



di Carmignani e Seghieri

## COMUNE DI VICOPISANO

### RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'

(ai sensi del D.P.G.R.T. 5/R del 30/01/2020 e relative Direttive Tecniche (Delibera n. 31 del 20-01-2020- Allegato A), della L.R. 41 del 24/07/2018, del P.A.I e P.G.R.A. del Distretto Idrografico Appennino Settentrionale (Bacino del F. Arno) ed ai sensi dello S.U. comunale vigente e del PSI adottato)

#### **VARIANTE URBANISTICA per la realizzazione di due edifici per Residenza Sanitaria Assistita**

loc. **Guerrazzi** – strada provinciale Bientina - Altopascio

Committente:  
**soc. SENECTUS s.r.l. (TV)**

**novembre 2022**

Dott. Geol. Andrea CARMIGNANI



**Studio Associato di Geologia di CARMIGNANI Andrea e SEGHIERI Giorgio**

Sede legale : via Turati, 15/1 ALTOPASCIO ( LU ) P. IVA 01664030465

Uffici: via Savorniana, 3 – 51019 PONTE BUGGIANESE ( PT )

tel. e fax 0572-635589 cell. 335-5652208 e-mail [andreacarmignani@interfree.it](mailto:andreacarmignani@interfree.it)

---

# **COMUNE DI VICOPISANO**

## **VARIANTE URBANISTICA per la realizzazione di due edifici per Residenza Sanitaria Assistita**

loc. **Guerrazzi** – strada provinciale Bientina - Altopascio

Committente: **soc. SENECTUS s.r.l. (TV)**

### **RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'**

(ai sensi del D.P.G.R.T. 5/R del 30/01/2020 e relative Direttive Tecniche (Delibera n. 31 del 20-01-2020-Allegato A), della L.R. 41 del 24/07/2018, del P.A.I e P.G.R.A. del Distretto Idrografico Appennino Settentrionale (Bacino del F. Arno) ed ai sensi dello S.U. comunale vigente e del PSI adottato)

---

#### **1 - PREMESSA**

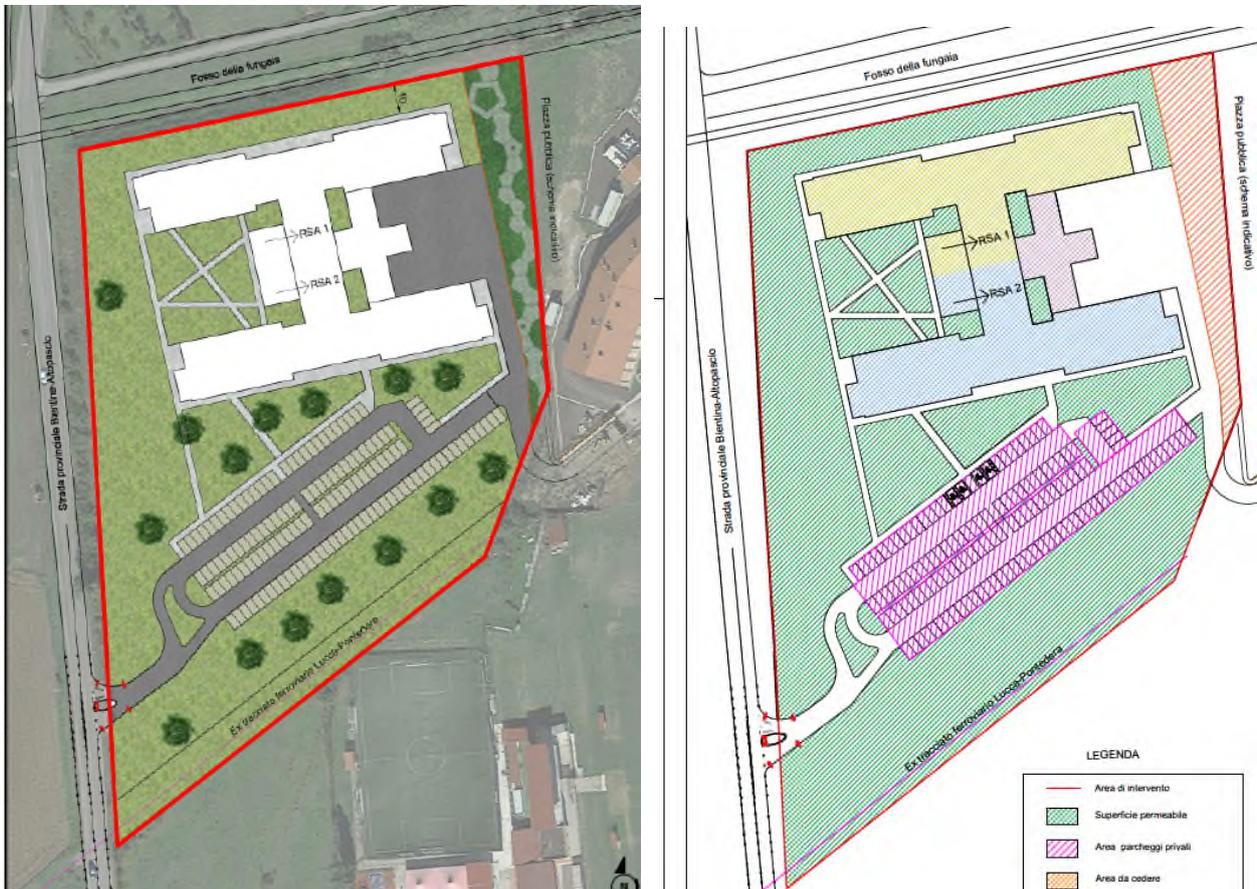
Il presente rapporto espone i risultati di un'indagine geologica di approfondimento delle caratteristiche del territorio in cui si colloca un'area identificata nelle perimetrazioni di R.U. quale zona 1c (aree non pianificate ex art. 105 della L. 65 / 2014 per decadenza del quinquennio) così come risulta dalle tavole di proposta di Variante redatte dall'Arch. Valerio Baggiani, che ne prevedono una attribuzione di destinazione d'uso per la realizzazione di due RSA: le figure seguenti rappresentano la collocazione dell'area su immagine satellitare, su catastale e la attuale destinazione urbanistica da R.U.





La proposta di intervento urbanistico riguarda le particelle catastali sopra riportate con la previsione di realizzare un intervento articolato in strutture per RSA, parcheggi, accessi e giardini, come di seguito rappresentato

### PROPOSTA DI VARIANTE URBANISTICA



---

**Lo studio condotto in questa sede affronta le tematiche attinenti l'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico, litotecnico, stratigrafico – geotecnico e sismico per l'uso edificatorio del territorio, mentre ad un altro studio parallelo all'attuale e di tipo idrologico – idraulico redatto dallo studio H.S. INGEGNERIA di Empoli a firma degli Ingg. Pozzolini e Pucci, è demandato il compito di effettuare la valutazione di congruità e di potenzialità di uso del sito sotto il profilo del rischio idraulico.**

Con l'emanazione delle Del.C.C. di Calci n. 50 del 27/10/2022 e Del.C.C. di Vicopisano n.46 del 27/10/2022, i due Comuni associati hanno deliberato l'adozione del loro Piano Strutturale Intercomunale, cui verrà tenuto conto nella predisposizione dell'attuale studio di Variante al R.U. che si confronta con uno Strumento Urbanistico generale costituito dal Piano Strutturale e relativo R.U. datati e che, per gli aspetti geologici e territoriali fanno riferimento a normative (DGRT 94/85) ampiamente superati e non più validi per caratterizzare il quadro conoscitivo necessario per l'analisi di fattibilità di uso del territorio, ad oggi aggiornato dall'adozione del citato P.S.I..

Ad oggi il tema della utilizzazione ai fini edificatori e urbanistica in generale, viene affrontato dalle seguenti normative regionali e dell'Autorità di Distretto cui fare riferimento:

- D.P.G.R.T. 5/R del 30/01/2020
- Direttive Tecniche della D.P.G.R.T. 5/20 (Delibera n. 31 del 20-01-2020-Allegato A)
- L.R. 41 del 24/07/2018
- P.A.I 2005 e P.G.R.A. 2016 Autorità di Distretto Idrografico (Bacino F. Arno)

Riferendosi alle norme regionali in tema di pianificazione ad oggi vigenti (D.P.G.R.T. 5/R del 30/01/2020) e che superano i D.G.R.T. del 2007 e 2011, emerge che relativamente alle indagini geologiche di supporto, nell'Allegato A della Delibera n. 31 del 20-01-2020 “*Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche*” di cui alla D.P.G.R.T. 5/R del 30/01/2020, viene stabilita la necessità di effettuare indagini specifiche ed approfondimenti geognostico-geofisici nei casi in cui si abbiano mutazioni della realtà conoscitiva e sostanziale del Q.C. di riferimento del sito e che quindi siano variate le condizioni di pericolosità del territorio cui confrontare gli impatti indotti dalla utilizzazione edificatoria prevista.

Nel caso specifico, a fronte di una immutabilità del Q.C. del P.S. – R.U. relativo agli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici ed idrografici rimasti invariati nel tempo, riproposti nel P.S.I. adottato e significativamente semplici nella loro caratterizzazione, si sono avute nel tempo variazioni nello stato di definizione degli scenari di pericolosità idraulica del territorio sia relativamente al subentro

---

del PGRA nel 2016-2017, di cui è stato tenuto conto nel P.S.I. adottato, che delle mutate condizioni morfologiche dell'area rispetto a tale iniziale caratterizzazione idraulica, come riportato nello studio idraulico di supporto all'attuale Variante della H.S. Ingegneria a cui si rimanda per i dettagli.

Unitamente a quanto sopra, nel Q.C. del P.S. – R.U. vigente manca in maniera estensiva e aggiornata alle norme vigenti la caratterizzazione di riferimento per la valutazione della pericolosità sismica del territorio, esistente invece nella documentazione del P.S.I. adottato..

Con l'emanazione della Del.C.C. di Vicopisano n.46 del 27/10/2022, è stato adottato il Piano Strutturale Intercomunale, elaborato ai sensi della D.P.G.R.T. 5/20, mentre è in corso la redazione del correlato Piano Operativo Intercomunale che subentrerà al vigente R.U.

Dato che l'attuale proposta di Variante puntuale allo S.U. deve confrontarsi necessariamente con la D.P.G.R.T. 5/20, si sono effettuati i seguenti approfondimenti conoscitivi del territorio, quale prima fase dell'indagine complessiva geognostico – geofisica necessaria per la progettazione esecutiva degli interventi edificatori, consistente nelle seguenti prove ed analisi:

- sondaggio a carotaggio continuo per la determinazione delle caratteristiche sedimentologiche del sottosuolo;
- prove penetrometriche statiche C.P.T. per la individuazione delle caratteristiche di resistenza e compressibilità del sottosuolo
- prova down hole in foro di sondaggio appositamente attrezzato per la definizione della risposta sismica dei livelli stratigrafici dei primi 30 m di sottosuolo
- prova di sismica passiva con Tromino per la individuazione di picchi di amplificazione sismica e specifiche caratteristiche di risposta sismica del sottosuolo

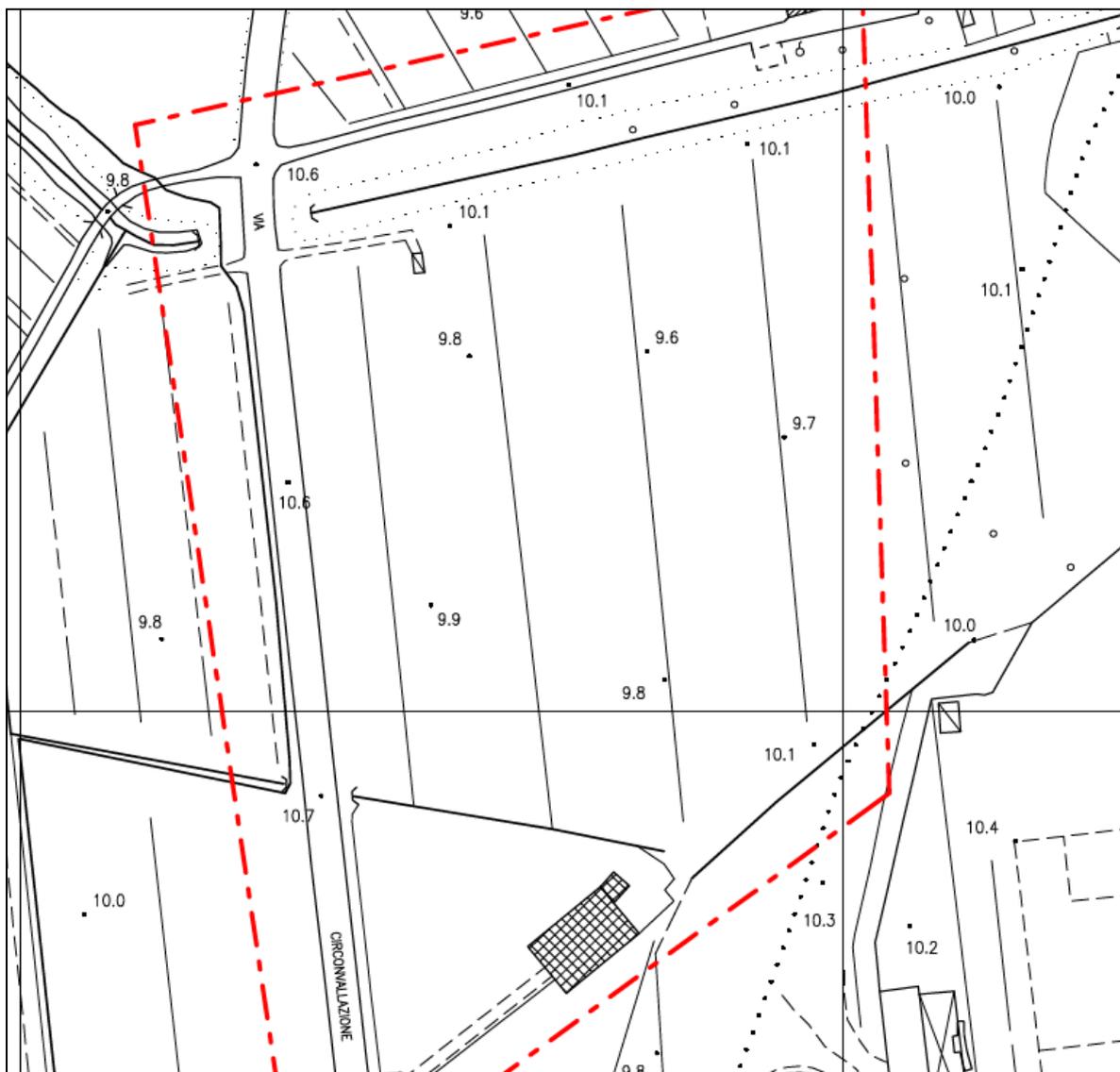
**Dall'insieme di tali prove ed analisi si ritiene di poter considerare compiutamente espletata la necessità di approfondimento conoscitivo e valutativo dell'area, per poter produrre valutazioni di pericolosità e di conseguente fattibilità dell'intervento urbanistico ai sensi della D.P.G.R.T. 5/20.**

**Quanto emerso farà parte della proposta di Variante urbanistica relativamente alle pertinenze territoriali dell'area di intervento e, secondo quanto emerso dallo studio idraulico della H.S. Ingegneria, anche di proposta di Variante alle perimetrazioni di pericolosità del PGRA dell'Autorità di Distretto.**

## **2 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO**

L'area, ubicata ad una quota di CA. 9.7 – 10.0 m s.l.m., si pone all'interno dell'area di pianura al confine tra il Comune di Vicopisano e Bientina, area che nel complesso presenta una morfologia piana su cui si sviluppa l'abitato di Bientina e che non ha una particolare pendenza se non "idrograficamente" verso Ovest, in direzione del Canale Emissario ricettore del sistema idrografico minore, comprensivo delle fogne stradali, che si sviluppa tra i principali canali di bonifica che delimitano Bientina a Nord (Rio Fungaia) ed a Sud (Fossa Nuova), canali che con andamento da Est verso Ovest sversano le acque nel Canale Emissario.

Il seguente stralcio tratto dalla CTR 2k evidenzia la connotazione topografica dell'area di intervento, posta tra la S.P. ad Ovest, il Fosso della Fungaia a Nord, l'urbanizzato di Bientina ad Est e la zona sportiva a Sud.



---

Sulla base di un permesso di sistemazione agricola (con pratica n. 2021/076/EL), si sono effettuati sul terreno lavori di livellamento e rettifica dell'assetto delle fosse e dei drenaggi del terreno, che ha conferito l'attuale assetto morfologico con operazioni di modesti scavi e sistemazioni dei piani di coltivo con il riporto del terreno precedentemente scavato internamente all'area, senza nessun apporto di terra dall'esterno; l'attuale forma piana al sito viene rappresentato dalle foto seguenti:



Riguardo all'assetto geomorfologico, per le zone collinari e montane del comprensorio comunale sono noti i rischi di dissesto idrogeologico sui versanti causati in primo luogo dalla morfologia acclive, da specifiche situazioni geologiche e geomorfologiche e non ultimo dalla possibilità di precipitazioni concentrate.

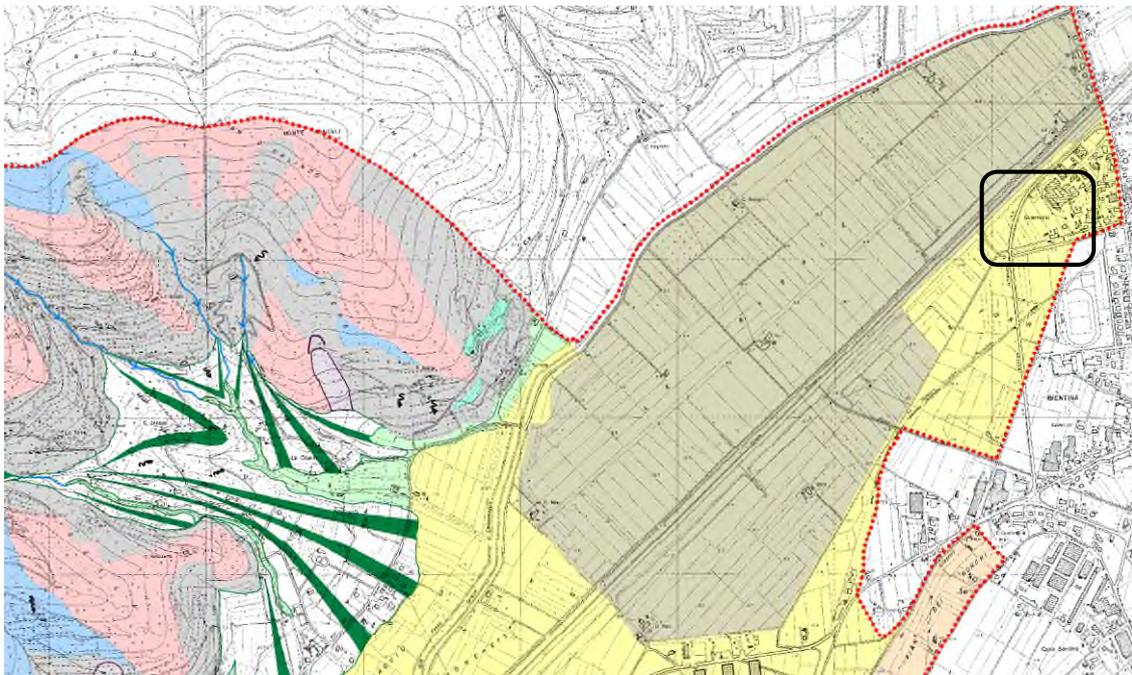
Lo specifico sito oggetto di intervento risulta invece posto in corrispondenza di un'ampia spianata morfologica, priva di evidenze e forme testimoni di instabilità in atto e/o potenziale.

I terreni affioranti, nel loro insieme, costituiscono infatti un più ampio terrazzo morfologico sui terreni alluvionali di fondovalle, delineatosi a partire dal Pleistocene conseguentemente ai movimenti tettonici che hanno portato da una parte al sollevamento della dorsale di *Montecarlo-Altopascio-Le Cerbaie* e dall'altra all'abbassamento del bacino di sedimentazione corrispondente all'attuale pianura del Bientina, definitivamente prosciugata in molte sue parti per interventi di bonifica antropica mediante canali di scolo e drenaggio delle acque dai contesti morfologici più depressi ed operazioni di colmata.

La CARTA GEOMORFOLOGICA di supporto al PS riportata di seguito, al pari della omologa carta del P.S.I. allegata in appendice, non segnala specifiche situazioni di criticità per l'area di imposta dell'intervento e per un congruo intorno, identificando una zona di depositi alluvionali del F. Arno ad Est del Canale Emissario, in vicinanza a contesti di depositi di bassa pianura palustri e torbosi (area ad Ovest) come di seguito rappresentato.

#### FORME, PROCESSI E DEPOSITI PER ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI

-  Alveo in erosione
-  Area interessata da ruscellamento diffuso
-  Depositi alluvionali e detritico-colluviali terrazzati
-  Depositi alluvionali attuali e recenti dei corsi d'acqua minori
-  Depositi alluvionali del Fiume Arno
-  Terreni argillosi, torbe, depositi palustri e depositi di colmata
-  Paleovalveo certo, incerto
-  Cono di deiezione



Dall'insieme delle indagini esistenti nella zona, unitamente a quelle effettuate in questa sede, l'area si presenta caratterizzata per i primi 15 m di sottosuolo da terreni argilloso-sabbiosi e/o sabbioso limosi da mediamente addensati a scarsamente compatti, a cui fanno seguito sedimenti prevalentemente argillosi e limosi che vanno ad incrementare il loro stato di consistenza in profondità.

#### **4 - IDROGRAFIA SUPERFICIALE E RISCHIO IDRAULICO**

L'area di intervento è posta nella parte di bassa pianura di Bientina – Vicopisano collegata a fossi e canali di bonifica che, con andamento da settentrione verso meridione, drenano il territorio con un reticolo in parte artificiale e rettificato antropicamente nei tracciati idrografici, collettori di cui uno significativo (Fosso della Fungaia) scorre sul confine settentrionale della zona oggetto di Variante, classificato nel reticolo idrografico regionale dalla DCRT 7)/2012 e successivi DGRT integrativi.

Questo aspetto, unitamente alla valutazione della condizione di pericolosità idraulica del territorio viene ampiamente affrontato nel parallelo studio idraulico della H.S. INGEGNERIA, che ha

determinato lo scenario di alluvionabilità per Tr 200 anni sulla zona e la conseguente determinazione della classe di pericolosità, in base alla quale i nuovi fabbricati ricadono in classe di pericolosità P1, così come le aree a parcheggio; la nuova viabilità di collegamento ricade parzialmente in aree P2. (si riportano di seguito gli stralci della suddetta analisi idraulica e della proposta di variazione della carta della pericolosità di alluvionamento del PGRA dell’Autorità di Distretto).

