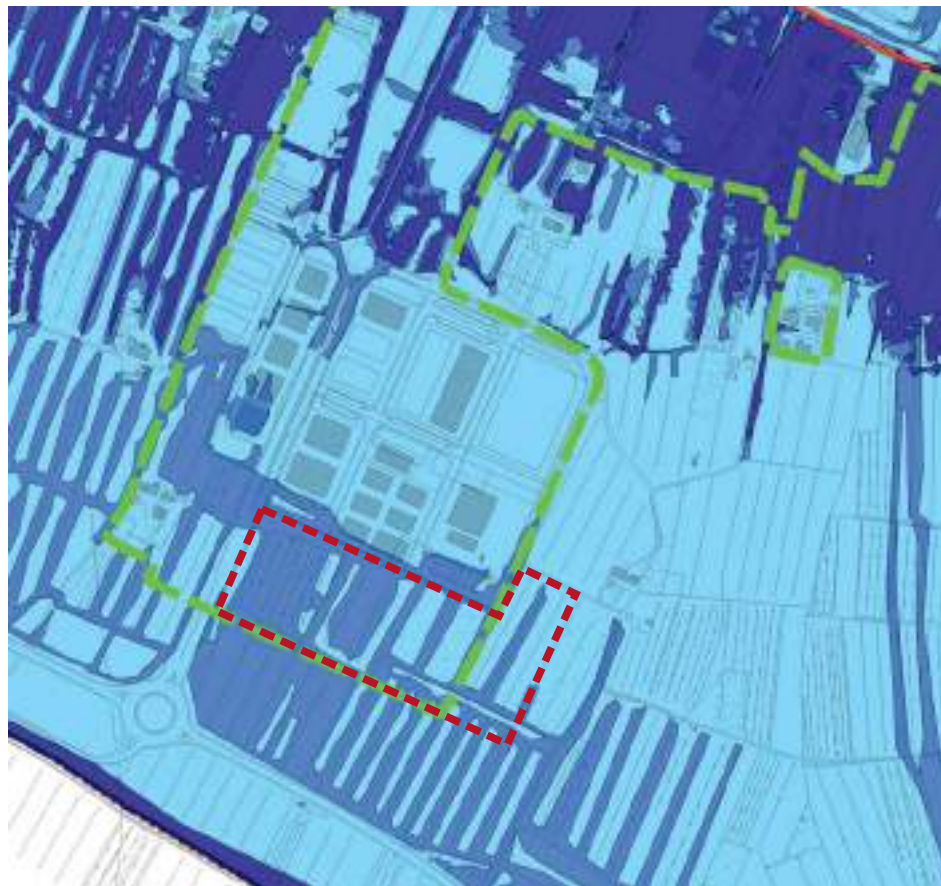
-  **Pericolosità geologica molto elevata (G.4)**
aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza, aree interessate da soliflussi.






COMPARTO ATP 1

G.08.a




Carta della pericolosità idraulica





pericolosità idraulica

-  P1 - Pericolosità bassa (alluvioni rare e di estrema intensità)
-  P2 - Pericolosità media (alluvioni poco frequenti)
-  P3 - Pericolosità elevata (alluvioni frequenti)

Reticolo idrografico ai sensi del L.R.79/2012

-  Corsi d'acqua appartenente al reticolo
-  Corso d'acqua appartenente ad altro reticolo
-  Corso d'acqua tombato

Confini

-  Limite comunale
-  Territorio urbano



COMPARTO ATP 1

G.13.a

Carta della pericolosità sismica locale



COMPARTO ATP 1

CLASSI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE



Pericolosità sismica locale bassa (S.1)

zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata e dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica.



Pericolosità sismica locale media (S.2)

zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3).



Pericolosità sismica locale elevata (S.3)

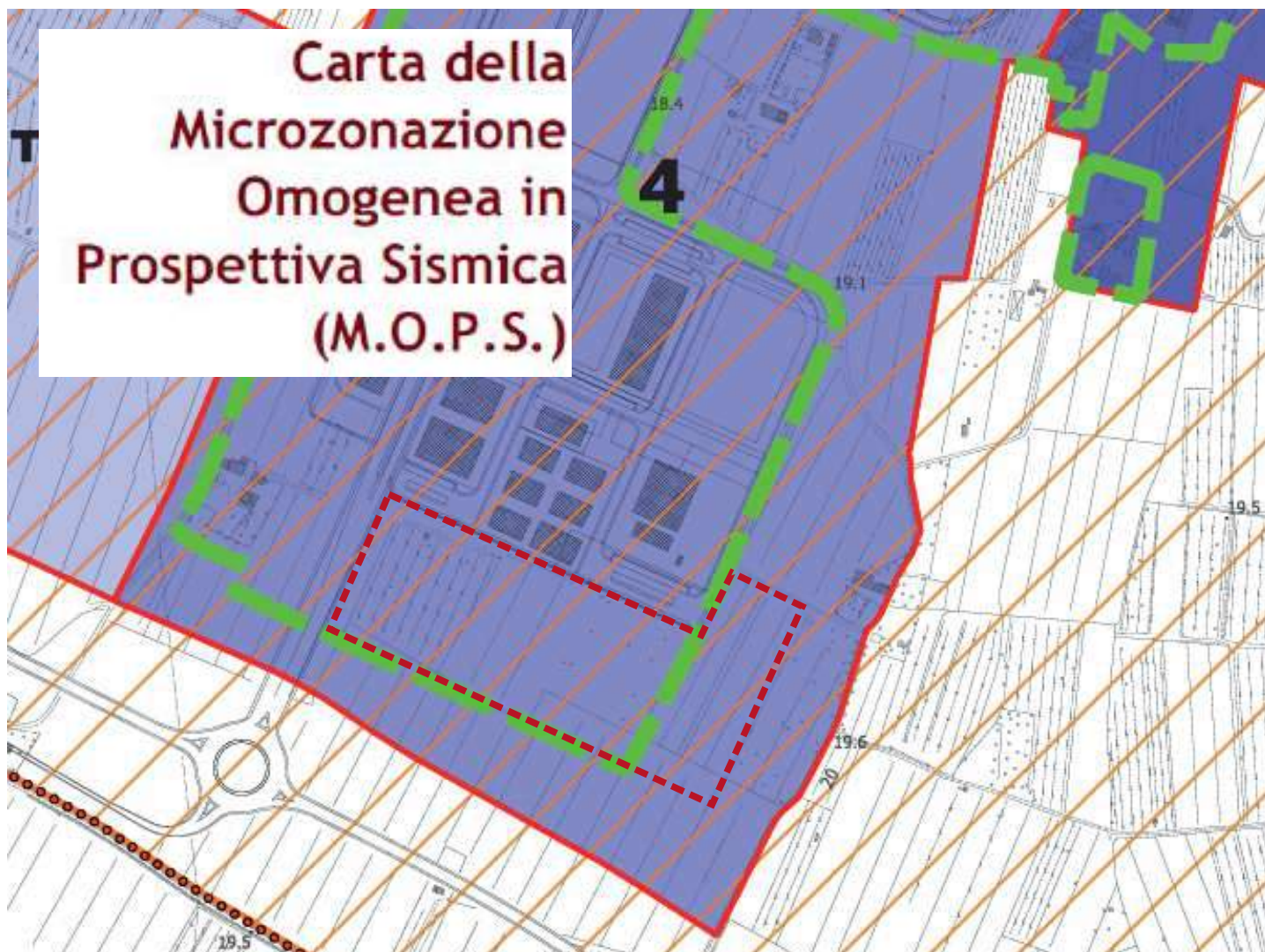
zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona sismica 2); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri.



Pericolosità sismica locale molto elevata (S.4)

zone suscettibili di instabilità di versante attiva che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; terreni suscettibili di liquefazione dinamica in comuni classificati in zona sismica 2.

Carta della Microzonazione Omogenea in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.)



AREE DI INTERESSE

- Limiti comunali
- U.T.O.E. vigenti (Aree di analisi della carta MOPS)
- Perimetro territorio urbanizzato
- U.T.O.E. di progetto

ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'

- Corpo di frana attivo
- Corpo di frana quiescente
- Area interessata da soliflusso

COMPARTO ATP 1

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI (con un alto contrasto di impedenza sismica)

- Zona 7** FONDOVALLE FIUME CASCINA - CAPOLUOGO
Depositi alluvionali recenti prevalentemente limosi da poca a media consistenza
Depositi alluvionali recenti prevalentemente argilloso-sabbiosi da poca a media consistenza
- Zona 8** FONDOVALLE FIUME ERA-CASCINA - CAPOLUOGO EST
Depositi alluvionali recenti prevalentemente argilloso-limosi da poca a media consistenza
- Zona 10** FONDOVALLE FIUME ERA - ZONA VAL DI CAVA
Depositi alluvionali argillo-limosi prevalentemente poco consistenti

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI (prive di un alto contrasto di impedenza sismica)

- Zona 1** FONDOVALLE FIUME CASCINA - ZONA LE MELORIE NORD
Depositi alluvionali recenti prevalentemente argillosi di media consistenza
Depositi alluvionali recenti prevalentemente argilloso-limosi di media consistenza.
- Zona 2** FONDOVALLE FIUME CASCINA - ZONA LE MELORIE SUD
Depositi alluvionali recenti prevalentemente argilloso-sabbiosi di media consistenza.
- Zona 3** FONDOVALLE FIUME CASCINA - ZONA PRODUTTIVA NORD
Depositi alluvionali recenti prevalentemente argilloso-limosi di medio/alta consistenza
Depositi alluvionali recenti prevalentemente argilloso-sabbiosi di medio/alta consistenza.
- Zona 4** FONDOVALLE FIUME CASCINA - ZONA PRODUTTIVA SUD
Depositi alluvionali recenti prevalentemente argilloso-sabbiosi di media consistenza
Depositi alluvionali recenti prevalentemente argillosi di medio/alta consistenza
- Zona 5** FONDOVALLE FIUME CASCINA - CAPOLUOGO NORD
Depositi alluvionali recenti prevalentemente limoso-argillosi di media consistenza
- Zona 6** FONDOVALLE FIUME CASCINA - CAPOLUOGO SUD
Depositi alluvionali recenti prevalentemente argillosi di bassa/media consistenza
Depositi alluvionali recenti prevalentemente argilloso-sabbiosi di media consistenza
Depositi alluvionali recenti prevalentemente argillosi di media consistenza
- Zona 9** FONDOVALLE FIUME ERA-CASCINA - CAPOLUOGO EST
Depositi alluvionali recenti prevalentemente argilloso-limosi di media consistenza
Depositi alluvionali recenti prevalentemente argilloso-limosi di bassa/media consistenza
- Zona 11** FONDOVALLE FIUME ERA - ZONA VAL DI CAVA
Depositi alluvionali terrazzati pleistocenici prevalentemente argillo-limosi e sabbiosi di media/alta consistenza
Depositi alluvionali terrazzati pleistocenici prevalentemente sabbiosi e addensati

ZONE STABILI (substrato sismico ipotizzato)

- 12** RILIEVO COLLINARE I POGGINI - UNITA' DEL PLIOCENE
Formazione VIIa prevalentemente sabbiosa da mediam. addensati a addensati

carta delle aree ed elementi esposti a fenomeni geologici **G.1**



COMPARTO ATP 1

LEGENDA



Confine comunale



Perimetro del territorio urbanizzato

Pericolosità geologica



Molto elevata (G.4)



Elevata (G.3)

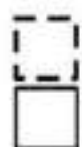
carta delle aree ed elementi esposti a fenomeni alluvionali

G.2



COMPARTO ATP 1

LEGENDA



Confine comunale

Perimetro del territorio urbanizzato

Pericolosità da alluvione



Bassa (P1)

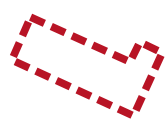
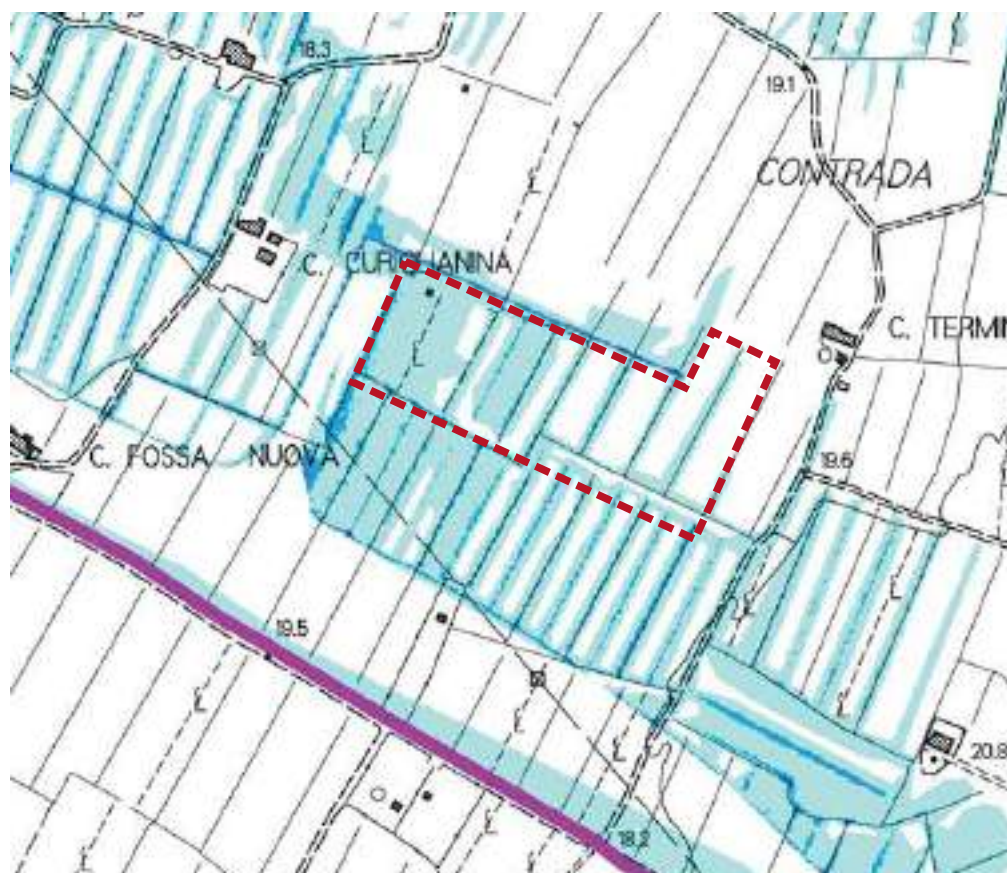


Media (P2)









Elevata (P3)

Altezze di esondazione per Tr200



COMPARTO ATP 1

LEGENDA








-  Comune Ponsacco
-  Reticolo L.R. 79/2012
- H_TR200**
-  ≤ 0.3
-  0.30-0.5
-  0.5-1
-  > 1

Velocità di esondazione per Tr200

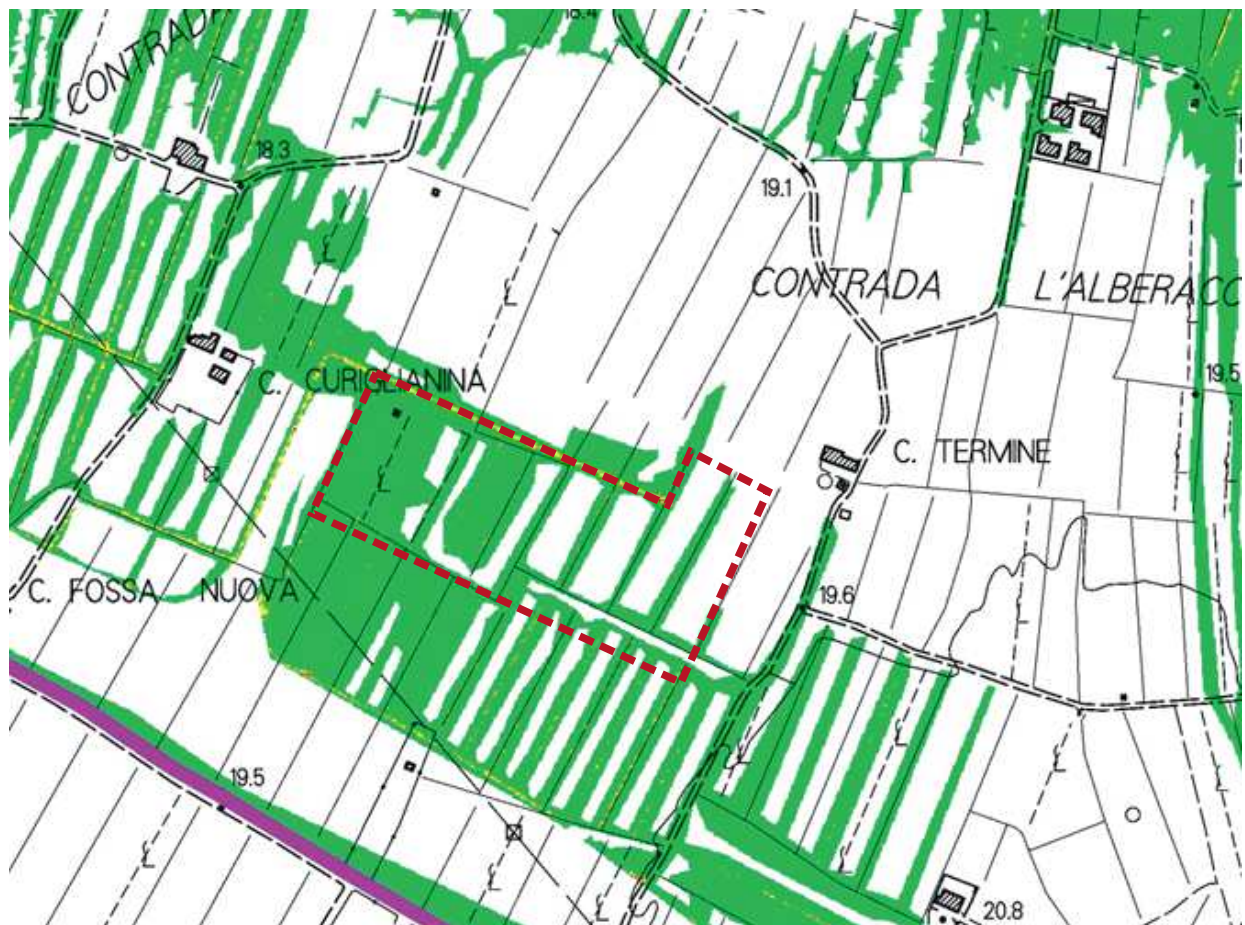


COMPARTO ATP 1

LEGENDA






-  Comune Ponsacco
-  Reticolo L.R. 79/2012
- V_TR200**
-  <0.25
-  0.25-0.5
-  0.5-1
-  1-2
-  >2

Magnitudo idraulica

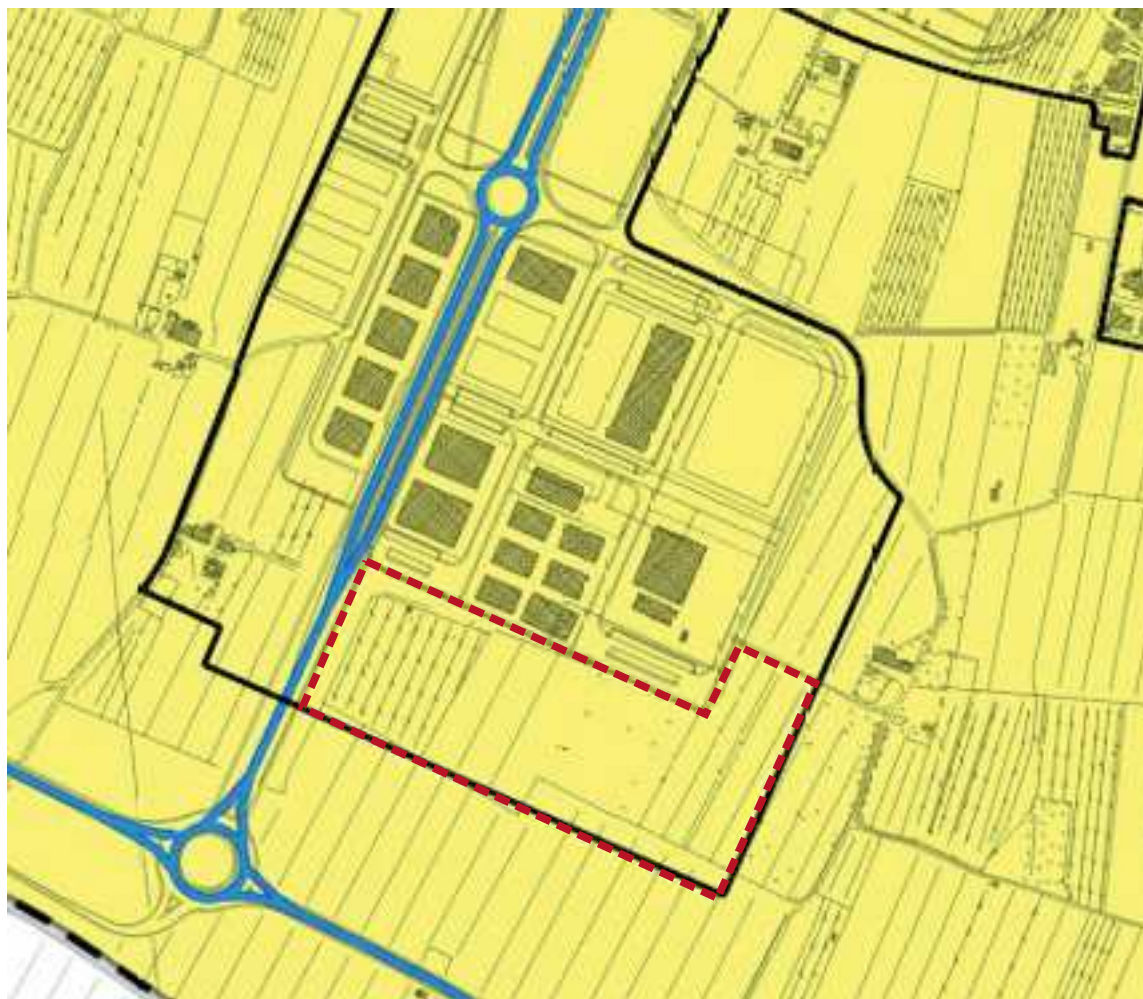


 **COMPARTO ATP 1**

LEGENDA

-  Comune Ponsacco
-  Reticolo L.R. 79/2012
- M_TR200
-  Moderata
-  Severa
-  Molto severa

