



**COMUNE**  
**di**  
**CAPANNOLI**

**CONSORZIO**  
**4 BASSO**  
**VALDARNO**



Con la Collaborazione scientifica:

**UNIVERSITA' DI PISA**  
Dipartimento di Scienze Agrarie,  
Alimentari e Agro-ambientali



TITOLO DEL PROGETTO

**RIQUALIFICAZIONE E VALORIZZAZIONE DEL FIUME ERA**  
**PARCO FLUVIALE**  
**PROGETTO DEFINITIVO**



STRUTTURA DI PROGETTAZIONE

Arch. Maria Antonietta Vocino - Responsabile del Procedimento \_\_\_\_\_

Dott. Ing. Gianluca Soro - Coord. ed integrazione delle figure specialistiche \_\_\_\_\_

Ing. Marco Del Turco - idrologia e idraulica \_\_\_\_\_

Geol. Silvia Lorenzoni - geologia e modellazione geotecnica \_\_\_\_\_

Geom. Luca Palazzuoli - sicurezza e coordinamento ed espropri \_\_\_\_\_

Ing. Andrea Capecchi - strutture e calcoli geotecnici \_\_\_\_\_

Dott. Carlo Scoccianti - ecologia applicata \_\_\_\_\_

Dott.ssa Elisabetta Norci - agricoltura e paesaggio \_\_\_\_\_

Dott. Andrea Bertacchi - Università di Pisa - geobotanica \_\_\_\_\_

Geom. Alessandro Bettarini - rilievi topografici \_\_\_\_\_

TITOLO ELABORATO

**Relazione**  
**geologica e**  
**modellazione**  
**geotecnica**

CODICE ELABORATO

**GEO.DOC.D**

**1**

SCALA

REVISIONE

DATA

MARZO 2018

# **Relazione Geologica**

**Capannoli**  
**- marzo 2018 -**

**Sommario**

<b>1.</b>	<b>Premessa .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Inquadramento geologico geomorfologico ed idrogeologico .....</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>Inquadramento urbanistico e da Pianificazione di Bacino .....</b>	<b>11</b>
<b>4.</b>	<b>Modellazione Geologica .....</b>	<b>17</b>
<b>5.</b>	<b>Modellazione Geotecnica .....</b>	<b>24</b>

# **Premessa**

Il progetto di "Riqualificazione e valorizzazione del fiume Era -Parco Fluviale" prevede la realizzazione di un Parco fluviale lungo il Fiume Era, nel tratto prospiciente l'abitato di Capannoli, dove sono state individuate due aree: in dx idraulica, una porzione assoggettata all'intervento pubblico con vincolo preordinato all'espropriazione (estensione territoriale di circa ha.12); inoltre per un'altra area in sx idraulica di circa ha 2,60 sono previste convenzioni con norma di gestione per il recupero delle sistemazioni agrarie;

Tale progetto si inserisce nell'ambito dei "Contratti di Fiume" previsti all'art.22 della disciplina del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'appennino Settentrionale.

Il Contratto di fiume è un accordo tra diversi soggetti della comunità locale (Autorità di bacino, Comuni, Consorzi, Enti vari, Associazioni, imprese, cittadini, ...) che condividono l'obiettivo della riqualificazione del territorio fluviale dove operano e vivono e che si impegnano a realizzare, ciascuno con le proprie competenze, azioni che rispondono a molteplici finalità e integrano i diversi settori.

La progettazione dell'area individuata nel Comune di Capannoli risponde infatti ai requisiti

previsti dall'art. 22:

1) Il contratto di fiume concorre alla definizione e all'attuazione del PGRA e del Piano di gestione delle acque a livello di bacino e sotto-bacino idrografico, quale strumento volontario di programmazione strategica e negoziata che persegue la tutela, la corretta gestione delle risorse idriche e la valorizzazione dei territori fluviali, unitamente alla salvaguardia dal rischio idraulico, contribuendo allo sviluppo locale delle aree interessate.

2) 2. Per le finalità (...) l'Autorità di bacino, le Regioni, i Comuni(...) promuovono, attraverso il massimo coinvolgimento degli stakeholder, la sottoscrizione del contratto di fiume al fine di: a) favorire la realizzazione integrata delle misure dei due Piani nell'ottica del raggiungimento degli obiettivi della Direttiva 2000/60/CE e della Direttiva 2007/60/CE; b) coordinare le azioni di manutenzione delle sponde; c) promuovere la partecipazione attiva del pubblico e la diffusione delle informazioni ambientali connesse alle tematiche di percezione e di gestione del rischio, di tutela delle acque e degli ecosistemi acquatici; d) coinvolgere i vari enti e gli stakeholder in una gestione partecipata, su base volontaristica, delle problematiche inerenti il rischio idraulico e idrogeologico e la tutela dei corsi d'acqua.

Il progetto prevede interventi finalizzati sia alla mitigazione del rischio idraulico (attraverso il mantenimento della capacità idraulica dell'alveo di piena e la tutela delle aree di espansione e di laminazione naturale) che alla tutela e al recupero degli ecosistemi e della biodiversità attraverso il ripristino delle caratteristiche naturali e ambientali dei corpi idrici e della regione fluviale.

Pertanto la progettazione risulta in linea a quanto previsto dall'art.17 del P.G.R.A. "Misure di prevenzione integrata – infrastrutture verdi" ed il progetto può ritenersi un'infrastruttura verde: *"intervento di protezione finalizzato alla gestione del rischio idraulico e alla tutela e al recupero degli ecosistemi e delle biodiversità, così come definite nella comunicazione della Commissione Europea del 2013, n. 249. Tale intervento è teso ad integrare gli obiettivi della direttiva 2000/60/CE e della direttiva 2007/60/CE."* Tra le infrastrutture verdi rientrano aree golenali attrezzate, aree di divagazione e pertinenza fluviale, aree di esondazione naturale controllata, zone ripariali.

Oltre alla progettazione dell'area verde, è previsto il recupero di una passerella pedonale esistente sul Fiume Era attraverso un intervento sia di recupero che di consolidamento pertanto la presente relazione geologica è parte integrante del progetto definitivo e descrive gli aspetti geologici necessari sia alla progettazione dell'infrastruttura verde (tramite la caratterizzazione litologica dei terreni affioranti) sia al recupero e consolidamento della passerella pedonale presente sul Fiume Era (individuazione delle caratteristiche geologico-geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione).

Lo studio geologico è stato condotto ai sensi del **D.M. 14 gennaio 2008** “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”, dall’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3519 del 28/04/06 e delle Delibere della Giunta Regionale Toscana n. 431 del 19 giugno 2006 e n. 841 del 26 novembre 2007 e dal D.M. 11/3/88 "Norme tecniche e relative istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.

La caratterizzazione geotecnica dei terreni è stata ricostruita mediante l'esecuzione di sei prove CPT eseguite nell'area di intervento, in particolare 3 prove sono state utilizzate per individuare le caratteristiche litologiche dei primi 6 metri dal piano campagna, mentre le altre 3 prove sono state spinte fino al rifiuto strumentale.

Per la determinazione delle caratteristiche sismiche dei terreni è stata eseguita una indagine sismica con metodologia Multichannel Analysis of Surface Waves eseguita nell'area oggetto di studio.

# **Inquadramento geologico-geomorfologico ed idrogeologico**

## Inquadramento geomorfologico

Il territorio comunale di Capannoli si estende su una superficie pari a circa 22 kmq e si sviluppa tra due sistemi idrografici tributari in sinistra del F. Arno; quello dei F. Era e Roglio ad Est e quello del F. Cascina ad Ovest.

L'Era è l'ultimo dei grandi affluenti di sinistra dell'Arno, nasce dalle colline intorno a Volterra dove è costituita da due rami, Era Viva ed Era Morta. Si dirige in direzione Nord, verso Pontedera, mantenendosi approssimativamente al centro del bacino, con uno sviluppo complessivo di circa 50 km lungo i quali riceve come affluenti principali, lo Strolla, il Capriggine, il Fregione e il Roglio sulla destra, l'Arpino, il Ragone, il Fosce, lo Sterza e il Cascina sulla sinistra. Tutti questi corsi d'acqua traggono le loro direzioni (SE-NO e SO-NE) dal maggior sollevamento del lato meridionale del bacino che raggiunge le quote più alte alle estremità (Cornocchio, 629 mt; Monte Vitalba, 675 mt.).

I versanti presentano delle pronunciate acclività nelle zone prossime allo spartiacque, generalmente caratterizzate dall'affioramento di unità geologiche più resistenti all'erosione. Nella parte alta del bacino, sui sedimenti argillosi del Pliocene marino, si evolvono particolari forme di erosione: le *biancane*, quando i materiali vengono asportati solo in superficie per distacco di piccole scaglie, ed i *calanchi* quando si verificano distacchi di massa e profonde incisioni. Spesso sulle morfologie più dolci si osservano colate di fango, mentre sulle pendici che evolvono a calanco prevalgono i fenomeni di soliflusso.

Nell'area di pianura alluvionale il Fiume Era si addentra per intero nel territorio comunale di Capannoli all'interno del quale inizia ad assumere un andamento meandriforme che va enfatizzandosi nel proseguo verso valle.

## Inquadramento geologico

La geologia del bacino (Mazzanti, 1961) si è evoluta prevalentemente sui depositi marini pliocenici e la valle, di origine tettonica, è impostata su di un sistema di faglie dirette che hanno interessato i sedimenti del complesso neoautoctono. Si tratta di una struttura a "graben" ed "horst" con quattro linee principali di dislocazione ad andamento appenninico.

Queste strutture tettoniche sono tagliate da più recenti faglie normali, di direzione prevalente SudEst-NordOvest ed immersione opposta e convergente dai due alti strutturali che mettono a contatto le unità appenniniche con i sedimenti miocenico superiori-pleistocenico inferiori, che riempiono la fossa tettonica. Questi ultimi presentano un basso grado di deformazione, essendo strutturati, nella gran parte del bacino, in monoclinali a debole inclinazione e direzione Sud Ovest-Nord Est prevalente e, nella porzione più settentrionale, dall'altezza di Peccioli in direzione Nord, prevalgono con direzione Ovest SudOvest-Est NordEst, con immersioni a Nord NordOvest.

Fino al Miocene inferiore (12 milioni di anni fa) il territorio della Valdera è caratterizzato dalla presenza di un mare nel quale, a partire dal Trias avviene la deposizione di una serie di

sedimenti carbonatici di mare aperto fino ai sedimenti silicei, per tornare poi a sedimenti carbonatici di mare sempre più basso.

Risale al Miocene medio una prima fase di compressione e conseguente corrugamento della crosta terrestre che per quanto riguarda la zona in esame solleva tre dorsali che rimangono ancora separate dal mare ed allineate in direzione N-S. Dette dorsali sono distinte nel complesso dei Monti Livornesi ad Ovest, nel complesso di Chianni/Casciana Terme al centro e nel complesso di Iano/Montaione ad Est.

Nel Miocene superiore, una successiva fase di distensione, dà origine a due fosse tettoniche nelle quali cominciano a delinearsi le strutture delle valli fluviali (Era-Sterza-Cascina ad OVEST e Fine-Tora ad EST)

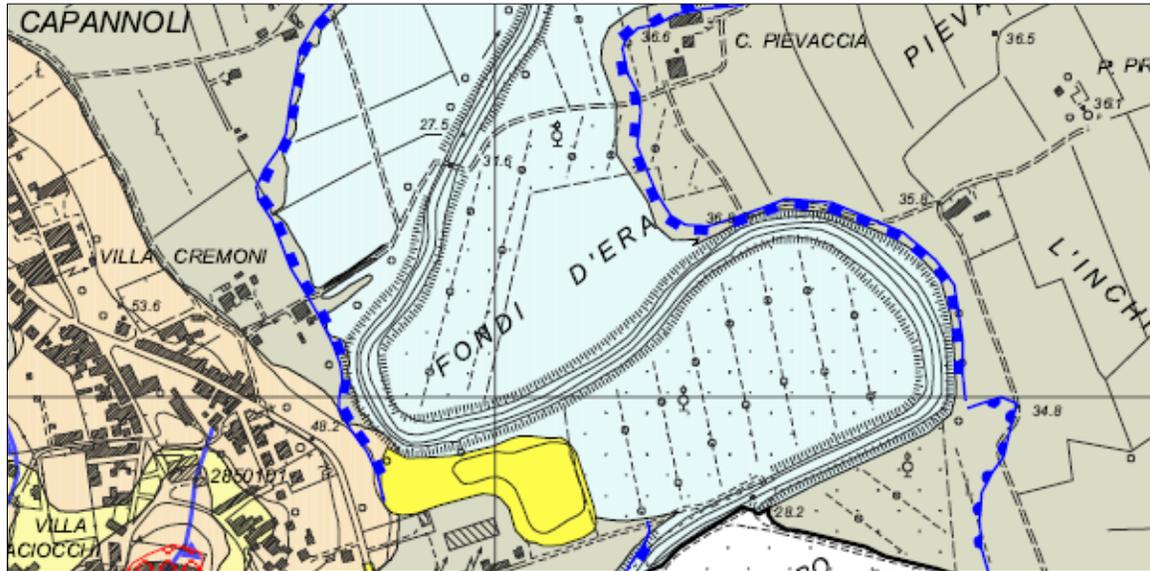
Nel Pliocene inferiore e medio si ha un innalzamento del livello del mare e quindi una sua ingressione in tali valli; in tale fase avviene la deposizione di notevoli spessori di argille (Pag), sabbie argillose (P2) e sabbie (P3);

Nel Pliocene medio, una nuova fase di sollevamento determina il ritiro del mare verso Sud e verso Ovest e quindi dal fondo delle valli emergono le argille e le sabbie marine (Pag, P2e P3) che vengono in parte sottoposte ad erosione.

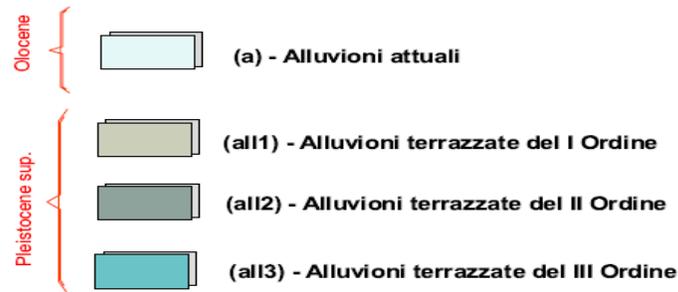
Nel Pleistocene inferiore si verifica una nuova fase distensiva, con conseguente ingressione marina. La nuova trasgressione interessa un'area meno vasta rispetto a quella del Pliocene e dà origine alla deposizione delle sabbie argillose (Q2) e delle sabbie (Q3).

Infine, nel Pleistocene inferiore si ha una fase "epirogenetica" (lento sollevamento) che interessa l'intera area meridionale delle Colline Pisane determinando l'innalzamento delle formazioni plioceniche e pleistoceniche; inoltre dalla dorsale di Casciana Terme si creano due distinti sistemi idrografici, diretti uno verso Est e l'altro verso Ovest, che danno origine rispettivamente ai fiumi Era, Sterza e Cascina (ad Ovest) e Tora Fine (ad Est).

Dall'estratto cartografico della carta geologica, scala 1:10.000, del Piano Strutturale comunale, si rileva la netta prevalenza di alluvioni attuali (a): questa formazione è costituita da sedimenti fini, costituiti prevalentemente da limi, più o meno argillosi; questi sedimenti sono da ricondurre ai depositi del F. Era e del Roglio e dei corsi d'acqua minori che scendono dalle colline. Coincide con le aree interessate dal corso d'acqua durante eventi eccezionali ed eventi ricorrenti.



#### LEGENDA GEOLOGICA



## Inquadramento idrogeologico e rete idraulica

L'intera rete idraulica presente nel territorio comunale è costituita da quattro corsi d'acqua principali (Era - Roglio – Cascina – Recinaio) e dai Botri che corrono all'interno della parte collinare o ai suoi bordi, i capofossi, le canalette campestri, i tratti dismessi ed i tratti intubati.

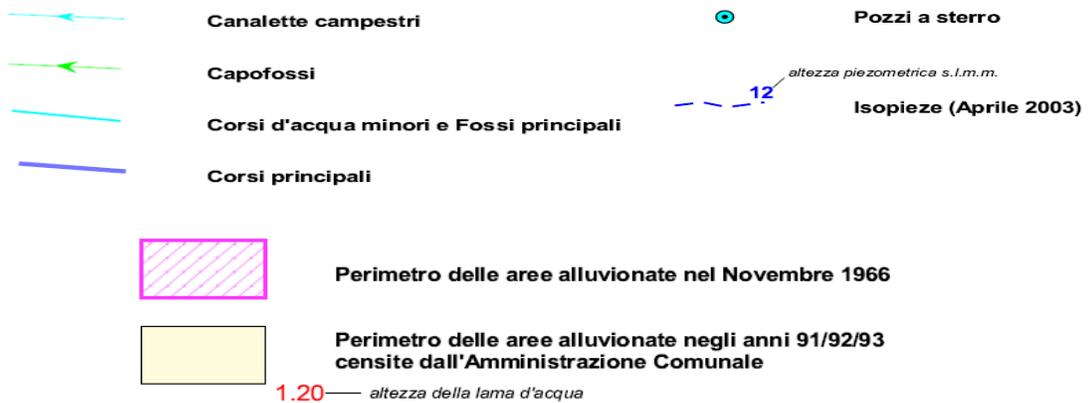
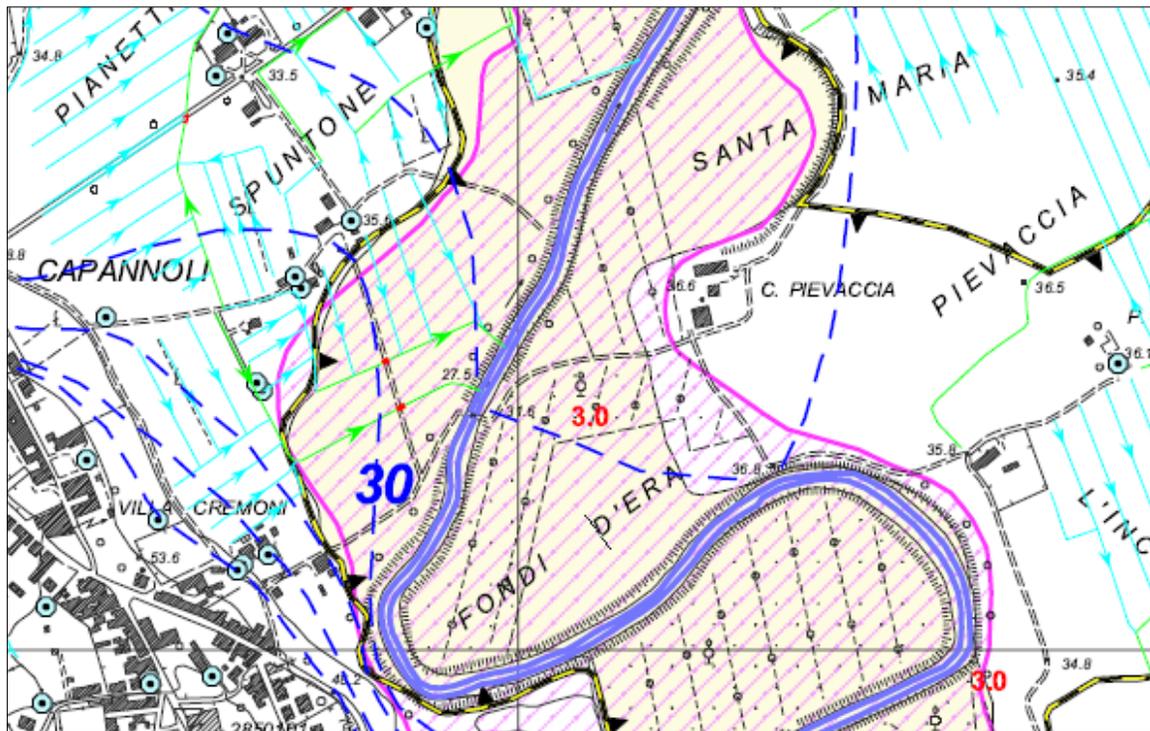
Sui fondi valle principali, particolare evidenza assume l'ampia rete di fosse campestri, con relativi capofossi: le direzioni di flusso accertate dimostrano che la rete suddetta è drenata principalmente dall'asta fluviale del F. Era, sia direttamente sia attraverso il Fosso Recinaio. Quest'ultimo percorre circa la metà della piana alluvionale Era- Roglio ed assume quindi una notevole importanza per la regimazione idraulica di questa zona.

Dal punto di vista idrogeologico si segnala l'andamento della falda freatica, così come ricostruito negli studi di supporto al P.S. Comunale, fa rilevare un flusso principale che interessa

l'asse centrale della valle in direzione SE-NO; detto flusso è drenato a sua volta sia in direzione Est che in direzione Ovest, dalle aste fluviali del Roglio e dell'Era; apporti laterali importanti provengono dai rilievi collinari alle spalle di Forcoli e Capannoli.

Le isofreatiche ricostruite sulla base dei livelli misurati nei pozzi di riferimento, hanno quote variabili da +26 a +36 m s.l.m., quindi non molto inferiori al p.d.c. infatti il livello di falda si attesta mediamente a profondità di -1,5m dal p.c.

Di seguito si ripropone un estratto della Tavola idrogeologica in scala 1:10.000 estratta dal P.S.