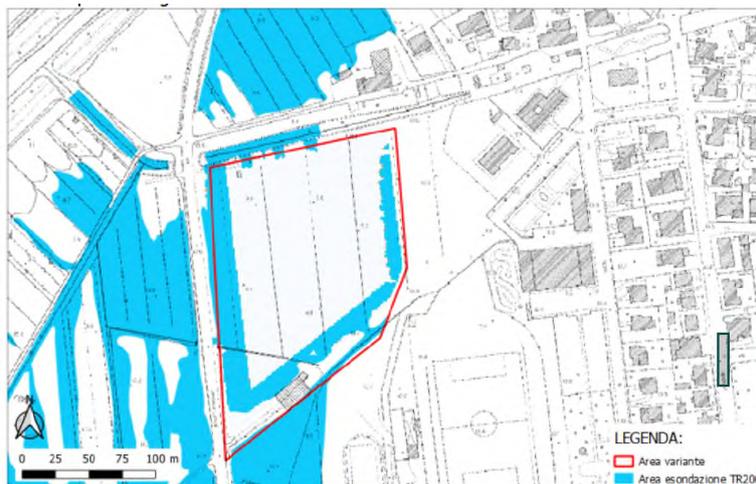


Figure 6 area esondazione Tr200



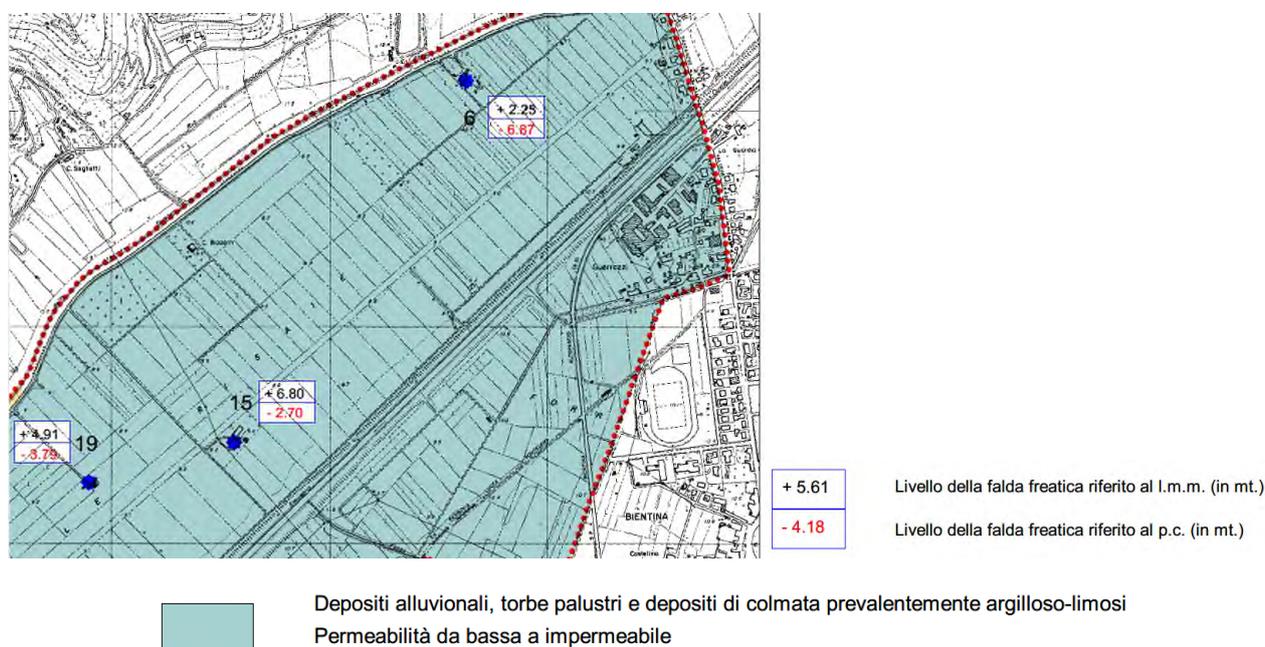
Figura 7 Proposta di modifica condizioni di pericolosità da PGRA

La consultazione delle carte prodotte a supporto del PSI adottato, riportate in allegato, evidenzia che queste hanno recepito la situazione dello stato morfologico attuale del sito e la conseguente determinazione della pericolosità idraulica come proposta in modifica dallo studio idraulico e di cui alla fig. 7 sopra riportata.

## **5 - IDROGEOLOGIA**

Nell'ambito dell'area in esame è stata rilevata un'unica unità idrogeologica costituita dai depositi alluvionali Olocenici di bassa pianura, dove la permeabilità risulta da media a bassa in ragione della prevalenza dei sedimenti sabbiosi o limoso argillosi.

Tale aspetto ed assunzione generale viene ripreso nella CARTA IDROGEOLOGICA del P.S. riportata di seguito, oltre che della omologa carta del PSI in allegato, che rivela l'esistenza di un contesto argilloso poco permeabile in cui si hanno evidenze di falda a profondità variabile in ragione della collocazione del pozzo di rilevamento rispetto al contesto geomorfologico del territorio ed ai processi sotterranei di ravvenamento e collegamento al reticolo idrografico superficiale, come di seguito rappresentato.



La misurazione del livello freatico dell'acqua in un piezometro installato nell'ambito delle indagini geognostiche eseguite in questa sede ne ha rilevato la esistenza con soggiacenza a - 3.1 m dal p.c.; considerazioni attinenti l'attuale fase siccitosa estiva fa presumere che tale livello tenda a risalire in periodi piovosi e di ricarica dell'acquifero, sino a raggiungere profondità di ca. - 1.5 m dal p.c.

## **6 - APPROFONDIMENTI GEOGNOSTICO-GEOFISICI**

La attuale caratterizzazione territoriale sotto il profilo stratigrafico e di costituzione litotecnica, è costituita dalla CARTA GEOLOGICO - TECNICA e dalla CARTA DELLE MOPS del PSI adottato,

---

dalle quali emerge una situazione di sottosuolo costituito da sedimenti coesivi fini talora di scadente costituzione e compattezza, con segnalazione di fenomeni di subsidenza che diffusamente interessano la vicina area di pianura verso Est.

Al fine di effettuare una caratterizzazione stratigrafica e geofisica del sito oggetto di Variante, per avere sufficienti dati concreti sullo stato del sottosuolo e poter identificare le effettive condizioni di pericolosità geologica e sismica ai sensi della DGRT 5/20 di riferimento, si sono effettuate una prima serie di indagini sull'area di Variante articolate in:

- sondaggio a carotaggio continuo
- prove penetrometriche statiche C.P.T.
- prova geofisica in foro Down Hole
- prova di registrazione di sismica passiva con Tromino

Tali indagini, con le relative certificazioni, verranno a far parte, con ulteriori altre appositamente eseguite, alla documentazione di supporto al progetto esecutivo delle strutture delle RSA, una volta espletata positivamente la attuale fase di predisposizione ed adeguamento dello S.U. agente sul sito con la Variante puntuale proposta.

**Il sondaggio geognostico** è stato effettuato a carotaggio continuo a rotazione ed avanzamento idraulico, carotiere doppio e diametro dei tubi di rivestimento 112 mm; la perforazione è stata condotta a carotaggio continuo per scopi geotecnici sino alla profondità di 15 m dal p.c.; si è poi proseguito a distruzione di nucleo sino alla profondità di 32 m dal p.c. e si è proceduto alla installazione della colonna in cui successivamente è stata eseguita la misura di Down Hole per la caratterizzazione sismica del sito.

La stratigrafia del sottosuolo indagato a carotaggio continuo sino a 15 m dal p.c. è la seguente:

0.00 – 1.40 m	Terreno agrario, sciolto e rimaneggiato
1.40 – 6.80 m	Limo sabbioso argilloso e argilla limosa marrone di media consistenza
6.80 – 9.00 m	Argilla limosa grigio – marrone con ghiaietto di media consistenza
9.00 – 12.00 m	Limo sabbioso argilloso e sabbia limosa grigia di medio - mediocre addensamento
12.00 – 15.0 m	Sabbia limosa alternata a limo sabbioso grigio di mediocre addensamento

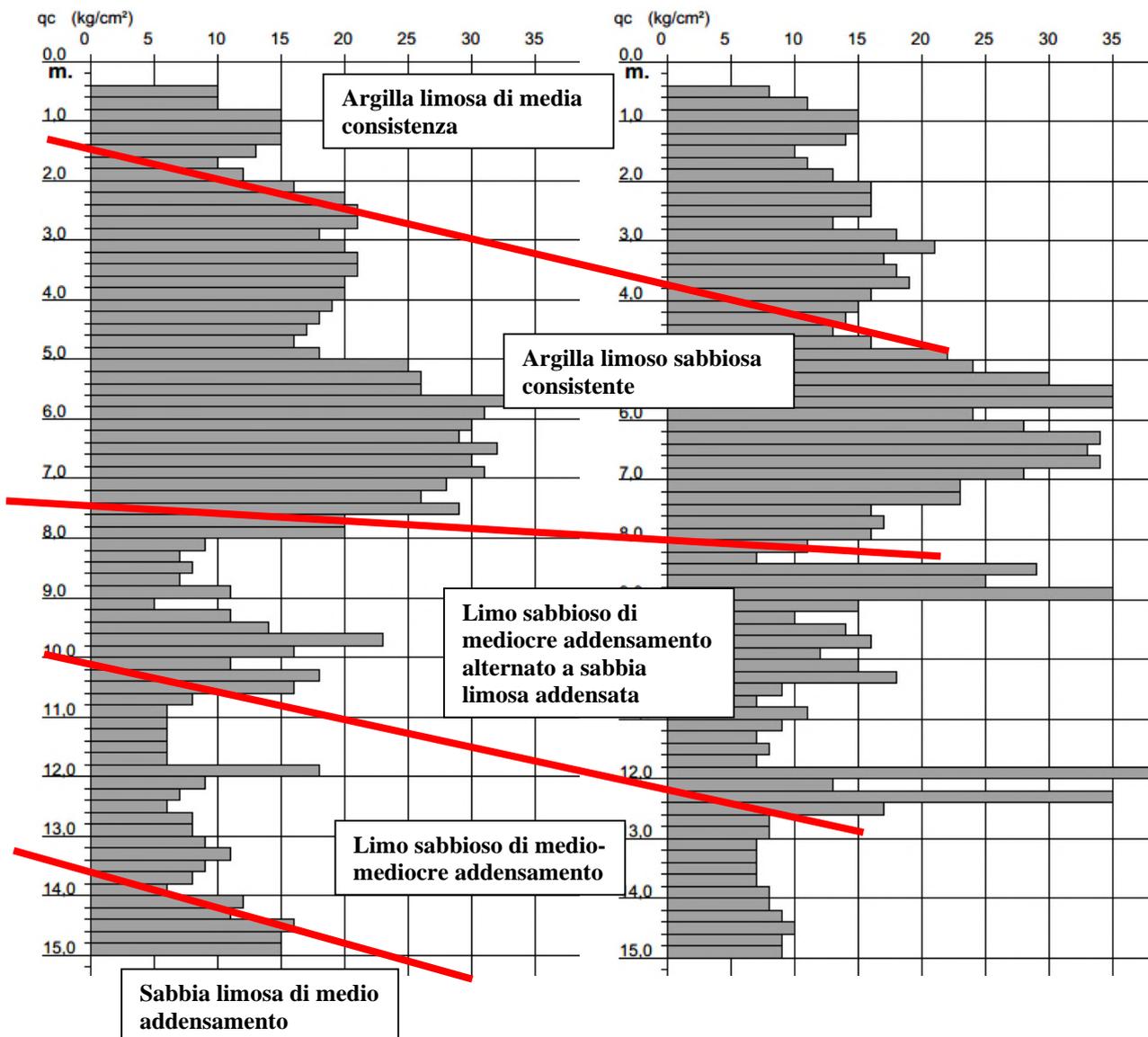
L'attrezzatura utilizzata per la esecuzione delle **prove penetrometriche statiche C.P.T.** è un penetrometro abilitato ad eseguire sia prove statiche che dinamiche, modello TG 63-200 prodotto dalla ditta PAGANI GEOTHECNICAL EQUIPMENT.

Per le prove C.P.T. le caratteristiche del mezzo consentono 20 t. di spinta, l'utilizzazione di punta conica meccanica tipo *Begemann*, cella di carico di sommità *Hottinger* classe 0.2 e centralina

elettronica di rilevamento dei dati. La prova consiste nella misurazione, per successivi tratti di infissione di 20 cm, delle seguenti grandezze:

- Resistenza alla punta **Qc**
- Resistenza laterale **fs**

Dai dati ricavati è così possibile ottenere una ricostruzione delle caratteristiche di resistenza meccanica del terreno e, tramite il rapporto *Begemann* ( $Qc/fs$ ), risalire al tipo litologico; in particolare si sono ottenute le seguenti caratterizzazioni di resistenza alla penetrazione della punta per le due prove effettuate sull'area di Variante:



Relativamente alle prove geofisiche effettuate sul sito di Variante, è stata eseguita una **prova geofisica DOWN HOLE** nella colonna fissa posta in opera nel foro di sondaggio spinto a profondità di 32 m dal p.c. che ha determinato la seguente caratterizzazione delle velocità sismiche di taglio per i rifrattori distinti nel sottosuolo; per i dettagli della metodologia utilizzata e dei dati rilevati si rimanda alla allegata relazione tecnica di prova effettuata:

**PARAMETRI ONDE SX**

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	13	172	0.37	59168.0	162120	207846
2	25	187	0.47	69938.0	205617	1142316
3	32	212	0.47	89888.0	264270	1468166

**PARAMETRI ONDE SY**

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	13	171	0.37	58482.0	160240	205435
2	25	188	0.47	70688.0	207822	1154566
3	32	212	0.47	89888.0	264270	1468166

Dai dati riportati nelle tavole e nei tabulati allegati si fa riferimento a valori delle velocità delle onde Sh di circa 171 m/s per uno spessore di circa 13,0 m, al di sotto di tale profondità si evidenzia un lieve incremento della velocità delle onde trasversali con valori pari a circa 188 m/s fino ad una profondità di circa 25.0 m da p.c.. Da tale profondità e fino alla profondità di 32.0 m si evidenzia un ulteriore incremento della velocità delle onde di taglio pari a circa 212 m/s.

I valori delle velocità delle onde P ricalcano l'andamento generale delle onde S; nello specifico i valori delle velocità delle onde P risulta essere pari circa 440 m/s fino alla profondità di circa 3.0 m dove si evidenzia un incremento della velocità pari a circa 1064 m/s fino alla profondità di circa 22.0 m. Al di sotto di tale profondità si osserva un ulteriore aumento delle velocità delle onde longitudinali con velocità pari a circa 1252 m/s fino alla profondità di 32.0 m da p.c..

Nell'ambito del contesto litostratigrafico in oggetto, le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle **NTC 2018**, e si può quindi fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ .

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

$h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato;

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

$N$  numero di strati;

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

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

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

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

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Con i dati ottenuti dalla citata prova Down Hole e dalla conseguente attribuzione dei valori di  $V_s$  per i vari sismo strati, per la zona di indagine si ha una  $V_{S,eq}$  (corrispondente alla  $V_{S,30}$  per quanto sopra detto) di **184 m/s** riferita al p.c., cui corrisponde una categoria di sottosuolo **“C” di poco superiore al limite della categoria “D”**.

Relativamente alla prova geofisica di rilevamento di **sismica passiva con Tromino**, le registrazioni effettuate e le relative procedure di analisi svolte sono compendiate nella allegata relazione tecnica specialistica sulla prospezione eseguita cui si rimanda per i dettagli e gli approfondimenti.

---

L'interpretazione evidenzia un chiaro picco stratigrafico alla frequenza di 1.2 hz per cui, alla luce della velocità media dei primi 30 m pari a circa 200 m/sec, si registra un substrato sismico con contrasto di impedenza significativo a circa 40 m di profondità.

## **7 – DETERMINAZIONE DELLA PERICOLOSITA' del sito di Variante (DCRT 5/20)**

Alla luce delle valutazioni espresse relativamente alla caratterizzazione del sito emersa dalle carte conoscitive di riferimento, con particolare riferimento a quelle del PSI allegate in appendice, e dai primi risultati delle indagini geognostiche e geofisiche in corso nell'area oggetto di Variante allo S.U., in questa sede si sono applicati i criteri del D.P.G.R.T. n. 5/R del 30-01-2020 vigente e della relativa Delibera n. 31 del 20-01-2020 - Allegato A, concludendo di poter attribuire la seguente caratterizzazione di pericolosità geologica e sismica e correlati criteri di fattibilità di cui alle norme ad oggi vigenti; si rimanda al parallelo studio idraulico da parte della H.S. INGEGNERIA la determinazione nel dettaglio delle condizioni di pericolosità e fattibilità attinenti gli aspetti idraulici, in questa sede solamente presentati in sommi capi quali presa d'atto e per completezza dell'analisi effettuata sul sito di Variante.

Per gli aspetti geologici, idraulici e sismici oggetto dell'attuale studio si riportano i relativi stralci tratti dalle citate normative di attribuzione delle classi di pericolosità caratterizzate come segue:

### **C. 1) Aree a pericolosità geologica**

La caratterizzazione delle aree a pericolosità geologica comprende, oltre agli elementi geologici in senso stretto, anche gli elementi geomorfologici e quelli relativi alla dinamica costiera, secondo la classificazione, di seguito indicata.

- Pericolosità geologica molto elevata (G.4): aree in cui sono presenti fenomeni franosi attivi e relative aree di evoluzione, ed aree in cui sono presenti intensi fenomeni geomorfologici attivi di tipo erosivo
- Pericolosità geologica elevata (G.3): aree in cui sono presenti fenomeni franosi quiescenti e relative aree di evoluzione; aree con potenziale instabilità connessa a giacitura, ad acclività, a litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee e relativi processi di morfodinamica fluviale, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da fenomeni di soliflusso, fenomeni erosivi; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geomeccaniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori a 15 gradi.
- Pericolosità geologica media (G.2): aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici inattivi; aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori a 15 gradi.
- Pericolosità geologica bassa (G.1): aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.

### **C. 2) Aree a pericolosità da alluvioni**

La caratterizzazione delle aree a pericolosità da alluvioni è effettuata secondo la seguente classificazione:

- Aree a pericolosità per alluvioni frequenti (P3), come definite dall'articolo 2, comma 1, lettera d) della l.r.41/2018
- Aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti (P2), come definite dall'articolo 2, comma 1, lettera e) della l.r.41/2018
- 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

### C. 3) Aree a pericolosità sismica locale

La sintesi di tutte le informazioni derivanti dagli studi di MS di livello 1, 2 o 3 ove presente, secondo quanto previsto dal par. B.6, consente la valutazione delle condizioni di pericolosità sismica locale delle aree studiate all'interno del territorio urbanizzato secondo la seguente classificazione:

Pericolosità sismica locale molto elevata (S.4):

- aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e capaci, in grado di creare deformazione in superficie;
- terreni suscettibili di liquefazione dinamica accertati mediante indagini geognostiche oppure notizie storiche o studi preesistenti;
- aree interessate da instabilità di versante attive e relativa area di evoluzione, tali da subire un'accentuazione del movimento in occasione di eventi sismici;

Pericolosità sismica locale elevata (S.3):

- aree con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti rilevanti;
- aree potenzialmente suscettibili di liquefazione dinamica, caratterizzate da terreni per i quali, sulla base delle informazioni disponibili, non è possibile escludere a priori il rischio di liquefazione;
- zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse;
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, connesse con un alto contrasto di impedenza sismica atteso entro alcune decine di metri dal piano di campagna;
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione ( $F_x$ )  $>$  1.4;
- aree interessate da instabilità di versante quiescente, relative aree di evoluzione, nonché aree potenzialmente franose, di seguito, denominate "APF", e, come tali, suscettibili di riattivazione del movimento in occasione di eventi sismici;

Pericolosità sismica locale media (S.2):

- 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;

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 (pendii con inclinazione inferiore a 15 gradi), dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica.

Si specifica che, per "alto contrasto di impedenza sismica", sono da intendersi situazioni caratterizzate da rapporti tra le velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_s$ ) del substrato sismico di riferimento e delle coperture sismiche sovrastanti - oppure all'interno delle coperture stesse - almeno pari a 2, come stimato dalle indagini sismiche. In alternativa, la medesima situazione è individuabile mediante il valore relativo all'ampiezza del picco di frequenza fondamentale delle misure passive di rumore ambientale a stazione singola, che deve essere almeno pari a 3.

Si specifica inoltre che, per "alcune decine di metri", sono da intendersi spessori indicativamente intorno a 40 metri.

Applicando tali criteri e confrontandosi con le carte della pericolosità redatte nel PSI adottato, si ritiene di poter attribuire al sito le seguenti classi di pericolosità:

- ✓ pericolosità **geologica elevata**      **G.3**
- ✓ pericolosità **sismica elevata**      **S.3**

---

Nel primo caso (**pericolosità geologica**) risulta l'ovvia assenza di predisposizione del sito al verificarsi di processi morfo evolutivi trattandosi di un'area di pianura in assenza di potenziali processi gravitativi attivabili, anche se è necessario adottare il criterio di cautela attribuendo al sottosuolo una potenzialità di costituzione di mediocri caratteristiche geomeccaniche per quanto concerne lo stato di compressibilità e quindi la necessità di affrontare adeguatamente il tema del rapporto opera/terreno con particolare attenzione alla potenzialità di cedimento sotto carico e del segnalato processo di subsidenza (PAI da misure interferometriche) indicato nelle carte del PSI adottato.

Nel secondo caso (**pericolosità sismica**) l'attribuzione della classe di pericolosità elevata scaturisce dall'insieme sia delle valutazioni espresse in sede di PSI nella caratterizzazione del sito, che delle indagini geofisiche effettuate nell'attuale sede e che, come dettagliato dai report di analisi allegati, evidenziano un chiaro picco stratigrafico alla frequenza di 1.2 Hz nella registrazione di sismica passiva con Tromino per cui, alla luce della velocità media dei primi 30 m pari a circa 200 m/sec, si registra un substrato sismico con contrasto di impedenza significativo a circa 40 m di profondità.

Per quanto sopra l'area viene classificata a pericolosità sismica S3, anche in ragione dei risultati della prova Down Hole che ha individuato un sottosuolo per il quale si ha una  $V_{seq}$  pari a circa 184 m/sec per cui al limite tra la categoria C e la D.

Riferendosi alla *potenzialità alla liquefazione*, tema questo riferibile sia alla attribuzione della classe di pericolosità geologica (cedimento ed evoluzione morfo evolutiva dei terreni sottoposti a sollecitazioni sismiche e conseguente liquefazione dei livelli sabbiosi sottoposti a carico), che a quello della pericolosità sismica in cui la potenzialità alla liquefazione trova una sua collocazione tra i processi tendenzialmente critici per il sito, si è effettuata una valutazione della potenzialità alla liquefazione utilizzando le prove penetrometriche statiche secondo il seguente metodo, come di seguito rappresentato:

#### **VALUTAZIONE DELLA POTENZIALITÀ DI LIQUEFAZIONE**

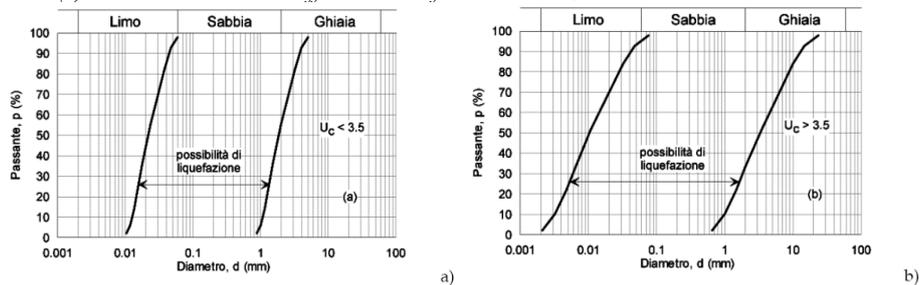
Con il termine "liquefazione" si intendono una serie di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, in presenza di sollecitazione sismica che induca azioni cicliche e dinamiche nel sottosuolo in condizioni non drenate. Tali fenomeni sono legati allo sviluppo di sovra pressioni interstiziali che, se positive, causano una riduzione della tensione media efficace presente nel terreno e quindi una riduzione della resistenza a taglio. Questa può rappresentare solo una condizione temporanea, seguita da un successivo recupero, o può indurre nel terreno una condizione di collasso generalizzata e definitiva.

Perché ciò possa accadere occorre che il sedimento sia privo di coesione e che il drenaggio

non sia talmente rapido da avvenire istantaneamente. Per tali motivazioni, soltanto i depositi sabbiosi fini monogranulari, saturi e non addensati risultano soggetti a tale tipo di rischio.

Le NTC 2018 al punto 7.11.3.4.2. indicano i criteri di esclusione della verifica alla liquefazione, condizione questa che può essere accertata nel caso si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di  $0,1g$ ;
2. profondità media stagionale della falda superiore a  $15\text{ m}$  dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)60 > 30$  oppure  $qc1N > 180$  dove  $(N1)60$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di  $100\text{ kPa}$  e  $qc1N$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di  $100\text{ kPa}$ ;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .



Quando la condizione 1 non risulti soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4.