carta dell'esposizione sismica **G.3.2**



COMPARTO ATP 1

LEGENDA



Confine comunale



Perimetro del territorio urbanizzato

Esposizione sismica



Bassa



Medio-bassa



Medio-alta



Alta



COMPARTO ATP 1

LEGENDA



Confine comunale



Perimetro del territorio urbanizzato

Rischio sismico



Basso



Medio-basso

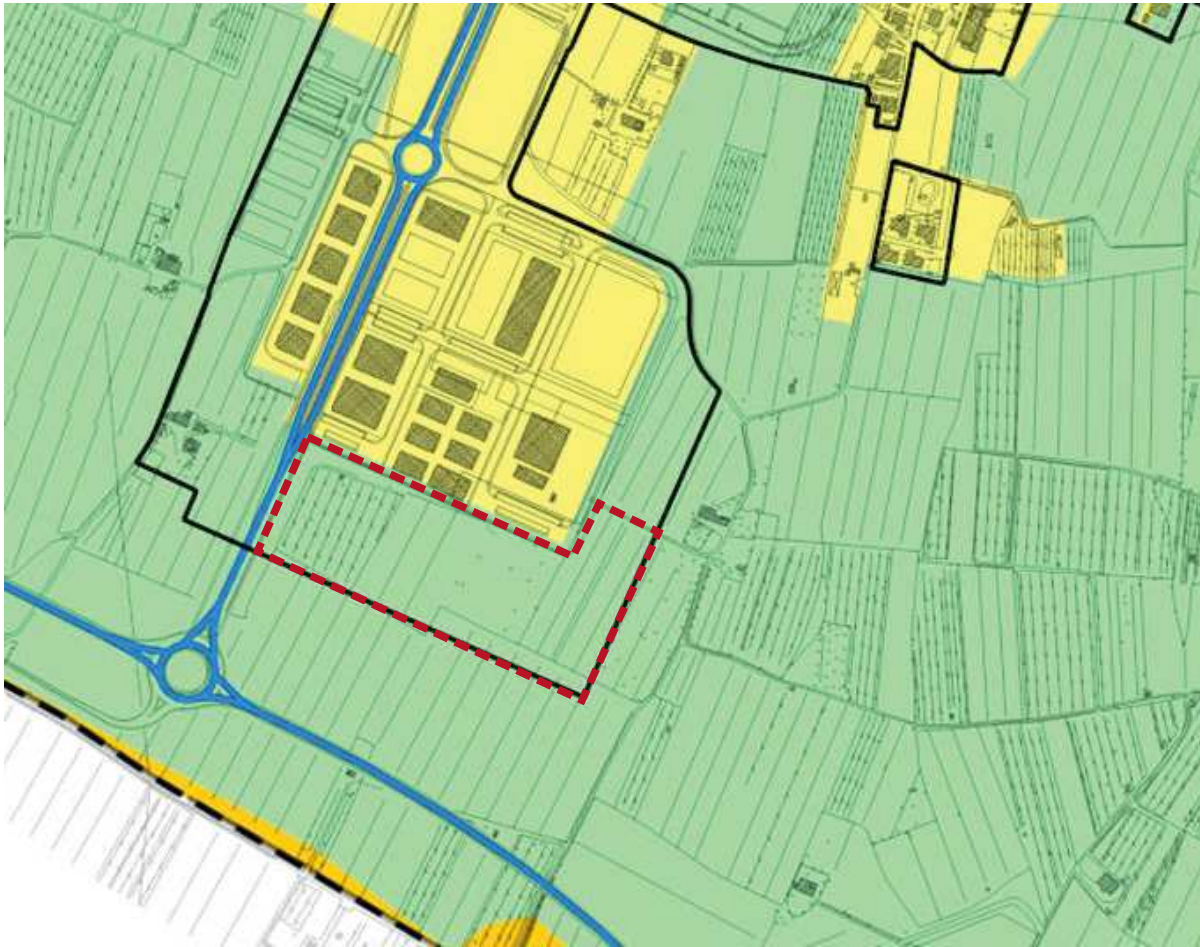


Medio-alto



Alto

carta della vulnerabilità sismica **G.3.1**



COMPARTO ATP 1

LEGENDA



Confine comunale



Perimetro del territorio urbanizzato

Vulnerabilità sismica



Bassa



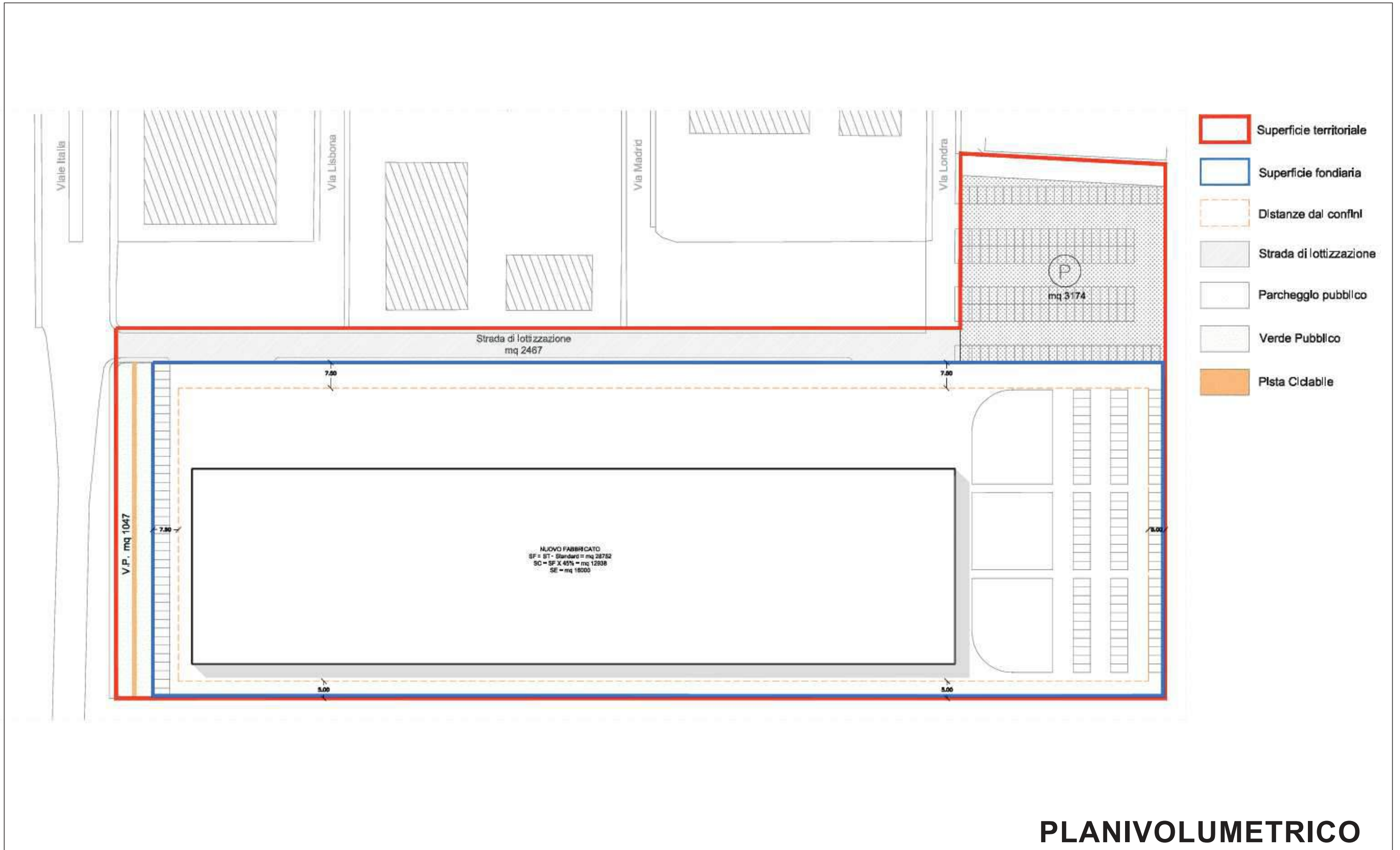
Medio-bassa



Medio-alta



Alta



PLANIVOLUMETRICO

6 TAV.

Dott. FABRIZIO MACCHI ARCHITETTO
STUDIO DI PROGETTAZIONE
Via del Mito, 50 int. 2 - PONSACCO (PI)
Tel. e fax. 0597733140 - p. IVA 0042540507

PROPRIETA': LA CHIARA S.R.L.
COMUNE: PONSACCO
Via di Lottizzazione

IL PROGETTISTA
Dott. Arch. Fabrizio Macchi

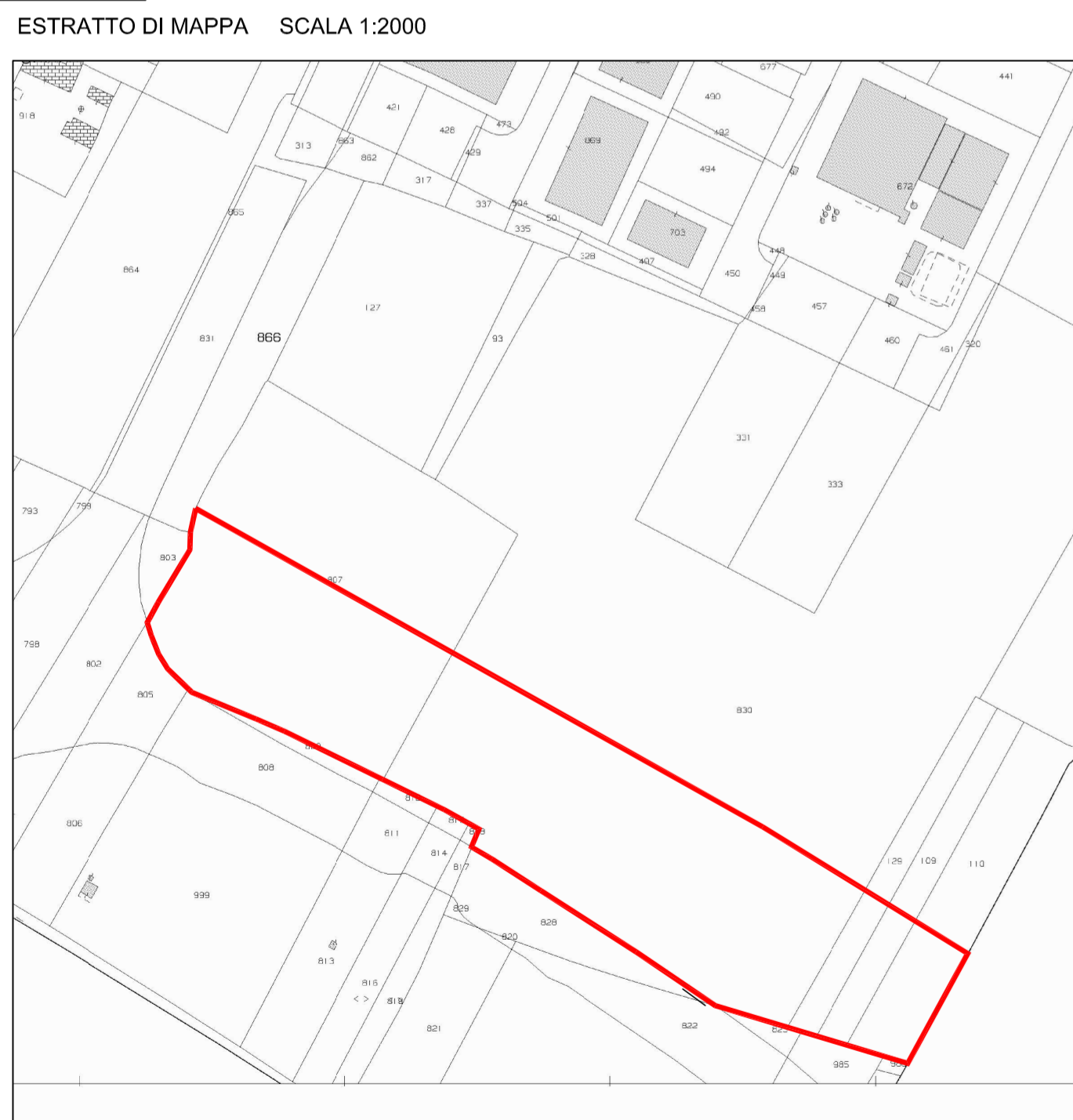
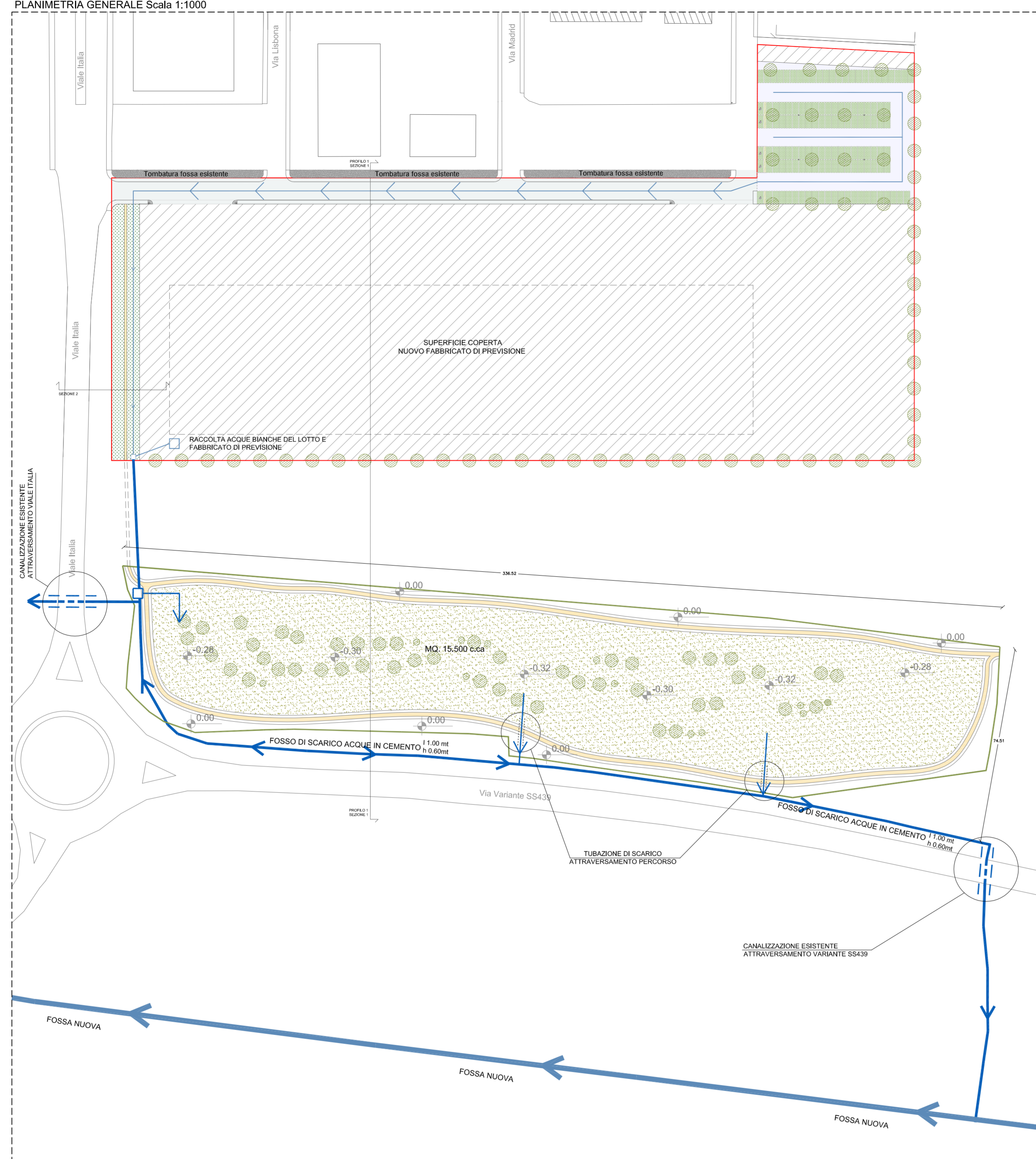
OGGETTO:
PIANO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA
COMPARTO ATP.1

SCALA 1:2000 - 1:1000
1:500 - 1:250

GENNAIO 2026

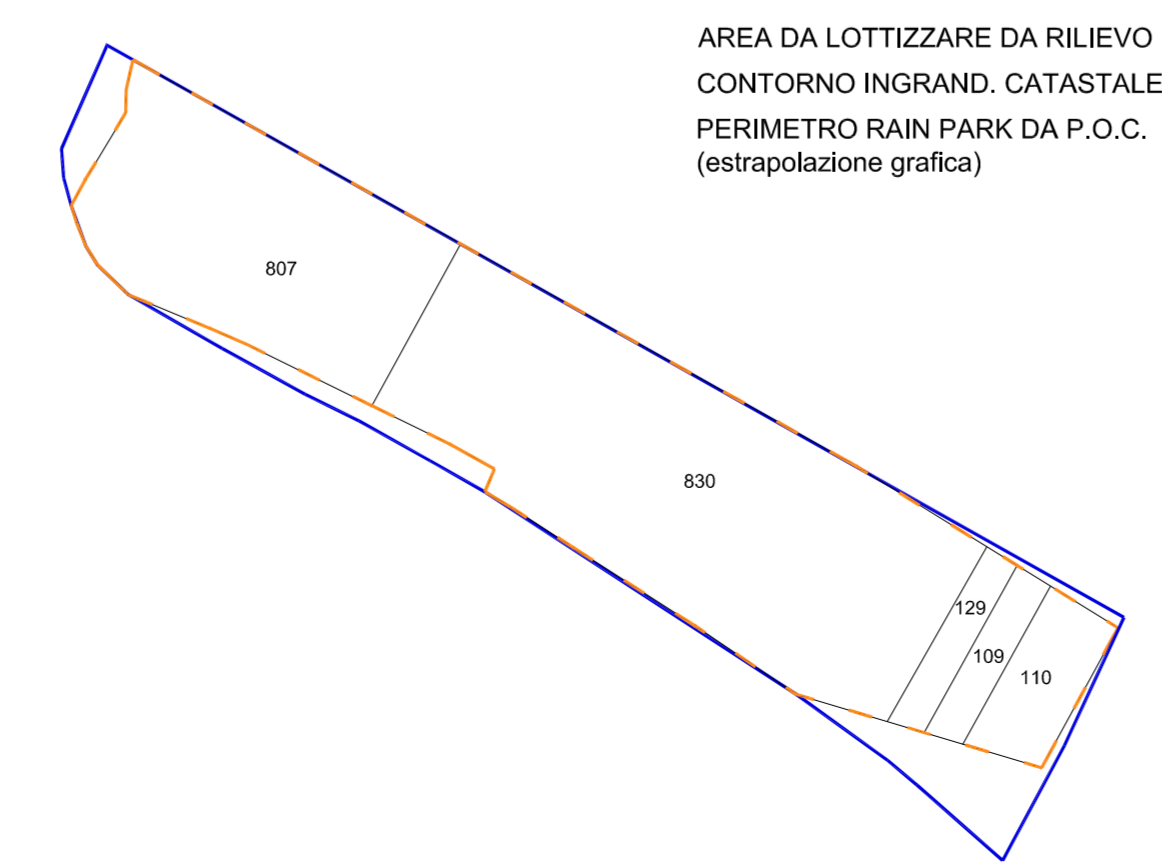
PROFILI E SEZIONI
RAIN PARK

La proprietà di questo disegno è riservata ai termini di legge e ne vieta la riproduzione e la divulgazione anche parziale