# **Inquadramento Urbanistico e da Pianificazione di Bacino**

## **Il Parco Fluviale nel Piano Strutturale**

Dall'analisi delle cartografie che formano il nuovo regolamento urbanistico del comune di

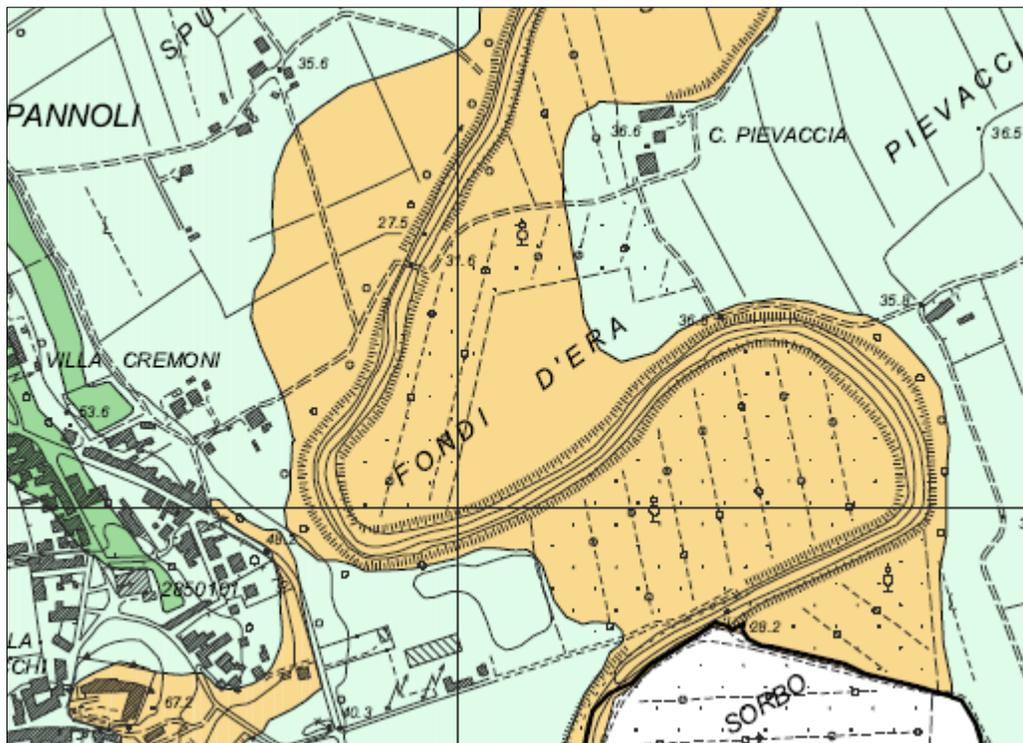
Capannoli approvato con delibera di consiglio comunale n. 19 del 20 aprile 2009, successiva variante manutentiva approvata con deliberazione di consiglio comunale n. 29 del 31 luglio 2013 e successiva variante per aggiornamento quinquennale approvata con deliberazione di consiglio comunale n. 43 del 26/09/2017 è stato possibile inquadrare l'area del parco fluviale per quanto inerente la pericolosità geomorfologica e sismica.

## la pericolosità geomorfologica

All'interno dell'area destinata a Parco fluviale sono presenti due differenti classi di pericolosità geomorfologica, ovvero la classe di pericolosità geomorfologia elevata G3 e media G2 definite ai sensi del D.P.G.R. 26/R 2007.

Nella classe di *pericolosità elevata* ricadono le Aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico ed Aree interessate da intensi fenomeni erosivi.

Nella classe di *pericolosità media* ricadono le aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture naturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto.



G.2 -



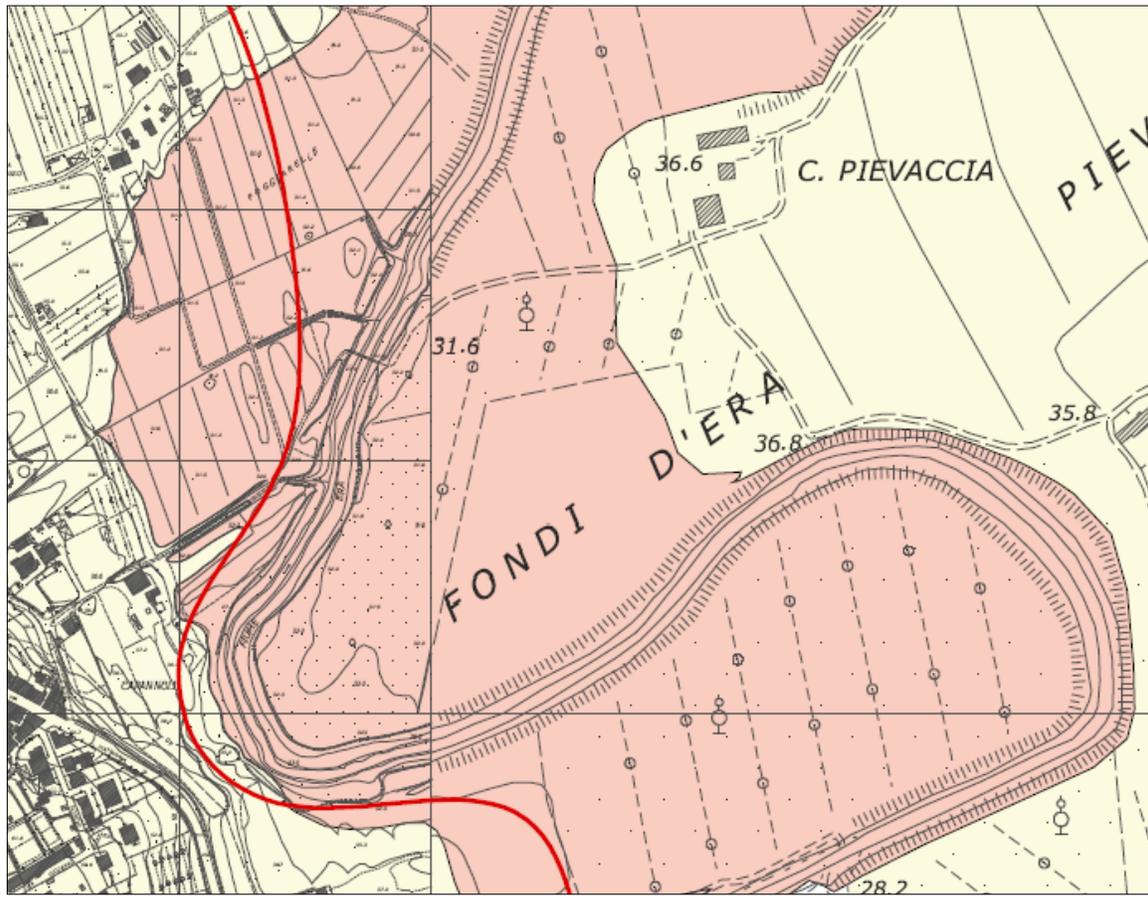
G.3 -



la pericolosità sismica

L'area destinata a Parco fluviale ricade pressochè totalmente nell'area classificata a pericolosità sismica locale elevata ai sensi del D.P.G.R. 53/R/2011

Nella classe di *pericolosità sismica elevata* ricadono le zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; ai terreni suscettibili di liquefazione dinamica;



 S.3 - Pericolosità sismica locale elevata

Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità sismica locale elevata (S3), in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi, sono valutati i seguenti aspetti:

- sono realizzate adeguate indagini geognostiche e geotecniche finalizzate alle verifiche dei cedimenti;
- per i terreni soggetti a liquefazione dinamica, per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona sismica 2, sono realizzate adeguate indagini geognostiche e geotecniche finalizzate al calcolo del coefficiente di sicurezza relativo alla liquefazione dei terreni;

## **Il Parco Fluviale nella Pianificazione dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale**

## **Pianificazione di Bacino in materia di pericolosità idraulica (P.G.R.A .Piano Gestione Rischio Alluvioni)**

Con delibera del Comitato Istituzionale n.235 del 3 marzo 2016 è stato definitivamente approvato il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni che rappresenta un forte elemento di innovazione in quanto sostituisce a tutti gli effetti per ciò che riguarda la pericolosità da alluvione il PAI (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico).

L'area da destinare a Parco Fluviale interessa due aree destinate dal PGRA a misure di protezione ed è classificata a pericolosità da alluvione elevata P.3.

Ai sensi dell'Art.7 comma a della Disciplina di Piano l'intervento rientra tra le misure di protezione previste dal PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone e misure previste dal PGA ed è pertanto soggetto a parere dell'Autorità di Bacino.

Di seguito si riporta un estratto dello stralcio n.528 in scala 1:10.000 della Carta delle Aree a Pericolosità Idraulica



La Pericolosità da alluvione elevata (P3) corrisponde ad aree inondabili da eventi con tempi di ritorno minore/uguale a 30 anni.

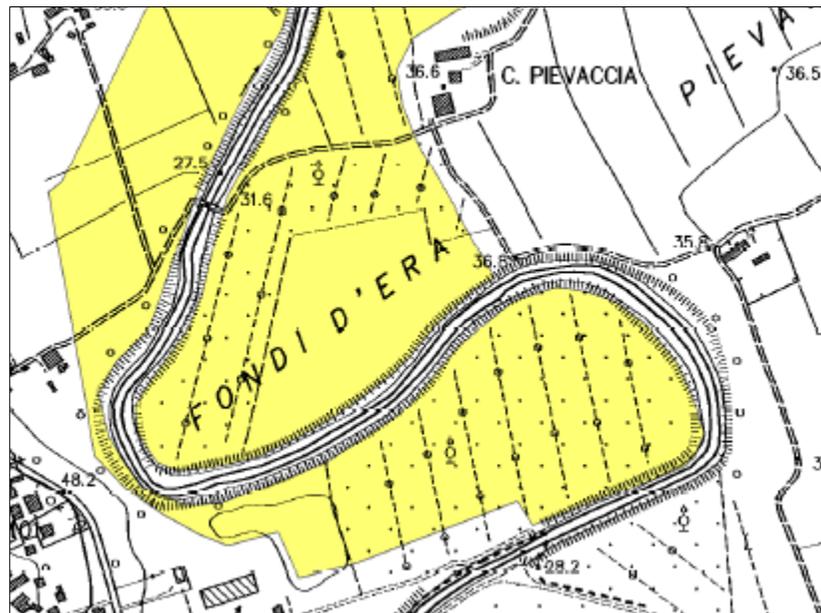
## **Pianificazione di Bacino in materia di riduzione rischio idraulico (P.G.R.I .Piano Gestione Rischio Idraulico)**

Il Piano Stralcio "Riduzione del Rischio Idraulico", strumento del Piano di Bacino per la valutazione del rischio alluvionale su asta dell'Arno e principali affluenti e per la individuazione

delle strategie di intervento per la sua mitigazione, è stato aggiornato e reso conforme a quanto previsto dal P.G.R.A.

L'area da destinare a parco fluviale rientra tra gli interventi di tipo "A" ovvero con il vincolo di non edificabilità assoluta. Sono esclusi dal vincolo di inedificabilità, ai sensi dell' art. 2 della normativa di Piano e purché non determinino un incremento del rischio idraulico e/o di esposizione allo stesso:

- gli interventi idraulici e di sistemazione ambientale atti a ridurre il rischio idraulico e quelli atti a perseguire miglioramento ambientale;
- le opere di demolizione senza ricostruzione, di manutenzione ordinaria, straordinaria, di restauro, di risanamento conservativo e di adeguamento igienico-sanitario riguardanti gli edifici esistenti, che non comportino aumenti di superficie coperta;
- gli interventi di ampliamento o di ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferite a servizi essenziali, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico parimenti essenziali, purché non concorrano ad incrementare il rischio idraulico e non precludano la possibilità di attuare gli interventi previsti dal piano, previa concertazione tra enti ed Autorità di Bacino.



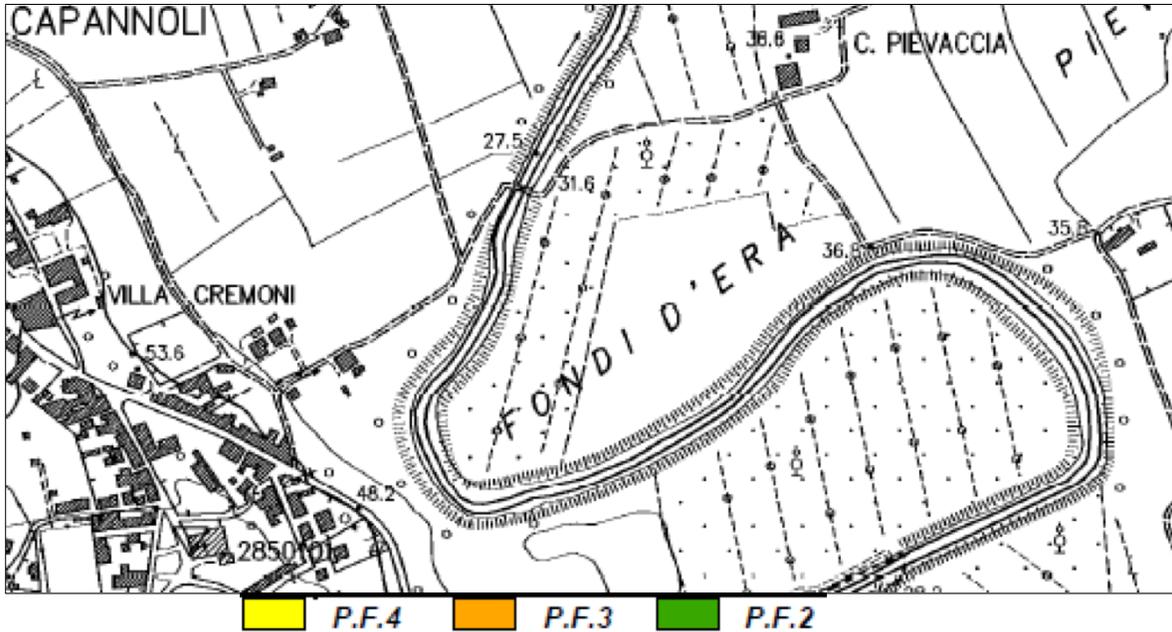
 *Interventi di tipo "A"*

## **Pianificazione di Bacino in materia di pericolosità geomorfologica (P.A.I. Piano Assetto Idrogeologico)**

Per quanto concerne la pericolosità geomorfologica, dall'analisi delle cartografie contenenti

le Perimetrazioni delle aree con pericolosità da frana derivate dall'inventario fenomeni franosi del Piano Assetto Idrogeologico P.A.I, l'area di intervento non risulta classificata.

Di seguito si riporta l'estratto dello Stralcio n.528 in scala 1:10.000



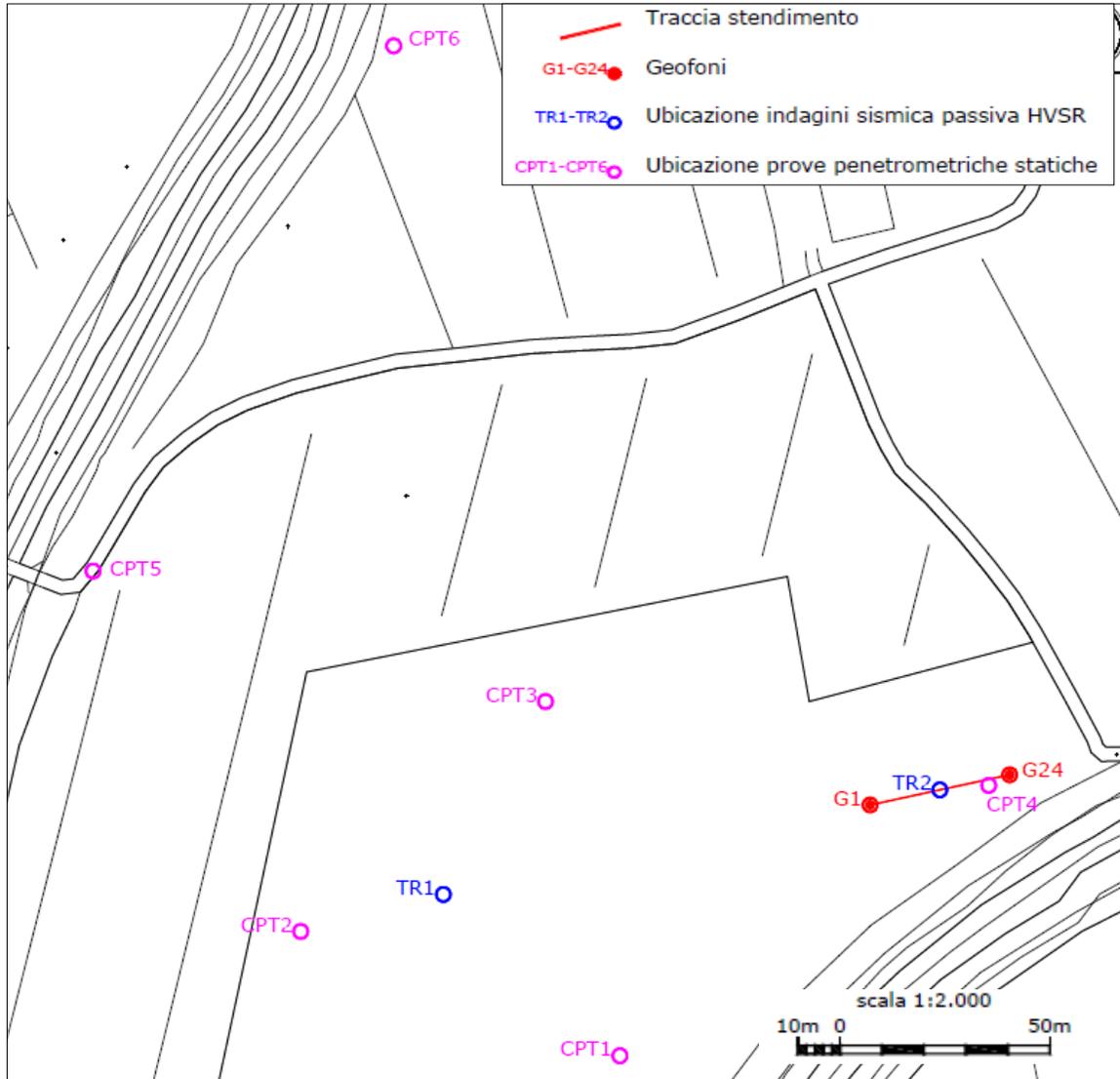
# **Modellazione Geologica**

## **Indagini geognostiche**

E' stata eseguita una campagna di indagini geognostiche in prossimità dell'alveo del Fiume Era, finalizzata alla caratterizzazione geotecnica e sismostratigrafica dei livelli più superficiali del sottosuolo e alla determinazione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio (Onde S) ed al calcolo del parametro Vs30.

La campagna di indagini è stata effettuata nel mese di Gennaio 2018.

Di seguito si riporta l'ubicazione delle indagini eseguite, i certificati delle prove ed i risultati della sismica sono riportati in allegato alla presente relazione.



La caratterizzazione geotecnica dei terreni è stata ricostruita mediante l'esecuzione di sei prove CPT eseguite nell'area di intervento, in particolare le prove CPT1, CPT2 e CPT3 sono state utilizzate per individuare le caratteristiche litologiche dei primi 6 metri dal piano campagna, mentre le altre 3 prove sono state spinte fino al rifiuto strumentale.

Per l'esecuzione delle prove penerometriche sono stati utilizzati penetrometri Pagani modelli TG 63 200KN e TG 73 200KN dotati di un sistema avente le seguenti caratteristiche:

- Punta meccanica tipo "Begemann" Diametro = 35,7 mm;
- Angolo di apertura = 60° Ap=10 cm<sup>2</sup>
- At=20 cm<sup>2</sup>; Am=150 cm<sup>2</sup>
- Velocità di avanzamento = 2 cm/sec
- peso aste interne: 0,130 Kg
- passo di lettura: 20 cm

Di seguito è riportata la successione stratigrafica individuata dalle prove eseguite ed i parametri caratteristici determinati per ogni livello:

**CPT1 quota falda -4,6m da p.c.**

Quota (m)	descrizione	Y (kg/dmc)	$\Phi$ (°)	Cu (Kg/cmq)	Mv (cmq/t)
p.c. - 0,4	Terreno vegetale	Non parametrizzato			
0,4 – 2,4	Sabbie limose	1,77	29	-	10
2,4 – 3,6	Argille e argille limose	1,91	-	0,68	19
3,6 – 4,0	Sabbie medie	1,73	32	-	11,2
4, - 4,8	argille	1,92		0,96	16
4,8 – 6,0	Sabbia densa e ghiaia	2,1	41	-	1,6

**CPT2 quota falda -3,8m da p.c.**

Quota (m)	descrizione	Y (kg/dmc)	$\Phi$ (°)	Cu (Kg/cmq)	Mv (cmq/t)
p.c. - 0,4	Terreno vegetale	Non parametrizzato			
0,4 – 1,4	Argille e argille organiche	1,65	-	0,28	45,1
1,4 – 1,8	Sabbie limose	1,71	27	-	14,9
1,8 – 2,8	argille	1,93	-	0,84	18,6
2,8 - 3,6	Sabbie medie	1,85	35	-	6,7
3,6 – 4,0	argille	1,91	-	0,64	19,4
4,0 – 4,6	Sabbie dense e ghiaia	2,1	39	-	3,1
4,6 – 5,0	Argille limose	1,79	-	0,28	27,5
5,0 – 6,4	Sabbie medie e ghiaia	2,1	40	-	3,4

**CPT3 quota falda -3,2m da p.c.**

Quota (m)	descrizione	Y (kg/dmc)	$\Phi$ (°)	Cu (Kg/cmq)	Mv (cmq/t)
p.c. - 0,4	Terreno vegetale	Non parametrizzato			
0,4 – 2,0	Argille limose	1,81	-	0,32	26,4
2,0 – 4,2	Sabbie limose con alternanza di sabbie medie	1,84	30	-	7
4,2 – 4,6	Argille	1,58		0,56	25,3

4,6 - 6,2	Sabbie medie	1,87	35	-	6,2
-----------	--------------	------	----	---	-----

**CPT4 quota falda -6,5m da p.c. (rifiuto strumentale a 14m)**

Quota (m)	descrizione	Y (kg/dmc)	$\Phi$ (°)	Cu (Kg/cm <sup>q</sup> )	Mv (cmq/t)
p.c. - 0,4	Terreno vegetale	Non parametrizzato			
0,4 - 1,6	Sabbie limose	1,74	28	-	12,2
1,6 - 9,2	Argille e argille limose	1,93	-	0,95	16,1
9,2 - 10,2	Sabbie limose	1,77	29	-	10
10,2 - 13,0	Argille	1,93	-	0,92	16,3
13,0 - 14,0	Sabbie medie	2,07		33	3,5

**CPT5 quota falda -4,0m da p.c. (rifiuto strumentale a 13,4m)**

Quota (m)	descrizione	Y (kg/dmc)	$\Phi$ (°)	Cu (Kg/cm <sup>q</sup> )	Mv (cmq/t)
p.c. - 0,4	Terreno vegetale	Non parametrizzato			
0,4 - 1,4	Argille limose e organiche	1,5	-	0,28	45
1,4 - 2,2	Sabbie limose	1,83	30		7,2
2,2 - 4,0	argille	1,98	-	1,8	8,8
4,0 - 5,6	Sabbie limose	1,72	28		13,5
5,6 - 13,4	Sabbie medie e ghiaie	2,07	36	-	3,6

**CPT6 quota falda -3,6m da p.c. (rifiuto strumentale a 12,2m)**

Quota (m)	descrizione	Y (kg/dmc)	$\Phi$ (°)	Cu (Kg/cm <sup>q</sup> )	Mv (cmq/t)
p.c. - 0,4	Terreno vegetale	Non parametrizzato			
0,4 - 1,2	Argille e argille organiche	1,49	-	0,25	50,1
1,2 - 2,2	Sabbie limose	1,79	30		8,7
2,2 - 3,4	argille	1,91	-	0,6	19,5
3,4 - 5,6	Sabbie limose	1,72	28		13,5
5,6 - 7,0	Sabbie medie e ghiaie	2,1	38	-	3,1

7,0 – 8,6	Sabbie limose argillose	1,77	29		9,8
8,6 – 12,2	Sabbie medie e ghiaie	2,1	38	-	2,3

## Azione sismica

Ai sensi delle norme tecniche sulle costruzioni deve essere definita la categoria di suolo di fondazione. Per la determinazione delle caratteristiche sismiche dei suoli di fondazione sono stati acquisiti i risultati di una indagine sismica con metodologia Multichannel Analysis of Surface Waves eseguita nell'area di intervento in concomitanza con le indagini penetrometriche.

