

Provincia di Ravenna
COMUNE DI FAENZA

Progetto:

“Realizzazione di nuovo impianto di compostaggio in locale chiuso”.

“Potenziamento dello stadio ossidativo di depurazione con tecnologia Anammox”.

presso lo Stabilimento di Faenza, via Convertite

RELAZIONE GEOLOGICA

Committente:

ENOMONDO S.r.l.
Via Convertite, 6
48018 Faenza (RA)



CAVIRO EXTRA
Via Convertite, 8
48018 Faenza (RA)



Via Convertite 8, Faenza (RA)

Il geologo:

dott. Piero Feralli



INDICE DEL DOCUMENTO

1. PREMESSA E SCOPI DELL'INDAGINE	2
1.1 Scopi dell'indagine.....	2
1.2 Norme di riferimento.....	3
1.3 Allegati.....	3
2. INQUADRAMENTO E VINCOLI LOCALI	4
2.1 Inquadramento cartografico.....	4
2.2 Vincoli locali.....	7
3. MODELLO GEOLOGICO.....	9
3.1 Inquadramento geologico.....	9
3.2 Caratteri stratigrafici locali	11
3.3 Morfologia.....	12
3.4 Idrologia.....	12
3.5 Tettonica e Sismica.....	12
4. MODELLO SISMICO	17
4.1 Categoria sismica del suolo di fondazione.....	17
4.2 Azioni sismiche.....	19
4.3 Tabella riassuntiva dati geofisici	24
4.4 Liquefazione con sisma.....	24
5. MODELLO GEOTECNICO	31
5.1 Premessa.....	31
5.2 Determinazione dei parametri caratteristici.....	31
5.3 Coefficiente di reazione del terreno	34
5.4 Altezza critica degli scavi.....	35
5.5 Spinta delle terre.....	36
5.6 Stima della Q_{lim}	36
6. CONCLUSIONI.....	38



“Realizzazione di nuovo impianto di compostaggio in locale chiuso”.
“Potenziamento dello stadio ossidativo di depurazione con tecnologia Anammox”.

presso lo Stabilimento di Faenza, via Convertite

RELAZIONE GEOLOGICA

1. PREMESSA E SCOPI DELL'INDAGINE

Lo scrivente Studio di Geologia è stato incaricato dal Committente della stesura di una relazione geologica correlata ai progetti di realizzazione di una nuova struttura che sarà adibita a “Impianto di Compostaggio in Locale Chiuso” e di n. 2 vasche in cca interrate per il potenziamento dello stadio ossidativo di depurazione mediante tecnologia Anammox.

Il sito in questione è ubicato nel Comune di Faenza, nella porzione più settentrionale dell'area industriale che si sviluppa a lato della via Convertite ed attualmente interessata, in parte, dallo stabilimento produttivo della Soc. CAVIRO, come si vede nella successiva figura 1.

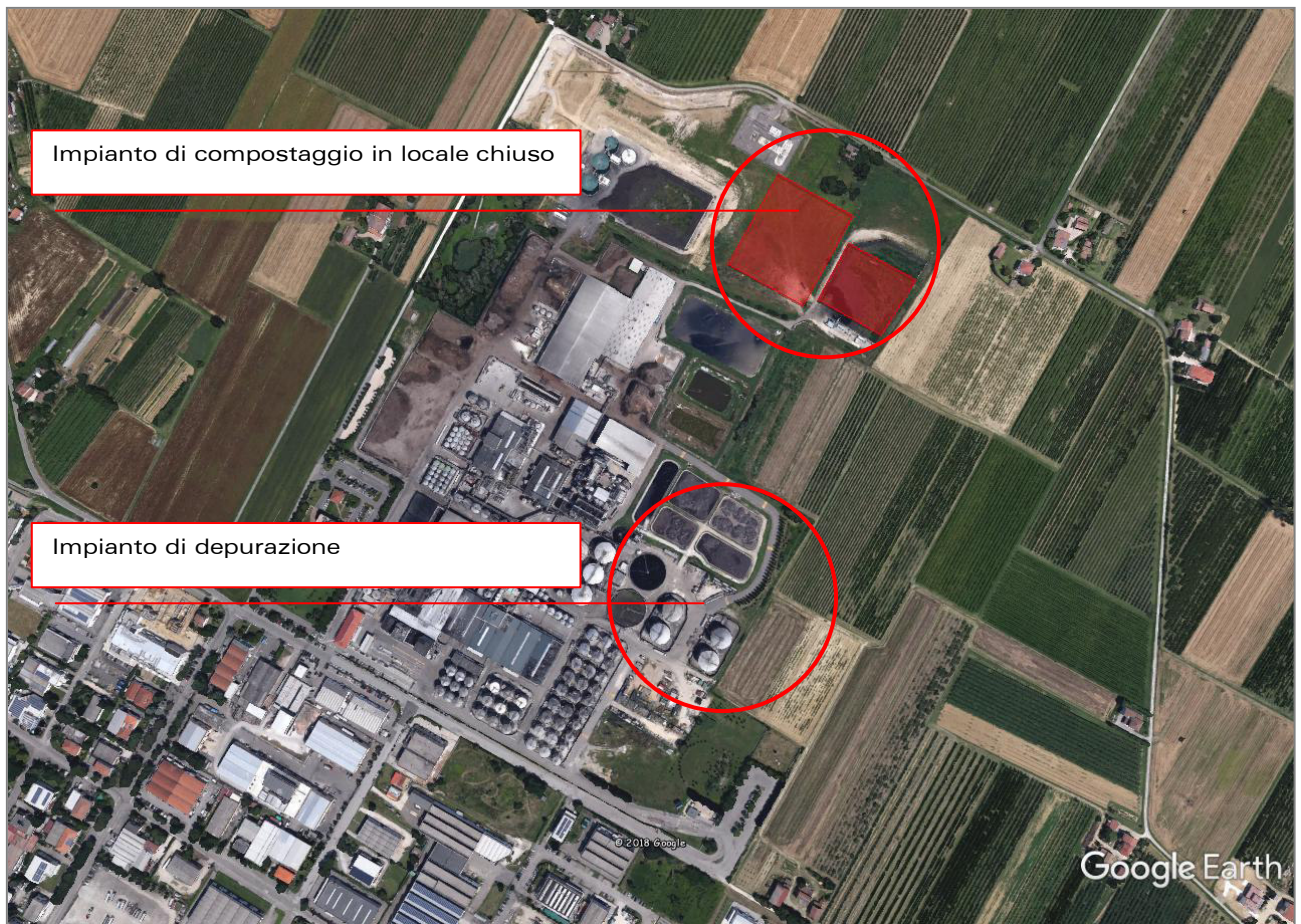


Figura 1: Vista aerea dello Stabilimento CAVIRO di Faenza e ubicazione dell'area di intervento.

1.1 Scopi dell'indagine.

Il presente documento ha lo scopo di caratterizzare l'area dal punto di vista geologico, geomorfologico e idrogeologico e di individuare i principali parametri meccanici e sismici dei terreni, tenendo conto dei contenuti del D. M. 17.01.2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”



e della successiva Circolare Esplicativa approvata in data 27/07/2018 dal Consiglio Superiore dei LL.PP.

Nel corso dell'indagine, ai fini di determinare l'idoneità del terreno alla costruzione delle opere previste, saranno esaminati:

a) l'inquadramento geologico generale, gli aspetti morfologici, la litologia del sottosuolo, il sistema idrologico ed idrogeologico, i caratteri sismici;

b) i parametri geomeccanici e sismici del terreno.

La campagna di indagini, effettuata allo scopo, ha compreso:

- studio della documentazione esistente, relativa all'area in oggetto e della bibliografia classica, con particolare riferimento alla documentazione di programmazione locale (PTCP, PSC-POC-RUE);

- ricognizione sul campo dello stato attuale ed analisi delle risultanze di altre indagini geognostiche già eseguite sullo stesso sito;

- esecuzione di n. 7 prove penetrometriche statiche di cui n. 3 CPTU e n. 4 CPT spinte fino a profondità compresa tra 22,0 e 23,0 metri dal piano di campagna, dove si sono arrestate al tetto di un livello ghiaioso sabbioso, impermeabile con la strumentazione.

- esecuzione di una specifica campagna di indagine geofisica con analisi della risposta sismica locale (NTC 2018- art7.11.3)

1.2 Norme di riferimento.

La presente relazione è stata realizzata nel rispetto delle disposizioni contenute nelle normative di riferimento di seguito elencate:

- *Norme tecniche 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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione – D.M. 11 Marzo 1988 - Circ. Min. LL.PP. n.30483, 24 settembre 1988;*
- *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica – O.P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003 e successive modifiche;*
- *Norme tecniche per le costruzioni – D.M. 17 gennaio 2018 (G.U. n°42 del 20/02/2018 supplemento ordinario n.8 e Circolare Cons. Sup. LL.PP. del 27/07/2018;*
- *Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n° 112 del 2 maggio 2007 "Atto di Indirizzo e Coordinamento tecnico, ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000, in merito a "Indirizzi per gli studi microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica", contenente le disposizioni generali e le procedure di riferimento per l'analisi della risposta sismica locale";*

E inoltre, in base a quanto consigliato da:

- *AGI: raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche giugno 1977;*
- *AGI: raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio, maggio 1990;*
- *Eurocodice Ec7 per l'ingegneria geotecnica, settembre 1988 ed EC8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica;*
- *ISRM International Society for Rock Mechanics: Rock characterization testing, monitoring suggested methods- Commission on Testing Methods; 1981.*

1.3 Allegati.

Alla presente Relazione Geologica sono allegati i seguenti elaborati:

- a) stralcio dalla Carta Topografica Regionale, in scala 1:25.000 (TAVOLA 1);
- b) stralcio dalla Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000 (TAVOLA 2);
- c) carta geologica di inquadramento in scala 1:5.000 (TAVOLA 3).
- d) Prove penetrometriche e geofisiche.



2. INQUADRAMENTO E VINCOLI LOCALI

2.1 Inquadramento cartografico.

Il lotto, oggetto della presente indagine, è ubicato a Nord Ovest dell'abitato di Faenza, nei pressi della località denominata S. Silvestro ed occupa la porzione nord dell'area compresa tra la via Convertite a Sud e la via Cerchia a Nord, sulla quale si sviluppa lo stabilimento CAVIRO.

Si opera in una zona a destinazione produttiva, inserita in un territorio che si estende verso il mare, caratterizzato da estese coltivazioni agricole semplici e specializzate. Il sito direttamente interessato dall'indagine, come anche tutta l'area vasta all'intorno si presenta perfettamente pianeggiante.

Nell'immagine successiva viene individuata l'area sullo stralcio della tavola 3_7 Aspetti Strutturanti – Progetto: Scenario del PSC 2009 in forma Associata del Comune di Faenza.

L'area in questione è indicata come "Ambiti per nuovi insediamenti produttivi sovracomunali" (Art. 5.3 delle N.T.A.)

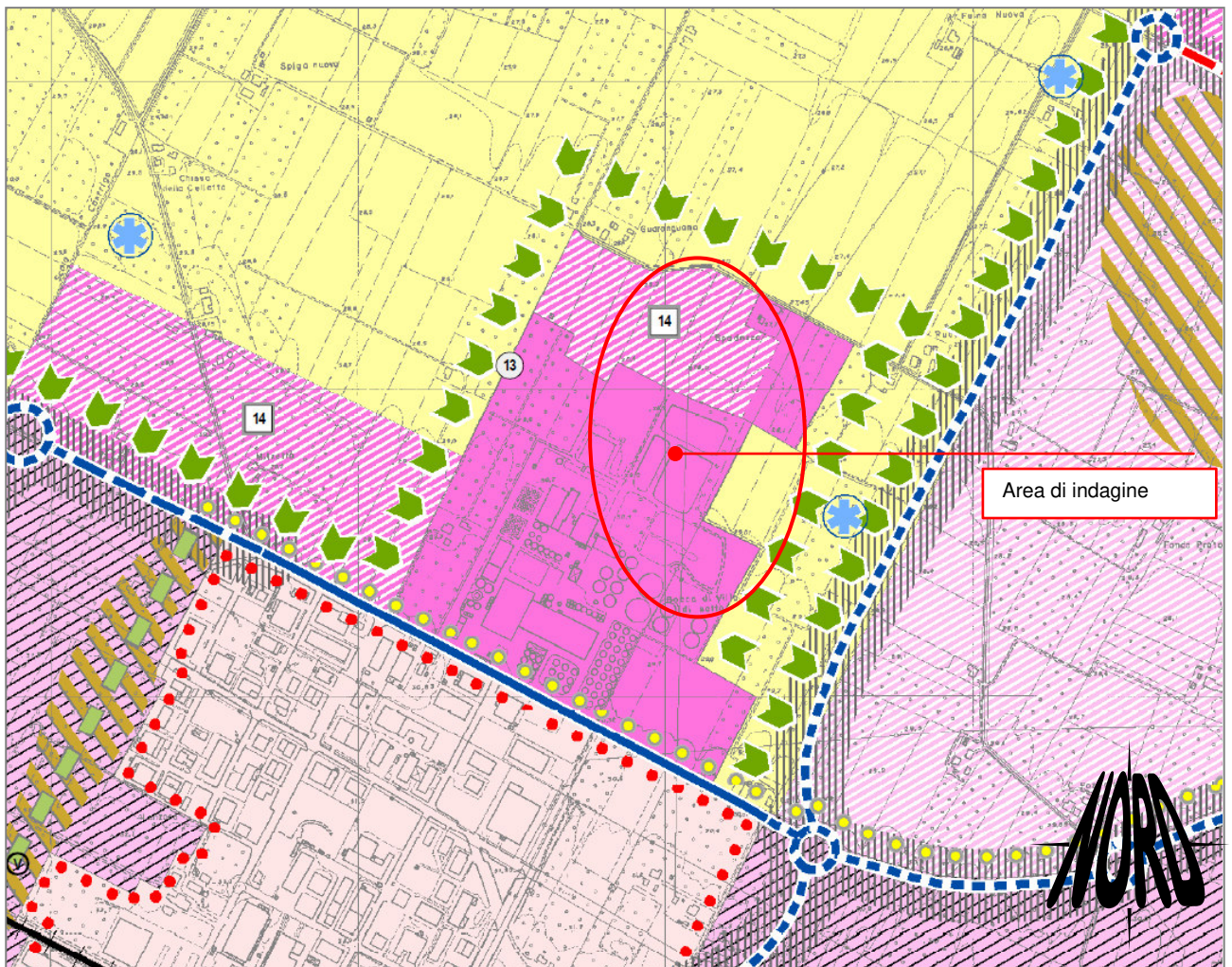
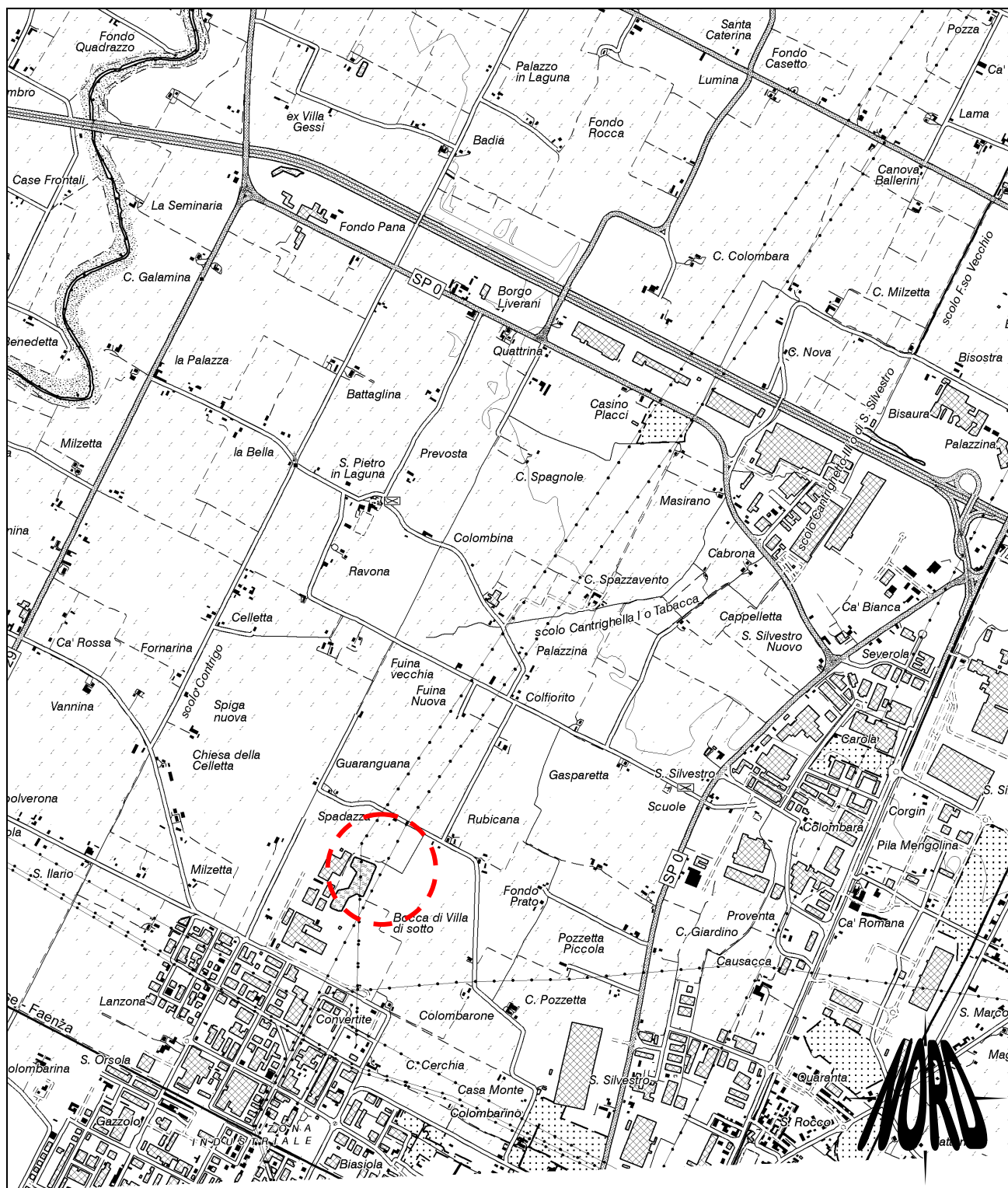


Figura 2: Stralcio dalla tavola 3_7 "Aspetti strutturanti" del PSC di Faenza

Dal punto di vista cartografico sono interessati:

- 1) la tavola 239 NE "COTIGNOLA" della Carta Topografica della R. Emilia – Romagna in scala 1:25.000;
- 2) l'elemento 239072 " San Silvestro" e 239073 "Palazzo del Pane" della Carta Tecnica Regionale in scala 1: 5.000.





COROGRAFIA DI INQUADRAMENTO - scala 1:25.000

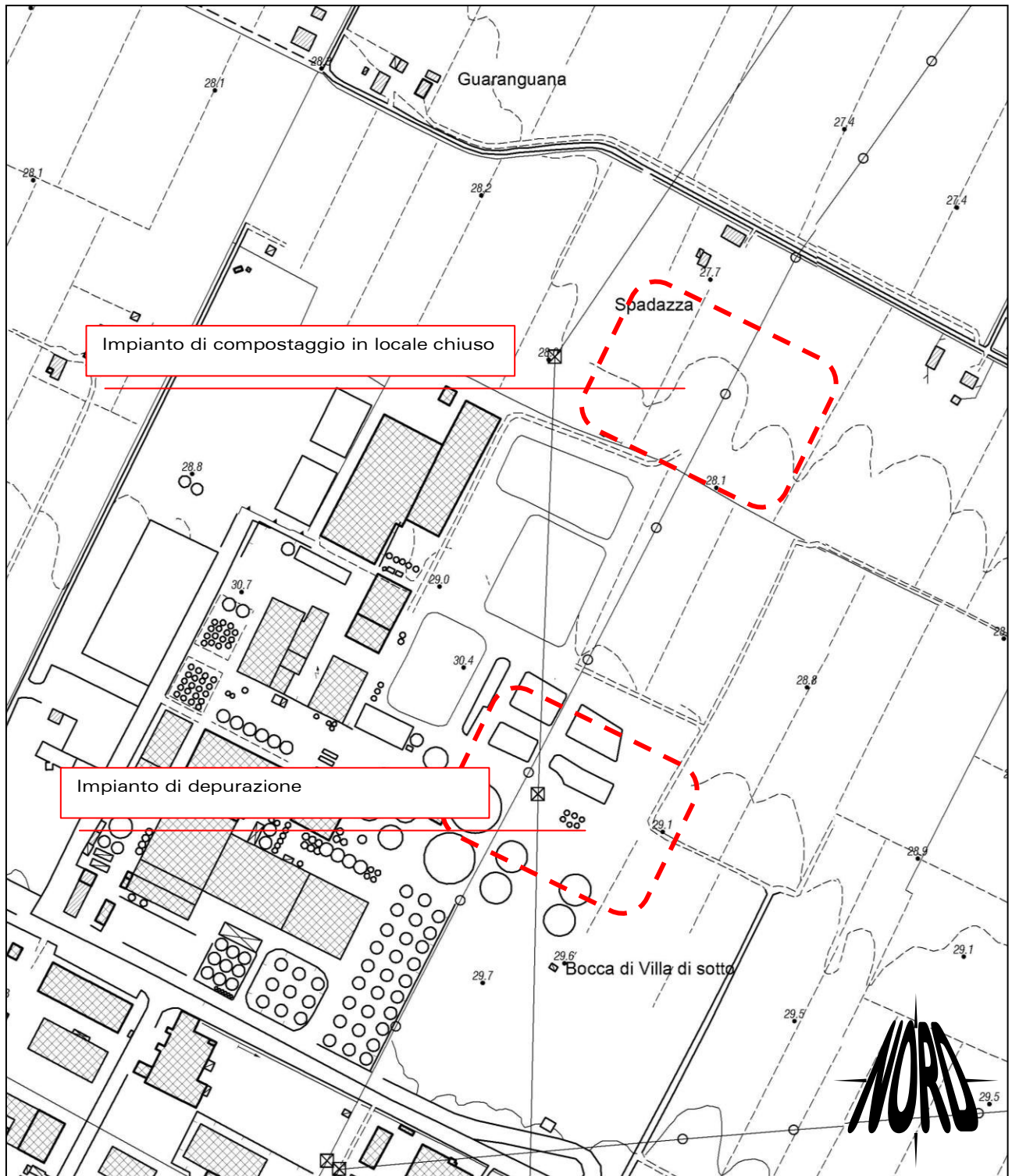
TAVOLA 1

dalla Carta Topografica Regionale - Tav. 239 N.E. "COTIGNOLA"

Legenda:

Area oggetto di indagine





INQUADRAMENTO PLANIMETRICO - scala 1:5.000

TAVOLA 2

dalla Carta Tecnica Regionale - Elemento 239073 "Palazzo del Pane" 239072 "S.Silvestro"

Legenda:

Area oggetto dello studio



2.2 Vincoli locali.

Nella tavola 4.C_7 "Aspetti Condizionanti – Tutele: sicurezza del territorio", del PSC 2009 del Comune di Faenza, di cui si allega uno stralcio, l'area oggetto di studio, definita "Ambiti di nuova previsione del PSC", rientra in una porzione di territorio in cui non sono individuati limiti legati al rischio idrogeologico.



Figura 3: stralcio dalla tavola 4.C_7 del PSC di Faenza - "Sicurezza del territorio" e legenda.



E' stata verificata la conformità dell'opera in progetto alle disposizioni e conseguenti limitazioni d'uso del suolo, disposte dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Reno - Variante di Coordinamento tra il Piano di Gestione del Rischio di alluvioni e i Piani Stralcio di Bacino", adottato dal Comitato Istituzionale con delibera n. 3/1 del 7 novembre 2016.

Come si evince dalla figura, tratta dalla Tavola MP 12 "Mappa di pericolosità delle aree potenzialmente interessate da alluvioni", l'area oggetto d'indagine non ricade nel territorio interessato da scenari di pericolosità.

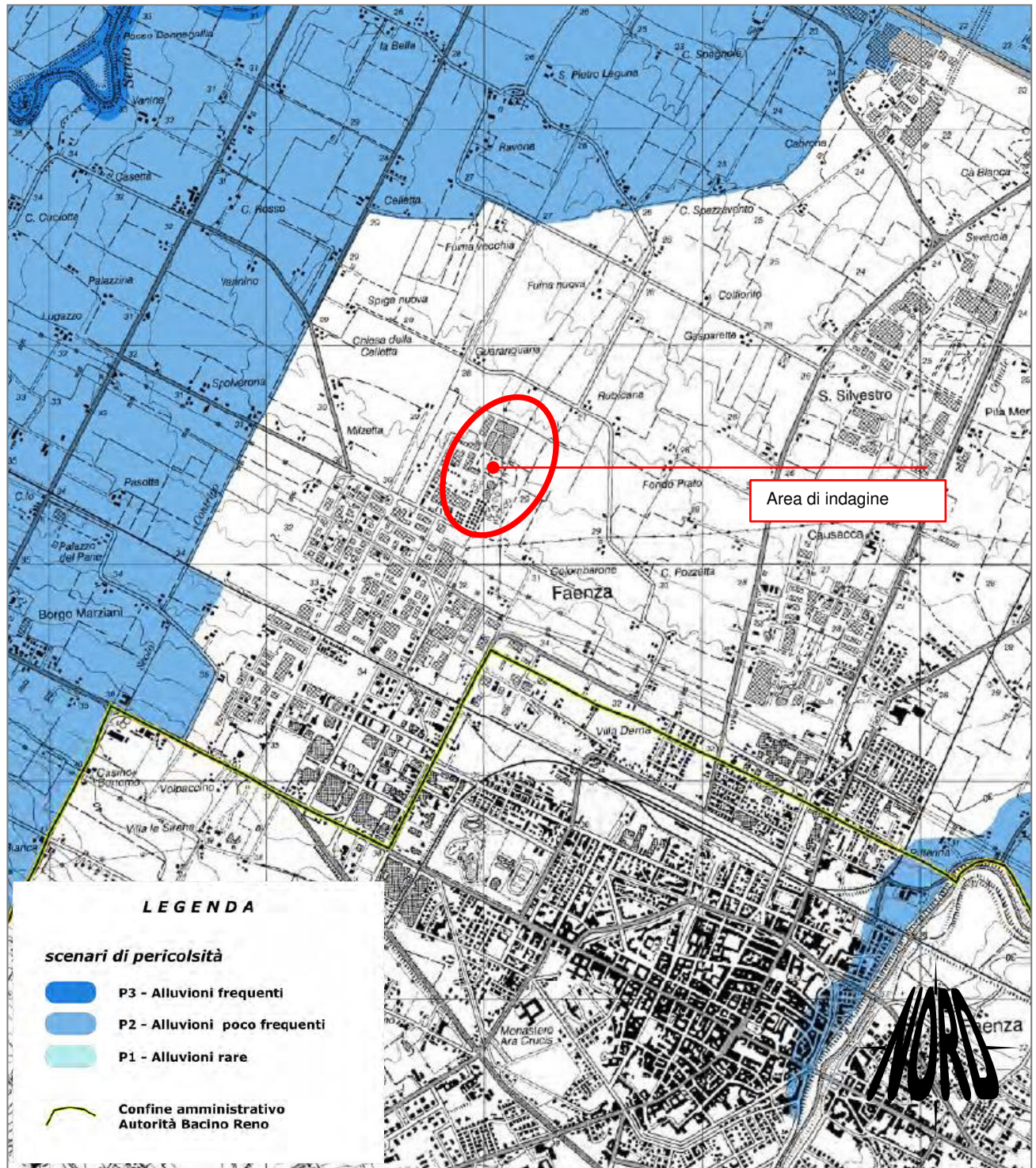


Figura 4: stralcio dalla tavola MP 12 "Mappa di pericolosità delle aree potenzialmente interessate da alluvioni" e legenda.



3. MODELLO GEOLOGICO.

Si fa riferimento ai seguenti documenti bibliografici:

- Foglio 99 "Faenza" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000;
- Carta Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna in scala 1:250.000;
- Sezione 239070 "Cassanigo" (non pubblicata) della Carta Geologica Regionale in scala 1:10.000.
- Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna – Regione Emilia Romagna , ENI AGIP 1998.

3.1 Inquadramento geologico.

Facendo riferimento al Foglio 99 della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 ed alla cartografia geologica regionale, l'area oggetto della presente indagine, posta alla quota di metri 28,00 sul livello del mare, ricade in un territorio completamente pianeggiante caratterizzato dalla presenza della Formazione del Pleistocene/Olocene Continentale di origine alluvionale.

La litologia è costituita da alternanze fitte sia in senso verticale che orizzontale di sabbie, ghiaie e argille; tali terreni si presentano mescolati, disordinatamente, con materiale vario argilloso-sabbioso alterato e terminano, nella parte alta, per lo più con un mantello argilloso impuro.

Questa formazione, la cui potenza è stata stimata in oltre 500 metri, attraverso perforazioni profonde effettuate sul territorio per ricerche di idrocarburi, si spinge, molto, verso monte fino a sovrapporsi con il Pliocene subappenninico.

I depositi Pleistocenici, talora di spessori notevoli, formano altipiani subappenninici dolcemente inclinati verso la pianura; altipiani che già formavano verso la fine del Pliocene una fascia subappenninica incisa, in seguito, dai corsi d'acqua dell'Olocene in modo tale da assumere la caratteristica forma attuale, digitata e a lembi isolati verso monte ed espansa verso la pianura.

Il colore caratteristico di tali terreni, tendente da giallo rossiccio fino al nocciola, è dato dalla comune ferrettizzazione per alterazione chimico fisica.

Facendo riferimento alla classificazione regionale i depositi che caratterizzano l'area sono definiti come:

AES8 - SUBSINTEMA DI RAVENNA

Ghiaie da molto grossolane a fini con matrice sabbiosa, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi, limi e limi sabbiosi, rispettivamente depositi di conoide ghiaiosa, intravallivi terrazzati e di interconoide. Argille, limi ed alternanze limoso-sabbiose di tracimazione fluviale (piana inondabile, argine, e tracimazioni indifferenziate). Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico. A tetto suoli, variabili da non calcarei a calcarei, a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente meno di 150 cm, e a luoghi parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallobruno.