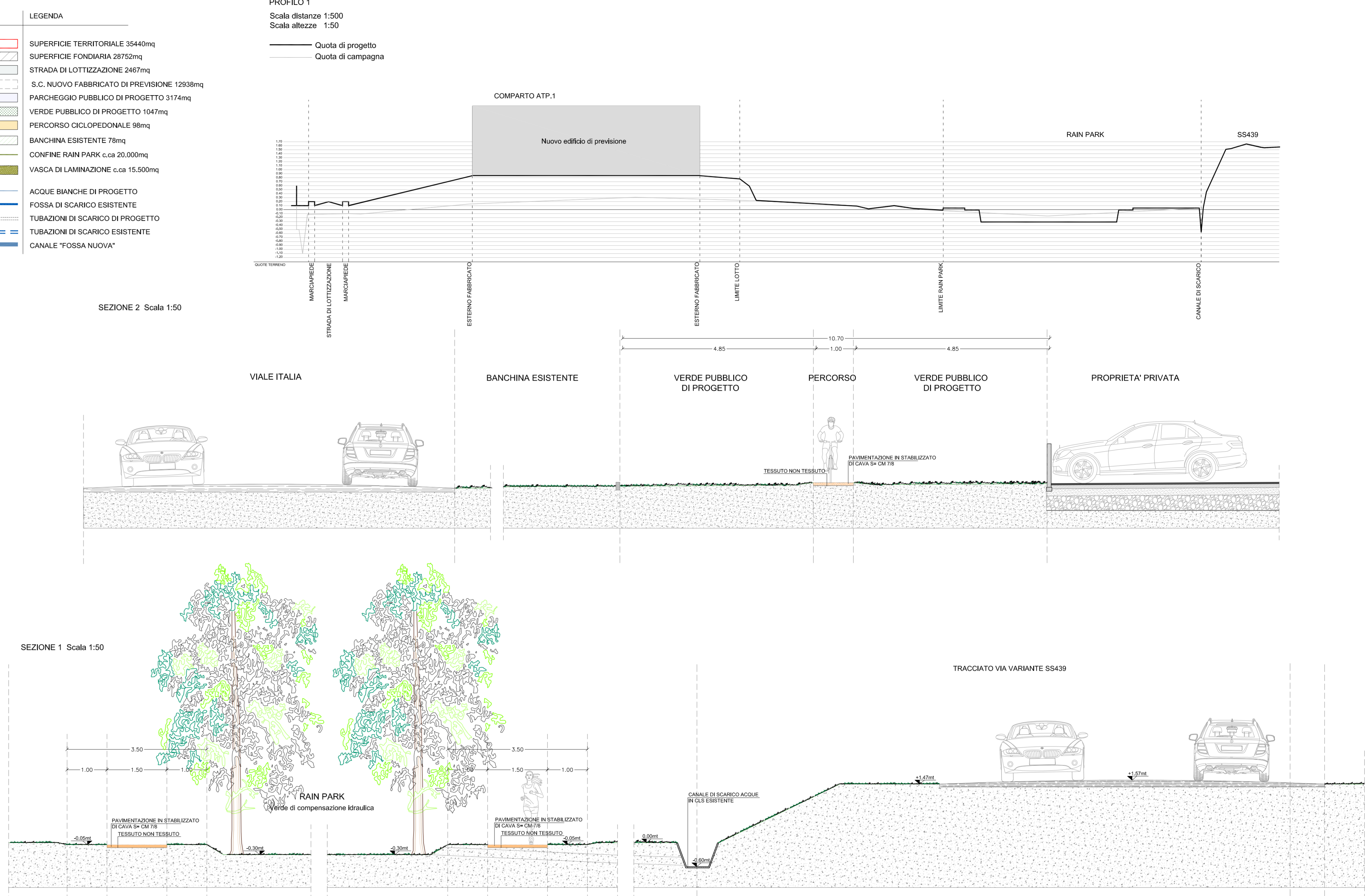


PIANO ATTUATIVO "RAIN PARK" SCHEMA PARCELLARE

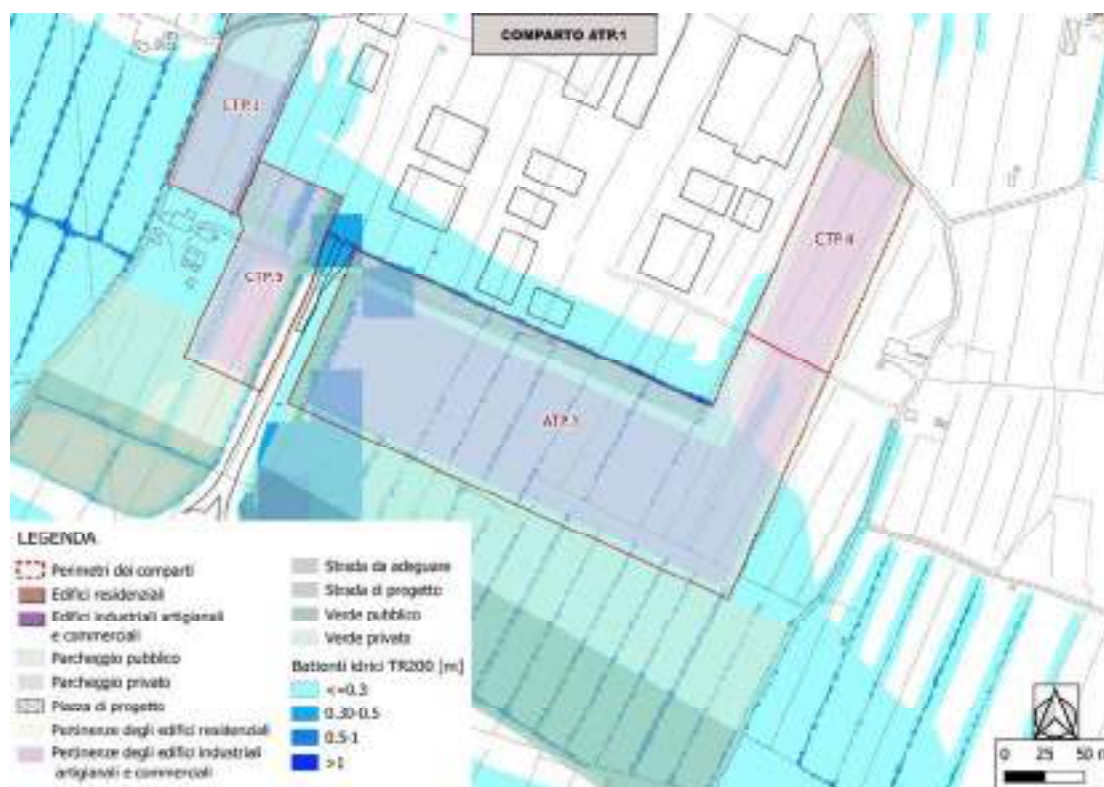
PARTICELLA	QUALITA' E CLASSE	SUPERFICIE (Mq)	SUP. RICADENTE NELLA LOTTA DA RILIEVO	PROPRIETARIO E INTESSTARIARIO CATASTALE
109	SEMINATIVO 3°	1610	638	La Chiara s.r.l.
110	SEMINATIVO ARBOR. 2°	3140	1181	La Chiara s.r.l.
129	SEMINATIVO 3°	1450	627	La Chiara s.r.l.
807	SEMINATIVO 2°	11960	6060	La Chiara s.r.l.
830	SEMINATIVO ARBOR. 1°	41696	10908	La Chiara s.r.l.
TOTALI		59656	19414	



La realizzazione del RAIN PARK avverrà all'interno delle particelle di proprietà LA CHIARA S.R.L.
PARTICELLE RICADENTI NELL'AREA DI LOTTIZZAZIONE:
PORZIONE N° 109,110,129,807,830



Battenti idrici Tr200



Fattibilità in relazione agli aspetti idraulici

Il presente comparto è caratterizzato da:

- Pericolosità da alluvione variabile, da P1 a **P3**.
- Magnitudo moderata (M1), con presenza di aree minimali a magnitudo severa (M2) e molto severa (M3) ininfluenti ai fini del rischio idraulico dell'area, in quanto corrispondenti a scoline campestri.
- Battente TR200 variabile, con un valore medio sul comparto pari a **0.17** m.
- Quota di esondazione TR200 variabile con un valore massimo di **19.20** m s.l.m., da assumersi come quota di esondazione a cui sommare il franco di progetto.
- Volume potenzialmente sottratto alle esondazioni per TR200 pari a **5649.1** m³ su tutto il comparto. Considerando l'indice di copertura dell'area di pertinenza pari a 0.45 si ha un'area massima occupata da fabbricati pari a **11475** m², cui corrisponde un volume sottratto alle esondazioni pari a circa **1726** m³, **che sommato ai volumi di esondazione che interessano la viabilità da luogo a volumi intorno a 2950 m³.**

Per la realizzazione di interventi di nuova costruzione si fa riferimento a quanto previsto all'art.11 della LR 41/2018.

Il non aggravio del rischio in altre aree è definito secondo quanto prescritto dall'art.8 comma 2 della L.R. 41/2018.

Per la realizzazione dei nuovi fabbricati è possibile procedere con interventi di sopraelevazione di cui all'art. 8, comma 1, lett. c) della L.R. 41/2018. Per i nuovi fabbricati il franco sulla quota di esondazione da assumere nell'imposta del piano di calpestio del piano terra è pari a 30 cm.

Per la realizzazione della nuova viabilità con relativi parcheggi si può fare riferimento all'articolo 13 della LR 41/2018, rispettivamente commi 2 e 4. In entrambi i casi deve essere assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, non deve essere superato il

rischio medio R2 e devono essere previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali. A tal fine nell'area a parcheggio e sulla nuova viabilità dovrà essere disposta idonea cartellonistica di avviso e dovrà essere aggiornato il piano di protezione civile comunale. Si evidenzia comunque che nell'area sono presenti battenti di esondazione limitati, tali da non superare le condizioni di rischio medio R2.

Il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree verrà assicurato attraverso la realizzazione di opere o interventi che invasino temporaneamente le acque di esondazione, assicurando il successivo drenaggio delle acque verso un corpo idrico recettore.

In alternativa i nuovi fabbricati potranno essere realizzati con modalità tali da garantire il transito delle acque di piena, senza sottrazione di volume di invaso.

I volumi da recuperare sono ridotti. Gli spazi a disposizione per il recupero di tali volumi sono adeguati a garantire idonea flessibilità di localizzazione degli interventi nella successiva fase progettuale. Le aree a verde del comparto ammontano infatti a circa 3315 m².

Nella seguente figura si riporta a titolo esemplificativo una proposta (area tratteggiata in arancio) di disposizione dei volumi di compenso, valutati ipotizzando di procedere al rialzamento al di sopra della quota duecentennale delle aree edificabili e relative alla viabilità.

In sede di progetto del lotto potranno essere adottate soluzioni alternative, nel rispetto dei vincoli e dei criteri di gestione del rischio della presente scheda.



La seguente tabella riporta le altezze di scavo derivanti dalla configurazione proposta. Tali altezze risultano tecnicamente fattibili, senza particolari problematiche. L'area dovrà essere munita di linea di scarico verso la rete di raccolta acque meteoriche del lotto.

V di compensazione [m ³]	A di invaso [m ²]	H di invaso [m]
2950	3315	0,89

Lo scarico delle opere di invaso avverrà nella pubblica fognatura o nelle scoline campestri prossime all'area di intervento, vista l'impossibilità di scarico diretto in un corso d'acqua del reticolo idrografico.

PENETRATIO s.r.l.

Via P.Maioli 37, 56028 San Miniato (PI)

tel.0571-418116

PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

Rif:

Rif arch int

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT

committente:	La Chiara srl	data:	06/12/2025
località:	CANTIERE ATP 1	Numero di prove:	3
Comune:	PONSACCO (PI)		
Note:			

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

Penetrometro: statico/dinamico PAGANI TG 63-200 da 20 ton, autoancorante

Sistema di ancoraggio: aste elicoidali di serie (mm) Ø100x750

Sistema di misura: cella di carico AEP con visualizzatore Pagani

Punta: conica meccanica Ø 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - (area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)

Manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (Ø 35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. = 150 cm^2)

Velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm / sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)

Spinta massima rilevabile dalla cella di carico 200 kN

Passo di lettura 0,20 m



CPT 1



CPT 2

PENETRATIO s.r.l.

Via P.Maioli 37, 56028 San Miniato (PI)

tel.0571-418116

PEC: penetratiosnc@lamiapec.it



CPT3

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.0105-157

- committente : LA CHIARA SRL
 - lavoro :
 - località : PONSACCO VIALE ITALIA ATP1
 - assist. cantiere :

- data : 06/12/2025
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : Falda non rilevata

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	-----	----	9,00	23,0	45,0	23,0	0,93	25,0
0,40	----	----	--	0,20	----	9,20	44,0	58,0	44,0	1,07	41,0
0,60	9,0	12,0	9,0	0,80	11,0	9,40	46,0	62,0	46,0	2,93	16,0
0,80	9,0	21,0	9,0	1,13	8,0	9,60	39,0	83,0	39,0	3,00	13,0
1,00	8,0	25,0	8,0	1,07	7,0	9,80	44,0	89,0	44,0	3,20	14,0
1,20	15,0	31,0	15,0	1,20	12,0	10,00	45,0	93,0	45,0	3,07	15,0
1,40	13,0	31,0	13,0	1,00	13,0	10,20	42,0	88,0	42,0	3,07	14,0
1,60	11,0	26,0	11,0	0,93	12,0	10,40	33,0	79,0	33,0	2,67	12,0
1,80	10,0	24,0	10,0	0,73	14,0	10,60	41,0	81,0	41,0	2,47	17,0
2,00	11,0	22,0	11,0	0,80	14,0	10,80	36,0	73,0	36,0	2,27	16,0
2,20	13,0	25,0	13,0	1,00	13,0	11,00	38,0	72,0	38,0	2,33	16,0
2,40	16,0	31,0	16,0	1,40	11,0	11,20	51,0	86,0	51,0	3,33	15,0
2,60	19,0	40,0	19,0	1,60	12,0	11,40	44,0	94,0	44,0	2,60	17,0
2,80	17,0	41,0	17,0	1,27	13,0	11,60	38,0	77,0	38,0	1,87	20,0
3,00	18,0	37,0	18,0	1,27	14,0	11,80	15,0	43,0	15,0	1,27	12,0
3,20	15,0	34,0	15,0	1,07	14,0	12,00	21,0	40,0	21,0	1,40	15,0
3,40	19,0	35,0	19,0	0,93	20,0	12,20	23,0	44,0	23,0	1,53	15,0
3,60	18,0	32,0	18,0	0,93	19,0	12,40	15,0	38,0	15,0	1,33	11,0
3,80	9,0	23,0	9,0	0,87	10,0	12,60	17,0	37,0	17,0	0,87	20,0
4,00	8,0	21,0	8,0	0,60	13,0	12,80	17,0	30,0	17,0	0,87	20,0
4,20	7,0	16,0	7,0	0,53	13,0	13,00	11,0	24,0	11,0	0,80	14,0
4,40	11,0	19,0	11,0	0,67	16,0	13,20	14,0	26,0	14,0	0,93	15,0
4,60	12,0	22,0	12,0	0,60	20,0	13,40	15,0	29,0	15,0	0,93	16,0
4,80	12,0	21,0	12,0	0,60	20,0	13,60	14,0	28,0	14,0	0,67	21,0
5,00	13,0	22,0	13,0	0,80	16,0	13,80	22,0	32,0	22,0	0,60	37,0
5,20	12,0	24,0	12,0	0,60	20,0	14,00	21,0	30,0	21,0	0,47	45,0
5,40	12,0	21,0	12,0	0,60	20,0	14,20	18,0	25,0	18,0	0,73	25,0
5,60	10,0	19,0	10,0	0,60	17,0	14,40	17,0	28,0	17,0	1,13	15,0
5,80	10,0	19,0	10,0	0,40	25,0	14,60	15,0	32,0	15,0	0,93	16,0
6,00	12,0	18,0	12,0	0,60	20,0	14,80	14,0	28,0	14,0	0,80	17,0
6,20	15,0	24,0	15,0	0,87	17,0	15,00	13,0	25,0	13,0	1,33	10,0
6,40	9,0	22,0	9,0	0,67	13,0	15,20	41,0	61,0	41,0	0,53	77,0
6,60	7,0	17,0	7,0	0,47	15,0	15,40	10,0	18,0	10,0	0,53	19,0
6,80	13,0	20,0	13,0	0,53	24,0	15,60	14,0	22,0	14,0	0,87	16,0
7,00	18,0	26,0	18,0	0,80	22,0	15,80	16,0	29,0	16,0	1,60	10,0
7,20	26,0	38,0	26,0	1,07	24,0	16,00	32,0	56,0	32,0	1,47	22,0
7,40	22,0	38,0	22,0	1,67	13,0	16,20	26,0	48,0	26,0	1,00	26,0
7,60	18,0	43,0	18,0	1,07	17,0	16,40	37,0	52,0	37,0	0,53	69,0
7,80	20,0	36,0	20,0	1,33	15,0	16,60	38,0	46,0	38,0	1,93	20,0
8,00	23,0	43,0	23,0	1,80	13,0	16,80	41,0	70,0	41,0	2,33	18,0
8,20	37,0	64,0	37,0	1,80	21,0	17,00	41,0	76,0	41,0	1,87	22,0
8,40	31,0	58,0	31,0	1,27	24,0	17,20	52,0	80,0	52,0	2,20	24,0
8,60	27,0	46,0	27,0	1,40	19,0	17,40	38,0	71,0	38,0	-----	-----
8,80	26,0	47,0	26,0	1,47	18,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (senza anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 2

2.0105-157

- committente : LA CHIARA SRL
 - lavoro :
 - località : PONSACCO VIALE ITALIA ATP1
 - assist. cantiere :

- data : 06/12/2025
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : Falda non rilevata

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	-----	----	9,40	44,0	87,0	44,0	3,33	13,0
0,40	----	----	--	0,20	----	9,60	43,0	93,0	43,0	2,80	15,0
0,60	13,0	16,0	13,0	0,80	16,0	9,80	40,0	82,0	40,0	2,67	15,0
0,80	14,0	26,0	14,0	1,47	10,0	10,00	36,0	76,0	36,0	2,87	13,0
1,00	13,0	35,0	13,0	1,20	11,0	10,20	35,0	78,0	35,0	2,60	13,0
1,20	16,0	34,0	16,0	1,40	11,0	10,40	47,0	86,0	47,0	2,73	17,0
1,40	13,0	34,0	13,0	1,33	10,0	10,60	55,0	96,0	55,0	2,80	20,0
1,60	16,0	36,0	16,0	1,27	13,0	10,80	48,0	90,0	48,0	3,07	16,0
1,80	18,0	37,0	18,0	1,40	13,0	11,00	44,0	90,0	44,0	2,73	16,0
2,00	17,0	38,0	17,0	1,47	12,0	11,20	37,0	78,0	37,0	2,40	15,0
2,20	21,0	43,0	21,0	1,47	14,0	11,40	36,0	72,0	36,0	2,33	15,0
2,40	21,0	43,0	21,0	1,47	14,0	11,60	35,0	70,0	35,0	2,73	13,0
2,60	16,0	38,0	16,0	1,07	15,0	11,80	40,0	81,0	40,0	2,27	18,0
2,80	17,0	33,0	17,0	1,07	16,0	12,00	43,0	77,0	43,0	2,13	20,0
3,00	20,0	36,0	20,0	1,00	20,0	12,20	20,0	52,0	20,0	1,40	14,0
3,20	16,0	31,0	16,0	1,27	13,0	12,40	20,0	41,0	20,0	1,00	20,0
3,40	17,0	36,0	17,0	1,20	14,0	12,60	16,0	31,0	16,0	0,73	22,0
3,60	14,0	32,0	14,0	0,93	15,0	12,80	15,0	26,0	15,0	0,93	16,0
3,80	14,0	28,0	14,0	1,13	12,0	13,00	15,0	29,0	15,0	0,80	19,0
4,00	14,0	31,0	14,0	1,13	12,0	13,20	16,0	28,0	16,0	0,80	20,0
4,20	16,0	33,0	16,0	1,40	11,0	13,40	17,0	29,0	17,0	0,47	36,0
4,40	17,0	38,0	17,0	1,00	17,0	13,60	18,0	25,0	18,0	0,80	22,0
4,60	15,0	30,0	15,0	0,67	22,0	13,80	17,0	29,0	17,0	1,00	17,0
4,80	11,0	21,0	11,0	0,67	16,0	14,00	15,0	30,0	15,0	0,87	17,0
5,00	12,0	22,0	12,0	0,73	16,0	14,20	17,0	30,0	17,0	0,80	21,0
5,20	12,0	23,0	12,0	0,87	14,0	14,40	16,0	28,0	16,0	0,87	18,0
5,40	11,0	24,0	11,0	0,47	24,0	14,60	16,0	29,0	16,0	1,07	15,0
5,60	11,0	18,0	11,0	0,67	16,0	14,80	15,0	31,0	15,0	1,20	12,0
5,80	10,0	20,0	10,0	0,60	17,0	15,00	15,0	33,0	15,0	0,93	16,0
6,00	12,0	21,0	12,0	0,53	22,0	15,20	12,0	26,0	12,0	0,67	18,0
6,20	10,0	18,0	10,0	0,53	19,0	15,40	10,0	20,0	10,0	0,67	15,0
6,40	13,0	21,0	13,0	0,60	22,0	15,60	17,0	27,0	17,0	0,80	21,0
6,60	13,0	22,0	13,0	0,20	65,0	15,80	18,0	30,0	18,0	1,20	15,0
6,80	17,0	20,0	17,0	0,73	23,0	16,00	16,0	34,0	16,0	1,13	14,0
7,00	15,0	26,0	15,0	0,47	32,0	16,20	30,0	47,0	30,0	1,40	21,0
7,20	13,0	20,0	13,0	0,67	19,0	16,40	32,0	53,0	32,0	0,73	44,0
7,40	12,0	22,0	12,0	1,13	11,0	16,60	36,0	47,0	36,0	1,60	22,0
7,60	30,0	47,0	30,0	1,47	20,0	16,80	35,0	59,0	35,0	1,60	22,0
7,80	31,0	53,0	31,0	1,60	19,0	17,00	42,0	66,0	42,0	2,47	17,0
8,00	36,0	60,0	36,0	1,47	25,0	17,20	43,0	80,0	43,0	2,33	18,0
8,20	27,0	49,0	27,0	1,67	16,0	17,40	51,0	86,0	51,0	2,53	20,0
8,40	25,0	50,0	25,0	1,27	20,0	17,60	52,0	90,0	52,0	2,67	19,0
8,60	24,0	43,0	24,0	1,07	22,0	17,80	36,0	76,0	36,0	2,87	13,0
8,80	47,0	63,0	47,0	3,07	15,0	18,00	35,0	78,0	35,0	2,33	15,0
9,00	35,0	81,0	35,0	2,87	12,0	18,20	42,0	77,0	42,0	2,13	20,0
9,20	47,0	90,0	47,0	2,87	16,0	18,40	44,0	76,0	44,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (senza anello allargatore) -
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 3

2.0105-157

- committente : LA CHIARA SRL
 - lavoro :
 - località : PONSACCO VIALE ITALIA ATP1
 - assist. cantiere :

- data : 06/12/2025
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : Falda non rilevata