Il metodo di prospezione sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) permette di ottenere un modello verticale di Vs a partire dalla modalità di propagazione delle onde superficiali, in particolare delle onde di Rayleigh.

Tale metodo sfrutta il fenomeno della dispersione della velocità associata a ciascuna frequenza che si origina quando le onde sismiche si propagano in un mezzo stratificato e trasversalmente isotropo. Nelle prospezioni sismiche che impiegano le onde di tipo P, la maggior parte dell'energia sismica rilasciata si propaga sotto forma di onde superficiali di tipo Rayleigh. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione in profondità; al contrario, le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte) possiedono minore energia e, di conseguenza, la loro penetrazione è più superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia di analisi che utilizzi la propagazione delle onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. In particolare, la velocità delle onde S è il fattore dominante che controlla le caratteristiche con cui si manifesta il fenomeno della dispersione. Tale velocità può essere ricavata con un opportuno processo di calcolo.

Dalle indagini eseguite è stata determinata una velocità delle onde Vs30 di 300 m/s che corrisponde, ai sensi dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 e del D.M.14/01/08, ad una categoria di suolo di tipo C – *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessoti superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{spt30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < C_{u30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina”*.

## Spettro di risposta elastico

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ( $V_{s30} > 800$  m/s), viene definita mediante un approccio “sito dipendente” e non più tramite un criterio “zona dipendente”.

Pertanto (secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 14 gennaio 2008) la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (riportato nella tabella 1 nell'Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).

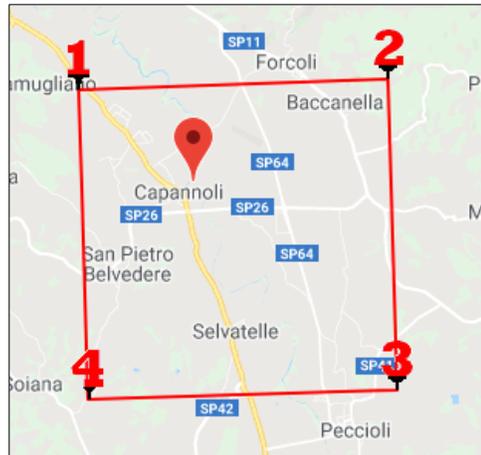
Di seguito si riportano i parametri sismici del sito in oggetto calcolati mediante software “geostru PS parametrismatici”

Sito in esame.

Latitudine: 43,585579  
longitudine: 10,685126  
Classe: 1  
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 20716	Lat: 43,6006	Lon: 10,6593	Distanza: 2666,386
Sito 2	ID: 20717	Lat: 43,6023	Lon: 10,7283	Distanza: 3942,481
Sito 3	ID: 20939	Lat: 43,5523	Lon: 10,7305	Distanza: 5203,874
Sito 4	ID: 20938	Lat: 43,5507	Lon: 10,6617	Distanza: 4319,982



Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C  
Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 35anni  
Coefficiente cu: 0,7

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %  
Tr: 30 [anni]  
ag: 0,045 g  
Fo: 2,495  
Tc\*: 0,232 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %  
Tr: 35 [anni]  
ag: 0,048 g  
Fo: 2,495  
Tc\*: 0,236 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
 Tr: 332 [anni]  
 ag: 0,124 g  
 Fo: 2,460  
 Tc\*: 0,270 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %  
 Tr: 682 [anni]  
 ag: 0,158 g  
 Fo: 2,490  
 Tc\*: 0,277 [s]

<p>SLO:</p> <p>Ss: 1,500                      Cc: 1,700                      St: 1,000                      Kh: 0,013                      Kv: 0,007                      Amax: 0,662                      Beta: 0,200</p>	<p>SLV:</p> <p>Ss: 1,500                      Cc: 1,620                      St: 1,000                      Kh: 0,045                      Kv: 0,022                      Amax: 1,829                      Beta: 0,240</p>
<p>SLD:</p> <p>Ss: 1,500                      Cc: 1,690                      St: 1,000                      Kh: 0,015                      Kv: 0,007                      Amax: 0,712                      Beta: 0,200</p>	<p>SLC:</p> <p>Ss: 1,460                      Cc: 1,600                      St: 1,000                      Kh: 0,055                      Kv: 0,028                      Amax: 2,257                      Beta: 0,240</p>

# **Modellazione geotecnica**

## Stratigrafia e modello geotecnico del sito

La normativa vigente impone la definizione dei parametri caratteristici del terreno ( $f_k$ ) dai valori medi ( $f_m$ ) ricavati dalle indagini geognostiche. Le istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici indicano che nelle valutazioni che il tecnico deve svolgere per pervenire ad una corretta scelta dei valori caratteristici appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno (come nel caso di fondazioni superficiali) con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità tale a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti.

Le stesse istruzioni indicano invece di fare riferimento ai valori minimi quando siano coinvolti modesti volumi di terreno (fondazioni su pali, verifica a scorrimento di un muro di sostegno) con concentrazione del volume significativo o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dagli strati meno resistenti a quelli più resistenti a causa dell'insufficiente rigidità della struttura.

**Nella tabella sottostante sono indicati i parametri geotecnici significativi che contraddistinguono il terreno di fondazione e costituiscono di fatto il modello geotecnico.**

Quota (m)	descrizione	Y (kg/dmc)	$\Phi$ (°)	Cu (Kg/cmq)	Mv (cmq/t)
p.c. - 0,4	Terreno vegetale	Non parametrizzato			
0,4 – 1,4	Argille limose e organiche	1,5	-	0,28	45
1,4 – 2,2	Sabbie limose	1,83	30		7,2
2,2 – 4,0	argille	1,98	-	1,8	8,8
4,0 - 5,6	Sabbie limose	1,72	28		13,5
5,6 – 13,4	Sabbie medie e ghiaie	2,07	36	-	3,6

**La quota della falda freatica è stata rilevata nel corso delle indagini ad una quota di 4,0 m dal piano campagna.**

Per la ricostruzione del profilo verticale di velocità delle onde S e per il calcolo del parametro Vs30 è stata eseguita una prospezione sismica superficiale mediante la tecnica MASW (“Multichannel Analysis of Surface Waves”) in onde di Rayleigh.

Il profilo MASW indica una Vs30, riferita al piano di campagna, pari a 300 m/s.

La categoria di suolo di fonazione risulta pertanto, ai sensi delle NTC 2008, la seguente:

C–Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT, 30 < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu, 30 < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

Geol. Silvia Lorenzoni



OGGETTO:	
<b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA DEL PARCO FLUVIALE DEL FIUME ERA</b>	
TIPOLOGIA:	DATA INDAGINE:
<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE: PROVE PENETROMETRICHE STATICHE MASW - HVSR</b>	<b>Gennaio 2018</b>
LOCALITA':	
<b>COMUNE DI CAPANNOLI (PI)</b>	
COMMITTENTE:	
<b>AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI CAPANNOLI</b>	

## SOMMARIO

1	PREMESSA .....	2
2	PROVE PENETROMETRICHE STATICHE.....	2
2.1	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA .....	2
2.2	UBICAZIONE PROVE .....	2
2.3	RISULTATI .....	2
3	INDAGINE GEOFISICA .....	3
3.1	TIPO DI INDAGINE .....	3
3.2	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA .....	3
3.3	INDAGINE MASW: METODOLOGIA E ACQUISIZIONE .....	3
3.4	INDAGINE HVSR: METODOLOGIA E ACQUISIZIONE .....	5
4	ANALISI DEI RISULTATI .....	6

## 1 PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Capannoli è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche in prossimità dell'alveo del Fiume Era, finalizzata alla caratterizzazione geotecnica e sismostratigrafica dei livelli più superficiali del sottosuolo e alla determinazione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio (Onde S) ed al calcolo del parametro Vs30.

La campagna di indagini è stata effettuata nel mese di Gennaio 2018.

L'ubicazione delle prove è riportata nelle tavole allegate; le indagini sono state poi posizionate sulla base CTR.

Fonte dei dati Regione Toscana: dataset "sezione di Carta Tecnica Regionale scala 1:10.000": Sezione 285010 Capannoli.

## 2 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

### 2.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per l'esecuzione delle prove penetrometriche sono stati utilizzati penetrometri Pagani modelli TG 63 200KN e TG 73 200KN dotati di un sistema avente le seguenti caratteristiche:

- Punta meccanica tipo "Begemann" Diametro = 35,7 mm;
- Angolo di apertura = 60° Ap=10 cm<sup>2</sup>
- At=20 cm<sup>2</sup>; Am=150 cm<sup>2</sup>
- Velocità di avanzamento = 2 cm/sec
- peso aste interne: 0,130 Kg
- passo di lettura: 20 cm

### 2.2 UBICAZIONE PROVE

Di seguito si riportano le coordinate delle prove penetrometriche:

PARAMETRI CONFIGURAZIONALI PROVE PENETROMETRICHE	
Denominazione	Coordinate Gauss Boaga
<b>CPT1</b>	X Y
<b>CPT2</b>	X Y
<b>CPT3</b>	X Y
<b>CPT4</b>	X Y
<b>CPT5</b>	X Y
<b>CPT6</b>	X Y

### 2.3 RISULTATI

I risultati delle prove penetrometriche, tabelle di campagna, elaborazioni e relativi grafici sono riportati da pagina 12 a pagina 40 della presente relazione.

### 3 INDAGINE GEOFISICA

#### 3.1 TIPO DI INDAGINE

Per la ricostruzione del profilo verticale di velocità delle onde S e per il calcolo del parametro Vs30 si è deciso di eseguire n. 1 prospezione sismica superficiale mediante la tecnica MASW ("Multichannel Analysis of Surface Waves") in onde di Rayleigh.

Per verificare i risultati ottenuti dall'indagine MASW è inoltre stata eseguita n.1 acquisizione in sismica passiva a stazione singola denominata, in seguito, TR2, e ubicata in prossimità dello stendimento stesso.

In particolare l'elaborazione dell'indagine HVSr TR2 ha consentito, unitamente ai risultati ottenuti dall'indagine MASW, di investigare il sottosuolo fino a profondità superiore rispetto a quella richiesta dalla normativa.

Una ulteriore acquisizione in sismica passiva, denominata in seguito TR1, è stata effettuata a circa 150 dalla prima a ovest della stessa al fine di ampliare lateralmente l'area di indagine.

#### 3.2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'attrezzatura e la strumentazione utilizzata per l'indagine MASW sono costituite da:

un sistema di energizzazione ad impatto verticale costituito da una mazza del peso di 10 kg battente verticalmente su piastra quadrata in alluminio di dimensioni di 20 x 20 x 5 cm posta direttamente sul piano di campagna per la generazione di onde Rayleigh;

un sistema di ricezione costituito da 24 geofoni verticali monocomponente con frequenza propria di 4.5 Hz.

un sistema di acquisizione dati: costituito da un sismografo P.A.S.I. modello 16S24U; due cavi sismici telemetrici di 55 m ciascuno; un notebook PC Windows XP con software di acquisizione P.A.S.I. a 24 canali;

un sistema di trigger: consistente in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati

La strumentazione utilizzata per la misura dei microtremori ambientali, elaborata attraverso la tecnica HVSr, è costituita da un tromografo digitale (Tromino® di Micromed S.p.A.) dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e UP-DOWN.

#### 3.3 INDAGINE MASW: METODOLOGIA E ACQUISIZIONE

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio Vs, sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980 ) o, detto in maniera

equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo; onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW utilizzato è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo (tramite energizzazione con mazza battente allineata all'array geofonico) e misurate da uno stendimento lineare di sensori. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5-10 Hz e 70-100 Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente.

I fondamenti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a 20°, sia della topografia sia delle diverse discontinuità elastiche.

La metodologia utilizzata consiste in quattro fasi:

- acquisizione dei dati di campagna energizzando a più riprese e alternativamente ai due estremi dello stendimento geofonico;
- determinazione dello spettro di velocità sperimentale dal campo di moto acquisito nel dominio spazio-tempo lungo lo stendimento;
- calcolo della curva di dispersione attraverso il picking o la modellazione diretta;
- inversione della curva di dispersione per l'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs e il parametro Vs30.

L'elaborazione è stata eseguita tramite il software winMASW 7.2 Academy (*Eliosoft*).

Le acquisizioni sono state eseguite secondo le seguenti configurazioni spaziali e temporali:

<b>PARAMETRI CONFIGURAZIONALI INDAGINE SISMICA MASW</b>	
Orientazione	SW-NE (N 78)
Coordinate GB geofono G1	X=1636224.7 Y=4827204.0
Coordinate GB geofono G19	X=1636269.7 Y=4827213.7
Lunghezza stendimento	46 m
Numero Geofoni	24
Distanza intergeofonica	2 m
Numero punti di energizzazione per estremo	3
Off-sets sorgenti (da ciascun estremo)	2 m, 3 m, 5 m
Durata acquisizione	1024 ms
Intervallo di campionamento	1 ms

Per valutare la validità delle ipotesi di monodimensionalità (strati piani e paralleli) sono state eseguite acquisizioni coniugate: tre acquisizioni con sorgenti a distanze crescenti pari a 2

m, 3 m e 5 dal primo geofono (G1) dello stendimento e 3 acquisizioni, con medesimi offsets minimi dall'ultimo geofono dello stendimento (G24).

Durante il processo di elaborazione, al fine di minimizzare le possibili soluzioni e cercare la più sensata coerenza tra lo spettro di velocità sperimentale e le curve di dispersione teoriche che possono generare tale spettro, ci si è avvalsi dei dati acquisiti con l'acquisizione in sismica passiva eseguito in prossimità dello stendimento (TR2).

### 3.4 INDAGINE HVSR: METODOLOGIA E ACQUISIZIONE

Il rumore sismico, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

I microtremori sono in parte costituiti da onde di volume, P o S, ma un ruolo fondamentale nella produzione dei microtremori è rivestito dalle onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S.

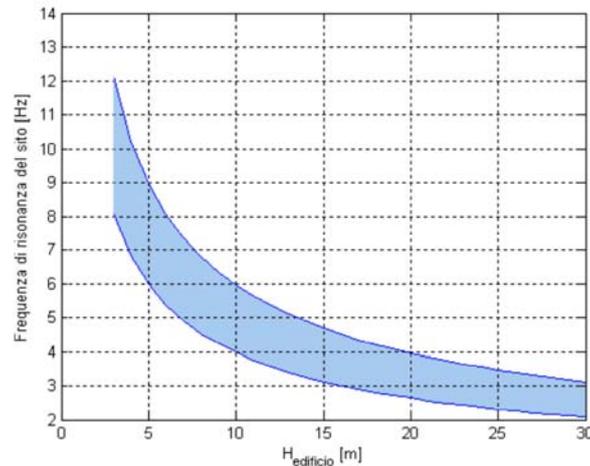
Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo.

I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_s$ ;
- la stratigrafia del sottosuolo con un range di indagine compreso tra 0.5 e 700 m di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri.

Per quanto concerne il fenomeno della "doppia risonanza" (cioè la corrispondenza tra le frequenze fondamentali del segnale sismico, così come trasmesso in superficie, e quelle dei manufatti ivi edificati) è noto che, dal punto di vista empirico, la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza.

Nella figura seguente (tratta da Masi et al., 2007) si riporta, a titolo esemplificativo, una possibile relazione tra altezza di un edificio in c.a. e frequenza di risonanza di sito. La fascia azzurra indica l'area più vulnerabile dal punto di vista dei fenomeni di doppia risonanza.



La quantificazione della frequenza caratteristica di sito attraverso misure dirette di microtremore sismico può quindi essere di estremo aiuto nella fase di progettazione.

Durante questa campagna geofisica sono state eseguite due misure di microtremore ambientale (acquisizioni in sismica passiva a stazione singola) secondo la seguente configurazione spaziale e temporale:

<b>PARAMETRI CONFIGURAZIONALI INDAGINE HVSR</b>			
Denominazione	Coordinate Gauss Boaga	Durata acquisizione	Frequenza di campionamento
<b>TR1</b>	X=1636087.0 Y=4827175.2	16 min	128 Hz
<b>TR2</b>	X=1636247.2 Y=4827208.8	16 min	128 Hz

Le misure dei microtremori ambientali, orientate secondo il Nord e della durata di 16 minuti ciascuna, tempo di registrazione più che adeguato per la finalità dell'indagine stessa, sono state effettuate con il tromografo digitale Tromino<sup>®</sup> di Micromed S.p.A..

I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

I risultati ottenuti dall'esecuzione dall'indagine tromografica sono stati elaborati attraverso il software Grilla 7.0 (*Micromed Spa*).

#### **4 ANALISI DEI RISULTATI**

Nel complesso la prospezione geofisica eseguita, per mezzo dell'analisi dell'indagine MASW e dell'acquisizione in sismica passiva, ha permesso di ricavare sia il modello medio di distribuzione della velocità delle onde "S" nel sottosuolo del sito indagato sia il parametro Vs30: il modello di sottosuolo in termini di Vs è stato ottenuto dal fit congiunto delle curve H/V di TR2 e delle curve di dispersione ricavate dall'indagine MASW.

La velocità equivalente di propagazione delle Onde di taglio entro i 30 metri di profondità (Vs30) è calcolata con la seguente espressione:

$$Vs30 = 30 / (\sum h_i / V_i)$$

Il profilo verticale delle Onde S, in corrispondenza dell'indagine MASW, ricavato mediante elaborazione dei dati di campagna è risultato il seguente:

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.50	0.50	95
3.50	3.00	170
8.00	4.50	220
10.00	2.00	300
20.00	10.00	360
inf.	inf.	450

$V_s(0.0-30.0)=300\text{m/s}$

Il profilo MASW indica una **Vs30, riferita al piano di campagna**, pari a **300 m/s**.

Pisa, Febbraio 2018

GEOSERVIZI s.n.c.

**GEOSERVIZI snc**  
Via E. Calabresi - loc. Montacchiello  
Cascinaletto (PI)  
C.F. e P.IVA 01121470502



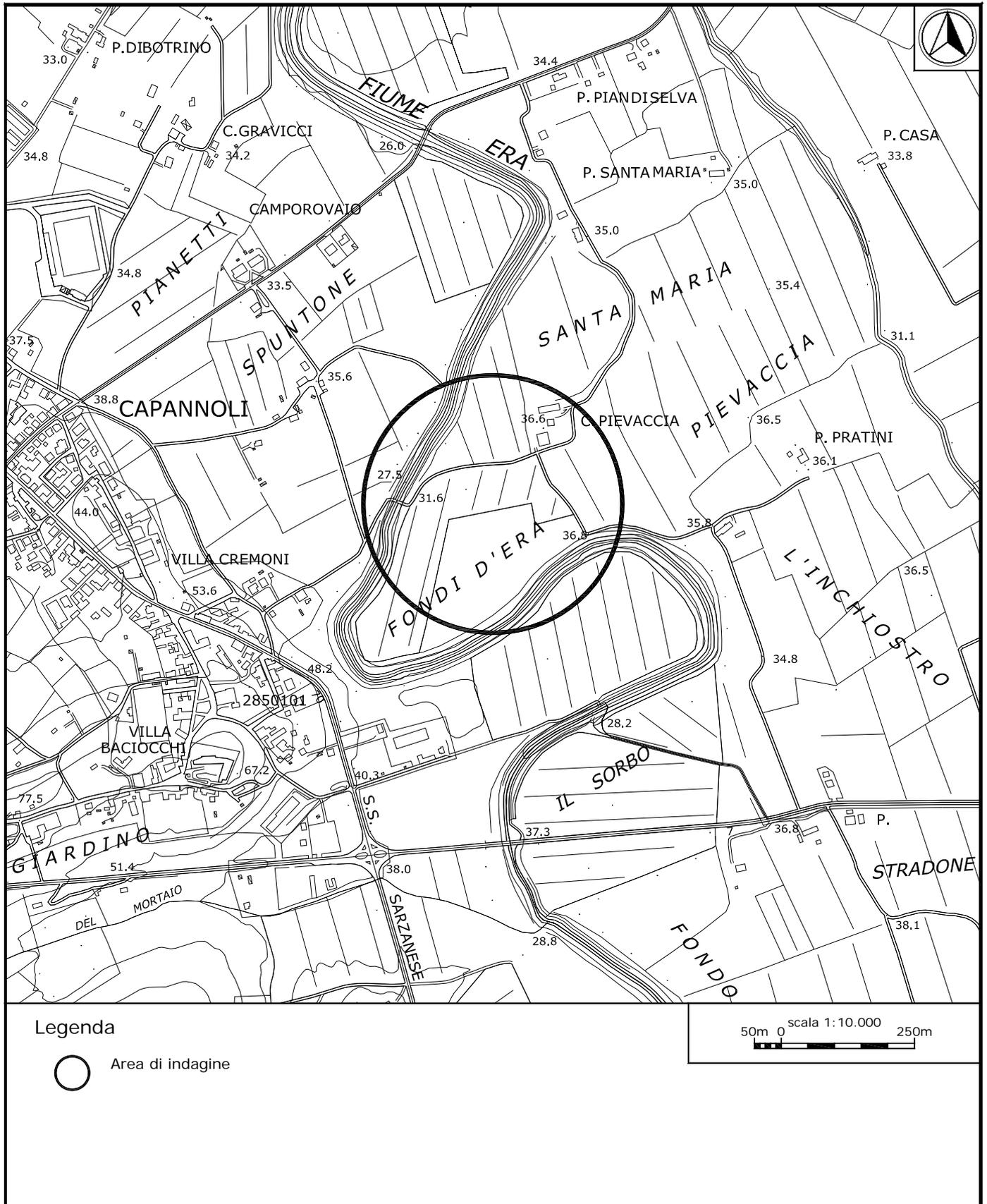


Figura 1: Ubicazione indagini – Inquadramento generale.