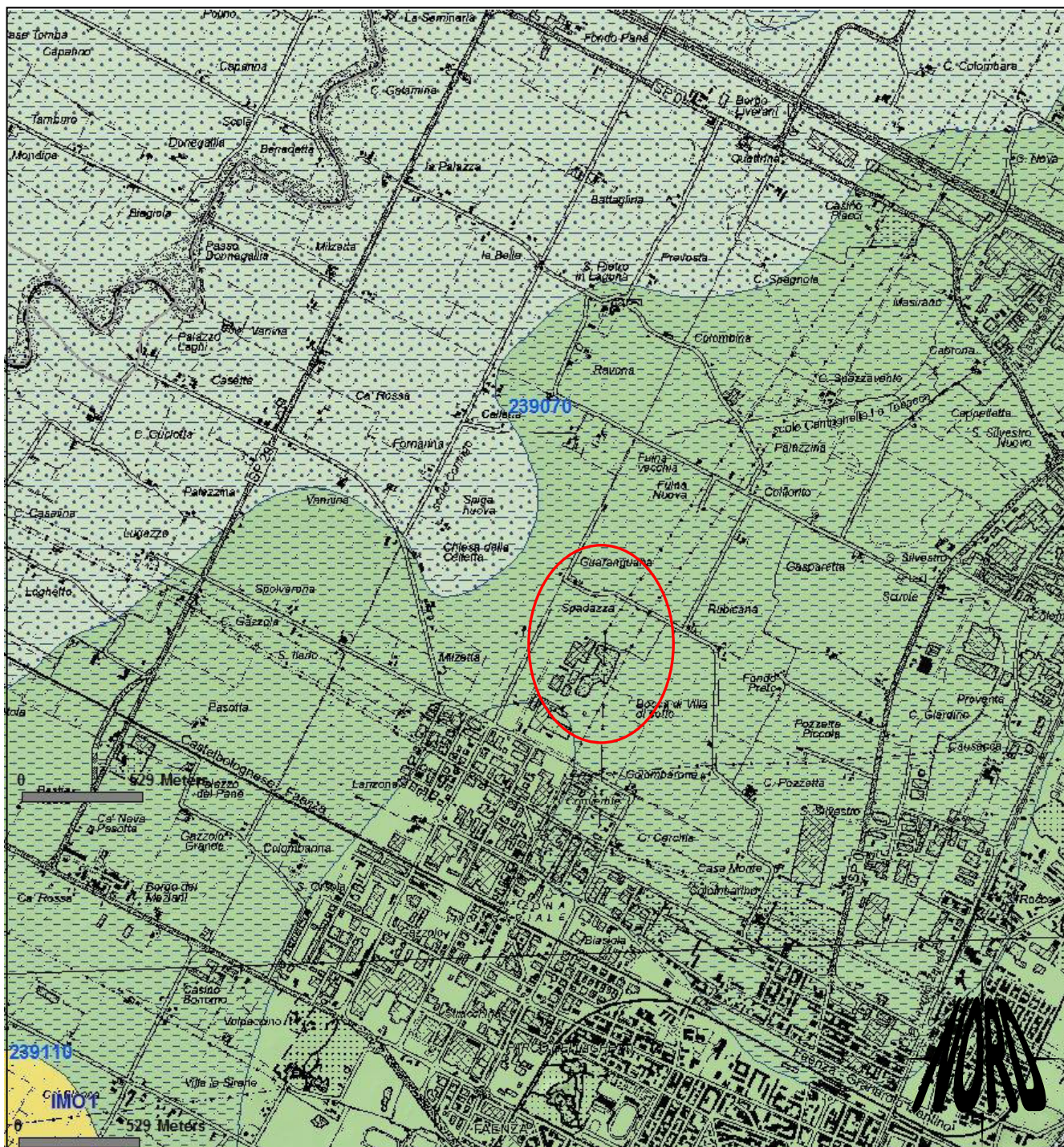
I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0,5 ad 1,5 m, contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a.

Nel sottosuolo della pianura: depositi argillosi e limosi grigi e grigio scuri, arricchiti in sostanza organica, di piana inondabile non drenata, palude e laguna passanti, verso l'alto, a limi-sabbiosi, limi ed argille bruni e giallastri di piana alluvionale ben drenata con suoli calcarei e non calcarei al tetto; depositi deltizi, litorali e, localmente, marini. I depositi di piana alluvionale includono ghiaie di canale fluviale e geometria nastriforme; lungo la fascia costiera passano con contatto netto ed erosivo a sabbie litorali.

Il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sugli altri subsintemi e sulle unità più antiche.

Lo spessore massimo dell'unità circa 28 metri. Datazione: Pleistocene superiore-Olocene



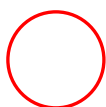


CARTA GEOLOGICA - fuorisca

TAVOLA 3

Stralcio da: Carta Geologica Regionale (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione E.-R.)

Area oggetto di indagine



AES8

: Subsistema di Ravenna

AES8a

: Unità di Modena



Le aree di fondovalle e di pianura vera e propria, sono caratterizzate dalla presenza degli ambiti dei conoidi che Lamone e Marzeno a est, e Senio a ovest, hanno depositato in un periodo temporale compreso tra 200.000 e 300.000 anni fa, aprendosi a ventaglio al loro sbocco in pianura. I corpi alluvionali più antichi di conoide, che si caratterizzano per una percentualmente discreta componente ghiaiosa, costituiscono terrazzi fluviali litostratigraficamente ascrivibili al Subsintema di Bazzano (AES 6), cioè alla penultima glaciazione, il cosiddetto Riss, i quali nel Faentino sono esemplificati dal terrazzo di Borgo Tuliero e Persolino e, nel conoide del Senio, dal terrazzo di Col Giovannina.

I terrazzi più recenti sono invece ascrivibili al Subsintema di Villa Verucchio (AES 7) e alla porzione inferiore del Subsintema di Ravenna (AES 8 p.p.), essendo cronologicamente compresi tra circa 100/5.000 anni, e sono caratterizzati da paleosuperfici coperte da suoli decarbonatati che si immergono gradualmente al di sotto delle più recenti alluvioni della bassa pianura.

I dati desunti dalla bibliografia disponibile e dai documenti forniti dalla Regione Emilia Romagna Ufficio "Direzione Generale Ambiente, Difesa del Suolo e della Costa Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli", permettono di determinare che l'area interessata è caratterizzata da terreni appartenenti ad un deposito di piana alluvionale costituito da prevalente limo, subordinati limi argillosi ed alternanze limoso sabbiose.

3.2 Caratteri stratigrafici locali

Le indagini condotte nell'area in esame, evidenziano la caratteristica tipica dei depositi alluvionali della pianura, costituiti da una successione lentiforme di terreni a litologia variabile, da argille, a limi, con frazione sabbiosa variabile, quasi sempre mescolati tra loro in modo disordinato; l'indagine geognostica è stata estesa fino alla profondità di metri 22,0 /23,0 sotto il piano di campagna, ritenuta sufficiente per definire il volume significativo di indagine rispetto alle opere previste. I livelli lentiformi risultano interdigitati tra loro così da creare una continua variazione delle litologie sia in senso planimetrico che in profondità. I tracciati delle prove penetrometriche statiche confermano la presenza di numerosi strati di spessore differente che si alternano senza soluzione di continuità fino alla profondità indagata.

Dai grafici allegati (Allegato 2) si può, facilmente, notare una sostanziale omogeneità delle resistenze dei terreni attraversati; sulla base dei risultati delle prove penetrometriche eseguite ed in base a tutti gli elementi disponibili è possibile realizzare, sulla base di quanto suggerito da Schmertmann, una litologia media, rappresentativa per entrambe le aree di indagine, così riassunta:

Livello Geotecnico			litologia
	da m.	0,00	terreno di copertura, costituito da prevalenti limi sabbiosi con variabile frazione fine, mediamente addensati. Esposto alle variazioni fisico-meccaniche indotte dagli eventi meteorologici stagionali.
	a m.	0,40	
A	da m.	0,40	livello caratterizzato da un'alternanza di argille e argille limose con scarsa frazione sabbiosa; la consistenza varia da plastica a mediamente compatta. Livello con carattere COESIVO
	a m.	2,00	
B	da m.	2,00	livello decisamente sabbioso o sabbioso limoso da mediamente addensato a consistente; si può osservare la presenza di uno o più sottili strati decimetrici caratterizzati da maggiore presenza di fini (argille limose o argille) mediamente consistenti. Livello con carattere COESIVO/NON COESIVO
	a m.	3,60	
C	da m.	3,60	la litologia di questo spesso banco è caratterizzata da una fitta e continua successione di livelli decimetrici o pluridecimetrici che passano da argille a limi argilloso sabbiosi, limi sabbiosi e sabbie mediamente addensate. I livelli sabbiosi non superano mai lo spessore di 40 cm. e sono interclusi nel deposito prevalentemente coesivo. Livello con carattere COESIVO/NON COESIVO
	a m.	13,00	
D	da m.	13,00	livello sabbioso, subordinatamente sabbioso limoso, con addensamento medio. Livello con carattere NON COESIVO
	a m.	13,60	
E	da m.	13,60	la litologia di questo spesso banco è caratterizzata da una fitta e continua successione di livelli decimetrici o pluridecimetrici che passano da argille a limi argilloso sabbiosi, limi sabbiosi e sabbie mediamente addensate. I livelli sabbiosi non superano mai lo spessore di 20 cm. e sono interclusi nel deposito prevalentemente coesivo. Livello con carattere COESIVO/NON COESIVO
	a m.	20,60	
F	da m.	20,60	livello sabbioso ghiaioso con elevato addensamento. Livello con carattere NON COESIVO
	a m.	22,60	



3.3 Morfologia.

Dal punto di vista morfologico non sono individuabili elementi naturali caratteristici; l'antropizzazione ed i lavori agricoli hanno inciso pesantemente in tutta l'area circostante.

Il rilievo di campagna effettuato e lo studio della cartografia tecnica inerente la zona non hanno evidenziate zone, topograficamente, depresse rispetto alla generalità del territorio che in generale presenta una modesta e regolare pendenza, monoclinica, leggermente inclinata con direzione NNE.

I documenti consultati e le informazioni assunte in loco non riportano, storicamente, eventi di esondazioni che abbiano interessato questa parte del territorio comunale.

La morfologia è quella tipica della pianura che deve la sua quasi perfetta orizzontalità, infatti, alla sedimentazione colmante plio-pleistocenica ed al graduale ritiro del mare pleistocenico, sostituito successivamente da lagune salate, da valli salmastre ed infine da paludi di acqua dolce; in tempi recenti al livellamento naturale si è sovrapposto quello operato dalle bonifiche ed in genere dall'antropizzazione.

Un altro agente che ha concorso all'attuale situazione litologica e morfologica è senz'altro la continua mobilitazione dei suoli ad opera delle piogge con l'espandimento lungo ogni minima pendenza fino al quasi totale livellamento.

Il principale elemento idrologico presente nella zona è il F. Ronco che scorre in un alveo incassato nella pianura a circa 1.800 metri di distanza in direzione Est.

La ricognizione effettuata, nelle aree adiacenti, ha evidenziato edifici in ottimo stato di conservazione, senza evidenti segni di cedimenti o dissesti imputabili in qualche modo alle caratteristiche dei terreni di fondazione; i terreni circostanti sono perfettamente drenati da una congrua rete di scoline che adducono le acque alle gronde principali.

3.4 Idrologia.

L'elemento idrologico di riferimento è rappresentato dal Fiume Lamone, che scorre in un alveo incassato, con argini alla quota del piano di campagna, ad est dell'abitato di Faenza ad una distanza di circa 3.000 metri dall'area interessata.

Nell'area immediatamente circostante lo stabilimento si rileva la presenza di un corso d'acqua secondario importante (il canale Cerchia) e del canale Cantrigo.

Nel corso delle indagini geognostiche, eseguite all'interno dell'area interessata in data febbraio 2019, è stato rilevato il livello della falda freatica alla profondità di m.-3.80/4.00 dall'attuale piano di campagna.

Si deve tenere presente che il periodo di rilevazione è quello in cui il livello freatico risulta in una fase crescente e che in considerazione della litologia presente si può ipotizzare un'escursione di circa m. 1 nel corso dell'anno.

3.5 Tettonica e Sismica.

La bibliografia non riporta elementi tettonici di qualche rilievo che possano essere di interesse per il presente studio; di seguito si riporta lo stralcio della "Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna - 2017" con l'indicazione dell'area oggetto dello studio.

Si evidenzia la presenza di un fronte di sovrascorrimento sepolto, ubicato verso nord, più o meno in corrispondenza del tracciato dell'autostrada A14.

La sismicità del territorio è correlata alla sismicità complessiva dell'appennino settentrionale, caratterizzata da un regime tettonico compressivo da attribuire alla complessa evoluzione del margine di collisione tra Adriatico e Tirreno.

La sismicità di origine tettonica che interessa la fascia pedeappenninica romagnola è decisamente elevata e storicamente si mette in risalto un incremento dell'attività da NO verso SE; l'area faentina è soggetta ad una sismicità che può essere definita media rispetto alla realtà nazionale, con terremoti storici che hanno causato effetti di intensità (Is) fino a 8 della scala MCS (Mercalli-Cancani-Seiberg) e magnitudo stimata (M_w =Magnitudo Momento) compresa tra 5,5 e 6.



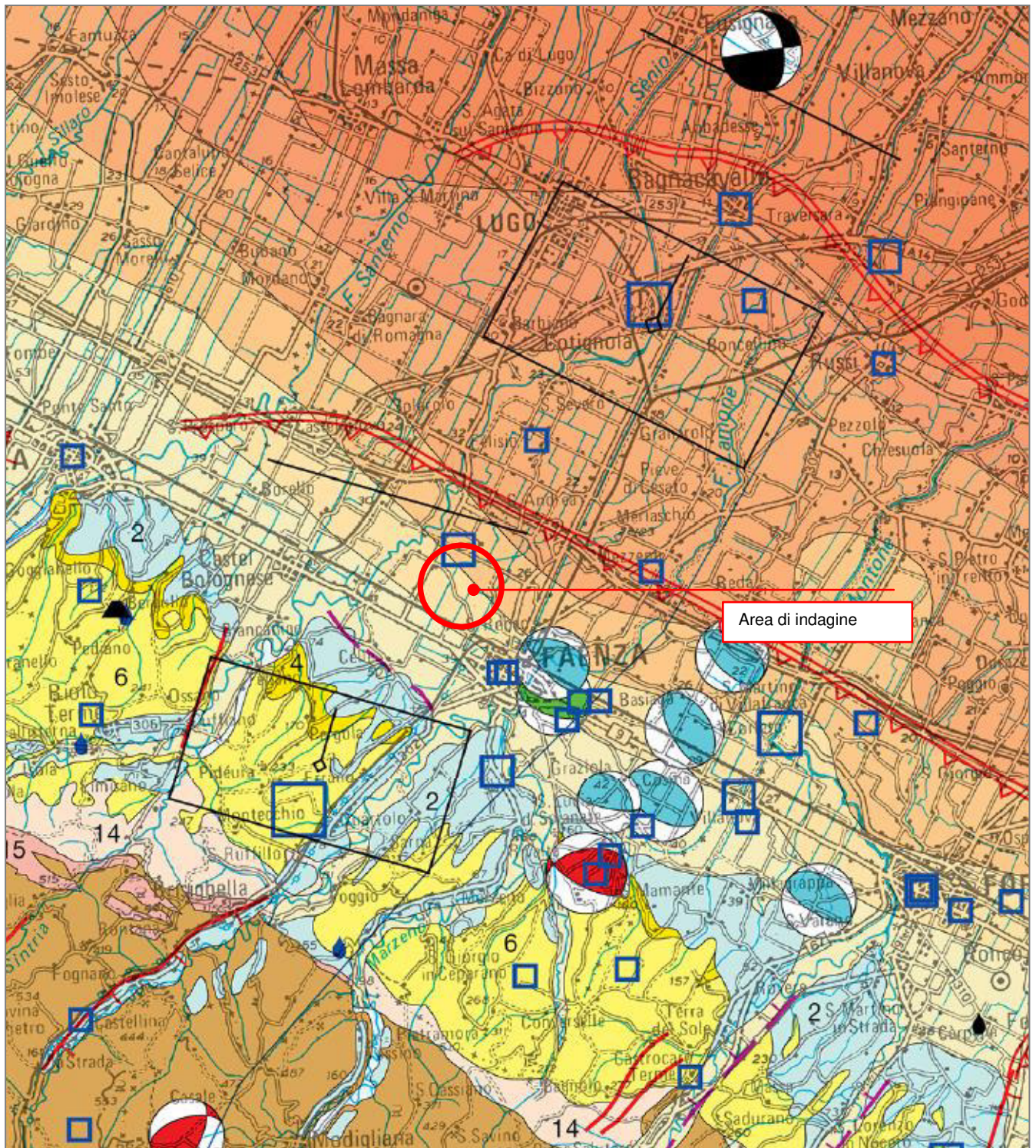


Figura 5: stralcio dalla Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna- 2017.

Nei successivi allegati grafici viene riportata la storia sismica del territorio comunale e l'ubicazione degli epicentri localizzati nel territorio (da DBMI15 - Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>).



Faenza

PlaceID IT 41197

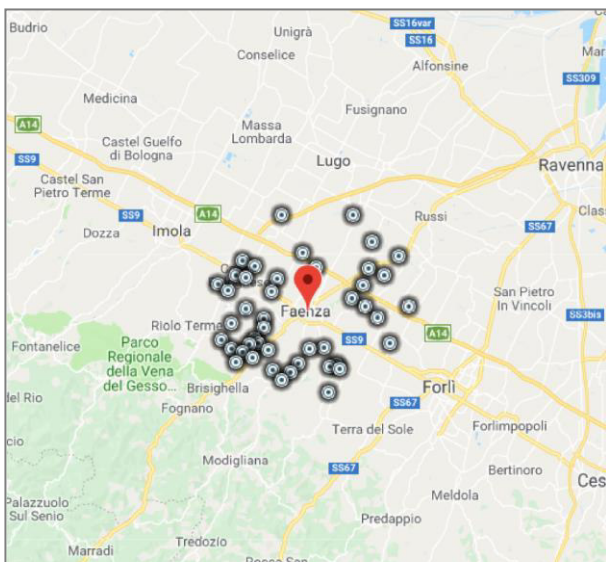
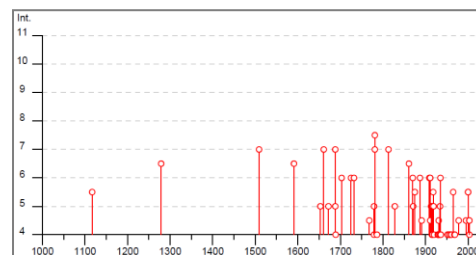
Coordinate (lat, lon)	44.288, 11.881
-----------------------	----------------

Comune (ISTAT 2015)	Faenza
---------------------	--------

Provincia Ravenna

Regione	Emilia-Romagna
---------	----------------

Numero di eventi riportati 108



In occasione del terremoto del												
Effetti												
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale				NMDF	Io Mw
6	1887	09	30	15	55		Faenza				10	5 4.12
4-5	1891	08	01	13	32	2	Lugo				15	4-5 4.36
NF	1897	12	18	07	24	2	Alta Valtiberina				132	7 5.09
NF	1904	02	25	18	47	5	Reggiano				62	6 4.81
NF	1904	11	17	05	02		Pistoiese				204	7 5.10
6	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale				867	6-7 5.33
6	1911	02	19	07	18	3	Forlivese				181	7 5.26
4-5	1911	03	20	15	47		Forlivese				25	6 5.09
3	1911	03	26	20	20	5	Casentino				8	6 4.54
5	1913	07	21	22	35		Appennino romagnolo				43	5-6 4.79
F	1913	07	29	22	24		Casentino				16	5-6 4.54
5	1914	10	27	09	22		Lucchesia				660	7 5.63
4	1915	01	13	19	30		Cesenate				5	5 4.38
5	1916	05	17	12	50		Riminense				132	8 5.82
4	1916	06	16	01	27		Riminense				17	6 4.82
5	1916	08	16	07	06	1	Riminense				257	8 5.82
5-6	1918	11	10	15	12	2	Appennino forlivese				187	9 5.96
5	1919	06	29	15	06	1	Mugello				565	10 6.38
3-4	1920	06	08	16	13		Appennino forlivese				19	5-6 4.54
4	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana				750	10 6.53
F	1924	01	02	08	55	1	Senigallia				76	7-8 5.48
4	1929	04	10	05	44		Bolognese				87	6 5.05
3	1929	04	11	00	56		Bolognese				10	4 4.72
2-3	1929	04	19	04	16		Bolognese				82	6-7 5.13
3	1929	04	20	01	10		Bolognese				109	7 5.36
4	1929	07	18	21	02		Mugello				56	6-7 4.96
4	1930	10	30	07	13		Senigallia				268	8 5.83
F	1931	04	01	06	01		Faentino				12	5 4.14
4-5	1931	04	05	13	34		Faentino				14	6 4.40
4	1931	04	11	01	26		Faentino				19	4-5 4.81
3-4	1931	09	05	01	25	5	Mugello				28	6 4.88
F	1931	12	15	03	23		Mugello				35	6 4.62
4	1934	05	28	21	09		Faentino				10	4 3.94
5	1934	11	30	02	58	2	Adriatico settentrionale				51	5 5.30
6	1935	06	05	11	48		Faentino				27	6 5.23
4	1936	10	18	03	10		Alpago Consiglio				269	9 6.06
F	1940	01	24	23	32	1	Appennino emiliano				6	
3	1951	05	15	22	54		Lodigiano				179	6-7 5.17
4	1952	07	04	20	35	1	Appennino forlivese				64	7 4.94
4	1952	12	02	06	13	2	Appennino forlivese				53	5 4.42
3-4	1953	12	14	07	11	0	Appennino forlivese				48	5-6 4.70
4	1956	04	26	03	00	0	Appennino bolognese				89	6 4.74
4	1956	05	26	18	40		Appennino forlivese				76	7 4.93

Effetti	In occasione del terremoto del										
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDF	Io	MW	
5-6	1117	01	03	15	15		Veronese	55	9	6,52	
6-7	1279	04	30				Appennino forlivese	5	7-8	5,52	
F	1504	12	31	04			Bolognese	15	6	5,02	
F	1505	01	03	02			Bolognese	31	8	5,62	
F	1505	01	20	23	50		Bolognese	11	5-6	4,76	
7	1509	04	19				Faentino	5	7	5,02	
6-7	1591	07	10				Romagna	6	6-7	5,13	
5	1653	08	15				Romagna	3	5-6	4,40	
7	1661	03	22	12	50		Appennino forlivese	79	9	6,05	
5	1672	04	14	15	45		Riminese	92	8	5,55	
7	1688	04	11	12	20		Romagna	39	8-9	5,84	
5	1688	08	19	05	45		Faentino	1	5	4,16	
4	1689	03	19				Faentino	3	4	3,70	
6	1703	09	16	17			Faentino	1	6	4,63	
6	1725	10	29	17	40		Appennino toscano-emiliano	28	8	5,62	
6	1732	08	09				Romagna	3	6	4,63	
F	1751	07	27	01			Appennino umbro-marchigiano	66	10	6,38	
4-5	1768	10	19	23			Appennino forlivese	45	9	5,95	
4	1779	06	01	23	55		Bolognese	8			
F	1779	06	02	07	30		Bolognese	3			
5	1779	06	04	07			Bolognese	12	7	5,22	
3	1779	06	10	08	35		Bolognese	10			
3	1779	07	14	19	30		Bolognese	17			
F	1779	11	23	18	30		Bolognese	14	5	4,70	
7-8	1781	04	04	21	20		Faentino	96	9-10	6,12	
7	1781	07	17	09	40		Faentino	46	8	5,61	
4	1786	12	25	01			Riminese	90	8	5,66	
7	1813	09	21	07	45		Romagna	12	7	5,28	
5	1828	10	08	22	30		Romagna	8	5-6	4,57	
6-7	1861	10	16				Romagna	10	6-7	5,13	
6	1870	10	30	18	34		Forlivese	41	8	5,61	
5	1871	01	22	21	30		Pianura romagnola	8	6	4,95	
2-3	1874	10	07				Inolese	60	7	4,96	
5-6	1875	03	17	23	51		Costa romagnola	144	8	5,74	
3	1881	02	12				Russi	13	5-6	4,65	

Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDF	Io Mw
2	1956	06	03	01	45	5	Appennino forlivese	62	6 4.51
3	1957	04	17	02	22		Appennino forlivese	14	6 4.69
F	1957	04	30	06	05	0	Alta Valtiberina	57	5 4.23
4	1960	04	30	00	52	0	Appennino forlivese	16	5 4.26
2	1960	10	29	00	08	3	Mugello	69	7 4.91
4	1961	05	08	22	45	5	Forlivese	40	5 4.37
F	1963	07	19	05	46	0	Mar Ligure	412	5 5.95
5-6	1965	12	18	09	22	2	Pianura romagnola	11	5 4.54
4	1968	01	11	17	08	0	Pianura romagnola	4	4 4.44
4	1969	01	10	16	17	3	Pianura Ravennate	22	5 4.36
NF	1970	09	26	16	42	2	Cesenate	18	4-5 3.93
3	1972	10	25	21	56	1	Appennino settentrionale	198	5 4.81
4-5	1978	12	05	15	39	0	Romagna	34	4-5 4.61
3-4	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.81
NF	1980	12	23	12	01	0	Piacentino	69	6-7 4.57
2-3	1983	11	09	16	29	5	Parmaense	850	6-7 5.04
2-3	1984	04	29	05	02	5	Umbria settentrionale	709	7 5.62
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6 4.43
NF	1993	11	07	23	21	1	Cesenate	36	4-5 3.95
NF	1993	11	09	13	46	2	Cesenate	28	4-5 3.93
4-5	1995	12	27	23	44	2	Forlivese	37	5 3.97
3-4	1999	01	25	22	45	5	Appennino forlivese	97	5 4.36
5-6	2000	05	06	22	07	0	Faentino	85	5 4.05
5-6	2000	05	08	12	29	5	Faentino	126	5 4.67
5-6	2000	05	10	16	52	1	Faentino	151	5-6 4.82
NF	2002	11	02	10	57	4	Ferrarese	79	4 4.21
4	2003	01	26	19	57	0	Appennino forlivese	35	6 4.66
3-4	2003	01	29	23	50	1	Appennino forlivese	71	4-5 4.06
4-5	2003	09	14	21	42	5	Appennino bolognese	133	6 5.24
4-5	2003	12	03	10	28	3	Forlivese	165	5 4.41



Nella classificazione definita dai Decreti emessi fino al 1984 la sismicità è definita attraverso il "grado di sismicità" S. Nella proposta di riclassificazione del GdL del 1998 si utilizzano 3 categorie sismiche più una categoria di Comuni Non Classificati (NC).

Nella **classificazione 2003** la sismicità è definita mediante quattro zone, numerate da 1 a 4.

La corrispondenza fra queste diverse definizioni è riportata nella tabella di seguito:

Ordinanza 3274	Decreti fino al 1984	GdL 1998	Classificazione 2003
1	S=12	prima categoria	zona 1
2	S=9	seconda categoria	zona 2
3	S=6	terza categoria	zona 3
4	non classificato	NC	zona 4

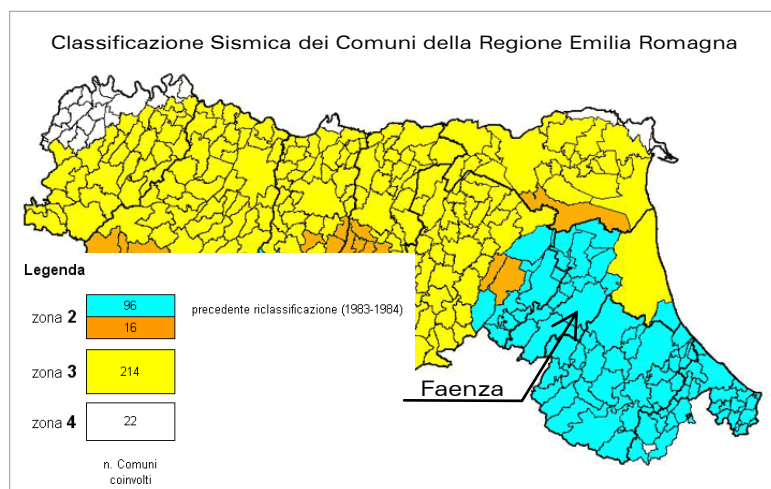
Secondo il provvedimento legislativo del 2003, i comuni italiani sono stati classificati in 4 categorie principali, in base al loro rischio sismico, calcolato sia per frequenza che per intensità degli eventi.

Zona 1: sismicità elevata-catastrofica

Zona 2: sismicità medio-alta

Zona 3: sismicità bassa

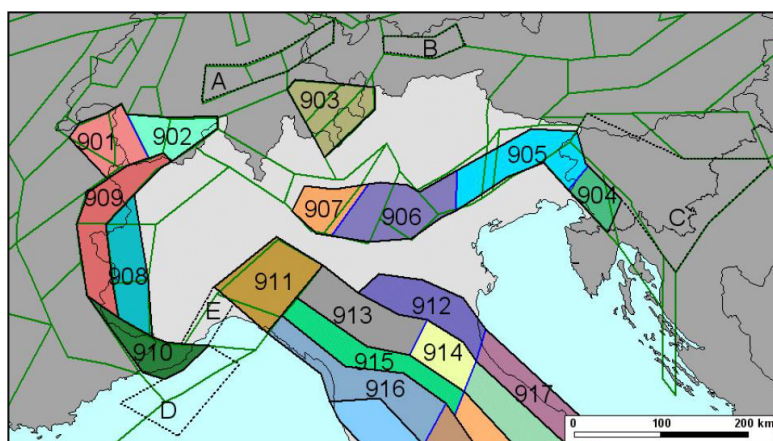
Zona 4: sismicità irrilevante



Relativamente alla provincia di Ravenna, la classificazione sismica indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274/03 e successivi aggiornamenti fornisce la seguente classificazione: **Comune di Faenza: zona sismica 2**

Per la valutazioni di pericolosità sismica si fa riferimento alla zonazione sismogenetica ZS9 (INGV) che ha lo scopo rappresentare il modello sismico - tettonico in base ai più recenti aggiornamenti degli studi relativi alla tettonica attiva del territorio.

L'area oggetto dello studio rientra nella zona identificata come 914, (complesso "Appennino settentrionale e centrale" zone sismogenetiche ZS che vanno dalla 911 alla 923).



Ogni zonizzazione sismogenetica è caratterizzata da un definito modello cinematico il quale sfrutta una serie di relazioni di attenuazione stimate sulla base di misurazioni accelerometriche effettuate sia sul territorio nazionale che europeo. Sulla base di tali zone, per tutto il territorio italiano, sono state sviluppate le carte della pericolosità sismica.

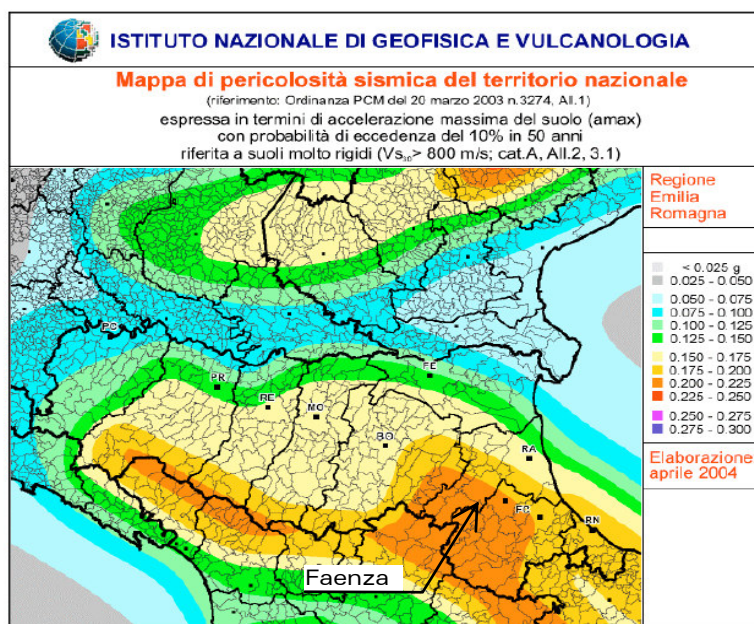
Nella Zona Sismogenetica 914 sono previsti, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a $M_{wmax} = 6,14$.



