



**COMUNE DI BUTI
(PROVINCIA DI PISA)**



**PIANO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA
AREA DI ESPANSIONE PRODUTTIVA "Db"**

PIANO ATTUATIVO DI LOTTIZZAZIONE

ELABORATO:

09

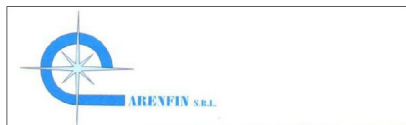
Data emissione: Maggio 2020

Scala: 1:1000

OGGETTO:

RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'

Il Richiedente:



SOC. CARENFIN s.r.l.

I Progettisti:



via G. Galilei n.1/o, 56032 Cascine di Buti (PI)
Tel.0587/725073 – e.mail: info@catureglicoo.it

Geol. Francesca Franchi

GEOPROGETTI
studio associato



PIANO ATTUATIVO DI LOTTIZZAZIONE

PIANO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA AREA DI ESPANSIONE PRODUTTIVA "Db" COMUNE DI BUTI (PROVINCIA DI PISA)

RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITÀ

INDICE

PREMESSA.....	2
<i>Normativa di riferimento.....</i>	2
<i>figura 1 - ubicazione del Piano Attuativo.....</i>	3
<i>figura 2 – planimetria generale.....</i>	4
1 - ASSETTO GEOLOGICO DELL'AREA.....	4
<i>figura 3 - carta geologica.....</i>	6
<i>figura 4 - carta MOPS.....</i>	6
<i>figura 5 – ubicazione indagini effettuate in sito.....</i>	7
<i>tabella 1 – stratigrafia sintetica.....</i>	7
<i>figura 6 – sezione stratigrafica A-A'.....</i>	8
2 - INQUADRAMENTO SISMICO DELL'AREA.....	8
3 - CLASSIFICAZIONE DELLE PERICOLOSITÀ.....	10
<i>Pericolosità geologica:.....</i>	10
<i>Pericolosità sismica locale:.....</i>	11
<i>Pericolosità idraulica:.....</i>	12
4 - FATTIBILITÀ DEL PIANO ATTUATIVO.....	13
<i>Criteri generali di fattibilità in relazione al rischio di alluvioni:.....</i>	15
<i>Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti geologici:.....</i>	15
<i>Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti sismici:.....</i>	15
CONCLUSIONI.....	16

Appendici alla relazione:

- appendice 1: certificati prove penetrometriche in sito;
- appendice 2: relazione indagini sismiche in sito.

PREMESSA

L'indagine geologico-tecnica di cui alla presente relazione è stata condotta a supporto del progetto di Piano Attuativo per l'attuazione degli interventi all'interno del Comparto produttivo "Db" a Cascine di Buti, nel Comune di Buti.

Il Piano Attuativo si inserisce nella porzione di territorio collocata tra l'abitato di Cascine di Buti, il Canale Emissario e la zona industriale della Tura (figure 1 e 2) e prevede la realizzazione di un fabbricato principale "A" con destinazione d'uso commerciale all'ingrosso e di un secondo fabbricato "B" con destinazione commerciale al dettaglio. Oltre alle opere di urbanizzazione primaria e parcheggi sono previste aree a verde pubblico ed una pista ciclabile.

Per maggiori dettagli sugli interventi si rimanda agli elaborati progettuali redatti dallo Studio Caturegli di Buti.

Per inquadrare le caratteristiche geologiche del sottosuolo e le condizioni di pericolosità dell'area, si è fatto riferimento agli studi geologici del Regolamento Urbanistico Comunale, in particolare della Variante relativa all'area di espansione produttiva Db del maggio 2019.

La conoscenza del sottosuolo all'interno del comparto è stata implementata effettuando, nell'ambito della presente indagine, prove geotecniche e sismiche in sito.

Gli approfondimenti di indagine effettuati in questa fase hanno permesso di verificare la compatibilità e le condizioni di fattibilità geologica del Piano Attuativo, nel rispetto della normativa vigente.

Per gli aspetti inerenti alla gestione del rischio idraulico, è stato effettuato uno specifico studio idraulico dall'Ing. Enrico Favilla, al quale si rimanda per l'analisi delle soluzioni finalizzate alla gestione del rischio specifico.

Normativa di riferimento

- Regolamento Urbanistico del Comune di Buti (2007) e Variante del maggio 2019;
- D.P.G.R. 25 ottobre 2011 n.53/R: "Regolamento di attuazione dell'Art. 62 L.R. n.1/2005";
- D.P.G.R. 30 gennaio 2020 n.5/R: "Regolamento di attuazione dell'Art. 104 della L.R. n.65/2014";
- Del. D.G.R.T. n. 31/2020 Direttive Tecniche al D.P.G.R. 5/R, Allegato A;
- D.P.C.M. 27 ottobre 2016: "Approvazione del Piano di gestione del rischio di alluvioni del distretto idrografico dell'Appennino settentrionale." (G.U. n. 28 S.g. del 3-2-2017);
- L.R. 24 luglio 2018 n. 41: "Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010 n. 49 ...";
- D.P.G.R. 9 luglio 2009, n.36/R: "Regolamento di attuazione dell'Art. 117, commi 1 e 2 della L.R. n.1/2005";
- Ministero Infrastrutture e Trasporti Decreto 17 gennaio 2018: "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni";
- Circolare C.S.LL.PP. 21 Gennaio 2019, n. 7: "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle NTC di cui al D.M. 17 Gennaio 2018".



figura 1 - ubicazione del Piano Attuativo
(da Google maps)



figura 2 – planimetria generale
(in evidenza le ubicazioni delle indagini in sito e l'ingombro degli edifici in progetto)

1 - ASSETTO GEOLOGICO DELL'AREA

L'area di indagine si colloca nella fascia di pianura alluvionale al piede dei rilievi dei Monti Pisani, con quote del p.c. intorno ai 10 m s.l.m.

L'area di variante è inserita nel tratto compreso tra il Canale Emissario, sul lato Est, ed il vecchio tracciato ferroviario Pontedera-Lucca, ad Ovest.

Altri elementi geomorfologici sono costituiti dal rilevato stradale di via della Tura (a Nord) e gli accumuli di materiale provenienti dalla realizzazione del Canale Emissario (ad Est), che tendono a confinare la zona in oggetto.

Dal punto di vista geologico, i terreni in affioramento sono rappresentati dalla Formazione dei "Depositi alluvionali attuali e recenti", costituita da alternanze di argille e limi (figura 3).

Tali depositi a grana fine costituiscono la copertura del conoide di alluvioni grossolane antiche che caratterizza la valle principale di Buti e che si immerge con profondità crescenti

verso Est al di sotto delle alluvioni stesse.

Il conoide antico è costituito da terreni decisamente più consistenti delle sue coperture, in particolare da ghiaie e ciottoli addensati, talvolta cementati.

Dal quadro conoscitivo a disposizione non risultano presenti processi o fenomeni di instabilità geomorfologica.

Tenendo conto del quadro geologico, e considerando le previsioni edilizie del Piano Attuativo, per inquadrare l'assetto stratigrafico e le caratteristiche geomeccaniche del sottosuolo alla scala del comparto, sono state effettuate quattro prove penetrometriche in sito, spinte fino a profondità comprese tra i -7 ed i -22 m sotto il p.c.

Per un inquadramento preliminare delle caratteristiche sismiche del substrato del comparto in oggetto, è stata effettuata un'indagine sismica attiva di superficie tipo MASW e un'indagine passiva a stazione singola HVSR (figura 5).

I dati delle prove penetrometriche in sito confermano la presenza di terreni di natura alluvionale, di consistenza variabile da media a medio-bassa, al di sopra dei terreni molto consistenti del conoide antico. Coerentemente con i dati geologici a disposizione, lo spessore delle alluvioni recenti aumenta in maniera considerevole spostandosi dal lato Ovest del comparto verso il lato Est (figure 5, 6 ed appendice 1).

Nell'area di pianura della Tura, gli aspetti idraulici sono condizionati dalla presenza del Canale Emissario, che rappresenta l'elemento di drenaggio principale a cui è collegato il reticolo idraulico locale, laddove ancora presente.

Sul lato meridionale è presente il Fosso della Serezza, che rappresenta il tratto terminale del bacino del Rio Magno che drena le acque della valle di Buti, recapitandole nel Canale Emissario, in posizione molto incassata rispetto ai territori circostanti.

La zona risulta parzialmente vulnerabile dalle acque di esondazione provenienti dai corsi d'acqua posti più a monte, che raggiungono il fondovalle seguendo la linea di massima pendenza della Valle di Buti.

Sotto l'aspetto idrologico, i depositi superficiali di natura prevalentemente coesiva, scarsamente permeabili, non favoriscono la formazione di una vera e propria falda freatica, mentre i depositi di conoide sottostanti sono sede di un importante acquifero, sfruttato anche ad uso idropotabile.



figura 3 - carta geologica
(Regolamento Urbanistico comunale)



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

2

Zone instabili

CD

Possibile amplificazione stratigrafica a causa del contrasto tra i depositi alluvionali ed il bedrock sismico

figura 4 - carta MOPS (Regolamento Urbanistico comunale)

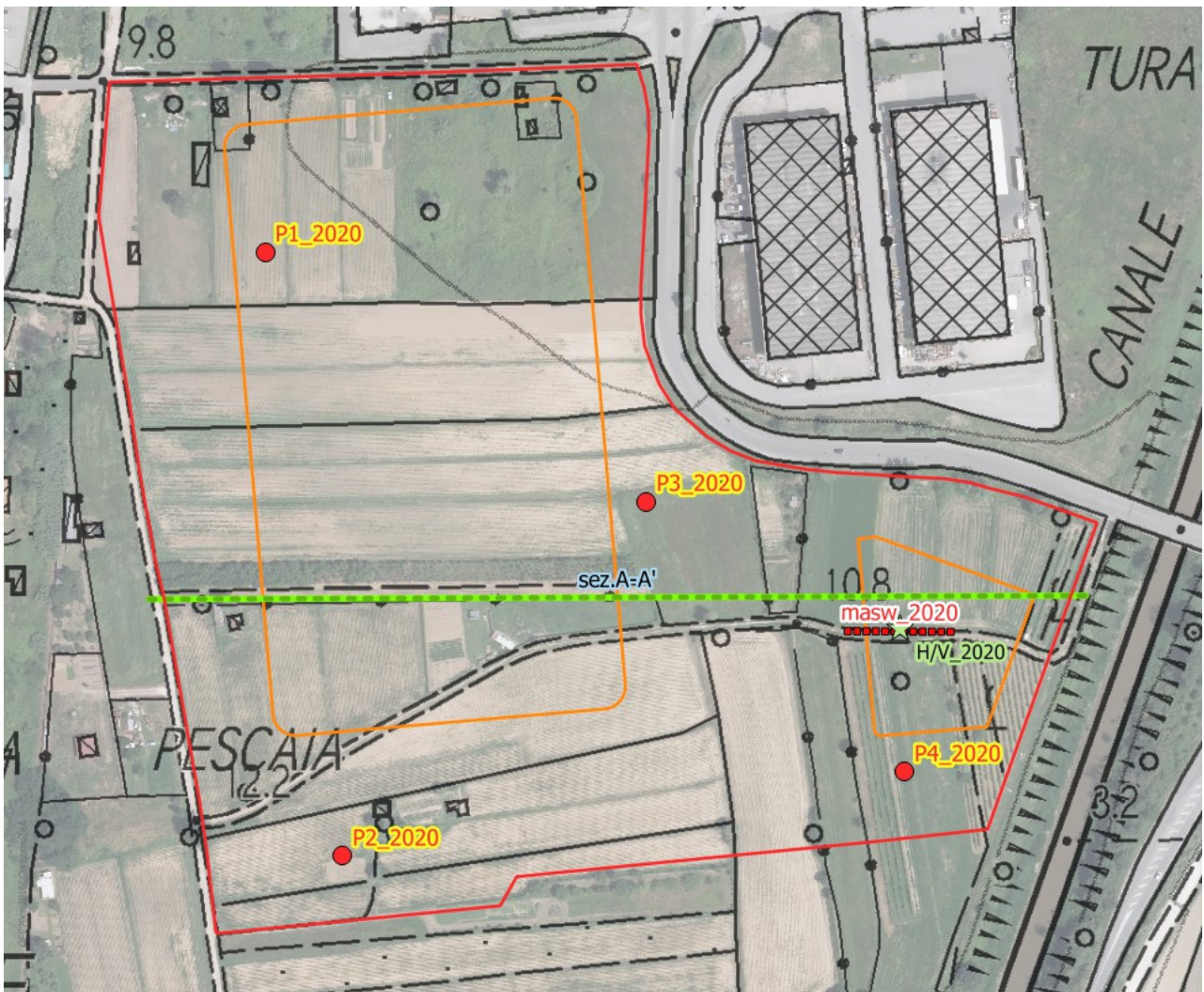


figura 5 – ubicazione indagini effettuate in sito (base cartografica CTR 1:10.000 – ortofoto RT 2016)

Dai dati così acquisiti è possibile delineare un modello geologico-stratigrafico preliminare del sottosuolo, schematizzato nella seguente tabella e graficamente anche nella successiva figura 6. Per quanto sopra detto circa lo spessore delle coperture alluvionali recenti, in tabella sono riportati approssimativamente i valori minimo e massimo. Trattandosi di un inquadramento preliminare, lo spessore della coltre agraria superficiale è stato compreso all'interno della Formazione delle alluvioni attuali.

Nome strato	Profondità dal p.d.c (m)	Litotipo dominante	Consistenza
"1"	Da 0 a 5 - 21 circa	Limi ed argille con intercalazioni di sabbie limose	Da media a medio-bassa
"2"	Da 5 – 21 m circa ad oltre 25-30 m	ciottoli e ghiaia in matrice sabbioso-limosa	da addensate a molto addensate e cementate

tabella 1 – stratigrafia sintetica

La ricostruzione del modello di sottosuolo dell'area è stata schematizzata graficamente nella seguente sezione stratigrafica:

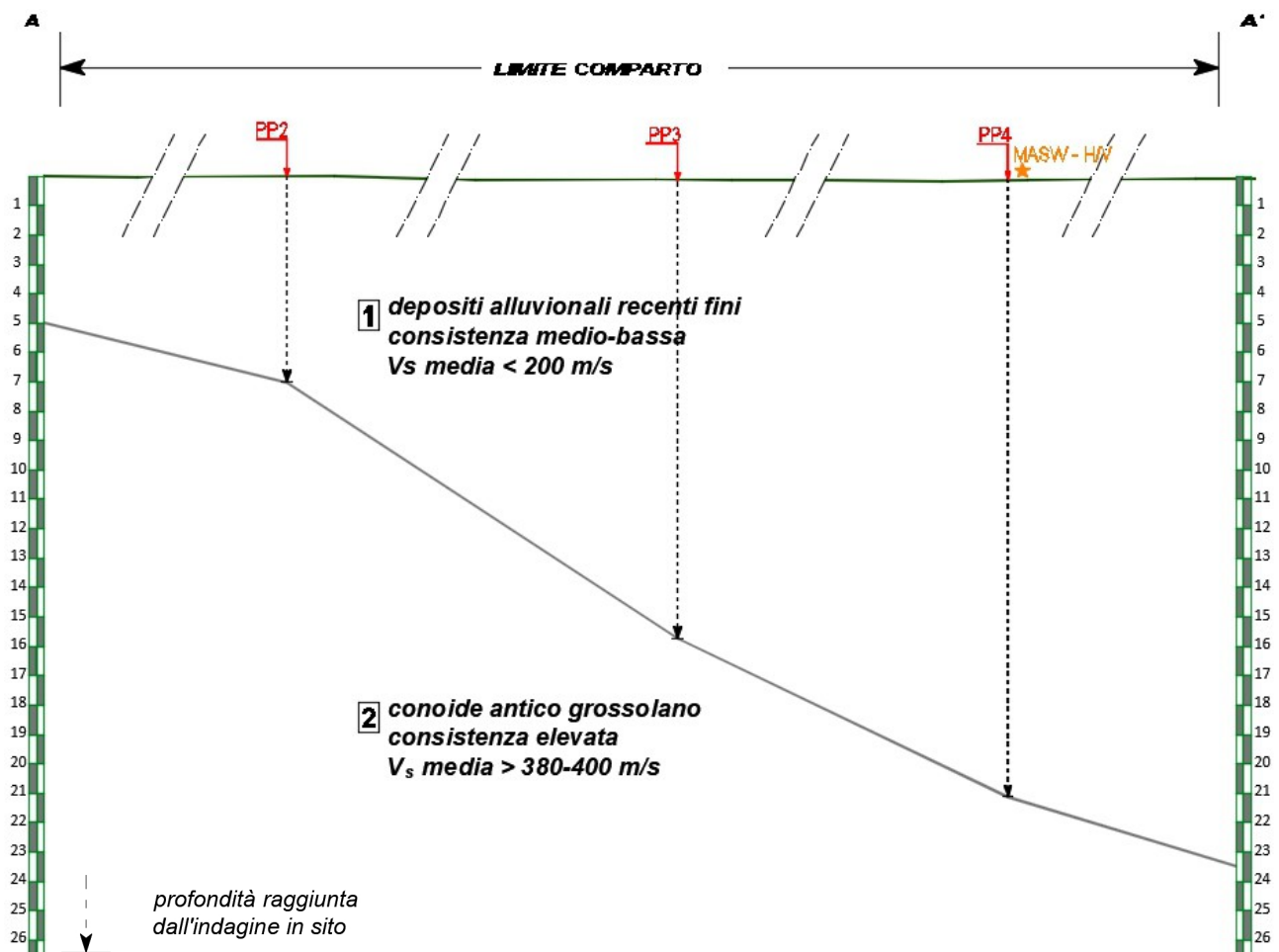


figura 6 – sezione stratigrafica A-A'

2 - INQUADRAMENTO SISMICO DELL'AREA

Nella classificazione sismica 2014 della Regione Toscana in aggiornamento degli allegati 1 e 2 della D.G.R.T. 878/2012 ("aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008 ..."), il territorio comunale di Buti è stato confermato sismico nella zona "3".

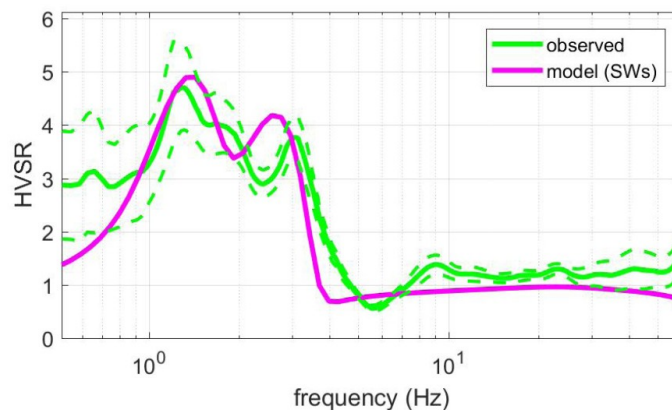
La magnitudo sismica massima nella zona sismogenetica ZS9 n. 916 "Versilia-Chianti", che comprende il Comune di Buti, è di Mw 6.14 (INGV - Redazione della mappa di pericolosità sismica PCM 3274/2003 - Rapporto conclusivo, aprile 2004).

Dal punto di vista sismostratigrafico, la carta MOPS della Variante al RU indica che in questa zona gli spessori delle coperture a bassa velocità sismica sono ridotti a causa della presenza di un possibile bedrock sismico entro alcune decine di metri dal p.c. (figura 4).

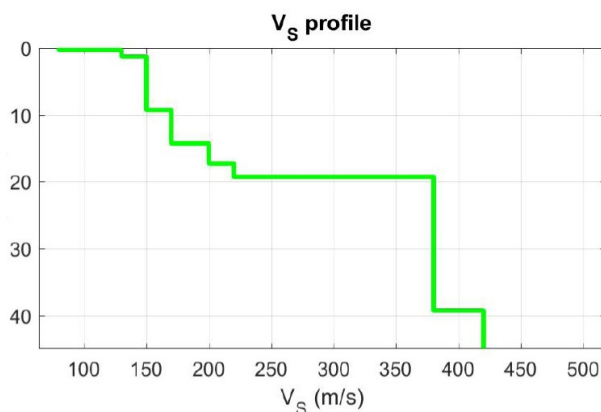
Le frequenze di vibrazione naturale delle coperture sono state misurate tramite l'indagine in sismica passiva in sito (HVSr), di cui nella figura seguente si riporta un estratto.

Dall'elaborazione dei dati sismici effettuata dalla Ditta Gaia si rileva che i principali picchi di amplificazione nel rapporto H/V si rilevano alle frequenze di 1,3 e 3 Hz.

In particolare, il picco principale, alla frequenza di 1,3 Hz, ha un valore del rapporto H/V di circa 4,7 ed è riferibile al contrasto di velocità delle onde S al contatto tra i depositi alluvionali recenti ed i depositi molto consistenti del sottostante conoide antico.



Nelle figure seguenti si riporta il profilo di velocità sismica fornito dalla ditta Gaia sulla base della modellazione congiunta dei dati MASW e HVSr. Data la variabilità laterale delle morfologie sepolte, questa modellazione di velocità è riferibile alla sola zona di esecuzione dell'indagine sismica e al suo intorno.



Vs model (Vs30 & VsE: 205 205 m/s)

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	80	0.3000	0.3000
2	130	1	1.3000
3	150	8	9.3000
4	170	5	14.3000
5	200	3	17.3000
6	220	2	19.3000
7	380	20	39.3000
8	420	50	89.3000
9	850	0	0

La misura delle velocità sismiche nell'area tramite indagine MASW, fornisce un valore di V_{seq} , riferito al p.c., di circa 205 m/s (appendice 3).