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	---	---	--	----	---	9,40	50,0	69,0	50,0	1,07	47,0
0,40	---	---	--	----	---	9,60	46,0	62,0	46,0	2,40	19,0
0,60	---	---	--	0,20	---	9,80	43,0	79,0	43,0	2,73	16,0
0,80	10,0	13,0	10,0	0,27	37,0	10,00	44,0	85,0	44,0	2,67	16,0
1,00	11,0	15,0	11,0	1,07	10,0	10,20	40,0	80,0	40,0	2,73	15,0
1,20	12,0	28,0	12,0	1,07	11,0	10,40	42,0	83,0	42,0	2,80	15,0
1,40	13,0	29,0	13,0	1,07	12,0	10,60	43,0	85,0	43,0	2,20	20,0
1,60	14,0	30,0	14,0	0,87	16,0	10,80	37,0	70,0	37,0	2,00	18,0
1,80	12,0	25,0	12,0	0,87	14,0	11,00	35,0	65,0	35,0	2,67	13,0
2,00	13,0	26,0	13,0	1,00	13,0	11,20	36,0	76,0	36,0	2,73	13,0
2,20	15,0	30,0	15,0	1,20	12,0	11,40	42,0	83,0	42,0	2,67	16,0
2,40	14,0	32,0	14,0	1,40	10,0	11,60	50,0	90,0	50,0	2,33	21,0
2,60	17,0	38,0	17,0	1,53	11,0	11,80	51,0	86,0	51,0	2,27	23,0
2,80	17,0	40,0	17,0	1,33	13,0	12,00	43,0	77,0	43,0	2,53	17,0
3,00	19,0	39,0	19,0	1,27	15,0	12,20	20,0	58,0	20,0	1,40	14,0
3,20	18,0	37,0	18,0	1,20	15,0	12,40	22,0	43,0	22,0	1,53	14,0
3,40	17,0	35,0	17,0	1,47	12,0	12,60	21,0	44,0	21,0	1,40	15,0
3,60	20,0	42,0	20,0	1,20	17,0	12,80	18,0	39,0	18,0	1,27	14,0
3,80	18,0	36,0	18,0	1,13	16,0	13,00	17,0	36,0	17,0	1,27	13,0
4,00	10,0	27,0	10,0	0,80	12,0	13,20	16,0	35,0	16,0	0,87	18,0
4,20	8,0	20,0	8,0	0,73	11,0	13,40	13,0	26,0	13,0	0,87	15,0
4,40	7,0	18,0	7,0	0,80	9,0	13,60	14,0	27,0	14,0	1,00	14,0
4,60	7,0	19,0	7,0	0,73	10,0	13,80	14,0	29,0	14,0	1,00	14,0
4,80	11,0	22,0	11,0	0,73	15,0	14,00	15,0	30,0	15,0	0,60	25,0
5,00	12,0	23,0	12,0	0,80	15,0	14,20	17,0	26,0	17,0	0,47	36,0
5,20	12,0	24,0	12,0	0,53	22,0	14,40	18,0	25,0	18,0	1,07	17,0
5,40	13,0	21,0	13,0	0,60	22,0	14,60	14,0	30,0	14,0	0,67	21,0
5,60	13,0	22,0	13,0	0,67	19,0	14,80	16,0	26,0	16,0	0,87	18,0
5,80	10,0	20,0	10,0	0,73	14,0	15,00	12,0	25,0	12,0	0,40	30,0
6,00	11,0	22,0	11,0	0,73	15,0	15,20	12,0	18,0	12,0	0,60	20,0
6,20	13,0	24,0	13,0	0,73	18,0	15,40	14,0	23,0	14,0	0,93	15,0
6,40	10,0	21,0	10,0	0,67	15,0	15,60	16,0	30,0	16,0	0,87	18,0
6,60	8,0	18,0	8,0	0,60	13,0	15,80	35,0	48,0	35,0	1,13	31,0
6,80	8,0	17,0	8,0	0,53	15,0	16,00	36,0	53,0	36,0	1,53	23,0
7,00	11,0	19,0	11,0	0,80	14,0	16,20	43,0	66,0	43,0	2,27	19,0
7,20	12,0	24,0	12,0	1,27	9,0	16,40	44,0	78,0	44,0	1,80	24,0
7,40	21,0	40,0	21,0	1,33	16,0	16,60	53,0	80,0	53,0	2,00	26,0
7,60	22,0	42,0	22,0	1,53	14,0	16,80	46,0	76,0	46,0	1,73	27,0
7,80	23,0	46,0	23,0	0,87	27,0	17,00	44,0	70,0	44,0	2,20	20,0
8,00	26,0	39,0	26,0	1,00	26,0	17,20	43,0	76,0	43,0	1,47	29,0
8,20	25,0	40,0	25,0	1,33	19,0	17,40	38,0	60,0	38,0	1,07	36,0
8,40	22,0	42,0	22,0	2,00	11,0	17,60	47,0	63,0	47,0	1,60	29,0
8,60	30,0	60,0	30,0	1,93	16,0	17,80	42,0	66,0	42,0	1,60	26,0
8,80	32,0	61,0	32,0	1,33	24,0	18,00	41,0	65,0	41,0	1,33	31,0
9,00	29,0	49,0	29,0	1,27	23,0	18,20	40,0	60,0	40,0	----	----
9,20	28,0	47,0	28,0	1,27	22,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (senza anello allargatore) -
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

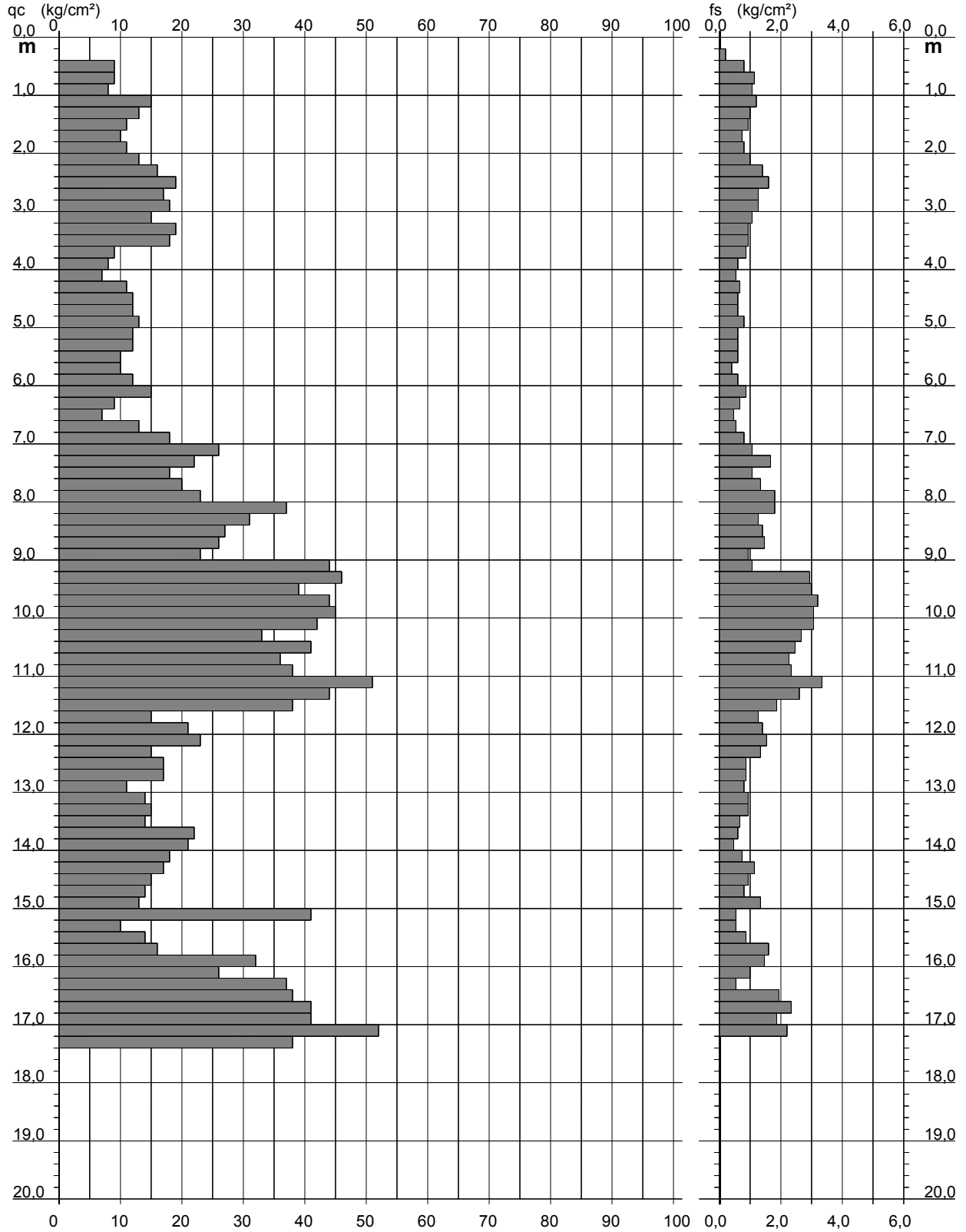
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 1

2.0105-157

- committente : LA CHIARA SRL
- lavoro :
- località : PONSACCO VIALE ITALIA ATP1
- assist. cantiere :

- data : 06/12/2025
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : Falda non rilevata



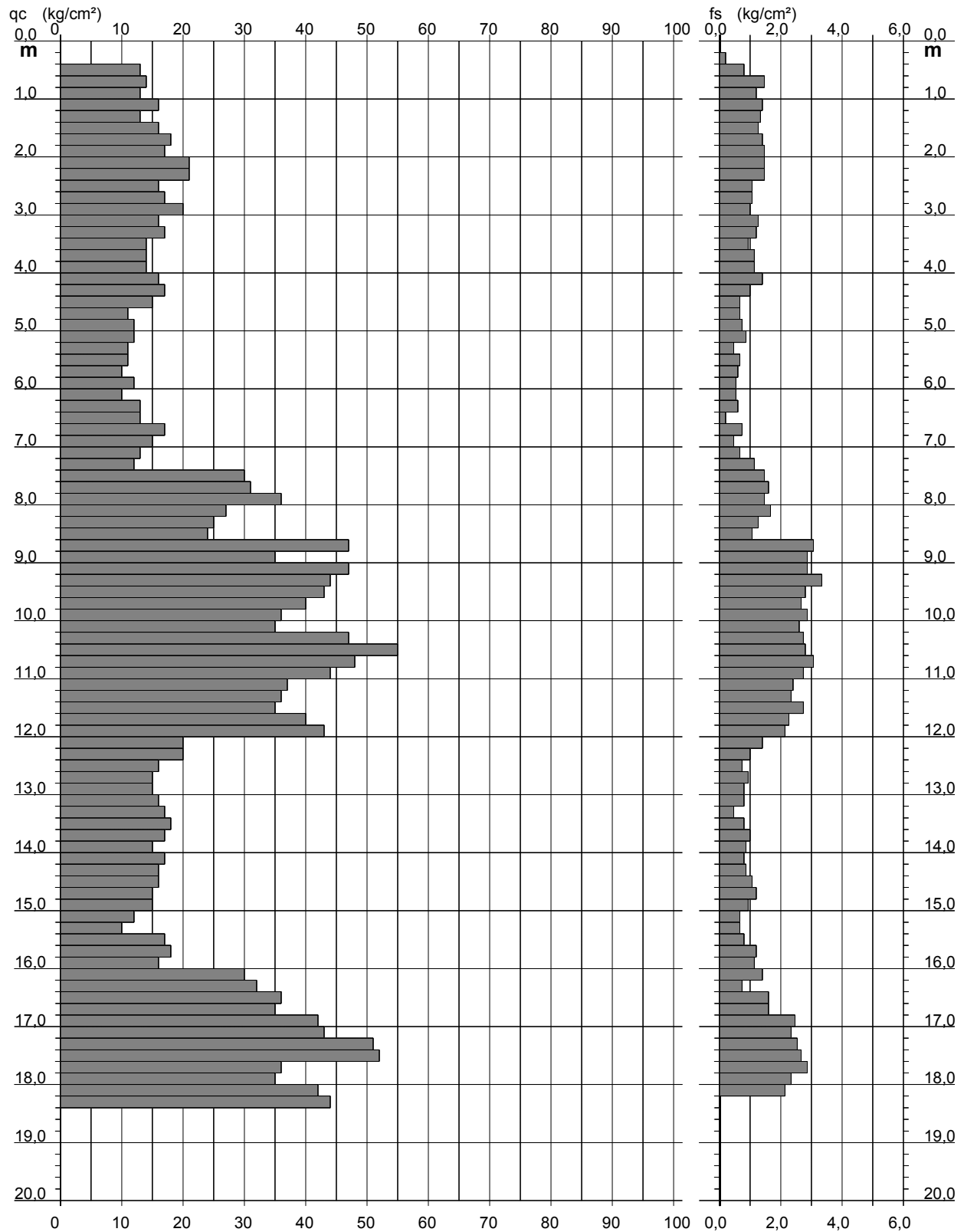
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.0105-157

- committente : LA CHIARA SRL
- lavoro :
- località : PONSACCO VIALE ITALIA ATP1
- assist. cantiere :

- data : 06/12/2025
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : Falda non rilevata



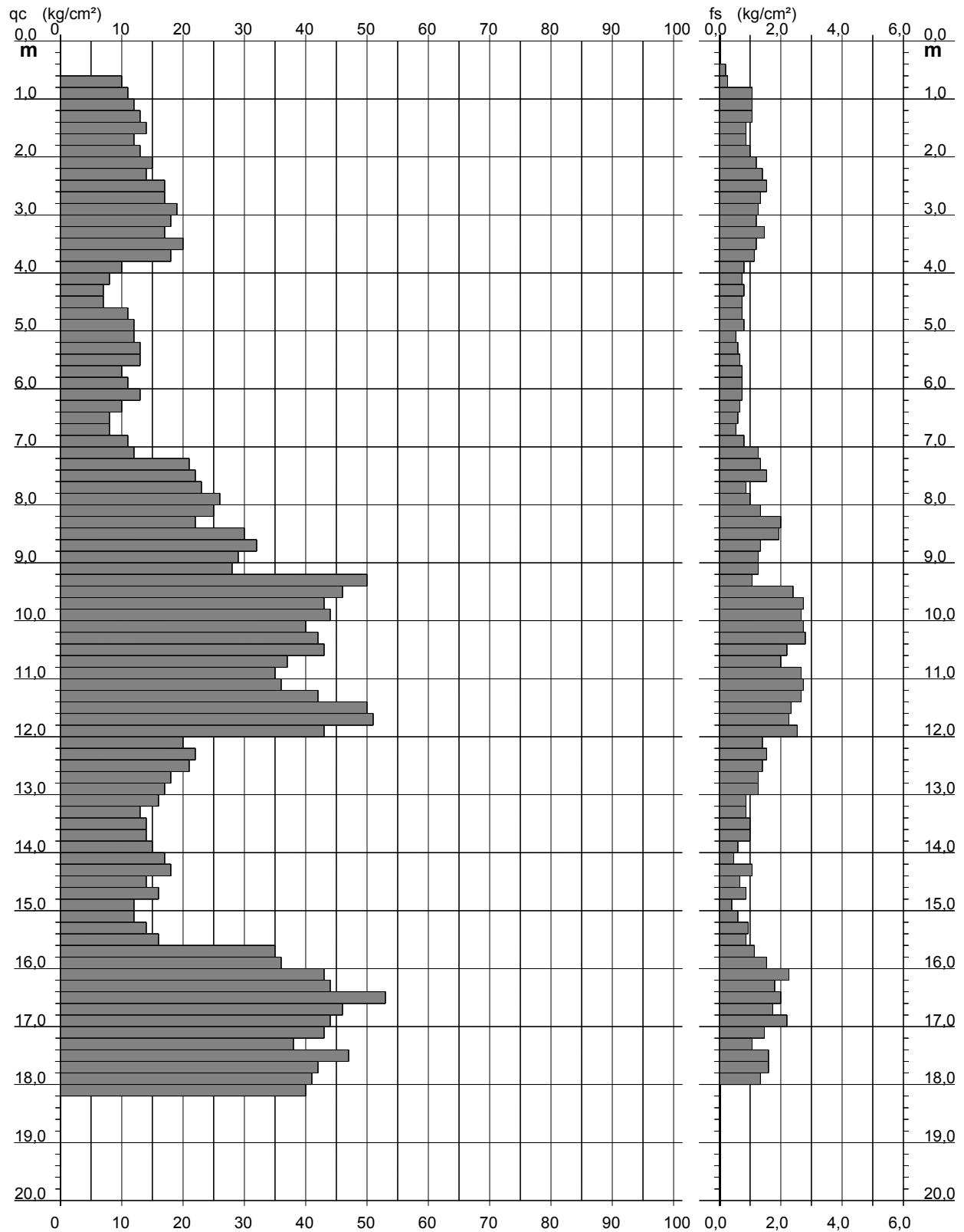
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 3

2.0105-157

- committente : LA CHIARA SRL
- lavoro : PONSACCO VIALE ITALIA ATP1
- località :
- assist. cantiere :

- data : 06/12/2025
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : Falda non rilevata



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

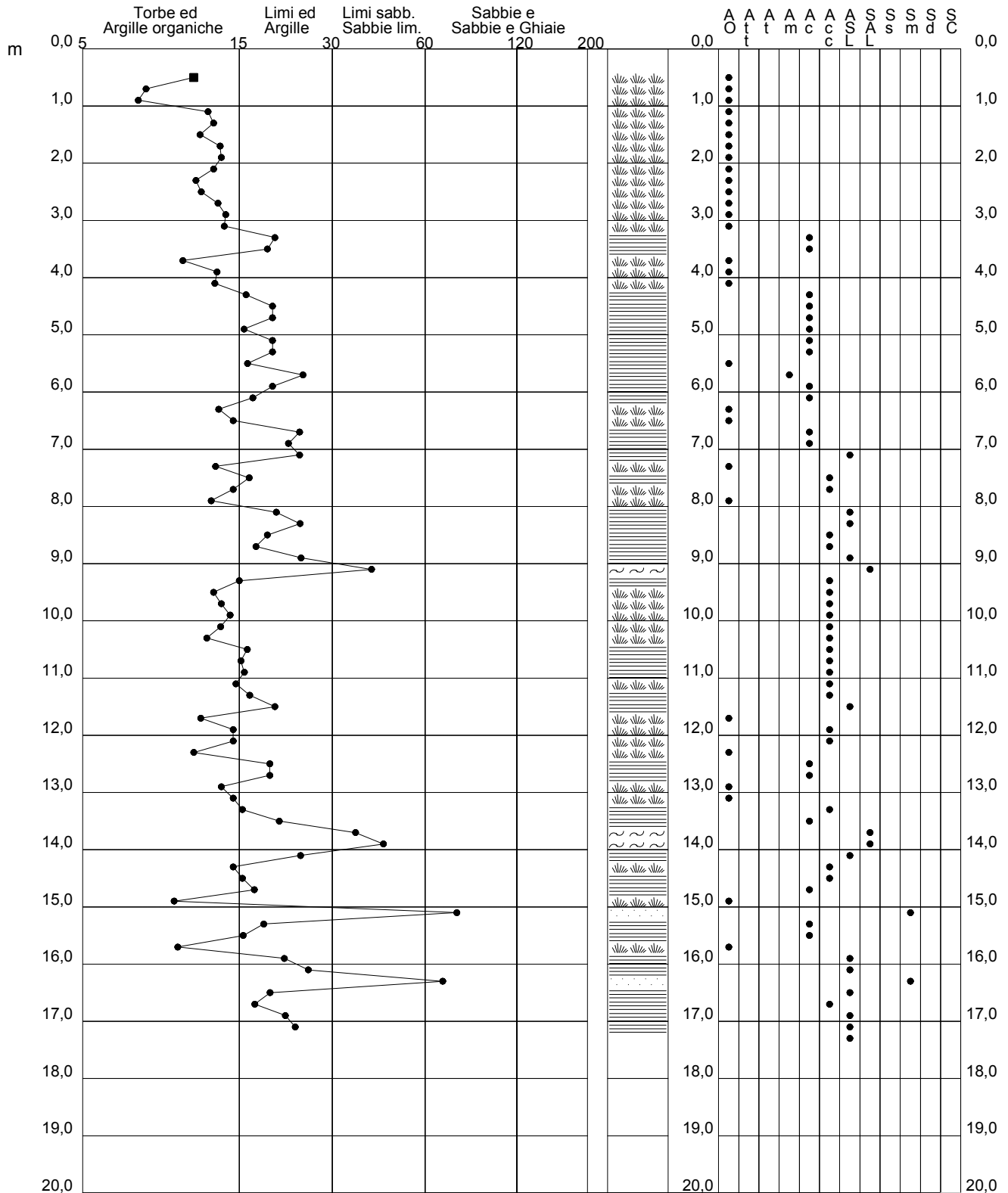
2.0105-157

- committente : LA CHIARA SRL
 - lavoro :
 - località : PONSACCO VIALE ITALIA ATP1
 - assist. cantiere :

- data : 06/12/2025
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : Falda non rilevata

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

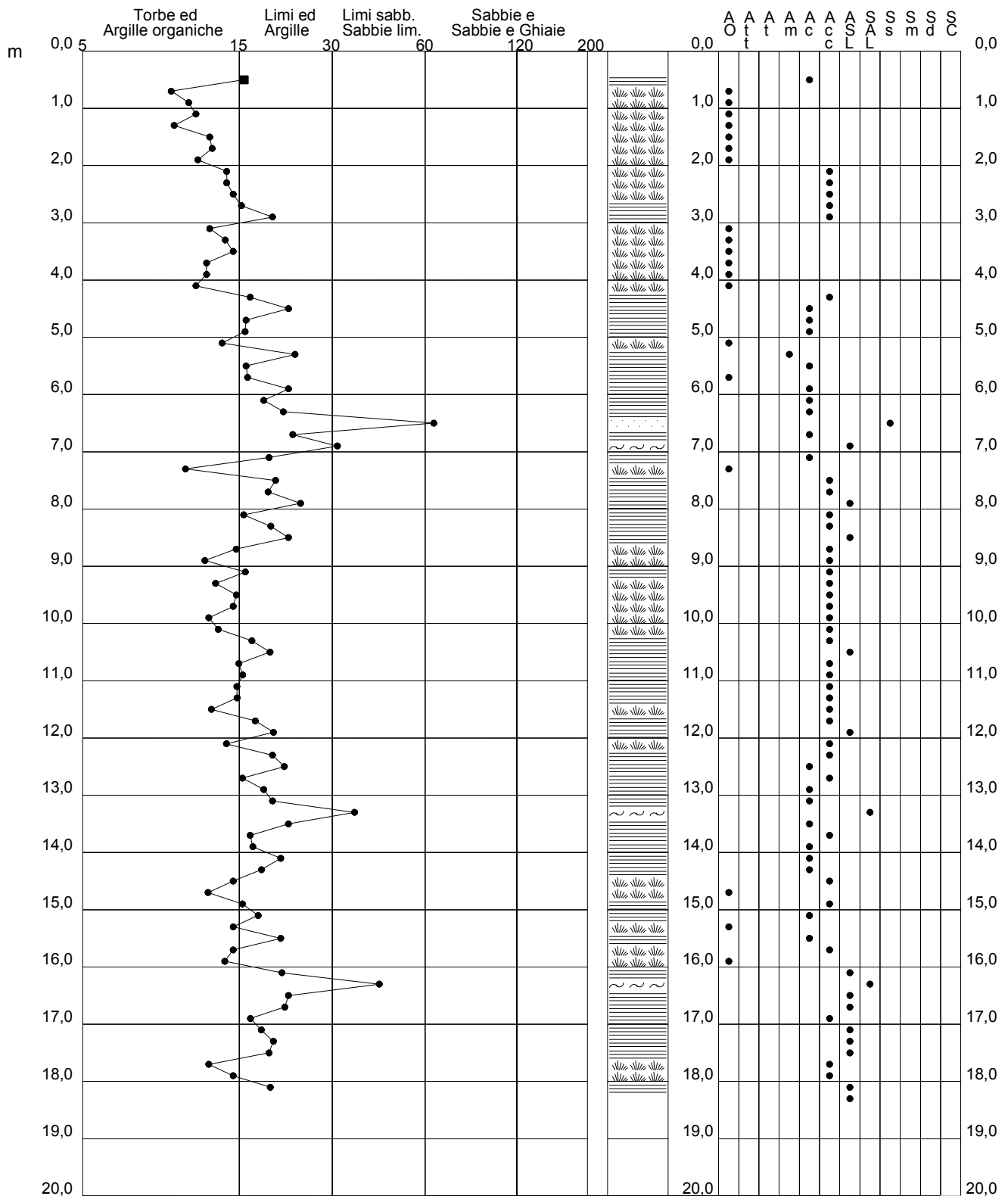
2.0105-157

- committente : LA CHIARA SRL
 - lavoro :
 - località : PONSACCO VIALE ITALIA ATP1
 - assist. cantiere :