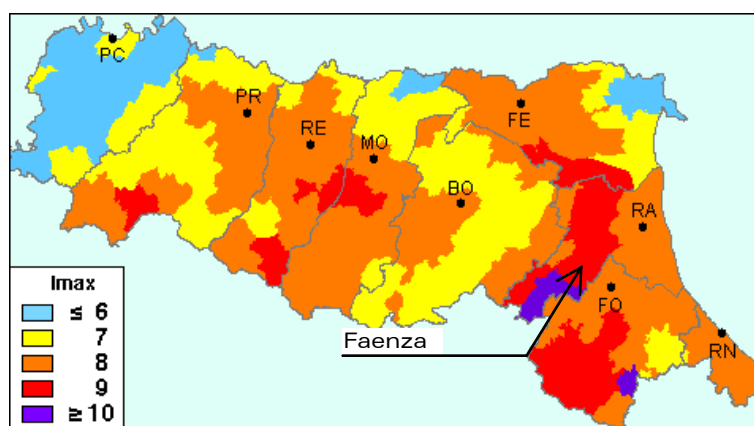
Facendo riferimento alla Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s secondo lo schema riportato nella tabella.

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g)
1	$0,25 < a_g \leq 0,35$ g	0,35 g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g	0,25 g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g	0,15 g
4	$a_g \leq 0,05$ g	0,05 g

Nella figura, proposta a lato e tratta dal sito dell'I.N.G.V., sono indicati i valori di PGA calcolati nell'area regionale; per l'area in questione risulta una PGA compresa tra 0.200 e 0.225 g..



Sempre tratta dal sito dell'I.N.G.V. viene proposta anche la successiva figura che riporta la massima intensità macrosismica osservata nel territorio regionale. Relativamente al Comune di Faenza si evidenzia una I_{max} pari a 9.



4. MODELLO SISMICO

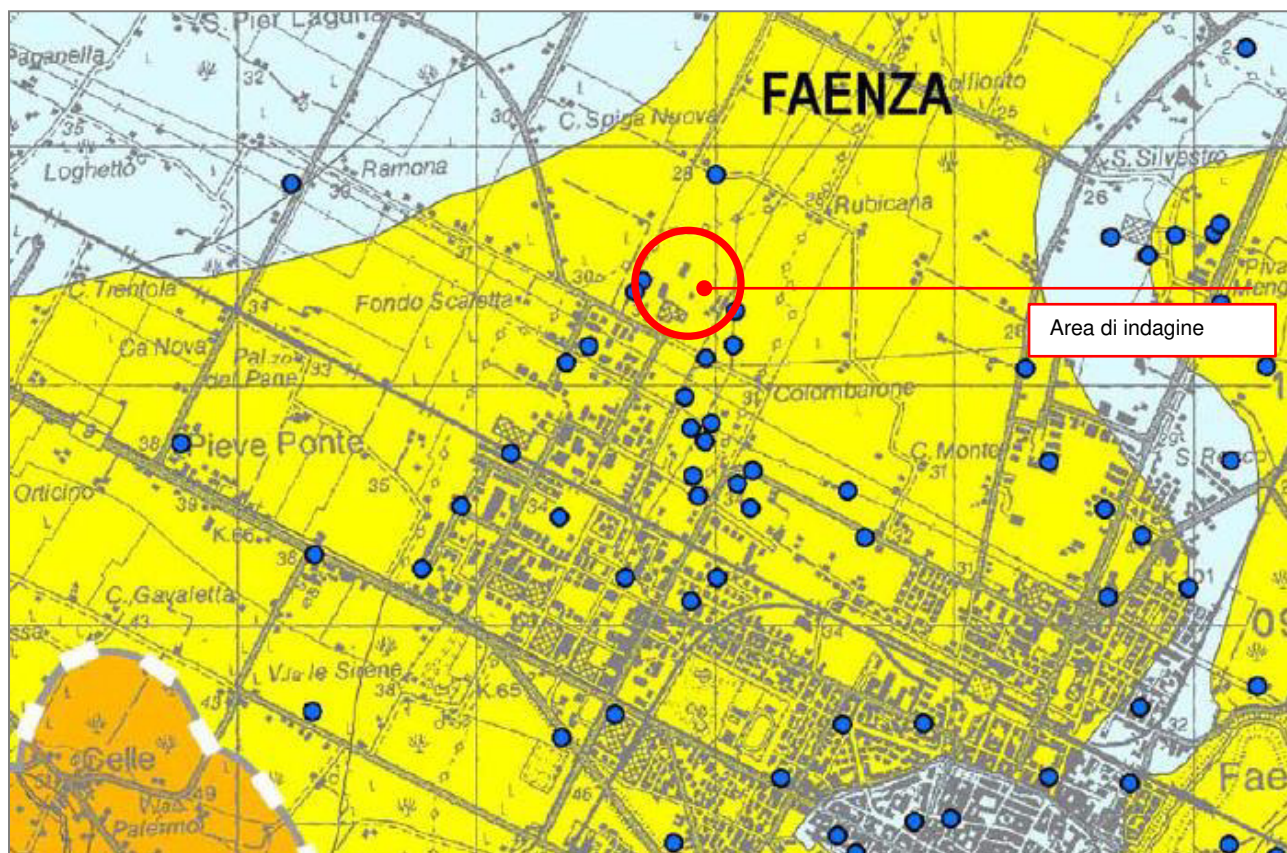
Si fa riferimento ai seguenti documenti bibliografici:

- Microzonazione sismica del Comune di Faenza, QC del PSC 2009 - Relazione ed Elaborati grafici.







Inoltre si fa riferimento alla specifica Indagine sismica con Risposta Sismica Locale - NTC 2018 art. 7.11.3 che è stata eseguita dalla ditta Tecnogeofisica snc di Carpi (MO) nel febbraio 2019 sul sito in questione. I dati espressi da detta relazione che viene integralmente allegata al presente documento, vengono assunti come facenti parte dell'indagine complessiva e di seguito si forniscono solo alcuni degli elementi fondamentali. Per tutti gli approfondimenti di indagine si dovrà fare riferimento al citato documento.

4.1 Categoria sismica del suolo di fondazione.

Nel documento "Carta delle pericolosità sismica locale", elaborato B3.2 del Quadro Conoscitivo del PSC 2009, di cui si allega lo stralcio, è possibile leggere le velocità V_s relative al territorio comunale.



Categorie di suolo di fondazione

-  A - Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di VS_{30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati d'alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5m
 -  B - Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decime di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS_{30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s
 -  C - Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di VS_{30} compresi tra 180 e 360 m/s
 -  C/D - Depositi di terreni granulari da sciolti a mediamente addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di VS_{30} variabili tra <180 e 360 m/s
 -  E - Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di VS_{30} simili a quelli dei tipi C e C/D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $VS_{30} \gg 360$ m/s
-  Isobata 20 metri del substrato rigido



Dal documento si evince che l'area in oggetto ricade nella fascia di territorio in cui le indagini di microzonazione sismica del Comune di Faenza hanno determinato la Categoria dei Suoli "C": depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza con valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s.

Facendo riferimento a NTC 2018, punto 3.2.2 "Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche", la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS,eq (in m/s), definita all'espressione:

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

con:
 hi spessore dell'i-esimo strato;
 VS,i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
 N numero di strati;
 H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro VS,30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità; per cui la velocità media di propagazione entro 30 metri di profondità delle onde di taglio Vs30 , viene calcolata con l'espressione indicata di seguito,

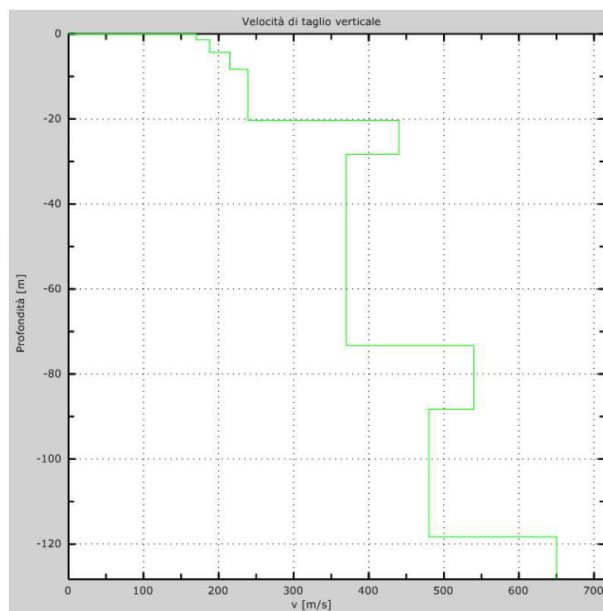
$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^M h_i / V_{s,i}}$$

dove:
 Vs30 velocità sismica delle onde trasversali, ponderata su m
 30; h_i spessore dell'orizzonte iesimo nei m 30 di riferimento;
 V_i velocità delle onde S dell'orizzonte iesimo di spessore h.

Richiamando i risultati dell'indagine geofisica specifica, citata in premessa, risulta che le prove e le elaborazioni eseguite allo scopo hanno fornito il valore di Vs30 pari a **260 m/s** (Vs30 MW-ESAC tra 0 e 30 m.)

Strato n.	Prof. base strato m	Vs m/sec
1	1.3	170
2	4.3	188
3	8.3	215
4	20.3	239
5	28.3	440
6	73.3	370
7	88.3	540
8	118.3	480
9	>119	650

Vs30 MW-ESAC= 260 m/s (0-30 m)



Il caso in questione rientra quindi nella seconda condizione vista, tenendo conto che gli spessori della copertura H risultano molto superiori a 30 metri; ne consegue quindi che facendo riferimento alla Tabella 3.2.II delle NTC 2018, il sito in questione ricade nella **categoria C** con velocità equivalenti comprese tra 180 e 360 m/s e profondità del substrato superiore a 30 metri.



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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

4.2 Azioni sismiche.

Il sito, non rientra in nessuna delle aree evidenziate al punto 4.2 dell'allegato A dell'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L. R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Ovvero, non rientra nelle seguenti tipologie di aree:

- aree soggette a liquefazione e densificazione;
- aree instabili o potenzialmente instabili;
- aree in cui le coperture hanno spessori fortemente variabili, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;
- aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

A seguire si sono determinati i Fattori di amplificazione F. A. in funzione del valore di Vs30; i Fattori di Amplificazione sono riferiti al Suolo A come previsto dall'Eurocodice 8 parte prima.

Richiamando quanto contenuto nella pubblicazione del CNR "Abachi per la valutazione dei fattori di amplificazione per le indagini di microzonazione sismica di secondo livello in Emilia Romagna" (Tento, Martelli, Marcellini - 2015), il sito in questione rientra all'interno dell'area definita - margine, come indicato nella successiva figura.

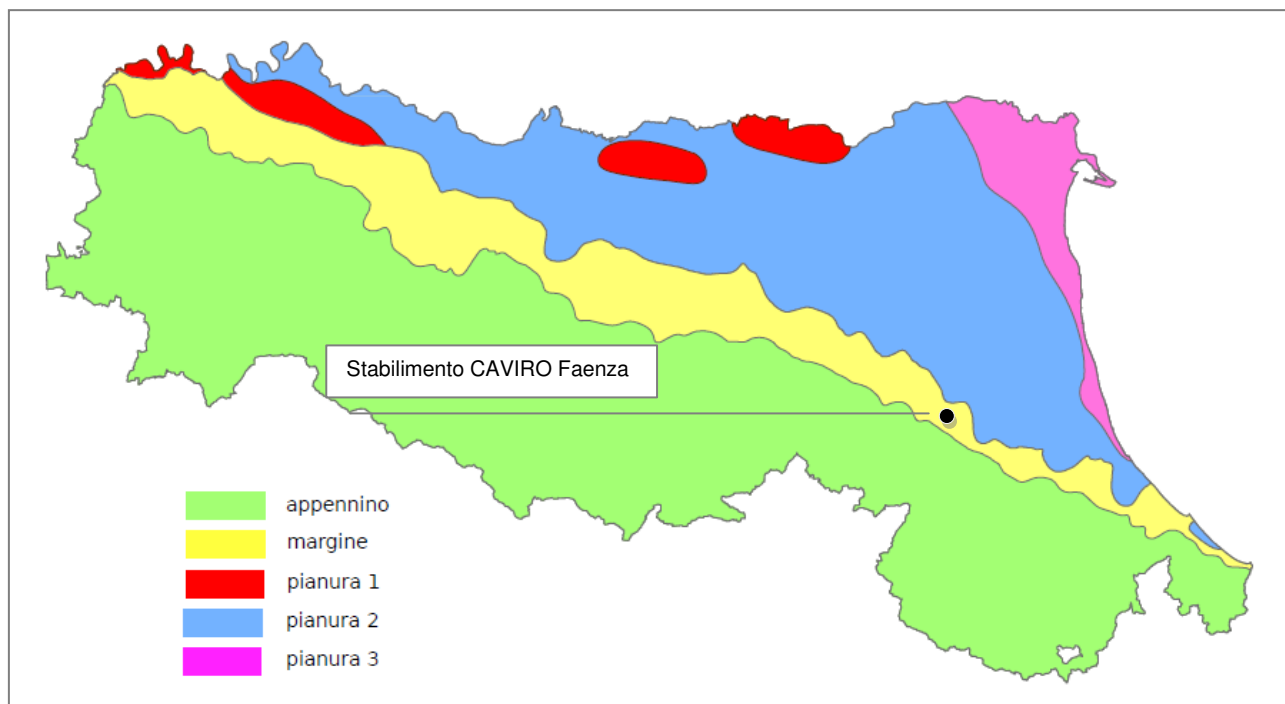


Figura 5: Localizzazione indicativa delle ambienti geomorfologici e litostratigrafici in Emilia-Romagna



Per la valutazione dei Fattori di amplificazione F. A. si fa riferimento all'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della LR 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", allegato A2.1.2 - **margine** - "settore di transizione tra la zona collinare (Appennino) e la pianura caratterizzato da terreni prevalentemente fini sovrastanti orizzonti grossolani (ghiaie, ghiaie sabbiose); il substrato geologico è generalmente costituito da sabbie marine pleistoceniche o da peliti plio-pleistoceniche (substrato non rigido)". In particolare si ricade nel **MARGINE di tipo B** caratterizzato da spessore dei terreni fini superiore a 30 m; gli strati grossolani sovrastano altri strati di terreni fini presenti fino al substrato.

MARGINE di tipo B: caratterizzato da spessore dei terreni fini superiore a 30 m; gli strati grossolani sovrastano altri strati di terreni fini presenti fino al substrato;

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400
F.A. PGA	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5
F.A. SI1	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6
F.A. SI2	2.9	2.8	2.5	2.3	2.1	2.0
F.A. SI3	3.3	3.1	2.7	2.4	2.2	2.0

Margine settore B: Tabella dei Fattori di Amplificazione **PGA, SI1, SI2 e SI3**.

Riferendosi a quanto riportato dal DM 17 gennaio 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni", vengono definiti gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti orizzontali e verticali delle azioni sismiche di progetto per il sito con le seguenti coordinate:

Longitudine: 11,872405°;

Latitudine: 44,311756°.

La definizione degli spettri di risposta relativi ad uno Stato Limite è articolata in tre fasi:

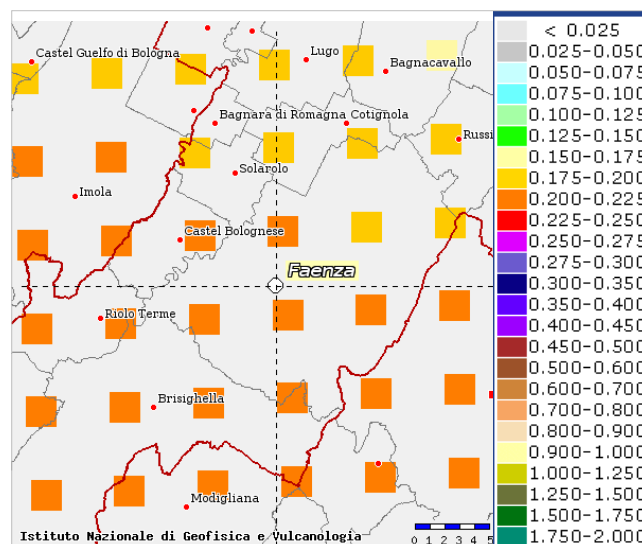
- Fase 1: Individuazione della pericolosità del sito (sulla base dei risultati del progetto S1 – INGV);
- Fase 2: Scelta della strategia di progettazione;
- Fase 3: Determinazione dell'azione di progetto.

Ai fini dello studio in oggetto in questo documento si sviluppano: la FASE 1 "Pericolosità sismica" e la FASE 2 "Scelta della strategia di progettazione", rimandando l'analisi della FASE 3 al momento della progettazione strutturale.

→ **FASE 1: Tabella dei parametri** che definiscono l'azione sismica, per il sito in questione; risultano i parametri illustrati nella successiva tabella e grafici, con:

- T_r = tempo di ritorno in anni
- a_g = accelerazione al sito in g
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale, adimensionale
- T^*c = periodo di inizio del tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale, in secondi.

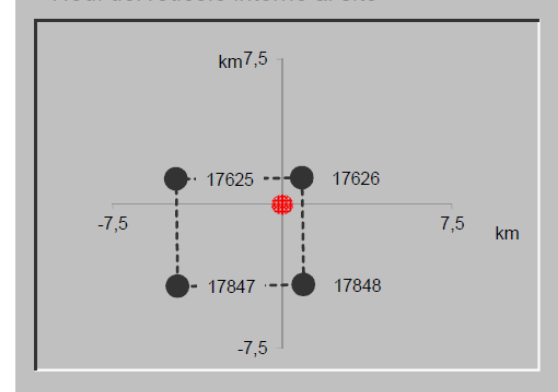
Questi parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento i cui nodi non distano fra loro più di 10 km., per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno.



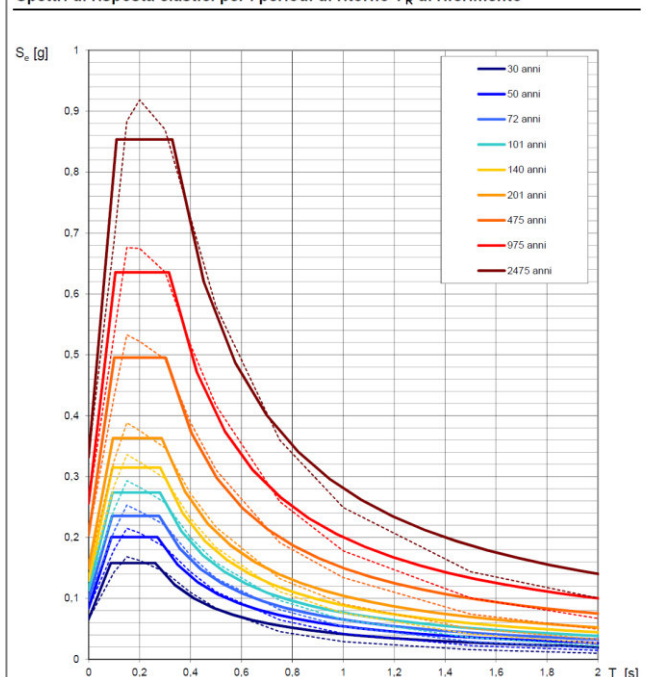
Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C [s]
30	0,066	2,407	0,261
50	0,084	2,398	0,270
72	0,098	2,391	0,277
101	0,114	2,408	0,280
140	0,130	2,430	0,281
201	0,150	2,428	0,287
475	0,204	2,433	0,303
975	0,255	2,487	0,315
2475	0,332	2,572	0,328

Nodi del reticolo intorno al sito



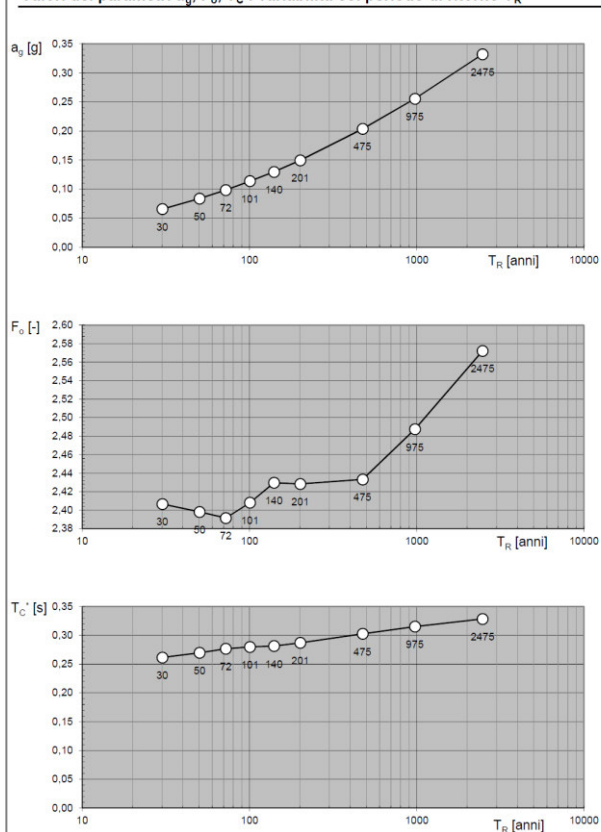
Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



FASE 1

Elaborazioni effettuate mediante il software Spettri – NTC ver. 1.03 dal sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, per il territorio del Comune di Faenza.

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C : variabilità col periodo di ritorno T_R



→ FASE 2: Scelta della strategia di progettazione.

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.1 dell'allegato A delle NTC 2018 e deve essere precisata nei documenti di progetto.

Tabella 2.4.1 – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale V_N (in anni)
1 Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2 Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3 Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.



Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U : $V_R = V_N \times C_U$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab.

Tab. 2.4.II - Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

2.4.II. La struttura in progetto viene classificato in classe II, da cui risulta: $V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1 = 50$.

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella tabella 3.2.I.

Tabella 3.2.I - Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		P_{VR} - Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Ai fini della definizione dell'Azione Sismica di progetto occorre valutare gli effetti che le condizioni stratigrafiche locali hanno sulla Risposta Sismica Locale.

Sulla base degli esiti dell'indagine geofisica presa in considerazione, si assume, come già detto una V_{s30} pari a **260 m/sec**, il suolo di fondazione dell'area di studio ricade quindi nella categoria di tipo C.



Per la determinazione dell'azione sismica occorre considerare anche il contributo derivante dalla morfologia superficiale.

Per condizioni topografiche complesse occorre predisporre specifiche analisi di Risposta Sismica Locale; nel caso in cui la topografia non presenti particolare complessità, è possibile adottare la classificazione della tabella 3.2.IV.

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Trattandosi di zona pianeggiante, l'area in esame ricade nella categoria **T1**, a cui non è attribuibile alcun fenomeno di amplificazione sismica legato alle condizioni topografiche.

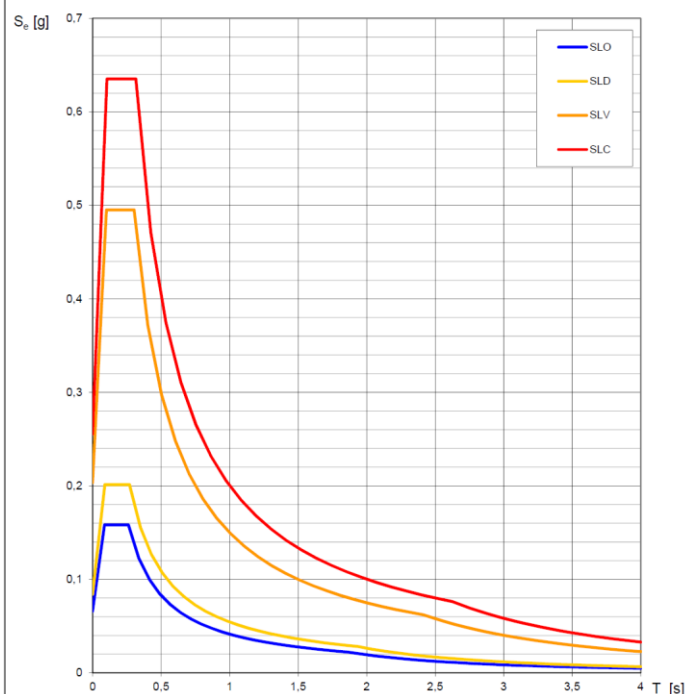
Dal punto di vista progettuale, lo spettro di risposta elastico in accelerazione riveste particolare importanza nella definizione delle Azioni Sismiche da adottare. Esso viene riferito ad uno smorzamento ξ convenzionale pari al 5% e la sua forma spettrale dipende dai fattori precedentemente citati (pericolosità di base a_g , stratigrafia, topografia, probabilità di superamento nel periodo di riferimento riferiti agli stati limite di progetto).

Nella successiva tabella e relativi grafici vengono riportati gli Spettri in accelerazione orizzontale relativi agli stati limite per l'area di studio, caratterizzati, come precedentemente osservato, da probabilità di superamento differenti nel periodo di riferimento V_R . Nel caso specifico, tali spettri si riferiscono a costruzioni ordinarie Tipo 2 con vita nominale V_N di 50 anni e classe d'uso II.

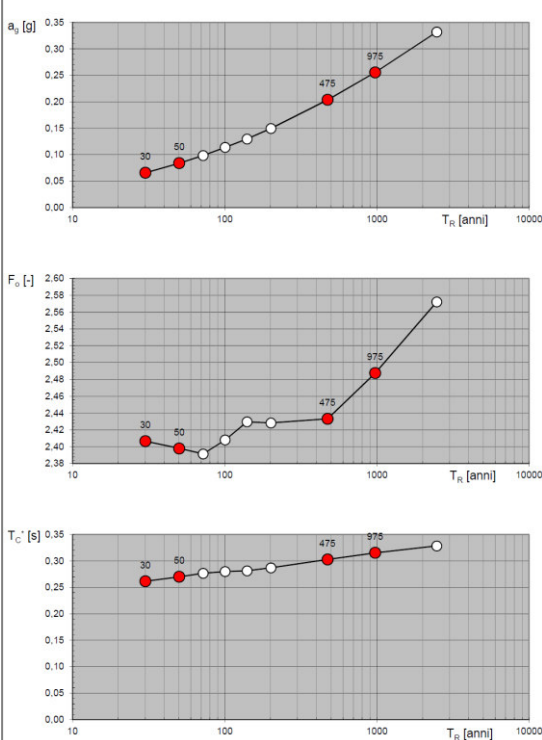
Valori dei parametri a_g , F_o , T_C per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C [s]
SLO	30	0,066	2,407	0,261
SLD	50	0,084	2,398	0,270
SLV	475	0,204	2,433	0,303
SLC	975	0,255	2,487	0,315

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C in funzione del periodo di ritorno T_R



FASE 2

Elaborazioni effettuate mediante il software Spettri – NTC ver. 1.03 dal sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, per il territorio del Comune di Faenza.



4.3 Tabella riassuntiva dati geofisici

Velocità onde di taglio tra 0 e 30 m.	Vs30	239 m/s
Accelerazione di gravità del sito (SLV)	ag	0,204 g.
Accelerazione massima $S_s * S_t * a_g$ (SLV)	Amax	0,280 g.
Accelerazione massima di picco al suolo per il Comune di Faenza	arefg	0,205 g.
Categoria topografica	T1	
Coefficiente di amplificazione topografica	St	1
Categoria di sottosuolo per l'approccio semplificato		C
Ambiente geomorfologico e litostratigrafico		Margine "B"
Classe d'uso del manufatto		Classe II

4.4 Liquefazione con sisma.

Per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio in seguito o durante un evento sismico di una certa entità, poiché per effetto dell'istaurarsi di condizioni non drenate, si ha un incremento e un accumulo delle pressioni interstiziali che possono eguagliare le tensioni totale con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi e quindi perdita di capacità portante.

Perché si verifichi il fenomeno della liquefazione occorre la compresenza di:

fattori predisponenti:

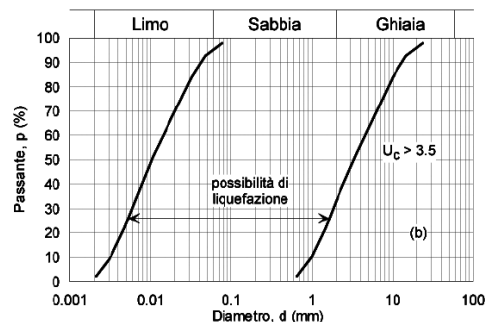
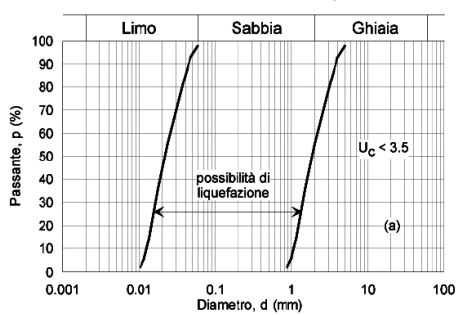
- strato liquefacibile entro 20 metri dal piano campagna
- diametro medio D_{50} compreso fra 0.02 e 2 mm
- densità relativa $D_r < 60\%$
- frazione dei fini (diametro minore di 5 μm) $< 15\%$
- profondità della falda < 5 metri dal piano campagna

fattori scatenanti:

- magnitudo $M > 5.5$
- $PGA > 0.15$ g
- Durata evento sismico $> 15 \div 20$ sec

Nel D.M. 17 gennaio 2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) l'approccio metodologico delle verifiche alla liquefacibilità viene descritto all'interno del paragrafo 7.11 (Opere e Sistemi Geotecnici). In dettaglio, al paragrafo 7.11.3.4.2, la norma prevede che si possa omettere la verifica nel caso si realizzino le seguenti condizioni:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g.
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali.
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa.
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



In base a quanto emerso dalle indagini geognostiche eseguite è possibile affermare che dal punto di vista litologico i terreni che caratterizzano l'area, fino alla profondità indagata di 15,0 m. dal p.c., rientrano in una tipologia prevalentemente coesiva dove è sempre preponderante la componente argillosa o argilloso limosa e quindi non passibili di liquefazione con evento sismico.

Inoltre le indagini hanno chiaramente evidenziato che non sono presenti, fino alla profondità di 15,00 metri dal piano di campagna, significativi livelli sabbiosi sciolti potenzialmente liquefacibili.

Come citato in precedenza l'indagine geognostica ha individuato la presenza di acqua di falda alla profondità di metri 3,80 / 4,00 dal piano campagna ma la mancanza di strati sabbiosi poco addensati ed a granulometria fine, oltre alla generale presenza di una matrice argillosa più o meno abbondante, fa ritenere improbabile il verificarsi di fenomeni di liquefazione del suolo, in presenza di fenomeno sismico.

Le verifiche eseguite, prendendo a riferimento le prove penetrometriche esaminata e utilizzando la correlazione di Robertson & Wride 1997, in presenza di accelerazione sismica massima pari a 0,25 g, hanno fornito fattori di sicurezza a liquefazione indicati nel seguito.

Il 'metodo di Robertson e Wride' è basato sui risultati di prove CPT (*Cone Penetration Test*) ed utilizza l'indice di comportamento per il tipo di suolo I_C che viene calcolato mediante l'utilizzo della seguente formula:

$$I_C = \left[(3,47 - \log_{10} Q)^2 + (\log_{10} R_f + 1,22)^2 \right]^{0,5} \quad (5.0a)$$

$$Q = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{P_a} \left(\frac{P_a}{\sigma'_{vo}} \right)^n \quad (5.0b)$$

$$R_f = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{vo}} 100 \quad (5.0c)$$

dove:

q_c è la resistenza alla punta misurata

P_a è la tensione di riferimento (1 atmosfera) nelle stesse unità di σ'_{vo}

f_s è l'attrito del manicotto

n è un'esponente che dipende dal tipo di suolo.

Inizialmente si assume $n = 1$, come per un suolo argilloso e si procede al calcolo di I_C con la (5.0a).