Ai fini della valutazione dell'azione sismica nel sito, visto il valore di V_{seq} il sito potrebbe inquadrarsi in via preliminare nella categoria di sottosuolo "C", delle NTC 2018, ma l'assetto sismostratigrafico, caratterizzato da un evidente contrasto di impedenza sismica posto a profondità variabili tra i 10 ed i 30 m circa, è tale per cui è probabile l'insorgenza di amplificazioni locali eccedenti rispetto allo spettro di categoria standard.

Per quanto riguarda la sicurezza nei confronti di eventuali fenomeni di liquefazione dinamica dei terreni, la carta MOPS del R.U. non segnala la possibilità di occorrenza della liquefazione quale eventuale effetto sismico di sito (figura 4).

Le indagini effettuate in sito confermano peraltro la presenza di un substrato costituito da terreni nel complesso limoso-argillosi non esposti a fenomeni di potenziale liquefazione.

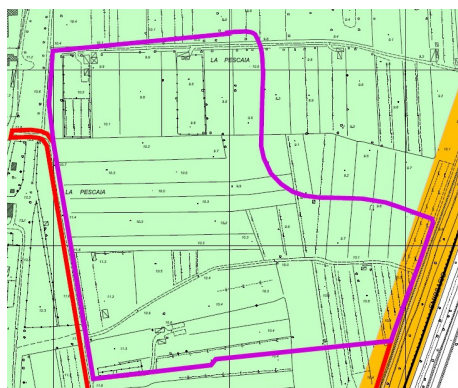
3 - CLASSIFICAZIONE DELLE PERICOLOSITÀ

Pericolosità geologica:





La Pericolosità geologica del sito è definita nella specifica cartografia della Variante al R.U. del maggio 2017, redatto ai sensi della previgente normativa D.P.G.R. 53/R 2011. Il giudizio di pericolosità della variante corrisponde alla Classe G.2 del 53/R "Pericolosità geologica media".

Sulla base degli approfondimenti e prove effettuate nel corso della presente indagine, tale giudizio appare congruo anche ai sensi della vigente normativa D.P.G.R. 5/R 2020, potendosi attribuire al comparto in oggetto la stessa classe di pericolosità G2 "aree con elementi ... dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto".

Solo ad una ristretta fascia sul bordo Est, in corrispondenza degli antichi riporti dell'escavazione del Canale Emissario, peraltro non interessata dagli interventi del Piano di Lottizzazione, è attribuibile un grado di pericolosità geologica più elevato, classe G3.



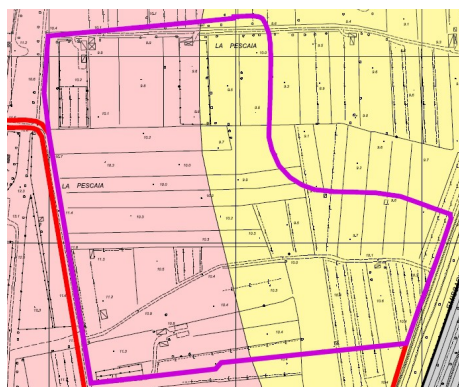
Classi di Pericolosità
ai sensi della D.P.G.R. 25/10/2011 n. 53/R

	Classe G.1 - Pericolosità bassa
	Classe G.2 - Pericolosità media
	Classe G.3 - Pericolosità elevata
	Classe G.4 - Pericolosità molto elevata

Pericolosità sismica locale:

La Pericolosità sismica del sito è definita nella specifica cartografia della Variante al R.U. del maggio 2017, redatto ai sensi della previgente normativa D.P.G.R. 53/R 2011. Tali valutazioni di pericolosità sono state definite a partire dai risultati dello studio di Microzonazione Sismica redatto nell'ambito della Variante Generale al Regolamento Urbanistico del 2013.

In tale cartografia, le aree che nello studio di microzonazione sismica risultano potenzialmente interessate dall'amplificazione stratigrafica sono state ricondotte alla Classe S3 (pericolosità sismica elevata) mentre le altre zone ricadono nella Classe S2, ai sensi del 53/R 2011(pericolosità sismica media).

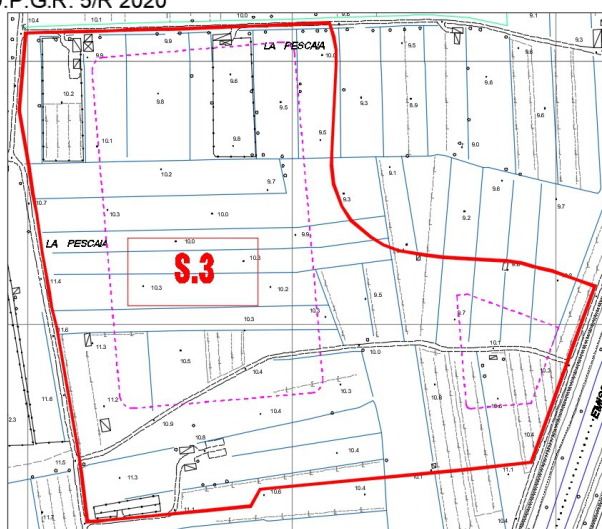


- Classi di Pericolosità
ai sensi della D.P.G.R. 25/10/2011 n. 53/R
- Classe S.1 - Pericolosità bassa
 - Classe S.2 - Pericolosità media
 - Classe S.3 - Pericolosità elevata
 - Classe S.4 - Pericolosità molto elevata

Sulla base degli approfondimenti e prove effettuate nel corso della presente indagine, ai sensi della vigente normativa D.P.G.R. 5/R 2020 il giudizio di pericolosità sismica locale elevata, classe S3, viene esteso a tutto il comparto oggetto di Piano di Lottizzazione, in quanto, anche nella zona Est, classificata S2 dalla Variante 2017, è stato individuato nelle prime decine di metri dal p.c. un contatto geologico che può generare un alto contrasto di impedenza sismica.

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Ai sensi del D.P.G.R. 5/R 2020



S.3

Pericolosità sismica locale : S3 - elevata

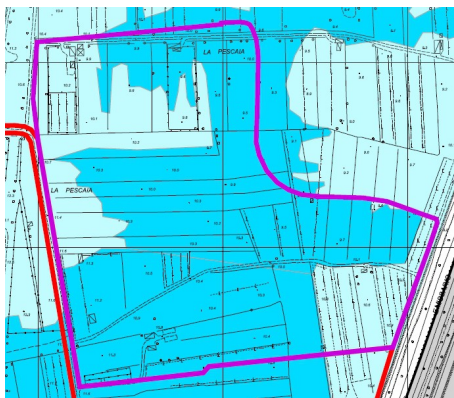
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, connesse con un alto contrasto di impedenza sismica atteso entro alcune decine di metri dal piano di campagna.

Pericolosità idraulica:

Nella cartografia della pericolosità idraulica della Variante al R.U. del maggio 2017 sono rappresentati gli esiti dello studio idraulico della zona effettuato dall'Ing. Francesco Barsotti, a partire dal quale sono state definite le condizioni di pericolosità.

Da tali studi il comparto in oggetto risulta parzialmente interessato da esondazioni con tempo di ritorno duecentennale e pertanto la pericolosità idraulica è stata così sintetizzata:

- le aree interessate dalle acque di esondazione del Rio Magno e del Rio San Martino, riferite a tempi di ritorno duecentennali, ricadono nella Classe I3 ai sensi del 53/R 2011 (pericolosità idraulica elevata);
- le aree esterne a quelle potenzialmente inondabili ricadono nella Classe I2 (pericolosità idraulica media).



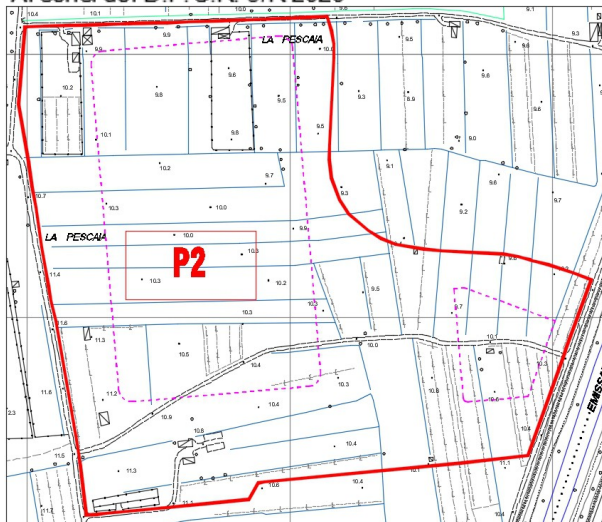
Classi di Pericolosità
ai sensi della D.P.G.R. 25/10/2011 n. 53/R

	Classe I.1 - Pericolosità bassa
	Classe I.2 - Pericolosità media
	Classe I.3 - Pericolosità elevata
	Classe I.4 - Pericolosità molto elevata

Visti gli interventi in progetto all'interno del comparto, che vanno ad interessare sia le zone lambite da alluvioni duecentennali sia quelle con tempi di ricorrenza superiori, e la prevalente estensione delle zone I2 rispetto a quelle classificate I1, il giudizio di pericolosità da alluvione ai sensi del D.P.G.R. 5/R 2020 viene esteso a tutto il comparto, attribuendo una classe di pericolosità "P2 - alluvioni poco frequenti" ai sensi della L.R. 41/2018.

AREE A PERICOLOSITÀ DA ALLUVIONI

Ai sensi del D.P.G.R. 5/R 2020

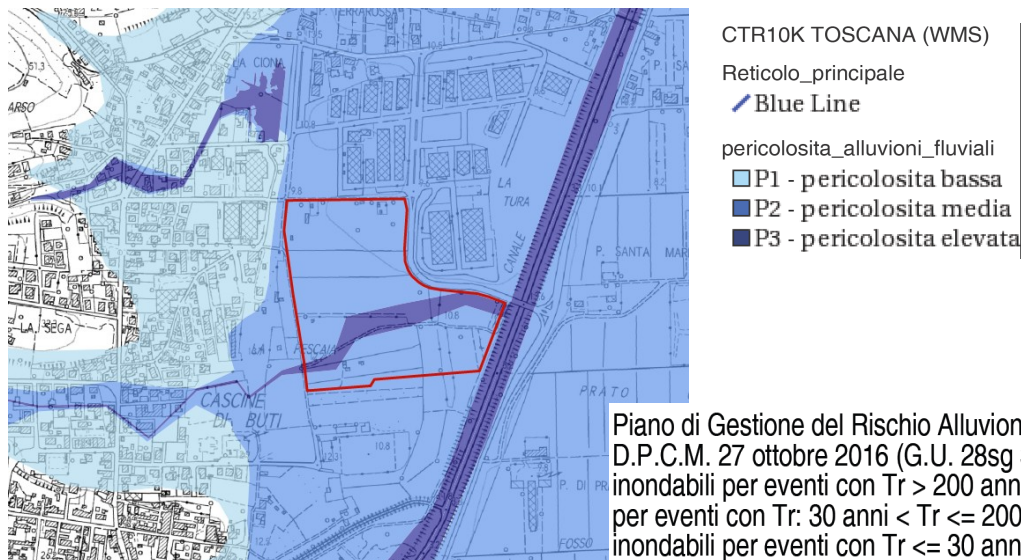


P2

Aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti : P2

Come definite dall'articolo 2, comma 1, lettera e) della l.r. 41/2018.

Tale giudizio di pericolosità risulta peraltro concordante anche con le vigenti cartografie del P.G.R.A. del Distretto Appennino Settentrionale, per cui tutto il comparto ricade nella classe "P2 - pericolosità media", che è riferita ad aree interessate da allagamenti per eventi con Tr fino ai 200 anni.



4 - FATTIBILITÀ DEL PIANO ATTUATIVO

I dati acquisiti nella presente indagine sono risultati adeguati per inquadrare l'assetto geologico e le situazioni di pericolosità che interessano l'area di Piano Attuativo. Dalla loro analisi non discendono sostanziali modifiche del quadro conoscitivo di riferimento fornito dal RU.

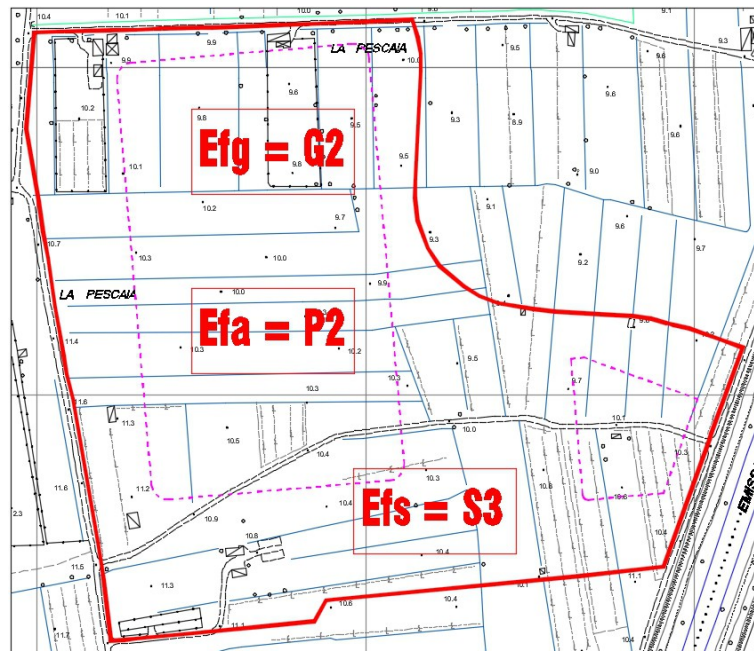
Le condizioni di fattibilità degli interventi contenute nella specifica cartografia di fattibilità della variante RU del maggio 2019, che è stato redatto ai sensi del previgente D.P.G.R. 53/R 2011, devono essere ora rivalutate secondo i criteri del D.P.G.R. 5/R del 2020 recentemente entrato in vigore.

A tal fine, si riporta quindi la Carta delle Aree Esposte a Rischio, che sintetizza la classe di fattibilità, relativamente all'esposizione degli interventi del Piano Attuativo nei confronti di ciascuna delle tipologie di pericolosità che interessano il comparto.

A seguire, per ciascun aspetto di esposizione al rischio, idraulico, geologico o sismico, sono riportati i criteri generali di fattibilità relativi alla classe di pericolosità che interessa l'area ai sensi del vigente D.P.G.R. 5/R.

CARTA DELLE AREE ESPOSTE A RISCHIO

Ai sensi del D.P.G.R. 5/R 2020



Efg = G2

Esposizione a fenomeni geologici : G2 - pericolosità geologica media

Le condizioni di attuazione sono indicate in funzione delle specifiche indagini da eseguirsi a livello edificatorio, al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area.

Efa = P2

Esposizione a fenomeni alluvionali : P2 - aree caratterizzate da alluvioni poco frequenti

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.

Efs = S3

Esposizione sismica : S3 - zone stabili suscettibili di amplificazione locale

Zone caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato rigido o entro le coperture stesse entro alcune decine di metri. La fattibilità degli interventi è subordinata agli aspetti da studiare ed approfondire di cui al par. 3.6.3 punti 4 e 6 delle Direttive Tecniche di cui alla Del. G.R.T. n.31 del 20/1/2020 Allegato A.

Criteria generali di fattibilità in relazione al rischio di alluvioni:

Il comparto interessato dal Piano Attuativo in oggetto presenta una classe di esposizione a fenomeni alluvionali P2: "aree caratterizzate da alluvioni poco frequenti" ai sensi della L.R. 41/2018.

Da ciò discende che la fattibilità degli interventi è subordinata alla gestione del rischio di alluvioni rispetto allo scenario per alluvioni poco frequenti, ai sensi dell'articolo 8 comma 1 della L.R. 41/2018, come da Art. 3.3 delle Direttive Tecniche allegato A al D.P.G.R. 5/R.

Per quanto riguarda le previsioni progettuali inerenti alla messa sicurezza ed al non aggravio del rischio idraulico al contorno, per l'ottemperanza alla L.R. 41 sulla gestione del rischio idraulico, queste sono affrontate dall'Ing. Enrico Favilla alla cui relazione si rimanda per maggiori dettagli.

Criteria generali di fattibilità in relazione agli aspetti geologici:

Visto il quadro geologico-tecnico delineato dalle indagini geotecniche disponibili, ed il livello di pericolosità geologica media "G2", *"le condizioni di attuazione sono indicate in funzione delle specifiche indagini da eseguirsi a livello edificatorio, al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area"*.

A tal fine, in sede di progettazione definitiva dovrà essere fornita la caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 e conformemente alle prescrizioni del D.P.G.R. 36/R 2009.

In particolare la nuova campagna geognostica dovrà verificare la diffusione dei carichi dell'edificio in rapporto all'andamento del contatto tra alluvioni compressibili e substrato molto consistente rappresentato dal conoide antico.

Criteria generali di fattibilità in relazione agli aspetti sismici:

Trattandosi di un'area caratterizzata da una pericolosità sismica locale elevata "S3", nell'ambito della presente indagine sono stati svolti degli studi sismici con carattere preliminare che hanno confermato la presenza del seguente aspetto: *"... alto contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato rigido o entro le coperture stesse entro alcune decine di metri"* e quindi di una suscettibilità all'amplificazione sismica locale.

I relativi criteri di fattibilità dettati dal D.P.G.R. 5/R prevedono la raccolta di dati bibliografici oppure che sia effettuata *"una specifica campagna di indagini geofisiche (quali, ad esempio, profili sismici a riflessione o rifrazione, prove sismiche in foro e, ove risultino significativi, 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"*

In particolare, come nel caso del comparto in oggetto, trattandosi di una zona 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"*.

Inoltre, trovandosi nell'ambito di un'area a pericolosità sismica locale elevata "S.3" e trattandosi di un edificio rilevante ricadente nella classe d'indagine 4 come definita dal Regolamento d'attuazione dell'Art. 181 della l.r. 65/2014, il D.P.G.R. 5/R prescrive che:

"... la valutazione dell'azione sismica (NTC 2018 par. 3.2), da parte del progettista, è supportata da specifiche analisi di risposta sismica locale (in conformità alle NTC par. 3.2.2 e 7.11.3) da condurre in fase di progettazione".

CONCLUSIONI

A partire dal quadro conoscitivo disponibile e dagli approfondimenti condotti nell'ambito di questa indagine, all'interno della presente relazione sono stati riportati i principali elementi di conoscenza (geotecnici e sismici) dell'area interessata dagli interventi e sono stati indicati i criteri generali per la fattibilità degli stessi ai sensi del D.P.G.R 30 gennaio 2020 n. 5/R.

In sede di progettazione definitiva dovrà essere sviluppata la caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 e conformemente alle prescrizioni del D.P.G.R. 36/R 2009, ed in particolare con i sopracitati criteri del D.P.G.R. 5/R per quanto riguarda gli aspetti correlati alla pericolosità sismica locale elevata (S3).

Per quanto riguarda la pericolosità idraulica gli interventi da attuare per la gestione del rischio dovranno ottemperare ai requisiti previsti dalla L.R. 41/2018 per lo scenario di pericolosità per alluvioni poco frequenti (P2).

Sulla base dei risultati ottenuti e nei limiti di quanto sopra esposto, si conclude che il Piano Attuativo è compatibile con il contesto geologico nel quale si inserisce.

Ponsacco, Maggio 2020

Geol. Francesca Franchi





RELAZIONE TECNICA

Committente:
Geoprogetti Studio Associato
Località: Cascine di Buti (PI)
Data Indagine: 13/05/2020
Codice lavoro: 200513a

**PROVE PENETROMETRICHE STATICHE
CPT
PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
DPSH**

Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.n.c.

Via Lenin, 132/Q

56017 San Giuliano Terme (PI)

Tel/Fax: 050 9910582

e-mail: info@gaiaservizi.com

P.IVA: 01667250508

Data elaborazione: 13/05/2020

GAIA Servizi S.n.c.
di Massimiliano Vannozzi & C.
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 1: Prova penetrometrica CPT 1



Figura 2: Prova penetrometrica CPT/DIN 2



Figura 3: Prova penetrometrica CPT 3



Figura 4: Prova penetrometrica CPT 4

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:
TG63-200 - Pagani - Piacenza

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura: $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ($\varnothing = 35.7 \text{ mm} - h = 133 \text{ mm} - A_m = 150 \text{ cm}^2$)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm/sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta: $q_c \text{ (kg/cm}^2 \text{)} = (L_1) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale: $f_s \text{ (kg/cm}^2 \text{)} = [(L_2) - (L_1)] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale : $R_t \text{ (kg/cm}^2 \text{)} = (L_t) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta S (Kg) , corrispondente a ciascuna fase , si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione CT .

N.B. : nonostante la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il centro del manicotto laterale e la punta conica del penetrometro , la resistenza laterale locale f_s viene computata alla stessa quota della punta .

CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N \approx 100 kg = 0,1 t

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N \approx 100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m² = 0,001 MN/m² = 0,001 MPa \approx 0,1 t/m² = 0,01 kg/cm²

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m² = 1.000 kN/m² = 1000 kPa \approx 100 t/m² = 10 kg/cm²

1 kg/cm² = 10 t/m² \approx 100 kN/m² = 100 kPa = 0,1 MN/m² = 0,1 MPa

1 t = 1000 kg \approx 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

Valutazioni in base al rapporto: $F = (qc / fs)$

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = qc / fs$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 15 \text{ kg/cm}^2$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 30 \text{ kg/cm}^2$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 60 \text{ kg/cm}^2$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60 \text{ kg/cm}^2$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

**Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978),
ricavabili in base ai valori di qc e di $FR = (fs / qc) \% :$**

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$ di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

1

riferimento

200513a

certificato n°

188/20

Committente: **Geoprogetti Studio Associato**
 Cantiere: **200513a**
 Località: **Cascine di Buti (PI)**

U.M.: **kg/cm²**
 Pagina: **1**
 Elaborato:

Data exec.: **13/05/2020**
 Data certificato: **13/05/2020**
 Falda: **Non rilevata**

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%	m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%
0,20	0,0	0	0	0,00	0,00			15,20	33,0	56	0	33,00	1,53	22	4,6
0,40	19,0	23	0	19,00	0,27	70	1,4	15,40	27,0	40	0	27,00	0,87	31	3,2
0,60	16,0	25	0	16,00	0,60	27	3,8	15,60	36,0	53	0	36,00	1,13	32	3,1
0,80	13,0	23	0	13,00	0,67	19	5,2	15,80	46,0	58	0	46,00	0,80	58	1,7
1,00	11,0	16	0	11,00	0,33	33	3,0	16,00	47,0	56	0	47,00	0,60	78	1,3
1,20	9,0	13	0	9,00	0,27	33	3,0	16,20	47,0	70	0	47,00	1,53	31	3,3
1,40	9,0	14	0	9,00	0,33	27	3,7	16,40	66,0	72	0	66,00	0,40	165	0,6
1,60	7,0	15	0	7,00	0,53	13	7,6	16,60	36,0	70	0	36,00	2,27	16	6,3
1,80	8,0	15	0	8,00	0,47	17	5,9	16,80	31,0	48	0	31,00	1,13	27	3,6
2,00	11,0	18	0	11,00	0,47	23	4,3	17,00	30,0	42	0	30,00	0,80	38	2,7
2,20	12,0	20	0	12,00	0,53	23	4,4	17,20	18,0	34	0	18,00	1,07	17	5,9
2,40	10,0	17	0	10,00	0,47	21	4,7	17,40	42,0	56	0	42,00	0,93	45	2,2
2,60	9,0	15	0	9,00	0,40	23	4,4	17,60	34,0	74	0	34,00	2,64	13	7,8
2,80	18,0	22	0	18,00	0,27	67	1,5	17,80	8,0	17	0	8,00	0,60	13	7,5
3,00	17,0	30	0	17,00	0,87	20	5,1	18,00	18,0	22	0	18,00	0,27	67	1,5
3,20	19,0	33	0	19,00	0,93	20	4,9	18,20	8,0	15	0	8,00	0,47	17	5,9
3,40	19,0	31	0	19,00	0,80	24	4,2	18,40	9,0	16	0	9,00	0,47	19	5,2
3,60	17,0	30	0	17,00	0,87	20	5,1	18,60	10,0	15	0	10,00	0,33	30	3,3
3,80	10,0	18	0	10,00	0,53	19	5,3	18,80	9,0	17	0	9,00	0,53	17	5,9
4,00	8,0	14	0	8,00	0,40	20	5,0	19,00	90,0	110	0	90,00	1,33	68	1,5
4,20	7,0	14	0	7,00	0,47	15	6,7	19,20	17,0	28	0	17,00	0,73	23	4,3
4,40	7,0	12	0	7,00	0,33	21	4,7	19,40	22,0	36	0	22,00	0,93	24	4,2
4,60	7,0	12	0	7,00	0,33	21	4,7	19,60	9,0	16	0	9,00	0,47	19	5,2
4,80	8,0	13	0	8,00	0,33	24	4,1	19,80	23,0	37	0	23,00	0,93	25	4,0
5,00	8,0	14	0	8,00	0,40	20	5,0	20,00	15,0	25	0	15,00	0,67	22	4,5
5,20	7,0	14	0	7,00	0,47	15	6,7	20,20	18,0	24	0	18,00	0,40	45	2,2
5,40	8,0	13	0	8,00	0,33	24	4,1	20,40	19,0	28	0	19,00	0,60	32	3,2
5,60	8,0	14	0	8,00	0,40	20	5,0	20,60	17,0	21	0	17,00	0,27	63	1,6
5,80	8,0	13	0	8,00	0,33	24	4,1	20,80	16,0	24	0	16,00	0,53	30	3,3
6,00	8,0	12	0	8,00	0,27	30	3,4	21,00	34,0	55	0	34,00	1,40	24	4,1
6,20	8,0	12	0	8,00	0,27	30	3,4	21,20	50,0	60	0	50,00	0,67	75	1,3
6,40	6,0	11	0	6,00	0,33	18	5,5	21,40	33,0	60	0	33,00	1,80	18	5,5
6,60	7,0	13	0	7,00	0,40	18	5,7	21,60	210,0	250	0	210,00	2,67	79	1,3
6,80	8,0	12	0	8,00	0,27	30	3,4	21,80	220,0	270	0	220,00	3,33	66	1,5
7,00	7,0	14	0	7,00	0,47	15	6,7	22,00	235,0	265	0	235,00	2,00	118	0,9
7,20	6,0	12	0	6,00	0,40	15	6,7	22,20	400,0	450	0	400,00	3,33	120	0,8
7,40	6,0	12	0	6,00	0,40	15	6,7								
7,60	6,0	11	0	6,00	0,33	18	5,5								
7,80	7,0	12	0	7,00	0,33	21	4,7								
8,00	6,0	12	0	6,00	0,40	15	6,7								
8,20	5,0	9	0	5,00	0,27	19	5,4								
8,40	5,0	9	0	5,00	0,27	19	5,4								
8,60	6,0	12	0	6,00	0,40	15	6,7								
8,80	6,0	12	0	6,00	0,40	15	6,7								
9,00	7,0	11	0	7,00	0,27	26	3,9								
9,20	7,0	13	0	7,00	0,40	18	5,7								
9,40	7,0	12	0	7,00	0,33	21	4,7								
9,60	6,0	11	0	6,00	0,33	18	5,5								
9,80	6,0	10	0	6,00	0,27	22	4,5								
10,00	4,0	6	0	4,00	0,13	31	3,3								
10,20	6,0	10	0	6,00	0,27	22	4,5								
10,40	5,0	9	0	5,00	0,27	19	5,4								
10,60	6,0	10	0	6,00	0,27	22	4,5								
10,80	7,0	12	0	7,00	0,33	21	4,7								
11,00	7,0	11	0	7,00	0,27	26	3,9								
11,20	7,0	11	0	7,00	0,27	26	3,9								
11,40	7,0	11	0	7,00	0,27	26	3,9								
11,60	8,0	13	0	8,00	0,33	24	4,1								
11,80	9,0	14	0	9,00	0,33	27	3,7								
12,00	8,0	15	0	8,00	0,47	17	5,9								
12,20	8,0	14	0	8,00	0,40	20	5,0								
12,40	8,0	15	0	8,00	0,47	17	5,9								
12,60	10,0	18	0	10,00	0,53	19	5,3								
12,80	10,0	18	0	10,00	0,53	19	5,3								
13,00	11,0	22	0	11,00	0,73	15	6,6								
13,20	11,0	16	0	11,00	0,33	33	3,0								
13,40	15,0	24	0	15,00	0,60	25	4,0								
13,60	51,0	60	0	51,00	0,60	85	1,2								
13,80	29,0	58	0	29,00	1,95	15	6,7								
14,00	83,0	102	0	83,00	1,27	65	1,5								
14,20	52,0	68	0	52,00	1,07	49	2,1								
14,40	71,0	88	0	71,00	1,13	63	1,6								
14,60	34,0	51	0	34,00	1,13	30	3,3								
14,80	51,0	72	0	51,00	1,40	36	2,7								
15,00	47,0	63	0	47,00	1,07	44	2,3								

H = profondità
 L1 = prima lettura (punta)
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)
 Lt = terza lettura (totale)
 CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
 fs = resistenza laterale calcolata alla stessa quota di qc
 F = rapporto Begemann (qc / fs)
 Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT

1

riferimento

200513a

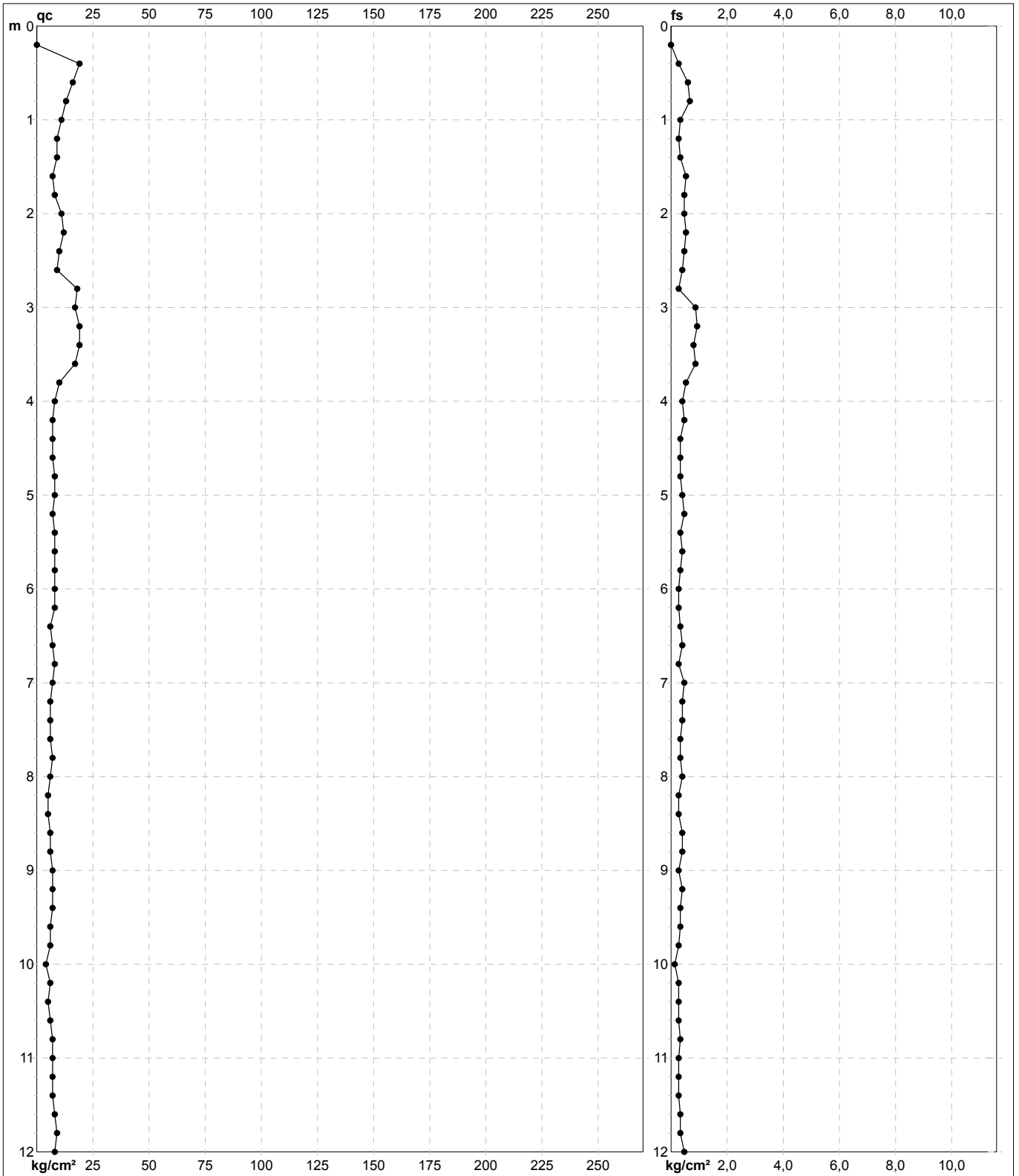
certificato n°

188/20

Committente: **Geoprogetti Studio Associato**
 Cantiere: **200513a**
 Località: **Cascine di Buti (PI)**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: 1:60
 Pagina: 1
 Elaborato:

Data eseg.: 13/05/2020
 Data certificato: 13/05/2020
 Quota inizio:
 Falda: Non rilevata



Penetrometro: TG63-200
 Responsabile: Geol. Jacopo Martini
 Assistente:

Preforo: m
 Corr.astine: kg/ml
 Cod. punta:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT

1

riferimento

200513a

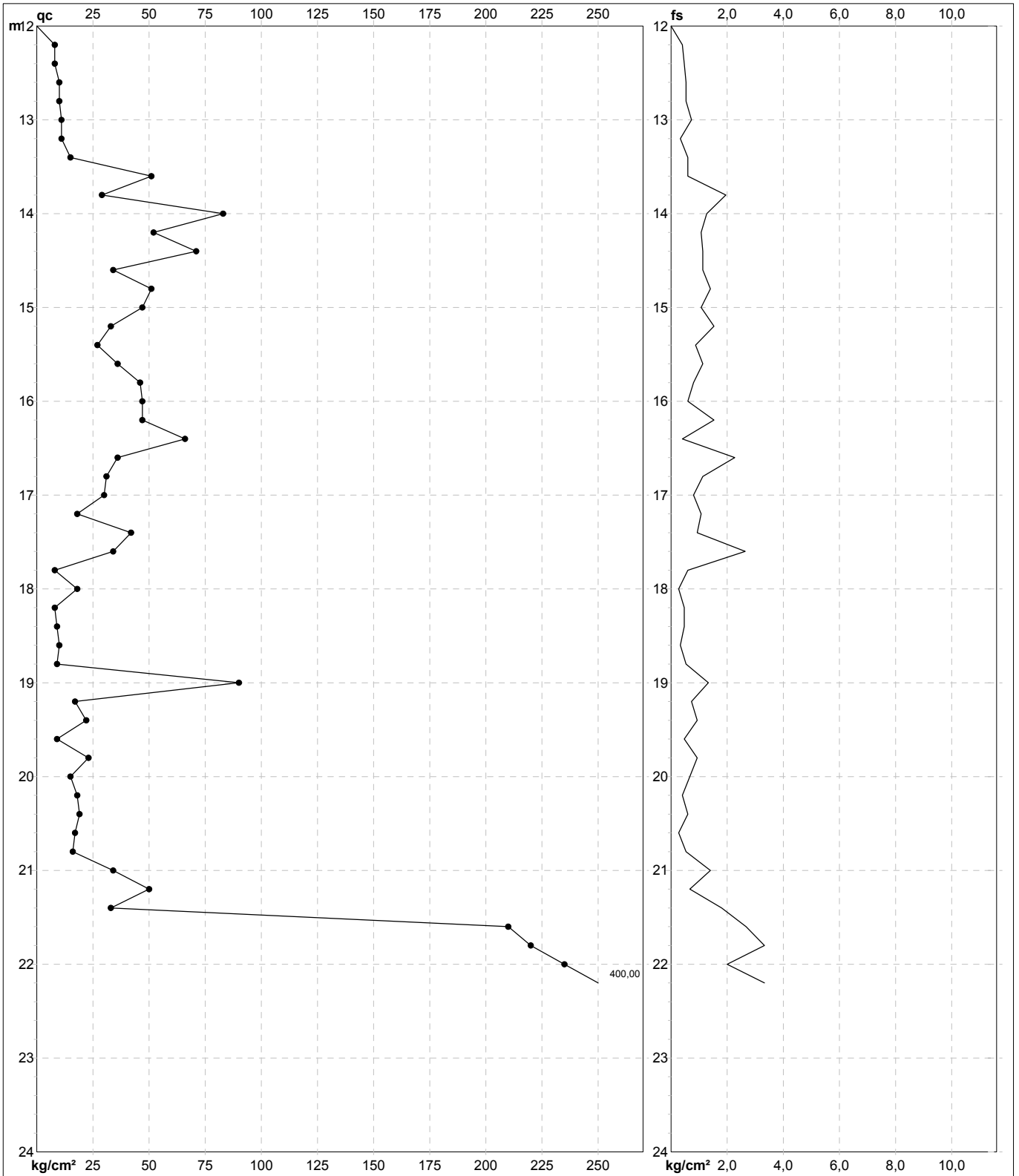
certificato n°

188/20

Committente: **Geoprogetti Studio Associato**
 Cantiere: **200513a**
 Località: **Cascine di Buti (PI)**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: 1:120
 Pagina: 2
 Elaborato:

Data eseg.: 13/05/2020
 Data certificato: 13/05/2020
 Quota inizio:
 Falda: Non rilevata



Penetrometro: TG63-200
 Responsabile: Geol. Jacopo Martini
 Assistente:

Preforo: m
 Corr.astine: kg/ml
 Cod. punta:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT
1

riferimento

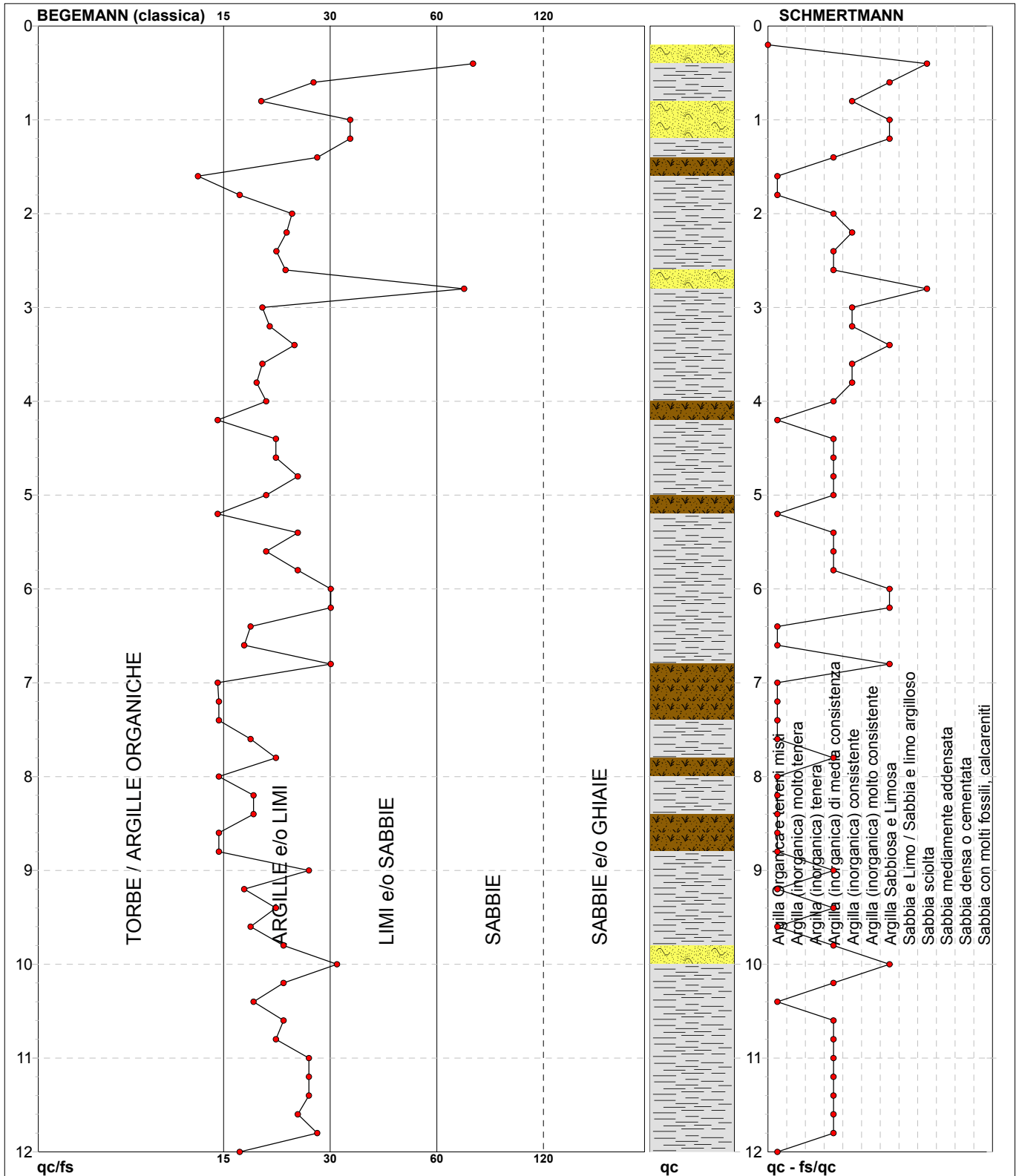
200513a

certificato n°

188/20

 Committente: **Geoprogetti Studio Associato**
 Cantiere: **200513a**
 Località: **Cascine di Buti (PI)**

 U.M.: **kg/cm²**
 Scala: **1:60**
 Pagina: **1**
 Elaborato:

 Data exec.: **13/05/2020**
 Data certificato: **13/05/2020**
 Falda: **Non rilevata**


Torbe / Argille org. :	10 punti, 16,95%	Argilla Organica e terreni misti:	19 punti, 32,20%	Sabbia sciolta:	2 punti, 3,39%
Argille e/o Limi :	45 punti, 76,27%	Argilla (inorganica) media consist.:	24 punti, 40,68%		
Limi e/o Sabbie :	3 punti, 5,08%	Argilla (inorganica) consistente:	6 punti, 10,17%		
Sabbie:	2 punti, 3,39%				