Quando nessuna delle condizioni del § 7.11.3.4.2 risulti soddisfatta e il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

Per l'analisi condotta in questa sede si è effettuata la determinazione dei coefficienti e parametri sismici di sito per determinare l'accelerazione sismica di riferimento, considerando che il sito ricade in classe di suolo "C", topografica "T1" ed adottando per la tipologia di strutture di progetto una classe d'uso III che determina il periodo di riferimento di 75 anni.

Stato Limite	Tr [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$	$T_c$ [s]
Operatività (SLO)	45	0.049	2.564	0.248
Danno (SLD)	75	0.059	2.581	0.263
Salvaguardia vita (SLV)	712	0.138	2.437	0.287
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.176	2.402	0.293

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,45
CC Coeff. funz categoria	1,66	1,63	1,58	1,57
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.015	0.018	0.050	0.061
kv	0.007	0.009	0.025	0.031
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.720	0.869	2.028	2.496
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

**Da quanto sopra è risultata un'accelerazione al SLV di 2,028 m/s<sup>2</sup>**

In questa sede, si è potuto fare riferimento ad una valutazione del rischio di liquefazione utilizzando le prove penetrometriche statiche eseguite, adottando la procedura di ROBERTSON e WRIDE (1997) che definisce la potenzialità di rischio di liquefazione quale sommatoria dei singoli risultati di potenzialità alla liquefazione ricavati per ciascun livello di 20 cm di terreno indagato da prove C.P.T. statiche.

La verifica condotta prende le mosse dall'analisi della prova penetrometrica statica CPT relativa al sottosuolo alluvionale olocenico identificato essere presente nel sito di intervento, interpretando la tipologia del materiale indagato ed analizzando la potenzialità alla liquefazione secondo i seguenti Autori, ciascuno per una specifica definizione interpretativa:

- Robertson e Fear 1990 (definizione del contenuto massimo di fini F.C.)
- Robertson 1990 (Indice del tipo di terreno I.C.)
- Seed ed Idriss 1971 (fattore di sicurezza FSL)
- Iwasaki 1987 (potenziale di liquefazione P.L.)

La magnitudo assunta nella individuazione della energia di sollecitazione sismica è **M = 6.14** (secondo la zona sismogenetica della toscana centrale) e la accelerazione propria del sito **a<sub>g</sub> = 0.21g**.

La verifica è stata eseguita considerando la presenza della falda acquifera a partire dalla profondità di -1.5 m dal p.c. e pertanto assumendo nella verifica alla liquefazione terreni totalmente immersi a partire da tale quota di sottosuolo caratterizzato dalla prova.

z (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs	FC %	lc	Tipo terreno	CRR <sub>7,5</sub>	CSR	FSL	PL(z)	ΣPL
1,6	15	0,7	21	12	2,0	6	0,379	0,303	2,40	0,00	4,5 <i>rischio basso</i>
1,8	10	0,9	11	33	2,5	5	6,274	0,308	39,08	0,00	
2	12	1,0	12	33	2,6	5	4,693	0,307	29,31	0,00	
2,2	16	1,3	13	32	2,5	5	4,721	0,304	29,77	0,00	
2,4	20	1,7	12	32	2,5	5	5,616	0,301	35,80	0,00	
2,6	21	1,5	14	31	2,5	5	3,658	0,298	23,52	0,00	
2,8	21	1,5	14	32	2,5	5	2,789	0,296	18,05	0,00	
3	18	0,7	25	22	2,3	5	0,154	0,295	<b>1,00</b>	0,00	

3,2	20	0,7	30	19	2,2	5	0,143	0,294	<b>0,93</b>	0,11
3,4	21	0,5	40	17	2,1	5	0,124	0,293	<b>0,81</b>	0,31
3,6	21	0,5	40	18	2,2	5	0,123	0,292	<b>0,81</b>	0,31
3,8	20	0,5	43	18	2,2	5	0,115	0,292	<b>0,76</b>	0,39
4	20	0,4	50	18	2,2	5	0,108	0,291	<b>0,71</b>	0,46
4,2	19	0,4	48	19	2,2	5	0,107	0,290	<b>0,71</b>	0,46
4,4	18	0,5	38	23	2,3	5	0,115	0,290	<b>0,76</b>	0,37
4,6	17	0,5	36	25	2,4	5	0,116	0,289	<b>0,77</b>	0,36
4,8	16	0,6	27	35	2,6	5	0,309	0,289	2,06	0,00
5	18	0,7	27	34	2,6	5	0,329	0,288	2,19	0,00
5,2	25	0,7	37	22	2,3	5	0,139	0,288	<b>0,93</b>	0,11
5,4	26	0,7	36	23	2,3	5	0,147	0,287	<b>0,99</b>	0,02
5,6	26	0,4	65	17	2,2	5	0,109	0,286	<b>0,73</b>	0,38
5,8	36	0,6	60	15	2,1	5	0,135	0,285	<b>0,91</b>	0,13
6	31	0,7	42	21	2,3	5	0,147	0,285	<b>0,99</b>	0,01
6,2	30	0,8	38	23	2,3	5	0,157	0,284	1,06	0,00
6,4	29	0,6	48	21	2,3	5	0,131	0,283	<b>0,89</b>	0,16
6,6	32	0,7	44	22	2,3	5	0,147	0,283	1,00	0,00
6,8	30	0,6	50	21	2,3	5	0,131	0,282	<b>0,89</b>	0,14
7	31	0,7	46	22	2,3	5	0,140	0,281	<b>0,96</b>	0,06
7,2	28	0,7	42	25	2,4	5	0,142	0,281	<b>0,97</b>	0,04
7,4	26	0,3	79	20	2,2	5	0,104	0,280	<b>0,71</b>	0,36
7,6	29	0,6	48	24	2,3	5	0,133	0,280	<b>0,91</b>	0,11
7,8	20	0,5	38	35	2,6	5	0,178	0,279	1,22	0,00
8	20	0,4	50	30	2,5	5	0,115	0,279	<b>0,79</b>	0,25
8,2	9	0,5	19	64	3,1	3	0,061	0,279	-	-
8,4	7	0,3	26	67	3,1	3	0,058	0,279	-	-
8,6	8	0,3	30	61	3,0	3	0,059	0,279	-	-
8,8	7	0,6	12	87	3,4	3	0,058	0,280	-	-
9	11	0,8	14	68	3,1	3	0,063	0,279	-	-
9,2	5	0,1	38	78	3,3	3	0,055	0,279	-	-
9,4	11	0,6	18	63	3,1	3	0,062	0,277	-	-
9,6	14	0,5	26	51	2,9	4	0,065	0,276	-	-
9,8	23	0,6	38	35	2,6	5	0,172	0,274	1,20	0,00
10	16	1,2	13	62	3,0	3	0,067	0,273	-	-
10,2	11	0,3	33	55	2,9	4	0,061	0,271	-	-
10,4	18	0,7	27	47	2,8	4	0,068	0,269	-	-
10,6	16	0,8	20	55	2,9	4	0,066	0,268	-	-
10,8	8	0,4	20	78	3,3	3	0,057	0,267	-	-
11	6	0,4	15	100	3,5	3	0,054	0,266	-	-
11,2	6	0,3	18	96	3,5	3	0,054	0,264	-	-
11,4	6	0,4	15	100	3,5	3	0,054	0,263	-	-
11,6	6	0,3	22	93	3,4	3	0,054	0,262	-	-
11,8	6	0,3	18	100	3,5	3	0,054	0,261	-	-
12	18	0,6	30	48	2,8	4	0,065	0,259	-	-
12,2	9	0,8	11	92	3,4	3	0,057	0,258	-	-
12,4	7	0,4	18	94	3,5	3	0,055	0,257	-	-
12,6	6	0,4	15	100	3,6	3	0,054	0,256	-	-
12,8	8	0,4	20	86	3,4	3	0,055	0,254	-	-
13	8	0,3	24	82	3,3	3	0,055	0,253	-	-
13,2	9	0,4	23	79	3,3	3	0,056	0,251	-	-
13,4	11	0,5	21	74	3,2	3	0,058	0,250	-	-

qc: resistenza di punta - fs: resistenza di attrito laterale - FC: contenuto % di mat. Fini - Ic: indice del tipo di terreno - Tipo di terreno: 2=suoli organici; 3=argille; 4=miscela limosa; 5=miscela sabbiosa; 6=sabbie; 7=ghiaie e sabbie dense - CRR7,5: rapporto di resistenza ciclica per magnitudo 7,5 - CSR= rapporto di tensione ciclica - FSL=fattore di sicurezza = CRR/CSR -  $\Sigma PL$ =Potenziale di liquefazione=  $\Sigma F(z) w(z) \Delta(z)$

Il valore del potenziale di liquefazione risulta  $\Sigma PL = 4.5$  che corrisponde alla classe di **rischio basso** in una scala che vede rischio *molto basso, basso, alto, molto alto* identificati come segue:

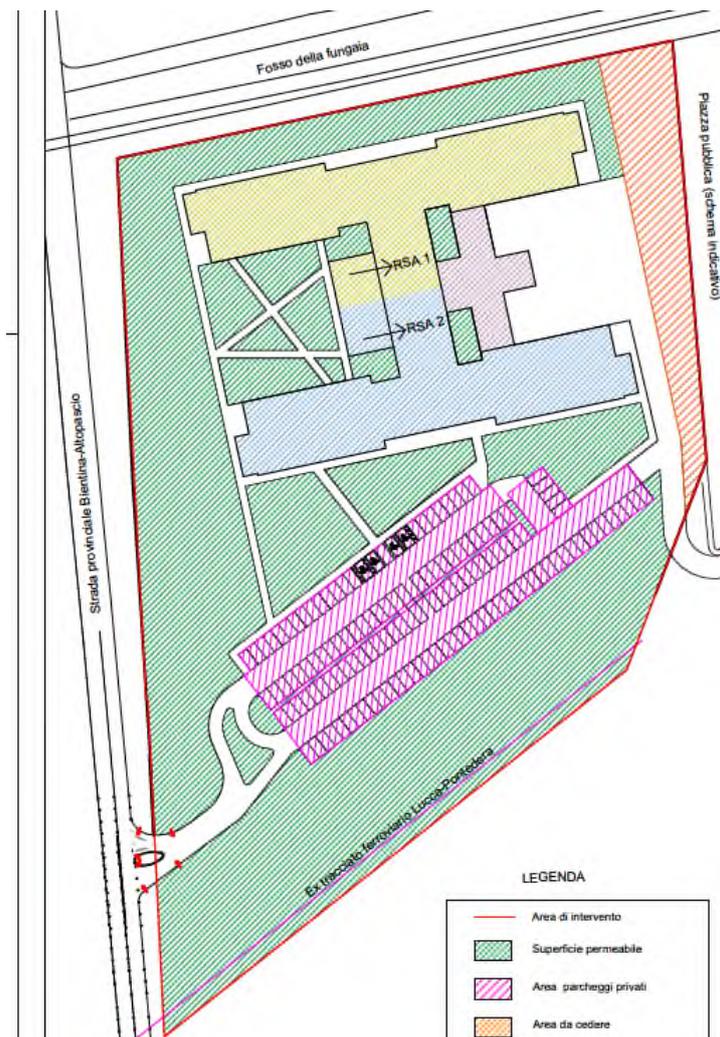
Valore di $P_L$	Rischio di liquefazione
$P_L = 0$	Molto basso
$0 < P_L \leq 5$	Basso
$5 < P_L \leq 15$	Alto
$15 < P_L$	Molto alto

La ricostruzione del sottosuolo dell'area vede la presenza più in profondità di sedimenti che vanno progressivamente ad addensarsi, a cui fa seguito la successione villafranchiana fluvio-lacustre, di sicura assenza di problematiche di liquefazione in quanto costituita da livelli o di tipo coesivo consistente o di tipo attritivo sabbioso-ghiaioso addensata.

Da quanto sopra si può concludere che il sottosuolo indagato è scevro dal potenzialità all'accadimento del processo di liquefazione.

**Si riporta di seguito stralcio rappresentativo della sintesi dell'analisi effettuata e delle classi di pericolosità geologica e sismica attribuita al sito di intervento di Variante**

### CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA E SISMICA



**G.3**  
**S.3**

Relativamente infine alla **condizione di pericolosità di tipo idraulico**, si rimanda ai dettagli dello studio effettuato dal H.S. INGEGNERIA e che è addivenuto alle seguenti determinazioni sulla base del nuovo assetto morfologico attribuito all'area dall'autorizzato intervento di livellamento agricolo eseguito e di verifiche idrauliche appositamente svolte:

*Considerando le caratteristiche delle aree di esondazione nell'area in esame, causate essenzialmente da fenomeni di ristagno e caratterizzate da velocità trascurabili, si può considerare che a seguito della realizzazione degli interventi in esame (che sono tra l'altro avvenuti senza apporto di nuovi volumi di terre dall'esterno, e sono quindi a bilancio nullo di movimento di materie), la quota di esondazione rimanga invariata rispetto allo stato pregresso.*

*Sulla base di tale DTM, considerando la quota di esondazione duecentennale di 9.67 m.s.m., si avrebbe quindi la seguente estensione delle aree di esondazione duecentennali.*



Figure 6 area esondazione Tr200

*Come si nota l'area di intervento risulta ad oggi prevalentemente in condizioni di pericolosità P1. La sensibile variazione delle condizioni di pericolosità idraulica è legata alla ridotta entità dei battenti di esondazione presenti nell'area, per cui modifiche marginali alla quota del piano campagna possono variare le condizioni di pericolosità.*

*Nell'area in esame si avrebbe quindi ad oggi la seguente pericolosità, che costituisce **proposta di modifica alle condizioni di pericolosità del P.G.R.A.***



La CARTA DI PERICOLOSITA' del PSI adottato riporta tale configurazione di pericolosità.

## **8 – CRITERI DI FATTIBILITA' dell'intervento di Variante (DCRT 5/20)**

I criteri di fattibilità contenuti nella DGRT 5/R/20 per le diverse situazioni di rapporto tra pericolosità dei siti e la loro utilizzazione ai fini edificatori sanciscono quanto segue:

### **Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti geologici**

3.2.2. Nelle aree caratterizzate da **pericolosità geologica elevata (G3)** è necessario rispettare i criteri generali di seguito indicati, oltre a quelli già previsti dalla pianificazione di bacino.

La fattibilità degli interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture a sviluppo lineare e a rete è subordinata all'esito di studi, rilievi e indagini geognostiche e geofisiche, effettuate in fase di piano attuativo e finalizzate alla verifica delle effettive condizioni di stabilità. Qualora dagli studi, dai rilievi e dalle indagini ne emerga l'esigenza, la fattibilità degli interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture a sviluppo lineare e a rete è subordinata alla preventiva realizzazione degli interventi di messa in sicurezza.

Gli interventi di messa in sicurezza, che sono individuati e dimensionati in sede di piano attuativo oppure, qualora non previsto, a livello edilizio diretto, sono tali da:

- a.1) non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti;
- a.2) non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione dei fenomeni franosi;
- a.3) consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza.

La durata del monitoraggio relativo agli interventi di messa in sicurezza è definita in relazione alla tipologia del dissesto ed è concordata tra il comune e la struttura regionale competente.

Il raggiungimento delle condizioni di sicurezza costituisce il presupposto per il rilascio di titoli abilitativi.

La fattibilità degli interventi sul patrimonio edilizio esistente che comportano la demolizione e ricostruzione, o aumenti di superficie coperta o di volume, e degli interventi di ampliamento e adeguamento di infrastrutture a sviluppo lineare e a rete è subordinata alla valutazione che non vi sia un peggioramento delle condizioni di instabilità del versante e un aggravio delle condizioni di rischio per la pubblica incolumità.

**Si sottolinea la necessità di eseguire approfondimenti geofisici e indagini di caratterizzazione geognostico - geotecnica del sottosuolo, il tutto nell'ambito delle indagini**

---

geognostiche e geofisiche a livello di progetto esecutivo, ai sensi delle NTC 2018 e della DGRT 36/R/2009 sulle costruzioni.

### **3.6 Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti sismici**

**3.6.3.** Nelle aree caratterizzate da pericolosità sismica locale elevata (S3), in sede di piano attuativo o, in sua assenza, dei progetti edilizi, sono da studiare e approfondire i seguenti aspetti:

- per i terreni potenzialmente soggetti a liquefazione dinamica sono effettuate indagini geognostiche e verifiche geotecniche per il calcolo del fattore di sicurezza relativo alla liquefazione dei terreni e della distribuzione areale dell'Indice del potenziale di liquefazione (LPI), così come indicato nelle "Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Liquefazione" – LIQ, approvate con la deliberazione della Giunta regionale 23 febbraio 2015 , n.144 (Redazione delle specifiche tecniche regionali per la Microzonazione sismica). Tali valutazioni sono finalizzate alla individuazione della "zona di suscettibilità a liquefazione - ZSLQ" e della "zona di rispetto a liquefazione – ZRLQ";
- nel caso di terreni di fondazione particolarmente scadenti, sono effettuate adeguate indagini geognostiche e verifiche geotecniche finalizzate alle verifiche dei cedimenti;
- in presenza di zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse è effettuata una campagna di indagini geofisiche di superficie che definisca geometrie e velocità sismiche dei litotipi, posti a contatto, al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica. E' opportuno che tale ricostruzione sia tarata mediante indagini geognostiche;
- nelle zone stabili suscettibili di amplificazione locale, caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato rigido o entro le coperture stesse entro alcune decine di metri, sono raccolti i dati bibliografici oppure è effettuata una specifica campagna di indagini geofisiche (quali, ad esempio, profili sismici a riflessione o rifrazione, prove sismiche in foro e, ove risultino significative, profili MASW) e geognostiche (quali, ad esempio, pozzi o sondaggi, preferibilmente a carotaggio continuo) che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti per valutare l'entità del (o dei) contrasti di rigidità sismica tra coperture e bedrock sismico o entro le coperture stesse. Nelle zone di bordo della valle è preferibile l'utilizzo di prove geofisiche di superficie capaci di effettuare una ricostruzione bidimensionale del sottosuolo, quale quella sismica a rifrazione o riflessione.
- nel caso di zone di instabilità di versante quiescente e relativa zona di evoluzione sono realizzati studi, rilievi e indagini geognostiche e geofisiche, secondo quanto definito al paragrafo 3.1.1, tenendo conto anche dell'azione sismica e in coerenza con quanto indicato nelle "Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte" - FR, emanate dalla Commissione Nazionale per la Microzonazione Sismica e recepite all'interno delle specifiche tecniche regionali di cui all'o.d.p.c.m. 3907/2010.

Nell'ambito dell'area caratterizzata a pericolosità sismica locale elevata (S3), la valutazione dell'azione sismica (NTC 2018, paragrafo 3.2), da parte del progettista, è supportata da specifiche analisi di risposta sismica locale (in conformità NTC 2018, paragrafo 3.2.2 e paragrafo 7.11.3), da condurre in fase di progettazione, nei seguenti casi:

- realizzazione o ampliamento di edifici strategici o rilevanti, ricadenti, nelle classe d'indagine 3 o 4, come definite dal regolamento di attuazione dell'articolo 181 della l.r.65/2014;
- realizzazione o ampliamento di edifici a destinazione residenziale, ricadenti in classe d'indagine 4, come definita dal regolamento di attuazione dell'articolo 181 della l.r.65/2014.

**3.6.4.** Per le aree caratterizzate dalla classe di pericolosità sismica locale elevata (S3), è necessario rispettare i seguenti **criteri**:

- per le aree individuate come zone di suscettibilità a liquefazione (ZSLQ) e di rispetto a liquefazione (ZRLQ), la fattibilità degli interventi di nuova edificazione è subordinata all'esito delle verifiche delle condizioni di liquefazione dei terreni e, in funzione di tale analisi, alla realizzazione di interventi di riduzione della pericolosità sismica dei terreni (in conformità a NTC2018, punto 7.11.3.4);
- per le aree di instabilità di versante quiescenti, la fattibilità di interventi di nuova edificazione è subordinata all'esito delle verifiche di stabilità di versante e alla preventiva realizzazione, qualora necessario, degli interventi di messa in sicurezza individuati al paragrafo 3.1.1, lettera a). La fattibilità

---

degli interventi sul patrimonio edilizio esistente è subordinata a quanto indicato al paragrafo 3.1.1 punto b);

- la fattibilità degli interventi sul patrimonio edilizio esistente, fatti salvi quelli che non incidono sulle parti strutturali degli edifici e fatti salvi gli interventi di riparazione o locali (NTC18, punto 8.4.3), è subordinata all'esecuzione di interventi di miglioramento o adeguamento sismico (in coerenza con le NTC 2018, punto 8.4).

Limitatamente alle aree di suscettibilità (ZSLQ) e rispetto alla liquefazione (ZRLQ), oltre agli interventi di miglioramento o adeguamento, la fattibilità è subordinata, in funzione dell'esito delle verifiche, anche ad interventi di riduzione della pericolosità (in conformità a NTC 2018, punto 7.11.3.4).

In ragione della tipologia di criticità territoriale in base alla quale è stata attribuita la classe di pericolosità sismica S.3 alla zona in cui si colloca l'area di Variante Urbanistica, si sottolinea la necessità di eseguire, a supporto del progetto strutturale, approfondimenti geofisici e indagini di caratterizzazione geognostico - geotecnica del sottosuolo ai sensi delle NTC 2018 e della DGRT 36/R/2009, relativamente alla classe di indagine 4 in cui ricadrà la struttura edilizia ai sensi dell'art. 7 di quest'ultima, con riferimento alla necessità di esecuzione di un accertamento down hole in foro ed alla rilevazione di sismica passiva HVSR, di base alla redazione di una analisi di RSL come sopra indicato essere richiesta dall'art. 3.6.3. della DGRT 5/R/20, assimilando l'intervento di progetto alla stessa rilevanza di quelli seguenti citati nella norma regionale:

- realizzazione o ampliamento di edifici strategici o rilevanti, ricadenti, nelle classe d'indagine 3 o 4, come definite dal regolamento di attuazione dell'articolo 181 della l.r.65/2014;
- realizzazione o ampliamento di edifici a destinazione residenziale, ricadenti in classe d'indagine 4, come definita dal regolamento di attuazione dell'articolo 181 della l.r.65/2014.

Relativamente ai **criteri di fattibilità idraulica** della Variante proposta, la DGRT 5/20 indica:

### **3.3. Criteri generali di fattibilità in relazione al rischio di alluvioni**

Nelle aree caratterizzate da pericolosità per alluvioni frequenti e poco frequenti la fattibilità degli interventi è perseguita secondo quanto disposto dalla l.r. 41/2018, oltre a quanto già previsto dalla pianificazione di bacino.

La fattibilità degli interventi è subordinata alla gestione del rischio di alluvioni rispetto allo scenario per alluvioni poco frequenti, con opere idrauliche, opere di sopraelevazione, interventi di difesa locale, **ai sensi dell'articolo 8, comma 1 della l.r.41/2018.**

Si riportano di seguito stralci delle considerazioni conclusive dei criteri di fattibilità dello studio effettuato dalla H.S. INGEGNERIA da cui risulta quanto segue:

*Ai sensi della LR 41/2018 la fattibilità degli interventi è subordinata alla gestione del rischio di alluvioni rispetto allo scenario per alluvioni poco frequenti (Tr200 anni), con opere idrauliche, opere di sopraelevazione, interventi di difesa locale, ai sensi dell'articolo 8, comma 1 della l.r.41/2018.*

Tali interventi sono necessari nel caso in cui si vada ad operare in aree con pericolosità P2 o P3, mentre per le aree P1 non sono presenti particolari prescrizioni, in quanto per tali aree è sempre garantito il rispetto del livello di rischio medio R2. Valutazioni analoghe possono essere fatte per quel che riguarda le prescrizioni della disciplina di piano del PGRA.

La seguente figura riporta un sovrapposto tra la pericolosità idraulica dell'area e gli interventi previsti in progetto all'interno dell'area oggetto di variante.

I nuovi fabbricati ricadono in classe di pericolosità P1, così come le aree a parcheggio. La nuova viabilità di collegamento ricade parzialmente in aree P2.

Nell'area in esame, come esposto in precedenza, si può assumere una quota di esondazione duecentennale pari a 9.67 m.s.l.m.