Se $I_C > 2,6$ il suolo è probabilmente di tipo argilloso e l'analisi si ferma. Il terreno non si considera a rischio di liquefazione.

Se $I_C \leq 2,6$, vuol dire che l'ipotesi assunta è errata, il suolo è di natura granulare, Q verrà ricalcolato utilizzando la (5.0a) usando come esponente $n = 0,5$.

Se è ancora $I_C \leq 2,6$, significa che l'ipotesi è giusta e il suolo è probabilmente non plastico e granulare.

Se invece $I_C > 2,6$, vuol dire che l'ipotesi è di nuovo errata e il suolo è probabilmente limoso. Q deve essere nuovamente ricalcolato dalla (2.8b) ponendo $n = 0,75$.

Calcolato I_C , si procede con la correzione della resistenza alla punta misurata q_c mediante la seguente espressione:

$$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} + \Delta q_{c1N}$$
$$\Delta q_{c1N} = \frac{K_c}{1 - K_c} q_{c1N}$$

dove K_c dipende dal contenuto di fine, FC (%):

$K_c = 0$ per $FC \leq 5$

$K_c = 0,0267(FC - 5)$ per $5 < FC \leq 35$



$K_c = 0,8$ per $FC > 35$

FC (%) viene calcolato mediante l'espressione seguente:

$$FC(\%) = 1,75 (I_c)^{3,25} - 3,7$$

La resistenza alla liquefazione per una magnitudo pari a 7,5 (CRR_{7,5}) si calcola nel modo seguente:

se $(q_{c1N})_{cs} < 50$

$$CRR = 0,833 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right] + 0,05$$

se $50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160$

$$CRR = 93 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0,08$$

Il Rapporto di Tensione Ciclica per eventi sismici di magnitudo 7,5 (**CSR_{7,5}**) si determina dalla seguente espressione:

$$\frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = CSR_{7,5} = 0,65 \frac{a_g}{g} \frac{\sigma'_{vo}}{\sigma'_{vo}} r_d$$

Per magnitudo diverse occorre introdurre il fattore correttivo **MSF** (*Magnitude Scaling Factor*) come raccomandato dal **NCEER** (vedi Tabella 1)

$$CSR = \frac{CSR_{7,5}}{MSF}$$

Tabella 1- Fattore di scala della magnitudo derivato da diversi ricercatori

Magnitudo	Seed H.B. & Idriss I.M. (1982)	Ambraseys N.N (1988).	NCEER (Seed R. B. et alii) (1997; 2003)
5,5	1,43	2,86	2,21
6,0	1,32	2,20	1,77
6,5	1,19	1,69	1,44
7,0	1,08	1,30	1,19
7,5	1,00	1,00	1,00
8,0	0,94	0,67	0,84
8,5	0,89	0,44	0,73

Per determinare il valore del coefficiente riduttivo **r_d** vengono utilizzate le formule raccomandate da un gruppo di esperti del **NCEER** (*National Center for Earthquake Engineering Research*):

per $z < 9,15$ m

$$r_d = 1,0 - 0,00765 z$$

per $9,15 \leq z < 23$ m

$$r_d = 1,174 - 0,00267 z$$

Il fattore di sicurezza alla liquefazione **FS** viene determinato dalla relazione:

$$FS = \frac{CRR}{CSR}$$

mentre l'indice e il rischio di liquefazione vengono calcolati con il metodo di **Iwasaki et alii** (1978; 1984).



DATI GENERALI

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa	1,25
FALDA	
Profondità falda idrica	3 m
CARICHI SUL PIANO CAMPAGNA	
Base	3 m
Lunghezza	3m
Carico in superficie	196 kPa
Metodo calcolo stato tensionale	Bussinesq
Coefficiente di Poisson	0,25

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock	0,25
Fattore amplificazione	2,433

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS)	1,5
Coefficiente amplificazione topografica (ST)	1
Magnitudo momento sismico (Mw)	6
Distanza epicentro	30 Km
Peak ground acceleration (PGA)	0,375

Correzione per la magnitudo (MSF) 1,77

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (kPa)	Pressione verticale effettiva (kPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace Cq	Resistenza alla punta corretta qc1 (kPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
3,20	79,067	77,105										Terreno non suscettibile di liquefazione	-	Molto basso
3,40	81,452	77,530	36,255	2,522	Ic1=2,47 Ic=2,51	1,135707	118,104	0,974	0,233	0,141	1,655	Terreno non suscettibile di liquefazione	-	Molto basso
3,60	83,887	78,003	36,145	2,524	Ic1=2,48 Ic=2,51	1,132257	118,313	0,972	0,234	0,144	1,625	Terreno non suscettibile di liquefazione	-	Molto basso
3,80	86,276	78,430										Terreno non suscettibile di liquefazione	-	Molto basso
4,00	88,779	78,972	16,946	2,931	Ic1=2,80 Ic=2,80	1,132257	0,000	0,000	0,234	0,144	-	Terreno non suscettibile di liquefazione	-	Molto basso
4,20	91,488	79,720										Terreno non suscettibile di liquefazione	-	Molto basso
4,40	94,261	80,531										Terreno non suscettibile di liquefazione	-	Molto basso
4,60	97,098	81,407										Terreno non suscettibile di liquefazione	-	Molto basso
4,80	99,998	82,346										Terreno non suscettibile di liquefazione	-	Molto basso
5,00	102,960	83,347										Terreno non suscettibile di liquefazione	-	Molto basso
5,20	105,981	84,406										Terreno non suscettibile di liquefazione	-	Molto basso
5,40	109,059	85,523										Terreno non suscettibile di liquefazione	-	Molto basso
5,60	112,191	86,694										Terreno non suscettibile di liquefazione	-	Molto basso
5,80	115,375	87,917										Terreno non suscettibile di liquefazione	-	Molto basso
6,00	118,608	89,188										Terreno non suscettibile di liquefazione	-	Molto basso
6,20	121,886	90,505										Terreno non suscettibile di liquefazione	-	Molto basso



6,40	125,208	91,865										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
6,60	128,570	93,266										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
6,80	131,970	94,705										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
7,00	135,406	96,179										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
7,20	138,875	97,687										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
7,40	142,570	99,421	17,410	3,020	lc1=2,80 lc=2,80	1,132257	0,000	0,000	0,234	0,144	--	Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
7,60	146,192	101,081	14,177	1,368	lc1=2,69 lc=2,69	1,132257	0,000	0,000	0,234	0,144	--	Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
7,80	150,157	103,085	34,389	2,641	lc1=2,56 lc=2,54	0,9849209	127,434	0,940	0,272	0,189	1,444	Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
8,00	154,148	105,115	34,055	2,645	lc1=2,56 lc=2,54	0,9753655	128,290	0,939	0,276	0,190	1,458	Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
8,20	157,815	106,821										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
8,40	161,505	108,549										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
8,60	165,216	110,298										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
8,80	168,946	112,067										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
9,00	172,694	113,855										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
9,20	176,460	115,659										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
9,40	180,243	117,480										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
9,60	184,040	119,316										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
9,80	187,852	121,166										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
10,00	191,677	123,030										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
10,20	195,514	124,906										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
10,40	199,364	126,794										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
10,60	203,224	128,694										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
10,80	207,095	130,604										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
11,00	210,976	132,523										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
11,20	214,867	134,452										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
11,40	218,766	136,390										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
11,60	222,673	138,336										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
11,80	226,588	140,290										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
12,00	230,375	142,115	49,074	2,792	lc1=2,51 lc=2,44	0,8388421	126,823	0,854	0,270	0,191	1,415	Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
12,20	234,336	144,115	32,508	2,139	lc1=2,58 lc=2,50	0,8330005	102,413	0,848	0,180	0,190	0,947	Terreno suscettibile di liquefazione	4,49	Basso
12,40	238,424	146,242										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
12,60	242,519	148,375										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
12,80	246,619	150,514										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
13,00	250,599	152,533	13,655	2,825	lc1=2,87 lc=2,87	0,8330005	0,000	0,000	0,180	0,190	--	Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Basso
13,20	254,590	154,563	51,613	1,592	lc1=2,35 lc=2,26	0,8043553	90,454	0,822	0,149	0,186	0,799	Terreno suscettibile di liquefazione	17,82	Molto alto
13,40	258,587	156,597	51,277	1,593	lc1=2,35 lc=2,26	0,7991121	90,224	0,816	0,148	0,186	0,799	Terreno suscettibile di liquefazione	17,92	Molto alto
13,60	262,376	158,425										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
13,80	266,169	160,258										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
14,00	269,967	162,094										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
14,20	273,693	163,859	12,137	3,289	lc1=2,95 lc=2,95	0,7991121	0,000	0,000	0,148	0,186	--	Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto alto
14,40	277,423	165,628										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
14,60	281,157	167,400										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
14,80	284,894	169,176										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
15,00	288,635	170,955										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
15,20	292,379	172,738										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
15,40	296,126	174,523										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
15,60	299,875	176,312										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
15,80	303,628	178,103										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
16,00	307,383	179,897										Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
16,20	311,141	181,693										Terreno non suscettibile di	--	Molto



													liquefazione		basso
16,40	314,901	183,492											Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
16,60	318,664	185,294											Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
16,80	322,429	187,097											Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
17,00	326,196	188,903											Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
17,20	329,965	190,710											Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
17,40	333,736	192,520											Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
17,60	337,477	194,300	9,106	2,588	lc1=3,00 lc=3,00	0,7991121	0,000	0,000	0,148	0,186	--	Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto alto	
17,80	341,219	196,081											Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
18,00	344,964	197,864											Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
18,20	348,710	199,649											Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
18,40	352,457	201,435											Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
18,60	356,206	203,223											Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
18,80	359,957	205,012											Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
19,00	363,709	206,803											Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
19,20	367,654	208,787	12,217	3,075	lc1=2,93 lc=2,93	0,7991121	0,000	0,000	0,148	0,186	--	Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto alto	
19,40	371,601	210,772	12,083	3,080	lc1=2,94 lc=2,94	0,7991121	0,000	0,000	0,148	0,186	--	Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto alto	
19,60	375,533	212,743											Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
19,80	379,466	214,714											Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto basso
20,00	383,401	216,687	14,415	2,929	lc1=2,86 lc=2,86	0,7991121	0,000	0,000	0,148	0,186	--	Terreno non suscettibile di liquefazione	--	Molto alto	

Il valore di IPL (metodo di Iwasaki) risulta =**0,31** con $Z_{crit}=20$ m.

In base al valore stimato dell'indice del potenziale di liquefazione I_L si definiscono le seguenti classi di pericolosità (Sonmez, 2003):

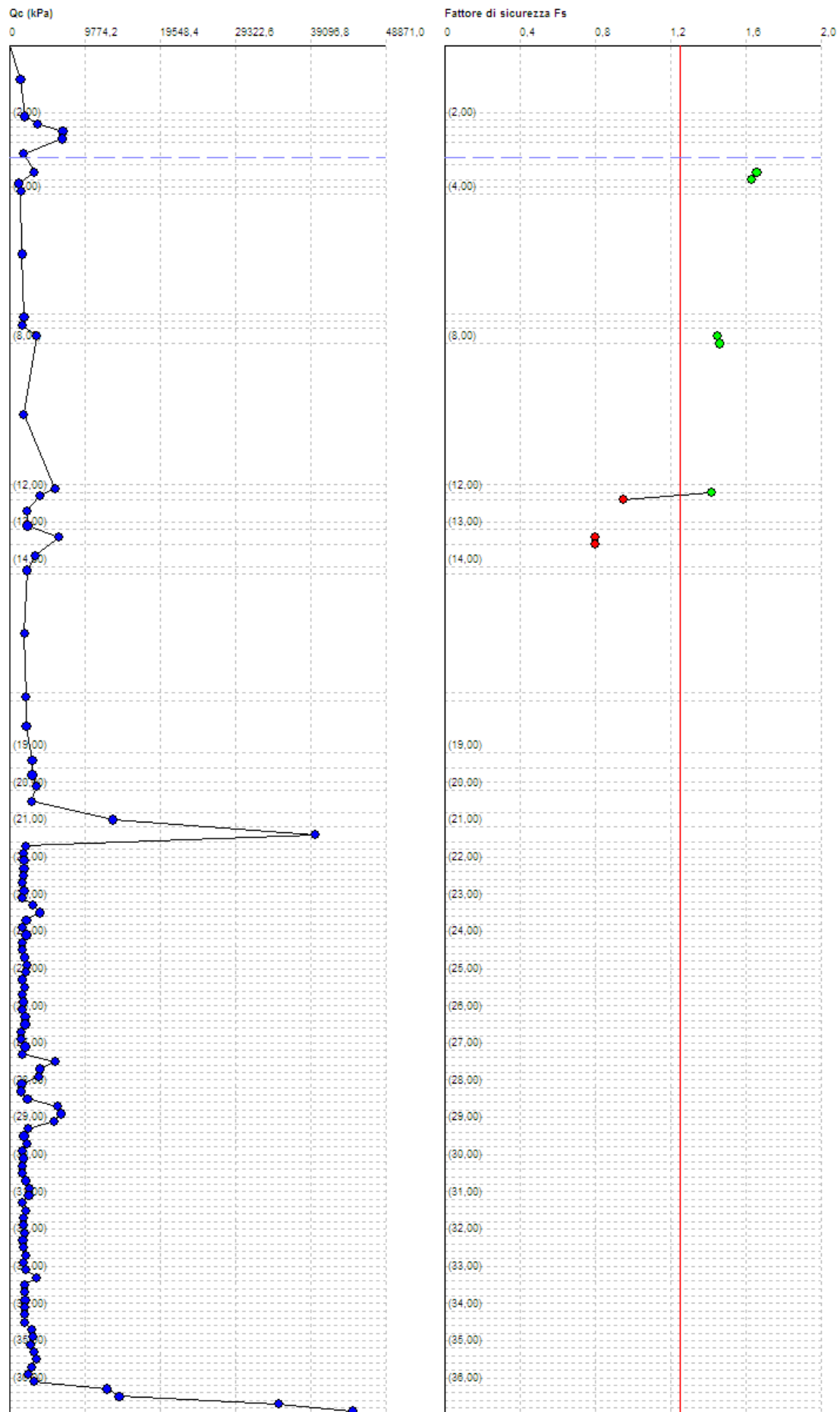
Il Rischio risulta: **Basso**

$I_L = 0$	Non liquefacibile ($F_L \geq 1.2$)
$0 < I_L \leq 2$	Potenziale basso
$2 < I_L \leq 5$	Potenziale moderato
$5 < I_L \leq 15$	Potenziale alto
$15 < I_L$	Potenziale molto alto

Nel successivo grafico viene riportato il Fattore di Sicurezza in rapporto agli strati valutati nella tabella ed alla resistenza alla penetrazione registrata nel corso della prova penetrometrica statica.

Si vuol fare notare che i risultati sono tutti ampiamente accettabili con l'esclusione del sottile strato, alla profondità di m. 12.20-12.40, in cui si evidenzia un fattore di sicurezza critico; peraltro visto il modesto spessore e la profondità si esclude che possano causarsi fenomeni di liquefazione.





5. MODELLO GEOTECNICO

5.1 Premessa.

Le indagini condotte nell'area in esame, evidenziano la caratteristica tipica dei depositi alluvionali costituiti da una successione lentiforme di terreni a litologia molto assortita, da argille, a limi, con frazione sabbiosa variabile, quasi sempre mescolati tra loro in modo disordinato.

I livelli lentiformi risultano interdigitati tra loro così da creare una continua variazione delle litologie sia in senso planimetrico che in profondità. Il tracciato della prova penetrometrica statica che è stata esaminata, conferma la presenza di numerosi strati di spessore differente che si alternano senza soluzione di continuità fino alla profondità indagata.

Come è stato evidenziato in precedenza, la litologia dei due siti di indagine è caratterizzata da una omogenea successione pseudo orizzontale di livelli più o meno spessi che si ripete per tutta la profondità di indagine. La componente è sempre in prevalenza COESIVA oppure COESIVA / NON COESIVA quando si ha un aumento del contenuto in limi o sabbie fini; le sabbie, componente NON COESIVA, sono presenti in strati generalmente non molto spessi, da 0,60 m. a circa 2,00 m.

Le diversità riscontrate tra le varie prove sono limitate a modeste differenze negli spessori degli strati o a variazioni nella quota; si tratta comunque di differenze compatibili con l'ambito deposizionale dei sedimenti continentali della pianura.

Nella successiva elaborazione della definizione dei parametri fisico meccanici dei terreni si è scelto comunque di operare separatamente, per le due zone indagate, in modo da fornire risultati aderenti alle precise caratteristiche dei due siti.

5.2 Determinazione dei parametri caratteristici.

Facendo riferimento alle usuali relazioni di interpretazione delle prove penetrometriche CPT e CPTU, possono essere individuati i parametri meccanici caratteristici dei terreni, per strati omogenei, che vengono illustrati nella successiva tabella.

Vengono utilizzate le seguenti correlazioni:

Terreni incoerenti	Densità relativa: Lancellotta (1983)
	Angolo d'attrito: Schmertmann (1977 – 1982)
	Modulo di Young: Schmertmann (1970 – 1978)
	OCR: Ladd e Foot (1977)
	Modulo edometrico;: Robertson e Campanella
	Modulo di deformazione a taglio: Imai e Tomauchi
	Modulo di reazione Ko: Kulhawy-Mayne (1990)
	Peso unità di volume: Meyerhof
Terreni coesivi	Coesione non drenata: Terzaghi
	Modulo edometrico: metodo generale
	Peso unità di volume: Meyerhof
	OCR: Piacentini Righi (1978)
	Modulo di deformazione a taglio: Mayne
	Modulo di deformazione non drenato: Cancelli (1980)

I valori raccolti nelle tabelle rappresentano la media dei valori calcolati per ogni singolo sondaggio e raggruppati per strati litologicamente omogenei.



SITO: IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO IN LOCALE CHIUSO											
Livello Geotecnico	Rps medio kg/cmq	NSPT30	Peso di vol. γ gr/cm ³	Angolo ϕ °	Coesione cu kg/cmq	Modulo di Young kg/cmq	Mod. Ed. kg/cmq	Modulo di reazione Ko kg/cmq	Mod. deformazione di taglio kg/cmq	Modulo di deformazione non drenato kg/cmq	OCR
	Lo strato di copertura superficiale non viene preso in considerazione in quanto esposto a variazioni legate alla successione degli eventi meteorologici stagionali										
A (coesivo)	16.5 26.0	9 16	1.92		0.8 1.0		44 58	-	155 199	421 751	> 9
B (coesivo/non coesivo)	30.0 41.3	8 12	1.89	30	1.2 1.5		78 82	0.4	220 268	895 927	> 9
C (coesivo/non coesivo)	17.0 20.2	7 12	1.87	27	0.6 0.8		42 56	0.2	154 173	606 757	> 9
D (non coesivo)	61.3 66.7	16 21	1.91	29	-	147 157	58 63	0.3	345 363	2150	4
E (coesivo/non coesivo)	16.0 24.0	11 19	1.92	28	0.8 0.9		63 77	-	152 175	578 849	2
F (non coesivo)	294.8 331.5	92 106	2.1	35	-	> 800	179 276	0.9	799 964	4747	> 9



SITO: POTENZIAMENTO DEPURATORE											
Livello Geotecnico	Rps medio kg/cm ²	NSPT30	Peso di vol. γ gr/cm ³	Angolo ϕ °	Coesione c_u kg/cm ²	Modulo di Young kg/cm ²	Mod. Ed. kg/cm ²	Modulo di reazione K_0 kg/cm ²	Mod. deformazione di taglio kg/cm ²	Modulo di deformazione non drenato kg/cm ²	OCR
	Lo strato di copertura superficiale non viene preso in considerazione in quanto esposto a variazioni legate alla successione degli eventi meteorologici stagionali										
A (coesivo)	52.7	21	1.92		1.0		45	-	295	600	> 9
B (coesivo/non coesivo)	18.4	9	1.89	27	0.8		58	-	164	630	> 9
C (coesivo/non coesivo)	20.4	13	1.89	26	0.9		59	0.3	174	656	7
D (non coesivo)	65.2	20	1.97	28	-	179	61	0.2	359	1235	6
E (coesivo/non coesivo)	20.8	9	1.89	35	0.9		80	-	177	880	3
F (non coesivo)	243.0	102	2.0	32	-	755	173	0.7	917	2986	> 9



5.3 Coefficiente di reazione del terreno

Il coefficiente di reazione del terreno, o coefficiente di Winkler, è normalmente indicato come K o KS [kgf/cm²].

Nel modello di Winkler il sottosuolo è caratterizzato da una relazione lineare fra il cedimento di un punto (s) e la pressione di contatto (p) nello stesso punto: $p = K s$.

In un terreno reale il cedimento dipende, oltre che dal carico applicato e dalle proprietà del terreno, dalla forma e dimensioni della fondazione e dalla stratigrafia del terreno. Il coefficiente di reazione non è quindi una proprietà del terreno e non può essere definito con solo riferimento al terreno, ma deve anche essere riferito alla dimensione e forma della fondazione.

La bibliografia fornisce tabelle orientative che propongono i valori tipici in relazione alla litologia presente; a queste si può fare riferimento, in via preliminare, quando ancora non sono note le caratteristiche costruttive dell'edificio in progetto.

Caratteri litologici coerenti con i terreni interessati dall'indagine

MODULO DI REAZIONE "VERTICALE" DEL TERRENO [WINKLER]		MODULO DI REAZIONE "ORIZZONTALE" DEL TERRENO [per paratie]	
Tabella dei Moduli di Winkler secondo POZZATI		Rif.: FONDAZIONI Joseph E. BOWLES	
Natura del terreno	K [Kg/cm ²]	Natura del terreno	Ks [Kg/cm ²]
torba leggera	0.6 ~ 1.2	Terreno Sabbioso :	
torba pesante	1.2 ~ 1.8	Sciolto	0.49 ~ 1.63
terra vegetale	1.0 ~ 1.5	Mediamente	0.98 ~ 8.16
depositi recenti	1.0 ~ 2.0	compatto	6.53 ~ 13.50
sabbia di mare, fina	1.5 ~ 2.0	Terreno Argilloso:	
sabbia poco coerente	2.0 ~ 4.0	qu < 2 daN/cm ²	1.22 ~ 2.45
terra molto umida	2.0 ~ 3.5	qu < 4 daN/cm ²	2.45 ~ 4.89
terra poco umida	3.0 ~ 6.0	qu > 4 daN/cm ²	4.98 ~ 48.95
terra secca	5.0 ~ 10.0	Sabbia argillosa	
argilla con sabbia	8.0 ~ 10.0	mediamente	3.26 ~ 8.16
argilla grassa	10.0 ~ 12.0	compatta	
sabbia compatta	8.0 ~ 15.0	Sabbia limosa	
ghiaia con sabbia	10.0 ~ 25.0	mediamente	2.45 ~ 4.89
ghiaia compatta	20.0 ~ 30.0	compatta	



5.4 Altezza critica degli scavi.

In considerazione della brevità dei tempi di esecuzione degli scavi e dei successivi reinterri, la verifica della stabilità viene condotta in condizioni non drenate. Si trascura quindi il tempo ed il fenomeno del lento rigonfiamento delle pareti dello scavo che nell'ipotesi di tempi molto lunghi sono causa di franamenti. Secondo la teoria di Rankine o degli stati limite in condizioni non drenate, ponendosi in termine di tensioni totali, per una scarpata a pareti verticali risulta l'altezza critica: $h_{crit} = 2 c_u / \gamma$.

La coesione non drenata media, negli strati superficiali fino alla profondità di m. 3,00, può essere stimata, prudenzialmente, in circa 7 - 8 t/mq; dalla relazione di cui più sopra si avrebbe: $h_{crit} \approx 7 - 8$ m.

Tra gli Autori che, in vario modo, si sono occupati del problema dell'altezza critica degli **scavi verticali**, Tomlinson, sulla base di più esperienze, suggerisce che a terreni mediamente coesivi, con una c_u tra 2 e 4 t/mq, corrisponde generalmente una H_{crit} tra 1,5 e 3 m., ad una c_u tra 4 e 8 t/mq corrisponde generalmente una H_{crit} tra 3 e 5 m., per una coesione molto elevata ≈ 10 t/mq l'altezza critica sale approssimativamente a 8 metri; tale affermazione è sostanzialmente proporzionata anche per il caso in questione.

Peraltro si deve tenere conto che l'altezza critica dipende dalla coesione non drenata c_u , parametro quest'ultimo molto influenzabile da varie grandezze come: disturbi, fessurazioni, infiltrazioni, contenuto in acqua, ecc.; la scelta del coefficiente di sicurezza η , al fine di ricavare l'altezza ammissibile del fronte di scavo, va effettuata di volta in volta tenendo conto, nel corso dei lavori, di tutti i fattori interessati.

Nello specifico caso, oggetto della presente, presi in esame tutti i parametri a disposizione, le caratteristiche meccaniche dei terreni e la situazione generale dell'area, si può ritenere accettabile un coefficiente di sicurezza pari a 2,5 per cui risulterebbe un'altezza ammissibile: $H_{amm} = 2,8 - 3,00$ m.

La stima della altezza critica dello scavo può essere condotta anche tramite l'applicazione dei diagrammi di Taylor, secondo cui il coefficiente di sicurezza si esprime come:

$F = N c_u / \gamma H$, dove N si legge nell'abaco.

Per uno scavo verticale risulta:

$$H_c = 3,85 \cdot c_u / \gamma = 16 \text{ m.}$$

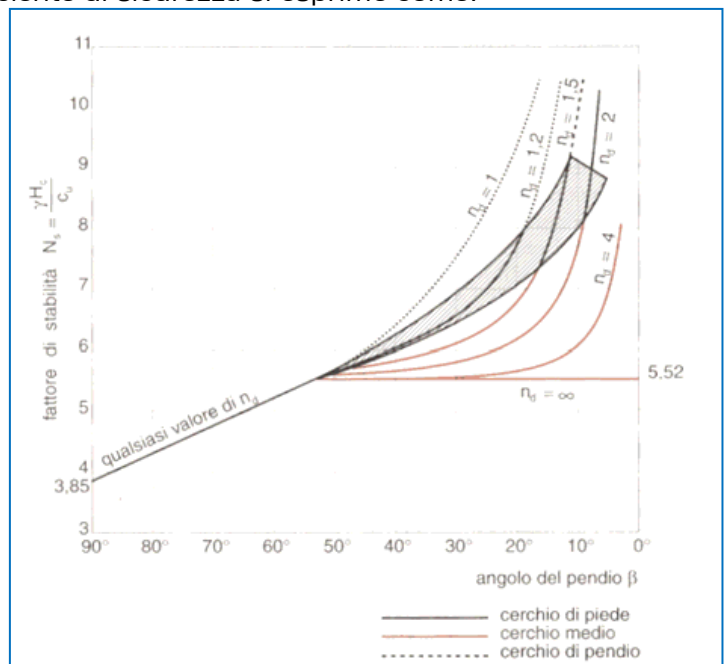
Ipotizzando uno scavo di altezza pari a 3,00 metri, il coefficiente di sicurezza diventerebbe $F = H_c / H = 5,3$ quindi accettabile.

I dati suggeriti sono comunque da ritenere **teorici** per uno scavo verticale non armato; **si rimanda, comunque, al responsabile della sicurezza sul cantiere la verifica dell'applicabilità di tale dato, teorico, sulla base delle osservazioni degli scavi e delle reali condizioni in cui si sviluppano i lavori ed eventualmente dell'uso di appropriati mezzi di sostegno.**

Particolare attenzione deve essere posta alla eventuale comparsa di fessurazioni, fratture o rigonfiamenti sulle pareti esposte, dopo lo scavo; questi sintomi indicano la decompressione dei terreni e l'abbattimento dei parametri meccanici; in questo caso il valore della c_u deve essere ritenuto molto più basso di quanto indicato e l'altezza critica deve essere assunta rigorosamente pari alla metà di quanto suggerito.

Uguale prudenza deve essere posta nel caso di scavi in presenza di acqua; nel caso è senz'altro indispensabile operare con la massima prudenza e adottare tutte le opportune precauzioni per assicurare la stabilità degli scavi e la sicurezza degli operatori.

Nel corso dell'escavazione si dovrà avere cura di depositare il terreno scavato alla massima distanza possibile dal ciglio dello scavo; un eventuale appesantimento localizzato in vicinanza dello scavo avrebbe come risultato una proporzionale riduzione dell'altezza ammissibile.



5.5 Spinta delle terre

Il calcolo viene sviluppato secondo quanto consigliato da Rankine, che definisce la spinta attiva esercitata ad 1/3 dell'altezza dello sbanco calcolato dalla base, secondo la nota legge:

$$P_a = (\gamma \times H_1^2 / 2 \times K_a) + (\gamma_a \times H_2^2 / 2) + (q \times K_a) \quad \text{dove:}$$

γ = Densità naturale:	2 t/mc
γ_a = peso del terreno in acqua:	1 t/mc
\emptyset = angolo di attrito interno:	15°
H_1^2 = altezza dello sbanco sopra il livello dell'acqua:	3,00 mt.
H_2^2 = altezza dello sbanco sotto il livello dell'acqua:	0,00 mt.
q = sovraccarico:	0 t/mq
K_a = coefficiente di spinta attiva = $\tan^2(45 - \emptyset/2)$.	0,59

Si fa notare che in funzione della natura molto assortita della litologia dei terreni in cui la frazione sabbiosa è sempre presente, più o meno abbondante, è stato adottato un valore medio di angolo di attrito interno di 15°.

Sulla base dei parametri precedenti, assumendo uno sbanco di altezza uguale a 3,00 metri, in assenza di falda superficiale, risulta una spinta pari a circa 5,3 t/m.l.

5.6 Stima della Q_{lim} .

La *capacità portante* (o *carico limite*, q_{lim}) rappresenta la pressione massima che una fondazione può trasmettere al terreno prima che questo raggiunga la rottura.

Il carico limite dipende, quindi, dalla larghezza della fondazione, B e dall'angolo di resistenza al taglio del terreno, ϕ ; dipende inoltre da:

- coesione, c ;
- peso proprio del terreno, γ , interno alla superficie di scorrimento;
- sovraccarico presente ai lati della fondazione (pari a $q = \gamma_1 \cdot D$ in assenza di carichi esterni sul piano campagna).

Nell'ambito del presente documento viene attuata una prima stima della pressione ammissibile massima, esclusivamente sulla base dei dati geologici conosciuti e tenendo conto di indicative caratteristiche di fondazioni superficiali quadrate (plinti).

Si sottolinea e si rimarca che si tratta di una pura e semplice indicazione che non ha alcun riferimento con l'edificio o gli edifici che potranno essere realizzati nell'area, per i quali sarà necessario l'adeguato approfondimento di indagine da eseguirsi nella sede opportuna.

Si stima la pressione massima ammissibile secondo l'equazione generale proposta da Vesic (1975):

$$Q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma \quad (\text{in condizioni drenate})$$

$$Q_{lim} = c_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot g_q \quad (\text{in condizioni non drenate})$$

dove:

- γ = peso di volume del terreno (γ' p.vol.t. immerso)
- B = dimensione minore della fondazione
- $q' = \gamma \cdot H$ = carico preesistente al piano fondazione
- c' = coesione drenata
- c_u = coesione non drenata
- N_c, N_q, N_γ = fattori di capacità portante, correlati all'angolo di res. al taglio ϕ
- s_c, s_q, s_γ = fattori di forma della fondazione
- i_c, i_q, i_γ = fattori correttivi per inclin. del carico
- b_c, b_q, b_γ = fattori correttivi per inclinazione della base della fondazione
- g_c, g_q, g_γ = fattori correttivi per piano campagna inclinato
- d_c, d_q = fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa

Ai fini della presente stima, possono essere trascurati i fattori:
 - i : inclinazione del carico;



- b: inclinazione della base della fondazione;
- g: inclinazione del piano di campagna.