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

1

referimento

200513a

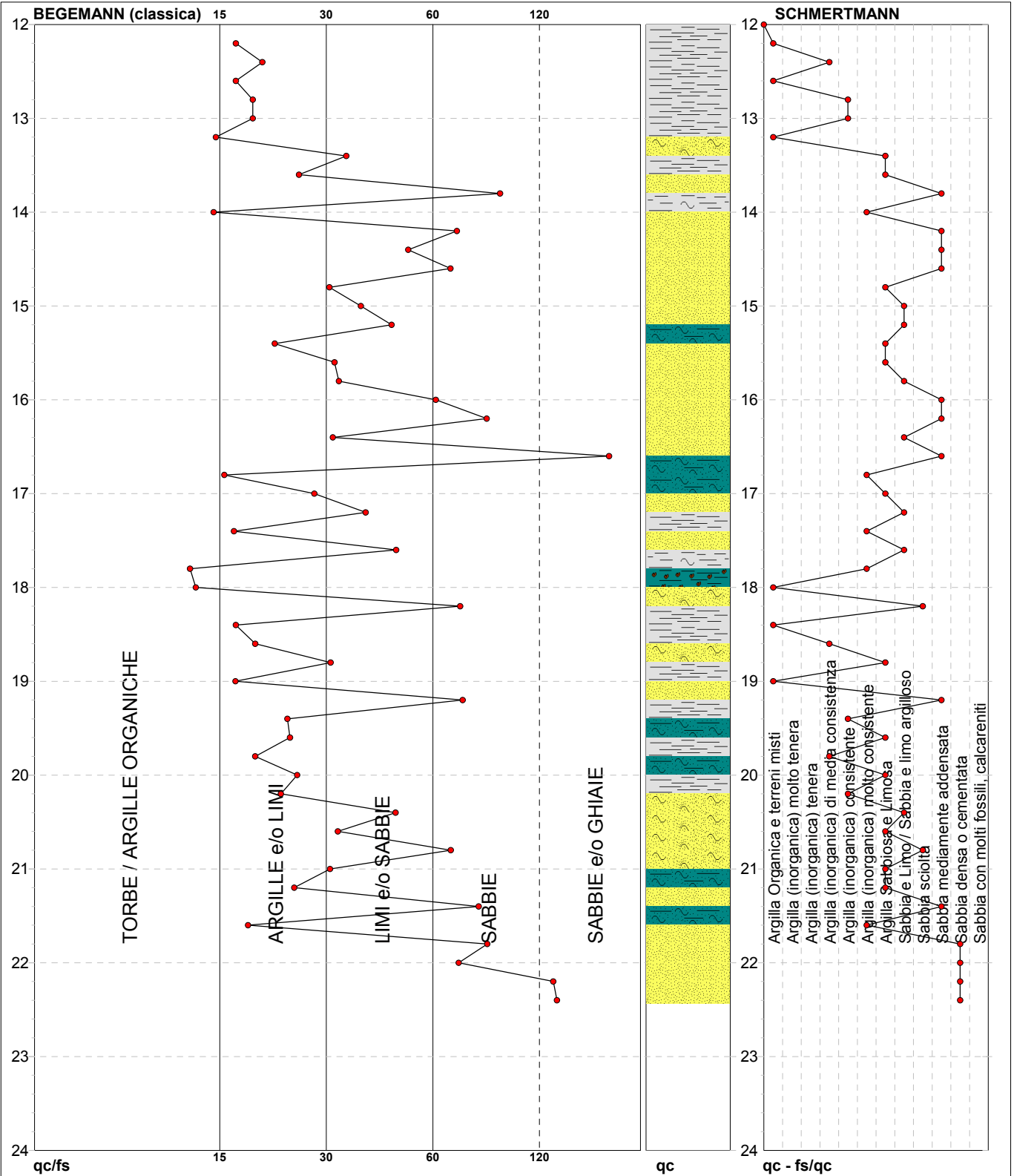
certificato n°

188/20

Committente: **Geoprogetti Studio Associato**
 Cantiere: **200513a**
 Località: **Cascine di Buti (PI)**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: 1:120
 Pagina: 2
 Elaborato:

Data exec.: 13/05/2020
 Data certificato: 13/05/2020
 Falda: Non rilevata



Torbe / Argille org. :	11 punti, 18,64%	Argilla Organica e terreni misti:	6 punti, 10,17%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	12 punti, 20,34%
Argille e/o Limi :	21 punti, 35,59%	Argilla (inorganica) media consist.:	3 punti, 5,08%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	7 punti, 11,86%
Limi e/o Sabbie :	15 punti, 25,42%	Argilla (inorganica) consistente:	4 punti, 6,78%	Sabbia sciolta:	2 punti, 3,39%
Sabbie:	11 punti, 18,64%	Argilla (inorganica) molto consist.:	5 punti, 8,47%	Sabbia mediamente addensata:	9 punti, 15,25%
Sabbie e/o Ghiaie :	2 punti, 3,39%			Sabbia densa o cementata:	4 punti, 6,78%

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON059

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT
2

riferimento

200513a

certificato n°

189/20

 Committente: **Geoprogetti Studio Associato**

 Cantiere: **200513a**

 Località: **Cascine di Buti (PI)**

 U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: 13/05/2020

Pagina: 1

Data certificato: 13/05/2020

Elaborato:

Falda: Assente

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%	m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%
0,20	0,0	0	0	0,00	0,00										
0,40	30,0	50	0	30,00	1,33	23	4,4								
0,60	28,0	52	0	28,00	1,60	18	5,7								
0,80	30,0	47	0	30,00	1,13	27	3,8								
1,00	24,0	45	0	24,00	1,40	17	5,8								
1,20	20,0	37	0	20,00	1,13	18	5,7								
1,40	12,0	26	0	12,00	0,93	13	7,8								
1,60	10,0	19	0	10,00	0,60	17	6,0								
1,80	11,0	17	0	11,00	0,40	28	3,6								
2,00	9,0	18	0	9,00	0,60	15	6,7								
2,20	9,0	14	0	9,00	0,33	27	3,7								
2,40	8,0	14	0	8,00	0,40	20	5,0								
2,60	8,0	13	0	8,00	0,33	24	4,1								
2,80	8,0	13	0	8,00	0,33	24	4,1								
3,00	6,0	11	0	6,00	0,33	18	5,5								
3,20	11,0	14	0	11,00	0,20	55	1,8								
3,40	20,0	25	0	20,00	0,33	61	1,7								
3,60	19,0	38	0	19,00	1,26	15	6,6								
3,80	115,0	151	0	115,00	2,40	48	2,1								
4,00	110,0	150	0	110,00	2,67	41	2,4								
4,20	190,0	208	0	190,00	1,17	162	0,6								
4,40	156,0	250	0	156,00	6,27	25	4,0								
4,60	196,0	320	0	196,00	8,27	24	4,2								
4,80	200,0	250	0	200,00	3,33	60	1,7								
5,00	400,0	450	0	400,00	3,33	120	0,8								

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta

 fs = resistenza laterale calcolata
alla stessa quota di qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT

2

riferimento

200513a

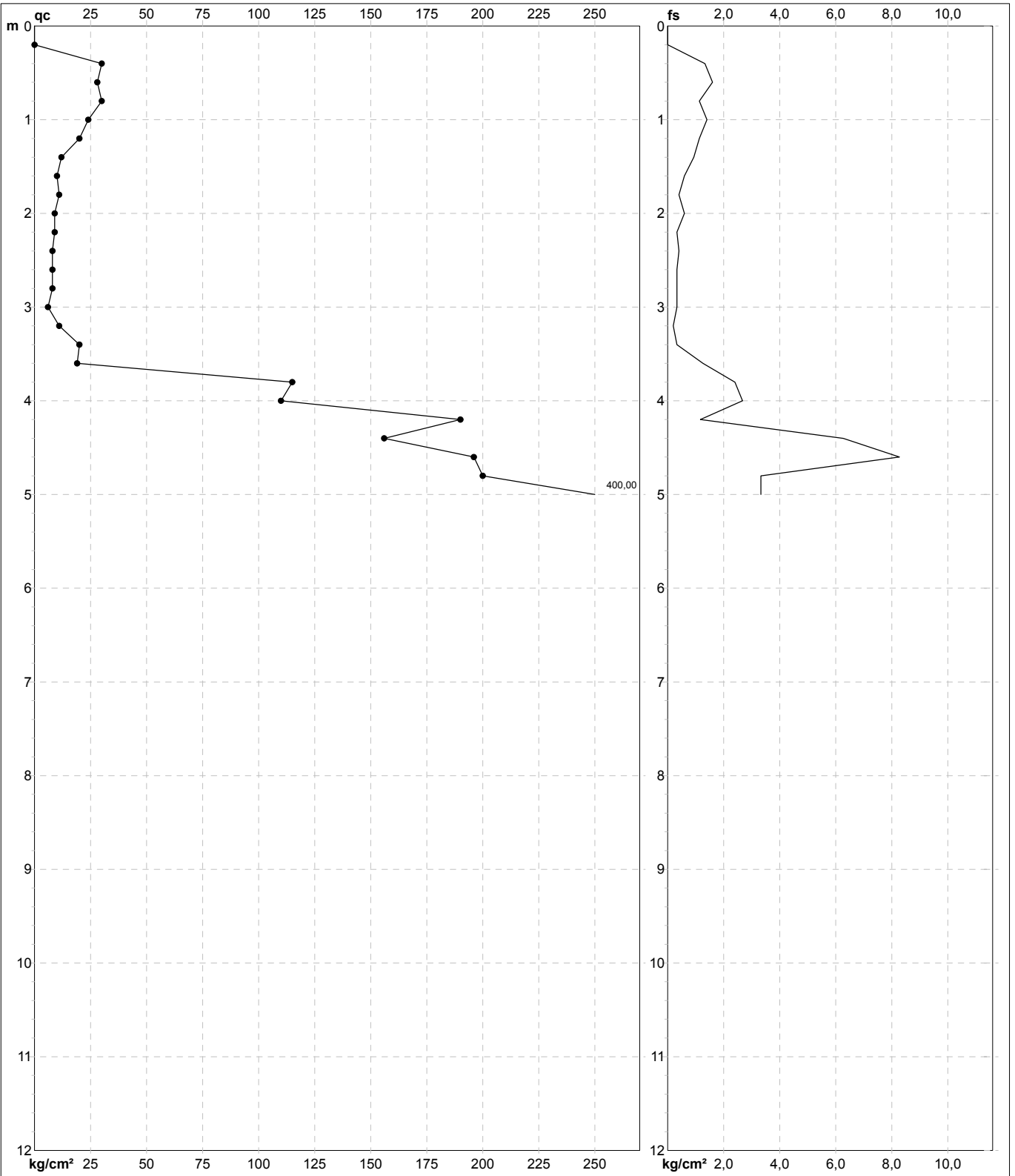
certificato n°

189/20

Committente: **Geoprogetti Studio Associato**
 Cantiere: **200513a**
 Località: **Cascine di Buti (PI)**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: 1:60
 Pagina: 1
 Elaborato:

Data eseg.: 13/05/2020
 Data certificato: 13/05/2020
 Quota inizio:
 Falda: Assente



	Penetrometro: TG63-200 Responsabile: Geol. Jacopo Martini Assistente:	Preforo: m Corr.astine: kg/ml Cod. punta:
--	---	---

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

2

riferimento

200513a

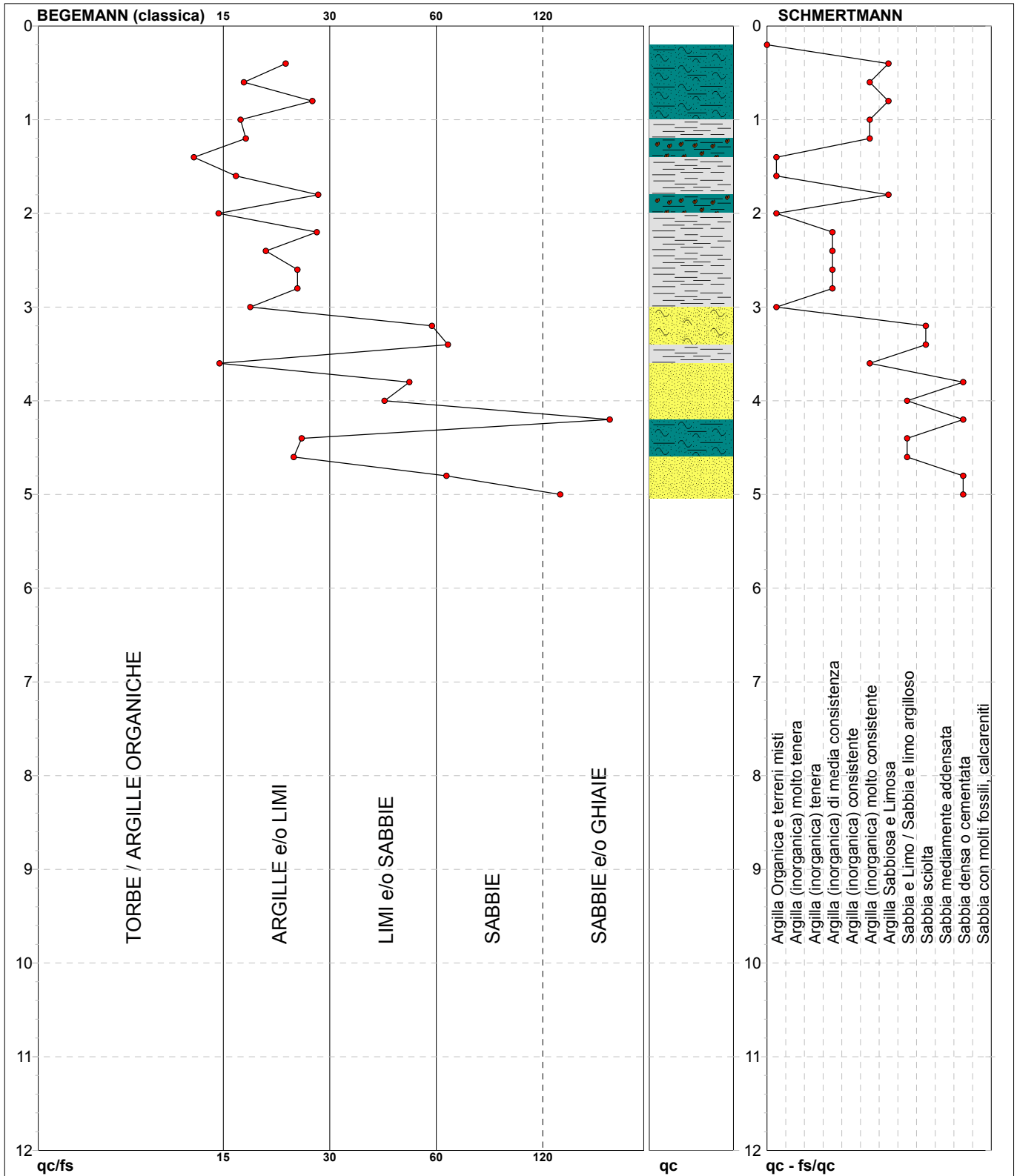
certificato n°

189/20

Committente: **Geoprogetti Studio Associato**
 Cantiere: **200513a**
 Località: **Cascine di Buti (PI)**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: **1:60**
 Pagina: **1**
 Elaborato:

Data eseg.: **13/05/2020**
 Data certificato: **13/05/2020**
 Falda: **Assente**



Torbe / Argille org. :	38 punti, 64,41%	Argilla Organica e terreni misti:	4 punti, 6,78%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	3 punti, 5,08%
Argille e/o Limi :	15 punti, 25,42%	Argilla (inorganica) media consist.:	4 punti, 6,78%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	3 punti, 5,08%
Limi e/o Sabbie :	3 punti, 5,08%	Argilla (inorganica) molto consist.:	4 punti, 6,78%	Sabbia sciolta:	2 punti, 3,39%
Sabbie:	2 punti, 3,39%			Sabbia mediamente addensata	2 punti, 3,39%
Sabbie e/o Ghiaie :	2 punti, 3,39%			Sabbia densa o cementata:	4 punti, 6,78%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

3

riferimento

200513a

certificato n°

190/20

Committente: **Geoprogetti Studio Associato**
 Cantiere: **200513a**
 Località: **Cascine di Buti (PI)**

U.M.: **kg/cm²**

Data eseg.: 13/05/2020

Pagina: 1

Data certificato: 13/05/2020

Elaborato:

Falda: Non rilevata

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%	m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%
0,20	0,0	0	-	0,00	0,00	-	-	15,20	12,0	19	-	12,00	0,47	26	3,9
0,40	27,0	38	-	27,00	0,73	37	2,7	15,40	10,0	15	-	10,00	0,33	30	3,3
0,60	21,0	34	-	21,00	0,87	24	4,1	15,60	8,0	13	-	8,00	0,33	24	4,1
0,80	18,0	39	-	18,00	1,40	13	7,8	15,80	80,0	90	-	80,00	0,67	119	0,8
1,00	15,0	38	-	15,00	1,53	10	10,2	16,00	110,0	130	-	110,00	1,33	83	1,2
1,20	11,0	22	-	11,00	0,73	15	6,6	16,20	120,0	134	-	120,00	0,93	129	0,8
1,40	12,0	26	-	12,00	0,93	13	7,8	16,40	180,0	198	-	180,00	1,20	150	0,7
1,60	14,0	28	-	14,00	0,93	15	6,6	16,60	175,0	200	-	175,00	1,67	105	1,0
1,80	13,0	25	-	13,00	0,80	16	6,2	16,80	400,0	450	-	400,00	3,33	120	0,8
2,00	13,0	22	-	13,00	0,60	22	4,6								
2,20	16,0	27	-	16,00	0,73	22	4,6								
2,40	13,0	22	-	13,00	0,60	22	4,6								
2,60	15,0	26	-	15,00	0,73	21	4,9								
2,80	15,0	25	-	15,00	0,67	22	4,5								
3,00	14,0	25	-	14,00	0,73	19	5,2								
3,20	13,0	24	-	13,00	0,73	18	5,6								
3,40	13,0	22	-	13,00	0,60	22	4,6								
3,60	14,0	23	-	14,00	0,60	23	4,3								
3,80	14,0	26	-	14,00	0,80	18	5,7								
4,00	14,0	28	-	14,00	0,93	15	6,6								
4,20	14,0	27	-	14,00	0,87	16	6,2								
4,40	12,0	26	-	12,00	0,93	13	7,8								
4,60	10,0	20	-	10,00	0,67	15	6,7								
4,80	10,0	20	-	10,00	0,67	15	6,7								
5,00	11,0	22	-	11,00	0,73	15	6,6								
5,20	15,0	24	-	15,00	0,60	25	4,0								
5,40	13,0	25	-	13,00	0,80	16	6,2								
5,60	6,0	18	-	6,00	0,80	8	13,3								
5,80	7,0	13	-	7,00	0,40	18	5,7								
6,00	7,0	13	-	7,00	0,40	18	5,7								
6,20	6,0	12	-	6,00	0,40	15	6,7								
6,40	6,0	11	-	6,00	0,33	18	5,5								
6,60	7,0	11	-	7,00	0,27	26	3,9								
6,80	6,0	10	-	6,00	0,27	22	4,5								
7,00	7,0	11	-	7,00	0,27	26	3,9								
7,20	10,0	17	-	10,00	0,47	21	4,7								
7,40	11,0	17	-	11,00	0,40	28	3,6								
7,60	9,0	18	-	9,00	0,60	15	6,7								
7,80	10,0	16	-	10,00	0,40	25	4,0								
8,00	10,0	17	-	10,00	0,47	21	4,7								
8,20	30,0	39	-	30,00	0,60	50	2,0								
8,40	22,0	28	-	22,00	0,40	55	1,8								
8,60	16,0	26	-	16,00	0,67	24	4,2								
8,80	17,0	30	-	17,00	0,87	20	5,1								
9,00	18,0	33	-	18,00	1,00	18	5,6								
9,20	29,0	36	-	29,00	0,47	62	1,6								
9,40	12,0	14	-	12,00	0,13	92	1,1								
9,60	26,0	38	-	26,00	0,80	33	3,1								
9,80	17,0	28	-	17,00	0,73	23	4,3								
10,00	16,0	26	-	16,00	0,67	24	4,2								
10,20	17,0	29	-	17,00	0,80	21	4,7								
10,40	13,0	24	-	13,00	0,73	18	5,6								
10,60	13,0	24	-	13,00	0,73	18	5,6								
10,80	30,0	37	-	30,00	0,47	64	1,6								
11,00	7,0	20	-	7,00	0,87	8	12,4								
11,20	7,0	16	-	7,00	0,60	12	8,6								
11,40	7,0	13	-	7,00	0,40	18	5,7								
11,60	8,0	15	-	8,00	0,47	17	5,9								
11,80	9,0	16	-	9,00	0,47	19	5,2								
12,00	9,0	17	-	9,00	0,53	17	5,9								
12,20	8,0	15	-	8,00	0,47	17	5,9								
12,40	7,0	15	-	7,00	0,53	13	7,6								
12,60	8,0	13	-	8,00	0,33	24	4,1								
12,80	9,0	14	-	9,00	0,33	27	3,7								
13,00	9,0	15	-	9,00	0,40	23	4,4								
13,20	10,0	17	-	10,00	0,47	21	4,7								
13,40	10,0	18	-	10,00	0,53	19	5,3								
13,60	12,0	19	-	12,00	0,47	26	3,9								
13,80	10,0	18	-	10,00	0,53	19	5,3								
14,00	11,0	17	-	11,00	0,40	28	3,6								
14,20	74,0	99	-	74,00	1,67	44	2,3								
14,40	55,0	90	-	55,00	2,33	24	4,2								
14,60	12,0	27	-	12,00	1,00	12	8,3								
14,80	15,0	29	-	15,00	0,93	16	6,2								
15,00	11,0	17	-	11,00	0,40	28	3,6								

H = profondità
 L1 = prima lettura (punta)
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)
 Lt = terza lettura (totale)
 CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
 fs = resistenza laterale calcolata alla stessa quota di qc
 F = rapporto Begemann (qc / fs)
 Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT

3

riferimento

200513a

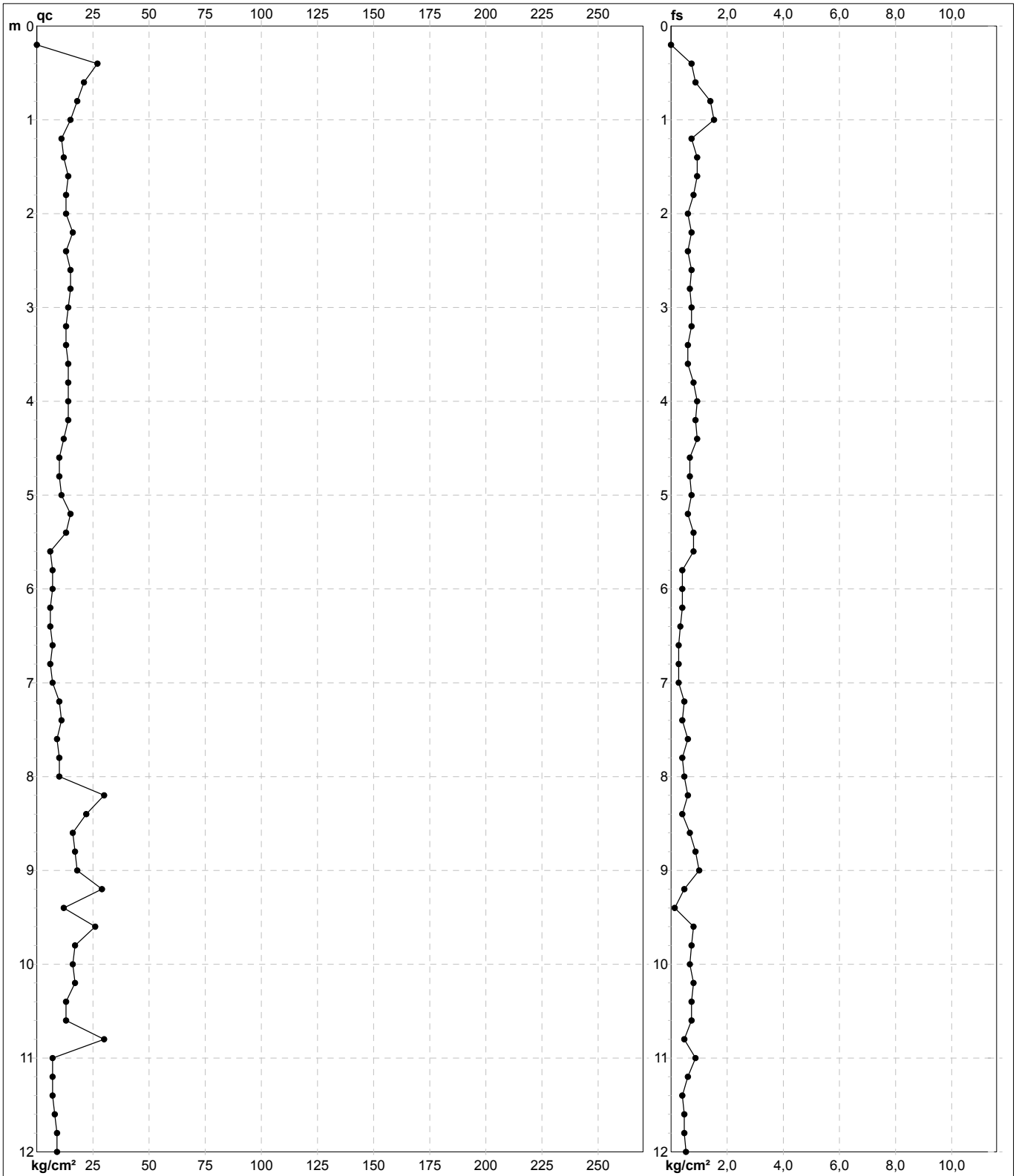
certificato n°

190/20

Committente: **Geoprogetti Studio Associato**
 Cantiere: **200513a**
 Località: **Cascine di Buti (PI)**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: 1:60
 Pagina: 1
 Elaborato:

Data eseg.: 13/05/2020
 Data certificato: 13/05/2020
 Quota inizio:
 Falda: Non rilevata



	Penetrometro: TG63-200 Responsabile: Geol. Jacopo Martini Assistente:	Preforo: m Corr.astine: kg/ml Cod. punta:
--	---	---

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT

3

riferimento

200513a

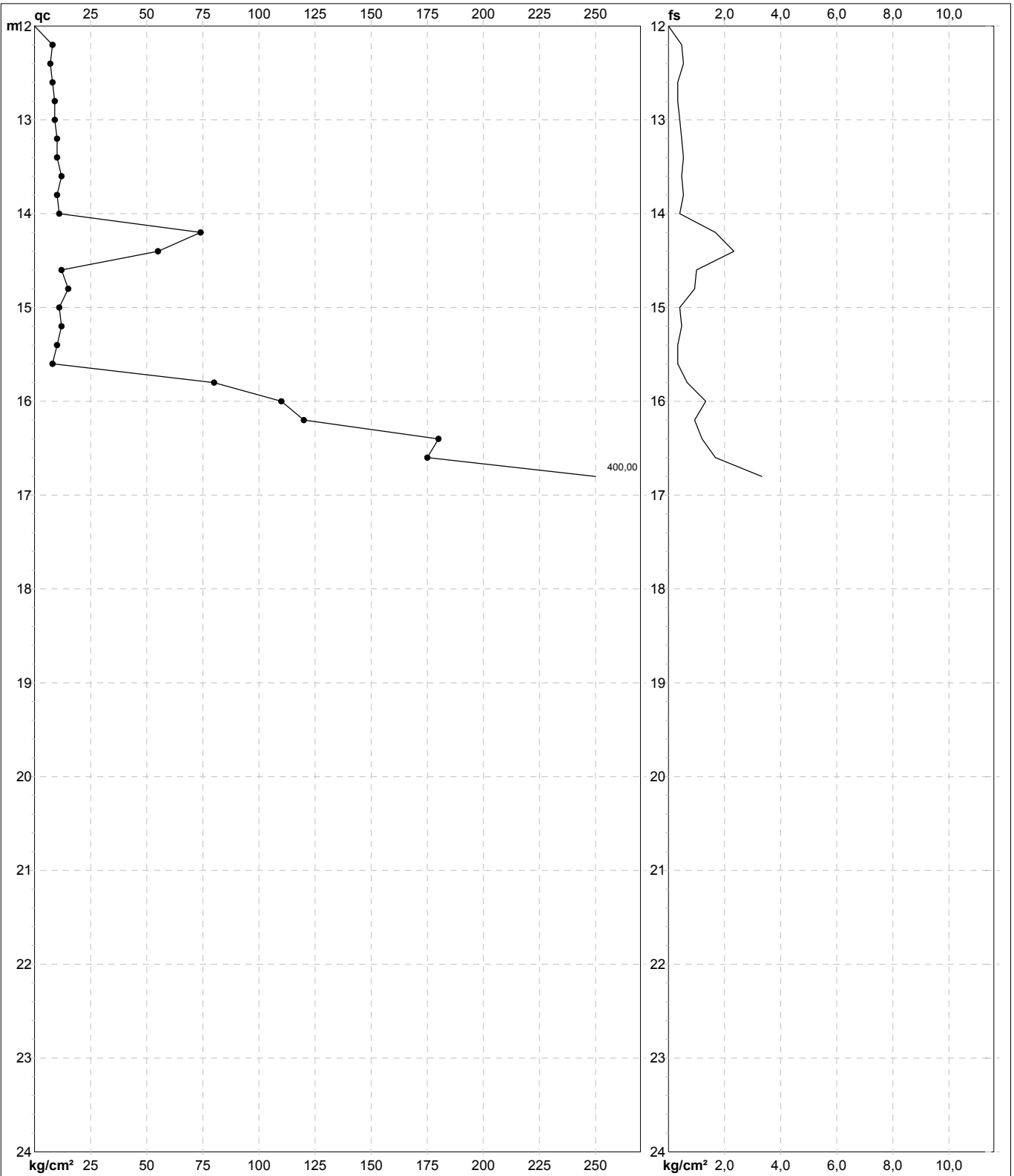
certificato n°

190/20

Committente: **Geoprogetti Studio Associato**
 Cantiere: **200513a**
 Località: **Cascine di Buti (PI)**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: 1:120
 Pagina: 2
 Elaborato:

Data eseg.: 13/05/2020
 Data certificato: 13/05/2020
 Quota inizio:
 Falda: Non rilevata



	Penetrometro: TG63-200 Responsabile: Geol. Jacopo Martini Assistente:	Preforo: m Corr.astine: kg/ml Cod. punta:
--	---	---

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

3

referimento

200513a

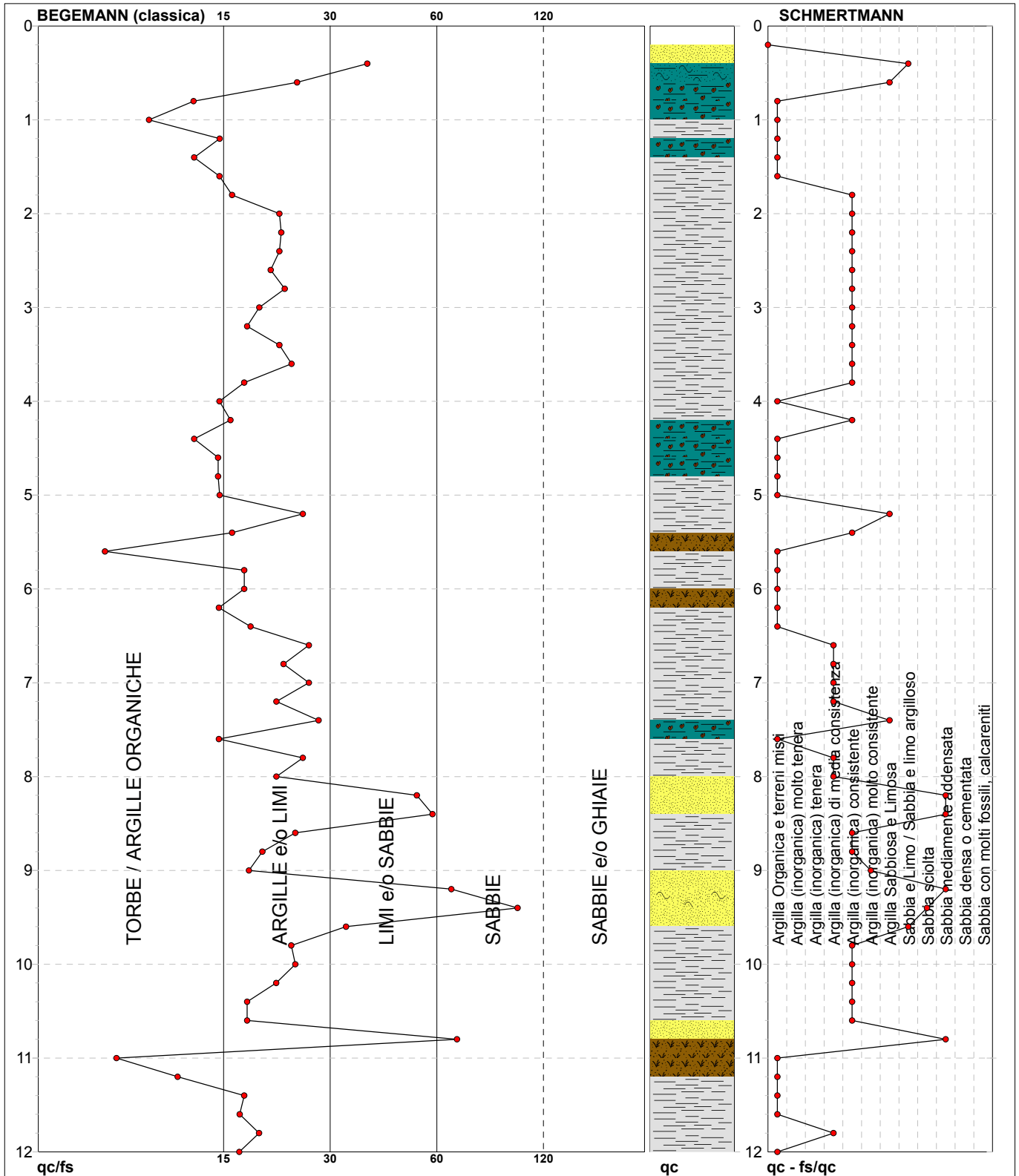
certificato n°

190/20

Committente: **Geoprogetti Studio Associato**
 Cantiere: **200513a**
 Località: **Cascine di Buti (PI)**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: 1:60
 Pagina: 1
 Elaborato:

Data exec.: 13/05/2020
 Data certificato: 13/05/2020
 Falda: Non rilevata



Torbe / Argille org. :	12 punti, 20,34%	Argilla Organica e terreni misti:	21 punti, 35,59%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	3 punti, 5,08%
Argille e/o Limi :	41 punti, 69,49%	Argilla (inorganica) media consist.:	7 punti, 11,86%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	2 punti, 3,39%
Limi e/o Sabbie :	4 punti, 6,78%	Argilla (inorganica) consistente:	20 punti, 33,90%	Sabbia sciolta:	1 punto, 1,69%
Sabbie:	3 punti, 5,08%	Argilla (inorganica) molto consist.:	1 punto, 1,69%	Sabbia mediamente addensata:	4 punti, 6,78%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

3

referimento

200513a

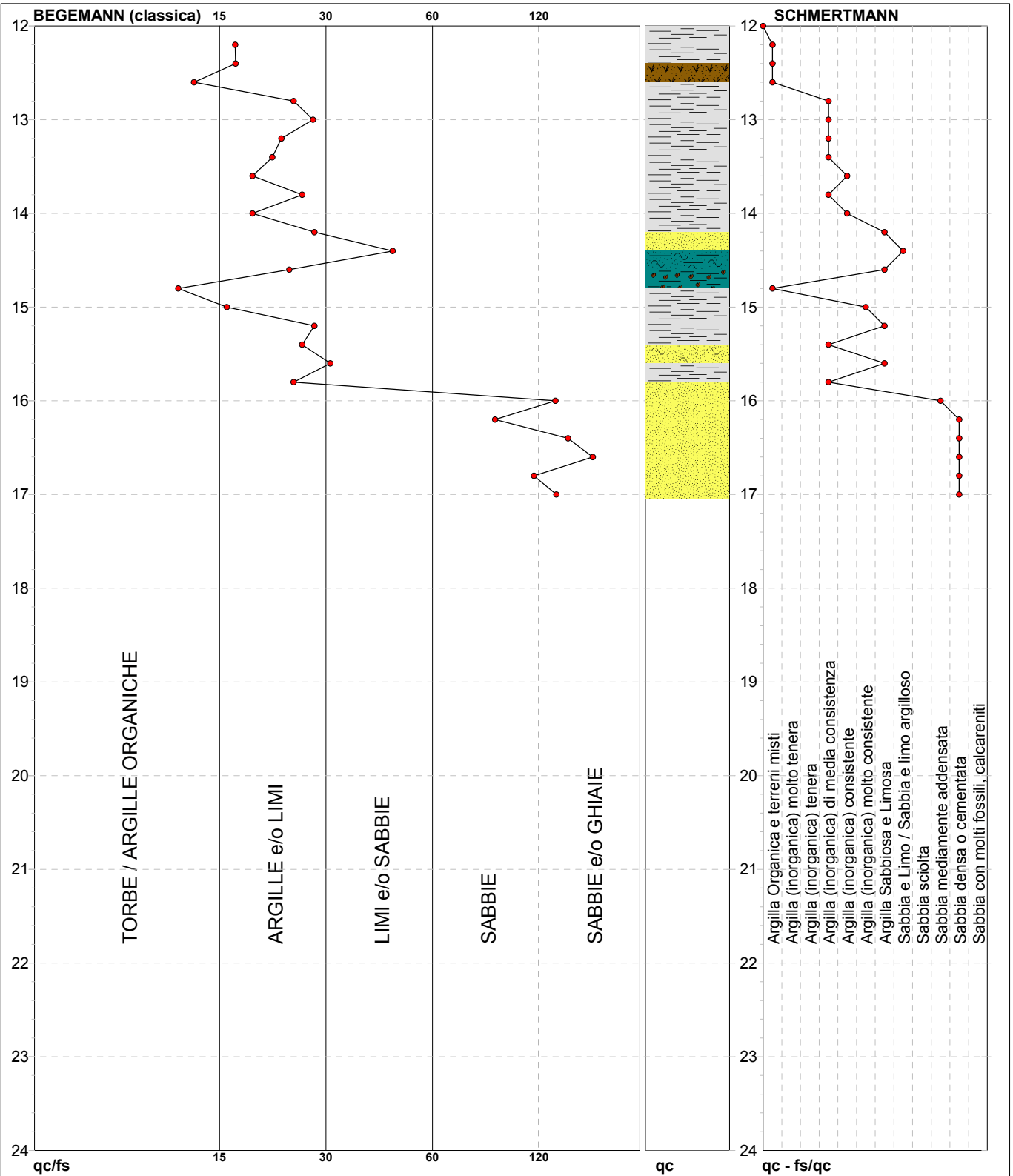
certificato n°

190/20

Committente: **Geoprogetti Studio Associato**
 Cantiere: **200513a**
 Località: **Cascine di Buti (PI)**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: 1:120
 Pagina: 2
 Elaborato:

Data eseg.: 13/05/2020
 Data certificato: 13/05/2020
 Falda: Non rilevata



Torbe / Argille org. :	37 punti, 62,71%	Argilla Organica e terreni misti:	4 punti, 6,78%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	4 punti, 6,78%
Argille e/o Limi :	15 punti, 25,42%	Argilla (inorganica) media consist.:	7 punti, 11,86%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	1 punto, 1,69%
Limi e/o Sabbie :	2 punti, 3,39%	Argilla (inorganica) consistente:	2 punti, 3,39%	Sabbia mediamente addensata:	1 punto, 1,69%
Sabbie:	3 punti, 5,08%	Argilla (inorganica) molto consist.:	1 punto, 1,69%	Sabbia densa o cementata:	5 punti, 8,47%
Sabbie e/o Ghiaie :	3 punti, 5,08%				

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

4

riferimento

200513a

certificato n°

191/20

Committente: **Geoprogetti Studio Associato**
 Cantiere: **200513a**
 Località: **Cascine di Buti (PI)**

U.M.: **kg/cm²**
 Pagina: **1**
 Elaborato:

Data eseg.: **13/05/2020**
 Data certificato: **13/05/2020**
 Falda: **Non rilevata**

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%	m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%
0,20	0,0	0	0	0,00	0,00			15,20	14,0	24	0	14,00	0,67	21	4,8
0,40	24,0	47	0	24,00	1,53	16	6,4	15,40	12,0	22	0	12,00	0,67	18	5,6
0,60	20,0	45	0	20,00	1,70	12	8,5	15,60	17,0	27	0	17,00	0,67	25	3,9
0,80	16,0	40	0	16,00	1,61	10	10,1	15,80	8,0	15	0	8,00	0,47	17	5,9
1,00	16,0	37	0	16,00	1,39	12	8,7	16,00	8,0	14	0	8,00	0,40	20	5,0
1,20	17,0	36	0	17,00	1,26	13	7,4	16,20	9,0	15	0	9,00	0,40	23	4,4
1,40	15,0	33	0	15,00	1,20	13	8,0	16,40	8,0	13	0	8,00	0,33	24	4,1
1,60	17,0	33	0	17,00	1,07	16	6,3	16,60	8,0	16	0	8,00	0,53	15	6,6
1,80	14,0	30	0	14,00	1,07	13	7,6	16,80	8,0	17	0	8,00	0,60	13	7,5
2,00	13,0	27	0	13,00	0,93	14	7,2	17,00	9,0	18	0	9,00	0,60	15	6,7
2,20	16,0	33	0	16,00	1,13	14	7,1	17,20	7,0	12	0	7,00	0,33	21	4,7
2,40	13,0	28	0	13,00	1,00	13	7,7	17,40	7,0	14	0	7,00	0,47	15	6,7
2,60	14,0	27	0	14,00	0,87	16	6,2	17,60	6,0	13	0	6,00	0,47	13	7,8
2,80	22,0	35	0	22,00	0,87	25	4,0	17,80	7,0	12	0	7,00	0,33	21	4,7
3,00	25,0	37	0	25,00	0,80	31	3,2	18,00	8,0	13	0	8,00	0,33	24	4,1
3,20	21,0	35	0	21,00	0,93	23	4,4	18,20	8,0	12	0	8,00	0,27	30	3,4
3,40	20,0	36	0	20,00	1,07	19	5,4	18,40	7,0	11	0	7,00	0,27	26	3,9
3,60	18,0	35	0	18,00	1,13	16	6,3	18,60	8,0	13	0	8,00	0,33	24	4,1
3,80	20,0	39	0	20,00	1,27	16	6,4	18,80	9,0	15	0	9,00	0,40	23	4,4
4,00	21,0	40	0	21,00	1,27	17	6,0	19,00	8,0	16	0	8,00	0,53	15	6,6
4,20	18,0	39	0	18,00	1,40	13	7,8	19,20	9,0	15	0	9,00	0,40	23	4,4
4,40	20,0	41	0	20,00	1,40	14	7,0	19,40	27,0	34	0	27,00	0,47	57	1,7
4,60	20,0	43	0	20,00	1,53	13	7,7	19,60	15,0	30	0	15,00	1,00	15	6,7
4,80	18,0	40	0	18,00	1,47	12	8,2	19,80	16,0	34	0	16,00	1,20	13	7,5
5,00	18,0	38	0	18,00	1,33	14	7,4	20,00	19,0	27	0	19,00	0,53	36	2,8
5,20	20,0	40	0	20,00	1,33	15	6,7	20,20	22,0	43	0	22,00	1,40	16	6,4
5,40	18,0	38	0	18,00	1,33	14	7,4	20,40	27,0	50	0	27,00	1,53	18	5,7
5,60	17,0	38	0	17,00	1,40	12	8,2	20,60	20,0	39	0	20,00	1,27	16	6,4
5,80	17,0	32	0	17,00	1,00	17	5,9	20,80	17,0	29	0	17,00	0,80	21	4,7
6,00	16,0	34	0	16,00	1,20	13	7,5	21,00	48,0	64	0	48,00	1,07	45	2,2
6,20	15,0	28	0	15,00	0,87	17	5,8	21,20	90,0	120	0	90,00	2,00	45	2,2
6,40	10,0	23	0	10,00	0,87	11	8,7	21,40	220,0	270	0	220,00	3,33	66	1,5
6,60	6,0	16	0	6,00	0,67	9	11,2	21,60	240,0	273	0	240,00	2,20	109	0,9
6,80	8,0	16	0	8,00	0,53	15	6,6	21,80	400,0	450	0	400,00	3,33	120	0,8
7,00	9,0	18	0	9,00	0,60	15	6,7								
7,20	10,0	17	0	10,00	0,47	21	4,7								
7,40	8,0	16	0	8,00	0,53	15	6,6								
7,60	7,0	15	0	7,00	0,53	13	7,6								
7,80	8,0	14	0	8,00	0,40	20	5,0								
8,00	7,0	15	0	7,00	0,53	13	7,6								
8,20	9,0	13	0	9,00	0,27	33	3,0								
8,40	4,0	9	0	4,00	0,33	12	8,3								
8,60	5,0	10	0	5,00	0,33	15	6,6								
8,80	7,0	13	0	7,00	0,40	18	5,7								
9,00	6,0	12	0	6,00	0,40	15	6,7								
9,20	6,0	11	0	6,00	0,33	18	5,5								
9,40	5,0	10	0	5,00	0,33	15	6,6								
9,60	6,0	12	0	6,00	0,40	15	6,7								
9,80	27,0	43	0	27,00	1,07	25	4,0								
10,00	26,0	32	0	26,00	0,40	65	1,5								
10,20	18,0	25	0	18,00	0,47	38	2,6								
10,40	15,0	26	0	15,00	0,73	21	4,9								
10,60	14,0	23	0	14,00	0,60	23	4,3								
10,80	17,0	29	0	17,00	0,80	21	4,7								
11,00	26,0	37	0	26,00	0,73	36	2,8								
11,20	18,0	26	0	18,00	0,53	34	2,9								
11,40	23,0	30	0	23,00	0,47	49	2,0								
11,60	24,0	31	0	24,00	0,47	51	2,0								
11,80	18,0	31	0	18,00	0,87	21	4,8								
12,00	17,0	25	0	17,00	0,53	32	3,1								
12,20	9,0	18	0	9,00	0,60	15	6,7								
12,40	18,0	23	0	18,00	0,33	55	1,8								
12,60	12,0	24	0	12,00	0,80	15	6,7								
12,80	27,0	37	0	27,00	0,67	40	2,5								
13,00	16,0	31	0	16,00	1,00	16	6,3								
13,20	14,0	23	0	14,00	0,60	23	4,3								
13,40	18,0	34	0	18,00	1,07	17	5,9								
13,60	32,0	39	0	32,00	0,47	68	1,5								
13,80	16,0	28	0	16,00	0,80	20	5,0								
14,00	13,0	24	0	13,00	0,73	18	5,6								
14,20	14,0	26	0	14,00	0,80	18	5,7								
14,40	15,0	27	0	15,00	0,80	19	5,3								
14,60	13,0	26	0	13,00	0,87	15	6,7								
14,80	14,0	25	0	14,00	0,73	19	5,2								
15,00	14,0	28	0	14,00	0,93	15	6,6								