Figura 8 interventi in progetto con sovrapposta pericolosità idraulica

Per la realizzazione dei fabbricati (in P1) non risulta necessario specificare condizioni di fattibilità, rimanendo comunque consigliabile un minimo rialzamento dall'attuale quota di piano campagna, la cui entità potrà essere liberamente stimata dai progettisti.

Analogamente, anche per l'area a parcheggio (in P1) non risulta necessario specificare condizioni di fattibilità idraulica.

Per la realizzazione della nuova viabilità di collegamento con relativi parcheggi si può fare riferimento all'articolo 13 commi 3 e 4. La nuova strada verrà realizzata collegandosi alla viabilità adiacente, che risulta peraltro in sicurezza nei dintorni dell'area di variante.

---

*Il piano viario di progetto potrà essere progettato sia in sicurezza (a quote maggiori delle esondazioni duecentennali) che con limitati battenti ammissibili sul piano viario (battenti dell'ordine di 15cm), in quanto date le ridotte velocità di esondazione presenti nell'area è comunque garantito il rispetto delle condizioni di rischio R2.*

*Volendo fare una stima dei volumi massimi di esondazione che la nuova viabilità potrebbe sottrarre (nell'ipotesi che il piano viario sia tutto a quote maggiori della duecentennale), questi risultano pari a circa 102 mc, compensabili in un vaso temporaneo delle acque di esondazione, tramite la realizzazione di un'area depressa negli spazi a verde compresi tra le RSA e la Strada Provinciale. Così facendo in caso di piena si avrà un accumulo temporaneo delle acque in tale area, ed il successivo drenaggio nella rete di fognatura, una volta che i livelli liquidi si saranno abbassati e consentiranno lo scarico.*

## **9 – CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

E' stata eseguita un'indagine geologica di approfondimento delle caratteristiche del territorio in cui si colloca un'area identificata nelle perimetrazioni di R.U. quale *zona 1c* (aree non pianificate ex art. 105 della L. 65/2014 per decadenza del quinquennio) così come risulta dalle tavole di proposta di Variante redatte dall'Arch. Valerio Baggiani, che ne prevedono una attribuzione di destinazione d'uso per la realizzazione di due RSA in frazione Guerrazzi tra la S.P. Altopascio – Bientina e l'abitato di Bientina.

**Lo studio condotto in questa sede affronta le tematiche attinenti l'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico, litotecnico, stratigrafico – geotecnico e sismico per l'uso edificatorio del territorio, mentre ad un altro studio parallelo all'attuale e di tipo idrologico – idraulico redatto dallo studio H.S. INGEGNERIA di Empoli a firma degli Ingg. Pozzolini e Pucci, è demandato il compito di effettuare la valutazione di congruità e di potenzialità di uso del sito sotto il profilo del rischio idraulico.**

- L'attuale fase di predisposizione della Variante allo S.U. comunale, si confronta con uno Strumento Urbanistico generale costituito dal Piano Strutturale e relativo R.U. vigenti, oltre che dal recente PSI adottato in ottobre e redatto ai sensi della D.P.G.R.T. 5/R del 30/01/2020

Ad oggi il tema della utilizzazione ai fini edificatori e urbanistica in generale, viene affrontato dalle seguenti normative regionali e dell'Autorità di Distretto cui è stato fatto riferimento:

- D.P.G.R.T. 5/R del 30/01/2020
- Direttive Tecniche della D.P.G.R.T. 5/20 (Delibera n. 31 del 20-01-2020-Allegato A)

- 
- L.R. 41 del 24/07/2018
  - P.A.I 2005 e P.G.R.A. 2016 Autorità di Distretto Idrografico (Bacino F. Arno)

Le norme regionali in tema di pianificazione ad oggi vigenti (D.P.G.R.T. 5/R del 30/01/2020) e che superano i D.G.R.T. del 2007 e 2011, indicano nell'Allegato A della Delibera n. 31 del 20-01-2020 “*Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche*” di cui alla D.P.G.R.T. 5/R del 30/01/2020, la necessità di effettuare indagini specifiche ed approfondimenti geognostico-geofisici nei casi in cui si abbiano mutazioni della realtà conoscitiva e sostanziale del Q.C. di riferimento del sito e che quindi siano variate le condizioni di pericolosità del territorio cui confrontare gli impatti indotti dalla utilizzazione edificatoria prevista.

Nel caso specifico, a fronte di una immutabilità del Q.C. relativo agli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici ed idrografici rimasti invariati nel tempo e significativamente semplici nella loro caratterizzazione, oltre che codificati nel recente strumento di PSI adottato, si sono avute variazioni nello stato di definizione degli scenari di pericolosità idraulica del territorio sia relativamente al subentro del PGRA nel 2021-2027, che delle mutate condizioni morfologiche dell'area rispetto a tale caratterizzazione idraulica, come riportato nello studio idraulico di supporto all'attuale Variante della H.S. Ingegneria a cui si rimanda per i dettagli e che dettaglia la proposta di modifica delle aree di pericolosità idraulica rispetto al vecchio strumento di analisi e valutazione del PS - RU.

Relativamente a quest'ultimo tema si nota che il recente PSI ha nel concreto già adottato le indicazioni di modifica della pericolosità rispetto al vecchio piano proposte, allineandosi alle determinazioni idrauliche dello studio H.S. Ingegneria.

Prendendo a riferimento le cartografie ed analisi di Q.C. del PSI recentemente adottato ed adeguate alle norme regionali vigenti, in questa sede si sono effettuati i seguenti approfondimenti conoscitivi, quale prima fase dell'indagine complessiva geognostico – geofisica necessaria per la progettazione esecutiva degli interventi edificatori, consistente nelle seguenti prove ed analisi:

- sondaggio a carotaggio continuo per la determinazione delle caratteristiche sedimentologiche del sottosuolo;
- prove penetrometriche statiche C.P.T. per la individuazione delle caratteristiche di resistenza e compressibilità del sottosuolo
- prova down hole in foro di sondaggio appositamente attrezzato per la definizione della risposta sismica dei livelli stratigrafici dei primi 30 m di sottosuolo
- prova di sismica passiva con Tromino per la individuazione di picchi di amplificazione sismica e specifiche caratteristiche di risposta sismica del sottosuolo

---

Dall'insieme di tali prove ed analisi si ritiene di poter considerare compiutamente espletata la necessità di approfondimento conoscitivo e valutativo dell'area, per poter produrre valutazioni di pericolosità e di conseguente fattibilità dell'intervento urbanistico ai sensi della D.P.G.R.T. 5/20.

Quanto emerso farà parte della proposta di Variante Urbanistica relativamente alle pertinenze territoriali dell'area di intervento e, secondo quanto emerso dallo studio idraulico della H.S. Ingegneria, anche di proposta di variante alle perimetrazioni di pericolosità del PGRA dell'Autorità di Distretto.

Applicando i criteri dettati dalla DGRT 5/20, si ritiene di poter attribuire al sito le seguenti classi di pericolosità, concordando con quelle presentate nelle carte del PSI adottato:

- ✓ pericolosità geologica bassa            G.3
- ✓ pericolosità sismica elevata            S.3

Si sottolinea la necessità di eseguire approfondimenti geofisici e indagini di caratterizzazione geognostico - geotecnica del sottosuolo nell'ambito delle indagini geognostiche e geofisiche a livello di progetto esecutivo, ai sensi delle NTC 2018 e della DGRT 36/R/2009 sulle costruzioni.

In ragione della tipologia di criticità territoriale in base alla quale è stata attribuita la classe di pericolosità sismica S.3, si sottolinea la necessità di eseguire, a supporto del progetto strutturale, approfondimenti geofisici e indagini di caratterizzazione geognostico - geotecnica del sottosuolo ai sensi delle NTC 2018 e della DGRT 36/R/2009, relativamente alla classe di indagine 4 in cui ricadrà la struttura edilizia ai sensi dell'art. 7 di questa ultima, con riferimento alla necessità di esecuzione di un accertamento down hole in foro (già effettuato) ed alla rilevazione di sismica passiva HVSR (già effettuato), di base alla redazione di una analisi di RSL come sopra indicato essere richiesta dall'art. 3.6.3. della DGRT 5/R/20, assimilando l'intervento di progetto alla stessa rilevanza di quelli citati nella norma regionale e di seguito indicati:

- realizzazione o ampliamento di edifici strategici o rilevanti, ricadenti, nelle classe d'indagine 3 o 4, come definite dal regolamento di attuazione dell'articolo 181 della l.r.65/2014;
- realizzazione o ampliamento di edifici a destinazione residenziale, ricadenti in classe d'indagine 4, come definita dal regolamento di attuazione dell'articolo 181 della l.r.65/2014.

---

**Riguardo agli aspetti idraulici lo studio della H.S. INGEGNERIA conclude con la determinazione delle seguenti classi di pericolosità idraulica:**

*I nuovi fabbricati ricadono in classe di pericolosità **P1**, così come le aree a parcheggio.*

*La nuova viabilità di collegamento ricade parzialmente in aree **P2**.*

Si rimanda per i dettagli delle condizioni di fattibilità per gli aspetti idraulici allo studio citato.

Altopascio, 17/11/2022

Geol. Andrea CARMIGNANI



TAVOLE CARTOGRAFICHE

Q.C. DI RIFERIMENTO - Del.C.C. di Vicopisano n.46 del 27/10/2022 – ADOZIONE Piano Strutturale Intercomunale

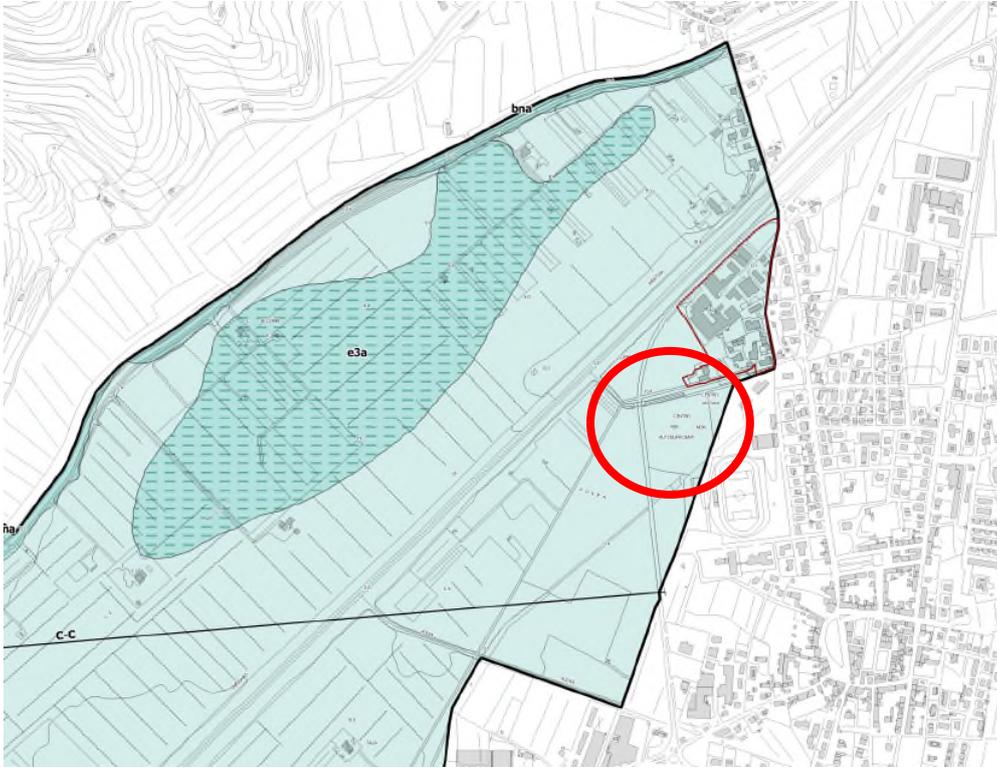
Carta geologica  
Carta geologico - tecnica  
Carta indagini e dei dati di base  
Carta geomorfologica  
Carta clivometrica  
Carta idrogeologica  
Carta della pericolosità geologica  
Carta delle frequenze  
Carta MOPS  
Carta della pericolosità sismica locale  
Carta della pericolosità da alluvione  
Carta demma magnitudo idraulica  
Carta dei battenti di alluvionamento  
Carta della velocità dei flussi di esondazione  
Carta delle aree di sistemi arginali e di fondovalle fluviali

ALLEGATI

Tabulati e grafici delle prove penetrometriche statiche C.P.T.  
Report di indagine geofisica Down Hole  
Report di indagine di rilevamento di simica passiva con Tromino

# CARTA GEOLOGICA

## Stralcio di carta di Carta Geologica a sostegno del PSI 2022



### Legenda

- Limiti comunali
- Limite del territorio urbanizzato

### Unità geologiche

#### Depositi olocenici

- b - Depositi alluvionali attuali
- bna - Depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati
- e3a - Depositi palustri

#### Successione mesozoica e terziaria

- CLF - Metacalcari selciferi (lias medio - lias superiore)
- GRE - Grezzoni (nonco)
- MAA - Marmi (lias inferiore)
- SSR - Scisti Sericiti (cretacico inferiore - paleogene)

#### Ciclo medio-triassico superiore

- QMS1 - Quarziti e filladi. Membro degli Scisti verdi (carnico)
- QMS2 - Quarziti e filladi. Membro delle Quarziti verdi (carnico)
- QMS3 - Quarziti e filladi. Membro delle Quarziti bianco-rosa (carnico)
- QMS4 - Quarziti e filladi. Membro delle Quarziti viola zonate (carnico)
- VEU - Formazione della Verruca (ladinico - carnico)
- VEUA - Formazione della Verruca. Membro delle Anageniti grossolane (ladinico - carnico)
- VEUB - Formazione della Verruca. Membro delle Anageniti minute (ladinico - carnico)

#### Falda toscana

- DSD - Diaspri (malm p.p.)
- MAS - Calcare Massiccio (lias inferiore)
- RET - Calcari a Rhaeticula Contorta (retico)

#### Basamento ercinico

- FAF - Filladi quarziteo-muscovitiche e clonitiche (cambriano - ordoviciano inferiore)

#### Forme

- CON - Conoide alluvionale e da debris flow
- Superficie di slancamento (area di cava)

### Misure geologico-strutturali

#### Assi di piega

- asse di piega
- asse di piega-prima fase deformativa
- asse di piega-seconda fase deformativa

#### Clivaggi scistosita

- superficie di clivaggio o scistosita 'inclinata'-prima fase deformativa
- superficie di clivaggio o scistosita 'verticale'-prima fase deformativa
- superficie di clivaggio o scistosita 'inclinata'-seconda fase deformativa

#### Stratificazioni

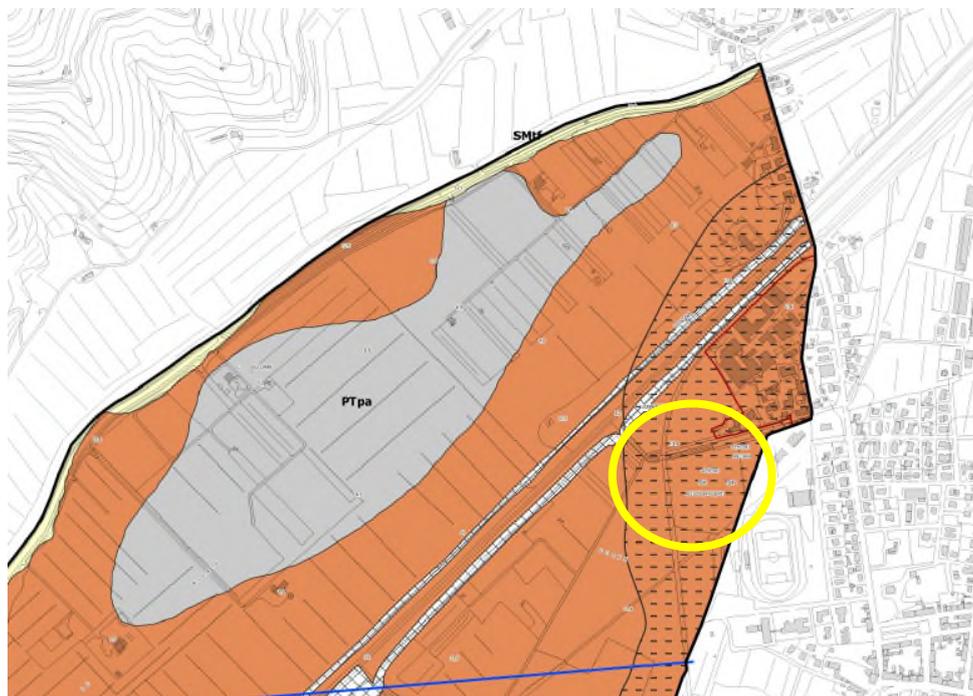
- stratificazione a polarità sconosciuta
- stratificazione verticale a polarità sconosciuta
- stratificazione rovesciata

### Segni convenzionali

- contatto tettonico - certo
- contatto tettonico - incerto
- sovrascorrimento principale - certo
- sovrascorrimento principale - fittizio
- sovrascorrimento principale - incerto
- sovrascorrimento principale - sepolto
- sovrascorrimento di importanza minore - certo
- sovrascorrimento di importanza minore - fittizio
- sovrascorrimento di importanza minore - incerto
- sovrascorrimento di importanza minore - sepolto
- traccia di sezione geologica
- Faglia attiva capace (fonte: D.I.S.S. Itaca)

# CARTA GEOLOGICO-TECNICA

## Stralcio di carta di Carta Geologico-tecnica a sostegno del PSI 2022



### Legenda

- Limiti del territorio urbanizzato
- Limiti comunali
- Area di indagine

### Elementi geologici e idrogeologici

- Prof. Pozzo o sondaggio che non ha raggiunto il substrato geologico
- Prof. Pozzo o sondaggio che ha raggiunto il substrato geologico

### Instabilità di versante

- C Frana di colata, attiva
- C Frana di colata, inattiva
- C Frana di crollo o ribaltamento, attiva
- C Frana di crollo o ribaltamento, inattiva
- C Frana di scorrimento, attiva
- C Frana di scorrimento, quiescente

### Terreni di copertura

- R Terreni contenenti resti di attività antropica
- PTpa Torbe ed altre terre fortemente organiche palustri
- MLA Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di piana inondabile
- CLA Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di piana inondabile

- GwK Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie di dolina
- GwD Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie di falda detritica
- GMH Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di falda detritica
- GCA Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla di conoide alluvionale
- Swe Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose eluvio/colluvie
- SMH Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di terrazzo fluviale
- SCpd Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla di piana pedemontana

### Substrato geologico

- LP Lapideo
- LPS Lapideo stratificato
- SLP Lapideo fratturato o alterato

### Forme di superficie e sepolte

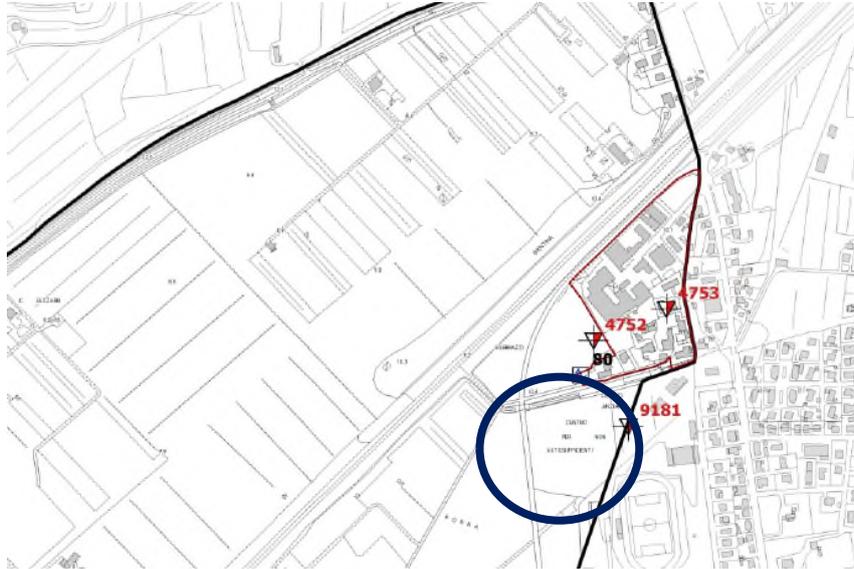
- A Aree di cava
- C Conoide alluvionale
- F Falda detritica
- S Subsidenza
- P Assi di paloalveo
- D Cavità sepolta (isolata) (doline)
- G Cavità sepolta (isolata) (grotte)

### Elementi tettonico strutturali e traccia della sezione geologica

- Traccia della sezione geologica rappresentativa del sottosuolo
- Faglia diretta potenzialmente attiva e capace - certa (libica)
- asse di piega
- asse di piega-prima fase deformativa
- asse di piega-seconda fase deformativa
- superficie di cingaggio o scistosita' inclinata-prima fase deformativa
- superficie di cingaggio o scistosita' verticale-prima fase deformativa
- superficie di cingaggio o scistosita' inclinata-seconda fase deformativa
- stratificazione a polarità' sconosciuta
- stratificazione verticale a polarità' sconosciuta
- stratificazione rovesciata
- contatto tettonico - certo
- contatto tettonico - incerto
- sovrascorrimento principale - certo
- sovrascorrimento principale - fittizio
- sovrascorrimento principale - incerto
- sovrascorrimento principale - sepolto
- sovrascorrimento di importanza minore - certo
- sovrascorrimento di importanza minore - fittizio
- sovrascorrimento di importanza minore - incerto
- sovrascorrimento di importanza minore - sepolto

## CARTA INDAGINI E DATI DI BASE

Stralcio di carta di Carta delle indagini e dei dati di base a sostegno del PSI 2022



### Legenda

- Limiti comunali
- Limite del territorio urbanizzato

### Indagini lineari

- Tomografia elettrica
- Georadar
- Masw
- Profilo sismico a rifrazione

### Indagini puntuali

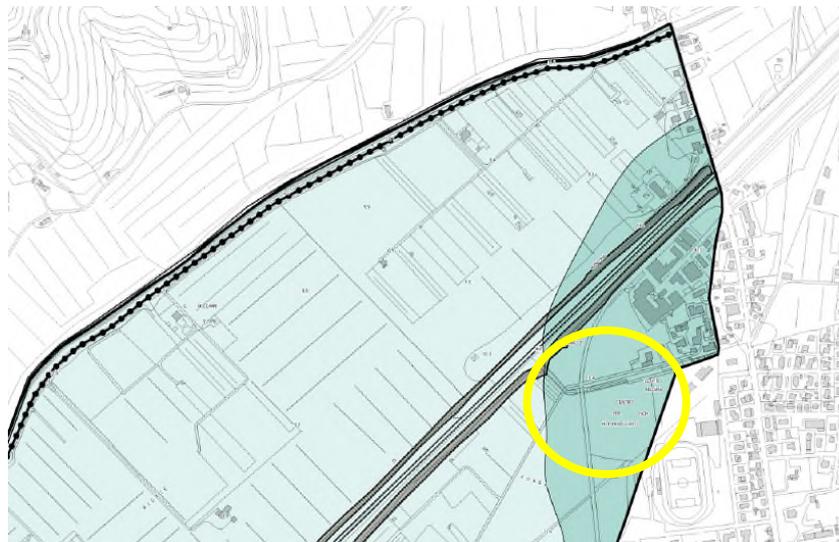
- Prova penetrometrica statica con piezocono
- Prova penetrometrica dinamica media
- Prova penetrometrica dinamica superpesante
- Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
- Trinca o pozzetto esplorativo
- Sondaggio a carotaggio continuo
- Sondaggio a distruzione di nucleo
- Prova sismica in foro tipo Downhole
- Prova penetrometrica dinamica pesante
- Stazione microtremore a stazione singola
- Pozzo per acqua

### Etichette

- Banca dati ISPRA
- Banca dati della provincia
- Banca dati del comune
- Dati di nuova acquisizione