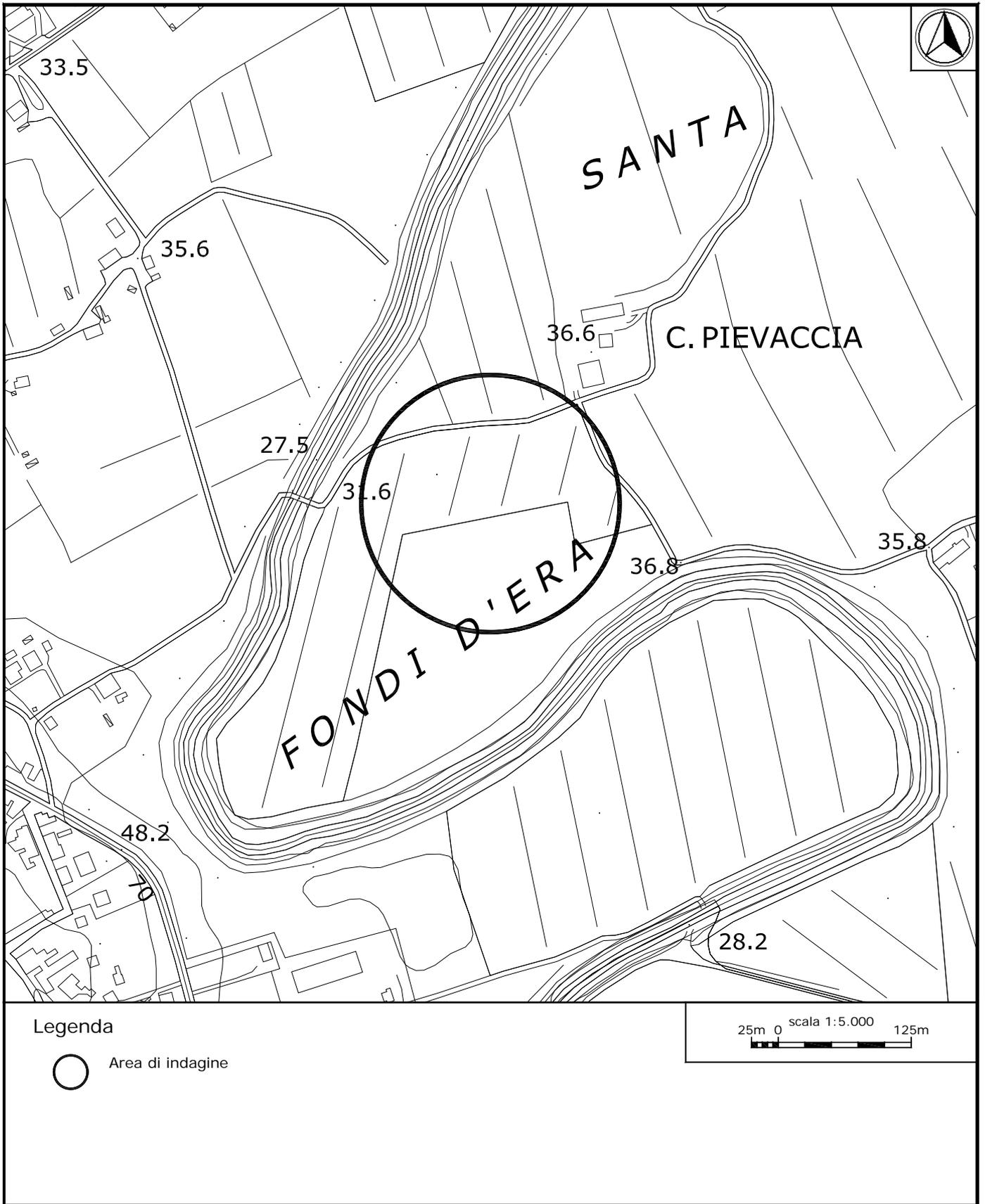
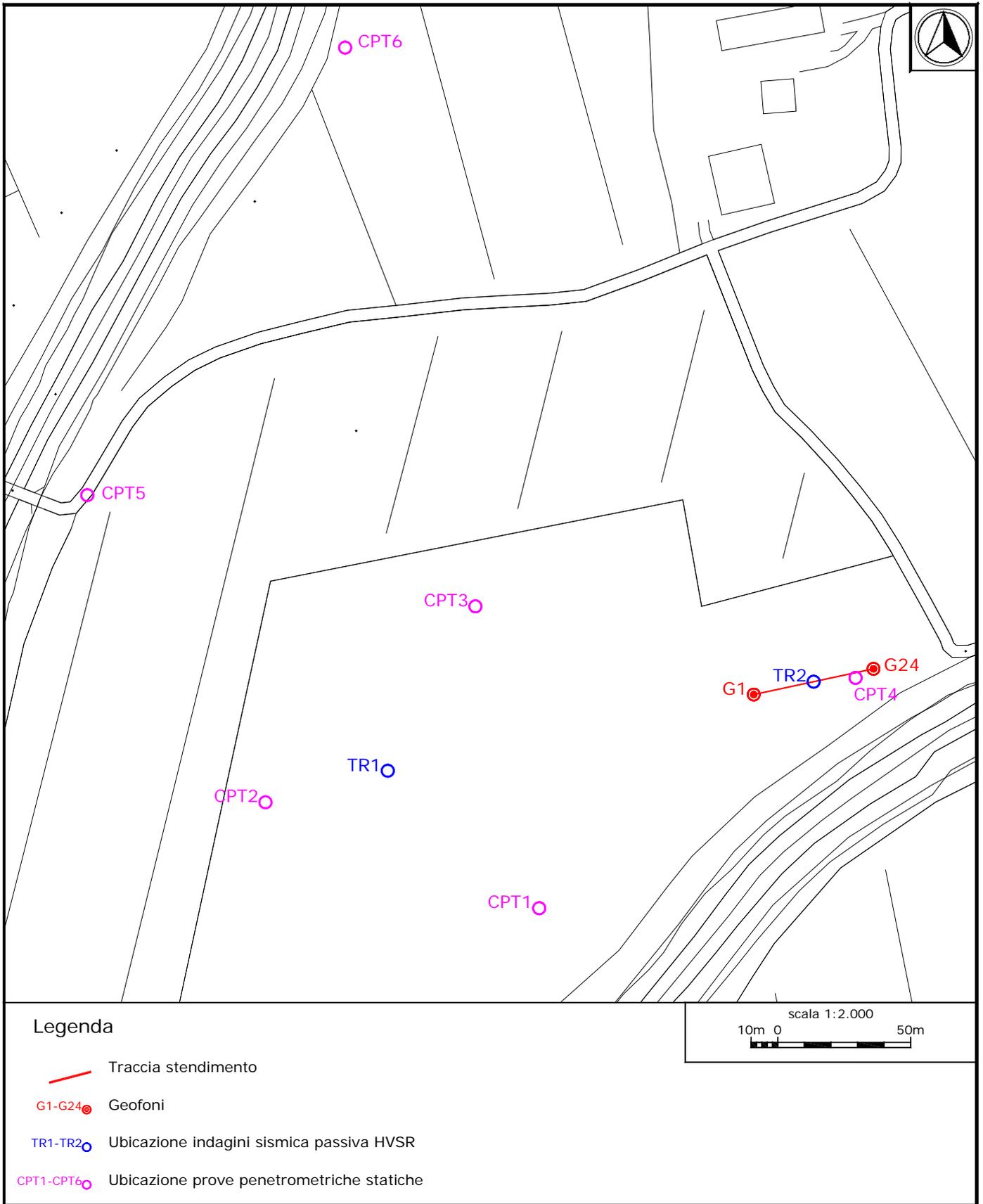


Figura 2: Ubicazione indagini – Inquadramento di dettaglio.



**Figura 3a: Ubicazione MASW, acquisizioni HVSr E e prove penetrometriche CPT - Particolare.**

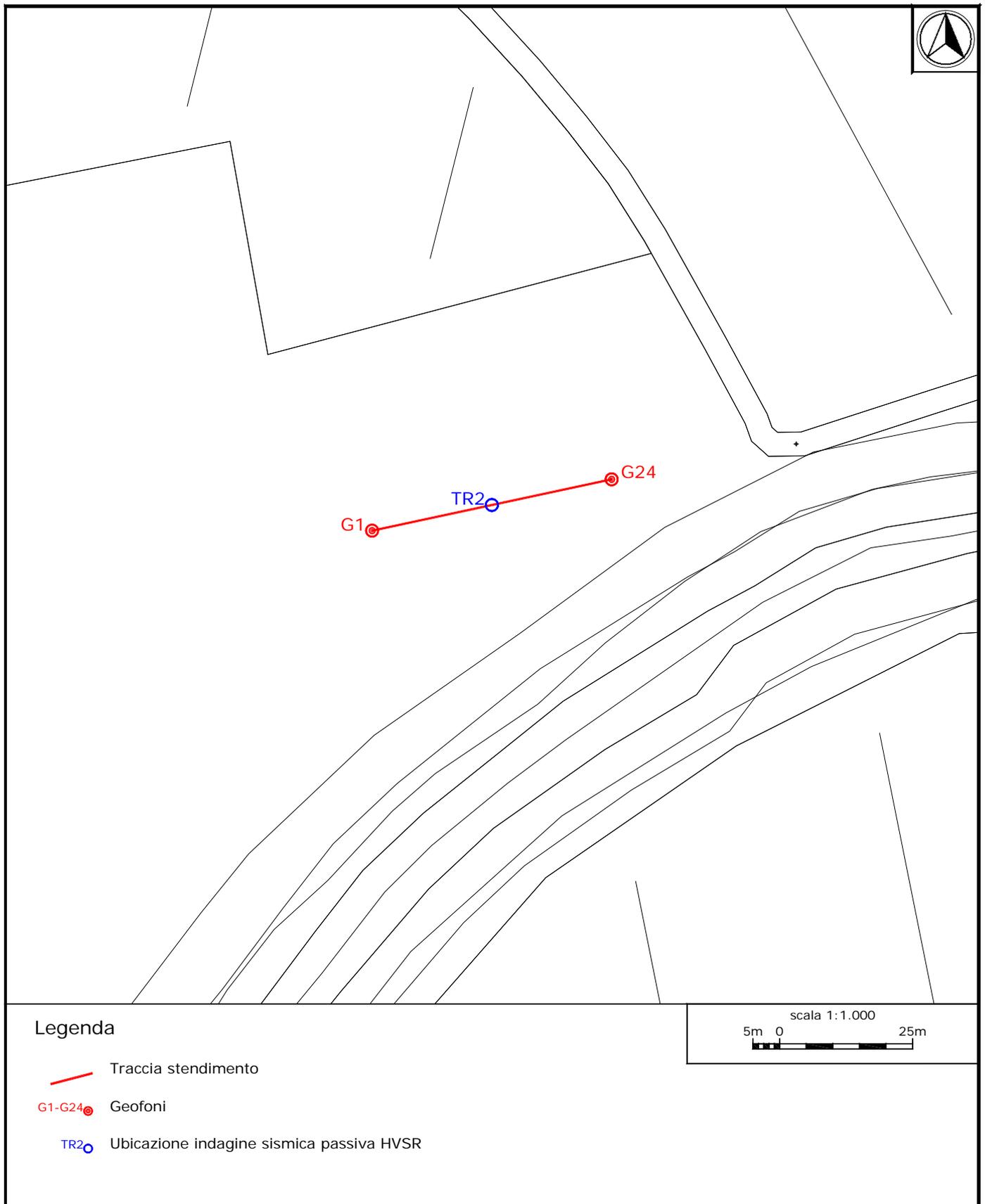


Figura 3b: Ubicazione indagine MASW e acquisizione HVSR TR2 - Particolare.


**GEOSERVIZI S.N.C. di Cosco e Spadaro**

Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello (PI)  
 Cell. 339-1344492  
 geoservizipisa@gmail.com

---



---

**PROVA PENETROMETRICA STATICA**

---



---

**ELABORAZIONE NUMERICA DEI RISULTATI**

---



---

Committente: **COMUNE DI CAPANNOLI**  
 Località: **CAPANNOLI**  
 Cantiere: **PARCO DELLA VALD'ERA**  
 Data: **23-30/01/2017**  
 N. prove: **6**

**Caratteristiche del sistema**

Penetrometro statico TG 63-73 200KN Pagani  
 Punta meccanica tipo "Begemann"  
 Diametro = 35,7 mm; Angolo di apertura = 60°  
 Ap=10 cm<sup>2</sup>; At=20 cm<sup>2</sup>; Am=150 cm<sup>2</sup>  
 Velocità di avanzamento = 2 cm/sec  
 peso aste interne: 0,130 Kg  
 passo di lettura: 20 cm

LEGENDA			
#####	aot	argilla organica e/o torba	Qc Resistenza alla Punta (Kg/cmq)
=====	a	argilla	Fs Attrito laterale unitario (Kg/cmq)
=====	al	argilla limosa	Qc/Fs Rapporto Begemann
	l	limo	Rt Spinta totale (rivest.+punta)
	sl	sabbia e limo	$\gamma$ Peso di volume
	ss	sabbia sciolta	$\sigma'_{vo}$ Pressione verticale efficace
	sm	sabbia mediamente addensata	$\phi$ Angolo di attrito interno
	sdg	sabbia densa e/o ghiaia	Dr Densità relativa
*****	rip	riporto	Cu Coesione non drenata
			m <sub>v</sub> Coeff. di compressibilità volum.

## TABELLA DATI DI CAMPAGNA

 <b>GEOSERVIZI snc</b> Via E. Calabresi - Loc. Montacchiello Ospedaletto (PI) C.F./P.IVA 01121470502		prove totali: 6 Prova numero: 1 Committente: COMUNE DI CAPANNOLI Località: CAPANNOLI Cantiere: PARCO DELLA VALD'ERA Data: 23-30/01/2017	
certificato num: 17/2018		profondità massima: 6 quota falda: 4,6 quota piano campagna:	
PROF.	punta	punta+manicotto	Rt
0,2			
0,4			
0,6	10	19	23
0,8	13	17	21
1	17	24	30
1,2	12	18	28
1,4	22	28	37
1,6	27	38	49
1,8	38	46	63
2	32	46	63
2,2	39	56	71
2,4	43	63	73
2,6	29	59	94
2,8	27	42	96
3	24	35	53
3,2	16	31	50
3,4	11	24	39
3,6	9	18	27
3,8	24	31	42
4	28	34	42
4,2	30	47	71
4,4	30	43	48
4,6	14	24	47
4,8	23	43	48
5	39	45	177
5,2	205	231	280
5,4	192	215	299
5,6	128	156	311
5,8	275	311	347
6	291	321	781
6,2			
6,4			
6,6			
6,8			
7			
7,2			
7,4			
7,6			
7,8			
8			
8,2			
8,4			
8,6			
8,8			
9			
9,2			
9,4			
9,6			
9,8			
10			

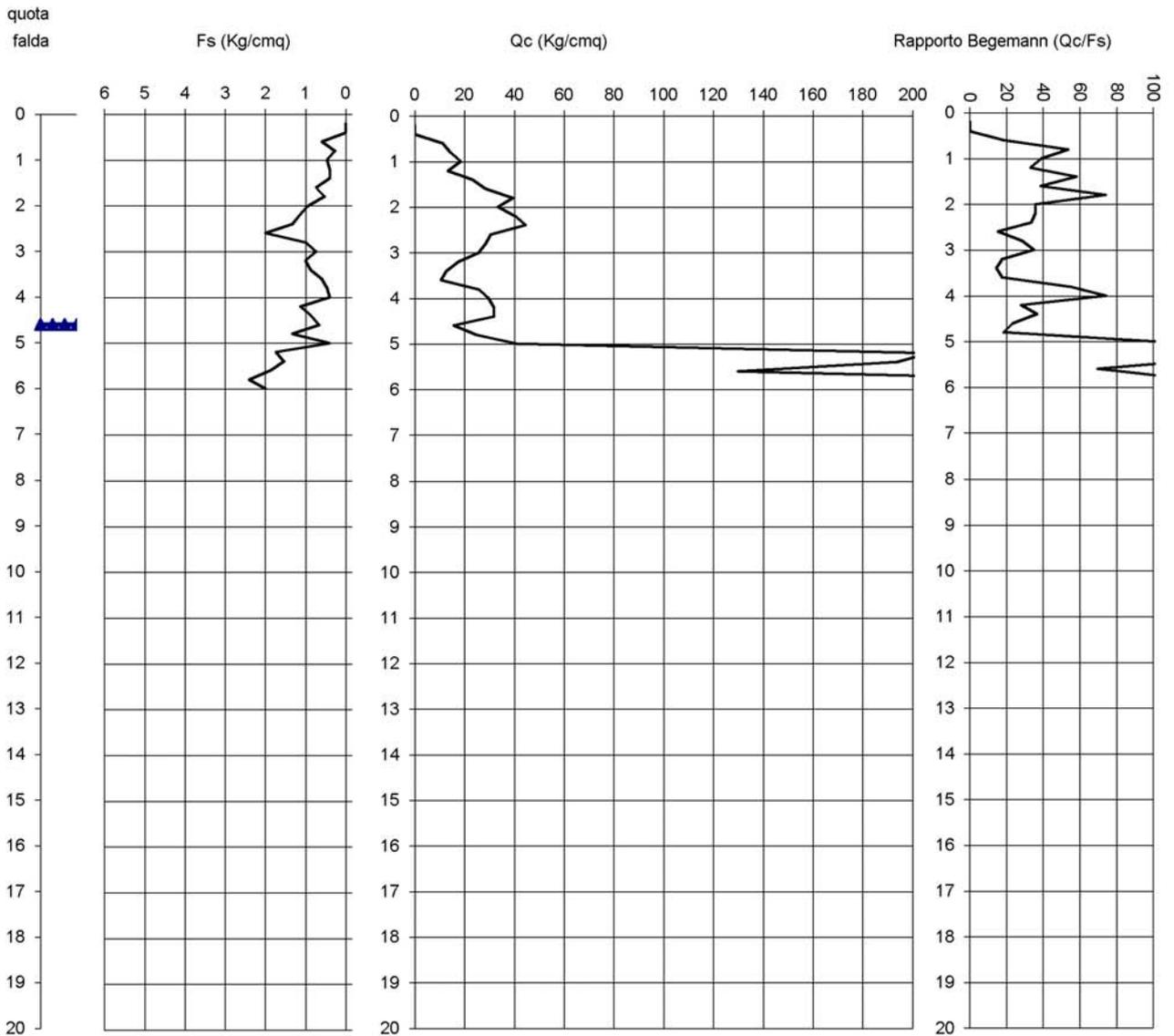
GEOSERVIZI S. N. C. di Cosco e Spadaro Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello (PI) Cell. 339-1344492 geoservizipisa@gmail.com		Prova numero: 1		Data: 23-30/01/2017								
		Committente: COMUNE DI CAPANNOLI		Località: CAPANNOLI								
		Cantiere: PARCO DELLA VALD'ERA		Profondità massima: 6,0 m dal p. c.								
				Quota piano camp.: m								
				Quota falda: 4,6 m dal p.c.								
parametri geotecnici stimati												
Prof. [metri]	Qc [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Fs [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Qc/Fs	Rt [Kgf]	$\gamma$ [Kg/dmc]	$\sigma'_{vo}$ [Kg/cm <sup>2</sup> ]	$\phi$ [gradi]	Dr [%]	Cu [Kg/cm <sup>2</sup> ]	mv [cm <sup>2</sup> /t]	Colonna stratig.	lito_ logia
0,2					1,80	0,04	-	-	-	-	non ril.	
0,4					1,80	0,07	-	-	-	-	non ril.	
0,6	11,1	0,60	19	241	1,90	0,11	-	-	0,44	22,0	=====	a
0,8	14,3	0,27	53	223	1,67	0,14	37	45	-	23,4	=====	ss
1	18,3	0,47	39	313	1,69	0,18	-	-	0,72	16,8	=====	l
1,2	13,3	0,40	33	293	1,91	0,22	-	-	0,52	20,4	=====	al
1,4	23,3	0,40	58	383	1,72	0,25	37	49	-	14,3	=====	sm
1,6	28,3	0,73	39	503	1,74	0,28	28	-	-	11,8	=====	sl
1,8	39,4	0,53	74	644	1,80	0,32	38	62	-	8,5	=====	sm
2	33,4	0,93	36	644	1,77	0,36	29	-	-	10,0	=====	sl
2,2	40,4	1,13	36	724	1,80	0,39	30	-	-	8,3	=====	sl
2,4	44,4	1,33	33	744	1,82	0,43	30	-	-	7,5	=====	sl
2,6	30,4	2,00	15	954	1,95	0,47	-	-	1,20	13,2	=====	a
2,8	28,5	1,00	29	975	1,94	0,51	-	-	1,12	14,0	=====	al
3	25,5	0,73	35	545	1,73	0,54	28	-	-	13,1	=====	sl
3,2	17,5	1,00	18	515	1,92	0,58	-	-	0,68	19,4	=====	a
3,4	12,5	0,87	14	405	1,56	0,61	-	-	0,48	29,6	#####	aot
3,6	10,5	0,60	18	285	1,90	0,65	-	-	0,39	22,7	=====	a
3,8	25,7	0,47	55	437	1,73	0,68	32	30	-	13,0	=====	sm
4	29,7	0,40	74	437	1,75	0,72	32	34	-	11,2	=====	sm
4,2	31,7	1,13	28	727	1,95	0,76	-	-	1,24	12,6	=====	al
4,4	31,7	0,87	37	497	1,76	0,79	29	-	-	10,5	=====	sl
4,6	15,7	0,67	23	487	1,91	0,81	-	-	0,59	19,5	=====	a
4,8	24,8	1,33	19	498	1,93	0,83	-	-	0,96	16,1	=====	a
5	40,8	0,40	102	1788	1,80	0,84	33	41	-	8,2	=====	sm
5,2	206,8	1,73	119	2818	2,10	0,87	41	97	-	1,6	=====	sdg
5,4	193,8	1,53	126	3008	2,10	0,89	41	94	-	1,7	=====	sdg
5,6	129,8	1,87	70	3128	2,10	0,91	39	80	-	2,6	=====	sdg
5,8	276,9	2,40	115	3489	2,10	0,93	42	100	-	1,2	=====	sdg
6	292,9	2,00	146	7829	2,10	0,95	42	100	-	1,1	=====	sdg
6,2												
6,4												
6,6												
6,8												
7												
7,2												
7,4												
7,6												
7,8												
8												
8,2												
8,4												
8,6												
8,8												
9												
9,2												
9,4												
9,6												
9,8												
10												