- data : 06/12/2025
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda :

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 3

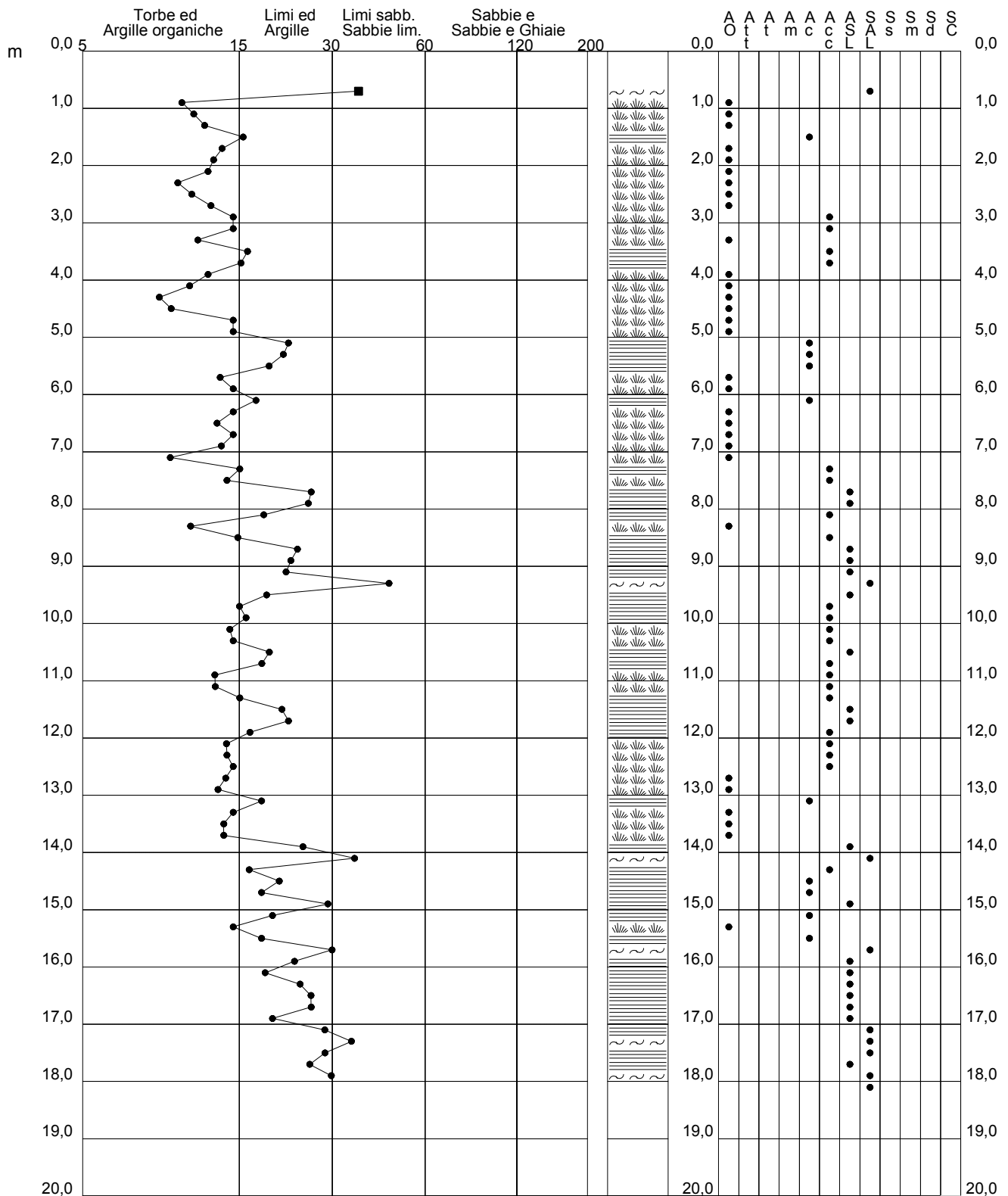
2.0105-157

- committente : LA CHIARA SRL
 - lavoro :
 - località : PONSACCO VIALE ITALIA ATP1
 - assist. cantiere :

- data : 06/12/2025
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : Falda non rilevata

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



PENETRATIO s.r.l

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)
P.IVA 02174580502

**RISULTATI DELLE PROSPEZIONI GEOFISICHE
EFFETTUATE A PONSACCO (PI)
VIALE ITALIA**

INDAGINI IN SISMICA PASSIVA HVSR

DICEMBRE 2025

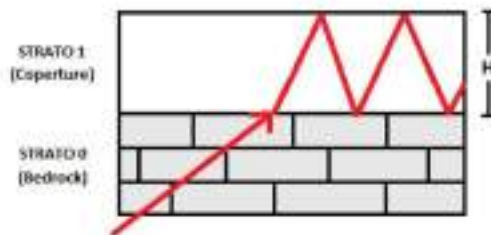
RISULTATI DELLE PROSPEZIONI GEOFISICHE EFFETTUATE A PONSACCO (PI) VIALE ITALIA. INDAGINI IN SISMICA PASSIVA HVSR.

GENERALITÀ

La sismica passiva studia il microtremore sismico ambientale (*rumore sismico*), sfruttando il fatto che il “rumore”, pur non recando l’informazione relativa alla sua sorgente, risulta sensibile alla locale struttura presso la stazione di misura. La strumentazione per eseguire misure di sismica passiva può operare in spazi ridotti, non necessita di energizzazioni e permette di indagare profondità molto elevate; i tempi di esecuzione sono relativamente bassi.

Il rumore sismico ambientale deriva dalla composizione di molte sorgenti che agiscono in tempi diversi e in zone diverse. Nel campo del rumore sono rappresentate sia onde di volume (fronte d’onda sferico) sia onde di superficie (fronte d’onda cilindrico), ma le onde di superficie hanno carattere dominante, perché caratterizzate da minore attenuazione.

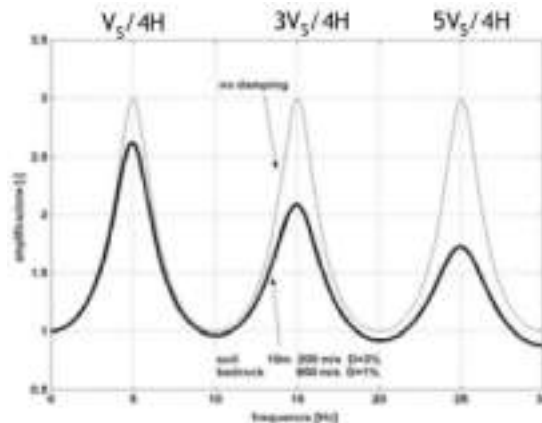
Quando fra 2 superfici esiste una variazione significativa dell’impedenza acustica si ha il fenomeno della *risonanza*, che deriva dall’“intrappolamento” di energia sismica (essenzialmente delle fasi SH) all’interno delle coperture, ovvero fra la superficie e un basamento rigido qui inteso come una formazione “caratterizzata da valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio S significativamente maggiori di quelli relativi alle coperture localmente presenti”.



La frequenza fondamentale di risonanza f del sedimento è funzione dello spessore H e della velocità media V delle onde nel sedimento stesso :

$$f = n \frac{V_S}{4H} \quad n = 1, 3, 5, \dots$$

dove n indica l’ordine del modo di vibrare (fondamentale, primo superiore ecc.), V_S è la velocità delle onde di taglio nello strato oggetto di risonanza e H è lo spessore di detto strato.

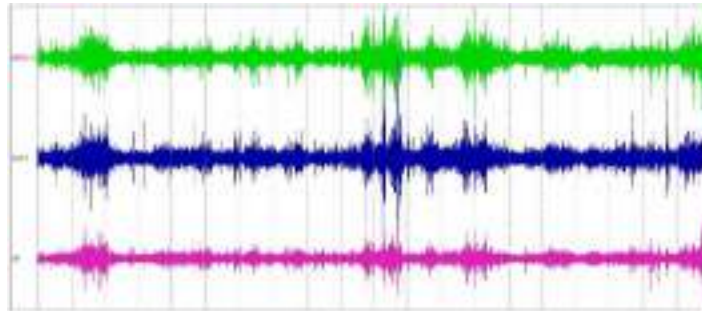


Nella maggior parte dei casi, a causa dell’attenuazione delle coperture, il solo modo visibile è il **fondamentale**. Conoscendo lo spessore H del sedimento è possibile avere informazioni sulla velocità

media delle onde S ; viceversa, conoscendo la velocità media è possibile definire lo spessore H dello strato.

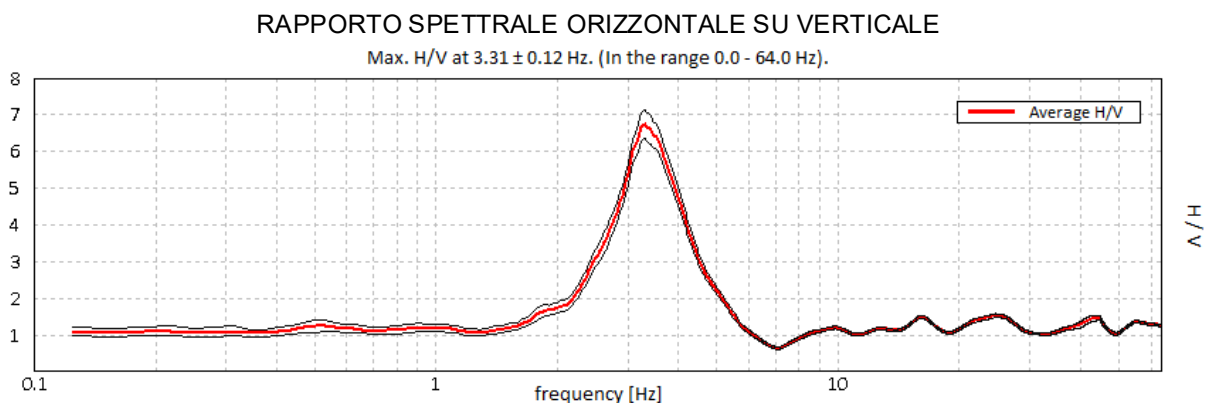
Le registrazioni in campagna vengono effettuate mediante un **tromografo**, che consiste in un'apparecchiatura che riunisce una terna di sensori velocimetrici orientati su tre direzioni ortogonali:

- 2 nella componente orizzontale dello spostamento (tra loro ortogonali) per misure su suoli ordinariamente corrispondenti alle direzioni NS ed EW;
- 1 nella componente verticale (up-down).



I diagrammi relativi a tali registrazioni vengono elaborati attraverso la determinazione dell'intensità del segnale in sottofinestre di determinata durata, e trasformati in spettri H/V .

Nella pratica si utilizza il rapporto H/V perché è un buon *normalizzatore* e un buon estimatore delle frequenze di risonanza dei terreni; i valori assoluti degli spettri orizzontali e verticali variano infatti con il livello assoluto del rumore ambientale, mentre la forma dello spettro e in particolare il rapporto tra le ampiezze orizzontale e verticale si mantiene più stabile, e per il suo carattere stocastico mostra caratteristiche correlabili con la struttura locale del suolo. Alle frequenze caratteristiche di vibrazione dei suoli corrisponde infatti un decremento del segnale della componente verticale, che determina un picco nel rapporto spettrale, come nell'esempio del grafico seguente.

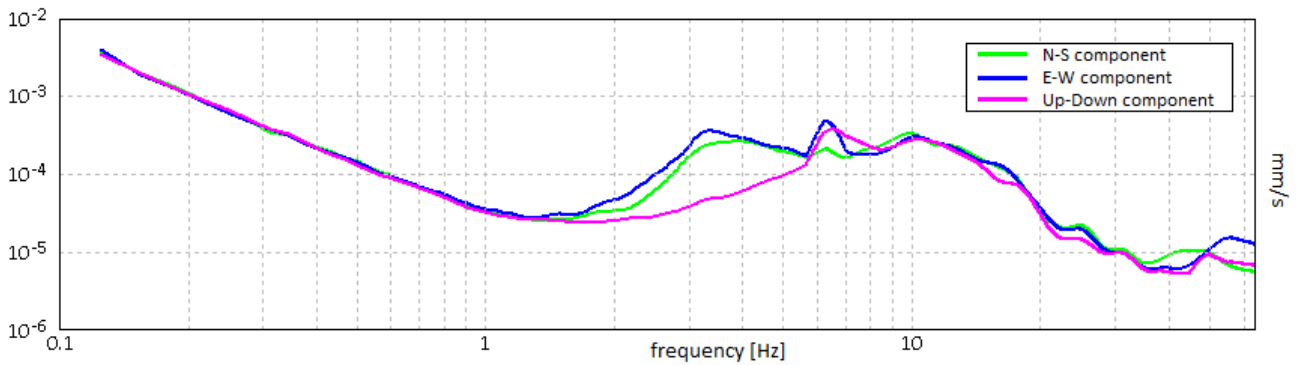


In un mezzo senza contrasti di impedenza (es. un ammasso roccioso "sano") la curva H/V risulta teoricamente piatta e con valore medio tra 0,7 e 1,0 (in funzione del modulo μ).

La presenza di un picco nella curva H/V può essere data da un fenomeno di *risonanza*, causato da una variazione di velocità delle onde sismiche nel terreno, e quindi da passaggi stratigrafici caratterizzati da un notevole contrasto tra le velocità sismiche stesse.

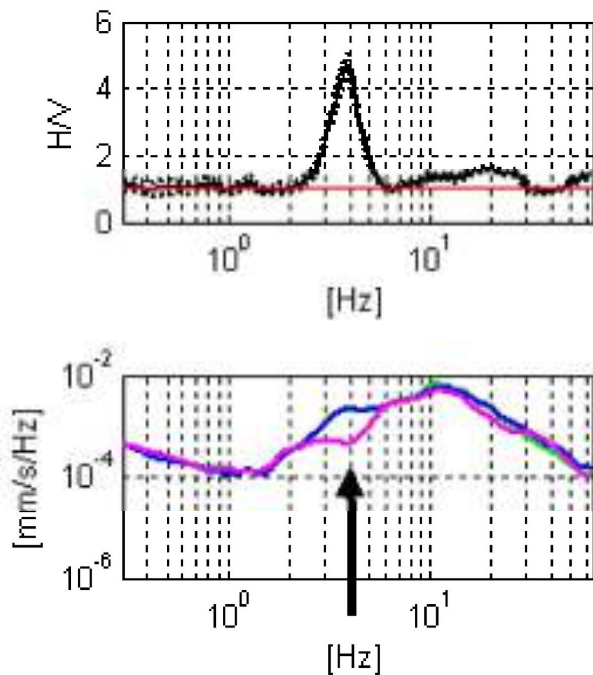
Dato che tali picchi su H/V possono essere dovuti anche ad artefatti e transienti, H/V deve essere sempre analizzato alla luce degli spettri delle singole componenti.

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

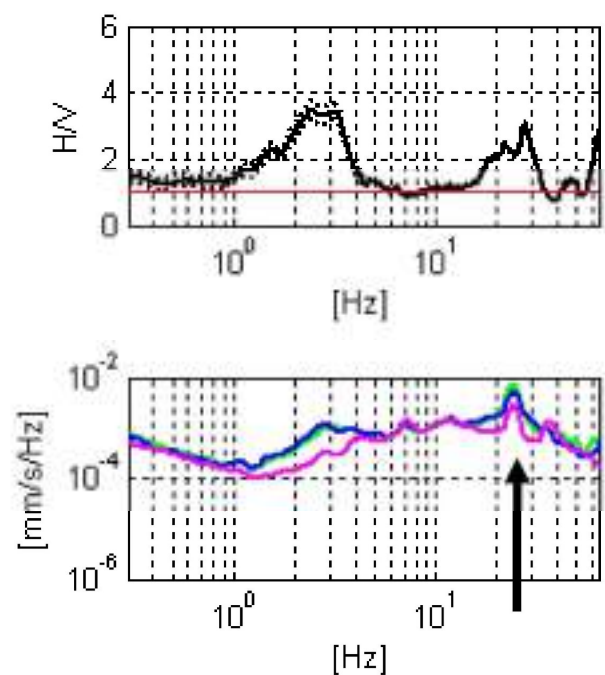


Un picco di natura stratigrafica (e non artefattuale) presenta un minimo locale della componente spettrale verticale, mentre i picchi H/V di origine antropica sono caratterizzati da picchi stretti di diversa ampiezza e analoga frequenza su tutte e 3 le componenti.

A) picco di natura stratigrafica

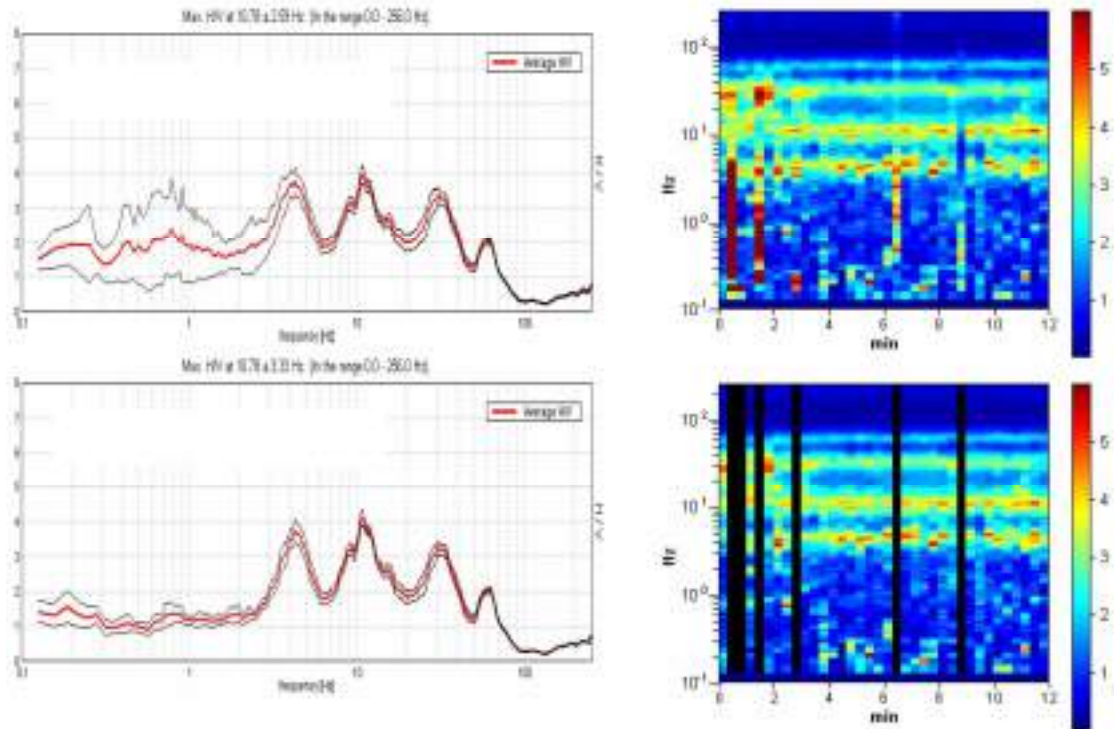


B) picco di origine antropica

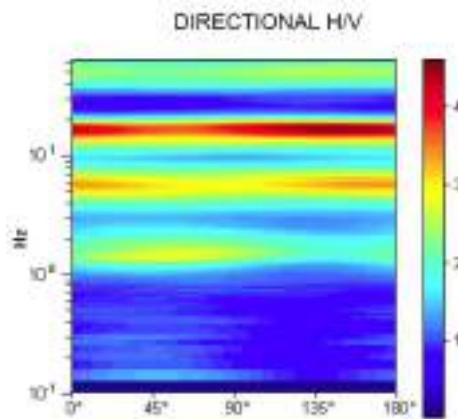


L'elaborazione degli spettri H/V comporta quindi un'analisi ragionata dei vari picchi, uno *smoothing* e una valutazione sugli spettri nelle varie "finestre" di tempo in cui è stata suddivisa l'acquisizione, in modo da poter eventualmente rimuovere gli intervalli di misura caratterizzati da disturbi.

Di solito è consigliabile effettuare le correzioni nel dominio delle frequenze, e non operare nel dominio del tempo, in quanto in tale contesto non è agevole identificare quali perturbazioni siano relative ad artefatti e transienti.



Altro aspetto importante da considerare è la *stabilità direzionale* del segnale, elemento a favore della valenza stratigrafica del picco analizzato.



PROSPEZIONE IN OGGETTO

La prospezione è stata effettuata mediante l'utilizzo di uno strumento TROMINO® della *Micromed Geophysics*, espressamente progettato per misure di microtremore.