# CARTA GEOMORFOLOGICA

## Stralcio di carta di Carta Geomorfologica a sostegno del PSI 2022



### Legenda

- Limiti comunali
- Limite del territorio urbanizzato

### Elementi geomorfologici areali

- Frane di crollo - inattive stabilizzate (C1)
- Frane di crollo - inattive potenzialmente instabili (C2)
- Frane di crollo - attive (C3)
- Aree potenzialmente instabile per deformazioni superficiali (FD2)
- Franosità diffusa e franosità superficiale attiva (FD3)
- Altre aree potenzialmente instabili (FI)
- Frane di colata rapida - inattive potenzialmente instabili (R2)
- Frane di colata rapida - attive (R3)
- Frane di scivolamento e colata lenta - inattive stabilizzate (S1)
- Frane di scivolamento e colata lenta - inattive pot. instabili (S2)
- Frane di scivolamento e colata lenta - attive (S3)

### Forme lineari

- Orlo di scarpata di degradazione - altezza indeterminata
- Orlo di scarpata di degradazione - altezza < 10 metri
- Cresta di degradazione
- Vallecchia a fondo concavo
- Vallecchia a V
- Solco erosivo di ruscellamento concentrato (igiluerosion)
- Orlo di scarpata di erosione fluviale - altezza indeterminata
- Orlo di scarpata di erosione fluviale - altezza < 10 metri
- Asse di alveo fluviale abbandonato o palaoalveo

- Orlo di scarpata di erosione selettiva o strutturale - altezza indeterminata
- Cresta
- Orlo di scarpata di cava o miniera - altezza indeterminata
- Orlo di scarpata antropica - altezza indeterminata
- Orlo di scarpata antropica - altezza < 10 metri
- Argine artificiale - terra
- Canale artificiale o tratto di corso d'acqua artificializzato - indeterminata

- Orlo di scarpata di frana 1
- Orlo di scarpata di frana 2
- Orlo di terrazzo
- Faglia attiva capace (fonte: D.J.S.S. Itasca)

### Forme puntuali

- Dolina
- Grotta

### Forme areali

- Lago di cava o di miniera
- Subsidenza (PAI dati interferometrici)
- Versante con terrazzamento
- Palaoalveo abbandonato

### Depositi superficiali

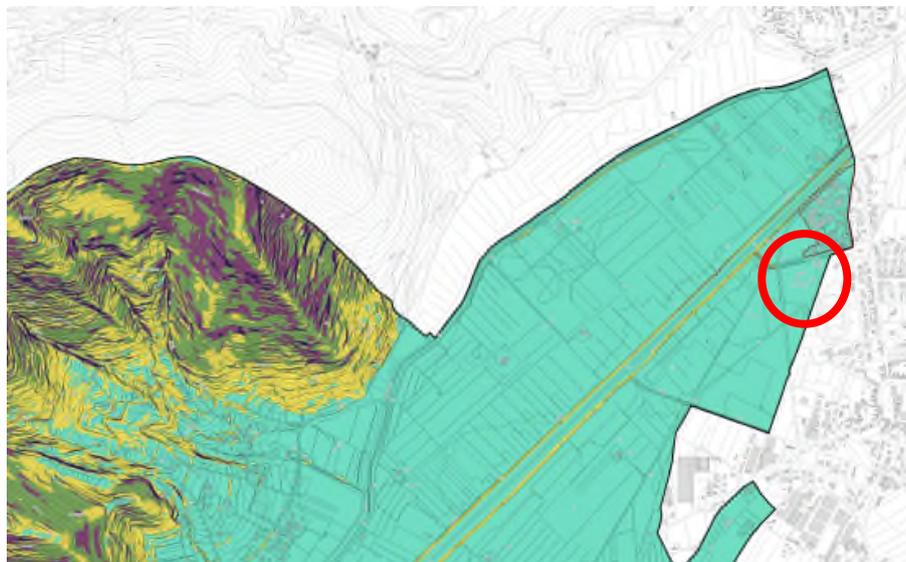
- Detriti di falda - Olocene
- Detriti di falda - Pleistocene medio-superiore
- Depositi detritici di versante - Olocene
- Depositi eluvio-colluviali
- Depositi di riempimento carsici
- Discariche di cave, ravaneti
- Terreni di riporto, bonifica per colmata

### Morfologia

- Area di collina
- Area di pianura

## CARTA CLIVIOMETRICA

Stralcio di carta di Carta Cliviometrica a sostegno del PSI 2022



### Legenda

-  Limiti comunali
-  Limiti del territorio urbanizzato
-  Limite estensione ctr 2k

### Pendenze

-   $P \leq 10 \%$
-   $10 \% \leq P < 20 \%$
-   $20 \% \leq P < 27 \%$  (circa  $15^\circ$ )
-   $27 \% \leq P < 33 \%$
-   $P > 33 \%$

# CARTA IDROGEOLOGICA

Stralcio di carta di Carta Idrogeologica a sostegno del PSI 2022



## Legenda

- Limiti comunali
- Limite del territorio urbanizzato
- Perimetro della concessione acqua uliveto

## Elementi puntuali

- Presa superficiale
- sorgente
- Pozzo
- Banca dati Sottosuolo e Risorsa Idrica (BDSRI)

## Il sottosuolo

- Isopieze (m.s.l.m.m.)
- Linea di flusso della falda freatica

## Corpi d'acqua

- Specchi d'acqua
- Reticolo idrografico regionale (2021)

## Permeabilità

### Rocce permeabili per fratturazione

- Permeabilità da bassa a impermeabile'
- Permeabilità da medio-bassa a media'

### Rocce permeabili per fratturazione e carsismo

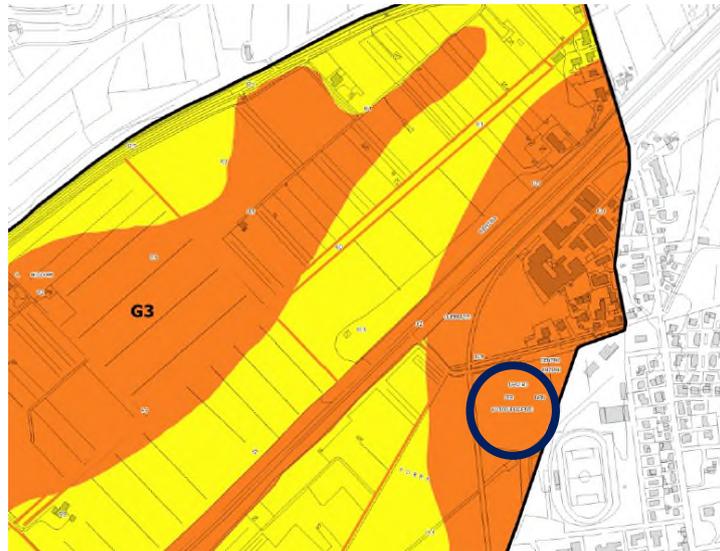
- Permeabilità da media a alta'

### Terreni permeabili per porosità

- Permeabilità da bassa a impermeabile'
- Permeabilità da bassa a media'
- Permeabilità da media a medio-alta'
- Permeabilità da media a alta'

## CARTA PERICOLOSITA' GEOLOGICA

Stralcio di carta di Carta Pericolosità Geologica a sostegno del PSI 2022



### Legenda

□ Limiti comunali

□ Limite del territorio urbanizzato

### pericolosita\_geologica

■ Pericolosità geologica bassa (G1)

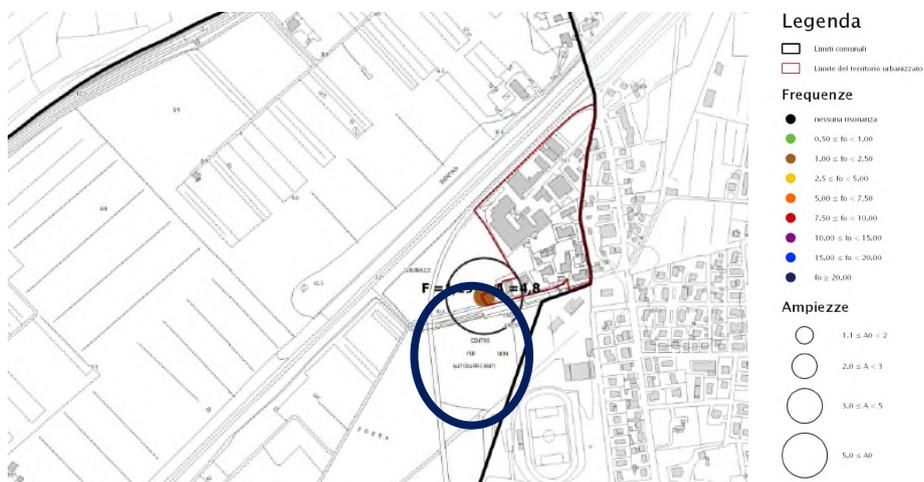
■ Pericolosità geologica media (G2)

■ Pericolosità geologica elevata (G3)

■ Pericolosità geologica molto elevata (G4)

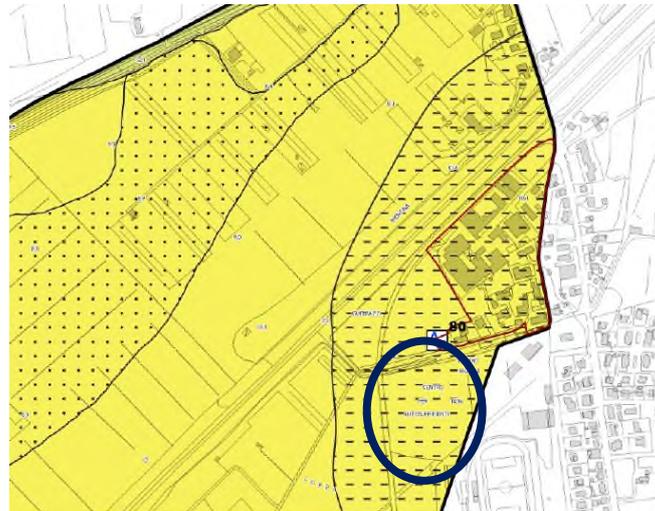
## CARTA FREQUENZE

Stralcio di carta di Carta Frequenze a sostegno del PSI 2022



# CARTA MOPS

## Stralcio di carta di Carta Mops a sostegno del PSI 2022



### Legenda

- Limiti del territorio urbanizzato
- Limiti comunali
- Area di indagine MOPS

### Forme di superficie e sepolte

- Aree di cava
- Conoidi alluvionale
- Falda detritica
- Aree di subsidenza (PAI dati interferometrici)
- Assi di palcosalevo
- Cavità sepolta isolata (doline)
- Cavità sepolta isolata (grotte)

### Zone suscettibili di instabilità

- Faglia diretta potenzialmente attiva e capace - certa (thaca)
- Terreni alluvionali organici

### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con un alto contrasto di impedenza sismica

- Zona 4
- Zona 5
- Zona 6

### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali prive di un alto contrasto di impedenza sismica

- Zona 2
- Zona 3

### Zone stabili

- Zona 1

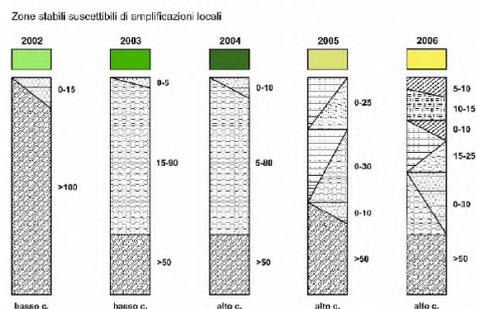
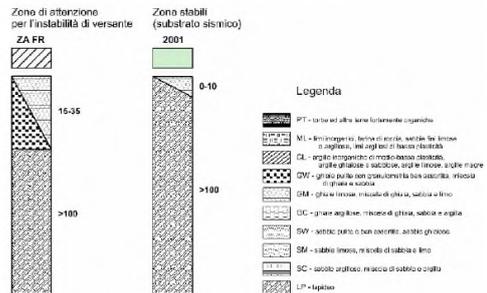
### Zone di attenzione per l'instabilità dei versanti

- Zona di attenzione per instabilità dei versanti - 2001
- Zona di attenzione per instabilità dei versanti - 2002
- Zona di attenzione per instabilità dei versanti - 2003
- Zona di attenzione per instabilità dei versanti - 2004
- Zona di attenzione per instabilità dei versanti - 2005
- Zona di attenzione per instabilità dei versanti - 2006

### Punti di misura di rumore ambientale

- Stazione microtremore a stazione singola (fonte: banca dati del comune)
- Stazione microtremore a stazione singola

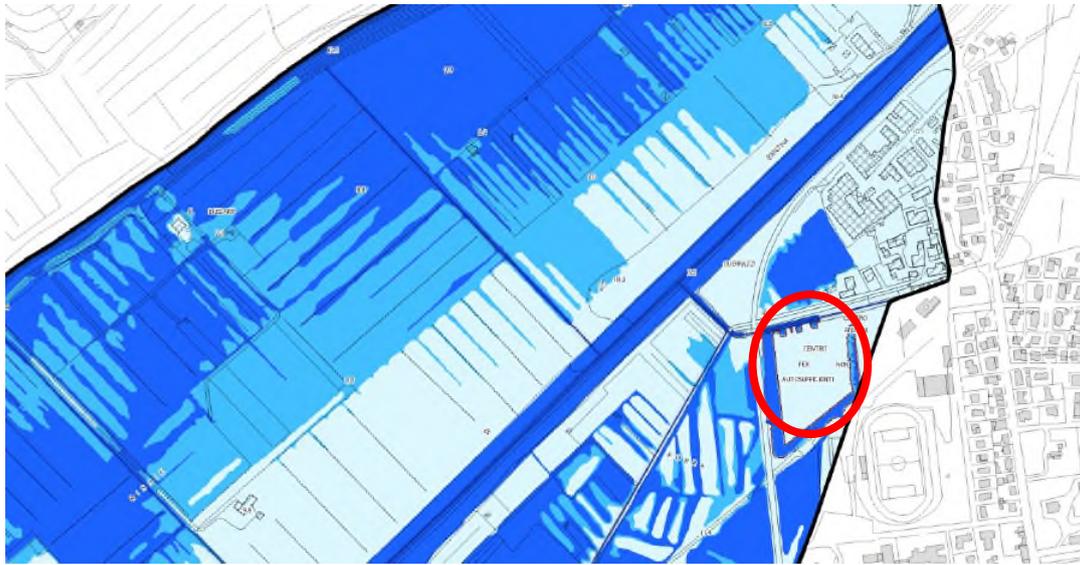
### Sezioni stratigrafiche





## CARTA PERICOLOSITA' DA ALLUVIONI

Stralcio di carta di Carta Pericolosità da alluvioni a sostegno del PSI 2022



## Legenda

- Limiti comunali
- Reticolo idrografico regionale (2021)

## Pericolosità da alluvioni

- P1 pericolosità per alluvioni rare
- P2 pericolosità per alluvioni poco frequenti
- P3 pericolosità per alluvioni frequenti

## CARTA MAGNITUDO IDRAULICA

Stralcio di carta di Carta magnitudo idraulica a sostegno del PSI 2022



## Legenda

- Limiti comunali
- Reticolo idrografico regionale (2021)

## Magnitudo idraulica

- moderata
- severa
- molto severa

## CARTA DEI BATTENTI

Stralcio di carta di Carta dei battenti a sostegno del PSI 2022



### Legenda

-  Limiti comunali
-  Reticolo idrografico regionale (2021)

### Battenti TR200 (m)

	<= 0.10
	0.10 - 0.20
	0.20 - 0.30
	0.30 - 0.40
	0.40 - 0.50
	0.50 - 0.75
	0.75 - 1.00
	1.00 - 1.50
	1.50 - 2.00
	2.00 - 2.50
	> 2.50

## CARTA VELOCITA' DELLA CORRENTE

Stralcio di carta di Carta velocità della corrente a sostegno del PSI 2022



## Legenda



Limiti comunali



Reticolo idrografico regionale (2021)

## Velocità dalla corrente (m/s)



$\leq 0.25$



0.25 - 0.50



0.50 - 0.75



0.75 - 1.00



$> 1.00$

## CARTA AREE SISTEMI ARGINALI E FONDOVALLE FLUVIALE

Stralcio di carta di Carta aree sistemi arginali e fondovalle fluviale a sostegno del PSI 2022



## Legenda

-  Limiti comunali
-  Reticolo idrografico regionale (2021)
-  Aree di fondovalle fluviale
-  Aree presidiate da sistemi arginali (L.R. 41/2018, art.2, c.1, lett. s)

# PROVA PENETROMETRICA STATICA

## LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

**CPT 2**

2.01PG05-077

- committente : Senectus  
 - lavoro :  
 - località : Vicopisano  
 - note :

- data : 23/09/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>				punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>		
0,20	----	----	--	-----	----	7,80	20,0	29,0	20,0	0,53	37,0
0,40	----	----	--	0,60	----	<b>8,00</b>	20,0	28,0	20,0	0,40	50,0
0,60	10,0	19,0	10,0	0,73	14,0	8,20	9,0	15,0	9,0	0,47	19,0
0,80	10,0	21,0	10,0	1,27	8,0	8,40	7,0	14,0	7,0	0,27	26,0
<b>1,00</b>	15,0	34,0	15,0	1,73	9,0	8,60	8,0	12,0	8,0	0,27	30,0
1,20	15,0	41,0	15,0	1,40	11,0	8,80	7,0	11,0	7,0	0,60	12,0
1,40	15,0	36,0	15,0	1,40	11,0	<b>9,00</b>	11,0	20,0	11,0	0,80	14,0
1,60	13,0	34,0	13,0	1,13	11,0	9,20	5,0	17,0	5,0	0,13	37,0
1,80	10,0	27,0	10,0	0,87	12,0	9,40	11,0	13,0	11,0	0,60	18,0
<b>2,00</b>	12,0	25,0	12,0	1,00	12,0	9,60	14,0	23,0	14,0	0,53	26,0
2,20	16,0	31,0	16,0	1,27	13,0	9,80	23,0	31,0	23,0	0,60	38,0
2,40	20,0	39,0	20,0	1,67	12,0	<b>10,00</b>	16,0	25,0	16,0	1,20	13,0
2,60	21,0	46,0	21,0	1,53	14,0	10,20	11,0	29,0	11,0	0,33	33,0
2,80	21,0	44,0	21,0	1,47	14,0	10,40	18,0	23,0	18,0	0,67	27,0
<b>3,00</b>	18,0	40,0	18,0	0,73	25,0	10,60	16,0	26,0	16,0	0,80	20,0
3,20	20,0	31,0	20,0	0,67	30,0	10,80	8,0	20,0	8,0	0,40	20,0
3,40	21,0	31,0	21,0	0,53	39,0	<b>11,00</b>	6,0	12,0	6,0	0,40	15,0
3,60	21,0	29,0	21,0	0,53	39,0	11,20	6,0	12,0	6,0	0,33	18,0
3,80	20,0	28,0	20,0	0,47	43,0	11,40	6,0	11,0	6,0	0,40	15,0
<b>4,00</b>	20,0	27,0	20,0	0,40	50,0	11,60	6,0	12,0	6,0	0,27	22,0
4,20	19,0	25,0	19,0	0,40	47,0	11,80	6,0	10,0	6,0	0,33	18,0
4,40	18,0	24,0	18,0	0,47	39,0	<b>12,00</b>	18,0	23,0	18,0	0,60	30,0
4,60	17,0	24,0	17,0	0,47	36,0	12,20	9,0	18,0	9,0	0,80	11,0
4,80	16,0	23,0	16,0	0,60	27,0	12,40	7,0	19,0	7,0	0,40	17,0
<b>5,00</b>	18,0	27,0	18,0	0,67	27,0	12,60	6,0	12,0	6,0	0,40	15,0
5,20	25,0	35,0	25,0	0,67	37,0	12,80	8,0	14,0	8,0	0,40	20,0
5,40	26,0	36,0	26,0	0,73	35,0	<b>13,00</b>	8,0	14,0	8,0	0,33	24,0
5,60	26,0	37,0	26,0	0,40	65,0	13,20	9,0	14,0	9,0	0,40	22,0
5,80	36,0	42,0	36,0	0,60	60,0	13,40	11,0	17,0	11,0	0,53	21,0
<b>6,00</b>	31,0	40,0	31,0	0,73	42,0	13,60	9,0	17,0	9,0	0,40	22,0
6,20	30,0	41,0	30,0	0,80	37,0	13,80	8,0	14,0	8,0	0,80	10,0
6,40	29,0	41,0	29,0	0,60	48,0	<b>14,00</b>	6,0	18,0	6,0	0,53	11,0
6,60	32,0	41,0	32,0	0,73	44,0	14,20	12,0	20,0	12,0	0,93	13,0
6,80	30,0	41,0	30,0	0,60	50,0	14,40	11,0	25,0	11,0	0,47	24,0
<b>7,00</b>	31,0	40,0	31,0	0,67	46,0	14,60	16,0	23,0	16,0	0,40	40,0
7,20	28,0	38,0	28,0	0,67	42,0	14,80	15,0	21,0	15,0	0,60	25,0
7,40	26,0	36,0	26,0	0,33	78,0	<b>15,00</b>	15,0	24,0	15,0	-----	----
7,60	29,0	34,0	29,0	0,60	48,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann  $\varnothing = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

# PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

**CPT 5**

2.01PG05-077

- committente : Senectus  
- lavoro :  
- località : Vicopisano  
- note :

- data : 23/09/2021  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>				punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>		
0,20	----	----	--	-----	----	7,80	17,0	32,0	17,0	1,07	16,0
0,40	----	----	--	0,40	----	<b>8,00</b>	16,0	32,0	16,0	0,93	17,0
0,60	8,0	14,0	8,0	0,73	11,0	8,20	11,0	25,0	11,0	0,67	16,0
0,80	11,0	22,0	11,0	1,20	9,0	8,40	7,0	17,0	7,0	0,33	21,0
<b>1,00</b>	15,0	33,0	15,0	1,40	11,0	8,60	29,0	34,0	29,0	1,20	24,0
1,20	15,0	36,0	15,0	1,33	11,0	8,80	25,0	43,0	25,0	0,40	62,0
1,40	14,0	34,0	14,0	1,33	10,0	<b>9,00</b>	35,0	41,0	35,0	0,87	40,0
1,60	10,0	30,0	10,0	0,80	12,0	9,20	15,0	28,0	15,0	0,67	22,0
1,80	11,0	23,0	11,0	0,53	21,0	9,40	10,0	20,0	10,0	0,40	25,0
<b>2,00</b>	13,0	21,0	13,0	0,80	16,0	9,60	14,0	20,0	14,0	1,33	10,0
2,20	16,0	28,0	16,0	1,13	14,0	9,80	16,0	36,0	16,0	0,53	30,0
2,40	16,0	33,0	16,0	1,00	16,0	<b>10,00</b>	12,0	20,0	12,0	0,67	18,0
2,60	16,0	31,0	16,0	1,20	13,0	10,20	15,0	25,0	15,0	1,07	14,0
2,80	13,0	31,0	13,0	0,87	15,0	10,40	18,0	34,0	18,0	0,80	22,0
<b>3,00</b>	18,0	31,0	18,0	1,13	16,0	10,60	9,0	21,0	9,0	0,73	12,0
3,20	21,0	38,0	21,0	1,47	14,0	10,80	7,0	18,0	7,0	0,20	35,0
3,40	17,0	39,0	17,0	1,07	16,0	<b>11,00</b>	11,0	14,0	11,0	0,40	27,0
3,60	18,0	34,0	18,0	1,00	18,0	11,20	9,0	15,0	9,0	0,40	22,0
3,80	19,0	34,0	19,0	1,13	17,0	11,40	7,0	13,0	7,0	0,33	21,0
<b>4,00</b>	16,0	33,0	16,0	0,93	17,0	11,60	8,0	13,0	8,0	0,40	20,0
4,20	15,0	29,0	15,0	0,80	19,0	11,80	7,0	13,0	7,0	0,20	35,0
4,40	14,0	26,0	14,0	0,73	19,0	<b>12,00</b>	38,0	41,0	38,0	0,73	52,0
4,60	13,0	24,0	13,0	0,73	18,0	12,20	13,0	24,0	13,0	0,40	32,0
4,80	16,0	27,0	16,0	1,00	16,0	12,40	35,0	41,0	35,0	1,07	33,0
<b>5,00</b>	22,0	37,0	22,0	1,40	16,0	12,60	17,0	33,0	17,0	0,53	32,0
5,20	24,0	45,0	24,0	1,40	17,0	12,80	8,0	16,0	8,0	0,20	40,0
5,40	30,0	51,0	30,0	1,80	17,0	<b>13,00</b>	8,0	11,0	8,0	0,27	30,0
5,60	35,0	62,0	35,0	2,00	18,0	13,20	7,0	11,0	7,0	0,33	21,0
5,80	35,0	65,0	35,0	2,13	16,0	13,40	7,0	12,0	7,0	0,33	21,0
<b>6,00</b>	24,0	56,0	24,0	1,67	14,0	13,60	7,0	12,0	7,0	0,33	21,0
6,20	28,0	53,0	28,0	1,93	14,0	13,80	7,0	12,0	7,0	0,33	21,0
6,40	34,0	63,0	34,0	1,73	20,0	<b>14,00</b>	8,0	13,0	8,0	0,40	20,0
6,60	33,0	59,0	33,0	1,80	18,0	14,20	8,0	14,0	8,0	0,33	24,0
6,80	34,0	61,0	34,0	1,73	20,0	14,40	9,0	14,0	9,0	0,33	27,0
<b>7,00</b>	28,0	54,0	28,0	1,40	20,0	14,60	10,0	15,0	10,0	0,40	25,0
7,20	23,0	44,0	23,0	1,27	18,0	14,80	9,0	15,0	9,0	0,47	19,0
7,40	23,0	42,0	23,0	1,33	17,0	<b>15,00</b>	9,0	16,0	9,0	-----	----
7,60	16,0	36,0	16,0	1,00	16,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
- punta meccanica tipo Begemann  $\varnothing = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