**GEOSERVIZI S.N.C.**  
 di Cosco e Spadaro  
 Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello(PI)  
 Cell. 339-1344492

Prova numero 1  
 Committente COMUNE DI CAPANNOLI  
 Località CAPANNOLI  
 Cantiere PARCO DELLA VALD'ERA  
 Data 23-30/01/2017

Profondità massima (m): 6  
 Quota falda (m dal p.c.): 4,6



PENETROMETRO STATICO: TG 63 200 KN PAGANI

## TABELLA DATI DI CAMPAGNA

PROF.	punta	punta+manicotto	Rt
0,2			
0,4			
0,6	10	18	22
0,8	6	15	23
1	6	15	24
1,2	8	11	20
1,4	17	26	48
1,6	25	35	58
1,8	21	30	69
2	18	27	51
2,2	14	26	57
2,4	21	33	63
2,6	26	47	92
2,8	20	35	94
3	65	74	98
3,2	30	38	131
3,4	48	60	103
3,6	26	40	74
3,8	15	28	86
4	118	131	188
4,2	72	100	160
4,4	105	122	144
4,6	6	10	44
4,8	6	10	47
5	62	84	121
5,2	37	44	71
5,4	11	17	61
5,6	128	131	196
5,8	97	114	158
6	91	116	223
6,2	171	224	258
6,4	197	217	401
6,6			
6,8			
7			
7,2			
7,4			
7,6			
7,8			
8			
8,2			
8,4			
8,6			
8,8			
9			
9,2			
9,4			
9,6			
9,8			
10			

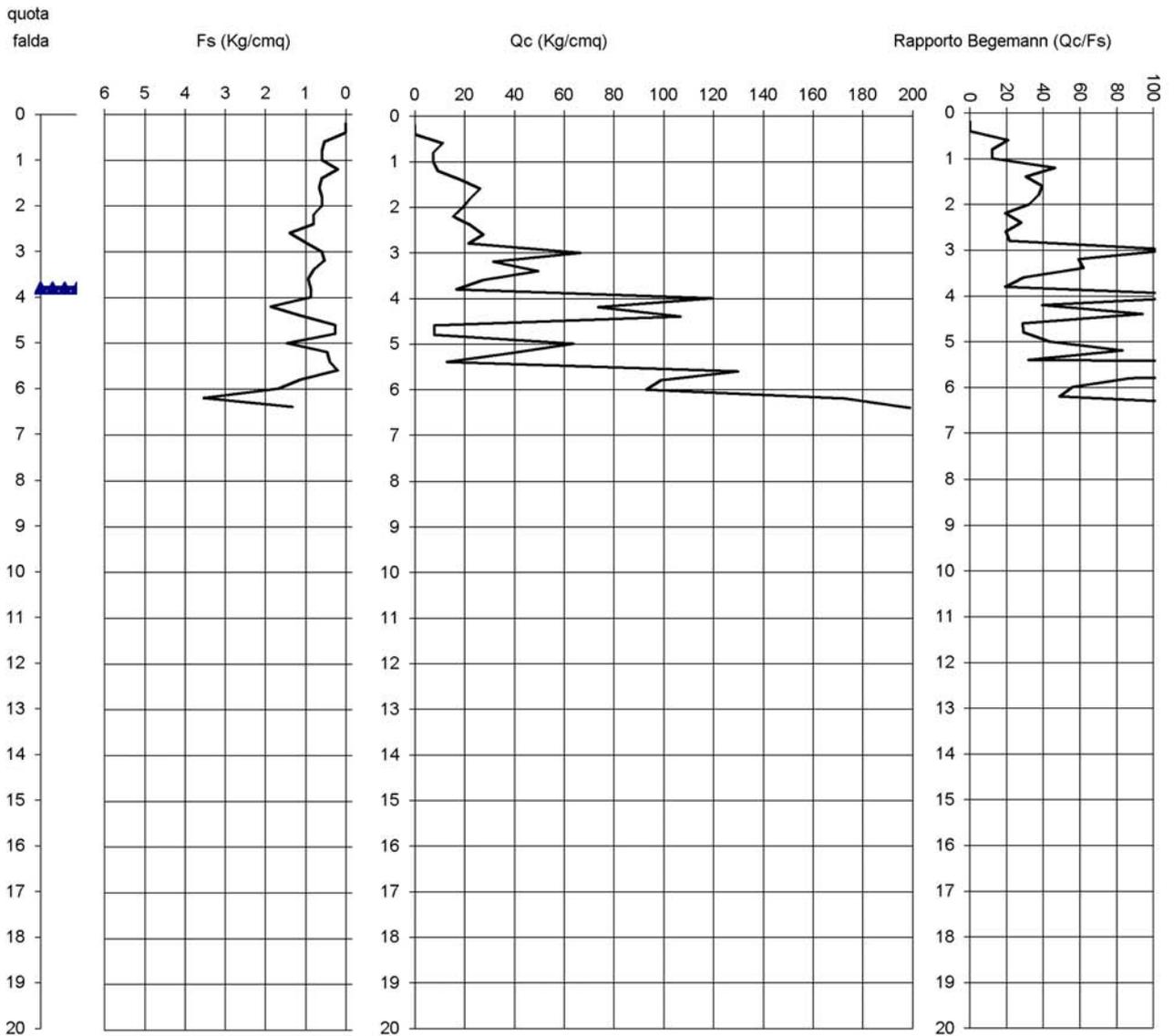
GEOSERVIZI S. N. C. di Cosco e Spadaro Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello (PI) Cell. 339-1344492 geoservizipisa@gmail.com					Prova numero: 2		Data: 23-30/01/2017					
					Committente: PROTEZIONE CIVILE		Località: CAPANNOLI					
					Cantiere: PARCO DELLA VALD'ERA		Profondità massima: 6,4 m dal p. c.					
					Quota piano camp.: m		Quota falda: 3,8 m dal p.c.					
parametri geotecnici stimati												
Prof. [metri]	Qc [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Fs [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Qc/Fs	Rt [Kgf]	$\gamma$ [Kg/dmc]	$\sigma'_{vo}$ [Kg/cm <sup>2</sup> ]	$\phi$ [gradi]	Dr [%]	Cu [Kg/cm <sup>2</sup> ]	mv [cm <sup>2</sup> /t]	Colonna stratig.	lito_ logia
0,2					1,80	0,04	-	-	-	-	non ril.	
0,4					1,80	0,07	-	-	-	-	non ril.	
0,6	11,1	0,53	21	231	1,90	0,11	-	-	0,44	22,0	##### a	
0,8	7,3	0,60	12	243	1,50	0,14	-	-	0,28	45,1	##### aot	
1	7,3	0,60	12	253	1,50	0,17	-	-	0,28	45,1	##### aot	
1,2	9,3	0,20	46	213	1,65	0,20	-	-	0,36	23,4	##### l	
1,4	18,3	0,60	30	493	1,92	0,24	-	-	0,72	19,5	##### al	
1,6	26,3	0,67	39	593	1,73	0,28	28	-	-	12,7	##### sl	
1,8	22,4	0,60	37	704	1,71	0,31	27	-	-	14,9	##### sl	
2	19,4	0,60	32	524	1,70	0,34	-	-	0,76	16,7	##### l	
2,2	15,4	0,80	19	584	1,91	0,38	-	-	0,60	19,6	##### a	
2,4	22,4	0,80	28	644	1,93	0,42	-	-	0,88	17,9	##### al	
2,6	27,4	1,40	20	934	1,94	0,46	-	-	1,08	14,6	##### a	
2,8	21,5	1,00	22	955	1,93	0,50	-	-	0,84	18,6	##### a	
3	66,5	0,60	111	995	1,93	0,54	38	69	-	5,0	##### sm	
3,2	31,5	0,53	59	1325	1,76	0,57	34	41	-	10,6	##### sm	
3,4	49,5	0,80	62	1045	1,85	0,61	36	56	-	6,7	##### sm	
3,6	27,5	0,93	29	755	1,94	0,65	-	-	1,07	14,5	##### al	
3,8	16,7	0,87	19	877	1,91	0,67	-	-	0,64	19,4	##### a	
4	119,7	0,87	138	1897	2,10	0,69	40	83	-	2,8	##### sdg	
4,2	73,7	1,87	39	1617	1,97	0,71	32	-	-	4,5	##### sl	
4,4	106,7	1,13	94	1457	2,10	0,73	39	78	-	3,1	##### sdg	
4,6	7,7	0,27	29	457	1,78	0,75	-	-	0,28	27,8	##### al	
4,8	7,8	0,27	29	488	1,79	0,76	-	-	0,28	27,5	##### al	
5	63,8	1,47	43	1228	1,92	0,78	31	-	-	5,2	##### sl	
5,2	38,8	0,47	83	728	1,79	0,80	33	41	-	8,6	##### sm	
5,4	12,8	0,40	32	628	1,91	0,81	-	-	0,48	20,7	##### al	
5,6	129,8	0,20	649	1978	2,10	0,84	39	82	-	2,6	##### sdg	
5,8	98,9	1,13	87	1599	2,09	0,86	38	72	-	3,4	##### sm	
6	92,9	1,67	56	2249	2,06	0,88	37	69	-	3,6	##### sm	
6,2	172,9	3,53	49	2599	2,10	0,90	40	90	-	1,9	##### sdg	
6,4	198,9	1,33	149	4029	2,10	0,92	41	94	-	1,7	##### sdg	
6,6												
6,8												
7												
7,2												
7,4												
7,6												
7,8												
8												
8,2												
8,4												
8,6												
8,8												
9												
9,2												
9,4												
9,6												
9,8												
10												



**GEOSERVIZI S.N.C.**  
 di Cosco e Spadaro  
 Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello(PI)  
 Cell. 339-1344492

Prova numero 2  
 Committente PROTEZIONE CIVILE  
 Località CAPANNOLI  
 Cantiere PARCO DELLA VALD'ERA  
 Data 23-30/01/2017

Profondità massima (m): 6,4  
 Quota falda (m dal p.c.): 3,8



PENETROMETRO STATICO: TG 63 200 KN PAGANI

## TABELLA DATI DI CAMPAGNA

PROF.	punta	punta+manicotto	Rt
0,2			
0,4			
0,6	6	12	14
0,8	5	7	13
1	8	12	21
1,2	7	11	26
1,4	14	23	34
1,6	11	20	40
1,8	13	21	40
2	17	23	46
2,2	24	31	107
2,4	118	136	168
2,6	26	38	141
2,8	30	38	68
3	34	51	142
3,2	46	61	180
3,4	71	82	96
3,6	138	146	133
3,8	58	80	107
4	20	31	105
4,2	26	40	50
4,4	13	32	54
4,6	13	25	45
4,8	93	103	114
5	99	120	140
5,2	56	67	82
5,4	52	64	95
5,6	85	101	110
5,8	85	100	109
6	48	63	105
6,2	93	128	168
6,4	277	310	498
6,6			
6,8			
7			
7,2			
7,4			
7,6			
7,8			
8			
8,2			
8,4			
8,6			
8,8			
9			
9,2			
9,4			
9,6			
9,8			
10			

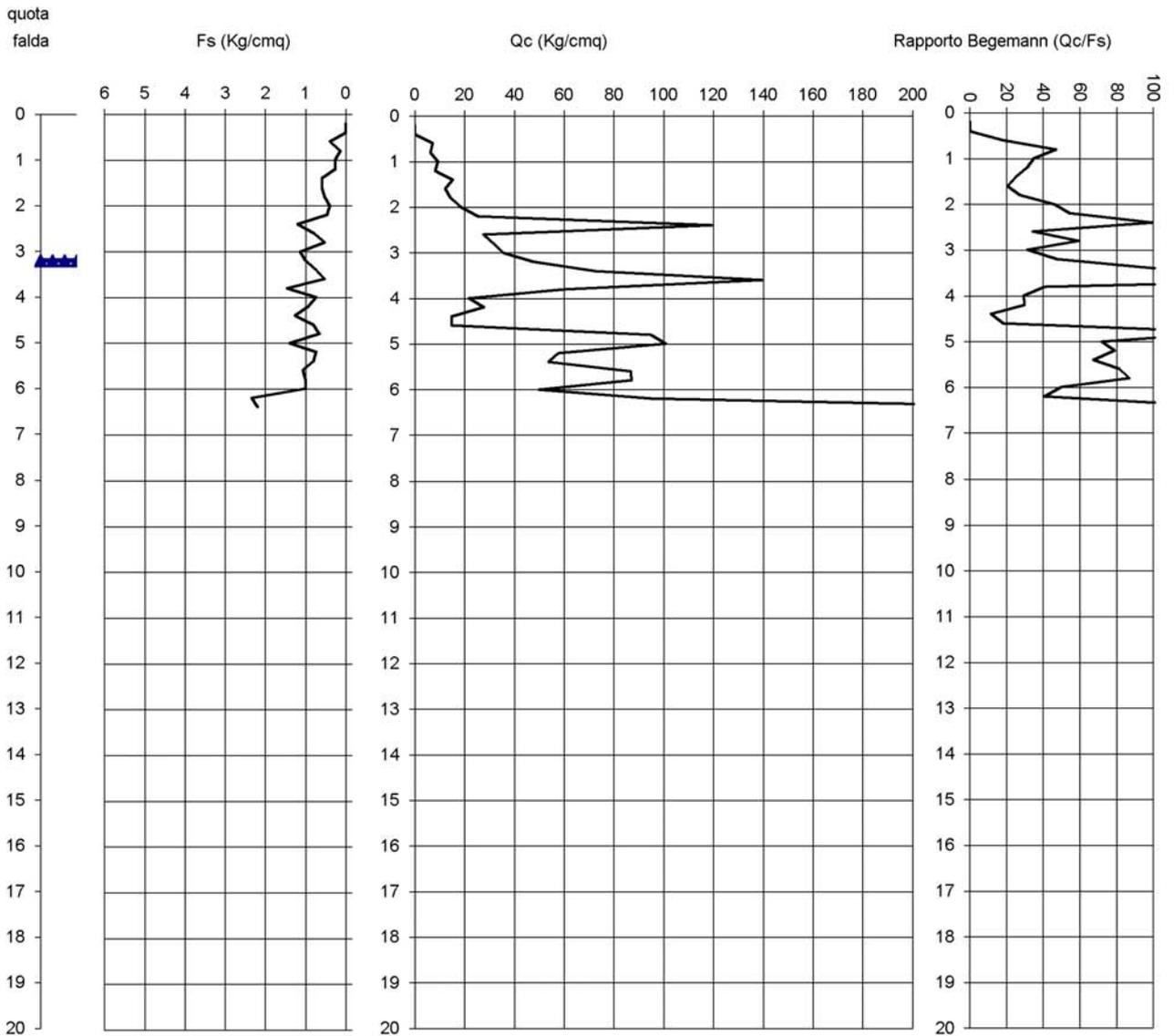
GEOSERVIZI S. N. C. di Cosco e Spadaro Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello (PI) Cell. 339-1344492 geoservizipisa@gmail.com		Prova numero: 3 Data: 23-30/01/2017											
		Committente: PROTEZIONE CIVILE											
		Località: CAPANNOLI											
		Cantiere: PARCO DELLA VALD'ERA											
		Profondità massima: 6,4 m dal p. c.											
		Quota piano camp.: m											
		Quota falda: 3,2 m dal p.c.											
Prof. [metri]	Qc [Kg/cmq]	Fs [Kg/cmq]	Qc/Fs	Rt [Kgf]	parametri geotecnici stimati							Colonna stratig.	lito_ logia
					$\gamma$ [Kg/dmc]	$\sigma'_{vo}$ [Kg/cmq]	$\phi$ [gradi]	Dr [%]	Cu [Kg/cmq]	mv [cmq/t]			
0,2					1,80	0,04	-	-	-	-	-	non ril.	
0,4					1,80	0,07	-	-	-	-	-	non ril.	
0,6	7,1	0,40	18	151	1,76	0,11	-	-	0,28	29,3	=====	a	
0,8	6,3	0,13	47	143	1,63	0,14	-	-	0,24	31,6	== == == == == ==	l	
1	9,3	0,27	35	223	1,86	0,18	-	-	0,36	24,5	== == == == ==	al	
1,2	8,3	0,27	31	273	1,81	0,21	-	-	0,32	26,4	== == == == ==	al	
1,4	15,3	0,60	25	353	1,91	0,25	-	-	0,60	19,6	== == == == ==	al	
1,6	12,3	0,60	20	413	1,91	0,29	-	-	0,48	21,0	=====	a	
1,8	14,4	0,53	27	414	1,91	0,33	-	-	0,56	19,9	== == == == ==	al	
2	18,4	0,40	46	474	1,69	0,36	-	-	0,72	16,8	== == == == ==	l	
2,2	25,4	0,47	54	1084	1,73	0,40	35	42	-	13,1	=====	sm	
2,4	119,4	1,20	99	1694	2,10	0,44	42	93	-	2,8	=====	sdg	
2,6	27,4	0,80	34	1424	1,74	0,47	28	-	-	12,2	== == == == ==	sl	
2,8	31,5	0,53	59	695	1,76	0,51	35	44	-	10,6	=====	sm	
3	35,5	1,13	31	1435	1,78	0,54	29	-	-	9,4	== == == == ==	sl	
3,2	47,5	1,00	48	1815	1,84	0,56	30	-	-	7,0	== == == == ==	sl	
3,4	72,5	0,73	99	975	1,96	0,58	38	70	-	4,6	=====	sm	
3,6	139,5	0,53	262	1345	2,10	0,60	41	92	-	2,4	=====	sdg	
3,8	59,7	1,47	41	1087	1,90	0,62	31	-	-	5,6	== == == == ==	sl	
4	21,7	0,73	30	1067	1,93	0,64	-	-	0,84	18,5	== == == == ==	al	
4,2	27,7	0,93	30	517	1,74	0,65	28	-	-	12,1	== == == == ==	sl	
4,4	14,7	1,27	12	557	1,58	0,66	-	-	0,56	25,3	#####	aot	
4,6	14,7	0,80	18	467	1,91	0,68	-	-	0,56	19,8	=====	a	
4,8	94,8	0,67	142	1158	2,07	0,70	38	75	-	3,5	=====	sm	
5	100,8	1,40	72	1418	2,10	0,73	39	76	-	3,3	=====	sdg	
5,2	57,8	0,73	79	838	1,89	0,74	36	56	-	5,8	=====	sm	
5,4	53,8	0,80	67	968	1,87	0,76	35	53	-	6,2	=====	sm	
5,6	86,8	1,07	81	1118	2,03	0,78	38	69	-	3,8	=====	sm	
5,8	86,9	1,00	87	1109	2,03	0,80	37	69	-	3,8	=====	sm	
6	49,9	1,00	50	1069	1,85	0,82	34	49	-	6,7	=====	sm	
6,2	94,9	2,33	41	1699	2,07	0,84	33	-	-	3,5	== == == == ==	sl	
6,4	278,9	2,20	127	4999	2,10	0,86	42	100	-	1,2	=====	sdg	
6,6													
6,8													
7													
7,2													
7,4													
7,6													
7,8													
8													
8,2													
8,4													
8,6													
8,8													
9													
9,2													
9,4													
9,6													
9,8													
10													



**GEOSERVIZI S.N.C.**  
 di Cosco e Spadaro  
 Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello(PI)  
 Cell. 339-1344492

Prova numero 3  
 Committente PROTEZIONE CIVILE  
 Località CAPANNOLI  
 Cantiere PARCO DELLA VALD'ERA  
 Data 23-30/01/2017

Profondità massima (m): 6,4  
 Quota falda (m dal p.c.): 3,2



PENETROMETRO STATICO: TG 63 200 KN PAGANI

## TABELLA DATI DI CAMPAGNA

 <p style="font-size: small;">Via E. Calabresi - Loc. Montacchiello Ospedaletto (PI) C.F./P.IVA 01121470502</p>		prove totali: 6 Prova numero: 4 Committente: PROTEZIONE CIVILE Località: CAPANNOLI Cantiere: PARCO DELLA VALD'ERA Data: 23-30/01/2017	
certificato num: 20/2018		profondità massima: 14 quota falda: 6,5 quota piano campagna:	
PROF.	punta	punta+manicotto	Rt
0,2			
0,4			
0,6	24	36	46
0,8	14	30	40
1	26	36	41
1,2	30	36	39
1,4	26	38	44
1,6	26	34	43
1,8	14	28	44
2	15	27	39
2,2	15	25	37
2,4	18	27	29
2,6	14	29	36
2,8	20	33	48
3	28	48	66
3,2	31	50	92
3,4	28	68	113
3,6	29	60	127
3,8	36	58	139
4	35	70	149
4,2	32	70	150
4,4	27	49	165
4,6	37	73	170
4,8	30	72	167
5	27	68	169
5,2	25	65	164
5,4	29	62	168
5,6	29	64	180
5,8	29	59	181
6	24	60	171
6,2	23	44	148
6,4	16	29	161
6,6	13	34	160
6,8	23	40	179
7	13	21	176
7,2	13	20	170
7,4	12	21	163
7,6	11	21	171
7,8	21	29	178
8	19	31	179
8,2	14	28	183
8,4	15	33	184
8,6	14	29	175
8,8	18	33	164
9	8	21	166
9,2	10	21	177
9,4	21	29	199
9,6	31	45	216
9,8	58	78	299
10	52	72	299