TROMINO[®] è uno strumento efficiente per la misura del rumore sismico; presenta ridotte dimensioni e peso, e bassissimo consumo di energia. L'alta risoluzione dell'elettronica digitale impiegata consente di ottimizzare la misura del microtremore nell'intervallo di frequenze compreso fra 0.1 e 200 Hz; i sensori sono costituiti da una terna di velocimetri smorzati criticamente che trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore a dinamica non inferiore a 23 bit. Le caratteristiche progettuali consentono una accuratezza relativa maggiore di 10^{-4} sulle componenti spettrali al di sopra di 0.1 Hz; l'assenza di cavi esterni consente inoltre di lasciare virtualmente imperturbato il campo d'onda presente nell'ambiente.

Lo strumento dispone di tre canali analogici connessi a tre velocimetri elettrodinamici ad alta risoluzione disposti secondo tre direzioni ortogonali. Il moto del terreno viene amplificato, convertito in forma digitale, organizzato e salvato su una memoria digitale di tipo Flash.

I dati registrati da *TROMINO*[®] possono essere scaricati, organizzati, archiviati, visualizzati e analizzati tramite il programma *Grilla* fornito assieme allo strumento. Esso include inoltre procedure per l'analisi spettrale di base e per l'analisi *HVSR* anche secondo le direttive fornite dal progetto di ricerca europeo *SESAME*.

* * *

L'indagine si è articolata su 2 postazioni di misura; le ubicazioni precise sono indicate nelle allegate schede monografiche, che comprendono la documentazione fotografica, l'estratto foto-sat, coordinate ed annotazioni varie.

E' stata effettuata una rilevazione del microtremore sismico ambientale con le seguenti modalità:

- durata dell'acquisizione di 20' ;
- suddivisione dell'acquisizione stessa in "finestre" temporali di 20" ;
- frequenza di campionamento pari a 128 Hz.

CRITERI DI ANALISI DELLE MISURE

I dati di campagna sono stati trattati con una procedura di analisi consistente in:

- lisciamento "finestra triangolare" ;
- analisi sulla parte del tracciato risultante da una selezione manuale per eliminazione delle sottofinestre temporali contenenti sollecitazioni transienti ;
- analisi temporale nell'intervallo in Hz utile a valutare le caratteristiche dei massimi H/V significativi ;
- analisi direzionale con step di 5° .

I dettagli delle procedure di analisi per le singole acquisizioni sono riportati negli allegati report.

CRITERI DI CLASSIFICAZIONE DELLE MISURE

La misura è soggetta alle valutazioni sulla "robustezza" statistica del dato secondo i criteri del protocollo *SESAME*, automaticamente inserito nel report.

Nell' interpretare la tabella SESAME di significatività dei picchi H/V bisogna considerare che ogni sito può generare più di una risonanza, e che non esiste una risonanza fondamentale in assoluto.

- *I primi 3 criteri della tabella dicono se la registrazione è stata condotta per un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco considerata. E' opportuno che questi 3 criteri siano tutti soddisfatti; se così non fosse, tipicamente è necessario rianalizzare la registrazione aumentando il parametro WINDOW SIZE.*
- *I secondi 6 criteri della tabella dicono se il picco è significativo da un punto di vista statistico. E' bene che ne siano soddisfatti il maggior numero possibile (preferibilmente almeno 5 su 6) ma si ricordi che eventuali NO su tutte le righe non implicano necessariamente che la registrazione è stata effettuata male ma implicano che non ci sono picchi significativi. Ad esempio una registrazione su roccia "sana" darebbe NO su tutti questi criteri.*

Un'ulteriore classificazione dei risultati può essere effettuata tenendo conto dei criteri adottati nello studio di "Microzonazione Sismica per la ricostruzione dell'area Aquilana" a cura del Dipartimento della Protezione Civile, e

finalizzati a una valutazione più generale, e più restrittiva, della qualità del dato acquisito, secondo i seguenti parametri:

- stazionarietà del segnale nel campo dello sviluppo temporale dello spettro
- isotropia del segnale nel campo dello sviluppo direzionale dello spettro
- presenza di rumore elettromagnetico, con particolare riferimento al campo di frequenza di eventuali picchi
- plausibilità fisica del picco
- robustezza statistica del picco (comprensiva dei primi 3 criteri SESAME)
- durata della misura.

Le misure sono classificabili:

- in CLASSE A di qualità quando soddisfano tutti i criteri, fatta eccezione per gli spettri piatti che ovviamente disattendono i criteri SESAME per assenza di picchi significativi;
- in CLASSE B quando ne disattendono almeno uno ma mantengono buona leggibilità;
- in CLASSE C quando contengono elementi di disturbo invalidanti ai fini della corretta interpretazione.

Nel primo caso le misure sono utilizzabili anche da sole, nel secondo caso sono utilizzabili con cautela e unitamente ad altre misure effettuate nell'ambito della lunghezza d'onda di interesse, nel terzo caso vanno scartate. Limitatamente ai primi due casi sono poi definite le sottoclassi 1 e 2 in base alla presenza o meno di un picco chiaro.

* * *

I risultati dell'elaborazione evidenziano dei massimi H/V di ampiezza modesta per entrambe le postazioni di misura. In particolare:

postaz. 1

- a basse frequenze: Max H/V a 1.1 Hz , ampiezza 2.1
- ad alte frequenze: Max H/V a 25.6 Hz , ampiezza 2.2 primi criteri Sesame : 3/3 - secondi criteri : 3/6

postaz. 2

- ad alte frequenze: Max H/V a 21.8 Hz , ampiezza 2.4 - primi criteri Sesame : 3/3 - secondi criteri : 4/6

I "picchi" evidenziati indicano la presenza di contrasti di velocità non particolarmente significativi.

ALLEGATI :

- schede monografiche
- report elaborazione dati

Quarrata, 15 Dicembre 2025

per PENETRATIO Srl



indagine HVSR - Ponsacco, Viale Italia - postaz. 1



documentazione fotografica



estratto fotosat con ubicazione stazioni di misura - scala 1:2.000

NOTE :

coord. WGS84 : 43.6205672 - 10.6139587

contesto generale : pianura alluvionale, bordo zona industriale

contesto locale : terreno a seminativo

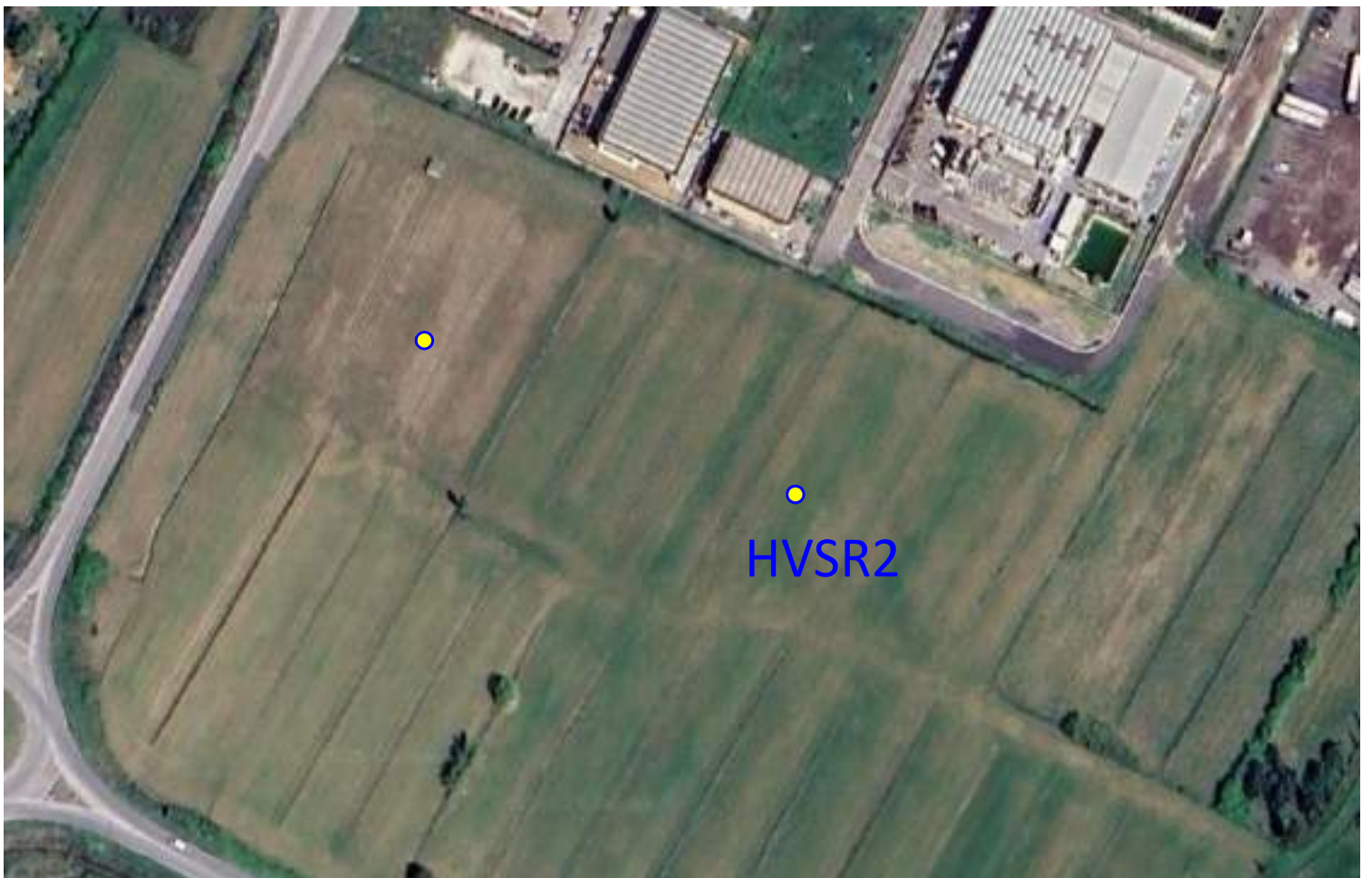
situazione meteo : coperto, assenza di vento

rumori/disturbi : in lontananza traffico da viabilità

indagine HVSR - Ponsacco, Viale Italia - postaz. 2



documentazione fotografica



estratto fotosat con ubicazione stazioni di misura - scala 1:2.000

NOTE :

coord. WGS84 : 43.6201624 - 10.6153072

contesto generale : pianura alluvionale, bordo zona industriale

contesto locale : terreno a seminativo

situazione meteo : coperto, assenza di vento

rumori/disturbi : in lontananza traffico da viabilità

INDAGINE HVSR PONSACCO, VIALE ITALIA - POSTAZ. 1

Strumento: TRZ-0158/01-11

Formato dati: 16 bit

Inizio registrazione: 15/12/2025 12:41:22

Nomi canali:

Durata registrazione: 0h20'00".

Freq. campionamento: 128 Hz

Tipo di lisciamento: Triangular window

Fondo scala [mV]: 51

Fine registrazione: 15/12/2025 13:01:21

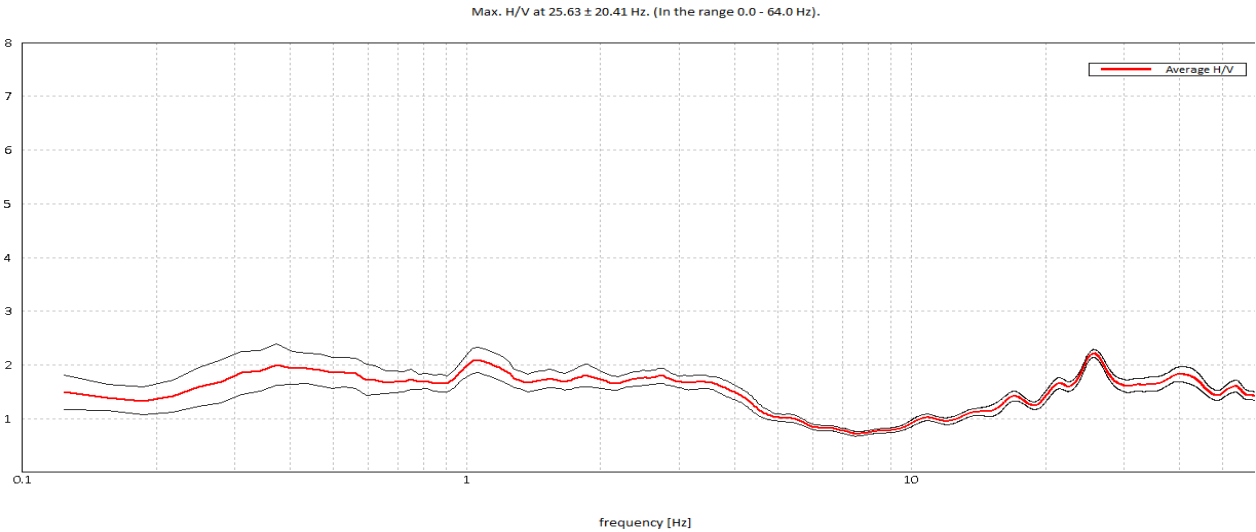
NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Analizzato 87% tracciato (selezione manuale)

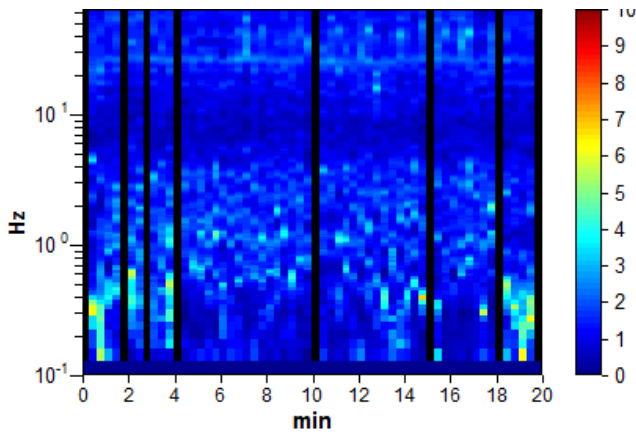
Lunghezza finestre: 20 s

Lisciamento: 10%

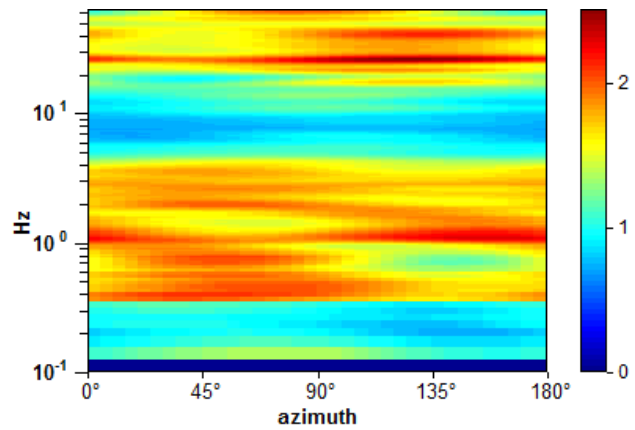
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



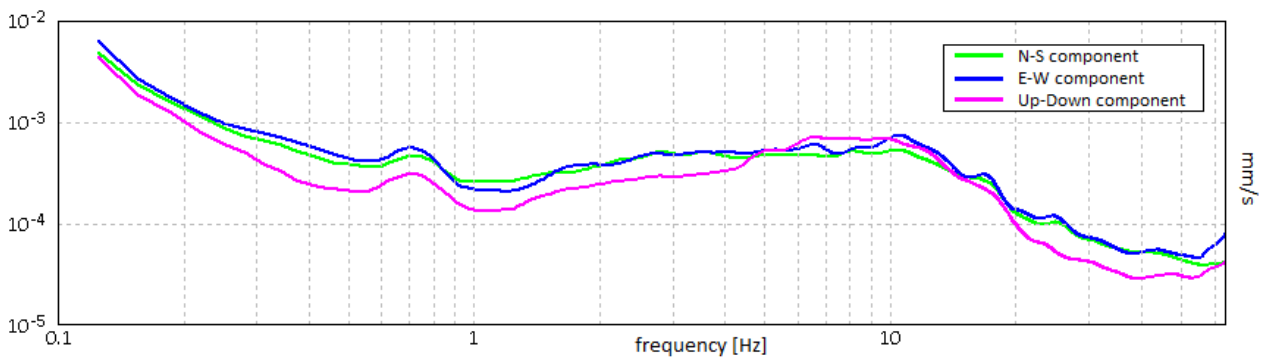
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[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 25.63 ± 20.41 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$25.63 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$26650.0 > 200$	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 1231	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	13.563 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.22 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.79644 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$20.4088 < 1.28125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.075 < 1.58$	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

INDAGINE HVSR PONSACCO, VIALE ITALIA - POSTAZ. 2

Strumento: TRZ-0158/01-11

Formato dati: 16 bit

Inizio registrazione: 15/12/2025 13:06:12

Nomi canali:

Durata registrazione: 0h20'00".

Freq. campionamento: 128 Hz

Tipo di lisciamento: Triangular window

Fondo scala [mV]: 51

Fine registrazione: 15/12/2025 13:26:11

NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

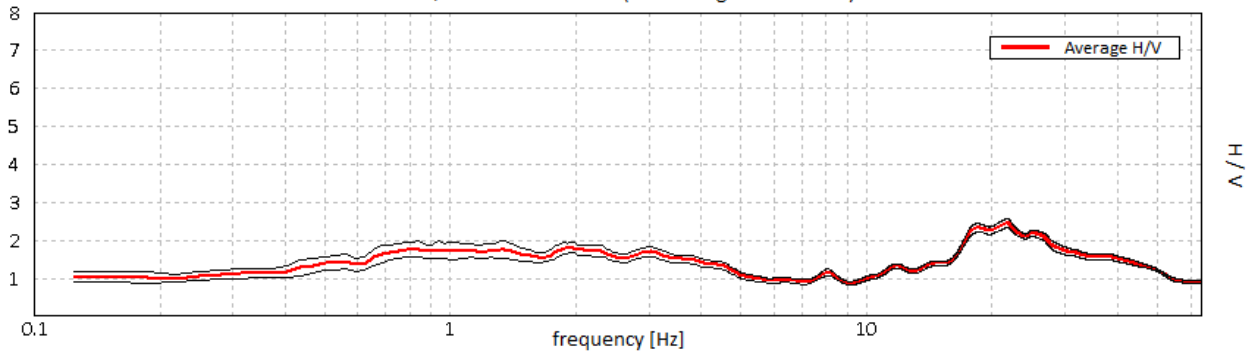
Analizzato 98% tracciato (selezione manuale)

Lunghezza finestre: 20 s

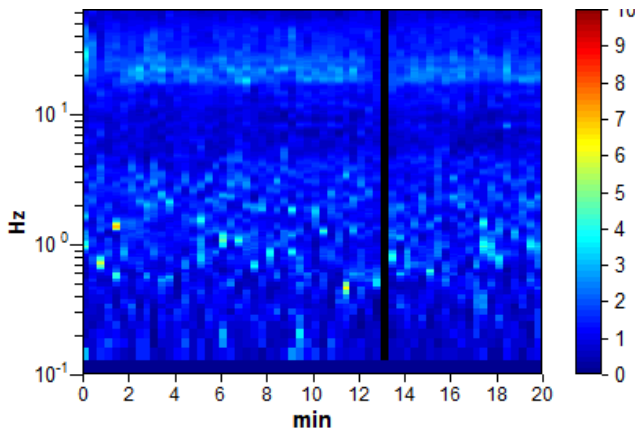
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

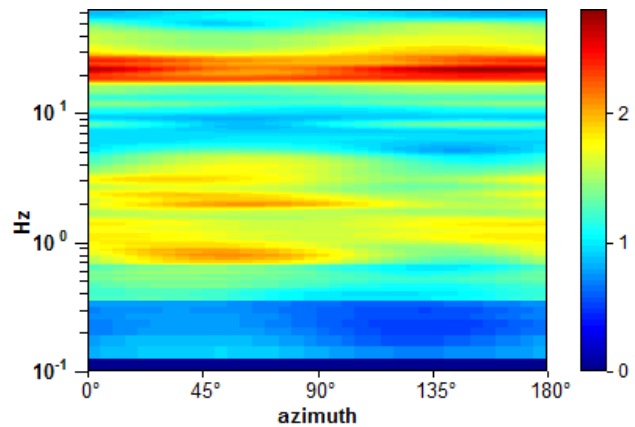
Max. H/V at 21.81 ± 7.16 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



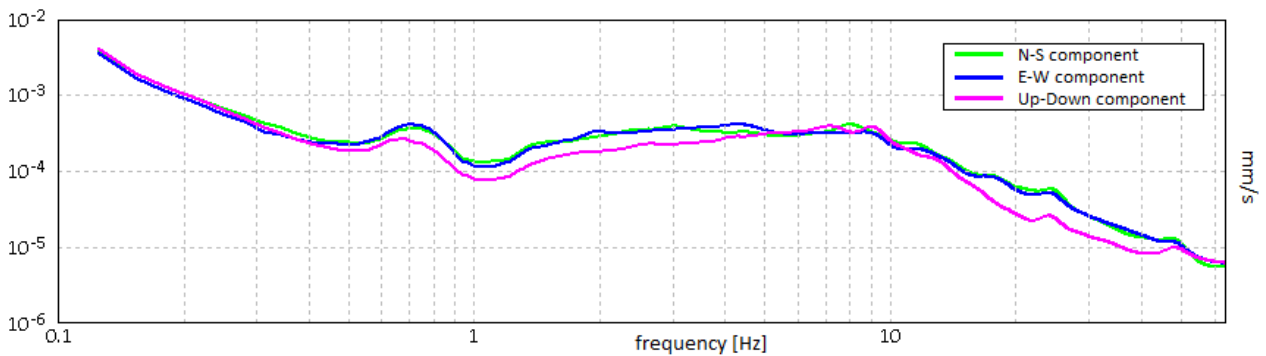
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[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 21.81 ± 7.16 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$21.81 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$25738.8 > 200$	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 1048	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	13.406 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	49.594 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.46 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.32819 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$7.15866 < 1.09063$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1218 < 1.58$	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

COMUNE DI PONSACCO

RISULTATI DI UNA PROSPEZIONE GEOFISICA M.A.S.W.