H = profondità
 L1 = prima lettura (punta)
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)
 Lt = terza lettura (totale)
 CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
 fs = resistenza laterale calcolata alla stessa quota di qc
 F = rapporto Begemann (qc / fs)
 Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT

4

riferimento

200513a

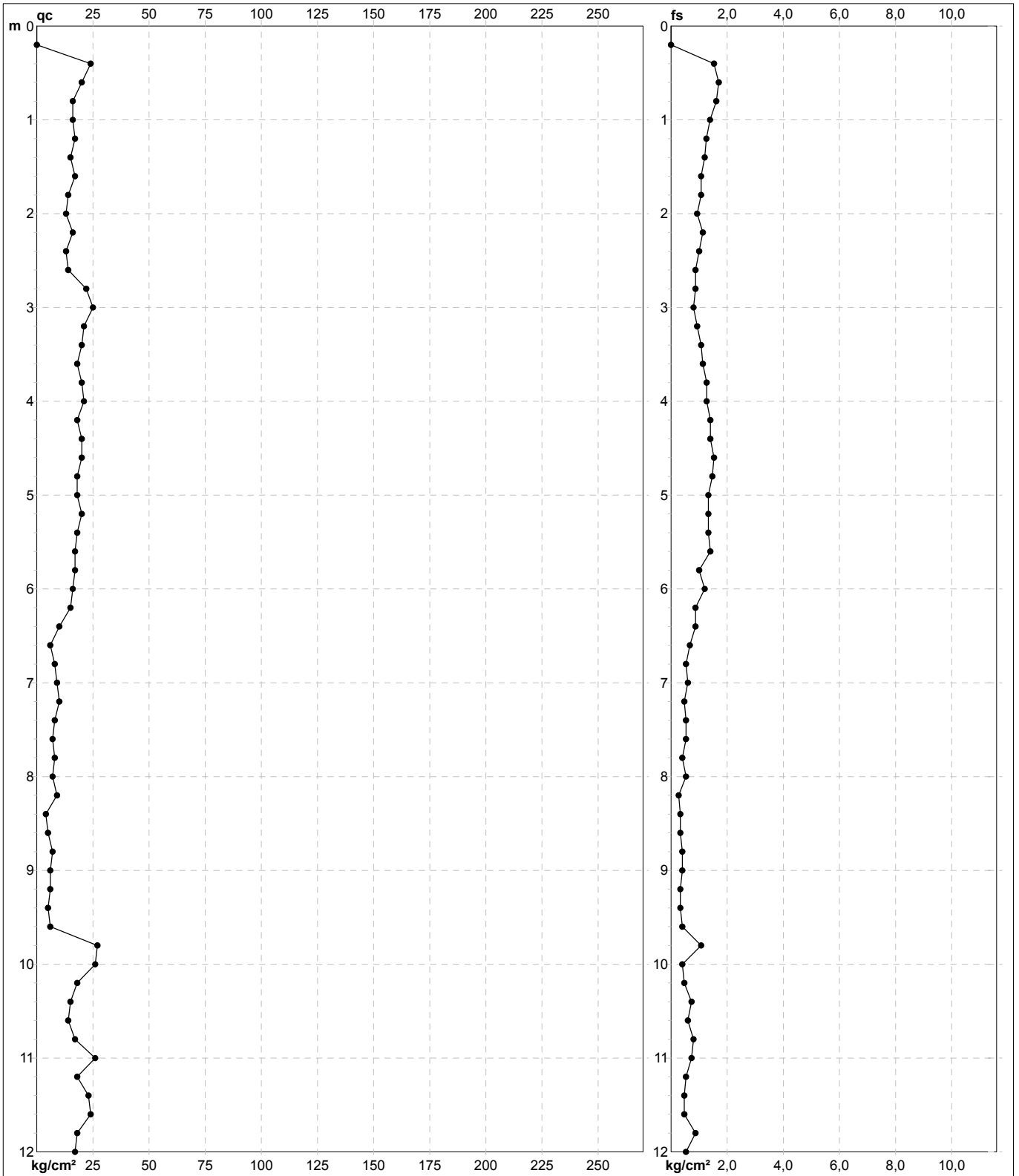
certificato n°

191/20

Committente: **Geoprogetti Studio Associato**
 Cantiere: **200513a**
 Località: **Cascine di Buti (PI)**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: 1:60
 Pagina: 1
 Elaborato:

Data eseg.: 13/05/2020
 Data certificato: 13/05/2020
 Quota inizio:
 Falda: Non rilevata



	Penetrometro: TG63-200 Responsabile: Geol. Jacopo Martini Assistente:	Preforo: m Corr.astine: kg/ml Cod. punta:
--	---	---

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON059

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT

4

riferimento

200513a

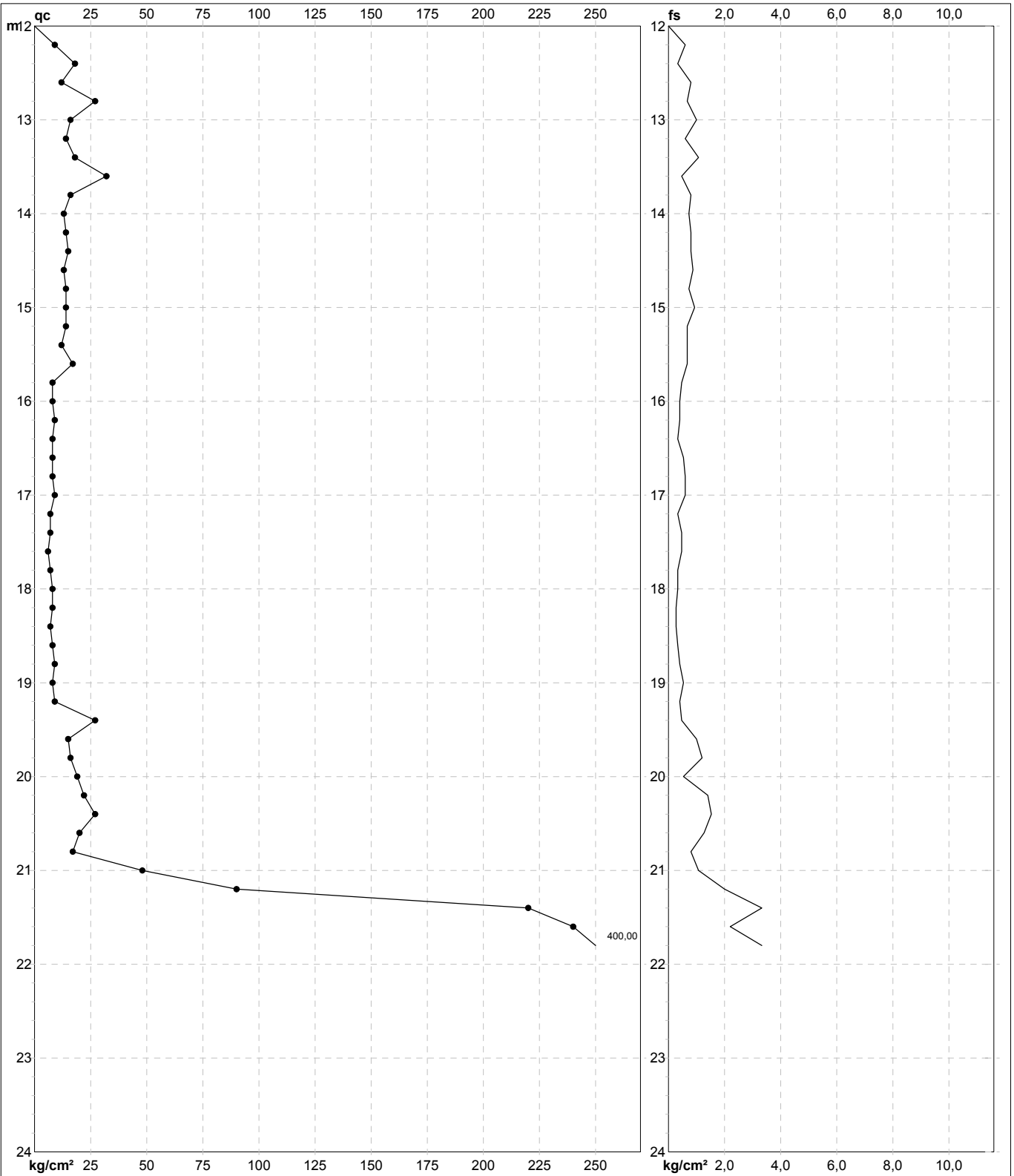
certificato n°

191/20

Committente: **Geoprogetti Studio Associato**
 Cantiere: **200513a**
 Località: **Cascine di Buti (PI)**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: 1:120
 Pagina: 2
 Elaborato:

Data eseg.: 13/05/2020
 Data certificato: 13/05/2020
 Quota inizio:
 Falda: Non rilevata



Penetrometro: TG63-200
 Responsabile: Geol. Jacopo Martini
 Assistente:

Preforo: m
 Corr.astine: kg/ml
 Cod. punta:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

4

referimento

200513a

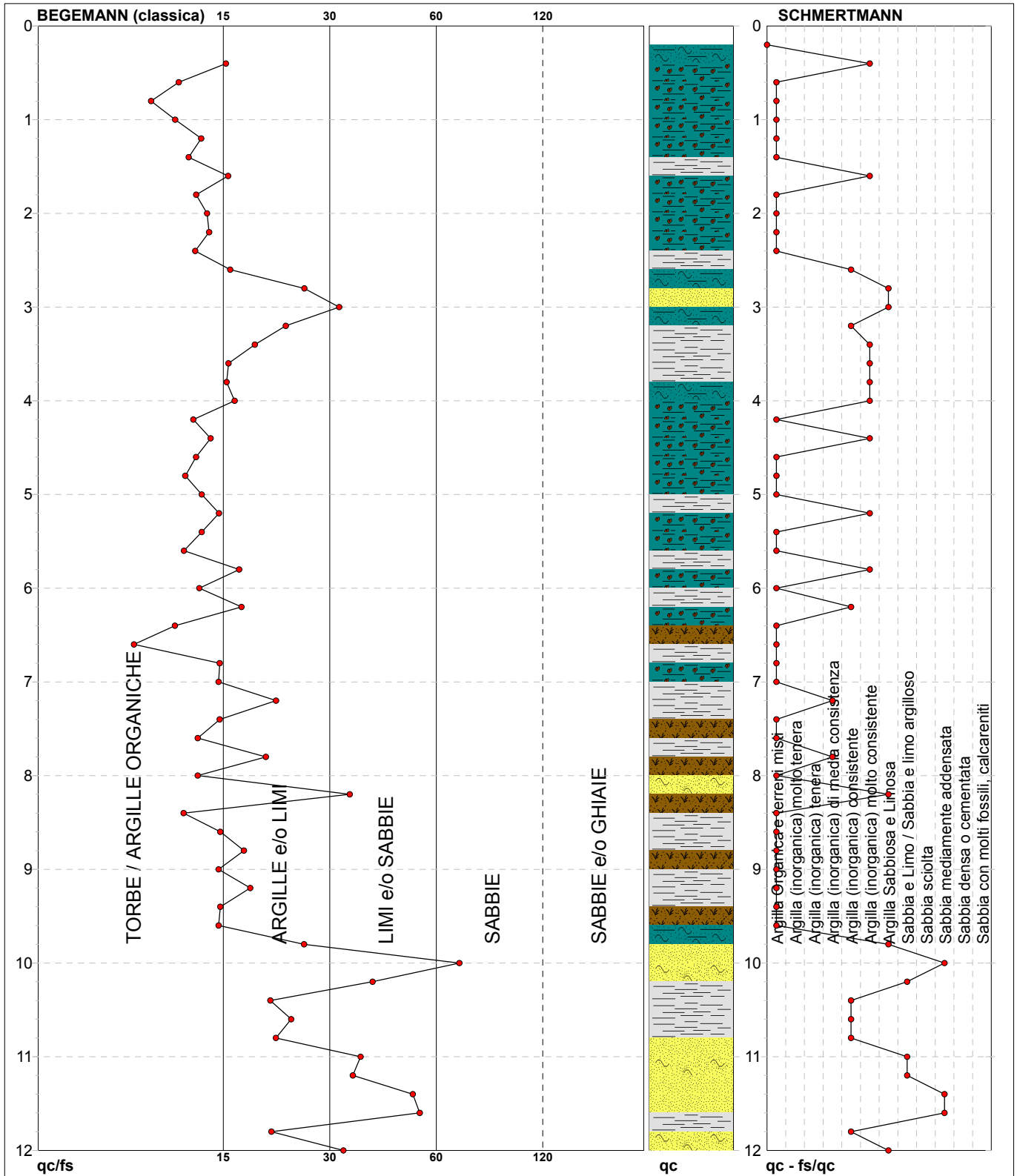
certificato n°

191/20

Committente: **Geoprogetti Studio Associato**
 Cantiere: **200513a**
 Località: **Cascine di Buti (PI)**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: 1:60
 Pagina: 1
 Elaborato:

Data exec.: 13/05/2020
 Data certificato: 13/05/2020
 Falda: Non rilevata



Torbe / Argille org. :	26 punti, 44,07%	Argilla Organica e terreni misti:	30 punti, 50,85%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	5 punti, 8,47%
Argille e/o Limi :	25 punti, 42,37%	Argilla (inorganica) media consist.:	2 punti, 3,39%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	3 punti, 5,08%
Limi e/o Sabbie :	8 punti, 13,56%	Argilla (inorganica) consistente:	7 punti, 11,86%	Sabbia mediamente addensata:	3 punti, 5,08%
Sabbie:	1 punti, 1,69%	Argilla (inorganica) molto consist.:	9 punti, 15,25%		

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

4

referimento

200513a

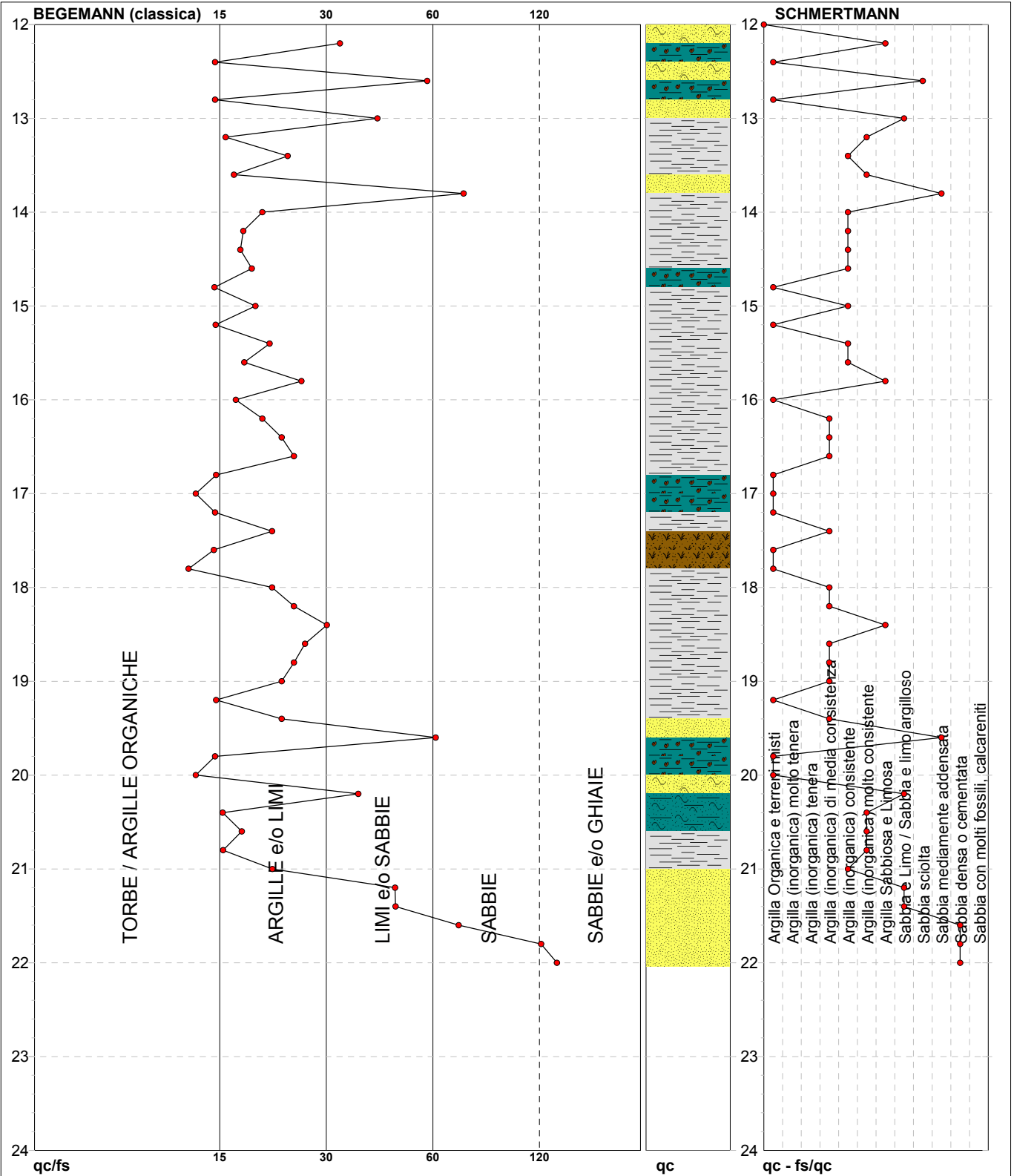
certificato n°

191/20

Committente: **Geoprogetti Studio Associato**
 Cantiere: **200513a**
 Località: **Cascine di Buti (PI)**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: 1:120
 Pagina: 2
 Elaborato:

Data exec.: 13/05/2020
 Data certificato: 13/05/2020
 Falda: Non rilevata



Torbe / Argille org. :	19 punti, 32,20%	Argilla Organica e terreni misti:	13 punti, 22,03%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	3 punti, 5,08%
Argille e/o Limi :	30 punti, 50,85%	Argilla (inorganica) media consist.:	10 punti, 16,95%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	4 punti, 6,78%
Limi e/o Sabbie :	7 punti, 11,86%	Argilla (inorganica) consistente:	9 punti, 15,25%	Sabbia sciolta:	1 punto, 1,69%
Sabbie:	3 punti, 5,08%	Argilla (inorganica) molto consist.:	5 punti, 8,47%	Sabbia mediamente addensata:	2 punti, 3,39%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punto, 1,69%			Sabbia densa o cementata:	3 punti, 5,08%

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON059

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT
4

riferimento

200513a

certificato n°

191/20

 Committente: **Geoprogetti Studio Associato**

 U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: 13/05/2020

 Cantiere: **200513a**

Pagina: 2

Data certificato: 13/05/2020

 Località: **Cascine di Buti (PI)**

Elaborato:

Falda: Non rilevata

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'_{vo} U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA				NATURA GRANULARE											
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	ϕ_{Sc} (°)	ϕ_{Ca} (°)	ϕ_{Ko} (°)	ϕ_{DB} (°)	ϕ_{DM} (°)	ϕ_{Me} (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
20,00	19,00	35,85	4	1,92	3,79	137	0,78	0,9	465,3	698,0	58,1	--	28	18	14	14	25	27	--	31,7	47,5	57,0
20,20	22,00	15,71	4	1,93	3,83	143	0,85	1,0	507,7	761,5	66,0	--	28	18	15	14	25	28	--	36,7	55,0	66,0
20,40	27,00	17,65	4	1,95	3,87	149	0,95	1,1	566,3	849,4	81,0	--	28	19	16	15	25	28	--	45,0	67,5	81,0
20,60	20,00	15,75	4	1,93	3,90	137	0,80	0,9	480,0	720,0	60,0	--	28	18	14	14	25	27	--	33,3	50,0	60,0
20,80	17,00	21,25	2	1,97	3,94	130	0,72	0,8	434,0	651,1	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21,00	48,00	44,86	3	1,91	3,98	171	--	--	--	--	--	13	30	22	19	18	25	31	--	80,0	120,0	144,0
21,20	90,00	45,00	3	1,98	4,02	200	--	--	--	--	--	34	33	25	22	21	29	33	--	150,0	225,0	270,0
21,40	220,00	66,07	3	2,15	4,07	274	--	--	--	--	--	65	37	30	27	25	34	38	--	366,7	550,0	660,0
21,60	240,00	109,09	3	2,15	4,11	281	--	--	--	--	--	68	37	30	27	25	34	39	--	400,0	600,0	720,0
21,80	400,00	120,12	3	2,15	4,15	330	--	--	--	--	--	85	40	32	30	28	37	40	--	666,7	1000,0	1200,0

LEGENDA SPECIFICHE TECNICHE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi) misurando il numero di colpi N necessari.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti :

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica : diametro base cono D , area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione δ)
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici) .