## TABELLA DATI DI CAMPAGNA

 <p style="font-size: small;">Via E. Calabresi - Loc. Montacchiello Ospedaletto (PI) C.F./P.IVA 01121470502</p>		prove totali: 6 Prova numero: 4 Committente: PROTEZIONE CIVILE Località: CAPANNOLI Cantiere: PARCO DELLA VALD'ERA Data: 23-30/01/2017	
certificato num: 20/2018		profondità massima: 14 quota falda: 6,5	
<b>quota piano campagna:</b>			
PROF.	punta	punta+manicotto	Rt
10,2	46	59	307
10,4	55	118	310
10,6	57	110	301
10,8	48	91	401
11	32	75	451
11,2	21	50	441
11,4	23	42	454
11,6	22	45	473
11,8	31	49	471
12	36	58	515
12,2	30	56	501
12,4	26	56	512
12,6	22	40	498
12,8	13	32	467
13	14	26	464
13,2	19	28	316
13,4	11	18	310
13,6	31	41	497
13,8	92	110	531
14	177	201	702
14,2			
14,4			
14,6			
14,8			
15			
15,2			
15,4			
15,6			
15,8			
16			
16,2			
16,4			
16,6			
16,8			
17			
17,2			
17,4			
17,6			
17,8			
18			
18,2			
18,4			
18,6			
18,8			
19			
19,2			
19,4			
19,6			
19,8			
20			

 <b>GEOSERVIZI S. N. C.</b> di Cosco e Spadaro Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello (PI) Cell. 339-1344492 geoservizipisa@gmail.com					Prova numero: 4		Data: 23-30/01/2017					
					Committente: PROTEZIONE CIVILE		Località: CAPANNOLI					
					Cantiere: PARCO DELLA VALD'ERA		Profondità massima: 14,0 m dal p. c.					
					Quota piano camp.: m		Quota falda: 6,5 m dal p.c.					
<b>parametri geotecnici stimati</b>												
Prof.	Qc	Fs	Qc/Fs	Rt	$\gamma$	$\sigma'_{vo}$	$\phi$	Dr	Cu	mv	Colonna stratig.	lito_ logia
[metri]	[Kg/cm <sup>2</sup> ]	[Kg/cm <sup>2</sup> ]		[Kgf]	[Kg/dmc]	[Kg/cm <sup>2</sup> ]	[gradi]	[%]	[Kg/cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> /t]		
0,2					1,80	0,04	-	-	-	-	non ril.	
0,4					1,80	0,07	-	-	-	-	non ril.	
0,6	25,1	0,80	31	471	1,73	0,11	28	-	-	13,3		sl
0,8	15,3	1,07	14	413	1,91	0,14	-	-	0,60	19,6	=====	a
1	27,3	0,67	41	423	1,74	0,18	28	-	-	12,2		sl
1,2	31,3	0,40	78	403	1,76	0,21	39	63	-	10,7		sm
1,4	27,3	0,80	34	453	1,74	0,25	28	-	-	12,2		sl
1,6	27,3	0,53	51	443	1,74	0,28	37	52	-	12,2		sm
1,8	15,4	0,93	16	454	1,91	0,32	-	-	0,60	19,6	=====	a
2	16,4	0,80	20	404	1,91	0,36	-	-	0,64	19,4	=====	a
2,2	16,4	0,67	25	384	1,91	0,40	-	-	0,64	19,4	=====	a
2,4	19,4	0,60	32	304	1,70	0,43	-	-	0,76	16,7		l
2,6	15,4	1,00	15	374	1,91	0,47	-	-	0,60	19,6	=====	a
2,8	21,5	0,87	25	495	1,93	0,51	-	-	0,84	18,6		al
3	29,5	1,33	22	675	1,94	0,55	-	-	1,16	13,6	=====	a
3,2	32,5	1,27	26	935	1,95	0,59	-	-	1,28	12,3		al
3,4	29,5	2,67	11	1145	1,94	0,63	-	-	1,16	12,5	=====	a
3,6	30,5	2,07	15	1285	1,95	0,67	-	-	1,19	13,1	=====	a
3,8	37,7	1,47	26	1407	1,96	0,70	-	-	1,48	10,6		al
4	36,7	2,33	16	1507	1,96	0,74	-	-	1,44	10,9	=====	a
4,2	33,7	2,53	13	1517	1,95	0,78	-	-	1,31	11,9	=====	a
4,4	28,7	1,47	20	1667	1,94	0,82	-	-	1,11	14,0	=====	a
4,6	38,7	2,40	16	1717	1,96	0,86	-	-	1,51	10,3	=====	a
4,8	31,8	2,80	11	1688	1,95	0,90	-	-	1,24	12,6	=====	a
5	28,8	2,73	11	1708	1,94	0,94	-	-	1,11	12,9	=====	a
5,2	26,8	2,67	10	1658	1,94	0,98	-	-	1,03	13,8	=====	a
5,4	30,8	2,20	14	1698	1,95	1,02	-	-	1,19	13,0	=====	a
5,6	30,8	2,33	13	1818	1,95	1,06	-	-	1,19	13,0	=====	a
5,8	30,9	2,00	15	1829	1,95	1,09	-	-	1,19	12,9	=====	a
6	25,9	2,40	11	1729	1,94	1,13	-	-	0,99	14,3	=====	a
6,2	24,9	1,40	18	1499	1,93	1,17	-	-	0,95	16,1	=====	a
6,4	17,9	0,87	21	1629	1,92	1,21	-	-	0,67	19,4	=====	a
6,6	14,9	1,40	11	1619	1,58	1,22	-	-	0,55	24,8	#####	aot
6,8	25,0	1,13	22	1810	1,93	1,24	-	-	0,95	16,0	=====	a
7	15,0	0,53	28	1780	1,91	1,26	-	-	0,55	19,7		al
7,2	15,0	0,47	32	1720	1,91	1,28	-	-	0,55	19,7		al
7,4	14,0	0,60	23	1650	1,91	1,29	-	-	0,51	20,0	=====	a
7,6	13,0	0,67	20	1730	1,91	1,31	-	-	0,47	20,5	=====	a
7,8	23,2	0,53	43	1802	1,72	1,33	27	-	-	14,4		sl
8	21,2	0,80	26	1812	1,92	1,35	-	-	0,79	18,9		al
8,2	16,2	0,93	17	1852	1,91	1,36	-	-	0,59	19,4	=====	a
8,4	17,2	1,20	14	1862	1,92	1,38	-	-	0,63	19,4	=====	a
8,6	16,2	1,00	16	1772	1,91	1,40	-	-	0,59	19,4	=====	a
8,8	20,3	1,00	20	1663	1,92	1,42	-	-	0,76	19,7	=====	a
9	10,3	0,87	12	1683	1,53	1,43	-	-	0,35	36,0	#####	aot
9,2	12,3	0,73	17	1793	1,91	1,45	-	-	0,43	21,0	=====	a
9,4	23,3	0,53	44	2013	1,72	1,46	27	-	-	14,3		sl
9,6	33,3	0,93	36	2183	1,77	1,48	29	-	-	10,0		sl
9,8	60,4	1,33	45	3014	1,90	1,50	31	-	-	5,5		sl
10	54,4	1,33	41	3014	1,87	1,51	31	-	-	6,1		sl

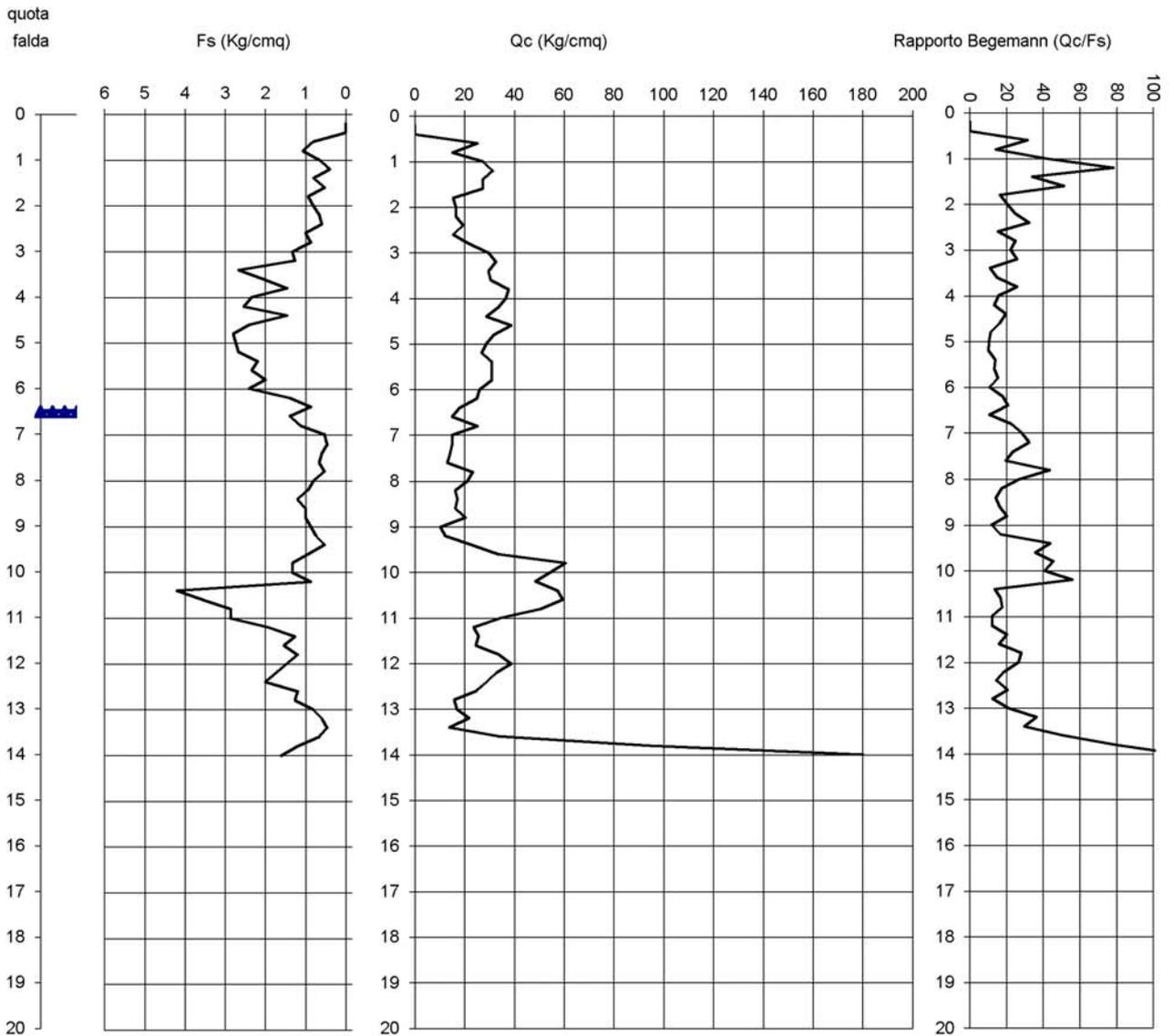
Prof. [metri]	Qc [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Fs [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Qc/Fs	Rt [Kgf]	parametri geotecnici stimati							Colonna stratig.	lito_ logia
					$\gamma$ [Kg/dmc]	$\sigma'_{vo}$ [Kg/cm <sup>2</sup> ]	$\phi$ [gradi]	Dr [%]	Cu [Kg/cm <sup>2</sup> ]	$m_v$ [cm <sup>2</sup> /t]			
10,2	48,4	0,87	56	3094	1,84	1,53	31	34	-	6,9	=====	sm	
10,4	57,4	4,20	14	3124	2,01	1,55	-	-	2,24	7,0	=====	a	
10,6	59,4	3,53	17	3034	2,01	1,57	-	-	2,31	6,7	=====	a	
10,8	50,6	2,87	18	4036	1,99	1,59	-	-	1,96	7,9	=====	a	
11	34,6	2,87	12	4536	1,95	1,61	-	-	1,32	11,6	=====	a	
11,2	23,6	1,93	12	4436	1,93	1,63	-	-	0,88	15,7	=====	a	
11,4	25,6	1,27	20	4566	1,93	1,65	-	-	0,96	15,6	=====	a	
11,6	24,6	1,53	16	4756	1,93	1,66	-	-	0,92	16,3	=====	a	
11,8	33,7	1,20	28	4737	1,95	1,68	-	-	1,28	11,9	=====	al	
12	38,7	1,47	26	5177	1,96	1,70	-	-	1,48	10,3	=====	al	
12,2	32,7	1,73	19	5037	1,95	1,72	-	-	1,24	12,2	=====	a	
12,4	28,7	2,00	14	5147	1,94	1,74	-	-	1,08	13,9	=====	a	
12,6	24,7	1,20	21	5007	1,93	1,76	-	-	0,92	16,2	=====	a	
12,8	15,8	1,27	12	4698	1,59	1,77	-	-	0,56	23,4	#####	aot	
13	16,8	0,80	21	4668	1,92	1,79	-	-	0,60	19,4	=====	a	
13,2	21,8	0,60	36	3188	1,71	1,80	27	-	-	15,3	=====	sl	
13,4	13,8	0,47	30	3128	1,91	1,82	-	-	0,48	20,1	=====	al	
13,6	33,8	0,67	51	4998	1,77	1,84	28	18	-	9,9	=====	sm	
13,8	95,0	1,20	79	5340	2,07	1,86	33	53	-	3,5	=====	sm	
14	180,0	1,60	112	7050	2,10	1,88	37	75	-	1,9	=====	sdg	
14,2													
14,4													
14,6													
14,8													
15													
15,2													
15,4													
15,6													
15,8													
16													
16,2													
16,4													
16,6													
16,8													
17													
17,2													
17,4													
17,6													
17,8													
18													
18,2													
18,4													
18,6													
18,8													
19													
19,2													
19,4													
19,6													
19,8													
20													



**GEOSERVIZI S.N.C.**  
 di Cosco e Spadaro  
 Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello(PI)  
 Cell. 339-1344492

Prova numero 4  
 Committente PROTEZIONE CIVILE  
 Località CAPANNOLI  
 Cantiere PARCO DELLA VALD'ERA  
 Data 23-30/01/2017

Profondità massima (m): 14  
 Quota falda (m dal p.c.): 6,5



PENETROMETRO STATICO: TG 63 200 KN PAGANI

## TABELLA DATI DI CAMPAGNA

PROF.	punta	punta+manicotto	Rt
0,2			3
0,4			9
0,6	5	11	19
0,8	5	14	18
1	7	12	17
1,2	5	10	22
1,4	11	14	22
1,6	12	18	38
1,8	22	29	53
2	33	41	74
2,2	37	52	95
2,4	35	60	97
2,6	21	38	81
2,8	16	34	72
3	14	24	56
3,2	10	22	51
3,4	8	15	33
3,6	10	13	42
3,8	14	19	45
4	14	18	45
4,2	18	22	57
4,4	28	34	62
4,6	18	25	58
4,8	25	40	79
5	32	37	64
5,2	29	45	83
5,4	36	48	213
5,6	142	177	220
5,8	104	122	382
6	231	250	330
6,2	202	227	362
6,4	226	239	404
6,6	208	238	389
6,8	116	129	244
7	49	57	171
7,2	30	45	71
7,4	43	63	161
7,6	88	101	102
7,8	30	36	78
8	14	36	70
8,2	7	17	56
8,4	6	12	44
8,6	32	43	109
8,8	138	148	153
9	112	137	122
9,2	70	84	159
9,4	51	59	129
9,6	78	96	189
9,8	132	162	315
10	243	300	398

## TABELLA DATI DI CAMPAGNA

 <p style="font-size: small;">Via E. Calabresi - Loc. Montacchiello Ospedaletto (PI) C.F./P.IVA 01121470502</p>		prove totali: 6 Prova numero: 6 Committente: PROTEZIONE CIVILE Località: CAPANNOLI Cantiere: PARCO DELLA VALD'ERA Data: 23-30/01/2017	
certificato num: 22/2018		profondità massima: 12,2 quota falda: 3,6	
<b>quota piano campagna:</b>			
PROF.	punta	punta+manicotto	Rt
10,2	90	110	138
10,4	10	30	140
10,6	84	93	190
10,8	48	63	268
11	184	209	208
11,2	129	140	301
11,4	144	167	281
11,6	199	210	298
11,8	130	165	276
12	296	313	338
12,2	397	421	510
12,4			
12,6			
12,8			
13			
13,2			
13,4			
13,6			
13,8			
14			
14,2			
14,4			
14,6			
14,8			
15			
15,2			
15,4			
15,6			
15,8			
16			
16,2			
16,4			
16,6			
16,8			
17			
17,2			
17,4			
17,6			
17,8			
18			
18,2			
18,4			
18,6			
18,8			
19			
19,2			
19,4			
19,6			
19,8			
20			

GEOSERVIZI S. N. C. di Cosco e Spadaro Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello (PI) Cell. 339-1344492 geoservizipisa@gmail.com		Prova numero: 6		Data: 23-30/01/2017								
		Committente: PROTEZIONE CIVILE		Località: CAPANNOLI								
		Cantiere: PARCO DELLA VALD'ERA		Profondità massima: 12,2 m dal p. c.								
				Quota piano camp.: m								
				Quota falda: 3,6 m dal p.c.								
parametri geotecnici stimati												
Prof. [metri]	Qc [Kg/cmq]	Fs [Kg/cmq]	Qc/Fs	Rt [Kgf]	$\gamma$ [Kg/dmc]	$\sigma'_{vo}$ [Kg/cmq]	$\phi$ [gradi]	Dr [%]	Cu [Kg/cmq]	mv [cmq/t]	Colonna stratig.	lito_ logia
0,2				41	1,80	0,04	-	-	-	-	non ril.	
0,4				101	1,80	0,07	-	-	-	-	non ril.	
0,6	6,1	0,40	15	201	1,49	0,10	-	-	0,24	50,9	##### aot	
0,8	6,3	0,60	10	193	1,49	0,13	-	-	0,25	50,1	##### aot	
1	8,3	0,33	25	183	1,81	0,17	-	-	0,32	26,4	##### a	
1,2	6,3	0,33	19	233	1,71	0,20	-	-	0,24	32,3	##### a	
1,4	12,3	0,20	61	233	1,66	0,24	33	29	-	27,2	##### ss	
1,6	13,3	0,40	33	393	1,91	0,27	-	-	0,52	20,4	##### al	
1,8	23,4	0,47	50	544	1,72	0,31	36	45	-	14,3	##### sm	
2	34,4	0,53	64	754	1,77	0,34	37	56	-	9,7	##### sm	
2,2	38,4	1,00	38	964	1,79	0,38	30	-	-	8,7	##### sl	
2,4	36,4	1,67	22	984	1,96	0,42	-	-	1,44	11,0	##### a	
2,6	22,4	1,13	20	824	1,93	0,46	-	-	0,88	17,9	##### a	
2,8	17,5	1,20	15	735	1,92	0,50	-	-	0,68	19,4	##### a	
3	15,5	0,67	23	575	1,91	0,53	-	-	0,60	19,5	##### a	
3,2	11,5	0,80	14	525	1,55	0,56	-	-	0,44	32,2	##### aot	
3,4	9,5	0,47	20	345	1,88	0,60	-	-	0,36	24,1	##### a	
3,6	11,5	0,20	58	435	1,66	0,62	28	5	-	28,9	##### ss	
3,8	15,7	0,33	47	467	1,68	0,63	-	-	0,60	17,5	##### l	
4	15,7	0,27	59	467	1,68	0,64	29	15	-	21,3	##### ss	
4,2	19,7	0,27	74	587	1,70	0,66	30	22	-	17,0	##### ss	
4,4	29,7	0,40	74	637	1,75	0,67	32	36	-	11,2	##### sm	
4,6	19,7	0,47	42	597	1,70	0,69	-	-	0,76	16,7	##### l	
4,8	26,8	1,00	27	808	1,94	0,70	-	-	1,04	14,9	##### al	
5	33,8	0,33	101	658	1,77	0,72	33	39	-	9,9	##### sm	
5,2	30,8	1,07	29	848	1,95	0,74	-	-	1,20	13,0	##### al	
5,4	37,8	0,80	47	2148	1,79	0,75	30	-	-	8,8	##### sl	
5,6	143,8	2,33	62	2218	2,10	0,78	40	87	-	2,3	##### sdg	
5,8	105,9	1,20	88	3839	2,10	0,80	38	76	-	3,1	##### sdg	
6	232,9	1,27	184	3319	2,10	0,82	42	100	-	1,4	##### sdg	
6,2	203,9	1,67	122	3639	2,10	0,84	41	97	-	1,6	##### sdg	
6,4	227,9	0,87	263	4059	2,10	0,86	41	100	-	1,5	##### sdg	
6,6	209,9	2,00	105	3909	2,10	0,89	41	97	-	1,6	##### sdg	
6,8	118,0	0,87	136	2460	2,10	0,91	38	77	-	2,8	##### sdg	
7	51,0	0,53	96	1730	1,86	0,93	34	47	-	6,5	##### sm	
7,2	32,0	1,00	32	730	1,76	0,94	29	-	-	10,4	##### sl	
7,4	45,0	1,33	34	1630	1,83	0,96	30	-	-	7,4	##### sl	
7,6	90,0	0,87	104	1040	2,05	0,98	37	66	-	3,7	##### sm	
7,8	32,2	0,40	80	802	1,76	0,99	31	30	-	10,4	##### sm	
8	16,2	1,47	11	722	1,59	1,00	-	-	0,61	22,9	##### aot	
8,2	9,2	0,67	14	582	1,52	1,02	-	-	0,33	38,8	##### aot	
8,4	8,2	0,40	20	462	1,81	1,03	-	-	0,29	26,6	##### a	
8,6	34,2	0,73	47	1112	1,77	1,05	29	-	-	9,8	##### sl	
8,8	140,3	0,67	210	1553	2,10	1,07	38	79	-	2,4	##### sdg	
9	114,3	1,67	69	1243	2,10	1,09	37	71	-	2,9	##### sdg	
9,2	72,3	0,93	77	1613	1,96	1,11	35	55	-	4,6	##### sm	
9,4	53,3	0,53	100	1313	1,87	1,13	33	44	-	6,3	##### sm	
9,6	80,3	1,20	67	1913	2,00	1,15	35	58	-	4,2	##### sm	
9,8	134,4	2,00	67	3174	2,10	1,17	38	75	-	2,5	##### sdg	
10	245,4	3,80	65	4004	2,10	1,19	40	96	-	1,4	##### sdg	