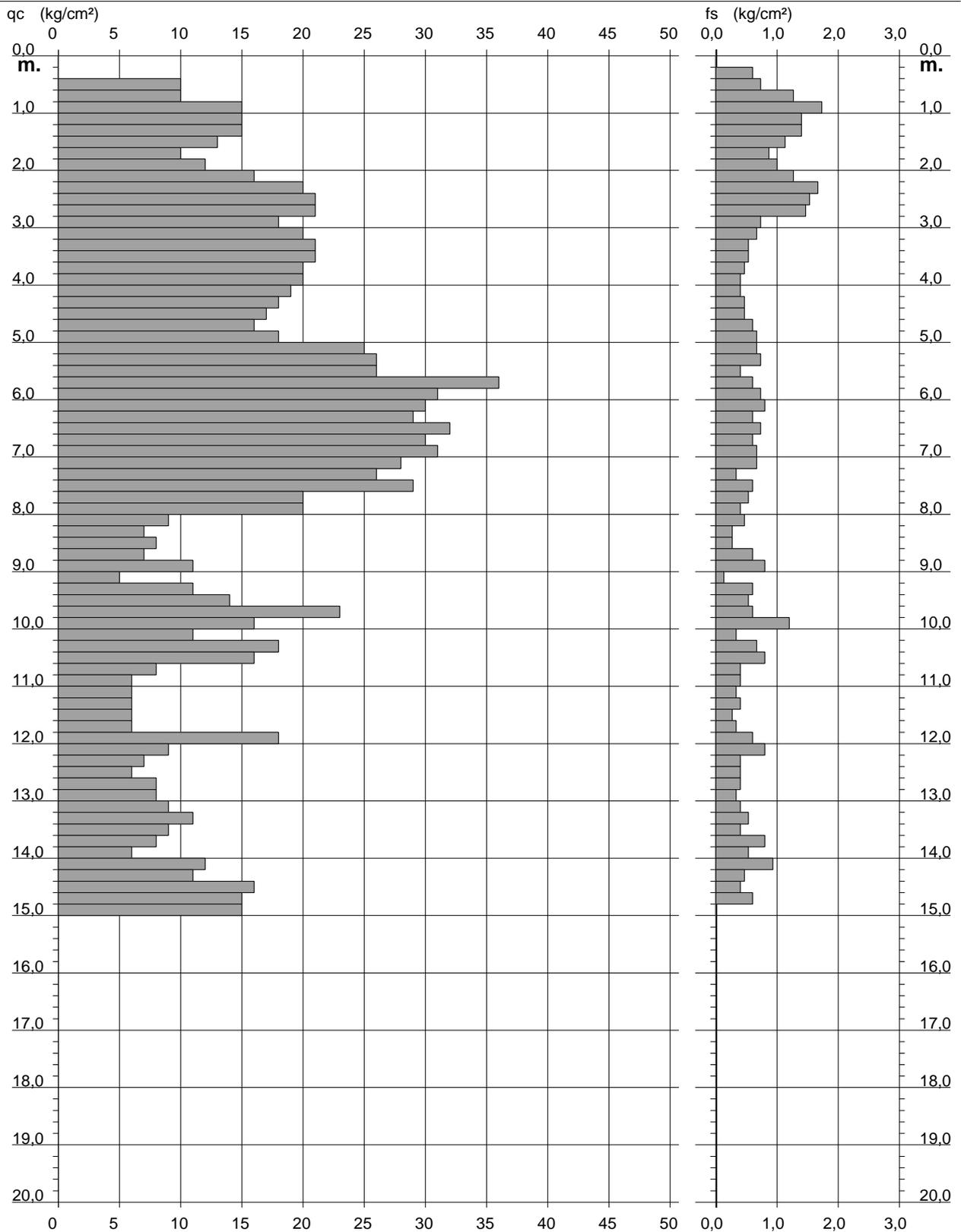
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

**CPT 2**

2.01PG05-077

- committente : Senectus  
- lavoro :  
- località : Vicopisano

- data : 23/09/2021  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- scala vert.: 1 : 100



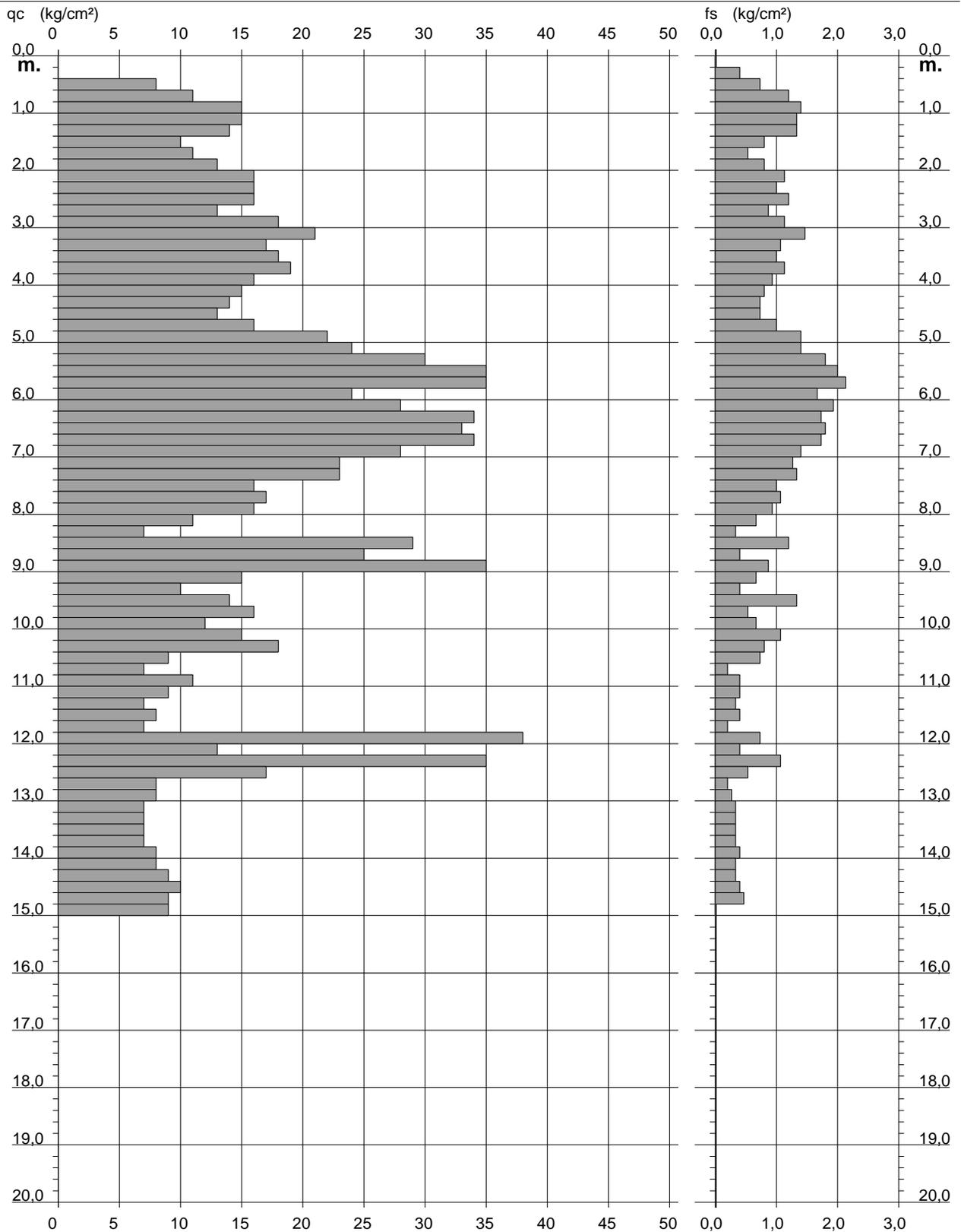
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

**CPT 5**

2.01PG05-077

- committente : Senectus  
- lavoro :  
- località : Vicopisano

- data : 23/09/2021  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- scala vert.: 1 : 100



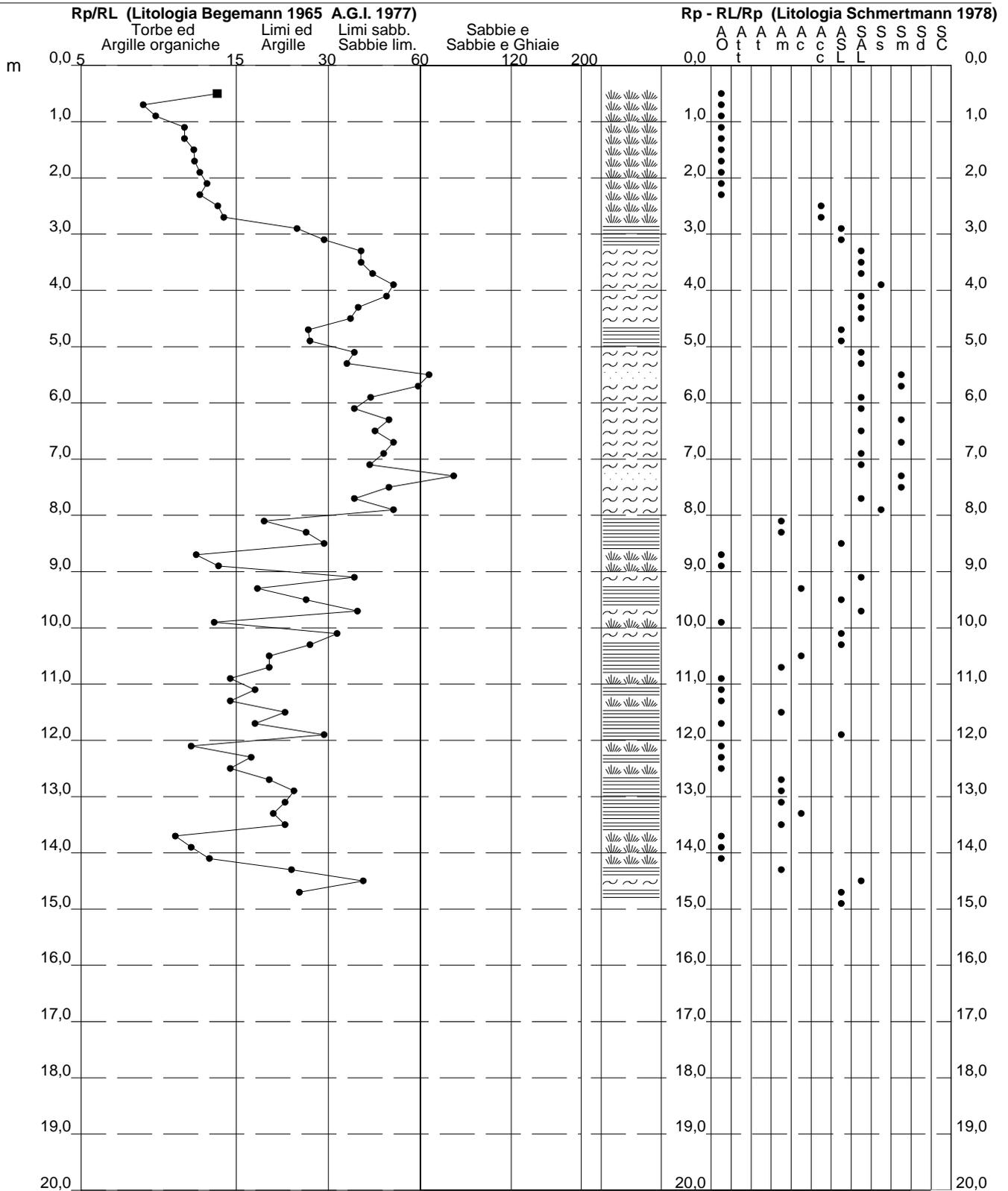
# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

## CPT 2

2.01PG05-077

- committente : Senectus  
- lavoro :  
- località : Vicopisano  
- note :

- data : 23/09/2021  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- scala vert.: 1 : 100



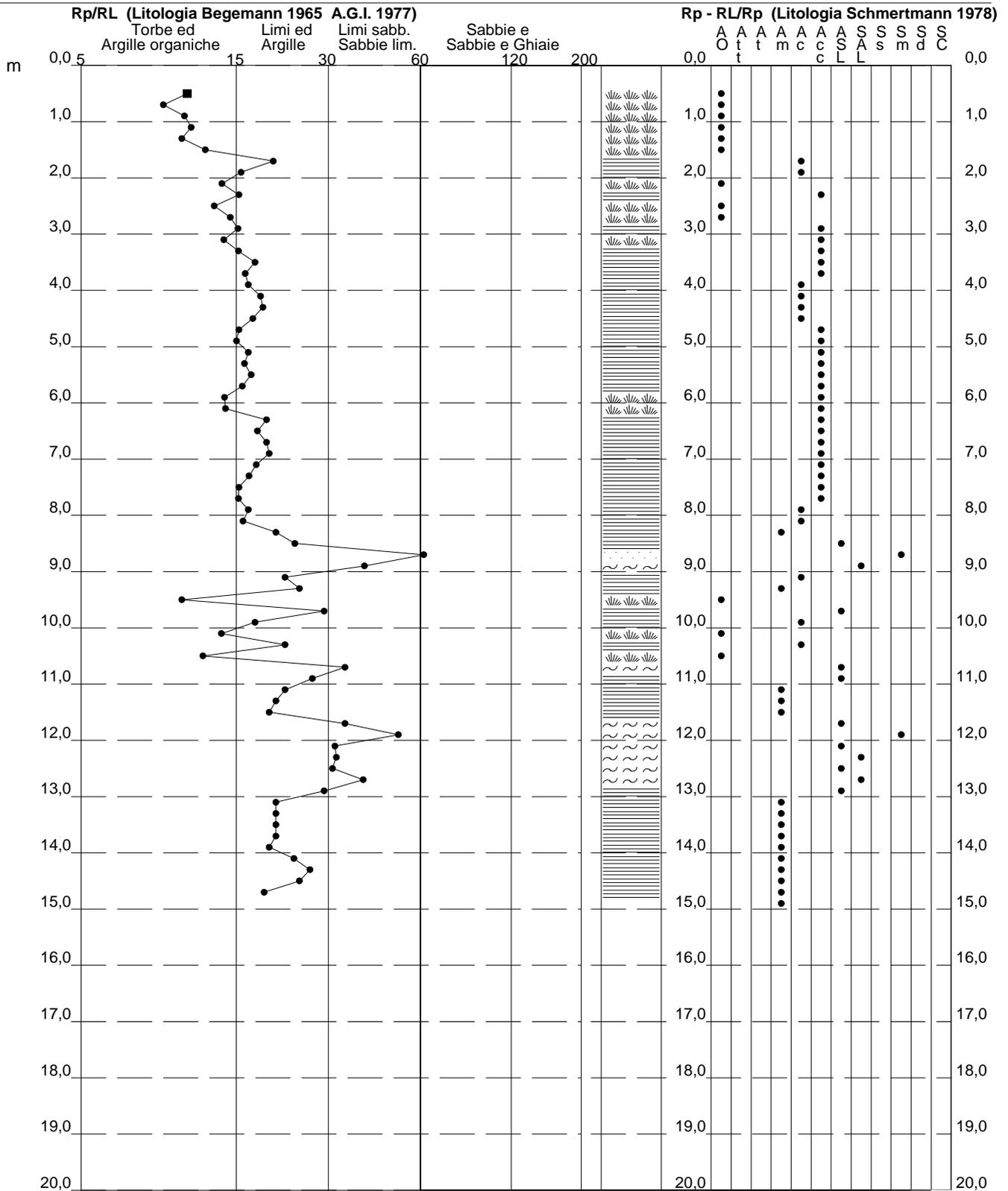
# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

**CPT 5**

2.01PG05-077

- committente : Senectus  
- lavoro :  
- località : Vicopisano  
- note :

- data : 23/09/2021  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- scala vert.: 1 : 100





# PROVA PENETROMETRICA STATICA

## TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

**CPT 5**

2.01PG05-077

- committente : Senectus  
 - lavoro :  
 - località : Vicopisano  
 - note :

- data : 23/09/2021  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

NATURA COESIVA													NATURA GRANULARE												
Prof. m	qc kg/cm <sup>2</sup>	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y'	d'vo kg/cm <sup>2</sup>	Cu kg/cm <sup>2</sup>	OCR (-)	Eu50 kg/cm <sup>2</sup>	Eu25 kg/cm <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm <sup>2</sup>	E'25 kg/cm <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>				
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
0,60	8	11	2////	1,85	0,11	0,40	31,2	68	102	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
0,80	11	9	2////	1,85	0,15	0,54	31,4	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
1,00	15	11	2////	1,85	0,19	0,67	31,2	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
1,20	15	11	2////	1,85	0,22	0,67	24,8	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
1,40	14	10	2////	1,85	0,26	0,64	19,3	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
1,60	10	12	2////	1,85	0,30	0,50	12,1	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
1,80	11	21	2////	1,85	0,33	0,54	11,4	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
2,00	13	16	2////	1,85	0,37	0,60	11,6	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
2,20	16	14	2////	1,85	0,41	0,70	12,3	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
2,40	16	16	2////	1,85	0,44	0,70	11,0	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
2,60	16	13	2////	1,85	0,48	0,70	10,0	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
2,80	13	15	2////	1,85	0,52	0,60	7,6	126	189	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
3,00	18	16	2////	1,85	0,55	0,75	9,1	132	198	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
3,20	21	14	4/:/	1,85	0,59	0,82	9,5	142	213	63	31	32	35	38	40	31	27	0,060	35	53	63	--			
3,40	17	16	2////	1,85	0,63	0,72	7,5	154	231	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
3,60	18	18	2////	1,85	0,67	0,75	7,3	165	247	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
3,80	19	17	2////	1,85	0,70	0,78	7,1	176	263	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
4,00	16	17	2////	1,85	0,74	0,70	5,8	198	297	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
4,20	15	19	2////	1,85	0,78	0,67	5,2	213	320	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
4,40	14	19	2////	1,85	0,81	0,64	4,6	227	340	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
4,60	13	18	2////	1,85	0,85	0,60	4,1	238	356	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
4,80	16	16	2////	1,85	0,89	0,70	4,6	247	371	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
5,00	22	16	4/:/	1,85	0,93	0,85	5,6	249	374	66	22	31	34	37	40	29	28	0,042	37	55	66	--			
5,20	24	17	4/:/	1,85	0,96	0,89	5,7	259	388	72	24	31	34	37	40	29	28	0,045	40	60	72	--			
5,40	30	17	4/:/	1,85	1,00	1,00	6,3	260	391	90	31	32	35	38	40	30	29	0,059	50	75	90	--			
5,60	35	18	4/:/	1,85	1,04	1,17	7,3	256	384	105	35	33	35	38	41	31	29	0,069	58	88	105	--			
5,80	35	16	4/:/	1,85	1,07	1,17	7,0	270	404	105	34	33	35	38	41	31	29	0,067	58	88	105	--			
6,00	24	14	4/:/	1,85	1,11	0,89	4,8	308	462	72	20	31	34	37	40	28	28	0,039	40	60	72	--			
6,20	28	14	4/:/	1,85	1,15	0,97	5,1	316	474	84	25	31	34	37	40	29	28	0,047	47	70	84	--			
6,40	34	20	4/:/	1,85	1,18	1,13	5,9	314	471	102	31	32	35	38	40	30	29	0,059	57	85	102	--			
6,60	33	18	4/:/	1,85	1,22	1,10	5,5	331	496	99	29	32	35	37	40	30	29	0,056	55	83	99	--			
6,80	34	20	4/:/	1,85	1,26	1,13	5,5	341	511	102	29	32	35	37	40	30	29	0,056	57	85	102	--			
7,00	28	20	4/:/	1,85	1,30	0,97	4,3	362	542	84	22	31	34	37	40	28	28	0,042	47	70	84	--			
7,20	23	18	4/:/	1,85	1,33	0,87	3,7	376	564	69	14	30	33	36	39	27	28	0,028	38	58	69	--			
7,40	23	17	4/:/	1,85	1,37	0,87	3,6	386	580	69	14	30	33	36	39	27	28	0,027	38	58	69	--			
7,60	16	16	2////	1,85	1,41	0,70	2,6	364	546	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
7,80	17	16	2////	1,85	1,44	0,72	2,6	376	564	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
8,00	16	17	2////	1,85	1,48	0,70	2,4	371	557	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
8,20	11	16	2////	1,85	1,52	0,54	1,7	308	462	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
8,40	7	21	2////	1,85	1,55	0,35	1,0	210	315	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
8,60	29	24	4/:/	1,85	1,59	0,98	3,4	448	672	87	18	31	33	36	39	27	29	0,035	48	73	87	--			
8,80	25	62	3:/:/	1,85	1,63	--	--	--	--	--	12	30	33	36	39	27	28	0,025	42	63	75	--			
9,00	35	40	3:/:/	1,85	1,66	--	--	--	--	--	23	31	34	37	40	28	29	0,045	58	88	105	--			
9,20	15	22	2////	1,85	1,70	0,67	1,9	375	563	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
9,40	10	25	2////	1,85	1,74	0,50	1,3	295	443	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
9,60	14	10	2////	1,85	1,78	0,64	1,7	365	547	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
9,80	16	30	4/:/	1,85	1,81	0,70	1,9	393	590	52	--	28	31	35	38	25	27	--	27	40	48	--			
10,00	12	18	2////	1,85	1,85	0,57	1,4	335	502	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
10,20	15	14	2////	1,85	1,89	0,67	1,7	383	574	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
10,40	18	22	2////	1,85	1,92	0,75	1,9	423	634	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
10,60	9	12	2////	1,85	1,96	0,45	1,0	270	405	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
10,80	7	35	4/:/	1,85	2,00	0,35	0,7	210	315	32	--	28	31	35	38	25	26	--	12	18	21	--			
11,00	11	27	2////	1,85	2,03	0,54	1,2	319	479	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
11,20	9	22	2////	1,85	2,07	0,45	0,9	270	405	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
11,40	7	21	2////	1,85	2,11	0,35	0,7	210	315	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
11,60	8	20	2////	1,85	2,15	0,40	0,8	240	360	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
11,80	7	35	4/:/	1,85	2,18	0,35	0,6	210	315	32	--	28	31	35	38	25	26	--	12	18	21	--			
12,00	38	52	3:/:/	1,85	2,22	--	--	--	--	--	19	31	34	36	40	27	30	0,037	63	95	114	--			
12,20	13	32	4/:/	1,85	2,26	0,60	1,2	359	539	47	--	28	31	35	38	25	26	--	22	33	39	--			
12,40	35	33	3:/:/	1,85	2,29	--	--	--	--	--	16	30	33	36	39	26	29	0,030	58	88	105	--			
12,60	17	32	4/:/	1,85	2,33	0,72	1,5	423	635	54	--	28	31	35	38	25	27	--	28	43	51	--			
12,80	8	40	4/:/	1,85	2,37	0,40	0,7	240	360	35	--	28	31	35	38	25	26	--	13	20	24	--			
13,00	8	30	4/:/	1,85	2,40	0,40	0,7	240	360	35	--	28	31	35	38	25	26	--	13	20	24	--			
13,20	7	21	2////	1,85	2,44	0,35	0,6	210	315	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
13,40	7	21	2////	1,85	2,48	0,35	0,5	210	315	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
13,60	7	21	2////	1,85	2,52	0,35	0,5	210	315	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
13,80	7	21	2////	1,85	2,55	0,35	0,5	210	315	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
14,00	8	20	2////	1,85	2,59	0,40	0,6	240	360	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
14,20	8	24	2////	1,85	2,63	0,40	0,6	240	360	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
14,40	9	27	2////	1,85	2,66	0,45	0,7	270	405	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
14,60	10	25	2////	1,85	2,70	0,50	0,8	300	450	40															

## VICOPISSANO - SENECTUS, VICOPISSANO SENECTUS

Strumento: TRZ-0158/01-11

Inizio registrazione: 24/09/21 15:11:24 Fine registrazione: 24/09/21 15:41:23

Tipo di lisciamo: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.