ESEGUITA ENTRO IL COMPARTO ATP 1

PIANO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA



~~~~~

**GENNAIO 2025**

**COMMITTENTE: LA CHIARA SRL**

**INDICE**

|                                                       |   |
|-------------------------------------------------------|---|
| 1 PREMESSE.....                                       | 3 |
| 2 GENERALITÀ SULLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH..... | 3 |
| 3 IL METODO M.A.S.W.....                              | 5 |
| 4 STRUMENTAZIONE E METODOLOGIE IMPIEGATE.....         | 6 |
| 5 INTERPRETAZIONE DEI DATI.....                       | 7 |

***ALLEGATI:***

- *Grafici “common-shot gather”, spettro di velocità, e profilo verticale onde S*
- *Report di calcolo*

**RISULTATI DI UNA PROSPEZIONE GEOFISICA M.A.S.W.  
ESEGUITA ENTRO IL COMPARTO ATP 1  
PIANO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA  
VIALE ITALIA**



### **1 PREMESSA**

La presente relazione descrive i risultati della prospezione sismica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh) eseguita in loc. Ponsacco entro il comparto ATP 1 adiacente a Viale Italia .

L'indagine M.A.S.W. è stata condotta con l'obiettivo di determinare il parametro VSeq, necessario al fine della classificazione dei suoli, per la definizione dell'azione sismica di progetto, volendo procedere secondo la normativa vigente (D.M. 17 gennaio 2018).

### **2 GENERALITÀ SULLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH**

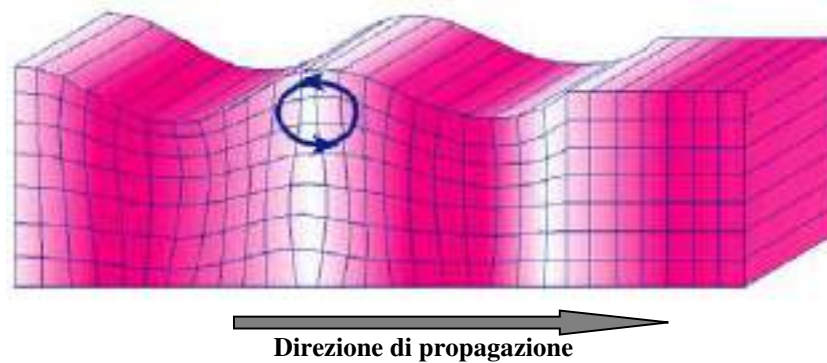
Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale (Fig. 1) e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera.

L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado alla direzione di propagazione delle onde che vengono così generate.

Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a  $0.92V_s$ .

In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e  $0.92 V_s$ .

La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).



**Fig. 1 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto al senso di propagazione dell'onda.**

La determinazione della velocità delle onde di taglio  $V_S$  tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde  $P$  (7%) ed  $S$  (26%).

I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla  $V_p$  e dalla densità, è funzione innanzitutto della  $V_s$ , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dal DM 17/01/2018, mentre la velocità delle onde  $P$  misurata in terreni saturi dipende in maniera sostanziale dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, la velocità delle onde  $S$  è caratteristica delle vibrazioni trasmesse dal solo scheletro solido e, pertanto, a differenza delle onde  $P$ , risulta rappresentativa delle reali proprietà meccaniche del terreno.

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle  $V_s$ , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. In caso di variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale si propaga a una diversa velocità (velocità di fase) che a sua volta corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda. (Fig. 2)

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione.

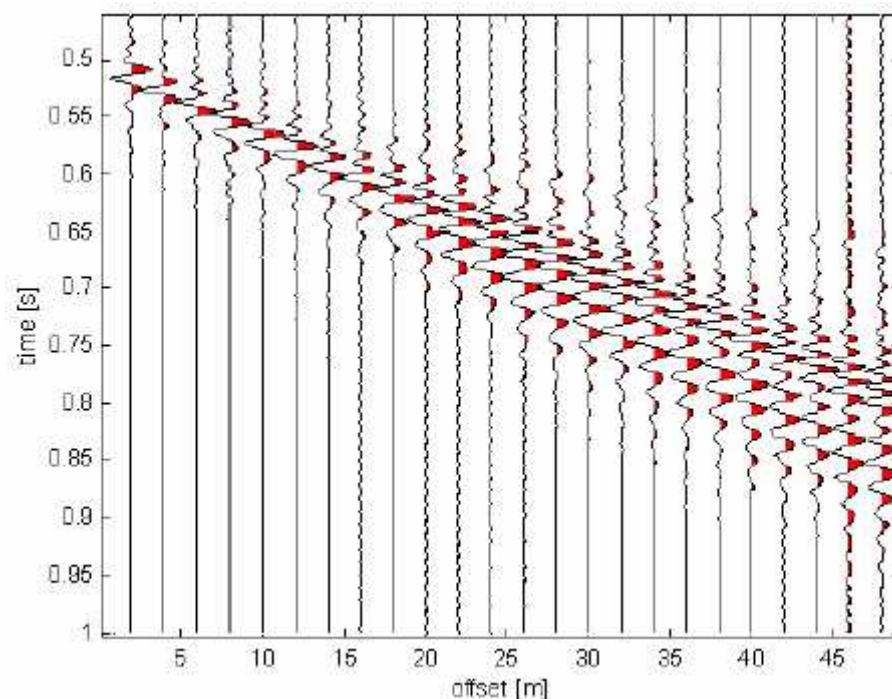


Fig. 2 – Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato. Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.

### **3. IL METODO M.A.S.W.**

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una efficiente ed accreditata metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio  $V_S$ .

Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un sismografo multicanale. Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso tecniche computazionali, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede 3 fasi fondamentali:

- acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni;
- estrazione del modo fondamentale dalla curva di dispersione (grafico velocità di fase rispetto alla frequenza) delle onde superficiali di Rayleigh;

- inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle  $V/S$ .

Per ottenere un profilo  $V_s$  vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume ( $P$  e  $S$ ), sia onde di superficie (Rayleigh e Love), che si propagano in tutte le direzioni.

Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, ecc.) e diventano rumore.

Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana.

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella possibilità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni.

L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali. Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti in una immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni. Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico.

#### **4. STRUMENTAZIONE E METODOLOGIE IMPIEGATE**

Per l'indagine in oggetto si è impiegata un'attrezzatura AMBROGEO "ECHO12-24/2002 Sismic Unit", avente le seguenti caratteristiche:

- . numero di canali: 12
- . sampler interval: 0,296 msec
- . A/D conversion: 16 bit
- . input impedance: 1KOhm
- . Gain: 10 dB – 100 dB (step 1 dB)
- . saturation tension: +/- 2,3 V
- . saturation level: 100 dB
- . distorsion: 0,01%
- . sampler:
  - 25 msec (191 punti)

50 msec (383 punti)  
100 msec (756 punti)  
200 msec (1530 punti)  
400 msec (3060 punti)  
800 msec (6121 punti)  
1000 msec

- . sampling: 130 microsec
- . filter low pass: 50/950 Hz, step 1 Hz
- . digital filter low pass: 1000-50
- . digital filter high pass: 0-250
- . frequency response: 7-950 Hz, filter at 950 Hz
- . dynamic range: 93 dB
- . noise: 0,66 uV RMS, gain = 55 dB
- . crosstalk: 52 dB, gain = 55 dB
- . power: 12 V.

Il software di acquisizione dati è "ECHO 12-24" vers. 7.00.

L'attrezzatura è completata da 2 cavi sismici a 12 takes out spazati a 5 m, con connettori cannon, montati su rullo, geofoni "Geospace" a 4,5 Hz, mazza di battuta da 8 Kg con interruttore starter, cavo trigger da 200 m montato su rullo.

Lo stendimento impiegato per il profilo MASW in oggetto ha le seguenti caratteristiche:

- n. geofoni: 24
- spaziatura fra i geofoni: 2m
- n. shots: sono state effettuate 5 rilevazioni, impiegando la massa battente, a distanze di 2 m, 4,0 m, 6 m, 8,0m e 10,0m dalla linea geofonica.
- tempo di acquisizione : 1.000 msec.

Il profilo è da considerare orizzontale, in quanto i dislivelli massimi lungo lo stendimento sono modesti (nell'ordine del centimetro).

## **5 INTERPRETAZIONE DEI DATI**

Per l'interpretazione dei dati è stato impiegato il software winMASW versione 6.0 professional, il quale consente la determinazione di profili verticali della velocità delle onde di taglio Vs. tramite il processo d'inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh acquisite con la tecnica masw.

Tale programma è in grado di operare sui records in formato SGY prodotti dalla strumentazione Ambrogeo.

Il processo si articola in due fasi:

- 1) determinazione dello spettro di velocità dove è possibile identificare la curva di dispersione, mediante il picking riconoscendo il solo modo fondamentale o anche i modi superiori.
- 2) Inversione della curva di dispersione mediante algoritmi genetici.

Per il processo d'inversione si procede definendo un intervallo di ricerca sia per quanto riguarda le velocità che per gli spessori, all'interno del quale il software valuta tutte le possibili soluzioni fornendo quella più rispondente al picking eseguito.

Risulta evidente che la rispondenza tra modello reale del sito e quello ottenuto dal processo d'inversione risente fortemente degli intervalli impostati all'interno dei quali il software esegue la ricerca.

Il modello calcolato sarà più prossimo a quello reale tante più informazioni del sito si avranno a disposizione e quindi tanto più gli intervalli di ricerca saranno stringenti.

È possibile inoltre procedere con la modellazione diretta inserendo un modello di partenza del sito e confrontando la curva sintetica calcolata dal software con quella di dispersione ottenuta dalle rilevazioni con tecnica masw.

Nel caso in esame il picking della curva di dispersione è stato eseguito riconoscendo il modo fondamentale e i primi due modi superiori utilizzando il grafico spettro di velocità/velocità di fase relativo allo shot con offset di 8 m, che è risultato con sufficiente grado di definizione. Anche gli spettri relativi agli altri shots sono risultati confrontabili con quello preso in esame.

I profili di velocità delle onde S ottenuti sono profili semplificati a 4 strati derivanti da parametri di partenza quali spessori e ranges di velocità.

Tali parametri son stimabili con indagini aggiuntive quali sondaggi geognostici prove penetrometriche, indagini sismica in foro o a rifrazione.

In assenza di tali approfondimenti non è possibile ottenere il modello reale sismo-stratigrafico, ma sarà comunque possibile fornire un valore di Vs30 affidabile.

Il software winMasw presenta come soluzione due modelli: il modello migliore cioè quello che presenta la differenza minore tra la curva osservata e calcolata, e un modello medio calcolato secondo un'operazione statistica, fornendo per ciascun modello il valore di Vs30.

Di seguito sono riportate le velocità Vs e gli spessori dei livelli sismici costituenti i due modelli.

- secondo il MODELLO MEDIO

| strato n.     | 1   | 2   | 3    | 4   |
|---------------|-----|-----|------|-----|
| VS (m/s):     | 133 | 196 | 297  | 361 |
| spessori (m): | 4.3 | 6.4 | 11.3 |     |

- secondo il MODELLO MIGLIORE:

| strato n.     | 1   | 2   | 3    | 4   |
|---------------|-----|-----|------|-----|
| VS (m/s):     | 133 | 188 | 320  | 333 |
| spessori (m): | 4.5 | 5.0 | 12.8 |     |

Con i dati ottenuti, per la zona di indagine si ha:

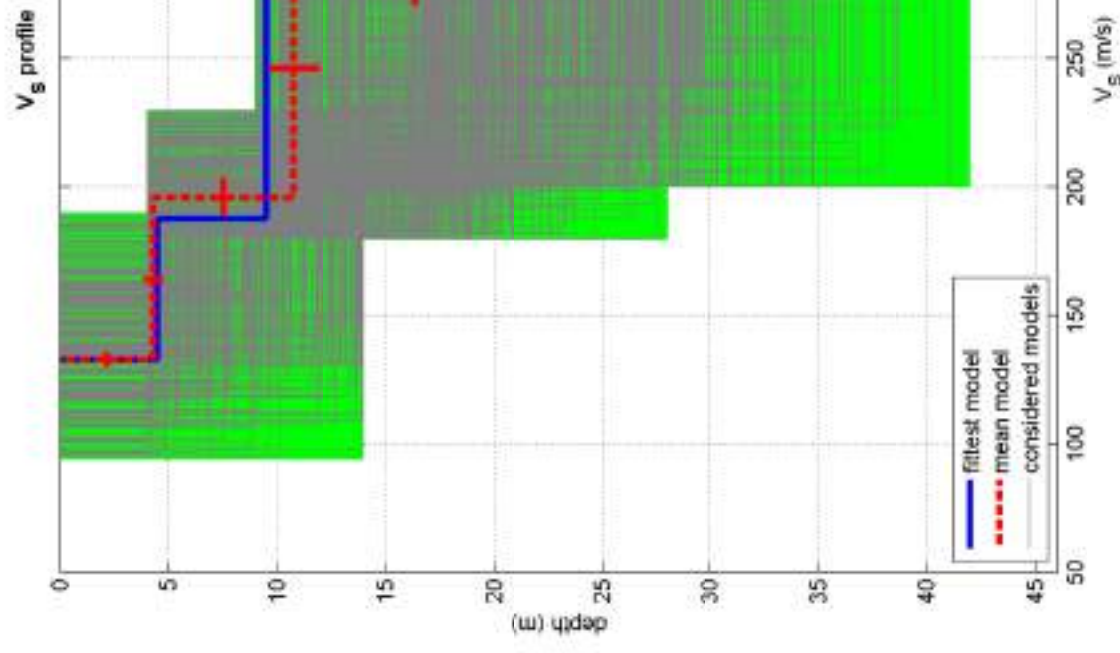
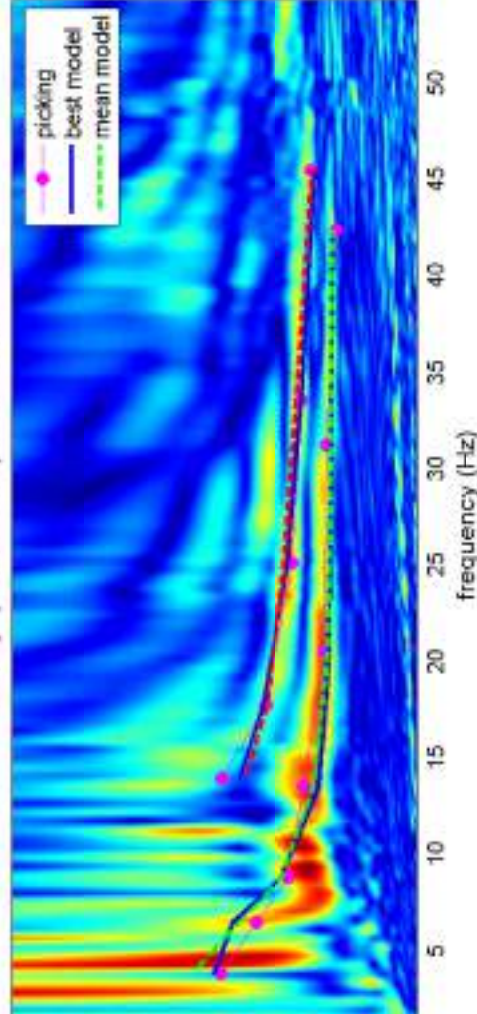
- VS30 del modello migliore: 243 m/s

Fermo restando che la scelta della corretta categoria di sottosuolo spetta al Progettista, sulla base delle proprie conoscenze e valutazioni geologiche del sito oltre ai risultati della presente indagine sismica, si osserva che il valore della  $V_{s_{eq}}$  determinato identifica una categoria di sottosuolo di tipo **C** secondo la tabella 3.2.II del DM 17 gennaio 2018 (aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”), corrispondente a Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.

Castel del Bosco 14/01/2026

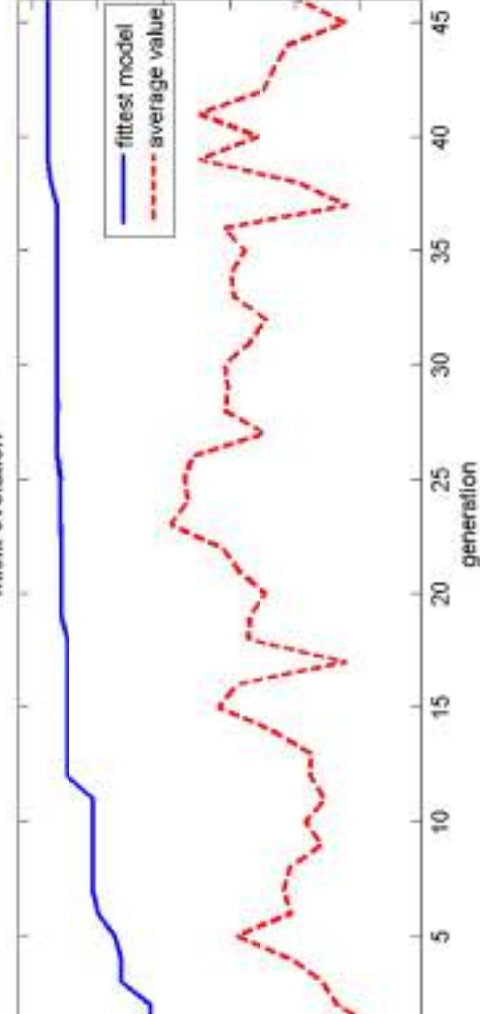
Geol. Giani Paolo

velocity spectrum & dispersion curve



dataset: 8m.SGY  
dispersion curve: 8m.cdp  
Vs30 (best model): 243 m/s  
Vs30 (mean model): 239 m/s

misfit evolution



## J & processing (MASW analyses)

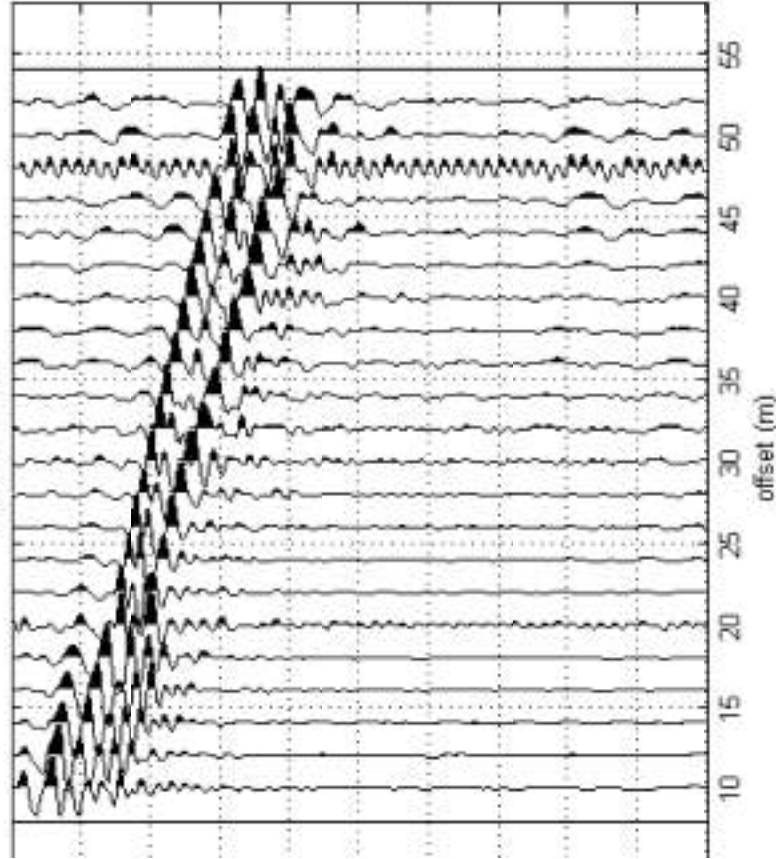
5GY

131 ms

set 8 m

spacing: 2 m

normalized traces



data selection

activate

select

cancel

60

save

filtering & spectra

filter

cancel

0-50Hz

spectrum

spectrogram

refraction

refraction

100

upload

save

clear refraction

& setting

time length to visualize (s)

done

flip traces

zero padding

## #2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMI analyses)

MASW: compute velocity spectrum

phase velocity

f-k

group velocity

handling the spectra

save

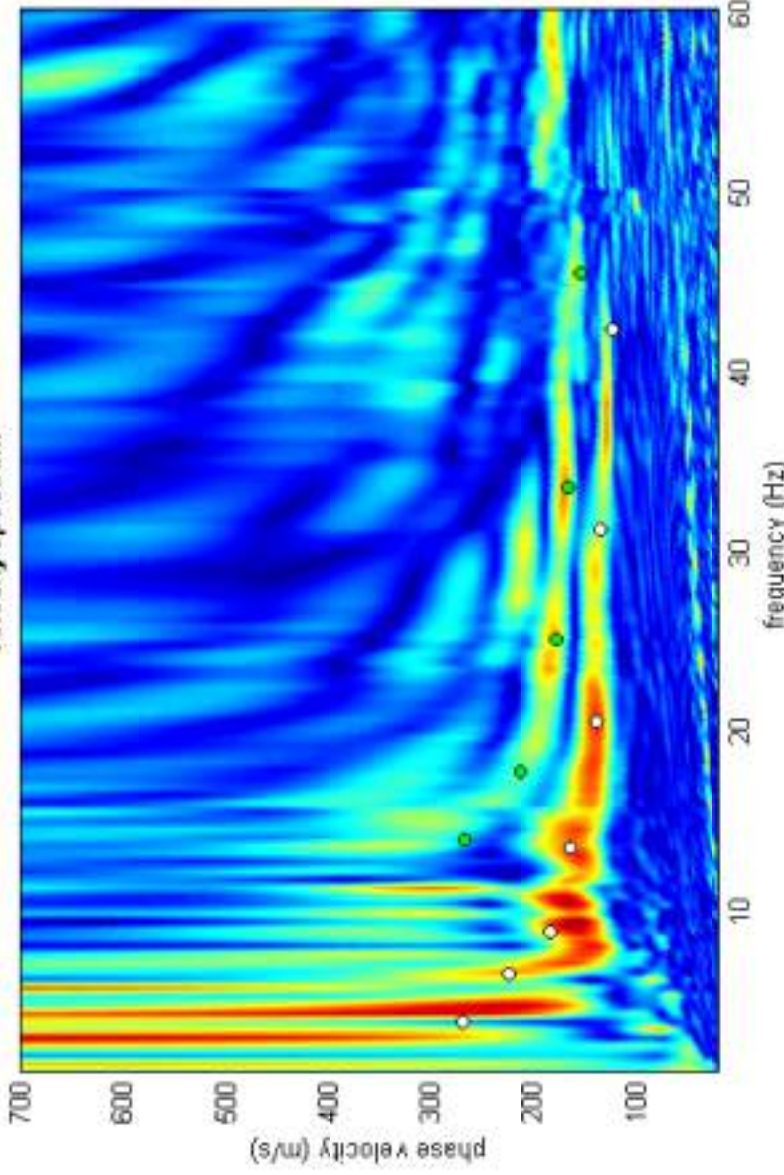
upload