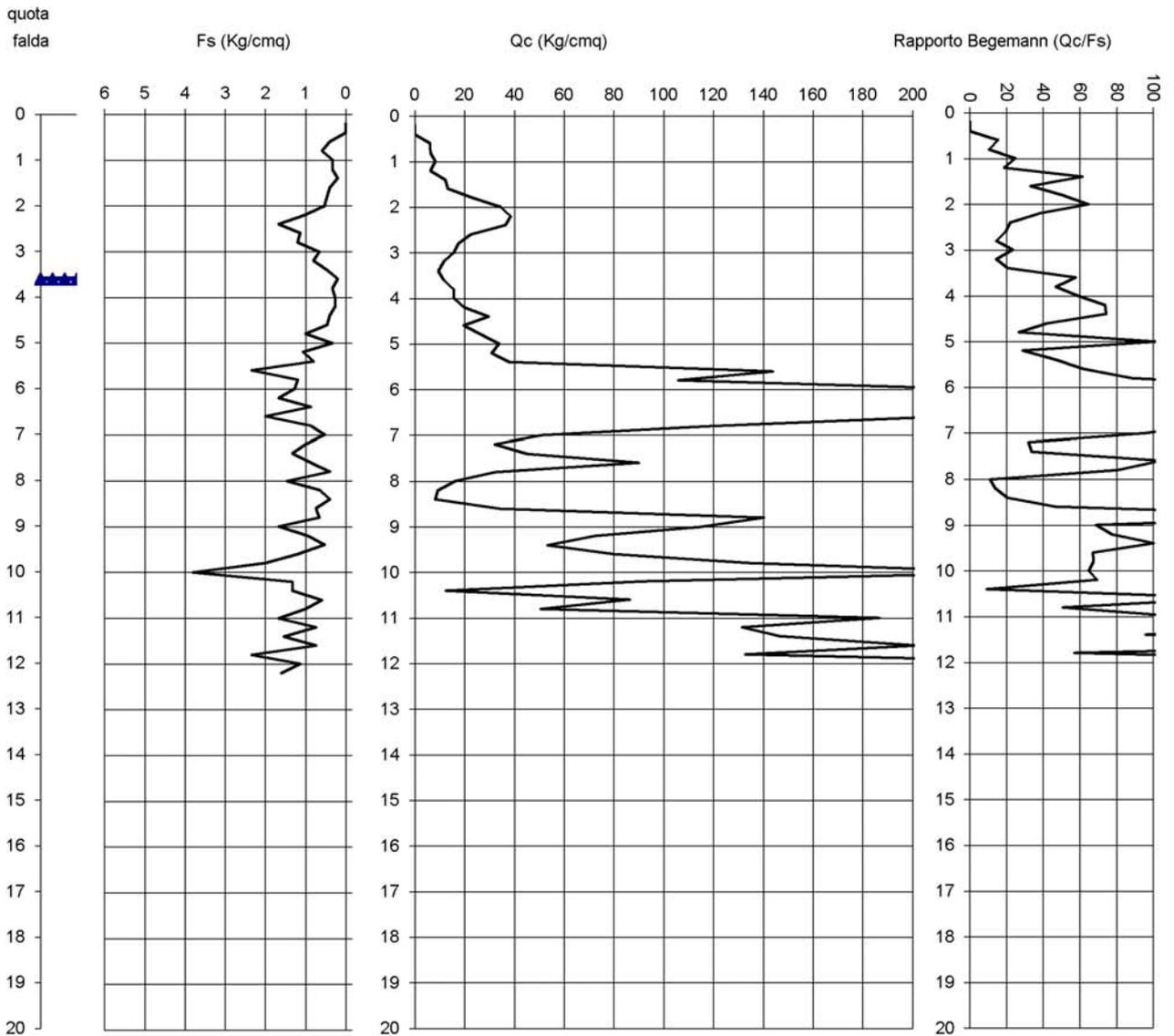
Prof. [metri]	Qc [Kg/cmq]	Fs [Kg/cmq]	Qc/Fs	Rt [Kgf]	parametri geotecnici stimati							Colonna stratig.	lito_ logia
					$\gamma$ [Kg/dmc]	$\sigma'_{vo}$ [Kg/cmq]	$\phi$ [gradi]	Dr [%]	Cu [Kg/cmq]	mv [cmq/t]			
10,2	92,4	1,33	69	1404	2,06	1,21	36	62	-	3,6		sm	
10,4	12,4	1,33	9	1424	1,55	1,22	-	-	0,45	29,8	#####	aot	
10,6	86,4	0,60	144	1924	2,03	1,24	35	59	-	3,9		sm	
10,8	50,6	1,00	51	2706	1,85	1,26	32	40	-	6,6		sm	
11	186,6	1,67	112	2106	2,10	1,28	39	85	-	1,8		sdg	
11,2	131,6	0,73	179	3036	2,10	1,31	37	72	-	2,5		sdg	
11,4	146,6	1,53	96	2836	2,10	1,33	38	75	-	2,3		sdg	
11,6	201,6	0,73	275	3006	2,10	1,35	39	86	-	1,7		sdg	
11,8	132,7	2,33	57	2787	2,10	1,37	37	71	-	2,5		sdg	
12	298,7	1,13	264	3407	2,10	1,39	41	99	-	1,1		sdg	
12,2	399,7	1,60	250	5127	2,10	1,42	42	100	-	0,8		sdg	
12,4													
12,6													
12,8													
13													
13,2													
13,4													
13,6													
13,8													
14													
14,2													
14,4													
14,6													
14,8													
15													
15,2													
15,4													
15,6													
15,8													
16													
16,2													
16,4													
16,6													
16,8													
17													
17,2													
17,4													
17,6													
17,8													
18													
18,2													
18,4													
18,6													
18,8													
19													
19,2													
19,4													
19,6													
19,8													
20													



**GEOSERVIZI S.N.C.**  
 di Cosco e Spadaro  
 Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello(PI)  
 Cell. 339-1344492

Prova numero 6  
 Committente PROTEZIONE CIVILE  
 Località CAPANNOLI  
 Cantiere PARCO DELLA VALD'ERA  
 Data 23-30/01/2017

Profondità massima (m): 12,2  
 Quota falda (m dal p.c.): 3,6



PENETROMETRO STATICO: TG 73 200 KN PAGANI

## TABELLA DATI DI CAMPAGNA

		<b>prove totali:</b> 6 <b>Prova numero:</b> 5 <b>Committente:</b> PROTEZIONE CIVILE <b>Località:</b> CAPANNOLI <b>Cantiere:</b> PARCO DELLA VALD'ERA <b>Data:</b> 23-30/01/2017	
<b>profondità massima:</b> 13,4 <b>quota falda:</b> 4			
certificato num: 21/2018		<b>quota piano campagna:</b>	
PROF.	punta	punta+manicotto	Rt
0,2			4
0,4			9
0,6	5	8	10
0,8	5	10	21
1	8	17	27
1,2	6	16	37
1,4	8	17	54
1,6	34	46	84
1,8	45	61	124
2	5	83	163
2,2	58	90	159
2,4	53	85	160
2,6	53	88	161
2,8	55	101	155
3	44	57	137
3,2	41	81	137
3,4	44	80	130
3,6	32	61	102
3,8	18	41	91
4	17	36	77
4,2	18	23	57
4,4	23	32	52
4,6	8	17	54
4,8	19	24	51
5	14	20	60
5,2	18	22	49
5,4	17	23	55
5,6	13	18	46
5,8	19	25	60
6	47	55	105
6,2	66	77	99
6,4	18	23	126
6,6	83	96	174
6,8	173	201	274
7	201	230	238
7,2	191	220	334
7,4	220	239	258
7,6	158	181	210
7,8	37	47	217
8	159	177	181
8,2	133	151	216
8,4	91	111	162
8,6	33	50	79
8,8	54	62	140
9	80	101	202
9,2	126	151	218
9,4	156	183	215
9,6	176	202	220
9,8	178	210	266
10	166	187	265

## TABELLA DATI DI CAMPAGNA

 <b>GEOSERVIZI snc</b> Via E. Calabresi - Loc. Montacchiello Ospedaletto (PI) C.F./P.IVA 01121470502		prove totali: 6 Prova numero: 5 Committente: PROTEZIONE CIVILE Località: CAPANNOLI Cantiere: PARCO DELLA VALD'ERA Data: 23-30/01/2017	
certificato num: 21/2018		profondità massima: 13,4 quota falda: 4 quota piano campagna:	
PROF.	punta	punta+manicotto	Rt
10,2	169	179	199
10,4	19	30	181
10,6	67	73	155
10,8	62	83	185
11	113	137	176
11,2	133	148	302
11,4	193	228	327
11,6	113	137	283
11,8	171	190	209
12	126	142	202
12,2	61	87	246
12,4	94	112	128
12,6	88	106	191
12,8	247	281	327
13	94	110	330
13,2	242	288	357
13,4	321	357	598
13,6			
13,8			
14			
14,2			
14,4			
14,6			
14,8			
15			
15,2			
15,4			
15,6			
15,8			
16			
16,2			
16,4			
16,6			
16,8			
17			
17,2			
17,4			
17,6			
17,8			
18			
18,2			
18,4			
18,6			
18,8			
19			
19,2			
19,4			
19,6			
19,8			
20			

GEOSERVIZI S. N. C. di Cosco e Spadaro Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello (PI) Cell. 339-1344492 geoservizipisa@gmail.com		Prova numero: 5		Data: 23-30/01/2017									
Committente: PROTEZIONE CIVILE													
Località: CAPANNOLI													
Cantiere: PARCO DELLA VALD'ERA													
Profondità massima: 13,4 m dal p. c.													
Quota piano camp.: m													
Quota falda: 4,0 m dal p.c.													
Prof. [metri]	Qc [Kg/cmq]	Fs [Kg/cmq]	Qc/Fs	Rt [Kgf]	parametri geotecnici stimati							Colonna stratig.	lito_ logia
					$\gamma$ [Kg/dmc]	$\sigma'_{vo}$ [Kg/cmq]	$\phi$ [gradi]	Dr [%]	Cu [Kg/cmq]	mv [cmq/t]			
0,2				51	1,80	0,04	-	-	-	-	-	non ril.	
0,4				101	1,80	0,07	-	-	-	-	-	non ril.	
0,6	6,1	0,20	31	111	1,71	0,11	-	-	0,24	32,9	=====	al	
0,8	6,3	0,33	19	223	1,71	0,14	-	-	0,24	32,3	=====	a	
1	9,3	0,60	15	283	1,52	0,17	-	-	0,36	38,6	#####	aot	
1,2	7,3	0,67	11	383	1,50	0,20	-	-	0,28	45,1	#####	aot	
1,4	9,3	0,60	15	553	1,52	0,23	-	-	0,36	38,6	#####	aot	
1,6	35,3	0,80	44	853	1,78	0,27	29	-	-	9,5	#####	sl	
1,8	46,4	1,07	43	1254	1,83	0,30	30	-	-	7,2	#####	sl	
2	6,4	5,20	1	1644	1,49	0,33	-	-	0,24	49,4	#####	aot	
2,2	59,4	2,13	28	1604	1,90	0,37	31	-	-	5,6	#####	sl	
2,4	54,4	2,13	25	1614	2,00	0,41	-	-	2,16	7,4	=====	al	
2,6	54,4	2,33	23	1624	2,00	0,45	-	-	2,16	7,4	=====	al	
2,8	56,5	3,07	18	1565	2,00	0,49	-	-	2,24	7,1	=====	a	
3	45,5	0,87	53	1385	1,83	0,53	36	56	-	7,3	#####	sm	
3,2	42,5	2,67	16	1385	1,97	0,57	-	-	1,68	9,4	=====	a	
3,4	45,5	2,40	19	1315	1,98	0,61	-	-	1,80	8,8	=====	a	
3,6	33,5	1,93	17	1035	1,95	0,65	-	-	1,31	11,9	=====	a	
3,8	19,7	1,53	13	927	1,63	0,68	-	-	0,76	18,8	#####	aot	
4	18,7	1,27	15	787	1,92	0,70	-	-	0,72	19,6	=====	a	
4,2	19,7	0,33	59	587	1,70	0,71	30	20	-	17,0	#####	ss	
4,4	24,7	0,60	41	537	1,72	0,73	28	-	-	13,5	#####	sl	
4,6	9,7	0,60	16	557	1,88	0,74	-	-	0,36	23,9	=====	a	
4,8	20,8	0,33	62	528	1,70	0,76	30	21	-	16,0	#####	sm	
5	15,8	0,40	39	618	1,68	0,77	-	-	0,60	17,4	#####	l	
5,2	19,8	0,27	74	508	1,70	0,78	29	18	-	16,9	#####	ss	
5,4	18,8	0,40	47	568	1,69	0,80	-	-	0,72	16,7	#####	l	
5,6	14,8	0,33	44	478	1,67	0,81	-	-	0,56	17,9	#####	l	
5,8	20,9	0,40	52	619	1,70	0,83	29	19	-	15,9	#####	sm	
6	48,9	0,53	92	1069	1,84	0,84	34	48	-	6,8	#####	sm	
6,2	67,9	0,73	93	1009	1,94	0,86	36	59	-	4,9	#####	sm	
6,4	19,9	0,33	60	1279	1,70	0,88	29	16	-	16,7	#####	ss	
6,6	84,9	0,87	98	1759	2,02	0,90	37	65	-	3,9	#####	sm	
6,8	175,0	1,87	94	2760	2,10	0,92	40	90	-	1,9	#####	sdg	
7	203,0	1,93	105	2400	2,10	0,94	41	94	-	1,6	#####	sdg	
7,2	193,0	1,93	100	3360	2,10	0,96	40	92	-	1,7	#####	sdg	
7,4	222,0	1,27	175	2600	2,10	0,98	41	97	-	1,5	#####	sdg	
7,6	160,0	1,53	104	2120	2,10	1,01	39	85	-	2,1	#####	sdg	
7,8	39,2	0,67	59	2192	1,80	1,02	32	36	-	8,5	#####	sm	
8	161,2	1,20	134	1832	2,10	1,04	39	84	-	2,1	#####	sdg	
8,2	135,2	1,20	113	2182	2,10	1,07	38	78	-	2,5	#####	sdg	
8,4	93,2	1,33	70	1642	2,07	1,09	36	64	-	3,6	#####	sm	
8,6	35,2	1,13	31	812	1,78	1,10	29	-	-	9,5	#####	sl	
8,8	56,3	0,53	106	1423	1,88	1,12	33	46	-	5,9	#####	sm	
9	82,3	1,40	59	2043	2,01	1,14	35	59	-	4,1	#####	sm	
9,2	128,3	1,67	77	2203	2,10	1,16	38	74	-	2,6	#####	sdg	
9,4	158,3	1,80	88	2173	2,10	1,18	38	81	-	2,1	#####	sdg	
9,6	178,3	1,73	103	2223	2,10	1,21	39	84	-	1,9	#####	sdg	
9,8	180,4	2,13	85	2684	2,10	1,23	39	84	-	1,8	#####	sdg	
10	168,4	1,40	120	2674	2,10	1,25	38	82	-	2,0	#####	sdg	

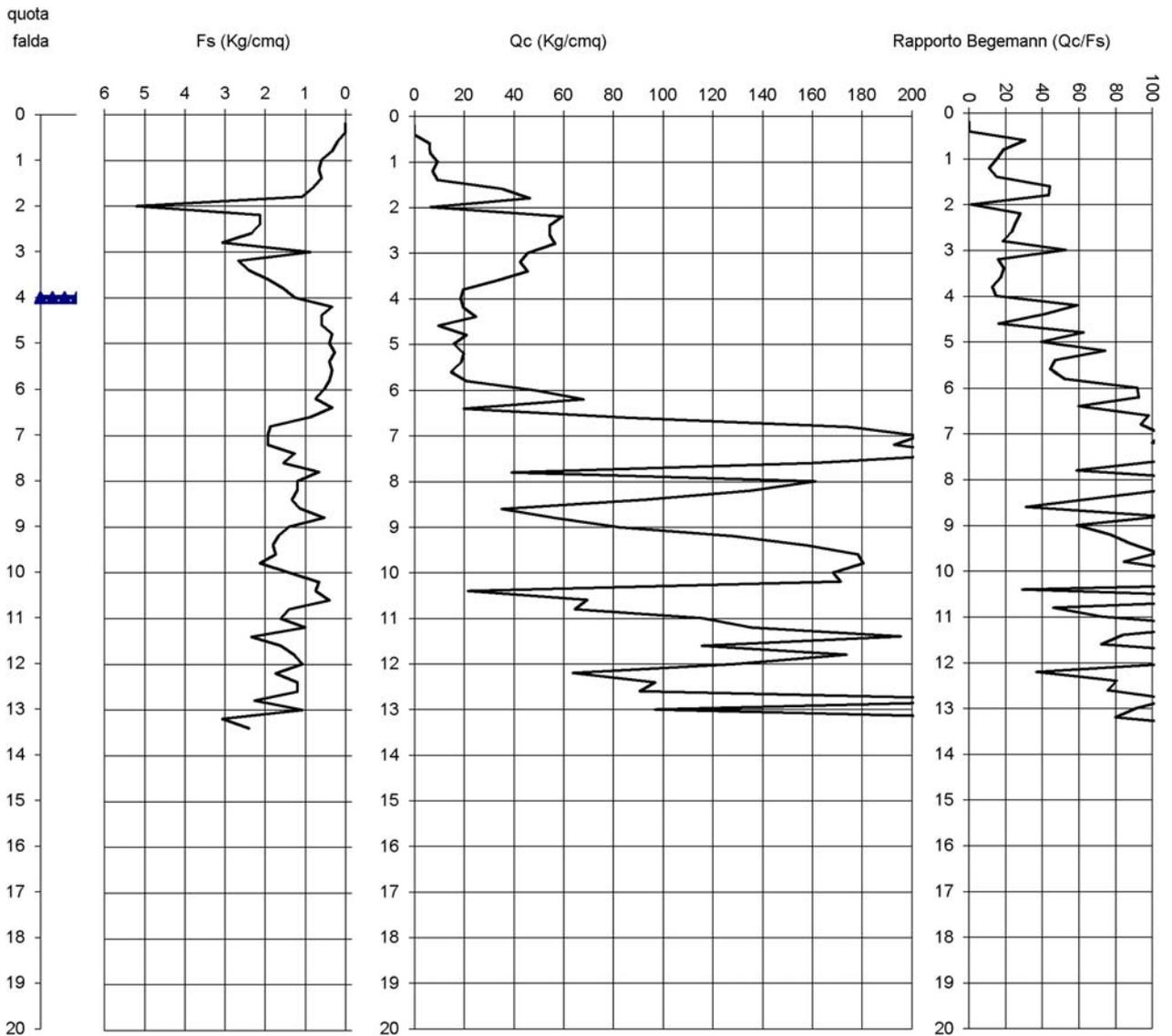
Prof. [metri]	Qc [Kg/cmq]	Fs [Kg/cmq]	Qc/Fs	Rt [Kgf]	parametri geotecnici stimati							Colonna stratig.	lito_ logia
					$\gamma$ [Kg/dmc]	$\sigma'_{vo}$ [Kg/cmq]	$\phi$ [gradi]	Dr [%]	Cu [Kg/cmq]	mv [cmq/t]			
10,2	171,4	0,67	257	2014	2,10	1,27	38	82	-	1,9		sdg	
10,4	21,4	0,73	29	1834	1,93	1,29	-	-	0,81	18,7		al	
10,6	69,4	0,40	174	1574	1,95	1,31	33	50	-	4,8		sm	
10,8	64,6	1,40	46	1876	1,92	1,33	31	-	-	5,2		sl	
11	115,6	1,60	72	1786	2,10	1,35	36	67	-	2,9		sdg	
11,2	135,6	1,00	136	3046	2,10	1,37	37	72	-	2,5		sdg	
11,4	195,6	2,33	84	3296	2,10	1,39	39	84	-	1,7		sdg	
11,6	115,6	1,60	72	2856	2,10	1,42	36	66	-	2,9		sdg	
11,8	173,7	1,27	137	2117	2,10	1,44	38	80	-	1,9		sdg	
12	128,7	1,07	121	2047	2,10	1,46	36	69	-	2,6		sdg	
12,2	63,7	1,73	37	2487	1,92	1,48	31	-	-	5,2		sl	
12,4	96,7	1,20	81	1307	2,08	1,50	35	58	-	3,4		sm	
12,6	90,7	1,20	76	1937	2,05	1,52	34	56	-	3,7		sm	
12,8	249,8	2,27	110	3298	2,10	1,54	39	90	-	1,3		sdg	
13	96,8	1,07	91	3328	2,08	1,57	34	57	-	3,4		sm	
13,2	244,8	3,07	80	3598	2,10	1,59	39	89	-	1,4		sdg	
13,4	323,8	2,40	135	6008	2,10	1,61	40	98	-	1,0		sdg	
13,6													
13,8													
14													
14,2													
14,4													
14,6													
14,8													
15													
15,2													
15,4													
15,6													
15,8													
16													
16,2													
16,4													
16,6													
16,8													
17													
17,2													
17,4													
17,6													
17,8													
18													
18,2													
18,4													
18,6													
18,8													
19													
19,2													
19,4													
19,6													
19,8													
20													