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella più sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici

Tipo	Sigla di riferimento	massa battente	prof.max indagine
Leggero	DPL (Light)	$M \div 10$	8 m
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25 m
Pesante	DPH (Heavy)	$40 < M < 60$	25 m
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M > 60$	> 25 m

Per la visione delle caratteristiche tecniche dei penetrometri, si rimanda alla sezione EDITOR PENETROMETRI.

I PENETROMETRI dinamici in uso in Italia risultano essere i seguenti (non rientranti però nello Standard ISSMFE) :

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta \approx 10$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60-90^\circ$), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta \approx 10$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60-90^\circ$), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SCPT) (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H = 0.75 m, avanzamento $\delta \approx 30$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60^\circ$), diametro D = 50.8 mm, area base cono A = 20.27 cm² rivestimento : previsto secondo precise indicazioni

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente M = 63.5 kg, altezza caduta H = 0.75 m, avanzamento $\delta \approx 20-30$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60^\circ$), diametro D = 50.5 mm , area base cono A = 20 cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto .

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

VALUTAZIONI STATISTICHE - CORRELAZIONI N / N_{spt}

Il sottosuolo indagato viene suddiviso in strati .

Previa definizione della profondità di ciascuno strato , il programma effettua (con riferimento al numero di colpi N) una serie di elaborazioni statistiche dei dati in memoria, valutando :

valore minimo m , massimo Max , media M, scarto quadratico medio s, valore medio/minimo (M+m)^{1/2}
media-scarto quadratico medio (M-s)

Ciò considerato , si potrà adottare il valore caratteristico VCA per N più adatto , a seconda delle esigenze, impostando uno dei valori elaborati sopracitati o un valore a scelta.

Successivamente , con riferimento al valore caratteristico assunto per il numero di colpi N , si potrà avviare un tentativo di correlazione con il numero di colpi N_{spt} della prova SPT : $N_{spt} = \beta N$ [ove per il coefficiente β potrà introdurre un valore sperimentale a piacere (vedi note illustrative), ovvero il coefficiente teorico di energia β fornito dal programma] .

VALUTAZIONE RESISTENZA DINAMICA E COEFFICIENTE DI ENERGIA

La resistenza alla punta dinamica R_{pd} viene comunemente valutata in base alla formula Olandese :

$$R_{pd} = (M^2 H) / [A e (M + P)] \text{ ove :}$$

N = n. colpi per avanzamento δ R_{pd} = resist.dinam.punta [area A] M = massa battente [altezza caduta H]

e = avanzamento per colpo = δ/N P = peso tot. sistema battuta e aste ,

ovvero in base alla formula semplificata :

$$R_{pd}' = (M H) / (A e) = (M H) N / (A \delta) = Q N ,$$

ove : $Q = (M H) / (A \delta)$ = energia specifica teorica per colpo .

Ciò considerato, volendo riferire la prova in esame (N,Q) alla prova SPT (N_{spt},Q_{spt}),

dall 'uguaglianza dei valori di resistenza dinamica relativi alle due prove, si ricava teoricamente :

$$R_{pd}' = Q N = Q_{spt} N_{spt} \Rightarrow N_{spt} = N [Q/Q_{spt}] = \beta N ,$$

ove il rapporto $\beta = Q/Q_{spt}$ viene definito coefficiente teorico di energia della prova in esame ,

relativamente alla prova SPT (Q_{spt} = 7.83 kg/cm² = 0.768 MPa) per M = 63.5 kg, H = 0.75 m, D = 50.8 mm, A = 20.27 cm², d = 0.30 m) .

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al valore del numero dei colpi SPT equivalente

prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

N_{spt} -> Dr DENSITA' RELATIVA (Terreni granulari) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

N_{spt} -> ϕ' ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE (Terreni granulari) - PECK-HANSON-THORBURN (1953-1974)

N_{spt} -> E' MODULO DI DEFORMAZIONE DRENATO (Terreni granulari) - D'APPOLONIA e altri (1970)

N_{spt} -> Cu COESIONE NON DRENATA (Terreni coesivi) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

N_{spt} -> Y PESO DI VOLUME

TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967) [e.max = 1 e.min = 1/3 G = 2.65]

TERRENI COESIVI (Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967) [p.specifico G = 2.70]

R_{pd} -> Qd CAPACITA' PORTANTE DINAMICA Herminier, Tchong & Lebegue(1965)

F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)

(g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g)]

V_s = velocità di propagazione delle onde sismiche (Yoshida Motonori 1988)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE

DIN
2

riferimento

200513a

certificato n°

192/20

 Committente: **Geoprogetti Studio Associato**

 Cantiere: **200513a**

 Località: **Cascine di Buti (PI)**

 U.M.: **kg/cm²**

Data eseg.: 13/05/2020

Pagina: 1

Data certificato: 13/05/2020

Elaborato:

Falda: -6,50 m da p.c.

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm ²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm ²
0,20	1	0		0,00					
0,40	1	0		0,00					
0,60	1	0		0,00					
0,80	2	0		0,00					
1,00	2	0		0,00					
1,20	2	0		0,00					
1,40	2	0		0,00					
1,60	3	0		0,00					
1,80	3	0		0,00					
2,00	3	0		0,00					
2,20	3	0		0,00					
2,40	3	0		0,00					
2,60	4	0		0,00					
2,80	4	0		0,00					
3,00	4	0		0,00					
3,20	4	0		0,00					
3,40	4	0		0,00					
3,60	5	0		0,00					
3,80	5	0		0,00					
4,00	5	0		0,00					
4,20	5	0		0,00					
4,40	5	0		0,00					
4,60	6	0		0,00					
4,80	6	25		181,42					
5,00	6	35		253,99					
5,20	6	25		181,42					
5,40	6	23		166,91					
5,60	7	12		82,01					
5,80	7	7		47,84					
6,00	7	5		34,17					
6,20	7	7		47,84					
6,40	7	12		82,01					
6,60	8	36		232,48					
6,80	8	48		309,98					
7,00	8	100		645,78					

H = profondità

L1 = prima lettura (colpi punta)

L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)

qcd = resistenza dinamica punta

Asta = numero di asta impiegata

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

DIN

2

riferimento

200513a

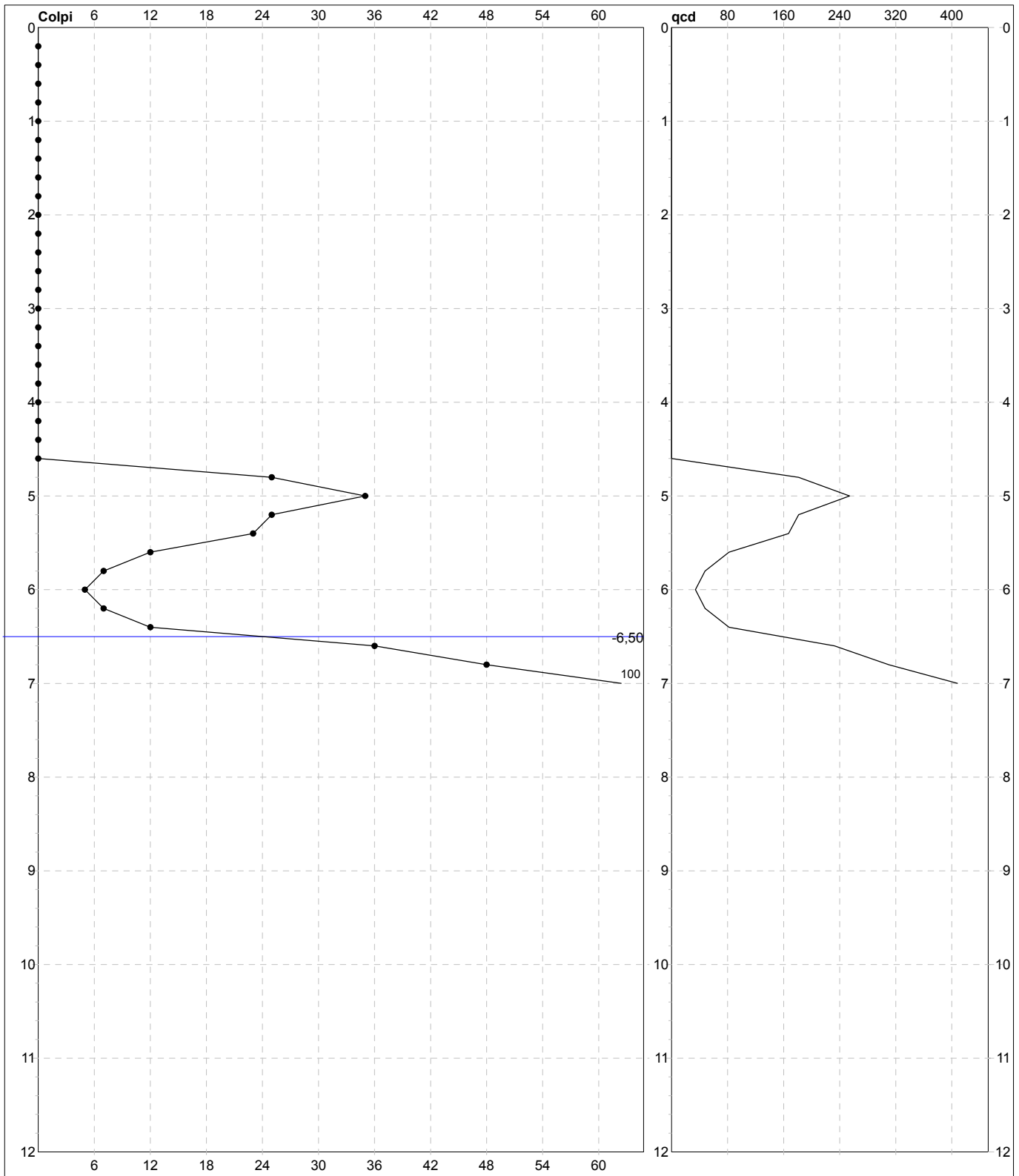
certificato n°

192/20

Committente: **Geoprogetti Studio Associato**
 Cantiere: **200513a**
 Località: **Cascine di Buti (PI)**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: 1:60
 Pagina: 1
 Elaborato:

Data eseg.: 13/05/2020
 Data certificato: 13/05/2020
 Falda: -6,50 m da p.c.



Penetrometro: DPSH (S. Heavy)
 Massa battente: 63,50 m
 Altezza caduta: 0,75 m
 Avanzamento: 0,20 m

Responsabile: Geol. Jacopo Martini
Assistente:

Preforo: m
Corr.astine: kg/ml
Cod.ISTAT: 0

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
SUDDIVISIONE GEOTECNICA

DIN

2

riferimento

200513a

certificato n°

192/20

Committente: **Geoprogetti Studio Associato**

Cantiere: **200513a**

Località: **Cascine di Buti (PI)**

U.M.: **kg/cm²**

Data eseg.: 13/05/2020

Pagina: 1

Data certificato: 13/05/2020

Elaborato:

Falda: -6,50 m da p.c.

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	4,60 : 5,40	Media	27	1,49	40	195,94	176,34	210	230	9,80	Coes./Gran.	
2	5,40 : 6,40	Media	9	1,49	13	58,77	52,90	164	93	2,94	Coes./Gran.	
3	6,40 : 6,80	Media	42	1,49	63	271,23	244,11	240	330	13,56	Coes./Gran.	
4	6,80 : 7,00	Media	100	1,49	149	645,78	581,21	281	657	32,29	Coes./Gran.	

NATURA COESIVA

NATURA GRANULARE

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ϕ °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	4,60 : 5,40	40	2,50	2,10	20,20	0,55	110	75	39	500	2,10	1,77	463	---
2	5,40 : 6,40	13	0,81	1,93	30,31	0,82	55	40	31	291	1,95	1,53	218	---
3	6,40 : 6,80	63	3,94	2,10	20,20	0,55	157	90	43	677	2,18	1,89	659	---
4	6,80 : 7,00	149	9,31	2,10	20,20	0,55	331	100	45	1340	2,24	1,99	1392	---



RELAZIONE TECNICA

Committente: Geoprogetti
Studio Associato

Località: Cascine di Buti

Data Indagine: 13/05/2020

Codice lavoro: 200513a

INDAGINI SISMICHE MASW

INDAGINI SISMICHE HVSR

Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.n.c.

Via Lenin, 132 - 56017 San Giuliano
Terme (PI)

Tel./Fax: 050 9910582

e-mail: info@gaiaservizi.com

p. IVA 01667250508

Data elaborazione: 15/05/2020

GAIA Servizi S.n.c.
di Massimiliano Vannozzi & C.
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167

Sommario

PREMESSA.....	3
INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR.....	4
GENERALITA'	4
SISTEMA DI ACQUISIZIONE – INDAGINI EFFETTUATE	7
ELABORAZIONE DEI DATI HVSR	7
INDAGINI MASW	10
GENERALITA'	10
SISTEMA DI ACQUISIZIONE	11
INDAGINI EFFETTUATE	12
ELABORAZIONE CONGIUNTA DEI DATI MASW E HVSR	12

PREMESSA

Per incarico di Geoprogetti Studio Associato, sono state eseguite indagini geofisiche in Località Cascine di Buti.

Tali indagini sono finalizzate alla ricostruzione della distribuzione e dell'andamento delle velocità sismiche nel sottosuolo, per determinare le principali caratteristiche sismo-stratigrafiche ed elastiche dei terreni.

Al fine di caratterizzare il sito in esame dal punto di vista della velocità delle onde di taglio (VS), è stata effettuata una serie di acquisizioni MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di superficie da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999), sono inoltre state eseguite una serie di misure di microtremori atte ad analizzare il rapporto spettrale H/V (Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio - HVSR) utile a definire eventuali risonanze di sito e a meglio vincolare il modello VS specie in profondità.

Le presenti note illustrano la metodologia delle indagini ed i risultati conseguiti.

INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR

GENERALITA'

La tecnica di acquisizione ed analisi dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.

Le conoscenze e le informazioni che si possono ottenere dall'analisi ed interpretazione di una registrazione di questo tipo sono:

- ove esistente, la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale ai fini dell'individuazione di 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;
- ove determinabile, la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso, a seguito di analisi correlate sarà possibile confrontare le frequenze di sito e dell'edificio, e valutare se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la stratigrafia del sottosuolo con un ampio range di profondità di indagine, e secondo il principio che in termini di stratigrafia del sottosuolo, uno strato è inteso come unità distinta, in termini di contrasto d'impedenza sismica.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremiti.

La forma di un'onda registrata in un sito oggetto di indagine è funzione di:

- dalla forma dell'onda prodotta dall'insieme delle sorgenti s dei microtremiti;
- dal percorso dell'onda dalle sorgenti s fino alla posizione x del sito oggetto di indagine e funzione dei processi di attenuazione, riflessione, rifrazione e canalizzazione di guida d'onda;
- dalla modalità di acquisizione dello strumento in funzione dei parametri e delle caratteristiche strumentali.

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre.

Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni con ampiezze minime, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il segnale da acquisire non è generato con strumenti o tecniche attive, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Nel tragitto dalla sorgente s al sito x le onde elastiche (sia di origine sismiche che dovute al microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, canalizzazioni per fenomeni di guida d'onda ed attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato.

Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte di informazioni correlata al contenuto frequenziale del segnale che può essere estratta e che permette di ottenere informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore.

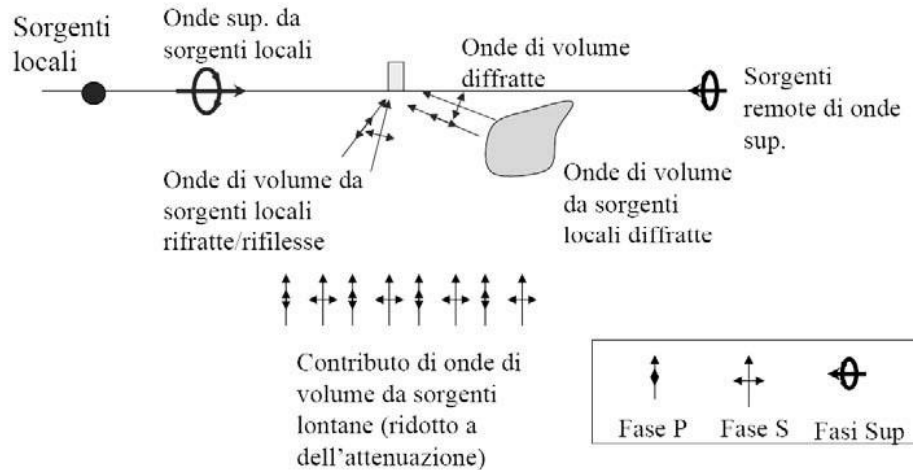


Figura 1: Modalità di generazione e propagazione di microtremore

Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartato dalla sismologia classica, contiene informazioni.

Questa informazione è però correlata alle caratteristiche frequenziale e spettrali del cosiddetto "rumore casuale" o microtremore, e può essere estratta attraverso tecniche opportune.

Una di queste tecniche è la tecnica di analisi dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili sul comportamento frequenziale dei sottosuoli, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

L'ottenimento di una stratigrafia sismica da indagini a stazione singola, deriva dai primi studi di Kanai (1957) in poi, per cui 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.

Inizialmente, alcuni ricercatori, proposero di utilizzare anche l'ampiezza del picco come indicatore sintetico dell'amplificazione sismica locale, direttamente utilizzabile per la microzonazione.

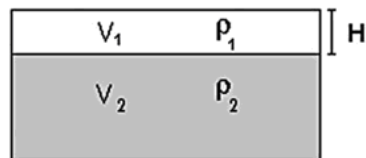
Purtroppo, esiste abbondante letteratura comprovante il fatto che l'ampiezza del picco H/V, pur essendo legata all'entità del contrasto di impedenza tra strati, non è correlabile all'amplificazione sismica in modo semplice (cfr. Mucciarelli e Gallipoli, 2001; SESAME, 2005 e referenze ivi contenute).

Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere, in linea di principio, usato come strumento stratigrafico.

Le basi teoriche del metodo HVSR sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D).

Consideriamo il sistema della figura seguente in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità e le diverse velocità delle onde sismiche.

Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati.



L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato.

La frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde S (o P) è pari a (equazione 1):

$$(f_r) = V_s1/4H$$

$$(f_r) = V_p1/4H$$

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh.

Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1.

Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione 1.

L'utilità delle misure H/V risiede quindi nella possibilità di ricavare empiricamente la frequenza di sito e, a fianco di curve di dispersione date da misure MASW, a vincolare il modello V_s specie in profondità.

SISTEMA DI ACQUISIZIONE – INDAGINI EFFETTUATE

La misura prevede la registrazione del microtremore sismico ambientale nel dominio del tempo sulle tre componenti dello spazio attraverso il posizionamento di geofono tridimensionale.

La strumentazione di acquisizione utilizzata per la presente indagine è un prospettore sismico SARA “SR04 GeoBox” a 3 canali completo di geofono 3D da superficie, che presenta le seguenti specifiche:

- trasduttori tricomponenti (N-S, E-W, verticale) a bassa frequenza (2 Hz);
- amplificatori;
- digitalizzatore;
- frequenza di campionamento: 300 Hz;
- convertitore A/D (analogico digitale) a 24 bit;

Lo strumento di misura è stato orientato secondo le direzioni geografiche (E e W).

Sono state eseguite n°1 registrazioni della durata di circa 20 minuti.

ELABORAZIONE DEI DATI HVSR

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si possono ricavare il valore di frequenza caratteristica del sito.

Sapendo che ad ogni picco in frequenza corrisponde una profondità dell'orizzonte che genera il contrasto d'impedenza si può estrapolare una stratigrafia geofisica del sottosuolo.

L'elaborazione dei dati raccolti impiega il software *winMASW Academy* in grado di consentire la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo mediante la tecnica dei rapporti spettrali secondo le linee guida del progetto europeo SESAME (*Site effects assessment using ambient excitations, 2005*).

Il processing dei dati verte sul rapporto spettrale tra il segnale del sensore verticale e quelli orizzontali operando su finestre di selezione del segnale.