merge

explore spectrum

mode separation

velocity spectrum



V/s (m/s) Poisson thickness (m)

100

0.4

1

calculate

180

0.35

2

upload mod.

260

0.35

5

save model

400

0.35

5

refresh

600

0.35

7

report

800

0.35

80

synthetics

1200

0.3

0

synthetics

0

0.2

0

shows DC

modelling

ZVF

elastic

shows DC

synthetics

general setting

Rayleigh

3

phase vel

Refraction

H/V body waves

H/V modes (SW ellipticity)

about Poisson

reference depth

reference depth

H/V body waves

H/V modes (SW ellipticity)

Analyzing phase velocities

==o== SECTION#1

dataset: 8m.SGY  
minimum offset (m): 8  
geophone spacing (m): 2  
sampling (ms): 0.131  
Dispersion curve: 8m.cdp  
Number of individuals: 35  
Number of generations: 36

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing phase Velocities

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 94 4 180 5 200 7 311.5265  
Adopted search space (maximum Vs & thickness): 190 14 230 14 320 14 446  
Adopted Poisson values: 0.4 0.35 0.35 0.35

Output folder: C:\Users\Giuseppe\Desktop\ismiche temp\output\_disp

==o== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -14.3756 -7.6261  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -13.2846 -7.60589  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -12.8366 -6.73194  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -11.9002 -6.73194  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -10.2412 -6.53166  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -11.9092 -6.00291  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -11.6813 -5.86835  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -11.8678 -5.86835  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -12.8255 -5.86835  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -12.3301 -5.86835  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -12.9183 -5.86835  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -12.4843 -5.08036  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -12.4851 -5.08036  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -11.3358 -5.08036  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -9.6737 -5.0804  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -10.248 -5.08036  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -13.5606 -5.08036  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -10.5787 -5.08036  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -10.6055 -4.8841  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -11.12 -4.8841  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -10.2733 -4.8841  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -9.7737 -4.8841  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -8.2222 -4.8618  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -8.7347 -4.8618  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -8.6346 -4.8618  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -8.8898 -4.7715  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -11.1039 -4.77146  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -9.8741 -4.7715  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -9.9527 -4.7618  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -9.8511 -4.761  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -10.6204 -4.76105  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -11.1296 -4.76105  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -10.1227 -4.76105  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -10.0566 -4.76105  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -10.4722 -4.76105

Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -9.8087 -4.761

Checking the new search space (for the finer search)

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -13.5788 -4.76105  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -12.0699 -4.57105  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -9.0911 -4.4676  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -10.8631 -4.46755  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -9.0969 -4.4676  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -11.0454 -4.46755  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -11.3712 -4.46755  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -11.7967 -4.46755  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -13.5213 -4.46755  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -12.1011 -4.46755

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 133 188 320 333

Thickness (m): 4.5 5 13

Poisson: 0.4 0.35 0.35 0.35

Vp & Density Optimization

p14 = 1

p15 = 12

p16 =

|        |        |        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0.0891 | 0.1523 | 0.2076 | 0.3182 | 0.4840 | 0.7367 | 1.0000 |
| 0.3061 | 0.3895 | 0.5513 | 0.7377 | 1.0000 | 0      | 0      |
| 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vp & Density - generation: 1; average & best misfits: -4.7245 -4.1402  
 Optimizing Vp & Density - generation: 2; average & best misfits: -4.4617 -4.0103  
 Optimizing Vp & Density - generation: 3; average & best misfits: -4.2748 -4.0103  
 Optimizing Vp & Density - generation: 4; average & best misfits: -4.2645 -4.0103  
 Optimizing Vp & Density - generation: 5; average & best misfits: -4.1885 -4.0103  
 Optimizing Vp & Density - generation: 6; average & best misfits: -4.2145 -4.0077  
 Optimizing Vp & Density - generation: 7; average & best misfits: -4.1816 -4.0077  
 Optimizing Vp & Density - generation: 8; average & best misfits: -4.1678 -4.0016  
 Optimizing Vp & Density - generation: 9; average & best misfits: -4.1544 -4.0016  
 Optimizing Vp & Density - generation: 10; average & best misfits: -4.1073 -4.0016

Number of models considered to calculate the average model: 190

#####  
 RESULTS  
 #####

Dataset: 8m.SGY

Analyzed curve/spectrum: 8m.cdp

===== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

## Analyzing Rayleigh-Wave Dispersion

---

### MEAN MODEL

Vs (m/s): 133 196 297 361  
Standard deviations (m/s): 3 7 26 42

Thickness (m): 4.3 6.4 11.3  
Standard deviations (m): 0.4 1.2 2.0

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 1258 485 860 881  
Density (gr/cm3): 2.11 1.88 2.02 2.02  
Vp/Vs ratio: 9.46 2.47 2.90 2.44  
Poisson: 0.49 0.40 0.43 0.40  
Shear modulus (MPa): 37 72 178 264  
Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0

### Fundamental mode

#### Mean model

| f(Hz)   | VR(m/s)  |
|---------|----------|
| 3.77386 | 303.5292 |
| 6.44861 | 245.8944 |
| 8.78901 | 190.8825 |
| 13.4698 | 150.1313 |
| 20.491  | 132.7063 |
| 31.19   | 127.9741 |
| 42.3348 | 127.1756 |

### First higher mode

#### Mean model

|         |          |
|---------|----------|
| 13.9156 | 236.334  |
| 17.7048 | 209.5104 |
| 25.0604 | 187.8411 |
| 33.5304 | 172.7815 |
| 45.4553 | 152.232  |

---

### SECTION#4

### BEST MODEL

Vs (m/s): 133 188 320 333  
thickness (m): 4.51633 5 12.8276

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 2010 507 530 682  
Density (gr/cm3): 2.22 1.89 1.90 1.96  
Vp/Vs ratio: 15.11 2.70 1.66 2.05  
Poisson: 0.50 0.42 0.21 0.34  
Shear modulus (MPa): 39 67 195 217  
Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0

dispersion curve (frequency - velocity)

### Fundamental mode)

#### best model

| F(Hz) | VR(m/s) |
|-------|---------|
|-------|---------|

|         |          |
|---------|----------|
| 3.77386 | 276.9218 |
| 6.44861 | 253.1711 |
| 8.78901 | 190.8878 |
| 13.4698 | 144.5934 |
| 20.491  | 131.3376 |
| 31.19   | 127.7796 |
| 42.3348 | 127.1748 |

First higher mode)

best model

|         |          |
|---------|----------|
| 13.9156 | 244.0658 |
| 17.7048 | 215.0371 |
| 25.0604 | 183.6429 |
| 33.5304 | 166.2651 |
| 45.4553 | 149.1723 |

Vs5 (mean model): 139 m/s

Vs5 (best model): 137 m/s

Vs20 (mean model): 207 m/s

Vs20 (best model): 214 m/s

Vs30 (mean model): 239 m/s

Vs30 (best model): 243 m/s

==o== SECTION#6

For Italian Users:

Dalla normativa vigente (aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni, emanato con D.M. Infrastrutture del 17/01/2018, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n°8 del 20/02/2018):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.

E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per queste cinque categorie di sottosuolo le azioni sismiche sono definite come descritto al § 3.2.3. del D.M.

17.01.2018. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale per la determinazione delle azioni sismiche.

INDAGINE HVSR/MASW - COMUNE DI PONSACCO (PI)  
LOCALITÀ VIA LISBONA/VIALE ITALIA - POSTAZIONE n.4



documentazione fotografica



ubicazione scala 1:1.000

orientazione > N

contesto globale : pianura alluvionale

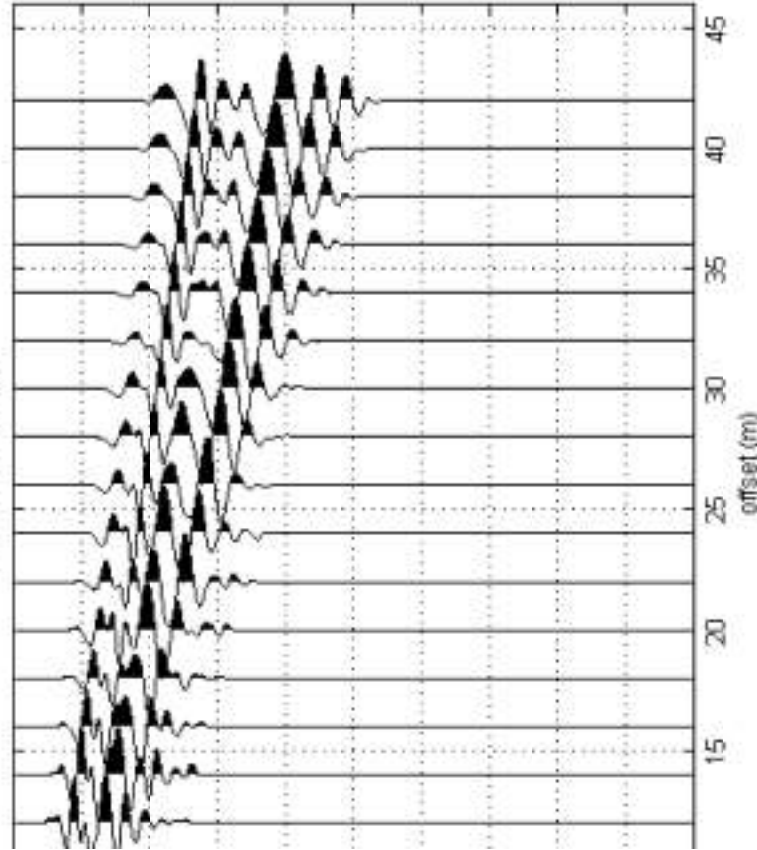
contesto locale: prato - erba bassa

condizioni atmosferiche: sereno

coordinate stazione - 43°37'15.81" N - 10°36'49.81" E

ns [3906.25Hz] - 3900 samples  
1.2 m  
ig: 2 m

normalized traces



data selection

activate

filtering & spectra

refr. & refl.

ting  
ualize done [cut]

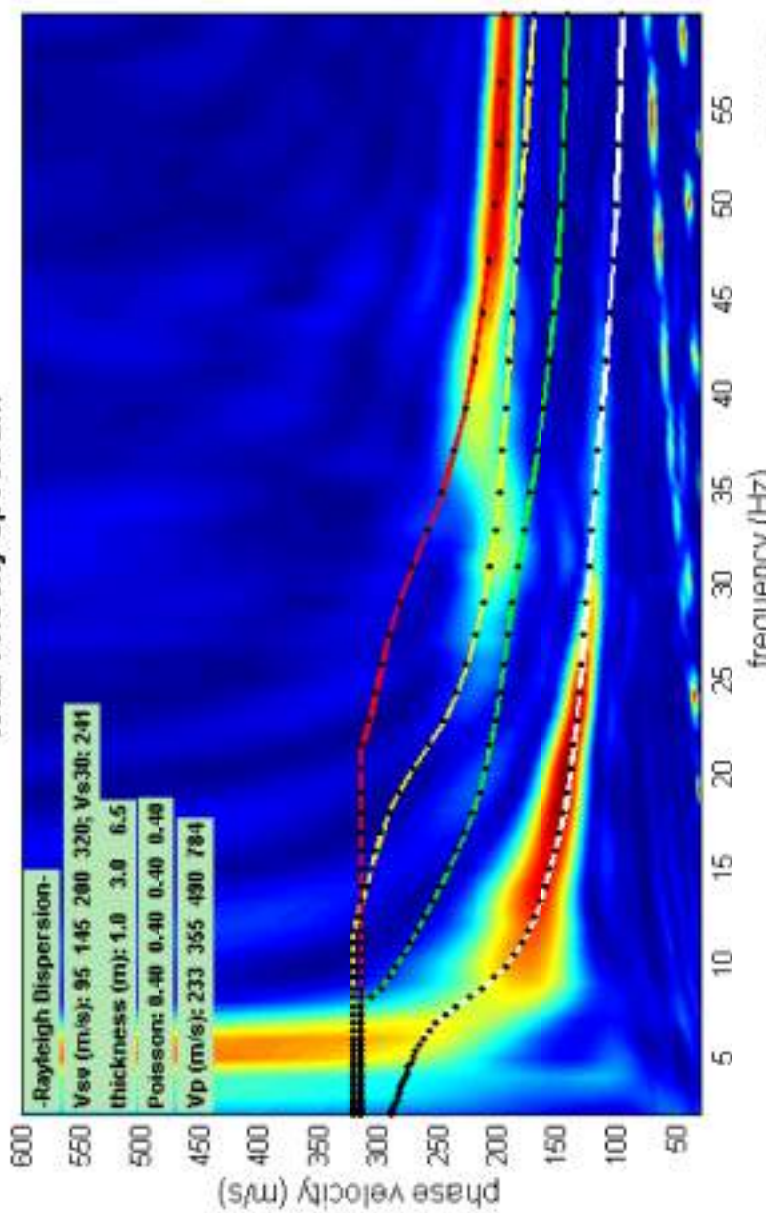
#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW, ESAC & ReMi analyses)

MASW: compute velocity spectrum

phase velocity  f-k group velocity

handling the spectra

total velocity spectrum



modelling

general setting

Rayleigh     Reference  Refract...  HV (body wa...  HV (surface ...

about Poiss...

| V/s | Qs  | Poisson thickness |
|-----|-----|-------------------|
| 95  | 10  | 0.4               |
| 145 | 16  | 0.4               |
| 200 | 19  | 0.4               |
| 320 | 24  | 0.4               |
| 0   | 28  | 0.35              |
| 0   | 31  | 0.35              |
| 0   | 38  | 0.35              |
| 0   | 50  | 0.3               |
| 0   | 100 | 0.2               |
| 0   | 238 | 0.15              |
| 0   | 0   | 0.15              |

effective

synthetics  ZVF   shows ...  show mo...  just over...

## PONSACCO2016, PONSACCO4

Strumento: TRZ-0158/01-11

Inizio registrazione: 11/07/16 15:46:37

Fine registrazione: 11/07/16 16:06:37

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)

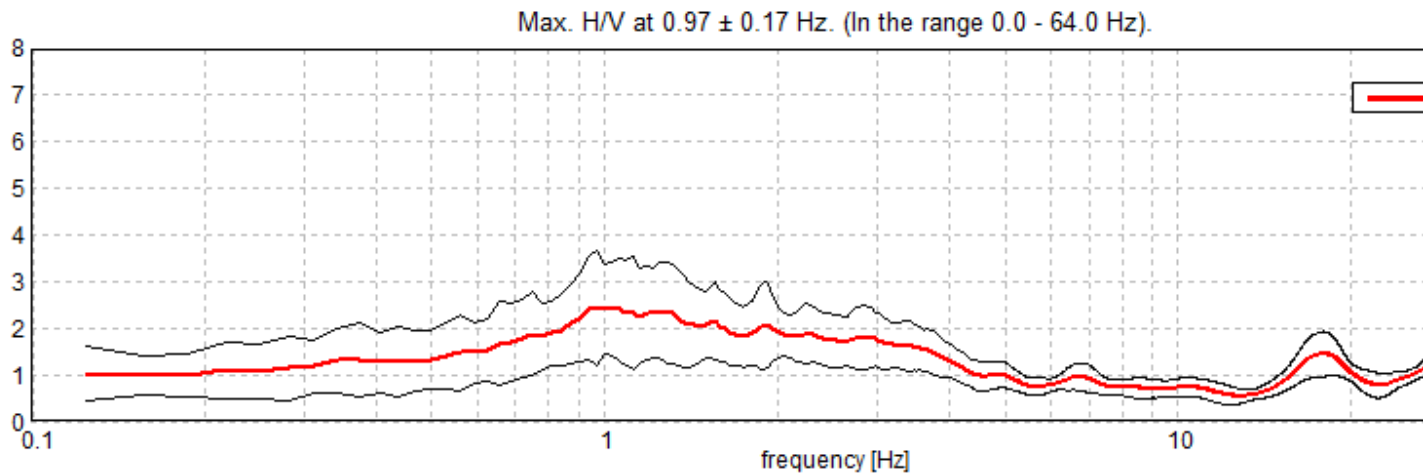
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

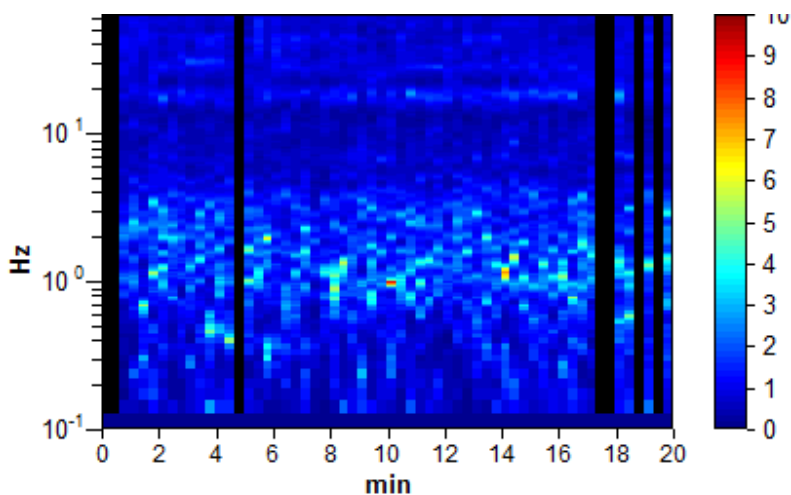
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 8%

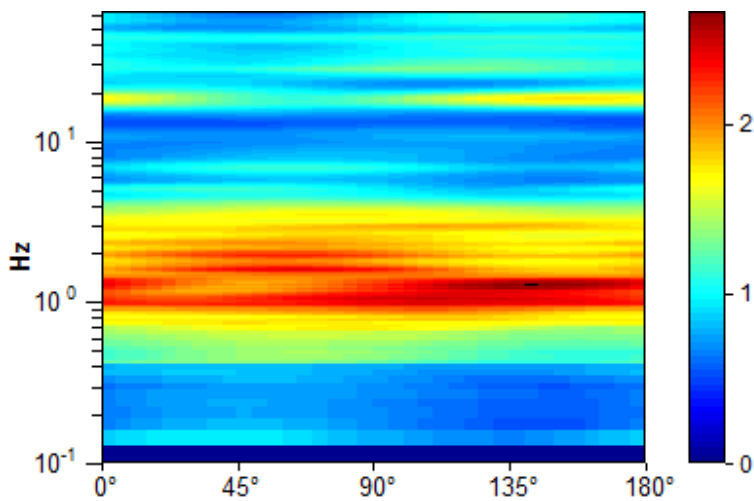
### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



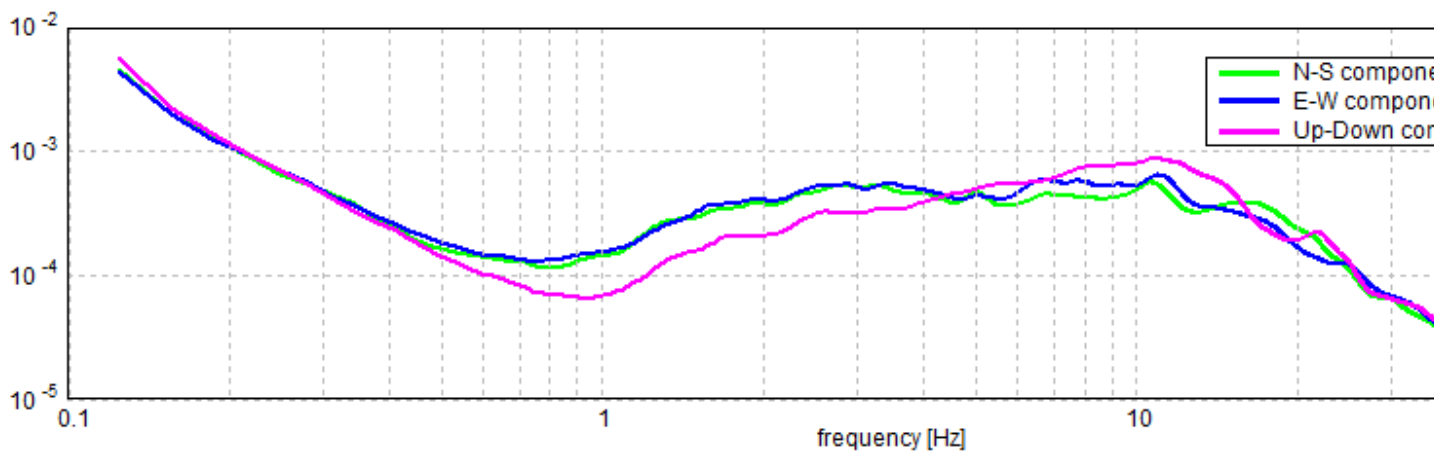
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a  $0.97 \pm 0.17$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / L_w$ :  $0.97 > 0.50$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $1026.9 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5\text{Hz}$

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5\text{Hz}$  Superato 0 volte su 48 [ OK ]

.....

Esiste  $f_-$  in  $[f_0/4, f_0]$  |  $A_{H/V}(f_-) < A_0 / 2$ :  $0.313$  Hz [ OK ]

Esiste  $f_+$  in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f_+) < A_0 / 2$ :  $-1.0$  Hz [ NO ]

$A_0 > 2$ :  $2.43 > 2$  [ OK ]

$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|0.08682| < 0.05$  [ NO ]

$sf < e(f_0)$ :  $0.08411 < 0.14531$  [ OK ]

$sA(f_0) < q(f_0)$ :  $0.6122 < 2.0$  [ OK ]