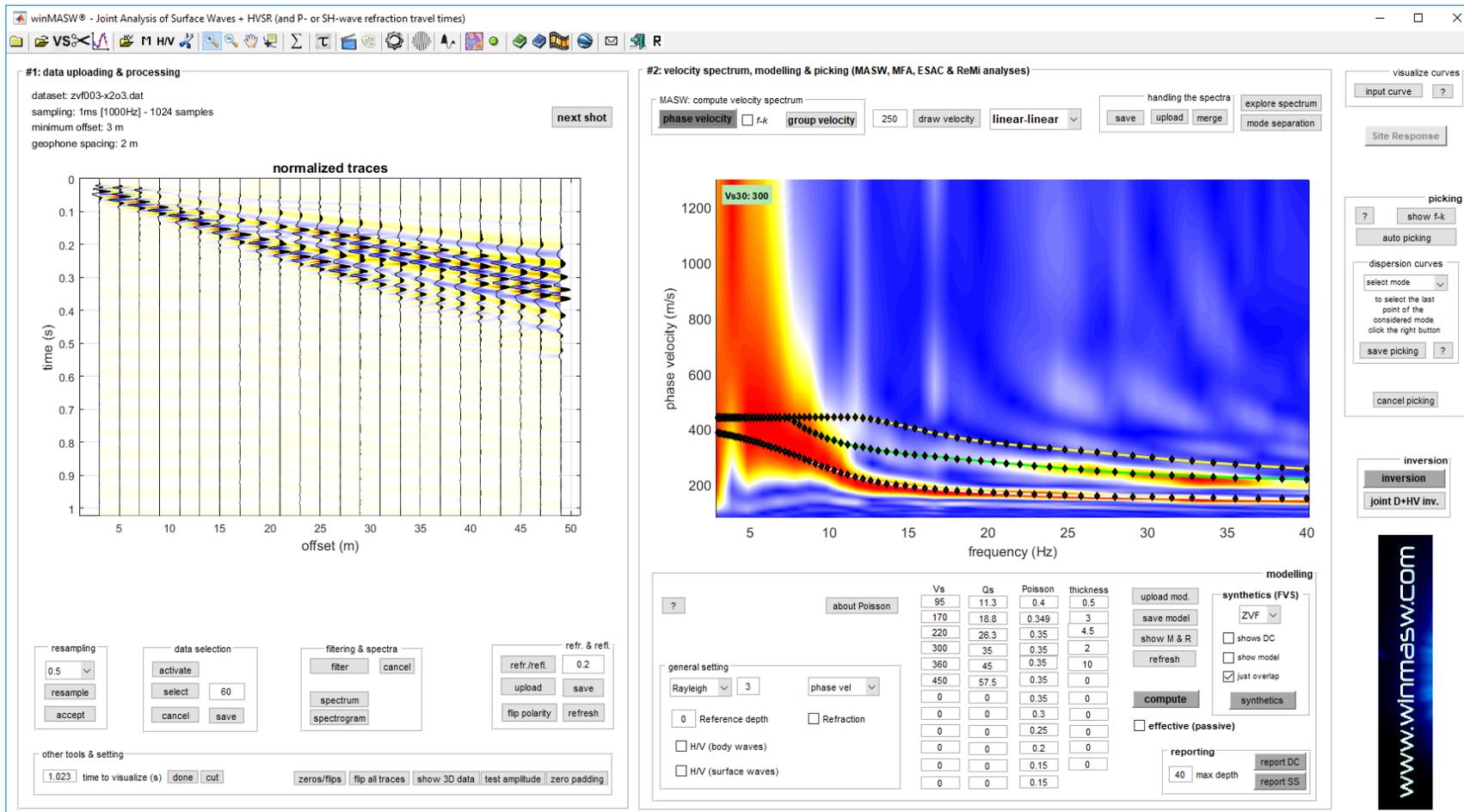


**GEOSERVIZI S.N.C.**  
 di Cosco e Spadaro  
 Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello(PI)  
 Cell. 339-1344492

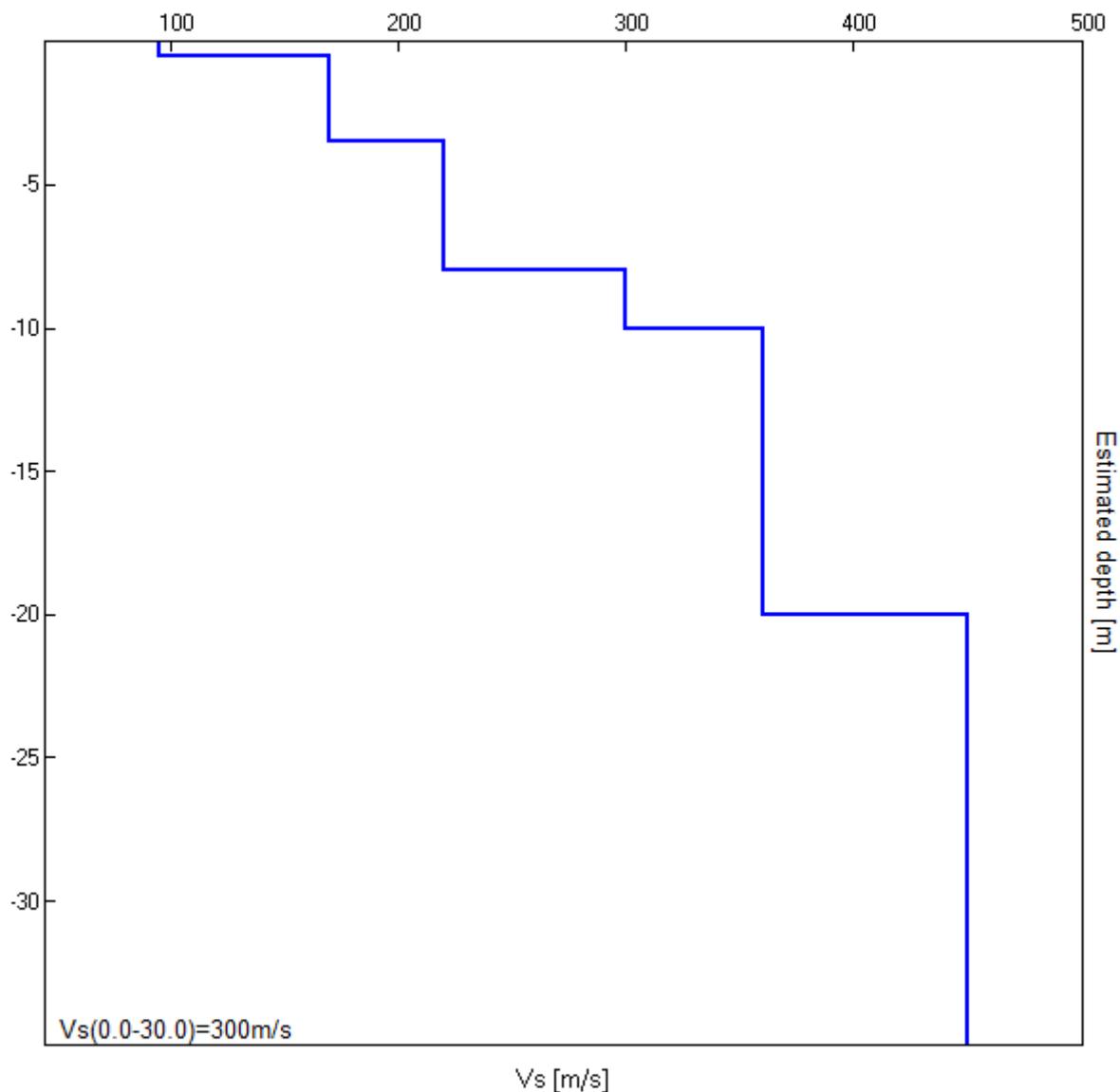
Prova numero 5  
 Committente PROTEZIONE CIVILE  
 Località CAPANNOLI  
 Cantiere PARCO DELLA VALD'ERA  
 Data 23-30/01/2017

Profondità massima (m): 13,4  
 Quota falda (m dal p.c.): 4





Indagine MASW. Sismogrammi, spettri di velocità e modelli di dispersione.



Indagine MASW. Profilo verticale delle Vs.

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.50	0.50	95
3.50	3.00	170
8.00	4.50	220
10.00	2.00	300
20.00	10.00	360
inf.	inf.	450

Vs(0.0-30.0)=300m/s

**Seguono: schede indagine HVSR** – Oltre al grafico della curva sperimentale H/V e agli spettri delle tre componenti del moto in velocità, si riportano, per ogni verticale di misura, a titolo esplicativo, il confronto fra curva sperimentale H/V e curva teorica relative al modello di sottosuolo proposto (e, conseguentemente, il profilo delle Vs calcolato su ciascuna verticale).

**J18\_003\_01\_17\_CAPANNOLI\_TR, FIUME ERA TR1**

Strumento: TEP-0085/01-10

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 17/01/18 12:09:45 Fine registrazione: 17/01/18 12:25:46

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

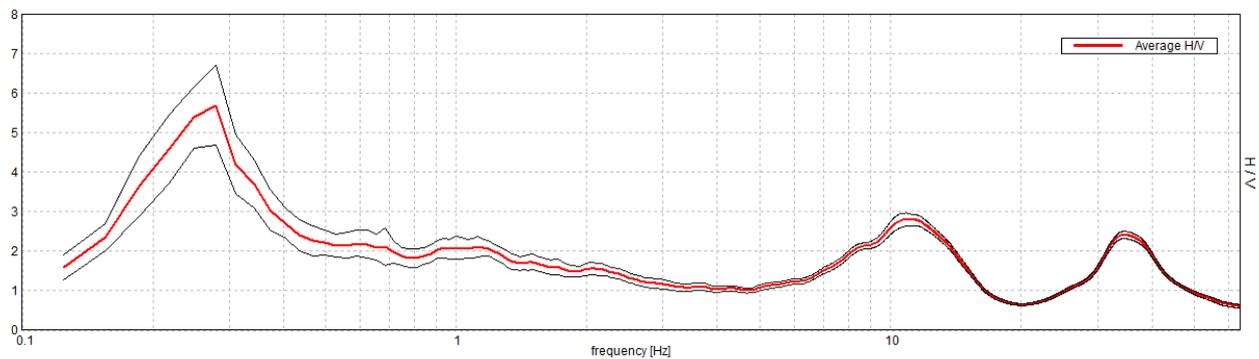
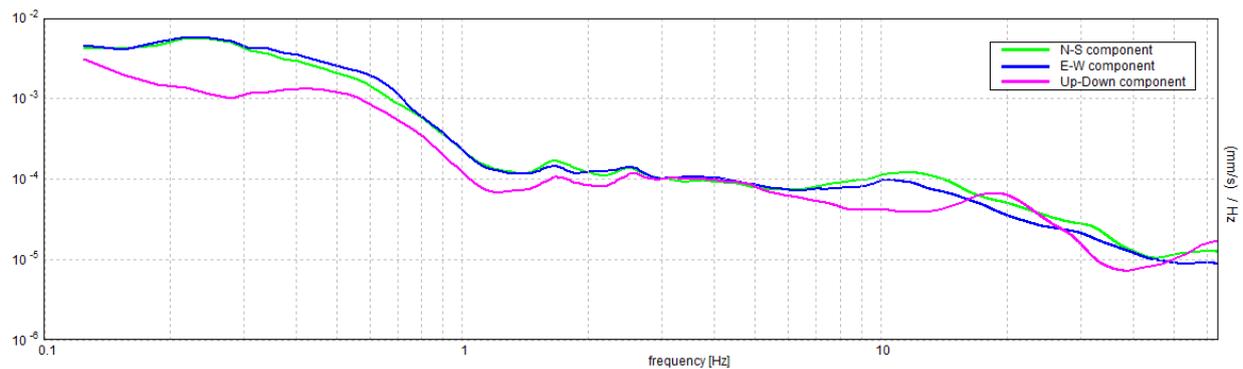
Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

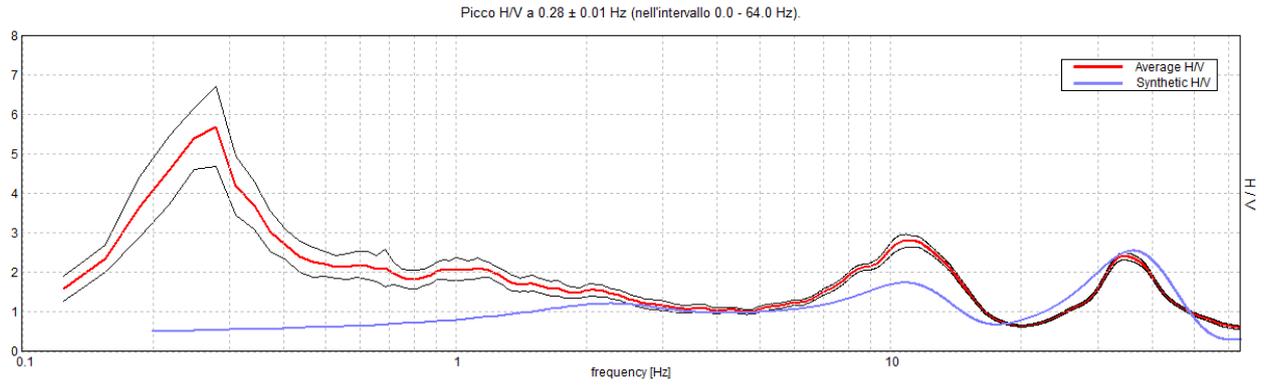
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

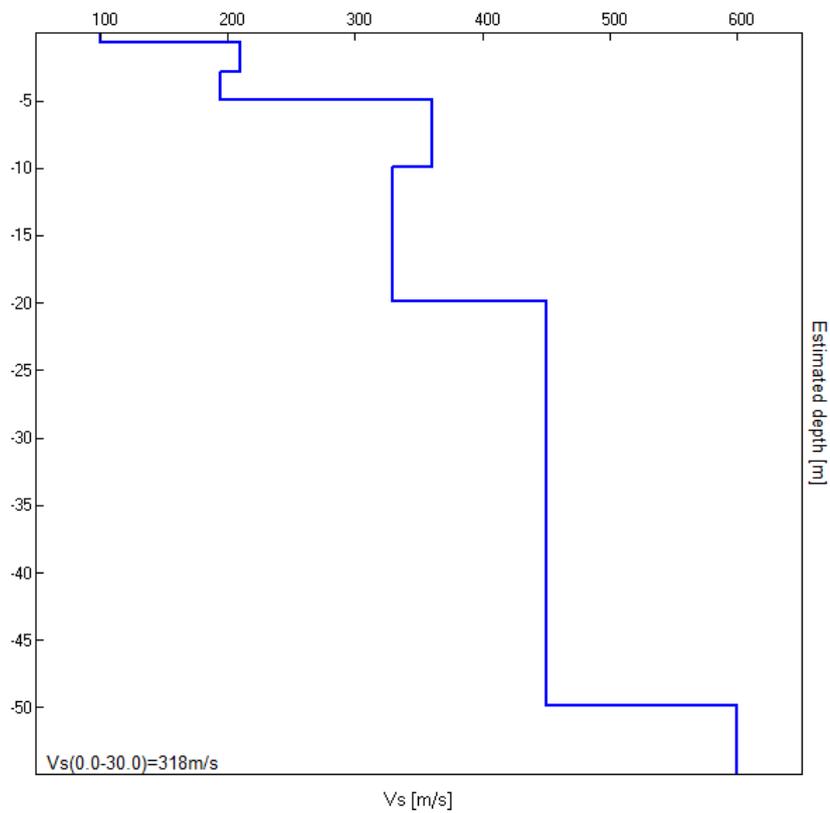
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $0.28 \pm 0.01$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**

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



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.70	0.70	100
2.90	2.20	210
4.90	2.00	195
9.90	5.00	360
19.90	10.00	330
49.90	30.00	450
inf.	inf.	600

Vs(0.0-30.0)=318m/s



**J18\_003\_01\_17\_CAPANNOLI\_TR, FIUME ERA TR2**

Strumento: TEP-0085/01-10

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 17/01/18 12:44:21 Fine registrazione: 17/01/18 13:00:22

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

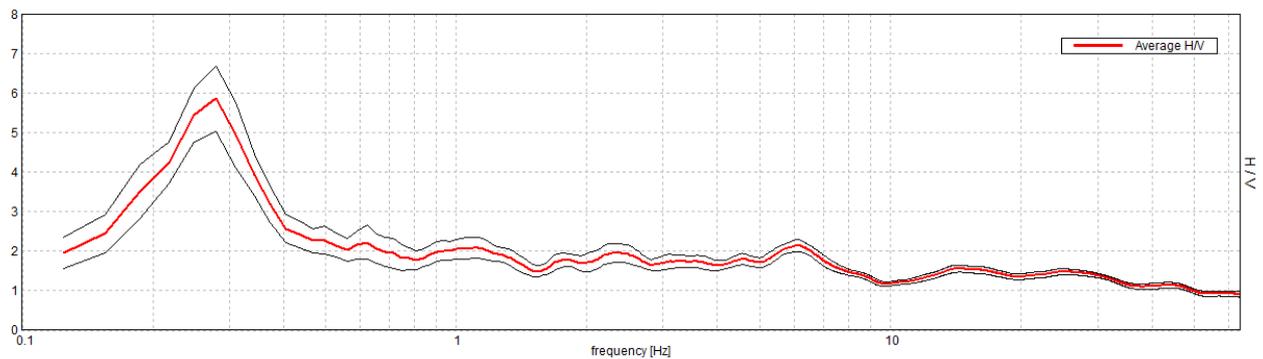
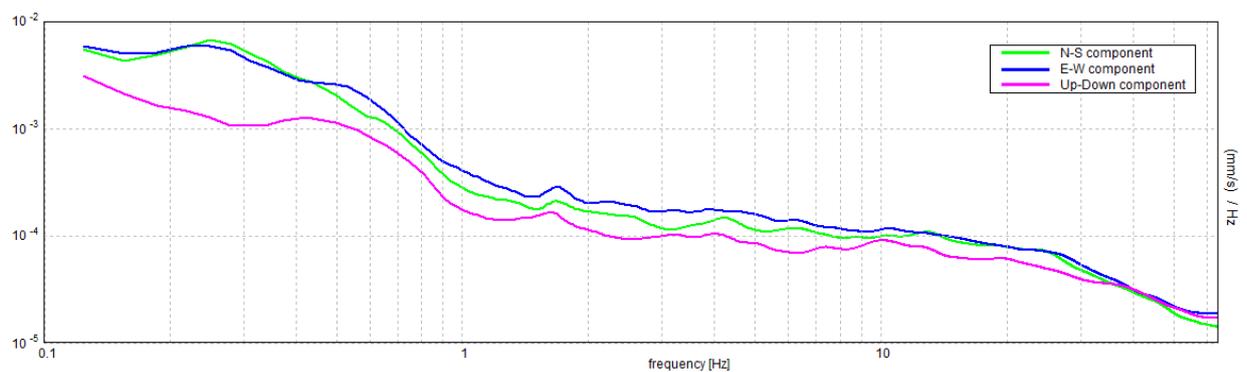
Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

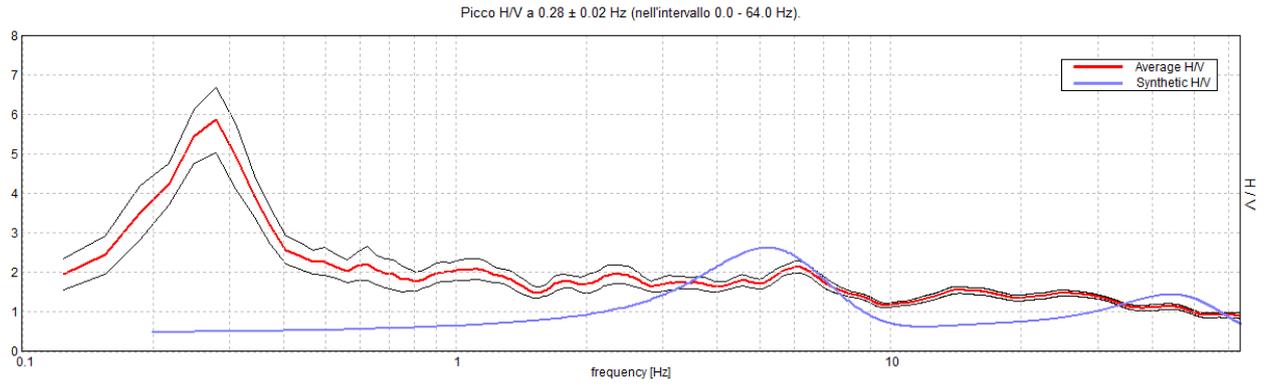
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

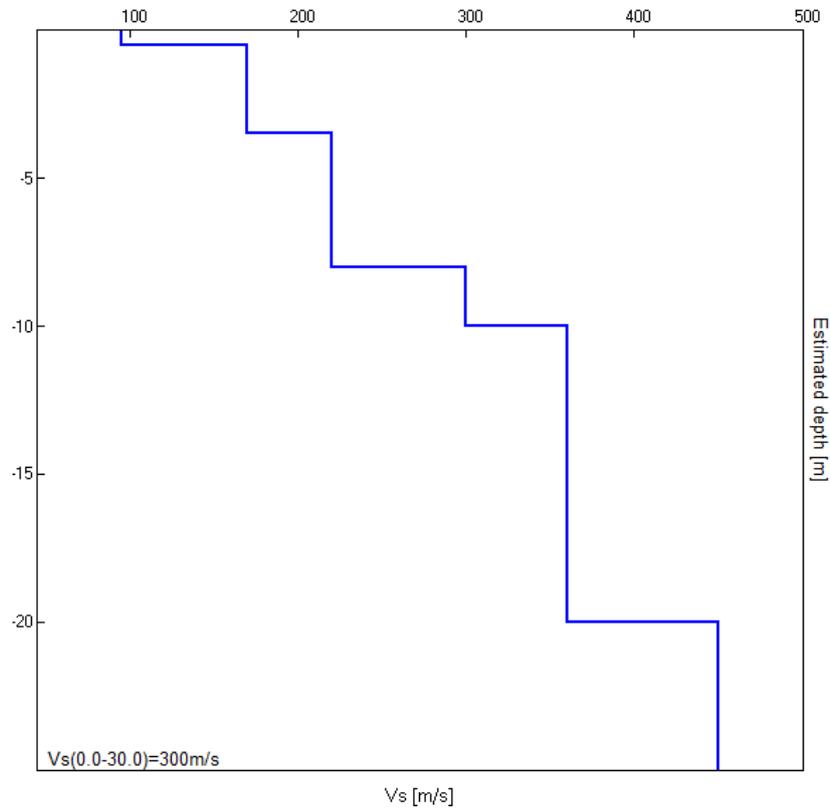
**RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**Picco H/V a  $0.28 \pm 0.02$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**

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



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.50	0.50	95
3.50	3.00	170
8.00	4.50	220
10.00	2.00	300
20.00	10.00	360
inf.	inf.	450

Vs(0.0-30.0)=300m/s





**Prova penetrometrica CPT1: Documentazione fotografica**



**Prova penetrometrica CPT2: Documentazione fotografica**



**Prova penetrometrica CPT3: Documentazione fotografica**



**Prova penetrometrica CPT4: Documentazione fotografica**