Relativamente alla fondazione vengono adottate in via indicativa le seguenti caratteristiche:

- profondità di posa = m. 2,00 (rispetto al piano di campagna attuale);
- fondazione su plinti con dimensione di metri 2,50 x 2,50.

Si vuole precisare che ai fini delle successive valutazioni, utilizzando un approccio prudente, si è scelto di operare con parametri meccanici del terreno molto conservativi, riferiti alla tabella di pagina 27/28, che raccoglie i dati medi risultanti dalle prove penetrometriche di riferimento.

In particolare sono stati scelti i seguenti parametri:

- c' = coesione drenata: 0,01 kg/cmq
- c_u = coesione non drenata: 0,8 kg/cmq
- ϕ' = angolo di attrito interno drenato: 0 (non si considera l'apporto della resistenza al taglio).

Considerando la falda assente, l'applicazione della formula vista in precedenza porta ai seguenti risultati "CARATTERISTICI":

Analisi in termini di tensioni efficaci: $Q_{lim} = 4,88 \text{ kg/cmq} = 478,7 \text{ kPa}$

Analisi in termini di tensioni totali: $Q_{lim} = 7,31 \text{ kg/cmq} = 716,7 \text{ kPa}$

In sede di relazione geotecnica dovranno essere eseguite le verifiche allo SLU di tipo geotecnico (GEO) nei confronti del collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II, 6.4.I delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC-18).



6. CONCLUSIONI.

Lo scopo della presente relazione era quello di caratterizzare dal punto di vista geologico e morfologico l'area ubicata all'interno dello Stabilimento CAVIRO, in via Convertite 6, nel Comune di Faenza, interessata da due progetti, di cui uno per la realizzazione di un nuovo impianto di compostaggio in locale chiuso e l'altro per la realizzazione di manufatti in cca per il potenziamento dell'impianto di depurazione.

Inoltre, nel presente studio sono stati determinati i parametri meccanici "tipo" e d è stata elaborata anche una analisi indicativa delle capacità portanti dei terreni di fondazione, tenendo conto di quanto prescritto dalla normativa, con particolare riferimento a "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. 17 gennaio 2018 e correlata Circolare Esplicativa approvata in data 27/07/2018 dal Consiglio Superiore dei LL.PP.

Le indagini che sono state esaminate ai fini della presente indagine, evidenziano che il sito in questione è caratterizzato, fino alla profondità di indagine, da un deposito alluvionale composto da una successione, pseudo orizzontale, di strati da sottili a medi, prevalentemente rappresentati da argille e limi sabbiosi da consistenti a molto consistenti intercalati con alcuni livelli argillosi molli ed alcuni livelli in cui si evidenzia un aumento della frazione limo sabbiosa e sabbiosa.

Da quanto fin qui relazionato e tenendo conto delle premesse precedenti, si può, senz'altro dichiarare la fattibilità geologica dell'intervento in oggetto.

Forlì, marzo 2019

il geologo
Dott. Piero Feralli



PROVE PENETROMETRICHE STATICHE



- CPT 2 – Prova penetrometrica statica n. 2 : febbraio 2019
Profondità di prova: metri 22,40 dal p. di campagna
Livello prima falda: - 4,10 m. da p. c.
- CPT 3 – Prova penetrometrica statica n. 3 : febbraio 2019
Profondità di prova: metri 21,40 dal p. di campagna
Livello prima falda: - 2,80 m. da p. c.
- CPT 5 – Prova penetrometrica statica n. 5 : febbraio 2019
Profondità di prova: metri 22,60 dal p. di campagna
Livello prima falda: - 3,80 m. da p. c.
- CPT 7 – Prova penetrometrica statica n. 7 : febbraio 2019
Profondità di prova: metri 23,20 dal p. di campagna
Livello prima falda: - 4,00 m. da p. c.
- CPTU 1 – Prova penetrometrica statica n. 1 : febbraio 2019
Profondità di prova: metri 21,75 dal p. di campagna
Livello prima falda: - 2,00 m. da p. c.
- CPTU 4 – Prova penetrometrica statica n. 4 : febbraio 2019
Profondità di prova: metri 21,00 dal p. di campagna
Livello prima falda: - 1,70 m. da p. c.
- CPTU 6 – Prova penetrometrica statica n. 6 : febbraio 2019
Profondità di prova: metri 22,00 dal p. di campagna
Livello prima falda: - 2,20 m. da p. c.



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT**2**

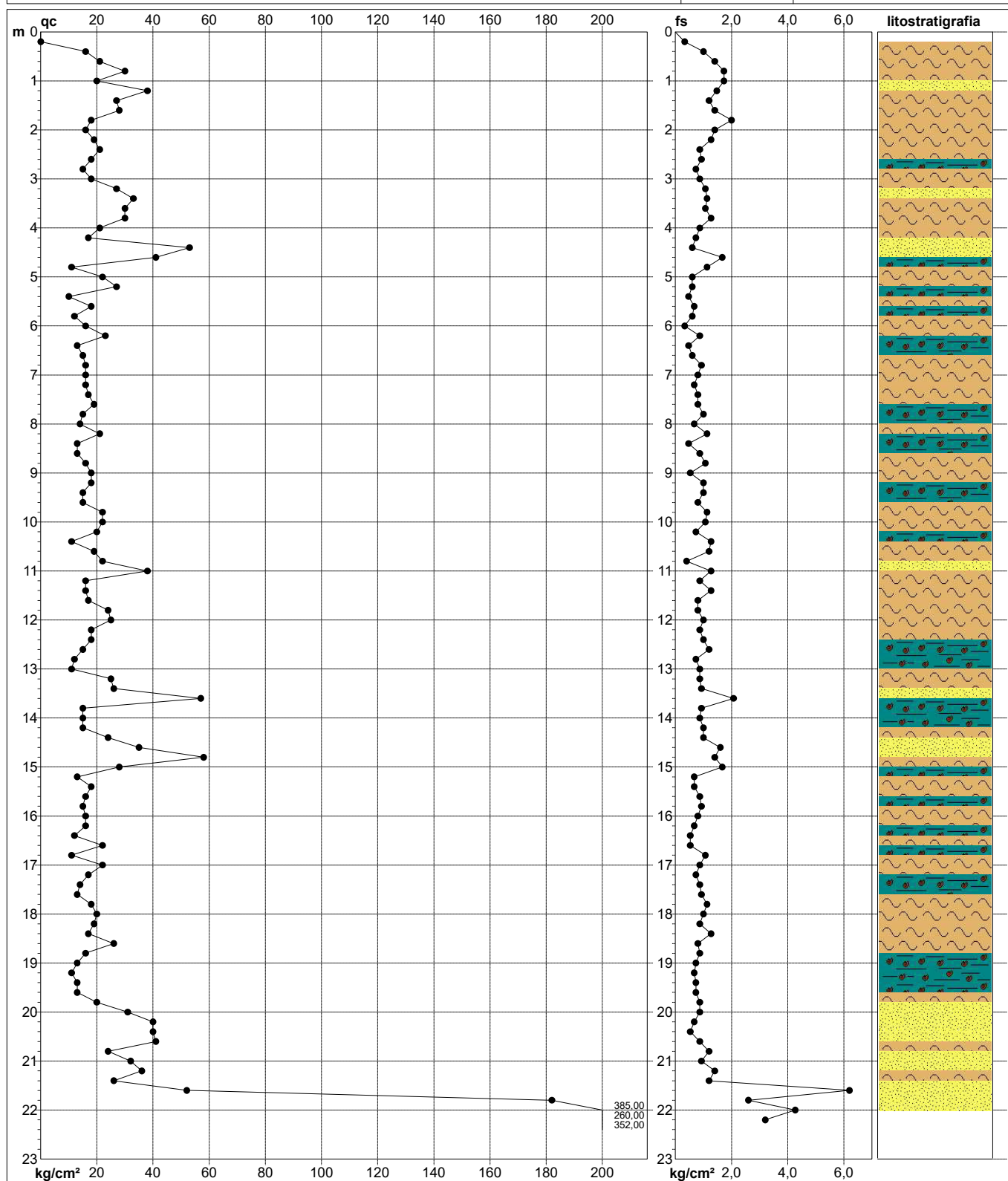
Riferimento

022-2019

Committente **CAVIRO**
 Cantiere **AMPLIAMENTO STABILIMENTO FAENZA**
 Località **FAENZA-RA-**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: **1:115**
 Pagina **1**
 Elaborato

Data esec. **28/02/2019**
 Quota inizio:
 Falda **-4.10**



Litology: Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone
 Penetrometro: TG63-200Stat
 Responsabile: Dr. Geol.Diego Merlin
 Assistente:

preforo m
 Corr.astine: kg/ml
 Cod. tip:

FON035

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT**2**

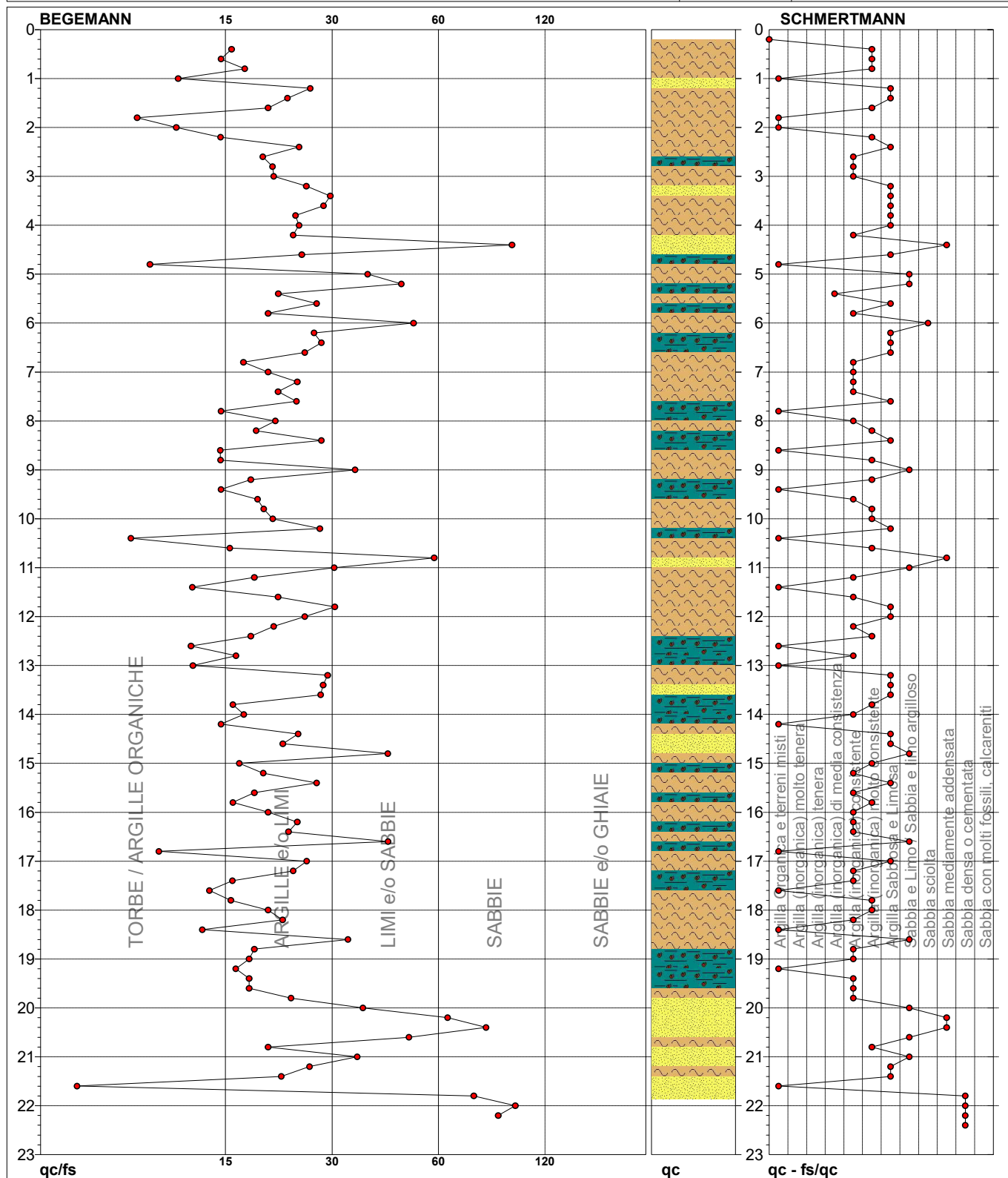
Riferimento

022-2019

Committente **CAVIRO**
 Cantiere **AMPLIAMENTO STABILIMENTO FAENZA**
 Località **FAENZA-RA-**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: **1:115**
 Pagina **1**
 Elaborato

Data esec. **28/02/2019**
 Falda **-4.10**



TORBE / ARGILLE OR	20 punti, 17,86%	Argilla Organica e terreni misti	17 punti, 15,18%	Argilla Sabbiosa e Limosa	27 punti, 24,11%
ARGILLE e/o LIMI	74 punti, 66,07%	Argilla (inorganica) di media consistenza	1 punti, 0,89%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	10 punti, 8,93%
LIMI e/o SABBIE	12 punti, 10,71%	Argilla (inorganica) consistente	29 punti, 25,89%	Sabbia sciolta	1 punti, 0,89%
SABBIE	5 punti, 4,46%	Argilla (inorganica) molto consistente	18 punti, 16,07%	Sabbia mediamente addensata	4 punti, 3,57%
				Sabbia densa o cementata	3 punti, 2,68%

FON035

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA											CPT		2										
PARAMETRI GEOTECNICI											Riferimento		022-2019										
Committente		CAVIRO									U.M.: kg/cm²		Data eseg.		28/02/2019								
Cantiere		AMPLIAMENTO STABILIMENTO FAENZA									Pagina 1												
Località		FAENZA-RA-									Elaborato		Falda		-4.10								
NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE												
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0.20	--	--	?	1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	16.00	16.00	2	1.85	0.07	157	0.70	99.9	118.3	177.4	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.60	21.00	15.00	4	1.85	0.11	174	0.82	76.9	140.0	210.0	63.0	72	40	36	33	31	40	27	35.0	52.5	63.0	--	--
0.80	30.00	17.34	4	1.85	0.15	199	1.00	68.4	170.0	255.0	90.0	77	41	36	33	31	40	29	50.0	75.0	90.0	--	--
1.00	20.00	11.56	4	1.85	0.19	171	0.80	39.2	136.0	204.0	60.0	58	38	33	30	28	37	27	33.3	50.0	60.0	--	--
1.20	38.00	25.85	4	1.85	0.22	218	1.27	55.4	215.3	323.0	114.0	75	40	35	33	30	39	30	63.3	95.0	114.0	--	--
1.40	27.00	22.50	4	1.85	0.26	192	0.95	31.8	161.1	241.6	81.0	60	38	33	30	28	37	28	45.0	67.5	81.0	--	--
1.60	28.00	20.00	4	1.85	0.30	194	0.97	27.5	164.1	246.2	84.0	58	38	32	29	28	37	28	46.7	70.0	84.0	--	--
1.80	18.00	9.00	2	1.85	0.33	164	0.75	17.3	127.5	191.3	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.00	16.00	11.43	2	1.85	0.37	157	0.70	13.8	118.3	177.4	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.20	19.00	14.96	2	1.85	0.41	168	0.78	14.1	131.8	197.8	58.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.40	21.00	24.14	4	1.85	0.44	174	0.82	13.6	140.0	210.0	63.0	38	36	29	26	24	33	27	35.0	52.5	63.0	--	--
2.60	18.00	19.35	2	1.85	0.48	164	0.75	10.9	127.5	191.3	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.80	15.00	20.55	2	1.85	0.52	154	0.67	8.6	122.8	184.2	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.00	18.00	20.69	2	1.85	0.56	164	0.75	9.1	131.9	197.8	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.20	27.00	25.23	4	1.85	0.59	192	0.95	11.3	161.1	241.6	81.0	40	36	29	26	24	33	28	45.0	67.5	81.0	--	--
3.40	33.00	29.20	4	1.85	0.63	207	1.10	12.6	180.7	280.5	99.0	45	37	29	26	25	33	29	55.0	82.5	99.0	--	--
3.60	30.00	28.04	4	1.85	0.67	199	1.00	10.4	170.0	255.0	90.0	41	36	29	26	24	33	29	50.0	75.0	90.0	--	--
3.80	30.00	23.62	4	1.85	0.70	199	1.00	9.8	170.8	256.2	90.0	39	36	28	25	24	32	29	50.0	75.0	90.0	--	--
4.00	21.00	24.14	4	1.85	0.74	174	0.82	7.2	184.0	276.0	63.0	26	34	26	23	22	30	27	35.0	52.5	63.0	--	--
4.20	17.00	23.29	2	1.85	0.78	161	0.72	5.7	208.3	312.4	54.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.40	53.00	88.33	3	1.85	0.81	247	--	--	--	--	--	55	38	31	28	26	35	31	88.3	132.5	159.0	--	--
4.60	41.00	24.55	4	1.85	0.85	224	1.37	11.4	232.3	348.5	123.0	45	37	29	26	24	33	30	68.3	102.5	123.0	--	--
4.80	11.00	9.73	2	1.85	0.89	137	0.54	3.3	249.1	373.6	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.00	22.00	36.67	2	1.85	0.93	177	--	--	--	--	--	22	34	26	22	21	29	28	36.7	55.0	66.0	--	--
5.20	27.00	45.00	3	1.85	0.96	192	--	--	--	--	--	28	35	26	23	22	30	28	45.0	67.5	81.0	--	--
5.40	10.00	21.28	2	1.85	1.00	132	0.50	2.6	260.1	390.1	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.60	18.00	26.87	2	1.85	1.04	164	0.75	4.2	289.3	434.0	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.80	12.00	20.00	2	1.85	1.07	141	0.57	2.9	288.3	432.5	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.00	16.00	48.48	4	1.85	1.11	157	0.70	3.5	313.0	469.5	51.8	6	32	23	20	19	26	27	26.7	40.0	48.0	--	--
6.20	23.00	26.44	4	1.85	1.15	180	0.87	4.4	320.1	480.2	69.0	18	33	25	21	20	28	28	38.3	57.5	69.0	--	--
6.40	13.00	27.66	2	1.85	1.18	145	0.60	2.7	311.6	467.4	46.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.60	15.00	25.00	2	1.85	1.22	154	0.67	2.9	331.7	497.6	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.80	16.00	17.20	2	1.85	1.26	157	0.70	3.0	343.5	515.3	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.00	16.00	20.00	2	1.85	1.30	157	0.70	2.9	349.3	524.0	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.20	16.00	23.88	2	1.85	1.33	157	0.70	2.8	354.6	531.9	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.40	17.00	21.25	2	1.85	1.37	161	0.72	2.8	366.5	549.8	54.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.60	19.00	23.75	2	1.85	1.41	168	0.78	3.0	383.6	575.3	58.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.80	15.00	15.00	2	1.85	1.44	154	0.67	2.4	358.1	537.1	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.00	14.00	20.90	2	1.85	1.48	150	0.64	2.2	349.8	524.6	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.20	21.00	18.58	4	1.85	1.52	174	0.82	2.9	411.1	616.7	63.0	8	32	23	19	18	26	27	35.0	52.5	63.0	--	--
8.40	13.00	27.66	2	1.85	1.55	145	0.60	1.9	340.8	511.3	46.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.60	13.00	14.94	2	1.85	1.59	145	0.60	1.9	342.6	513.8	46.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.80	16.00	14.95	2	1.85	1.63	157	0.70	2.2	383.0	574.5	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.00	18.00	33.96	4	1.85	1.67	164	0.75	2.3	406.3	609.5	56.2	1	31	22	18	17	25	27	30.0	45.0	54.0	--	--
9.20	18.00	18.00	2	1.85	1.70	164	0.75	2.3	409.2	613.8	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.40	15.00	15.00	2	1.85	1.74	154	0.67	1.9	377.0	565.5	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.60	15.00	18.75	2	1.85	1.78	154	0.67	1.8	378.6	568.0	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.80	22.00	19.47	4	1.85	1.81	177	0.85	2.4	452.8	679.2	66.0	5	32	22	19	18	25	28	36.7	55.0	66.0	--	--
10.00	22.00	20.56	4	1.85	1.85	177	0.85	2.4	456.1	684.1	66.0	5	32	22	19	18	25	28	36.7	55.0	66.0	--	--
10.20	20.00	27.40	4	1.85	1.89	171	0.80	2.1	441.5	662.2	60.0	1	31	22	18	17	25	27	33.3	50.0	60.0	--	--
10.40	11.00	8.66	2	1.85	1.92	137	0.54	1.3	317.5	476.3	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.60	19.00	15.83	2	1.85	1.96	168	0.78	2.0	435.6	653.3	58.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.80	22.00	55.00	3	1.85	2.00	177	--	--	--	--	--	3	32	22	18	17	25	28	36.7	55.0	66.0	--	--
11.00	38.00	29.92	4	1.85	2.04	218	1.27	3.5	573.4	860.1	114.0	21	34	24	21	20	28	30	63.3	95.0	114.0	--	--
11.20	16.00	18.39	2	1.85	2.07	157	0.70	1.6	402.8	604.2	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.40	16.00	12.60	2	1.85	2.11	157	0.70	1.6	403.8	605.7	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.60	17.00	21.25	2	1.85	2.15	161	0.72	1.6	418.6	627.9	54.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.80	24.00	30.00	4	1.85	2.18	183	0.89	2.0	448.8	743.6	72.0	4	32	22	18	17	25	28	40.0	60.0	72.0	--	--
12.00	25.00	25.00	4	1.85	2.22	186	0.91	2.1	506.3	759.5	75.0	5	32	22	18	17	25	28	41.7	62.5	75.0	--	--
12.20	18.00	20.69	2	1.85	2.26	164	0.75	1.6	434.9	652.4	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12.40	18.00	18.00	2	1.85	2.29	164	0.75	1.6	435.9	653.9	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12.60	15.00	12.50	2	1.85	2.33	154	0.67	1.3	393.6	590.3	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12.80	12.00	16.44	2	1.85	2.37	141	0.57	1.1	341.9	512.8	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13.00	11.00	12.64	2	1.85	2.41	137	0.54	1.0	322.0	482.9	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13.20	25.00																						

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT**3**

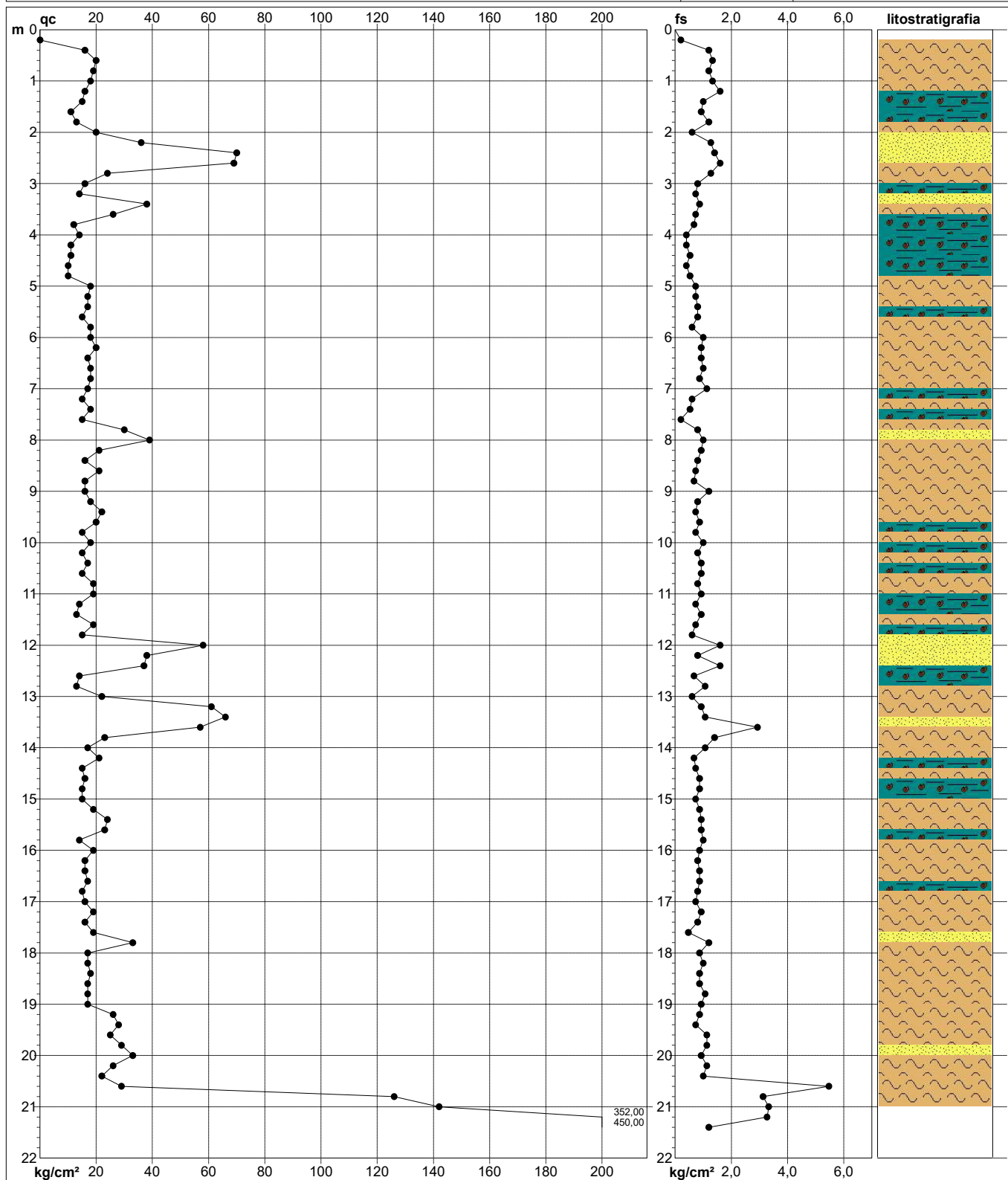
Riferimento

022-2019

Committente **CAVIRO**
 Cantiere **AMPLIAMENTO STABILIMENTO FAENZA**
 Località **FAENZA-RA-**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: **1:110**
 Pagina **1**
 Elaborato

Data esec. **28/02/2019**
 Quota inizio:
 Falda **-2.80**



Litology: **Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone**
 Penetrometro: **TG63-200Stat**
 Responsabile: **Dr. Geol.Diego Merlin**
 Assistente:

preforo **m**
 Corr.astine: **kg/ml**
 Cod. tip:

FON035

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT**3**

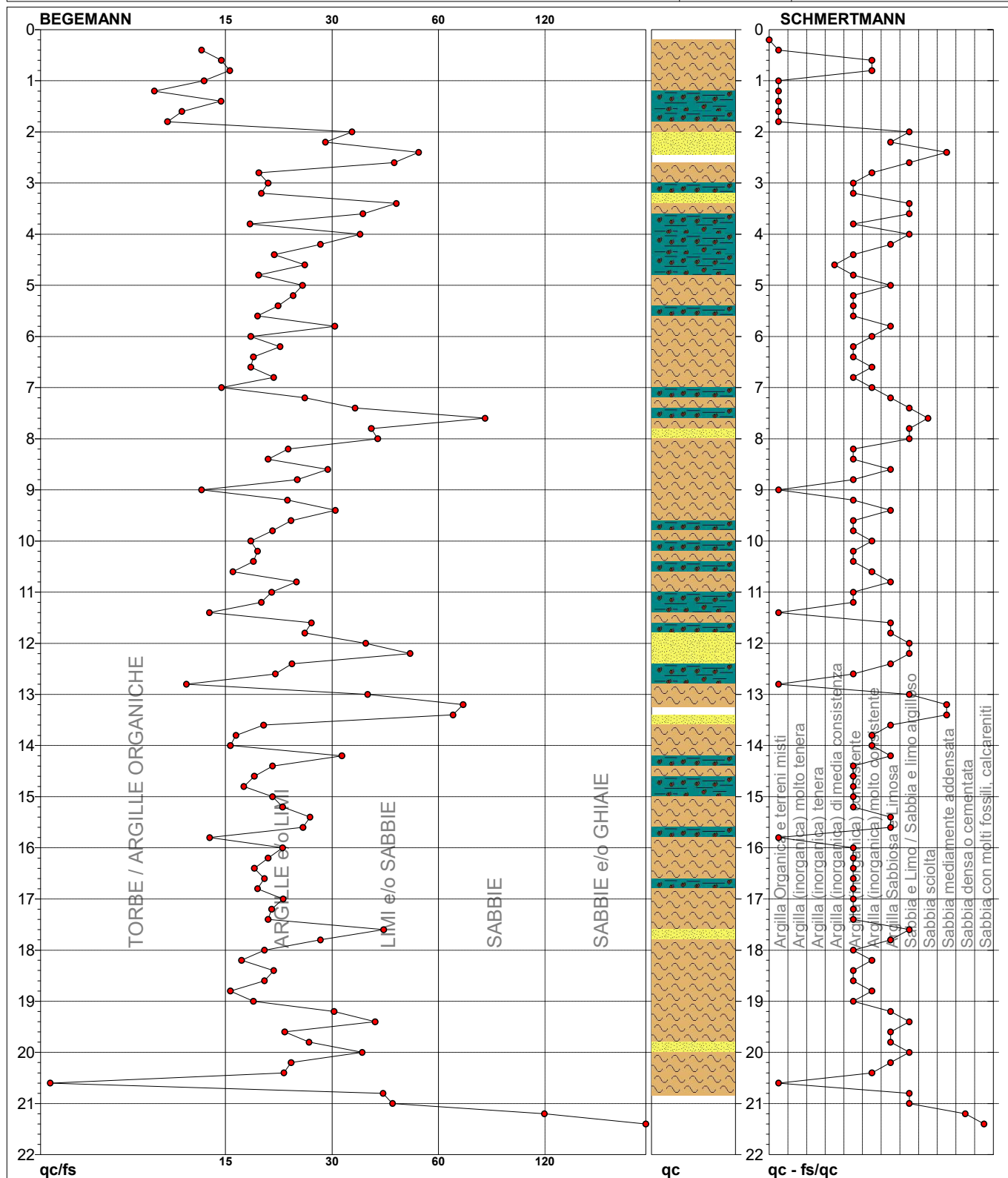
Riferimento

022-2019

Committente **CAVIRO**
 Cantiere **AMPLIAMENTO STABILIMENTO FAENZA**
 Località **FAENZA-RA-**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: 1:110
 Pagina 1
 Elaborato

Data esec. 28/02/2019
 Falda -2.80



TORBE / ARGILLE OR	12 punti, 11,11%	Argilla Organica e terreni misti	11 punti, 10,19%	Argilla Sabbiosa e Limosa	20 punti, 18,52%
ARGILLE e/o LIMI	71 punti, 65,74%	Argilla (inorganica) di media consistenza	1 punti, 0,93%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	16 punti, 14,81%
LIMI e/o SABBIE	19 punti, 17,59%	Argilla (inorganica) consistente	39 punti, 36,11%	Sabbia sciolta	1 punti, 0,93%
SABBIE	4 punti, 3,70%	Argilla (inorganica) molto consistente	13 punti, 12,04%	Sabbia mediamente addensata	3 punti, 2,78%
SABBIE e/o GHIAIE	1 punti, 0,93%			Sabbia densa o cementata	1 punti, 0,93%
				Sabbia con molti fossili, calcareniti	1 punti, 0,93%