In fase di elaborazione vengono seguite le seguenti operazioni:

1. la registrazione viene suddivisa in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno,
2. per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti,
3. per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale,
4. vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.

Per considerare la misura ottenuta come una stima dell'ellitticità delle onde di Rayleigh è necessario che i rapporti H/V ottenuti sperimentalmente siano “stabili” ovvero frutto di un campionamento statistico adeguato, che gli effetti di sorgente siano stati effettivamente mediati ovvero non ci siano state sorgenti “dominanti” e che la misura non contenga errori sistematici (per es. dovuti ad un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno).

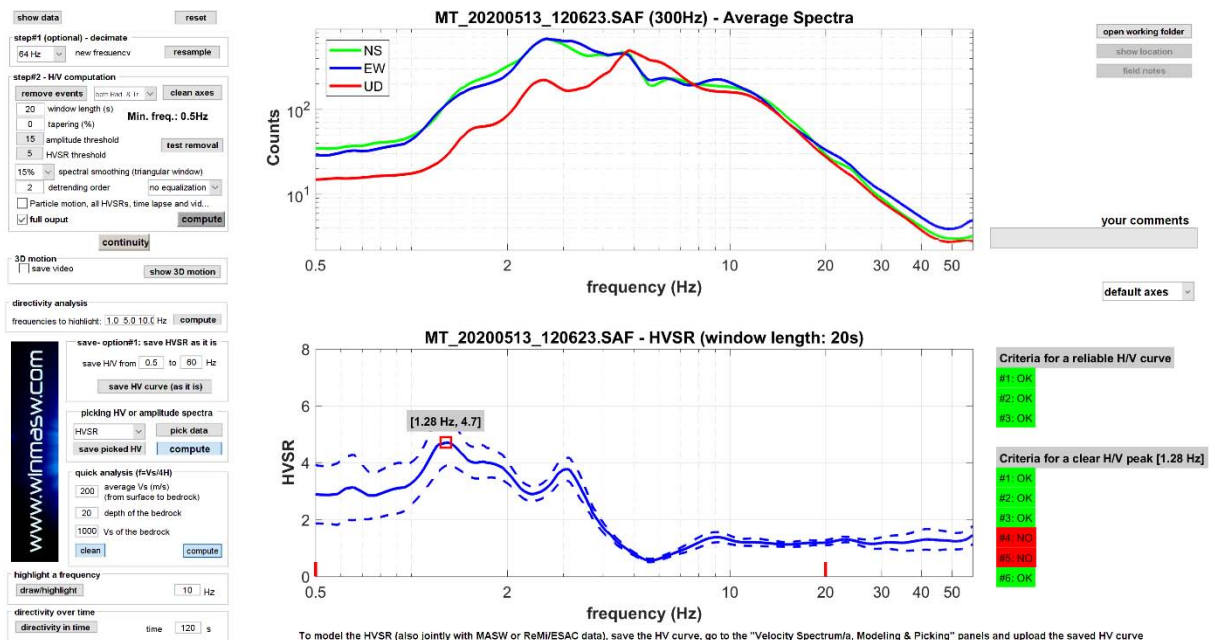
Le risultanze dell'elaborazione sono presentate mediante graficazione dei rapporti spettrali H/V delle varie componenti indicando il massimo del rapporto HVSR nel valore di f0 – Frequenza/e di risonanza e la sua deviazione standard.

Viene riportata anche la check-list proposta dalla procedura SESAME per l'ottenimento di una curva H/V affidabile.

HVSR 1

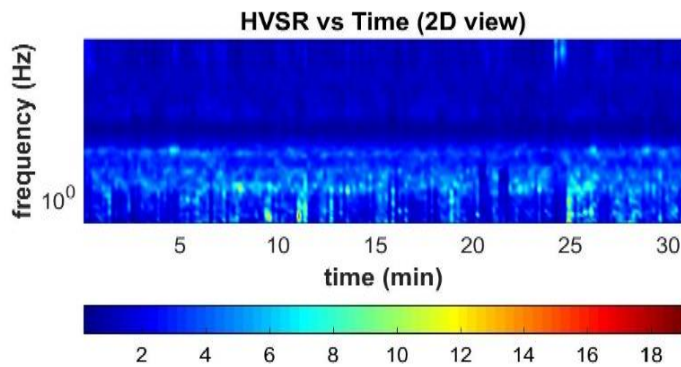
Dataset: MT_20200513_120623.SAF
 Sampling frequency (Hz): 300
 Window length (sec): 20
 Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz
 Length of analysed dataset (min): 31.7
 Tapering (%): 0
 Smoothing (%): 15

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI - RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

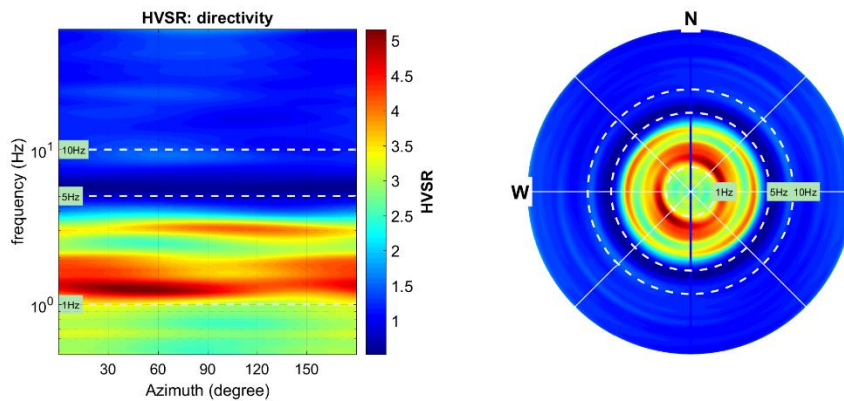


To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMi/ESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrum/s, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

PERSISTENZA H/V



DIREZIONALITA' H/V



In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 1.3
 Peak HVSr value: 4.7

==== Criteria for a reliable H/V curve =====

- #1. $[f_0 > 10/Lw]$: $1.282 > 0.5$ (OK)
- #2. $[nc > 200]$: $4744 > 200$ (OK)
- #3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

==== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

- #1. $[\text{exists } f_- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f_-) < A_0/2]$: yes (considering standard deviations), at frequency 0.4Hz (OK)
- #2. $[\text{exists } f_+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f_+) < A_0/2]$: yes, at frequency 3.7Hz (OK)
- #3. $[A_0 > 2]$: $4.7 > 2$ (OK)
- #4. $[f_{\text{peak}}[A_{h/v}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]$: (NO)
- #5. $[\sigma_A < \epsilon(f_0)]$: $0.723 > 0.128$ (NO)
- #6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$: $1.579 < 1.78$ (OK)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities. Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters they can change

INDAGINI MASW

GENERALITA'

Il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali (onde di Rayleigh e onde di Love) fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità 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, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J. 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50m, in funzione della rigidità del suolo.

Negli ultimi decenni l'analisi delle onde di superficie si è dimostrata un utile strumento per la determinazione del profilo verticale VS non più solamente per studi di carattere crostale (e.g. Evison et al., 1959) ma anche per indagini *near surface* (Stokoe et al., 1988; Glangeaud et al., 1999; Park et al., 1999; Xia et al., 1999; 2004; Shtivelman, 1999; 2002; Foti et al., 2000; Louie, 2001; O'Neill et al., 2006; Dal Moro et al., 2007; Dal Moro & Pipan, 2007).

La sismica a rifrazione ad onde di corpo (P ed S) ha così trovato una valida integrazione, in grado di superare i limiti connessi al canale a bassa velocità (*Low Velocity Layer - LVL*) ed allo strato nascosto (*blind layer*).

Nel seguito faremo riferimento al metodo MASW attivo che consente la classificazione sismica dei suoli, perché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30m di profondità.

SISTEMA DI ACQUISIZIONE

Per l'acquisizione dei dati per indagini MASW deve essere effettuato uno stendimento di geofoni allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale per generare onde di Rayleigh e/o una "di taglio" per quelle di Love.

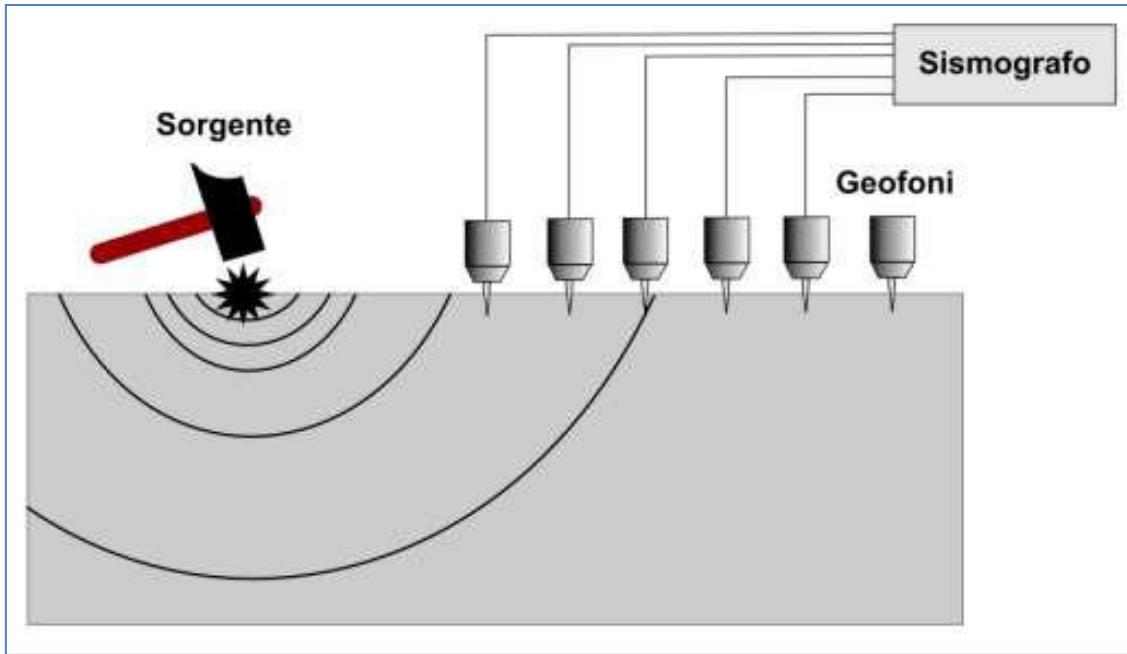


Figura 2: Esempio schematico di stendimento sismico tipo MASW

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospettore sismico Ambrogeo Echo 24/2002 a 16 bit, collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4.5Hz in configurazione ZVF per acquisire la componente verticale dell'onda di Rayleigh.

Come sorgente energizzante è stata utilizzata una mazza da 10 kg.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un apparecchio starter (gefono starter, starter a lamelle, piezoelettrico od altro) nell'istante in cui il sistema energizzante (maglio, mazza etc.) colpisce la base di battuta.

INDAGINI EFFETTUATE

Sono state eseguite n°1 prospezioni sismiche tipo MASW in onde di Rayleigh (componente verticale ZVF).

Le acquisizioni sono state eseguite in base alle seguenti configurazioni:

CONFIGURAZIONE INDAGINE MASW	
N° geofoni	24 (orizzontali Geospace Oyo 4.5 Hz)
Interasse geofoni	2 m
Off-sets sorgente (da ciascun estremo)	G1: 5m; 7m
Sorgente	mazza da 10kg



Figura 3: Stendimento sismico MASW1

ELABORAZIONE CONGIUNTA DEI DATI MASW E HVSR

I dati acquisiti sono stati elaborati utilizzando il software *winMASW Academy*.

L'elaborazione dei dati si sviluppa attraverso le seguenti fasi:

1. si caricano il file acquisiti in campagna (files SEG Y)
2. calcolo dello spettro di velocità (che rappresenta, in scala colorimetrica, le ampiezze delle onde in funzione della velocità di fase e della frequenza)
3. identificazione della curva di dispersione
4. modellazione congiunta considerando la dispersione delle onde di Rayleigh e rapporto spettrale H/V

L'analisi dei dati è stata quindi svolta considerando congiuntamente, dispersione delle onde di Rayleigh e rapporto spettrale H/V.

La modellazione è riportata nelle Figure 4 e 5 mentre il modello finale è riportato in Pagina 15.

GAIA Servizi S.n.c.

Via Lenin, 132 - 56017 San Giuliano Terme (PI)

Tel./Fax: 050 9910582 e-mail: info@gaiaservizi.com - p. IVA 01667250508

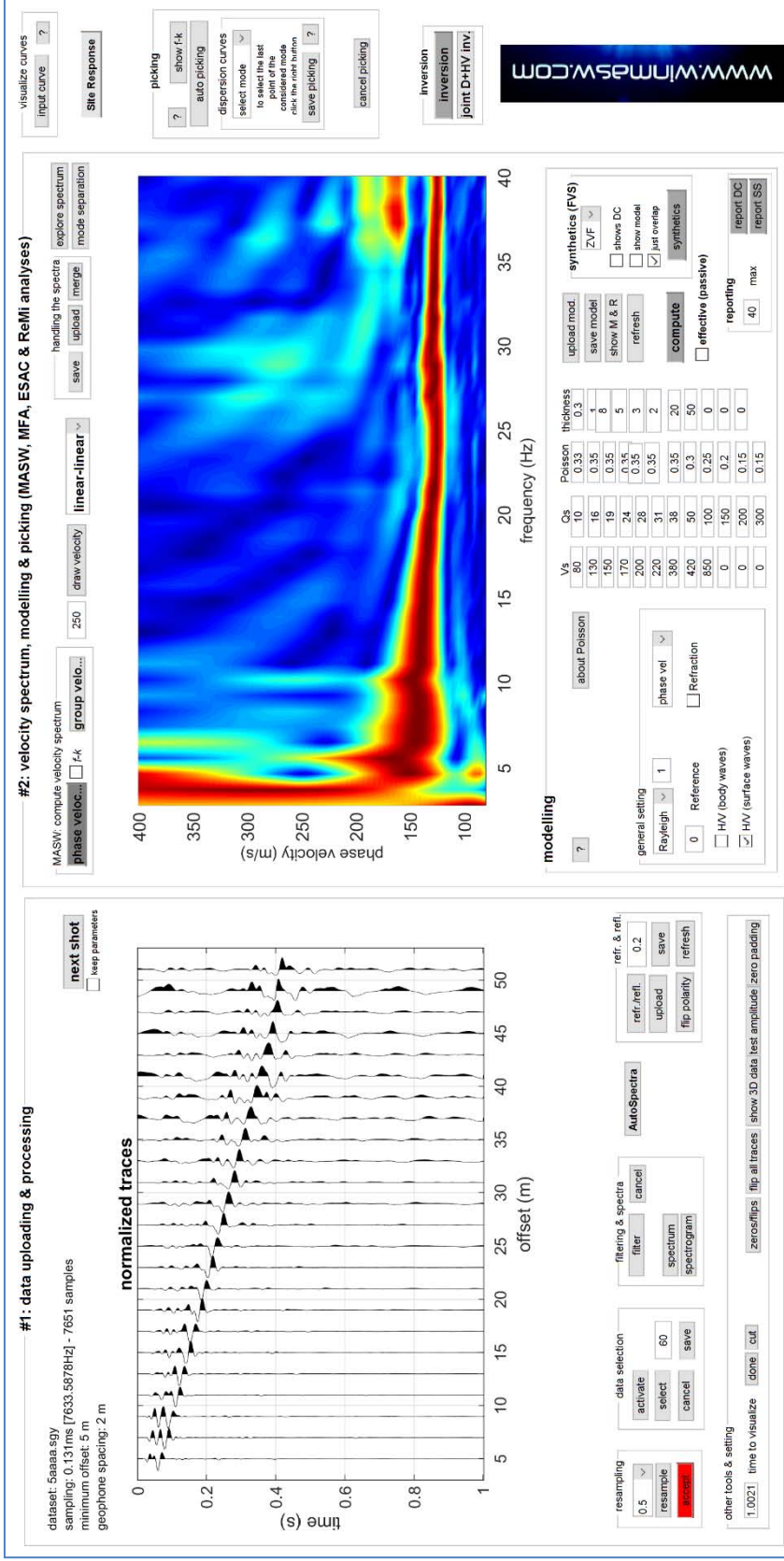


Figura 4: Sulla sinistra le tracce sismiche relative alla componenti ZVF e sulla destra i relativi spettri di velocità

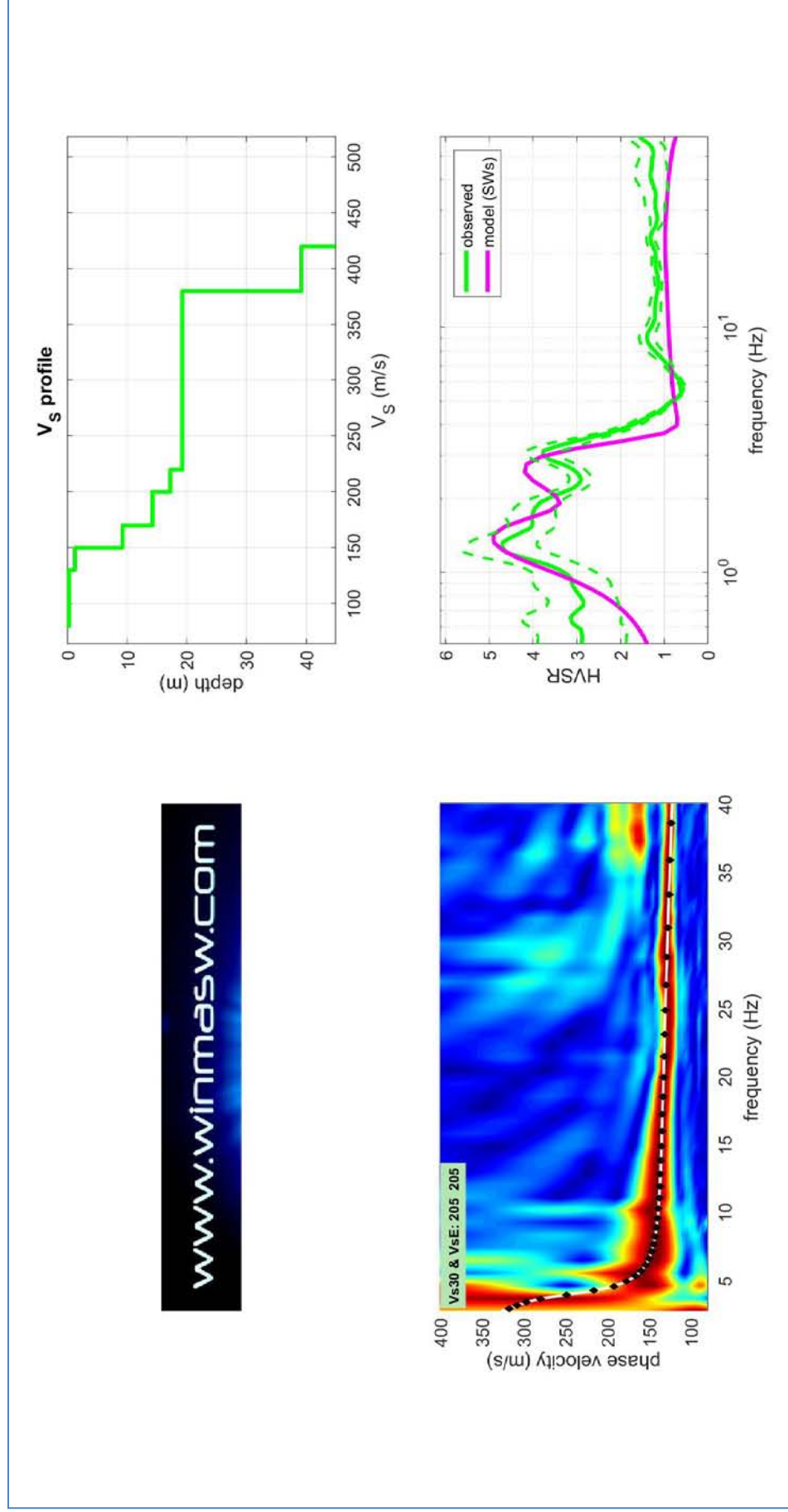


Figura 5 Sulla sinistra gli spettri di velocità relativi alla componenti ZVF con in sovrapposizione le curve di dispersione per l'onda di Rayleigh; Sulla destra in basso in blu le misure HVSR effettuate in sito e in magenta la curva HVSR modellata tramite ellitticità delle onde di superficie (Lunedei & Albarello, 2009); in alto il modello usato per la modellazione.

GAIA Servizi S.n.c.

Via Lenin, 132 - 56017 San Giuliano Terme (PI)

Tel./Fax: 050 9910582 e-mail: info@gaiaservizi.com - p. IVA 01667250508

Mean model

Vs (m/s): 80, 130, 150, 170, 200, 220, 380, 420, 850

Thickness (m): 0.3, 1.0, 8.0, 5.0, 3.0, 2.0, 20.0, 50.0

Vs model (Vs30 & VsE: 205 205 m/s)

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	80	0.3000	0.3000
2	130	1	1.3000
3	150	8	9.3000
4	170	5	14.3000
5	200	3	17.3000
6	220	2	19.3000
7	380	20	39.3000
8	420	50	89.3000
9	850	0	0

Density (gr/cm3) (approximate values): 1.61 1.74 1.77 1.80 1.84 1.87 2.00 2.00 2.15

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 10 29 40 52 74 90 288 352 1552

Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Analyzing Phase velocities

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson

Vp (m/s): 159 271 312 354 416 458 791 786 1472

Poisson: 0.33 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30 0.25

Vs30 and VsE (m/s): 205 205

San Giuliano Terme (PI),

15 maggio 2020

GAIA Servizi S.n.c.

Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.n.c.
 di Massimiliano Vannozzi & C.
 Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)
 P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167