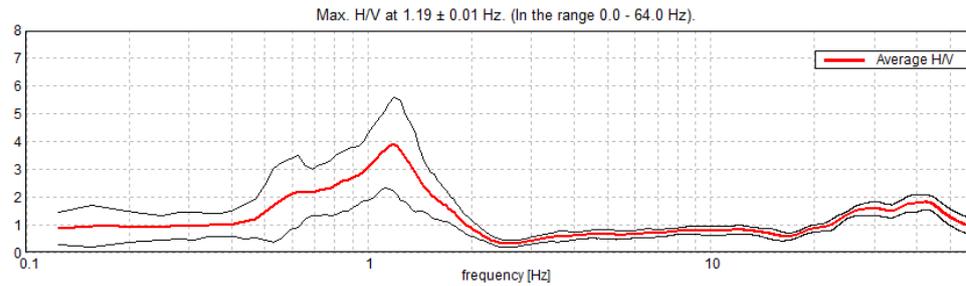
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

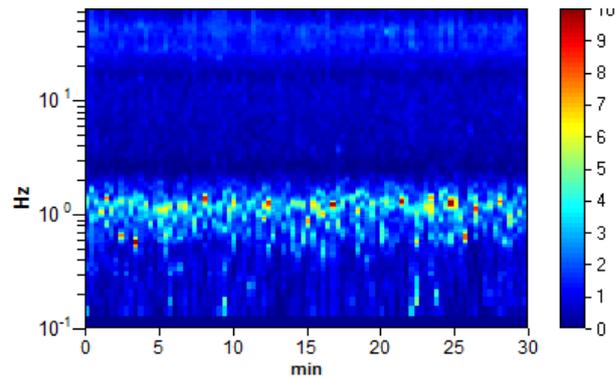
Tipo di lisciamo: Triangular window

Lisciamo: 10%

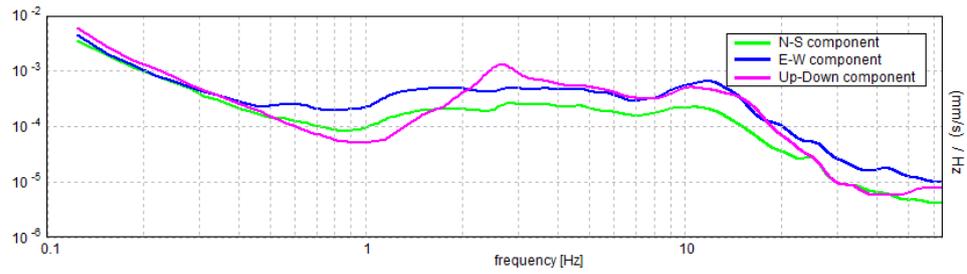
### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



### SERIE TEMPORALE H/V



## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



## LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a  $1.19 \pm 0.01$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / L_w$ :  $1.19 > 0.50$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $2137.5 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5$ Hz

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5$ Hz Superato 0 volte su 58 [ OK ]

Esiste f- in  $[f_0/4, f_0]$  |  $A_{H/V}(f-) < A_0 / 2$ : 0.563 Hz [ OK ]

Esiste f+ in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f+) < A_0 / 2$ : 1.594 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ :  $3.90 > 2$  [ OK ]

$f\_picco[A_{H/V}(f) \neq sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|0.00312| < 0.05$  [ OK ]

$sf < e(f_0)$ :  $0.00371 < 0.11875$  [ OK ]

$sA(f_0) < q(f_0)$ :  $0.8535 < 1.78$  [ OK ]

## COMUNE DI VICOPISANO (PI)



Indagine geofisica down hole eseguita per il progetto di  
realizzazione di nuova RSA

**Comm.te:**  
Senectus s.r.l.

Settembre 2021

Indagine geofisica down hole eseguita per il progetto di realizzazione di  
nuova RSA

Comm.te: Senectus s.r.l.

PREMESSA

La presente relazione illustra i risultati di un'indagine sismica "down hole" eseguita, su incarico della committenza, lungo un tratto della SP Altopascio Bientina nel comune di Vicopisano.

Le misure sono state effettuate all'interno di un sondaggio geognostico attrezzato per l'esecuzione di prove down-hole, che sono state eseguite nel tratto compreso tra - 32,0 m di profondità ed il piano di campagna.

GENERALITÀ SULLE PROSPEZIONI SISMICHE DOWN HOLE

Nel metodo sismico down hole (DH) viene misurato il tempo necessario per le onde P e S di spostarsi tra una sorgente sismica, posta in superficie, e i ricevitori, posti all'interno di un foro di sondaggio opportunamente rivestito (figura 1).

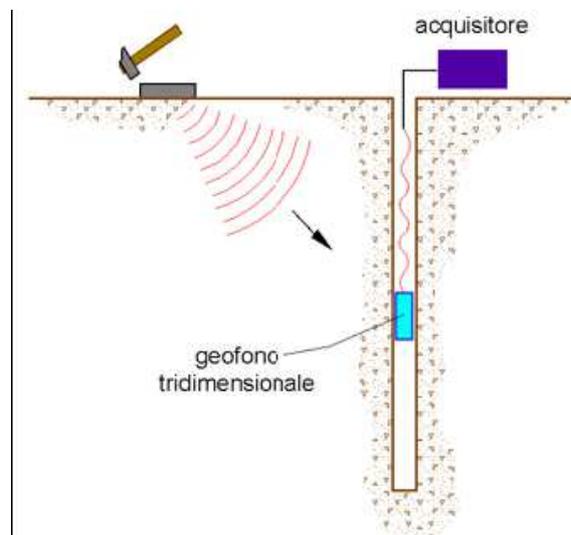


Figura 1 - Schema down hole ad un solo ricevitore

Le componenti indispensabili per una misura DH accurata consistono:

- 1) una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche ricche di energia e direzionali;

- 2) uno o più geofoni tridimensionali, con appropriata risposta in frequenza (4,5-14 Hz), direzionali e dotati di un sistema di ancoraggio alle pareti del tubo-foro;
- 3) un sismografo multi-canale, in grado di registrare le forme d'onda in modo digitale e di registrarle su memoria di massa;
- 4) un trasduttore (trigger) per l'identificazione dell'istante di partenza della sollecitazione dinamica mediante massa battente.

Durante la perforazione, per ridurre l'effetto di disturbo nel terreno, i fori vengono sostenuti mediante rivestimento o di fanghi bentonici e il loro diametro viene mantenuto piuttosto piccolo (mediamente  $\phi < 15$  cm).

I fori vengono poi rivestiti mediante tubazioni, generalmente in PVC pesante da piezometri  $\phi$  80 mm, e riempiti con una malta a ritiro controllato, generalmente composta di acqua, cemento e talvolta bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso.

Prima di iniziare l'indagine è opportuno assicurarsi che il foro sia libero da strozzature e che il tubo di rivestimento non presenti lesioni.

La sorgente consiste in una piastra (di alluminio, acciaio, legno, ...) per l'energizzazione delle onde  $V_p$  che, dopo avere opportunamente predisposto il piano di appoggio, viene adagiata in superficie ad una distanza di 1,5 – 3,0 m; alla stessa distanza è posta la trave di battuta per l'energizzazione delle onde  $V_s$ , orientata in direzione ortogonale ad un raggio uscente dall'asse foro.

Alla sorgente (mazza di battuta od esplosivo) è agganciato il trasduttore di velocità o l'interruttore meccanico utilizzato come trigger.

A questo punto il ricevitore viene assicurato alla parete del tubo di rivestimento in PVC mediante il dispositivo ad aria compressa integrato nel geofono tridimensionale, e le sorgenti vengono colpite rispettivamente in senso verticale (per generare onde di compressione P) e lateralmente (generando onde di taglio SH); al momento dell'energizzazione, con massa battente da almeno 5 kg, parte la registrazione del segnale di trigger e dei ricevitori.

Eseguite le registrazioni, la profondità dei ricevitori viene modificata e la procedura sperimentale ripetuta.

### Interpretazione - Metodo diretto

Per poter interpretare il down hole con il metodo diretto, inizialmente, bisogna

correggere i tempi di tragitto ( $t$ ) misurati lungo i percorsi sorgente-ricevitore per tenere conto dell'inclinazione del percorso delle onde. Se  $d$  è la distanza della sorgente dall'asse del foro (figura 2),  $r$  la distanza fra la sorgente e la tripletta di sensori,  $z$  la profondità di misura è possibile ottenere i tempi corretti ( $t_{corr}$ ) mediante la seguente formula di conversione:

$$t_{corr} = \frac{z}{r} t$$

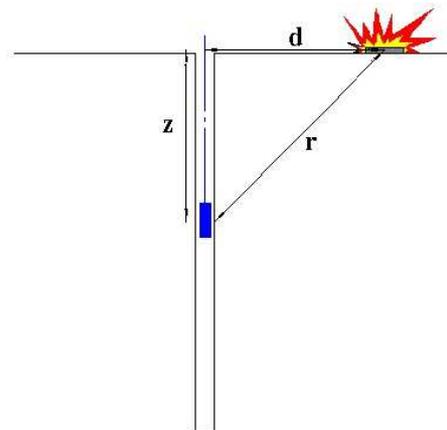


Figura 2 – Schema di down hole con metodo diretto

Calcolati i tempi corretti sia per le onde P che per le onde S si realizza il grafico  $t_{corr}$ - $z$  in modo che la velocità media delle onde sismiche in strati omogenei di terreno è rappresentata dall'inclinazione dei segmenti di retta lungo i quali si allineano i dati sperimentali (figura 3).

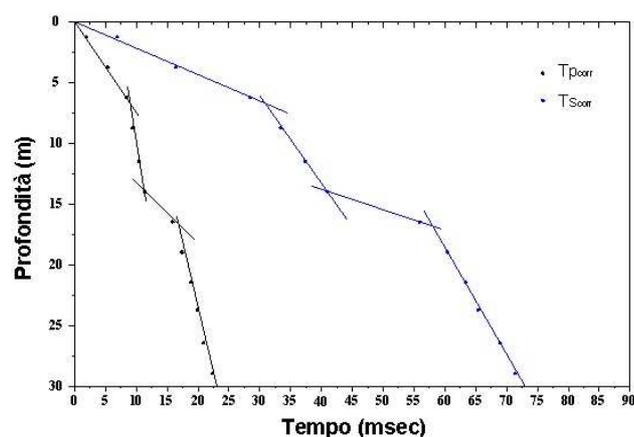


Figura 3 – Grafico delle dromocrone

Ottenuti graficamente i sismostrati si ottengono la densità media, funzione della velocità e della profondità, e i seguenti parametri:

1) coefficiente di Poisson medio:

$$\nu = (0,5 (V_p/V_s)^2 - 1) / ((V_p/V_s)^2 - 1)$$

2) modulo di Young medio:

$$E = V_s^2 \gamma ((3V_p^2 - 4V_s^2) / (V_p^2 - V_s^2))$$

3) modulo di compressibilità volumetrica medio:

$$K = \gamma (V_p^2 - 4/3 V_s^2)$$

### Interpretazione - Metodo intervallo

Con il metodo intervallo i tempi di tragitto dell'onda sismica si misurano fra due ricevitori consecutivi (figura 4) posti a differente profondità, consentendo così di migliorare la qualità delle misure (velocità d'intervallo).

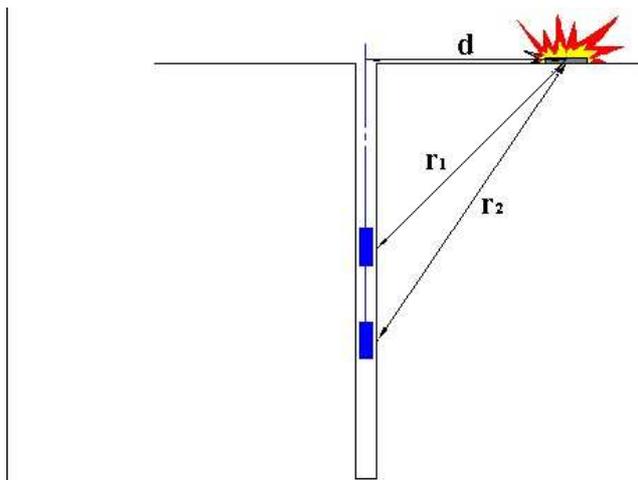


Figura 4 – Schema di down hole con metodo intervallo

Quando si dispone di un solo ricevitore, cioè nell'ipotesi in cui le coppie non corrispondano ad un unico impulso, i valori di velocità determinati vengono definiti di pseudo-intervallo, consentendo un'apparente migliore definizione del profilo di velocità.

Ottenute le misure è possibile calcolare i tempi corretti con la 1.0) e la velocità di intervallo delle onde P e S, con relativo grafico (figura 6), con la formula seguente:

$$v_{p,s} = \frac{r_2 - r_1}{t_{2corr} - t_{1corr}}$$

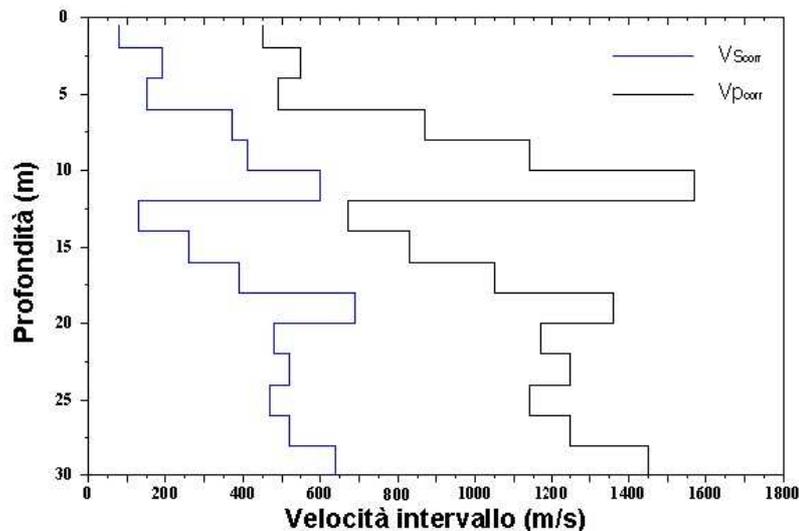


Figura 6 – Profilo delle velocità sismiche con metodo intervallo

Ottenute le velocità intervallo si calcolano la densità, il coefficiente di Poisson, il modulo di deformazione a taglio, il modulo di compressibilità edometrica, il modulo di Young, il modulo di compressibilità volumetrica per ogni intervallo con le formule riportate sopra.

I limiti del metodo intervallo sono :

- a) esso non tiene conto della velocità degli strati sovrastanti;
- b) non è applicabile nel caso in cui  $t_{2\text{corr}} < t_{1\text{corr}}$ .

### ATTREZZATURA E METODOLOGIE IMPIEGATE

Per l'indagine in oggetto si è impiegata un'attrezzatura *AMBROGEO "ECHO 12-24/2002 Sismic Unit"*, avente le seguenti caratteristiche:

- . numero di canali: 24
- . 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 (1530 punti)
  - 200 msec (3060 punti)
  - 400 msec (6121 punti)
  - 1000 msec
- . sampling: 130 micro/sec

- . 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 2002" vers. 7.00.

L'attrezzatura è completata da geofono down hole tridimensionale con bombola di aria compressa per il "packer" di ancoraggio, mazza di battuta da 8 Kg con interruttore starter e/o cannoncino per cartucce industriali con geofono starter per le onde  $S_p$ , cavo trigger da 200 m montato su rullo e trave di battuta per le onde  $S_h$ .

Le energizzazioni sono state eseguite a 3.00 m dall'asse del foro con rilievo delle onde sismiche  $S_p$  ed  $S_h$ . Il canale 1 del sismografo è stato utilizzato per l'acquisizione delle onde  $V_p$ , con tempo di acquisizione 200 msec, mentre i canali 2 e 3 sono stati utilizzati per l'acquisizione delle onde  $V_s$  collegandosi ai due sensori ortogonali del geofono tridimensionale, con tempo di acquisizione 200 msec.

L'acquisizione è iniziata da - 32 m da p.c., fino alla quota di -1 m da p.c.

#### INTERPRETAZIONE DEI DATI

Per l'interpretazione dei dati è stato utilizzato il software *Intersism 2.0* della *geo&soft international*. Tale programma è in grado di operare direttamente con i dati della strumentazione *Ambrogeo* (\*.dat \*.sgy) per la definizione dei tempi di primo arrivo ed il successivo tracciamento delle *dromocrone* (*travel-time curves*).

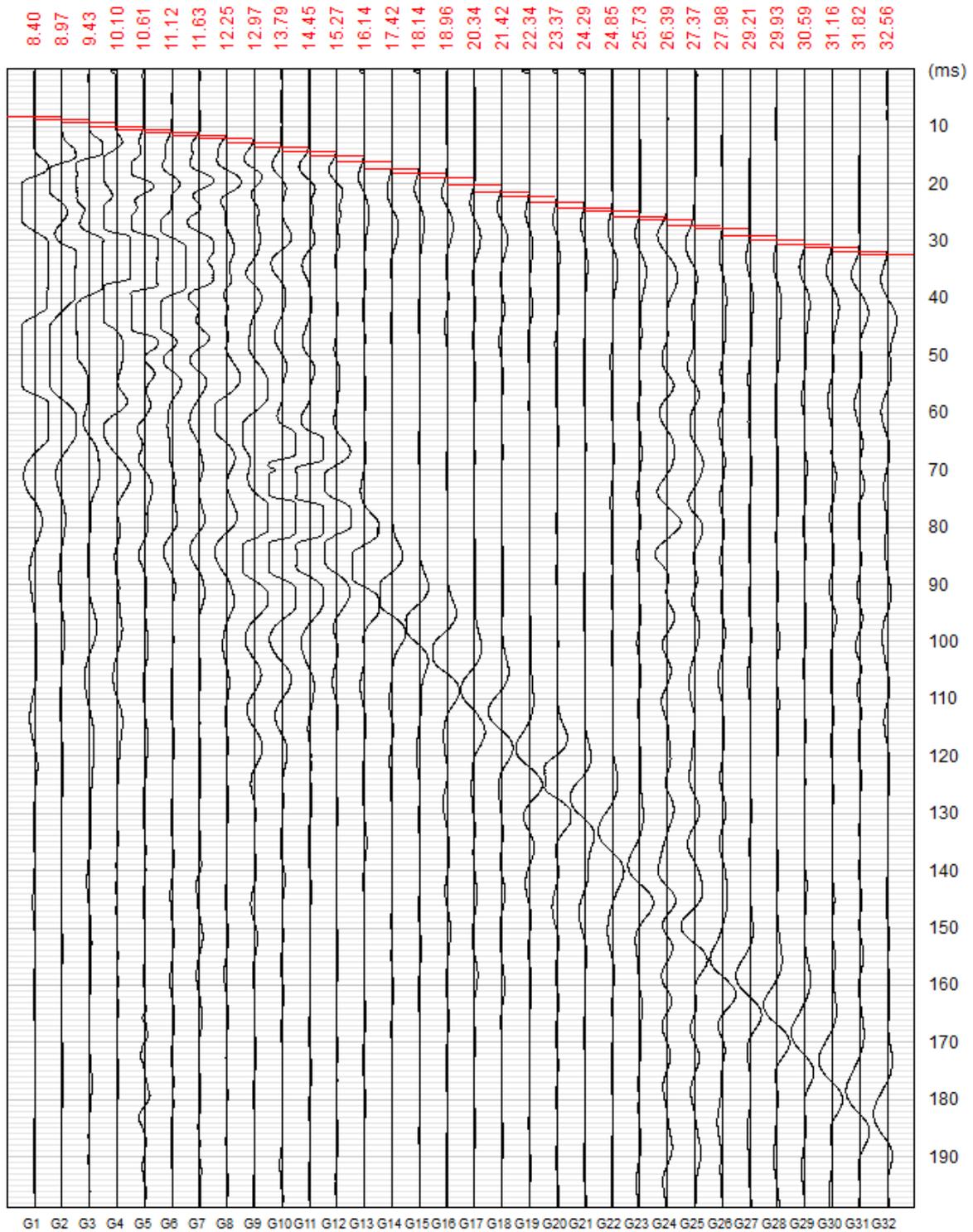
Il calcolo è stato eseguito con il metodo dell'intercetta, che nel caso specifico si è dimostrato efficace ed adatto. Nelle pagine che seguono sono quindi riportati i diagrammi relativi alle dromocrone (primi arrivi) relativi alle onde P ed onde S, la ricostruzione stratigrafica che ne deriva, e l'interpretazione completa dei dati sismici. Si ricorda che la stratigrafia sismica può non corrispondere esattamente con quella geologica e geotecnica, dato che essa considera maggiormente le caratteristiche elastiche e di addensamento dei terreni piuttosto che la stratigrafia caratteristica.

Indagine sismica down hole per realizzazione di RSA

SP Altopascio Bientina, Vicopisano (PI)

Comm.te: Senectus s.r.l.