FON035

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA											CPT		3																			
PARAMETRI GEOTECNICI											Riferimento		022-2019																			
Committente CAVIRO											U.M.: kg/cm²		Data esec. 28/02/2019																			
Cantiere AMPLIAMENTO STABILIMENTO FAENZA											Pagina 1																					
Località FAENZA-RA-											Elaborato		Falda -2.80																			
											NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2									
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.											
0.20	--	--	?	1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
0.40	16.00	13.33	2	1.85	0.07	157	0.70	99.9	118.3	177.4	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
0.60	20.00	15.04	4	1.85	0.11	171	0.80	74.1	136.0	204.0	60.0	70	40	36	33	31	40	27	33.3	50.0	60.0	--	--									
0.80	19.00	15.83	2	1.85	0.15	168	0.78	49.8	131.8	197.8	58.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
1.00	18.00	13.53	2	1.85	0.19	164	0.75	36.1	127.5	191.3	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
1.20	16.00	10.00	2	1.85	0.22	157	0.70	26.2	118.3	177.4	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
1.40	15.00	15.00	2	1.85	0.26	154	0.67	20.5	113.3	170.0	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
1.60	11.00	11.83	2	1.85	0.30	137	0.54	13.2	91.2	136.8	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
1.80	13.00	10.83	2	1.85	0.33	145	0.60	13.2	102.8	154.2	46.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
2.00	20.00	33.33	4	1.85	0.37	171	0.80	16.5	136.0	204.0	60.0	41	36	30	27	25	34	27	33.3	50.0	60.0	--	--									
2.20	36.00	28.35	4	1.85	0.41	214	1.20	24.3	204.0	306.0	108.0	59	38	32	29	27	36	30	60.0	90.0	108.0	--	--									
2.40	70.00	50.00	3	1.85	0.44	274	--	--	--	--	--	80	41	35	32	30	39	32	116.7	175.0	210.0	--	--									
2.60	69.00	43.13	3	1.85	0.48	273	--	--	--	--	--	77	41	34	32	30	39	32	115.0	172.5	207.0	--	--									
2.80	24.00	18.90	4	1.85	0.52	183	0.89	12.3	151.1	226.7	72.0	39	36	29	26	24	33	28	40.0	60.0	72.0	--	--									
3.00	16.00	20.00	2	1.85	0.56	157	0.70	8.3	132.1	198.2	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
3.20	14.00	19.18	2	1.85	0.59	150	0.64	6.9	149.6	224.3	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
3.40	38.00	43.68	3	1.85	0.63	218	--	--	--	--	--	50	37	30	27	25	34	30	63.3	95.0	114.0	--	--									
3.60	26.00	35.62	2	1.85	0.67	189	--	--	--	--	--	36	36	28	25	23	32	28	43.3	65.0	78.0	--	--									
3.80	12.00	17.91	2	1.85	0.70	141	0.57	4.8	194.8	292.2	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
4.00	14.00	35.00	4	1.85	0.74	150	0.64	5.2	202.9	304.4	48.2	12	33	24	21	20	28	26	23.3	35.0	42.0	--	--									
4.20	11.00	27.50	2	1.85	0.78	137	0.54	4.0	217.3	326.0	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
4.40	11.00	20.75	2	1.85	0.81	137	0.54	3.7	229.6	344.4	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
4.60	10.00	25.00	2	1.85	0.85	132	0.50	3.2	237.1	355.7	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
4.80	10.00	18.87	2	1.85	0.89	132	0.50	3.1	244.2	366.2	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
5.00	18.00	24.66	2	1.85	0.93	164	0.75	4.8	256.4	384.7	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
5.20	17.00	23.29	2	1.85	0.96	161	0.72	4.4	268.5	402.8	54.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
5.40	17.00	21.25	2	1.85	1.00	161	0.72	4.2	279.0	418.5	54.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
5.60	15.00	18.75	2	1.85	1.04	154	0.67	3.6	292.5	438.8	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
5.80	18.00	30.00	4	1.85	1.07	164	0.75	4.0	299.3	448.9	56.2	11	33	24	20	19	27	27	30.0	45.0	54.0	--	--									
6.00	18.00	18.00	2	1.85	1.11	164	0.75	3.8	312.1	468.1	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
6.20	20.00	21.51	4	1.85	1.15	171	0.80	4.0	319.9	479.8	60.0	13	33	24	21	20	27	27	33.3	50.0	60.0	--	--									
6.40	17.00	18.28	2	1.85	1.18	161	0.72	3.4	332.8	499.1	54.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
6.60	18.00	18.00	2	1.85	1.22	164	0.75	3.4	343.4	515.2	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
6.80	18.00	20.69	2	1.85	1.26	164	0.75	3.3	351.8	527.7	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
7.00	17.00	15.04	2	1.85	1.30	161	0.72	3.0	355.0	532.5	54.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
7.20	15.00	25.00	2	1.85	1.33	154	0.67	2.6	346.8	520.2	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
7.40	18.00	33.96	4	1.85	1.37	164	0.75	3.0	372.4	558.7	56.2	5	32	23	19	18	26	27	30.0	45.0	54.0	--	--									
7.60	15.00	75.00	4	1.85	1.41	154	0.67	2.5	354.6	532.0	49.5	--	31	22	18	17	25	27	25.0	37.5	45.0	--	--									
7.80	30.00	37.50	3	1.85	1.44	199	--	--	--	--	--	22	34	25	22	20	28	29	50.0	75.0	90.0	--	--									
8.00	39.00	39.00	3	1.85	1.48	220	--	--	--	--	--	30	35	26	23	21	30	30	65.0	97.5	117.0	--	--									
8.20	21.00	22.58	4	1.85	1.52	174	0.82	2.9	411.1	616.7	63.0	8	32	23	19	18	26	27	35.0	52.5	63.0	--	--									
8.40	16.00	20.00	2	1.85	1.55	157	0.70	2.3	377.6	566.5	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
8.60	21.00	28.77	4	1.85	1.59	174	0.82	2.8	421.7	632.5	63.0	7	32	23	19	18	26	27	35.0	52.5	63.0	--	--									
8.80	16.00	23.88	2	1.85	1.63	157	0.70	2.2	383.0	574.5	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
9.00	16.00	13.33	2	1.85	1.67	157	0.70	2.1	385.4	578.1	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
9.20	18.00	22.50	2	1.85	1.70	164	0.75	2.3	409.2	613.8	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
9.40	22.00	30.14	3	1.85	1.74	177	--	--	--	--	--	6	32	22	19	18	25	28	36.7	55.0	66.0	--	--									
9.60	20.00	22.99	4	1.85	1.78	171	0.80	2.3	433.4	650.1	60.0	3	32	22	18	17	25	27	33.3	50.0	60.0	--	--									
9.80	15.00	20.55	2	1.85	1.81	154	0.67	1.8	380.2	570.2	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
10.00	18.00	18.00	2	1.85	1.85	164	0.75	2.0	418.8	628.1	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
10.20	15.00	18.75	2	1.85	1.89	154	0.67	1.7	382.9	574.3	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
10.40	17.00	18.28	2	1.85	1.92	161	0.72	1.8	410.7	616.1	54.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
10.60	15.00	16.13	2	1.85	1.96	154	0.67	1.6	385.3	577.9	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
10.80	19.00	23.75	2	1.85	2.00	168	0.78	1.9	437.4	656.1	58.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
11.00	19.00	20.43	2	1.85	2.04	168	0.78	1.9	439.1	658.7	58.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
11.20	14.00	19.18	2	1.85	2.07	150	0.64	1.4	372.8	559.2	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
11.40	13.00	13.98	2	1.85	2.11	145	0.60	1.3	356.9	535.3	46.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
11.60	19.00	26.03	2	1.85	2.15	168	0.78	1.8	443.6	665.5	58.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
11.80	15.00	25.00	2	1.85	2.18	154	0.67	1.4	390.8	586.2	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
12.00	58.00	36.25	3	1.85	2.22	256	--	--	--	--	--	34	35	26	23	21	29	31	96.7	145.0	174.0	--	--									
12.20	38.00	47.50	4	1.85	2.26	218	--	--	--	--	--	19	34	24	20	19	27	30	63.3	95.0	114.0	--	--									
12.40	37.00	23.13	4	1.85	2.29	216	1.23	2.9	619.1	928.6	111.0	18	33	24	20	19	27	30	61.7	92.5	111.0	--	--									
12.60	14.00	20.90	2	1.85	2.33	150	0.64	1.2	377.3	565.9	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
12.80	13.00	12.15	2	1.85	2.37	145	0.60	1.1	360.4	540.6	46.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--									
13.00	22.00	36.67	3	1.85	2.41	177	--	--	--	--	--	--	31	21	17	16	25	28	36.7	55.0	66.0	--	--									
13.20	61.00	65.59	3	1.85	2.44	260	--	--	--	--	--	33	35	26	23	21	29	32	101.7	152.5	183.0	--	--									
13.40	66.00	61.68	3	1.85	2.48	268	--	--	--	--	--	36	36	26	23																	

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT**5**

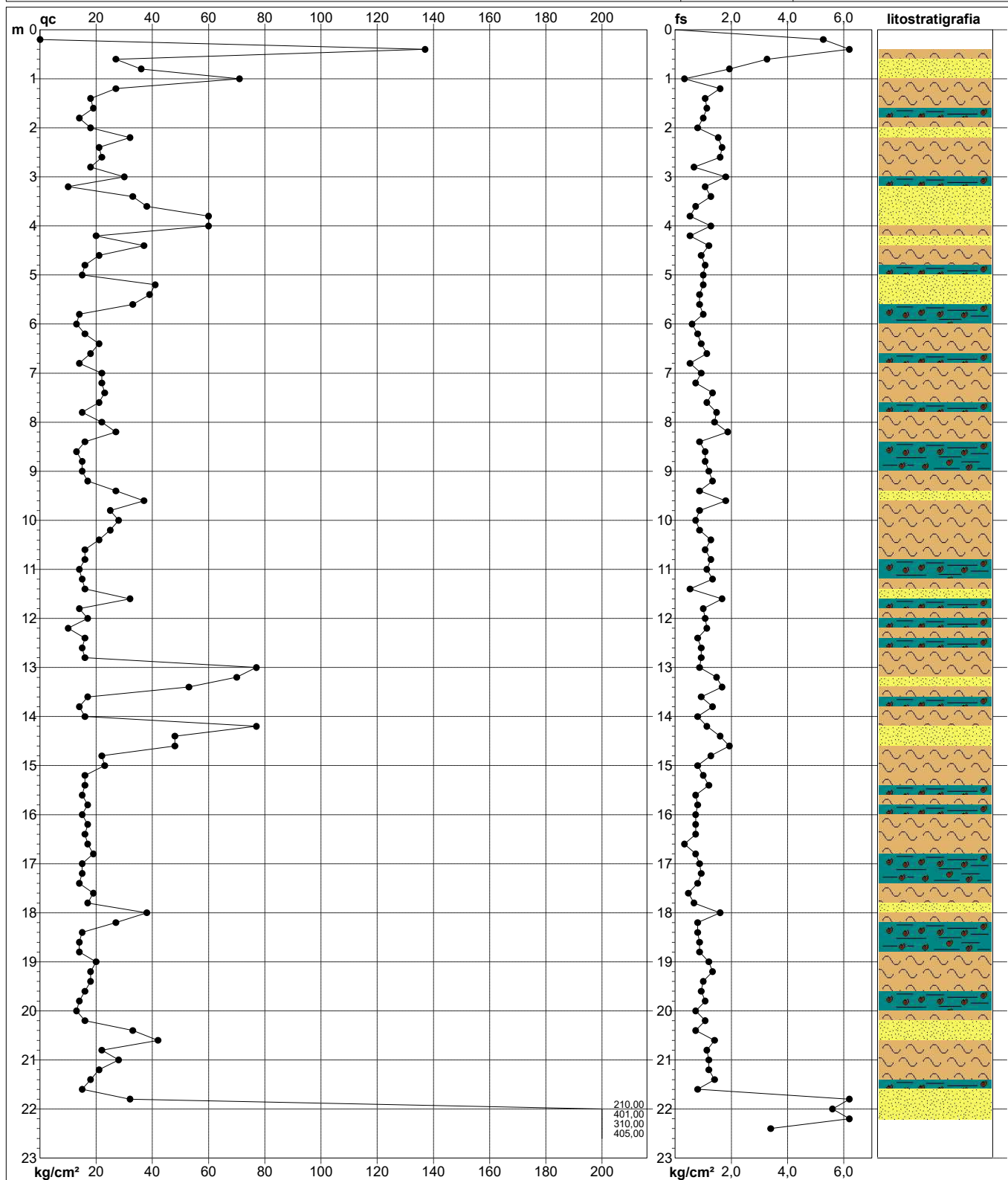
Riferimento

022-2019

Committente **CAVIRO**
 Cantiere **AMPLIAMENTO STABILIMENTO FAENZA**
 Località **FAENZA-RA-**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: **1:115**
 Pagina **1**
 Elaborato

Data esec. **28/02/2019**
 Quota inizio:
 Falda **-3.80**



Litology: Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone
 Penetrometro: TG63-200Stat
 Responsabile: Dr. Geol.Diego Merlin
 Assistente:

preforo m
 Corr.astine: kg/ml
 Cod. tip:

FON035

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

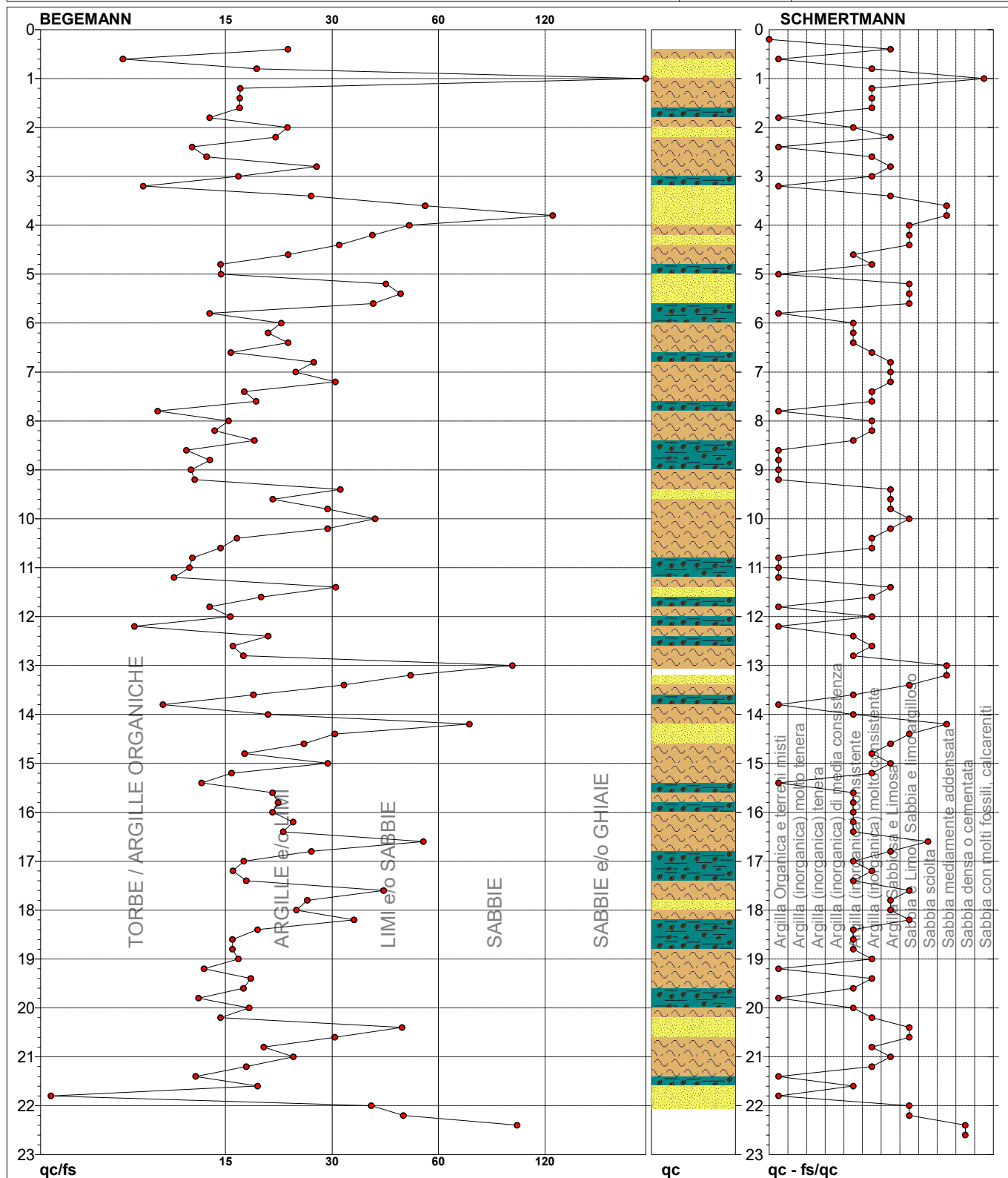
Riferimento

5**022-2019**

Committente **CAVIRO**
 Cantiere **AMPLIAMENTO STABILIMENTO FAENZA**
 Località **FAENZA-RA-**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: **1:115**
 Pagina **1**
 Elaborato

Data esec. **28/02/2019**
 Falda **-3.80**



TORBE / ARGILLE OR	28 punti, 24,78%	Argilla Organica e terreni misti	22 punti, 19,47%	Argilla Sabbiosa e Limosa	18 punti, 15,93%
ARGILLE e/o LIMI	60 punti, 53,10%	Argilla (inorganica) consistente	23 punti, 20,35%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	15 punti, 13,27%
LIMI e/o SABBIE	19 punti, 16,81%	Argilla (inorganica) molto consistente	25 punti, 22,12%	Sabbia sciolta	1 punti, 0,88%
SABBIE	4 punti, 3,54%			Sabbia mediamente addensata	5 punti, 4,42%
SABBIE e/o GHIAIE	1 punti, 0,88%			Sabbia densa o cementata	1 punti, 0,88%
				Sabbia con molti fossili, calcareniti	1 punti, 0,88%

FON035

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA						CPT	5
PARAMETRI GEOTECNICI						Riferimento	022-2019

Committente	CAVIRO	U.M.:	kg/cm²	Data esec.	28/02/2019
Cantiere	AMPLIAMENTO STABILIMENTO FAENZA	Pagina	1		
Località	FAENZA-RA-	Elaborato		Falda	-3.80

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0.20	--	--		1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	137,00	22,57	4	1,85	0,07	353	4,57	99,9	776,3	1164,5	411,0	100	43	47	45	42	45	35	228,3	342,5	411,0	--	--
0.60	27,00	8,26	4	1,85	0,11	192	0,95	91,6	161,1	241,6	81,0	81	41	37	34	32	41	28	45,0	67,5	81,0	--	--
0.80	36,00	18,65	4	1,85	0,15	214	1,20	85,9	204,0	306,0	108,0	83	41	37	34	32	41	30	60,0	90,0	108,0	--	--
1.00	71,00	215,15	3	1,85	0,19	276	--	--	--	--	--	100	43	39	37	34	43	32	118,3	177,5	213,0	--	--
1.20	27,00	16,88	4	1,85	0,22	192	0,95	38,5	161,1	241,6	81,0	64	39	34	31	29	38	28	45,0	67,5	81,0	--	--
1.40	18,00	16,82	2	1,85	0,26	164	0,75	23,7	127,5	191,3	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.60	19,00	16,81	2	1,85	0,30	168	0,78	20,9	131,8	197,8	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.80	14,00	14,00	2	1,85	0,33	150	0,64	14,1	108,2	162,3	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.00	18,00	22,50	2	1,85	0,37	164	0,75	15,2	127,5	191,3	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.20	32,00	20,92	4	1,85	0,41	204	1,07	20,9	181,3	272,0	96,0	55	38	31	28	27	36	29	53,3	80,0	96,0	--	--
2.40	21,00	12,57	4	1,85	0,44	174	0,82	13,6	140,0	210,0	63,0	38	36	29	26	24	33	27	35,0	52,5	63,0	--	--
2.60	22,00	13,75	4	1,85	0,48	177	0,85	12,7	143,8	215,8	66,0	38	36	29	26	24	33	28	36,7	55,0	66,0	--	--
2.80	18,00	26,87	2	1,85	0,52	164	0,75	10,0	127,5	191,3	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.00	30,00	16,67	4	1,85	0,56	199	1,00	13,1	170,0	255,0	90,0	45	37	30	27	25	34	29	50,0	75,0	90,0	--	--
3.20	10,00	9,35	2	1,85	0,59	132	0,50	5,1	163,0	244,4	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.40	33,00	25,98	4	1,85	0,63	207	1,10	12,6	187,0	280,5	99,0	45	37	29	26	25	33	29	55,0	82,5	99,0	--	--
3.60	38,00	52,05	3	1,85	0,67	218	--	--	--	--	--	49	37	30	27	25	34	30	63,3	95,0	114,0	--	--
3.80	60,00	113,21	3	1,85	0,70	259	--	--	--	--	--	63	39	32	29	27	36	32	100,0	150,0	180,0	--	--
4.00	60,00	47,24	3	1,85	0,74	259	--	--	--	--	--	62	39	32	29	27	36	32	100,0	150,0	180,0	--	--
4.20	20,00	37,74	4	1,85	0,78	171	0,80	6,5	200,1	300,2	60,0	23	34	26	23	21	29	27	33,3	50,0	60,0	--	--
4.40	37,00	30,83	3	1,85	0,81	216	--	--	--	--	--	43	36	29	26	24	33	30	61,7	92,5	111,0	--	--
4.60	21,00	22,58	4	1,85	0,85	174	0,82	6,0	224,9	337,4	63,0	22	34	26	22	21	29	27	35,0	52,5	63,0	--	--
4.80	16,00	14,95	2	1,85	0,89	157	0,70	4,6	247,2	370,8	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.00	15,00	15,00	2	1,85	0,93	154	0,67	4,2	258,3	387,5	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.20	41,00	41,00	3	1,85	0,96	224	--	--	--	--	--	42	36	28	25	24	32	30	68,3	102,5	123,0	--	--
5.40	39,00	44,83	3	1,85	1,00	220	--	--	--	--	--	40	36	28	25	23	32	30	65,0	97,5	117,0	--	--
5.60	33,00	37,93	3	1,85	1,04	207	--	--	--	--	--	33	35	27	24	22	31	29	55,0	82,5	99,0	--	--
5.80	14,00	14,00	2	1,85	1,07	150	0,64	3,3	299,7	449,6	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.00	13,00	21,67	2	1,85	1,11	145	0,60	2,9	301,3	451,9	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.20	16,00	20,00	2	1,85	1,15	157	0,70	3,4	321,9	482,9	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.40	21,00	22,58	4	1,85	1,18	174	0,82	4,0	330,5	495,7	63,0	14	33	24	21	20	27	27	35,0	52,5	63,0	--	--
6.60	18,00	15,93	2	1,85	1,22	164	0,75	3,4	343,4	515,2	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.80	14,00	26,42	2	1,85	1,26	150	0,64	2,7	329,4	494,2	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.00	22,00	23,66	4	1,85	1,30	177	0,85	3,7	365,5	548,3	66,0	14	33	24	21	19	27	28	36,7	55,0	66,0	--	--
7.20	22,00	30,14	3	1,85	1,33	177	--	--	--	--	--	13	33	24	20	19	27	28	36,7	55,0	66,0	--	--
7.40	23,00	17,29	4	1,85	1,37	180	0,87	3,6	386,3	579,5	69,0	14	33	24	20	19	27	28	38,3	57,5	69,0	--	--
7.60	21,00	18,58	4	1,85	1,41	174	0,82	3,2	391,5	587,2	63,0	10	32	23	20	19	26	27	35,0	52,5	63,0	--	--
7.80	15,00	10,20	2	1,85	1,44	154	0,67	2,4	358,1	537,1	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.00	22,00	15,71	4	1,85	1,48	177	0,85	3,1	409,1	613,6	66,0	10	32	23	20	19	26	28	36,7	55,0	66,0	--	--
8.20	27,00	14,44	4	1,85	1,52	192	0,95	3,5	427,6	641,4	81,0	17	33	24	21	20	27	28	45,0	67,5	81,0	--	--
8.40	16,00	18,39	2	1,85	1,55	157	0,70	2,3	377,6	566,5	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.60	13,00	12,15	2	1,85	1,59	145	0,60	1,9	342,6	513,8	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.80	15,00	14,02	2	1,85	1,63	154	0,67	2,1	371,3	556,9	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.00	15,00	12,50	2	1,85	1,67	154	0,67	2,0	373,3	560,0	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.20	17,00	12,78	2	1,85	1,70	161	0,72	2,2	398,9	598,4	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.40	27,00	31,03	3	1,85	1,74	192	--	--	--	--	--	13	33	23	20	19	27	28	45,0	67,5	81,0	--	--
9.60	37,00	20,56	4	1,85	1,78	216	1,23	4,0	496,0	743,9	111,0	24	34	25	22	20	28	30	61,7	92,5	111,0	--	--
9.80	25,00	28,74	4	1,85	1,81	186	0,91	2,6	472,5	708,8	75,0	10	32	23	19	18	26	28	41,7	62,5	75,0	--	--
10.00	28,00	38,36	3	1,85	1,85	194	--	--	--	--	--	13	33	23	20	19	26	28	46,7	70,0	84,0	--	--
10.20	25,00	28,74	4	1,85	1,89	186	0,91	2,5	480,6	720,9	75,0	9	32	23	19	18	26	28	41,7	62,5	75,0	--	--
10.40	21,00	16,54	4	1,85	1,92	174	0,82	2,2	453,2	679,8	63,0	2	32	22	18	17	25	27	35,0	52,5	63,0	--	--
10.60	16,00	14,95	2	1,85	1,96	157	0,70	1,7	399,3	598,9	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.80	16,00	12,60	2	1,85	2,00	157	0,70	1,7	400,5	600,8	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.00	14,00	12,39	2	1,85	2,04	150	0,64	1,5	372,0	558,0	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.20	15,00	11,28	2	1,85	2,07	154	0,67	1,5	388,3	582,5	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.40	16,00	30,19	4	1,85	2,11	157	0,70	1,6	403,8	605,7	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.60	32,00	19,16	4	1,85	2,15	204	1,07	2,6	556,6	834,9	96,0	14	33	23	20	19	26	29	53,3	80,0	96,0	--	--
11.80	14,00	14,00	2	1,85	2,18	150	0,64	1,3	375,0	562,4	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12.00	17,00	15,89	2	1,85	2,22	161	0,72	1,5	420,6	631,0	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12.20	10,00	8,85	2	1,85	2,26	132	0,50	1,0	300,0	450,0	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--			

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT**7**

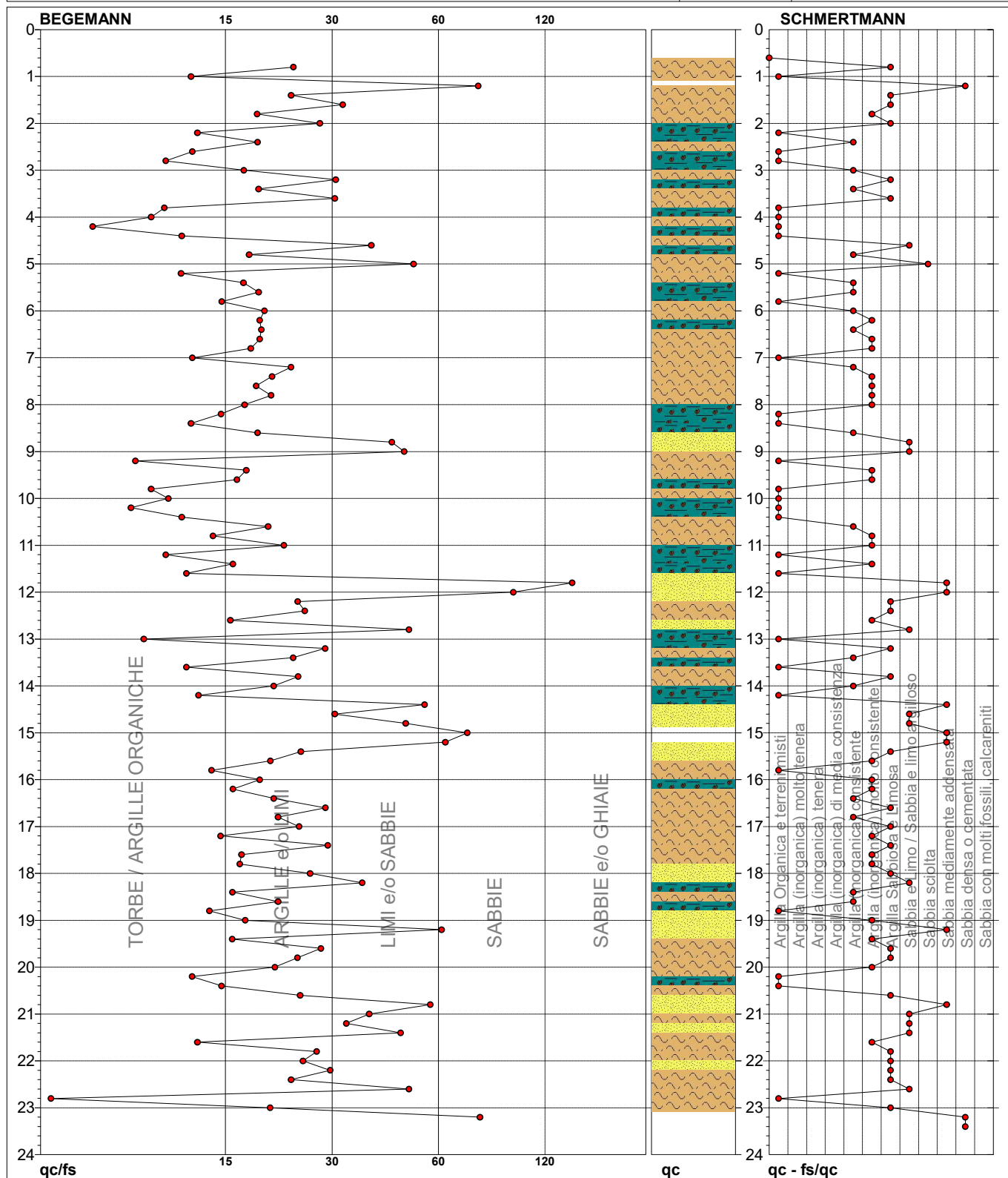
Riferimento

022-2019

Committente **CAVIRO**
 Cantiere **AMPLIAMENTO STABILIMENTO FAENZA**
 Località **FAENZA-RA-**

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

Data esec. **28/02/2019**
 Falda **-4.00**



TORBE / ARGILLE OR	32 punti, 27,35%	Argilla Organica e terreni misti	28 punti, 23,93%	Argilla Sabbiosa e Limosa	23 punti, 19,66%
ARGILLE e/o LIMI	62 punti, 52,99%	Argilla (inorganica) consistente	17 punti, 14,53%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	11 punti, 9,40%
LIMI e/o SABBIE	17 punti, 14,53%	Argilla (inorganica) molto consistente	24 punti, 20,51%	Sabbia sciolta	1 punti, 0,85%
SABBIE	4 punti, 3,42%			Sabbia mediamente addensata	7 punti, 5,98%
SABBIE e/o GHIAIE	1 punti, 0,85%			Sabbia densa o cementata	2 punti, 1,71%

FON035

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT**7**

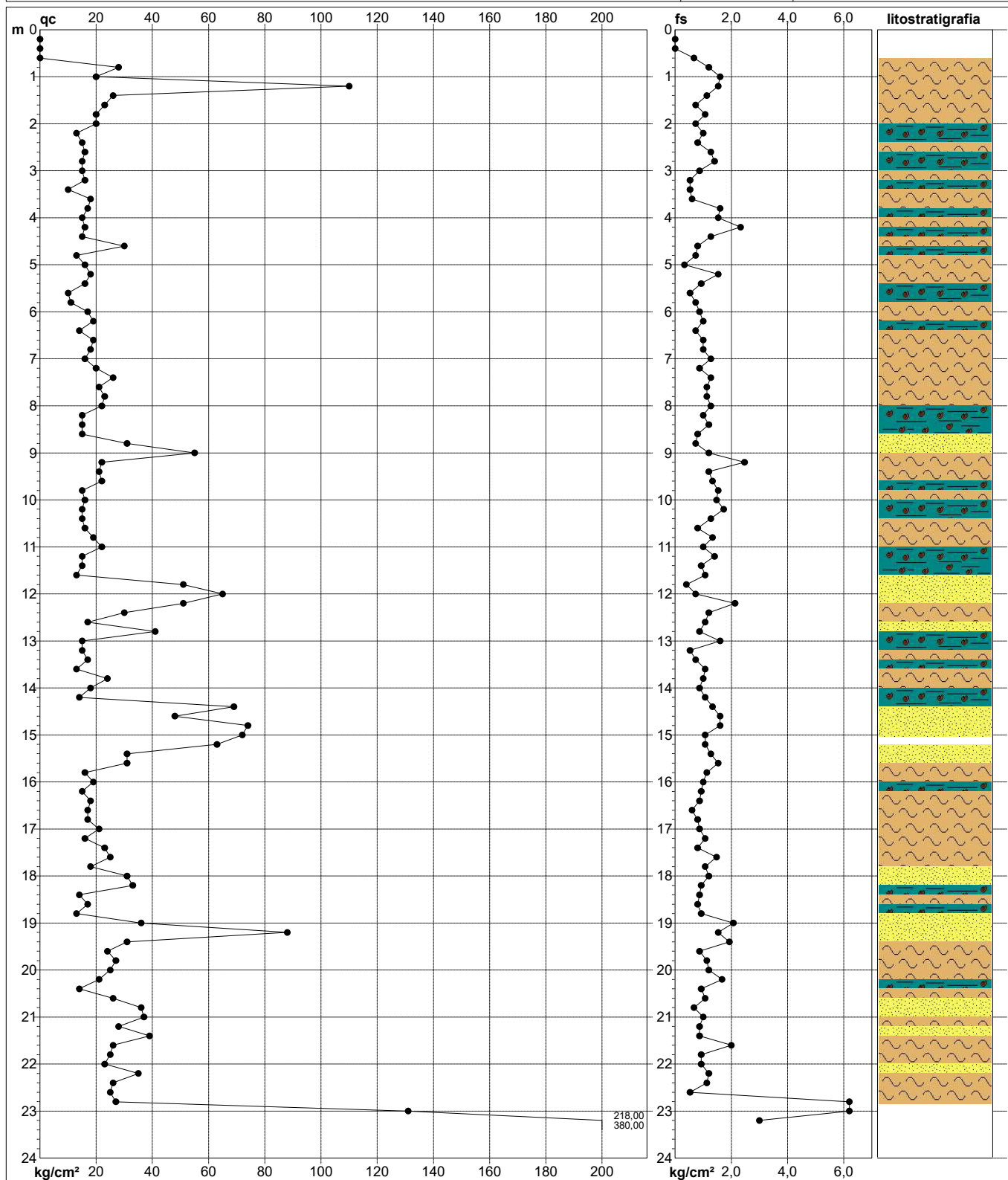
Riferimento

022-2019

Committente **CAVIRO**
 Cantiere **AMPLIAMENTO STABILIMENTO FAENZA**
 Località **FAENZA-RA-**

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

Data eseg. **28/02/2019**
 Quota inizio:
 Falda **-4.00**



Litology: Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone
 Penetrometro: TG63-200Stat
 Responsabile: Dr. Geol.Diego Merlin
 Assistente:

preforo 0,60 m
 Corr.astine: kg/ml
 Cod. tip:

FON035

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA						CPT	7
PARAMETRI GEOTECNICI						Riferimento	022-2019
Committente CAVIRO						U.M.: kg/cm²	Data esec. 28/02/2019
Cantiere AMPLIAMENTO STABILIMENTO FAENZA						Pagina 1	
Località FAENZA-RA-						Elaborato	Falda -4.00

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0,20	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,40	-	-	-	-	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,60	-	-	-	-	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,80	28,00	23,33	4	1,85	0,15	194	0,97	65,5	164,1	246,2	84,0	75	40	36	33	31	40	28	46,7	70,0	84,0	-	-
1,00	20,00	12,50	4	1,85	0,19	171	0,80	39,2	136,0	204,0	60,0	58	38	33	30	28	37	27	33,3	50,0	60,0	-	-
1,20	110,00	71,90	3	1,85	0,22	325	-	-	-	-	-	100	43	41	38	35	44	34	183,3	275,0	330,0	-	-
1,40	26,00	23,01	4	1,85	0,26	189	0,93	31,0	157,9	236,8	78,0	59	38	33	30	28	37	28	43,3	65,0	78,0	-	-
1,60	23,00	31,51	3	1,85	0,30	180	-	-	-	-	-	51	37	31	28	27	36	28	38,3	57,5	69,0	-	-
1,80	20,00	18,69	4	1,85	0,33	171	0,80	18,8	136,0	204,0	60,0	44	36	30	27	25	34	27	33,3	50,0	60,0	-	-
2,00	20,00	27,40	4	1,85	0,37	171	0,80	16,5	136,0	204,0	60,0	41	36	30	27	25	34	27	33,3	50,0	60,0	-	-
2,20	13,00	13,00	2	1,85	0,41	145	0,60	10,3	102,8	154,2	46,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,40	15,00	18,75	2	1,85	0,44	154	0,67	10,4	113,3	170,0	49,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,60	16,00	12,60	2	1,85	0,48	157	0,70	10,0	118,3	177,5	51,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,80	15,00	10,71	2	1,85	0,52	154	0,67	8,6	122,8	184,2	49,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,00	15,00	17,24	2	1,85	0,56	154	0,67	7,9	133,7	200,6	49,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,20	16,00	30,19	4	1,85	0,59	157	0,70	7,7	143,8	215,7	51,8	22	34	26	23	22	30	27	26,7	40,0	48,0	-	-
3,40	10,00	18,87	2	1,85	0,63	132	0,50	4,7	174,8	262,3	40,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,60	18,00	30,00	4	1,85	0,67	164	0,75	7,3	164,7	247,1	56,2	23	34	26	23	22	30	27	30,0	45,0	54,0	-	-
3,80	17,00	10,63	2	1,85	0,70	161	0,72	6,5	181,1	271,7	54,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,00	15,00	9,80	2	1,85	0,74	154	0,67	5,5	200,4	300,7	49,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,20	16,00	6,87	2	1,85	0,78	157	0,70	5,5	210,8	316,3	51,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,40	15,00	11,81	2	1,85	0,81	154	0,67	4,9	225,3	338,0	49,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,60	30,00	37,50	3	1,85	0,85	199	-	-	-	-	-	35	35	27	24	23	31	29	50,0	75,0	90,0	-	-
4,80	13,00	17,81	2	1,85	0,89	145	0,60	3,9	249,3	373,9	46,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,00	16,00	48,48	4	1,85	0,93	157	0,70	4,4	258,2	387,3	51,8	11	33	24	21	19	27	27	26,7	40,0	48,0	-	-
5,20	18,00	11,76	2	1,85	0,96	164	0,75	4,6	267,9	401,9	56,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,40	16,00	17,20	2	1,85	1,00	157	0,70	4,0	278,7	418,1	51,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,60	10,00	18,87	2	1,85	1,04	132	0,50	2,5	264,1	396,2	40,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,80	11,00	15,07	2	1,85	1,07	137	0,54	2,6	279,2	418,9	42,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,00	17,00	19,54	2	1,85	1,11	161	0,72	3,7	313,3	470,0	54,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,20	19,00	19,00	2	1,85	1,15	168	0,78	3,8	322,4	483,7	58,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,40	14,00	19,18	2	1,85	1,18	150	0,64	2,9	319,5	479,2	48,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,60	19,00	19,00	2	1,85	1,22	168	0,78	3,6	344,6	516,9	58,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,80	18,00	18,00	2	1,85	1,26	164	0,75	3,3	351,8	527,7	56,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,00	16,00	12,60	2	1,85	1,30	157	0,70	2,9	349,3	524,0	51,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,20	20,00	22,99	4	1,85	1,33	171	0,80	3,3	373,1	559,7	60,0	10	32	23	20	19	26	27	33,3	50,0	60,0	-	-
7,40	26,00	20,47	4	1,85	1,37	189	0,93	3,9	384,6	576,9	78,0	18	33	24	21	20	28	28	43,3	65,0	78,0	-	-
7,60	21,00	18,58	4	1,85	1,41	174	0,82	3,2	391,5	587,2	63,0	10	32	23	20	19	26	27	35,0	52,5	63,0	-	-
7,80	23,00	20,35	4	1,85	1,44	180	0,87	3,3	404,3	606,5	69,0	13	33	24	20	19	27	28	38,3	57,5	69,0	-	-
8,00	22,00	17,32	4	1,85	1,48	177	0,85	3,1	409,1	613,6	66,0	10	32	23	20	19	26	28	36,7	55,0	66,0	-	-
8,20	15,00	15,00	2	1,85	1,52	154	0,67	2,2	364,0	546,0	49,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8,40	15,00	12,50	2	1,85	1,55	154	0,67	2,2	366,7	550,0	49,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8,60	15,00	18,75	2	1,85	1,59	154	0,67	2,1	369,1	553,6	49,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8,80	31,00	42,47	3	1,85	1,63	202	-	-	-	-	-	20	34	24	21	20	28	29	51,7	77,5	93,0	-	-
9,00	55,00	45,83	3	1,85	1,67	251	-	-	-	-	-	39	36	27	24	23	31	31	91,7	137,5	165,0	-	-
9,20	22,00	8,91	4	1,85	1,70	177	0,85	2,6	441,5	662,2	66,0	7	32	22	19	18	26	28	36,7	55,0	66,0	-	-
9,40	21,00	17,50	4	1,85	1,74	174	0,82	2,5	438,3	657,5	63,0	5	32	22	19	18	25	27	35,0	52,5	63,0	-	-
9,60	22,00	16,54	4	1,85	1,78	177	0,85	2,5	449,3	673,9	66,0	6	32	22	19	18	25	28	36,7	55,0	66,0	-	-
9,80	15,00	9,80	2	1,85	1,81	154	0,67	1,8	380,2	570,2	49,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,00	16,00	10,88	2	1,85	1,85	157	0,70	1,8	395,0	592,4	51,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,20	15,00	8,67	2	1,85	1,89	154	0,67	1,7	382,9	574,3	49,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,40	15,00	11,81	2	1,85	1,92	154	0,67	1,7	384,1	576,2	49,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,60	16,00	20,00	2	1,85	1,96	157	0,70	1,7	399,3	598,9	51,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,80	19,00	14,29	2	1,85	2,00	168	0,78	1,9	437,4	656,1	58,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,00	22,00	22,00	4	1,85	2,04	177	0,85	2,1	469,4	704,1	66,0	3	32	22	18	17	25	28	36,7	55,0	66,0	-	-
11,20	15,00	10,71	2	1,85	2,07	154	0,67	1,5	388,3	582,5	49,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,40	15,00	16,13	2	1,85	2,11	154	0,67	1,5	389,2	583,8	49,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,6,																							

GEOLOG s.r.l.	
Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 01/03/2019 08:51:37	
Site: Ampliamento impianti CAVIRO - Test: CPTU 1	

Company information

Name: GEOLOG s.r.l.

Address: Via Cerchio, 57

Zip code: 48121

City: Ravenna

P.IVA: 02194680399

E-Mail: geologsrl@virgilio.it

Phone number: 0544202700

Fax number: 0544202700

Site information

Name: Ampliamento impianti CAVIRO

Date: 28/02/2019

Commissioner: CAVIRO Distillerie

Locality: Faenza, Via Convertite

Test information

Name: CPTU 1

Location: CAVIRO_Faenza

Date: 01/03/2019 08:51:37

Prehole mode: y

Prehole depth [cm]: 90

Hydrostatic line [cm]: 200

Ground level [m]: 0

Latitude: 4418.7120N

Longitude: 01152.2959E

Operator:

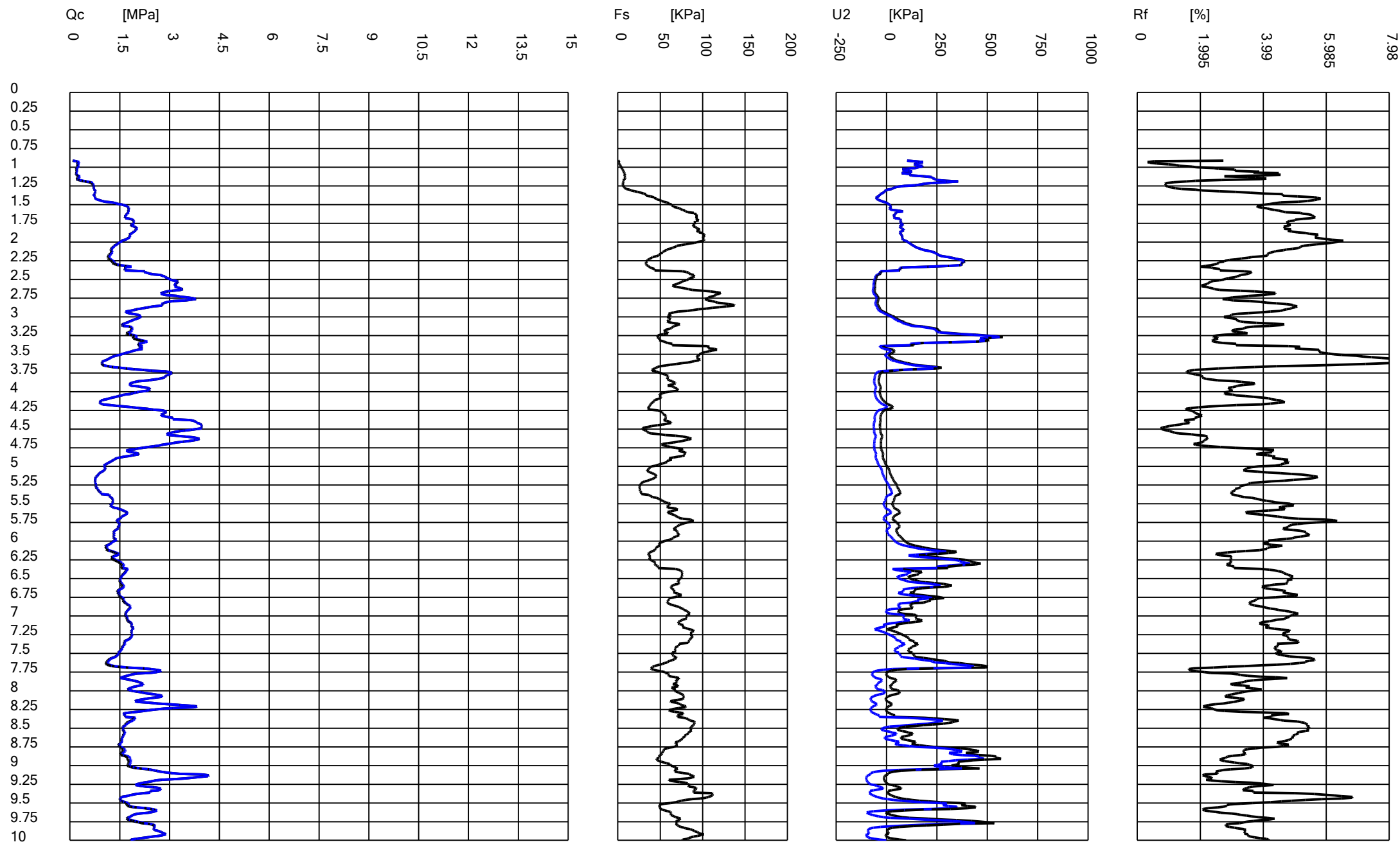
Comments: R_B

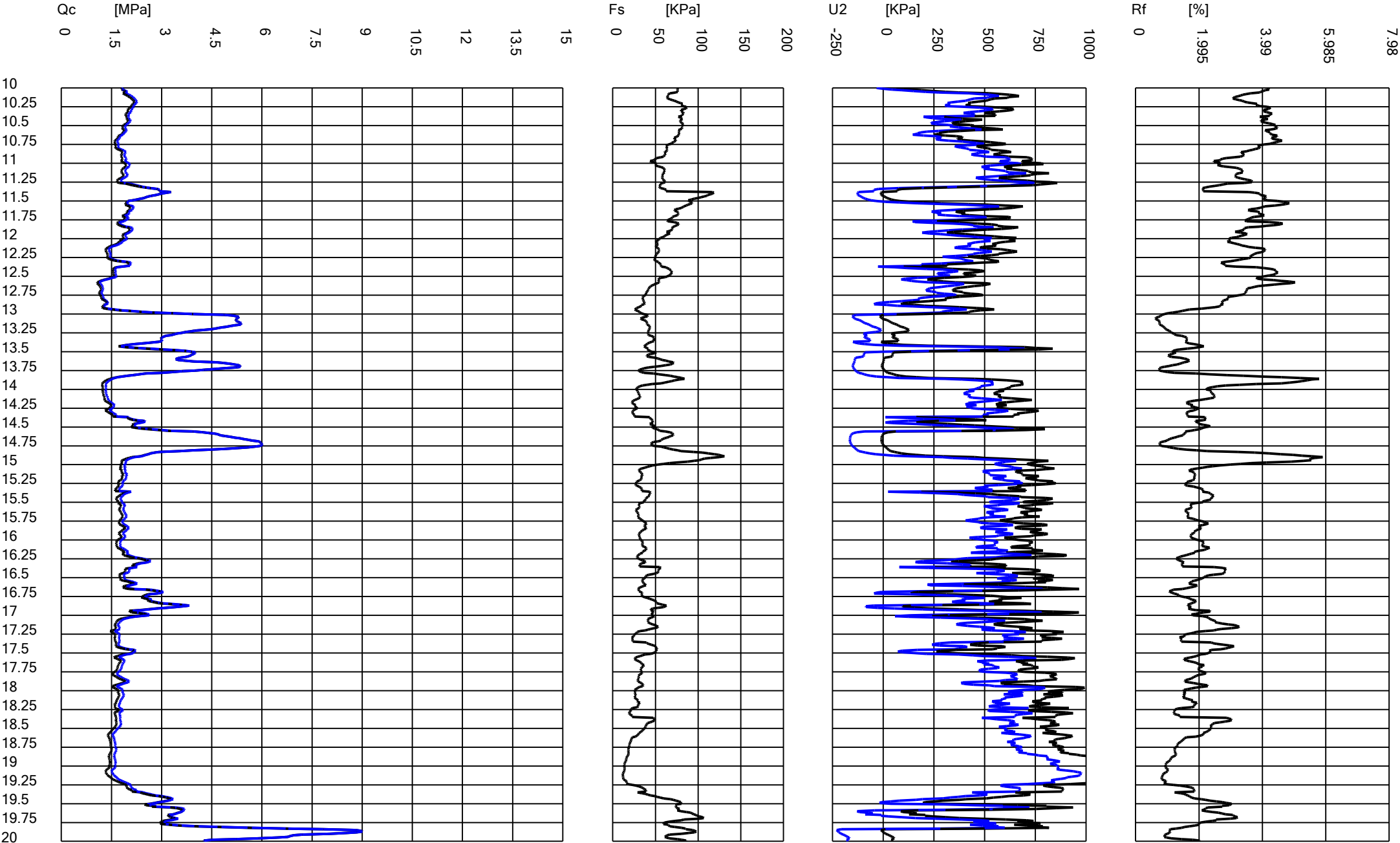
Probe code: MKj584

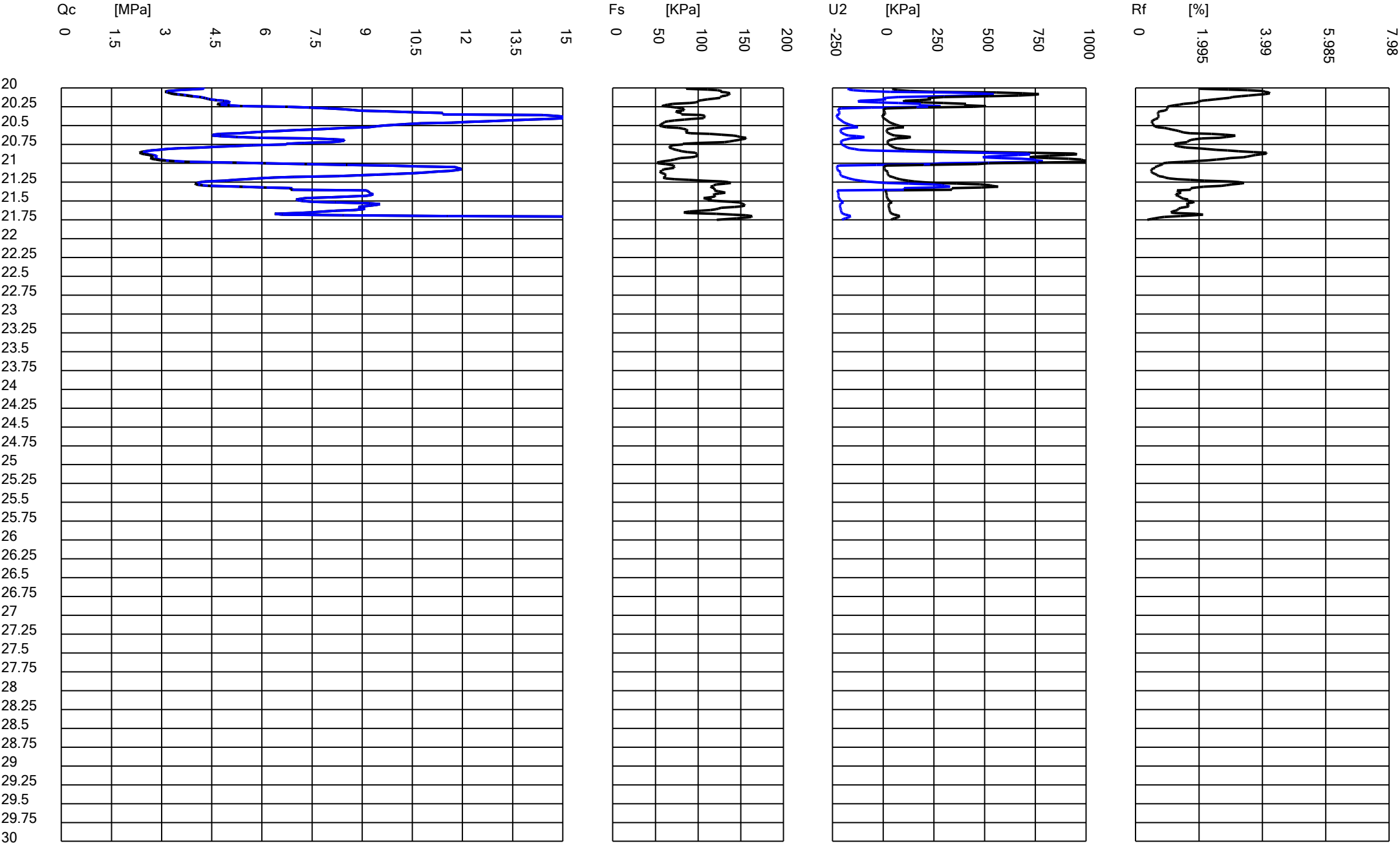
GEOLOG s.r.l.

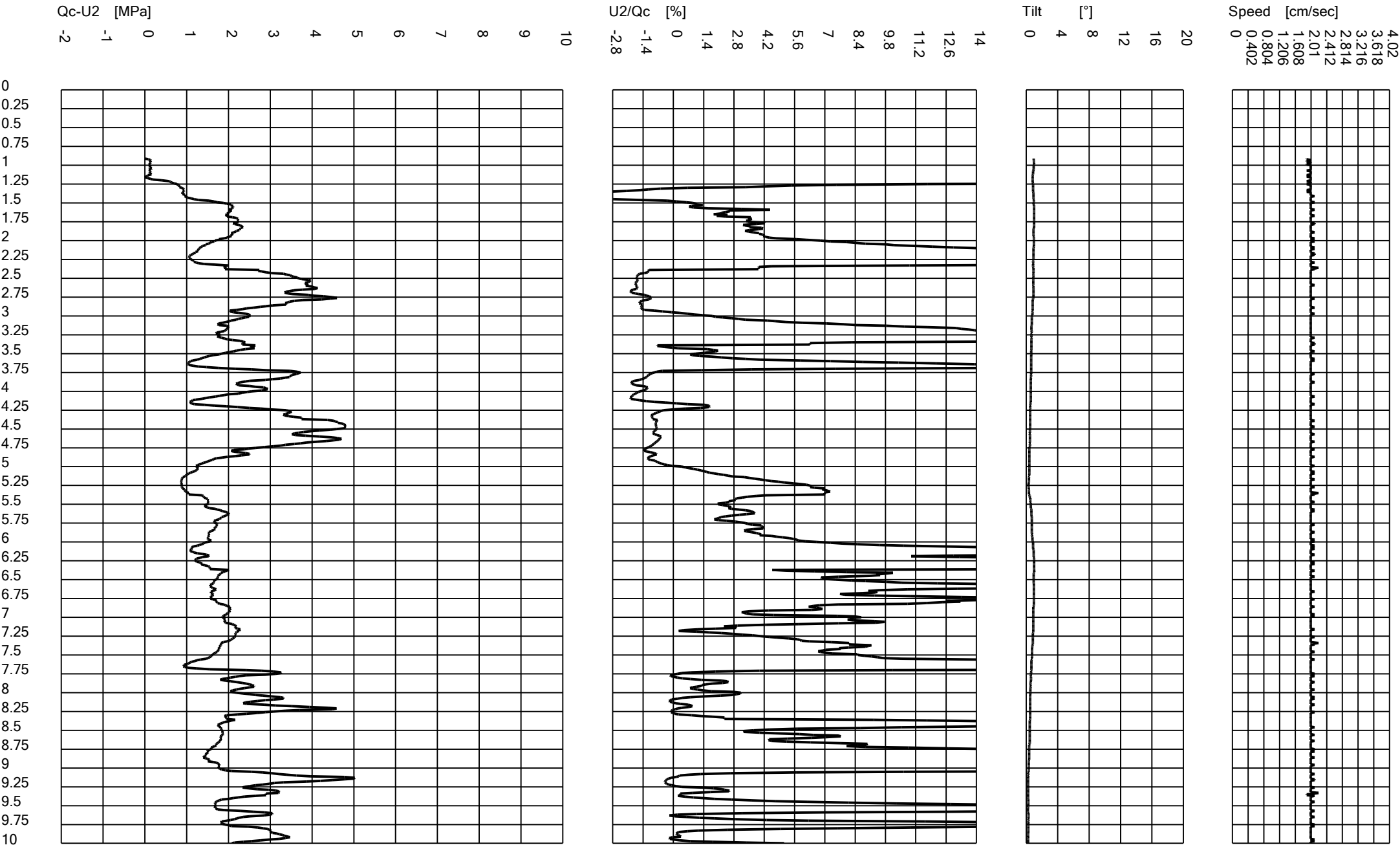
Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 01/03/2019 08:51:37

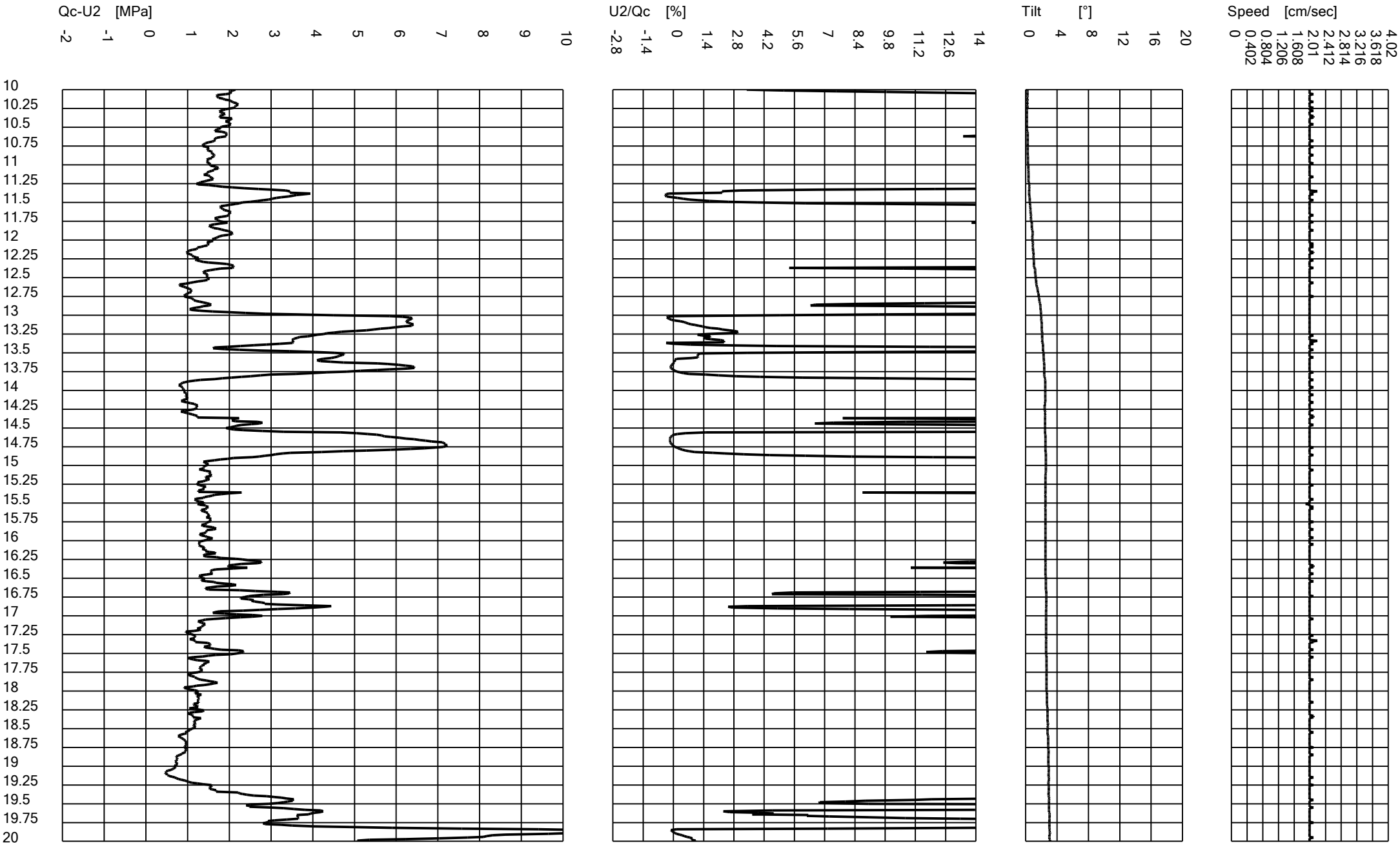
Site: Ampliamento impianti CAVIRO - Test: CPTU 1

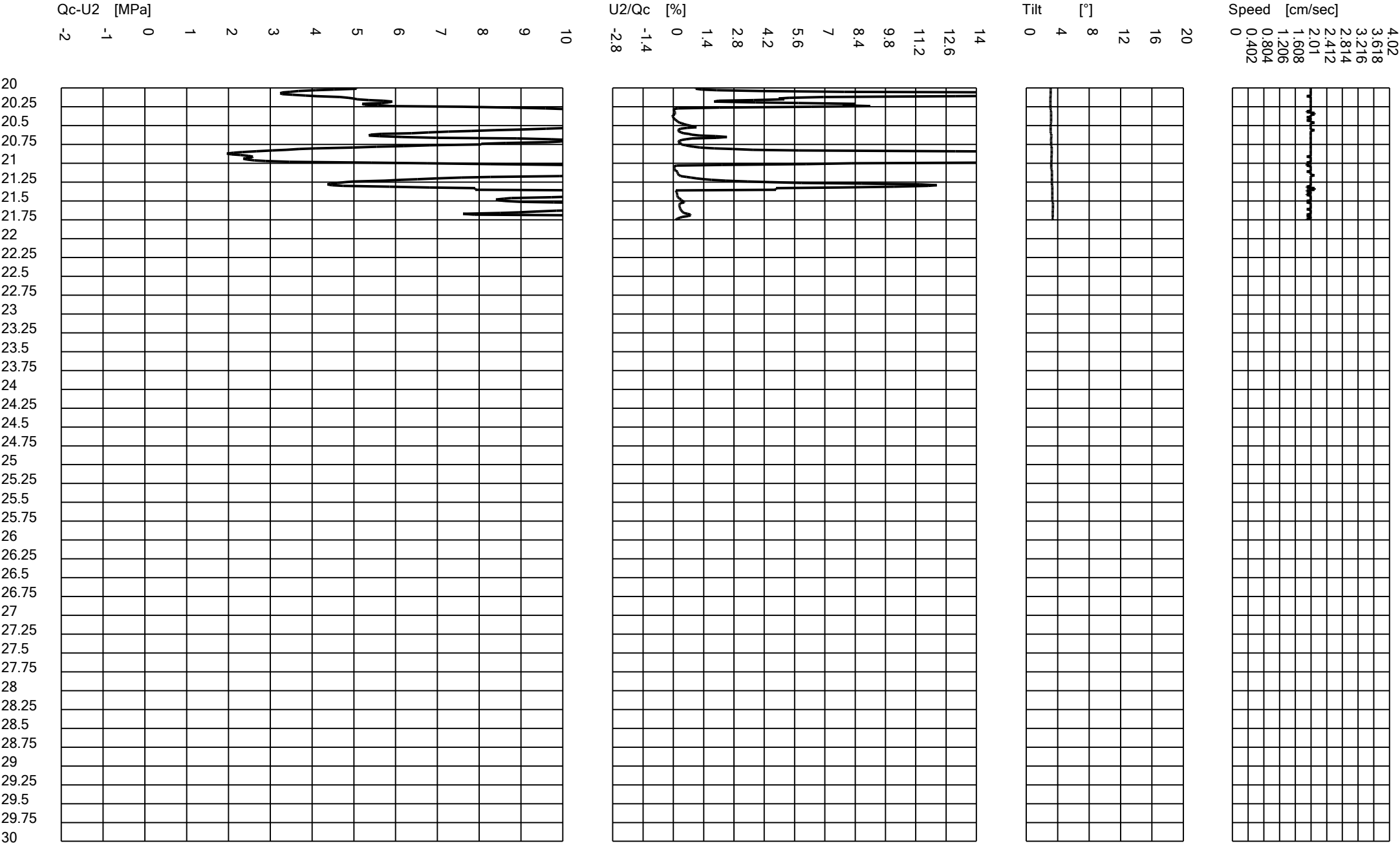












GEOLOG s.r.l.	
Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 01/03/2019 10:23:08	
Site: Ampliamento impianti CAVIRO - Test: CPTU 4	

Company information

Name: GEOLOG s.r.l.