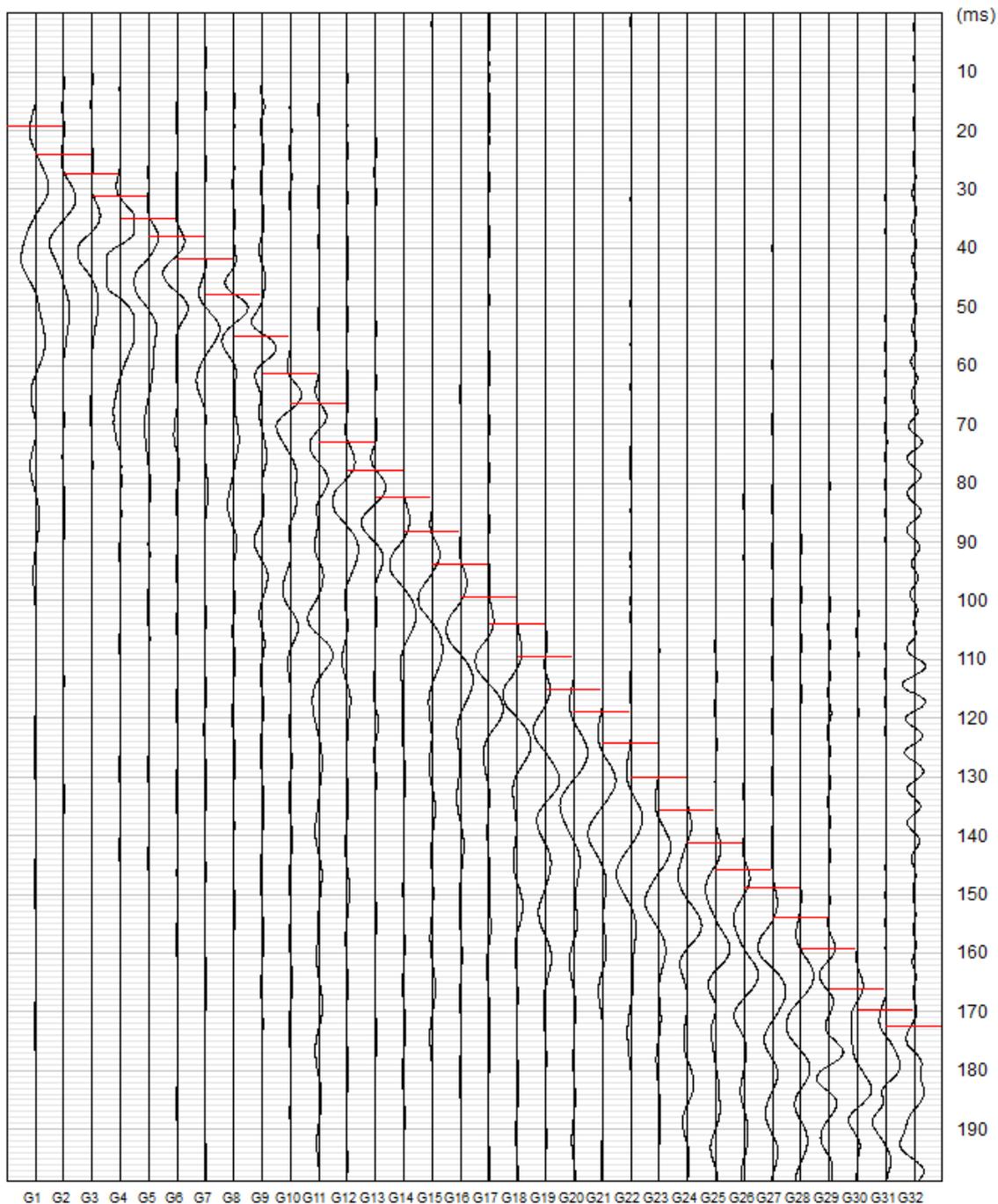
Geofoni verticali (onde P)



Indagine sismica down hole per realizzazione di RSA  
 SP Altopascio Bientina, Vicopisano (PI)  
 Comm.te: Senectus s.r.l.

Geofoni orizzontali (onde Sx)

19.20 24.00 27.34 31.10 34.85 37.99 41.74 48.00 55.12 61.36 66.43 73.06 77.87 82.29 88.27 93.73 99.32 104.00 109.59 115.18 118.95 124.15 130.00 135.72 141.31 145.73 148.98 154.05 159.25 166.14 169.65 172.38

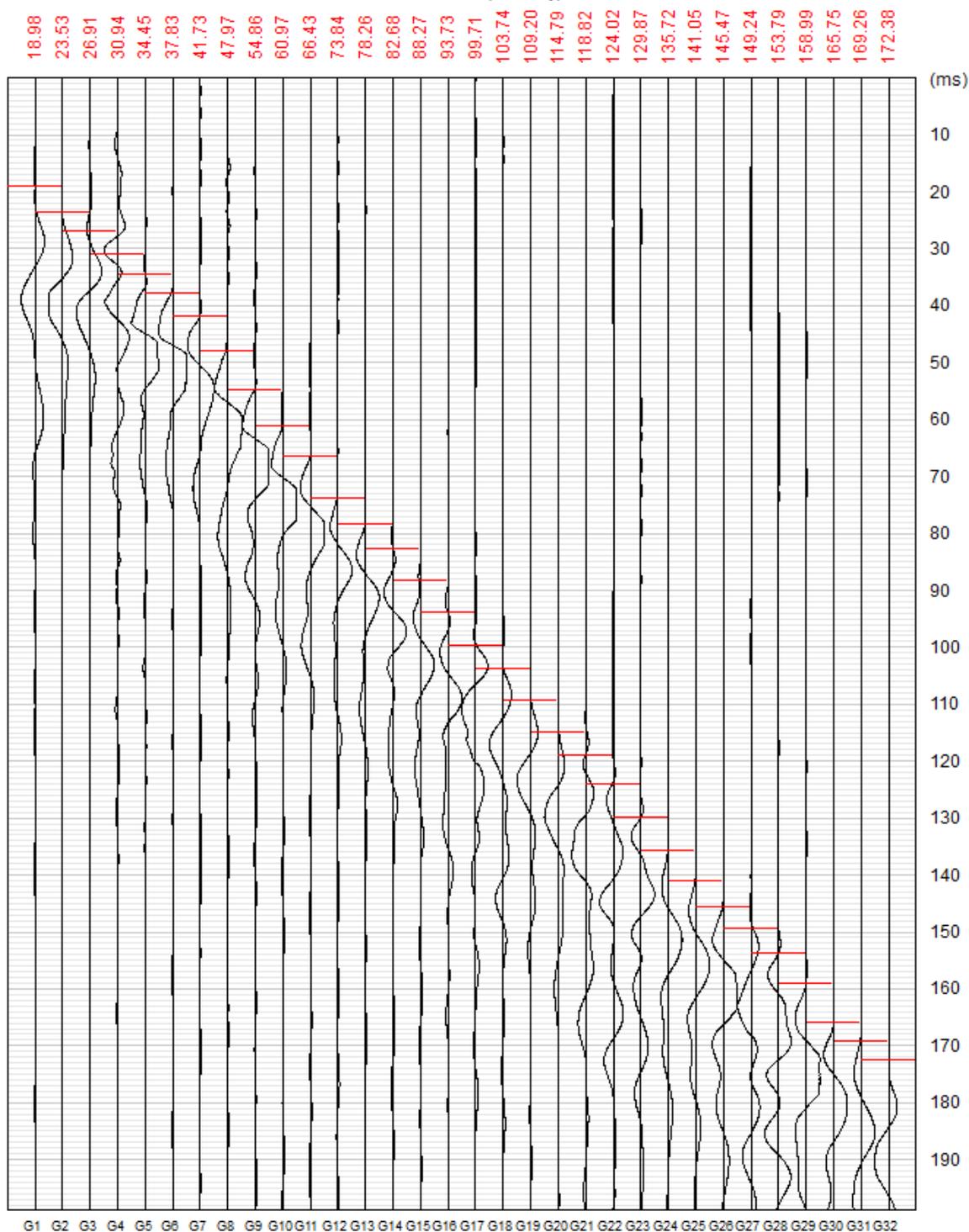


Indagine sismica down hole per realizzazione di RSA

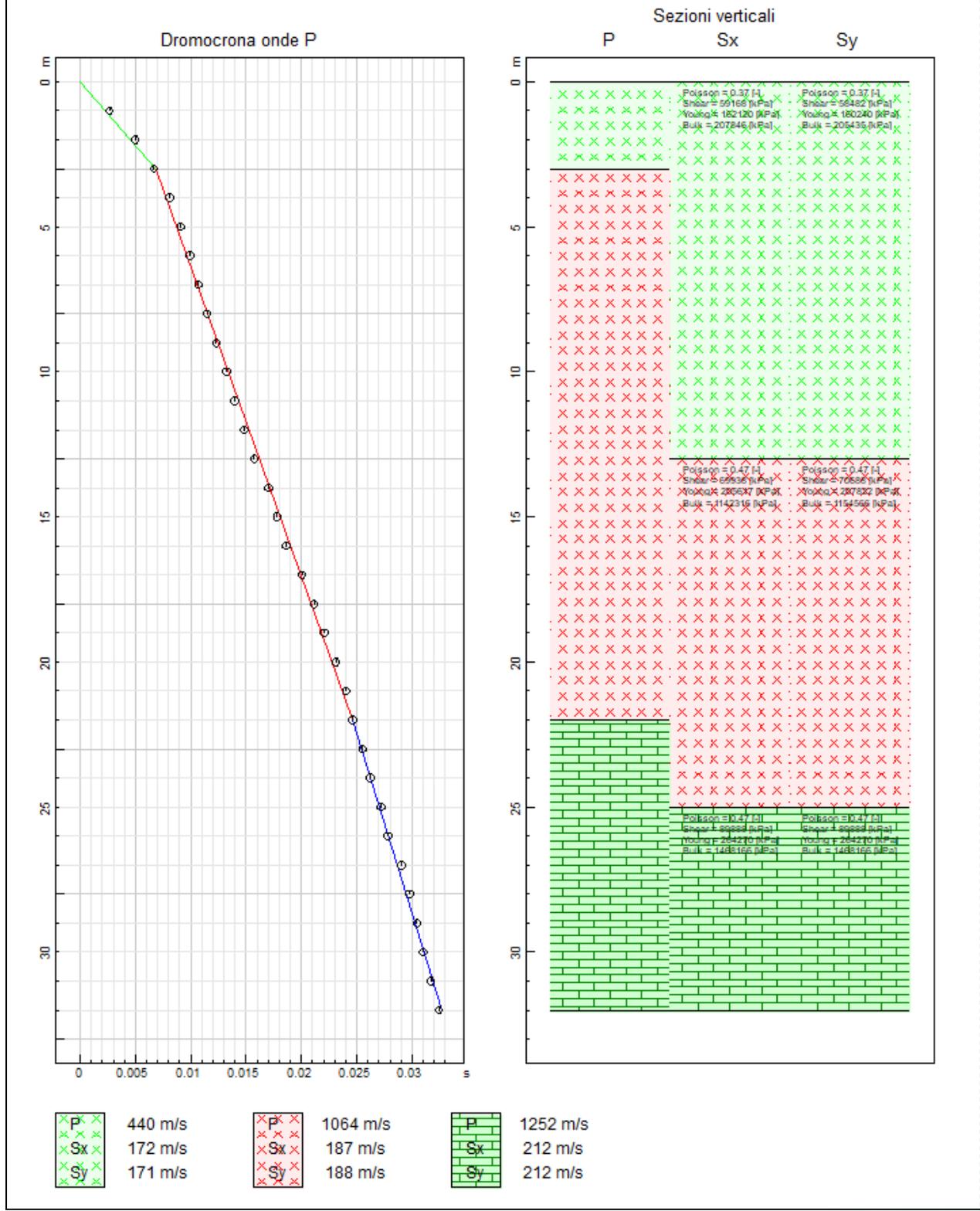
SP Altopascio Bientina, Vicopisano (PI)

Comm.te: Senectus s.r.l.

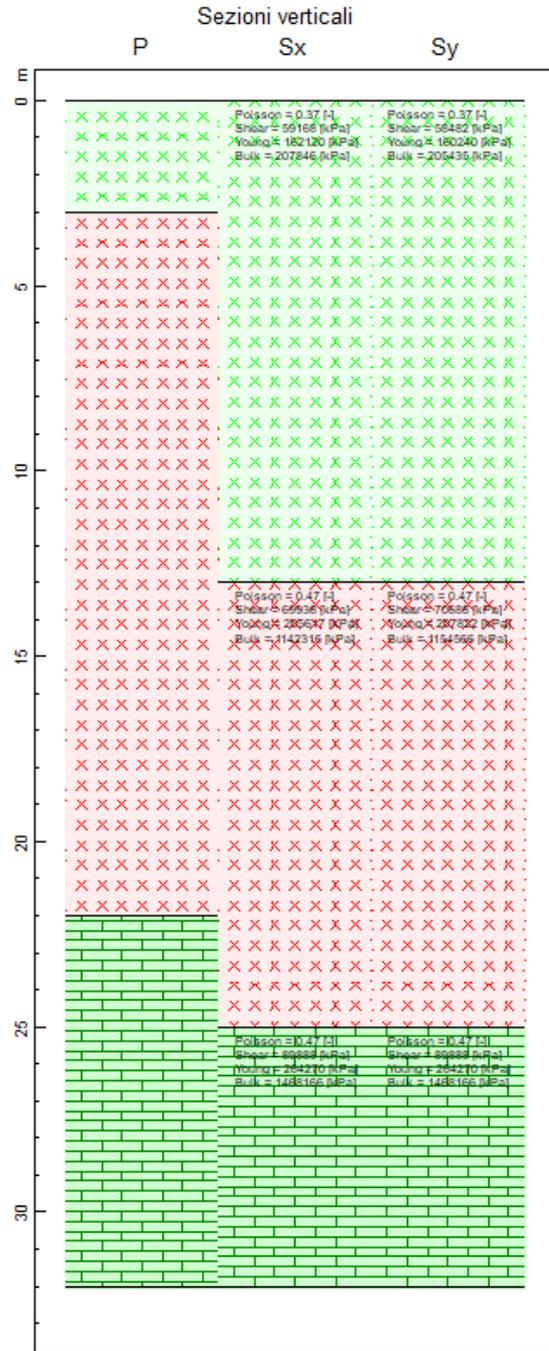
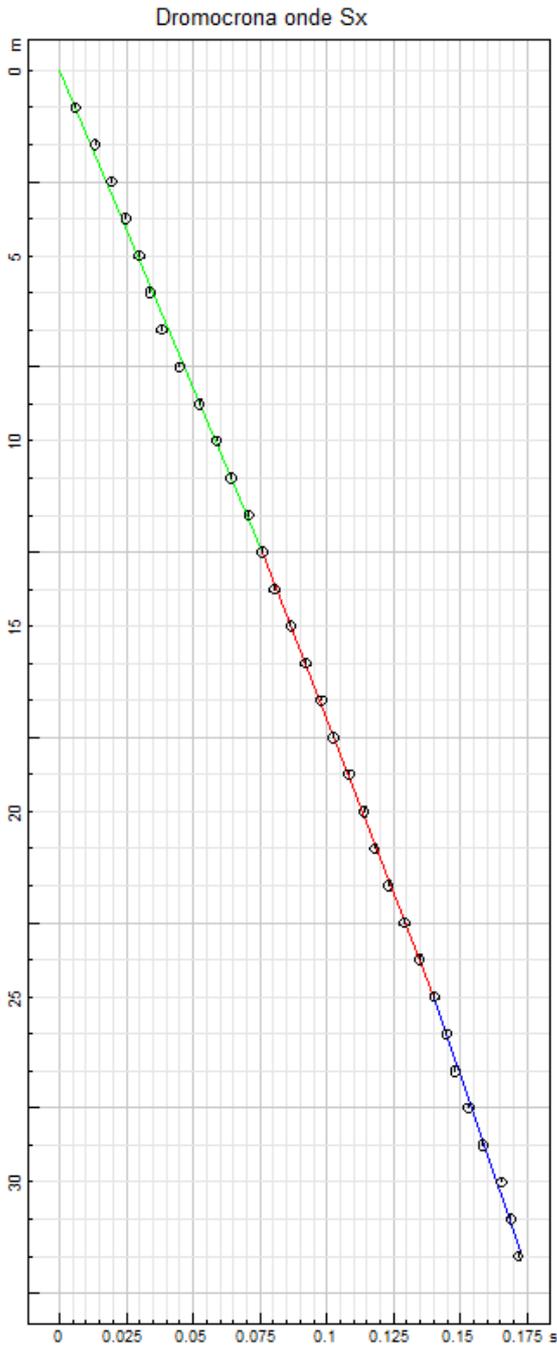
Geofoni orizzontali (onde Sy)



Indagine sismica down hole per realizzazione di RSA  
 SP Altopascio Bientina, Vicopisano (PI)  
 Comm.te: Senectus s.r.l.

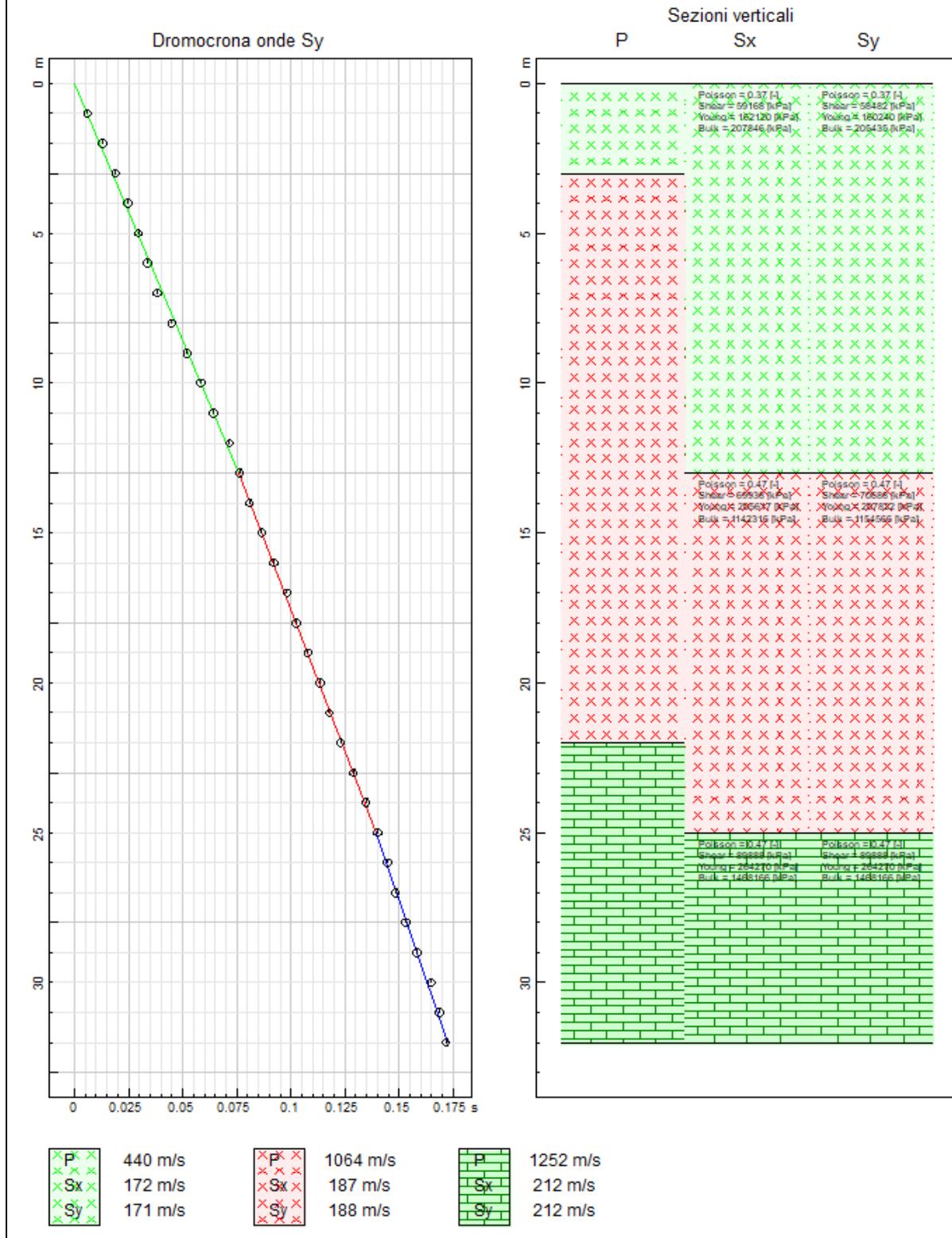


Indagine sismica down hole per realizzazione di RSA  
 SP Altopascio Bientina, Vicopisano (PI)  
 Comm.te: Senectus s.r.l.



P	440 m/s	P	1064 m/s	P	1252 m/s
Sx	172 m/s	Sx	187 m/s	Sx	212 m/s
Sy	171 m/s	Sy	188 m/s	Sy	212 m/s

Indagine sismica down hole per realizzazione di RSA  
 SP Altopascio Bientina, Vicopisano (PI)  
 Comm.te: Senectus s.r.l.



## ANALISI SISMICA DOWN-HOLE

Indagine sismica down hole per realizzazione di RSA

SP Altopascio Bientina, Vicopisano (PI)

Comm.te: Senectus s.r.l.

## DISTANZA DELLO SPARO DA BOCCA FORO

Distanza = 3.00 [m]

## PRIMI ARRIVI

N° Geof.	Profondità [m]	Onde P [ms]	Onde S (X) [ms]	Onde S (Y) [ms]	Onde P (corretti) [ms]	Onde S (X) (corretti) [ms]	Onde S (Y) (corretti) [ms]
1	1.00	8.40	19.20	18.98	2.66	6.07	6.00
2	2.00	8.97	24.00	23.53	4.97	13.31	13.05
3	3.00	9.43	27.34	26.91	6.67	19.33	19.03
4	4.00	10.10	31.10	30.94	8.08	24.88	24.75
5	5.00	10.61	34.85	34.45	9.10	29.89	29.54
6	6.00	11.12	37.99	37.83	9.95	33.97	33.84
7	7.00	11.63	41.74	41.73	10.69	38.37	38.36
8	8.00	12.25	48.00	47.97	11.47	44.95	44.92
9	9.00	12.97	55.12	54.86	12.30	52.29	52.04
10	10.00	13.79	61.36	60.97	13.20	58.77	58.40
11	11.00	14.45	66.43	66.43	13.94	64.09	64.09
12	12.00	15.27	73.06	73.84	14.82	70.88	71.64
13	13.00	16.14	77.87	78.26	15.73	75.88	76.26
14	14.00	17.42	82.29	82.68	17.04	80.46	80.84
15	15.00	18.14	88.27	88.27	17.79	86.56	86.56
16	16.00	18.96	93.73	93.73	18.64	92.12	92.12
17	17.00	20.34	99.32	99.71	20.04	97.81	98.19
18	18.00	21.42	104.00	103.74	21.13	102.58	102.33

19	19.00	22.34	109.59	109.20	22.07	108.25	107.86
20	20.00	23.37	115.18	114.79	23.11	113.91	113.52
21	21.00	24.29	118.95	118.82	24.05	117.75	117.63
22	22.00	24.85	124.15	124.02	24.63	123.01	122.88
23	23.00	25.73	130.00	129.87	25.51	128.91	128.78
24	24.00	26.39	135.72	135.72	26.19	134.67	134.67
25	25.00	27.37	141.31	141.05	27.17	140.30	140.05
26	26.00	27.98	145.73	145.47	27.80	144.77	144.51
27	27.00	29.21	148.98	149.24	29.03	148.07	148.33
28	28.00	29.93	154.05	153.79	29.76	153.17	152.91
29	29.00	30.59	159.25	158.99	30.43	158.40	158.15
30	30.00	31.16	166.14	165.75	31.00	165.32	164.93
31	31.00	31.82	169.65	169.26	31.68	168.86	168.47
32	32.00	32.56	172.38	172.38	32.42	171.63	171.63

## VELOCITA' ONDE P

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]
1	3	440
2	22	1064
3	32	1252

## PARAMETRI ONDE SX

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	13	172	0.37	59168.0	162120	207846
2	25	187	0.47	69938.0	205617	1142316
3	32	212	0.47	89888.0	264270	1468166

## PARAMETRI ONDE SY

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	13	171	0.37	58482.0	160240	205435
2	25	188	0.47	70688.0	207822	1154566
3	32	212	0.47	89888.0	264270	1468166

Dai dati riportati nelle tavole e nei tabulati allegati si fa riferimento a valori delle velocità delle onde Sh di circa 171 m/s per uno spessore di circa 13,0 m, al di sotto di tale profondità si evidenzia un lieve incremento della velocità delle onde trasversali con valori pari a circa 188 m/s fino ad una profondità di circa 25.0 m da p.c.. Da tale profondità e fino alla profondità di 32.0 m si evidenzia un ulteriore incremento della velocità delle onde di taglio pari a circa 212 m/s.

I valori delle velocità delle onde P ricalcano l'andamento generale delle onde S; nello specifico i valori delle velocità delle onde P risulta essere pari circa 440 m/s fino alla profondità di circa 3.0 m dove si evidenzia un incremento della velocità pari a circa 1064 m/s fino alla profondità di circa 22.0 m. Al di sotto di tale profondità si osserva un ulteriore aumento delle velocità delle onde longitudinali con velocità pari a circa 1252 m/s fino alla profondità di 32.0 m da p.c..

**Spianate, 24 settembre 2021.**

  
**MAPPO GEOGNOSTICA s.r.l.**  
 Loc. Biagioni, 60 (LU)  
 Tel. 0583.20799 - 337.7215712  
 C.F. e P. IVA 02019570460  
 -Reg. Imprese di Lucca 02019570460  
 Capitale versato € 12.000,00