Address: Via Cerchio, 57

Zip code: 48121

City: Ravenna

P.IVA: 02194680399

E-Mail: geologsrl@virgilio.it

Phone number: 0544202700

Fax number: 0544202700

Site information

Name: Ampliamento impianti CAVIRO

Date: 28/02/2019

Commissioner: CAVIRO Distillerie

Locality: Faenza, Via Convertite

Test information

Name: CPTU 4

Location: CAVIRO_Faenza

Date: 01/03/2019 10:23:08

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 40

Hydrostatic line [cm]: 170

Ground level [m]: 0

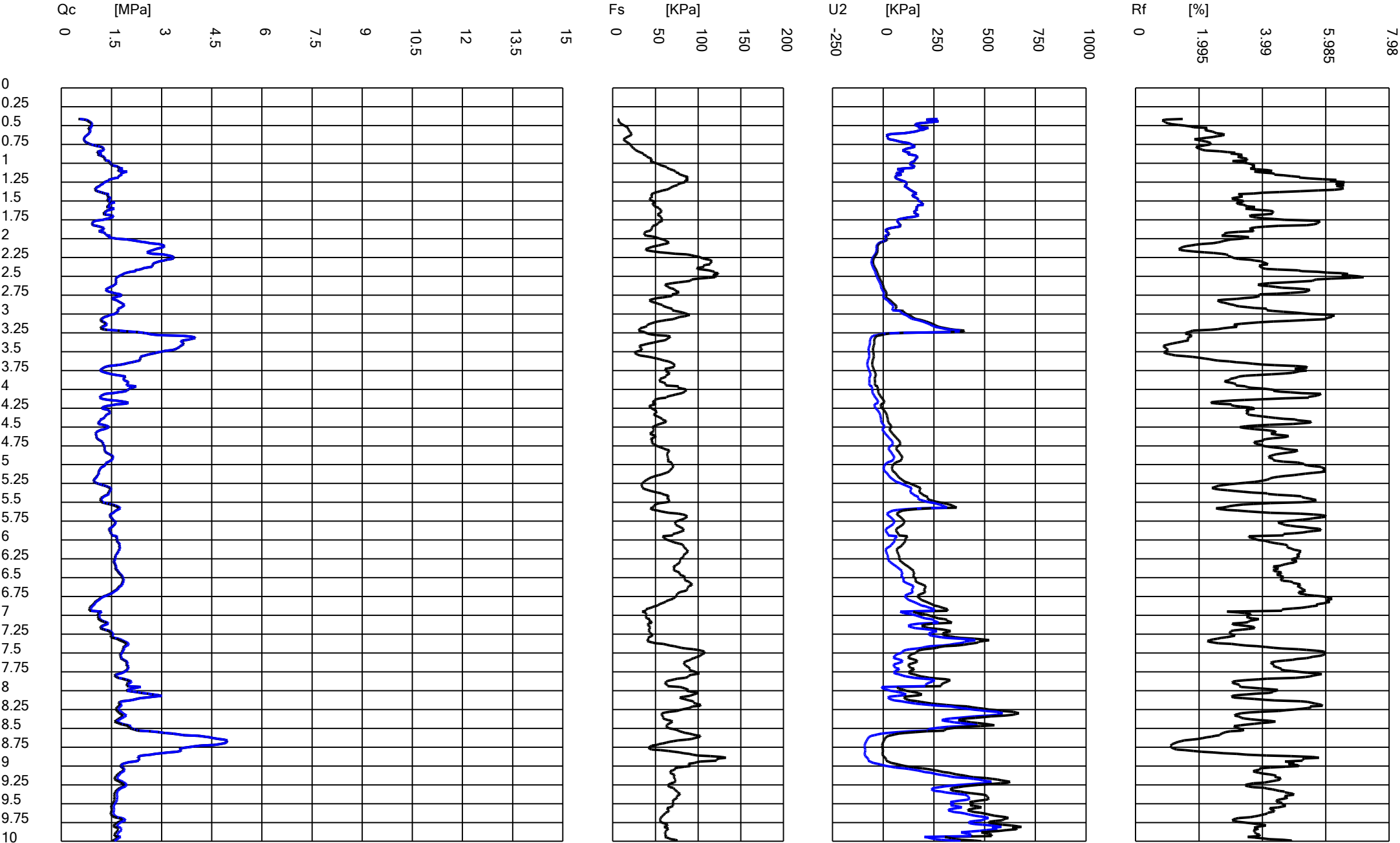
Latitude: 4418.7330N

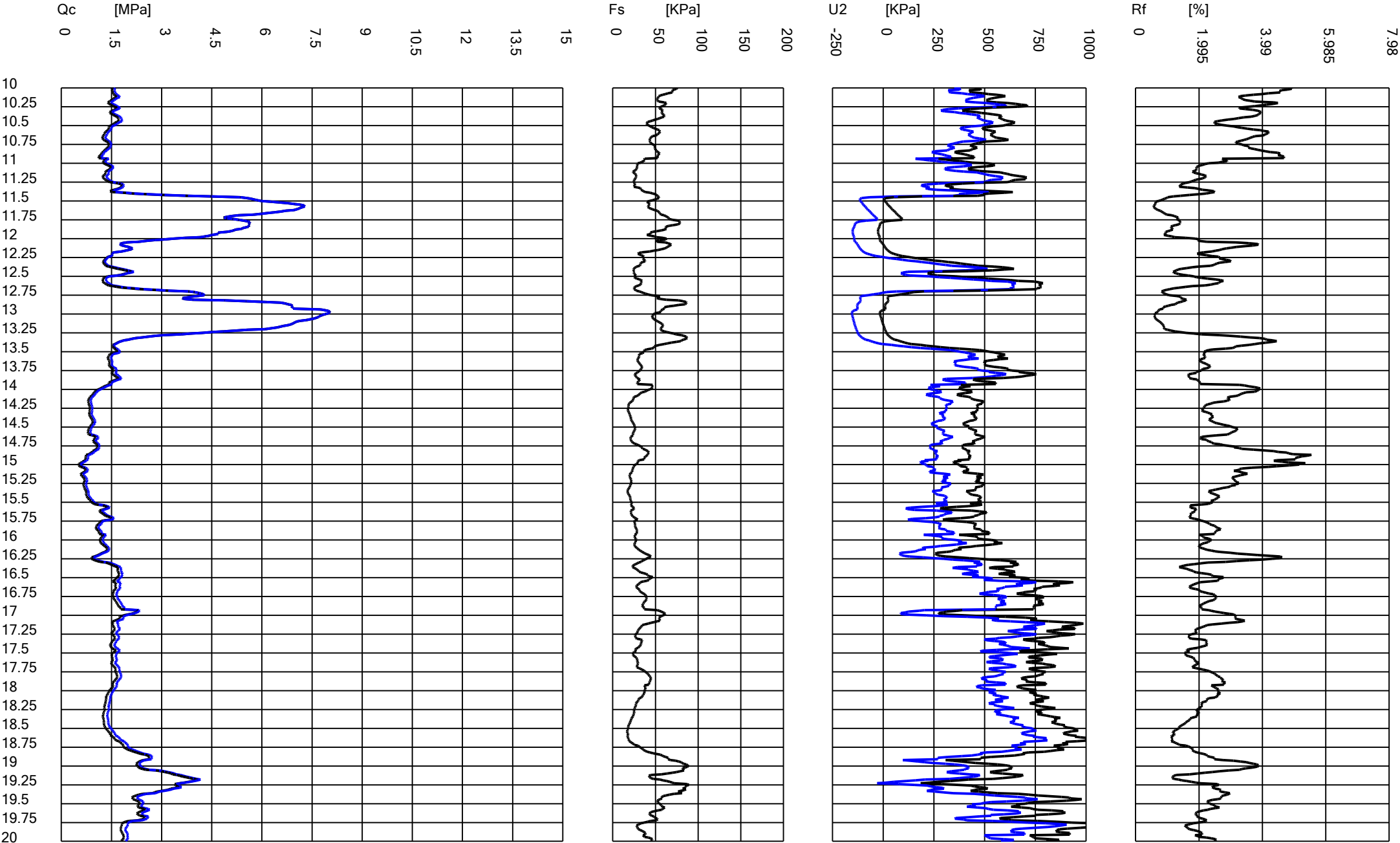
Longitude: 01152.3789E

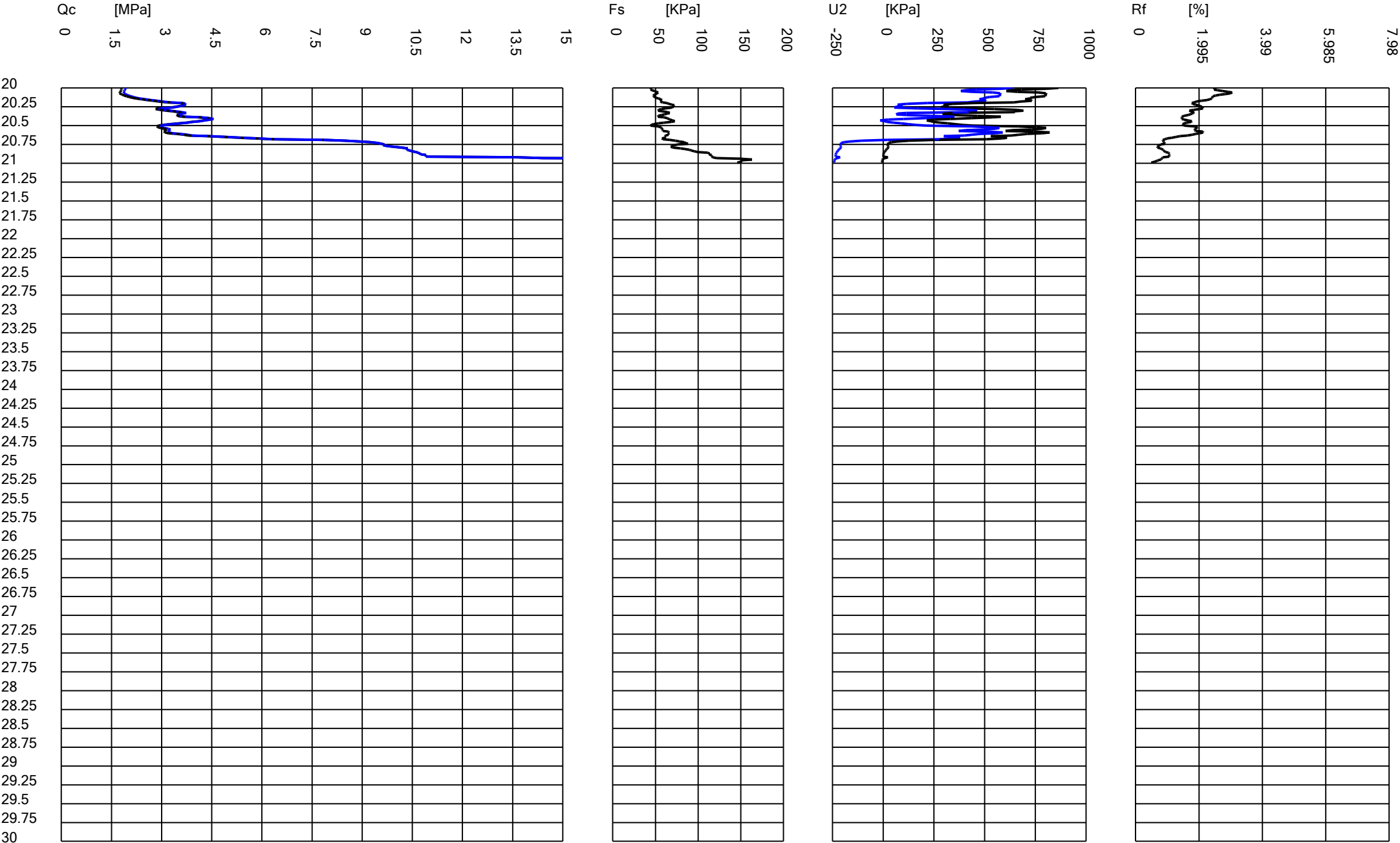
Operator:

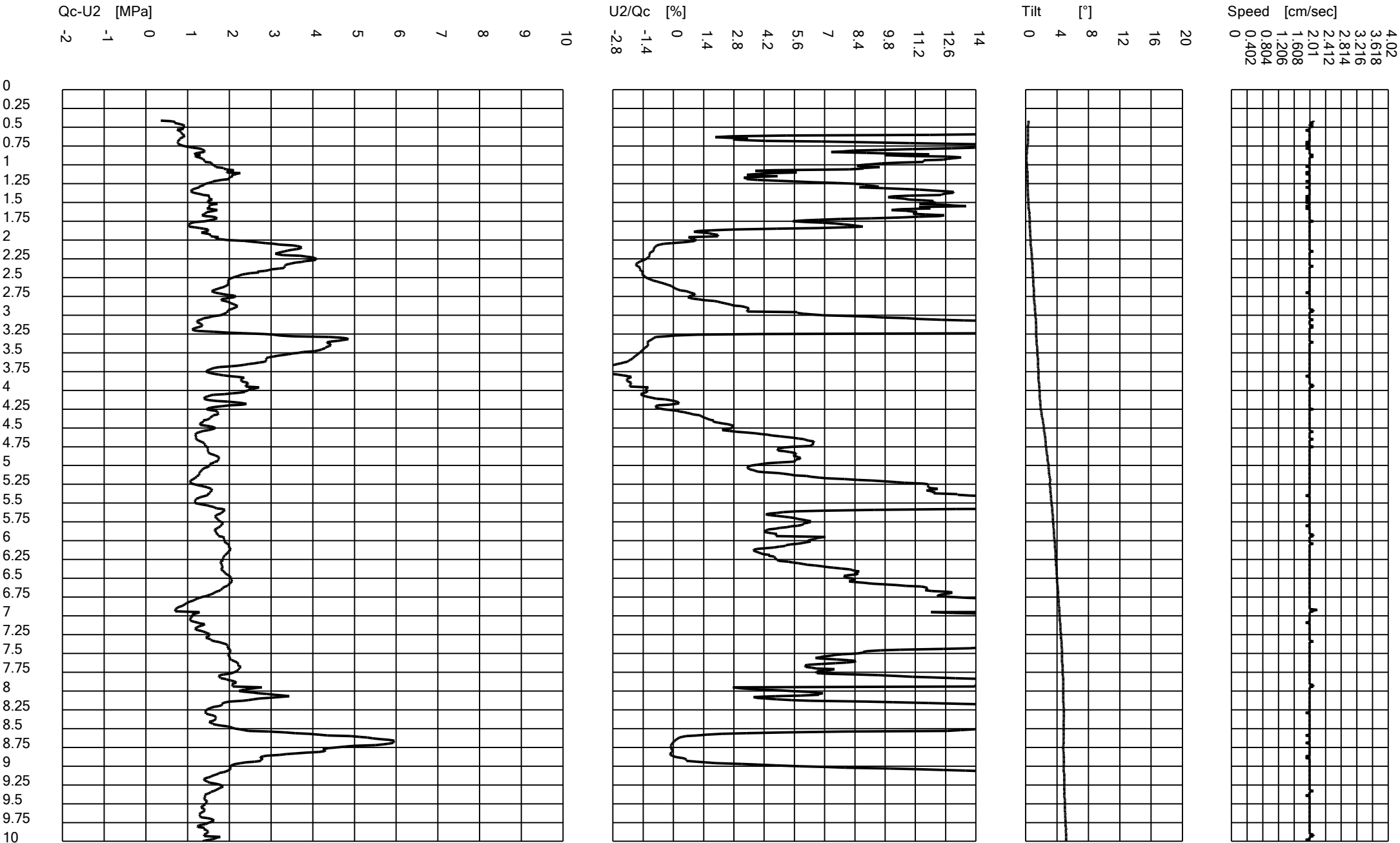
Comments: R/B

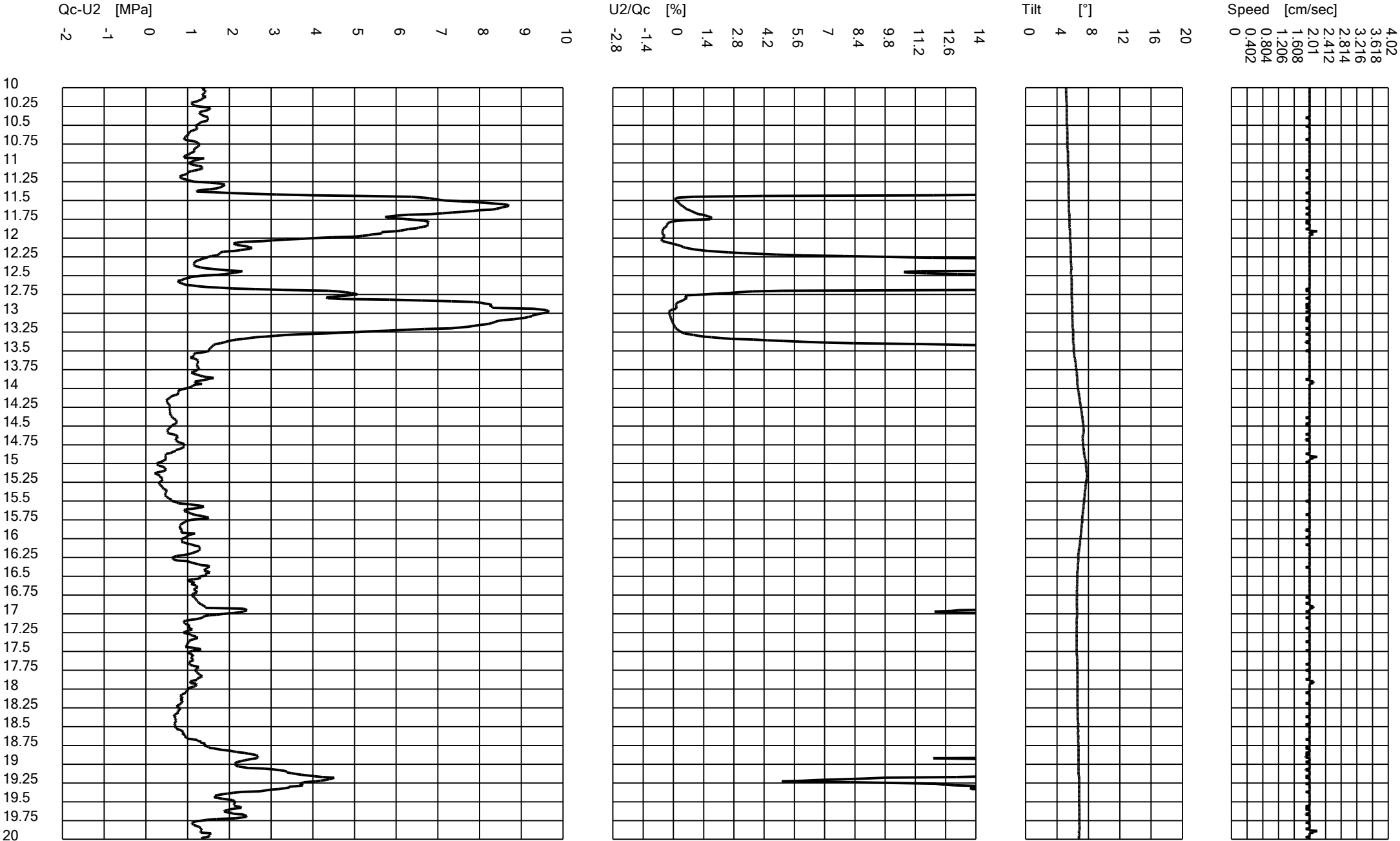
Probe code: MKj584

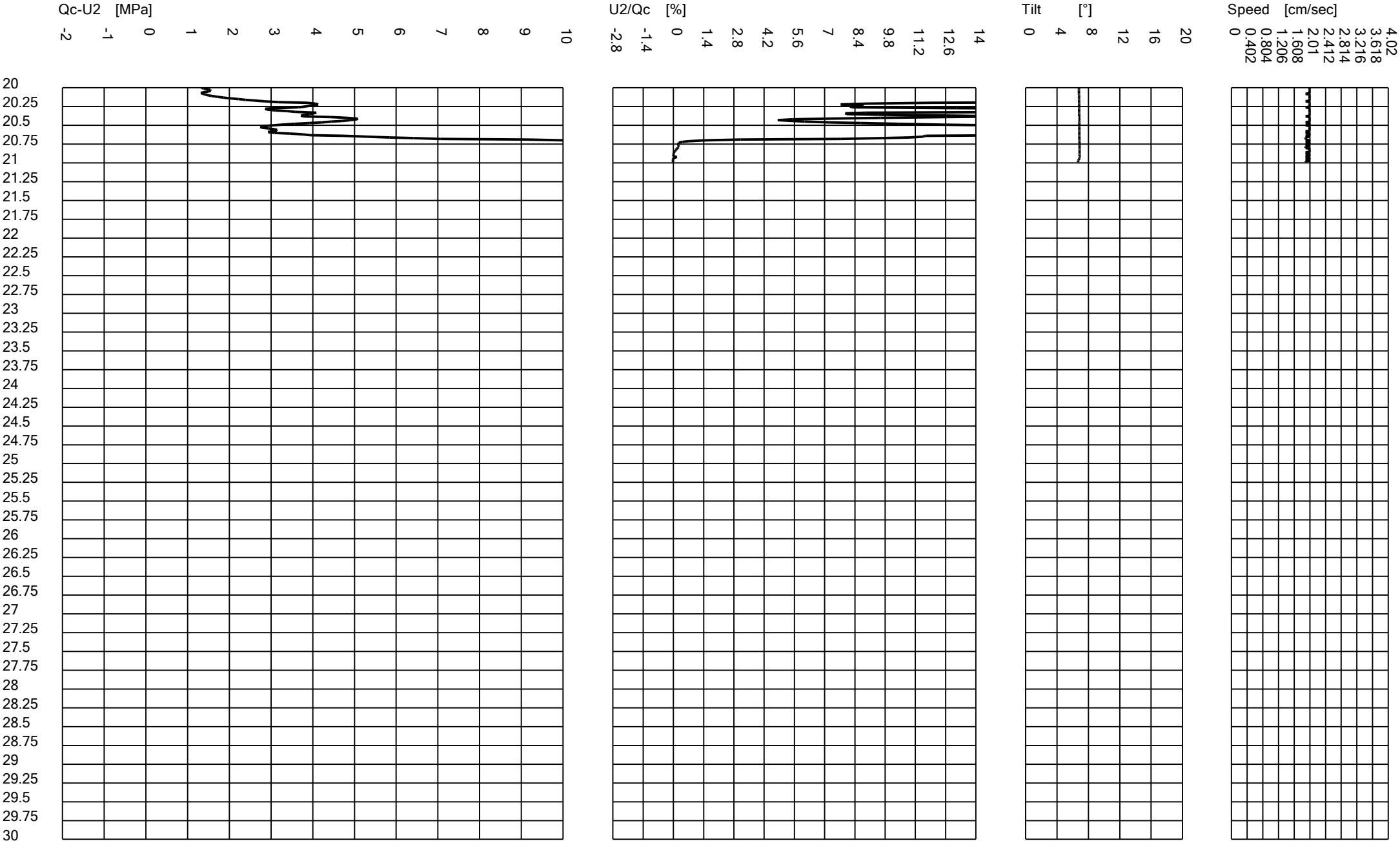












GEOLOG s.r.l.	
Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 28/02/2019 15:32:57	
Site: Ampliamento impianti CAVIRO - Test: CPTU 6	

Company information

Name: GEOLOG s.r.l.

Address: Via Cerchio, 57

Zip code: 48121

City: Ravenna

P.IVA: 02194680399

E-Mail: geologsrl@virgilio.it

Phone number: 0544202700

Fax number: 0544202700

Site information

Name: Ampliamento impianti CAVIRO

Date: 28/02/2019

Commissioner: CAVIRO Distillerie

Locality: Faenza, Via Convertite

Test information

Name: CPTU 6

Location: CAVIRO_Faenza

Date: 28/02/2019 15:32:57

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 100

Hydrostatic line [cm]: 220

Ground level [m]: 0

Latitude: 4418.5035N

Longitude: 01152.3004E

Operator:

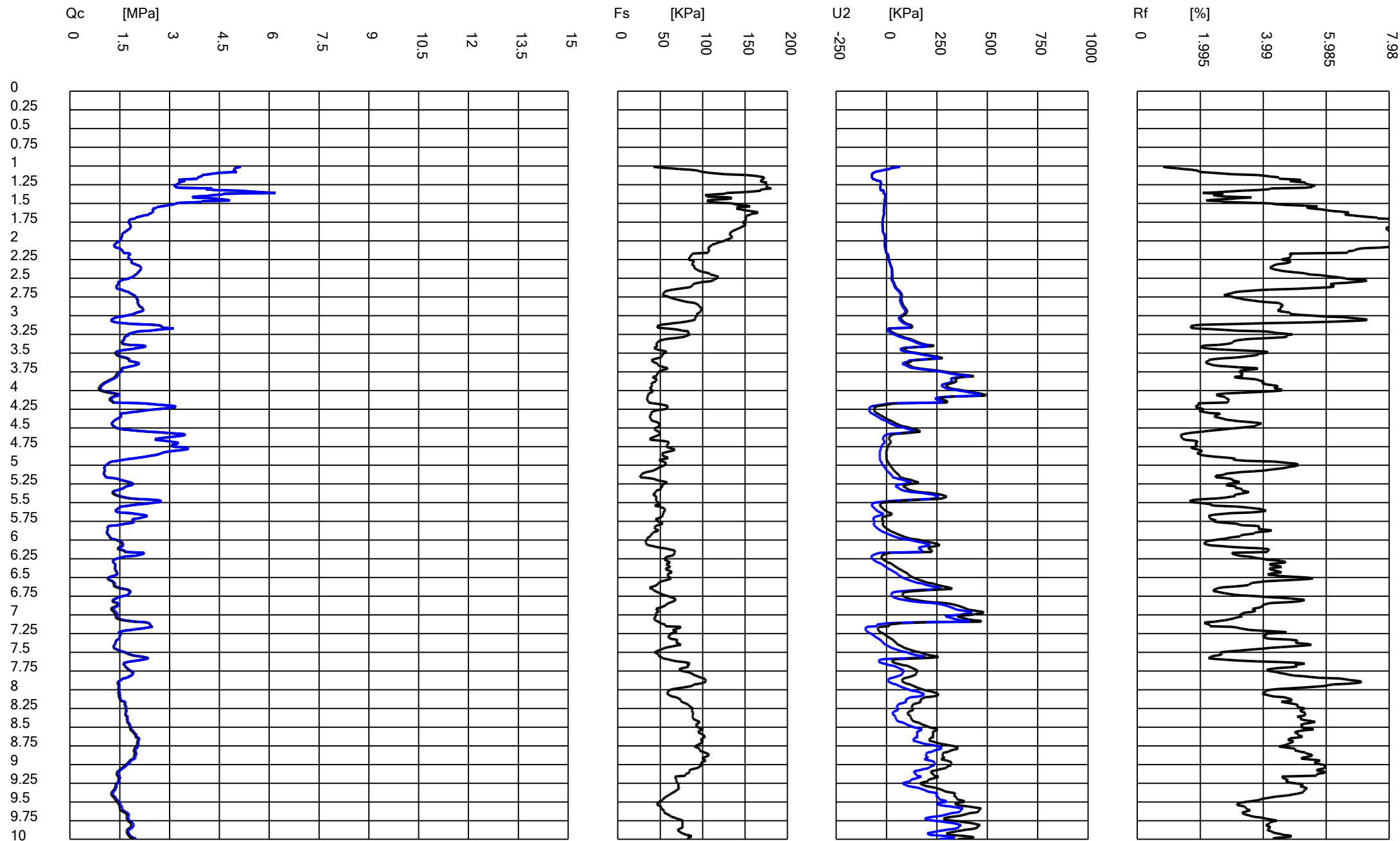
Comments:

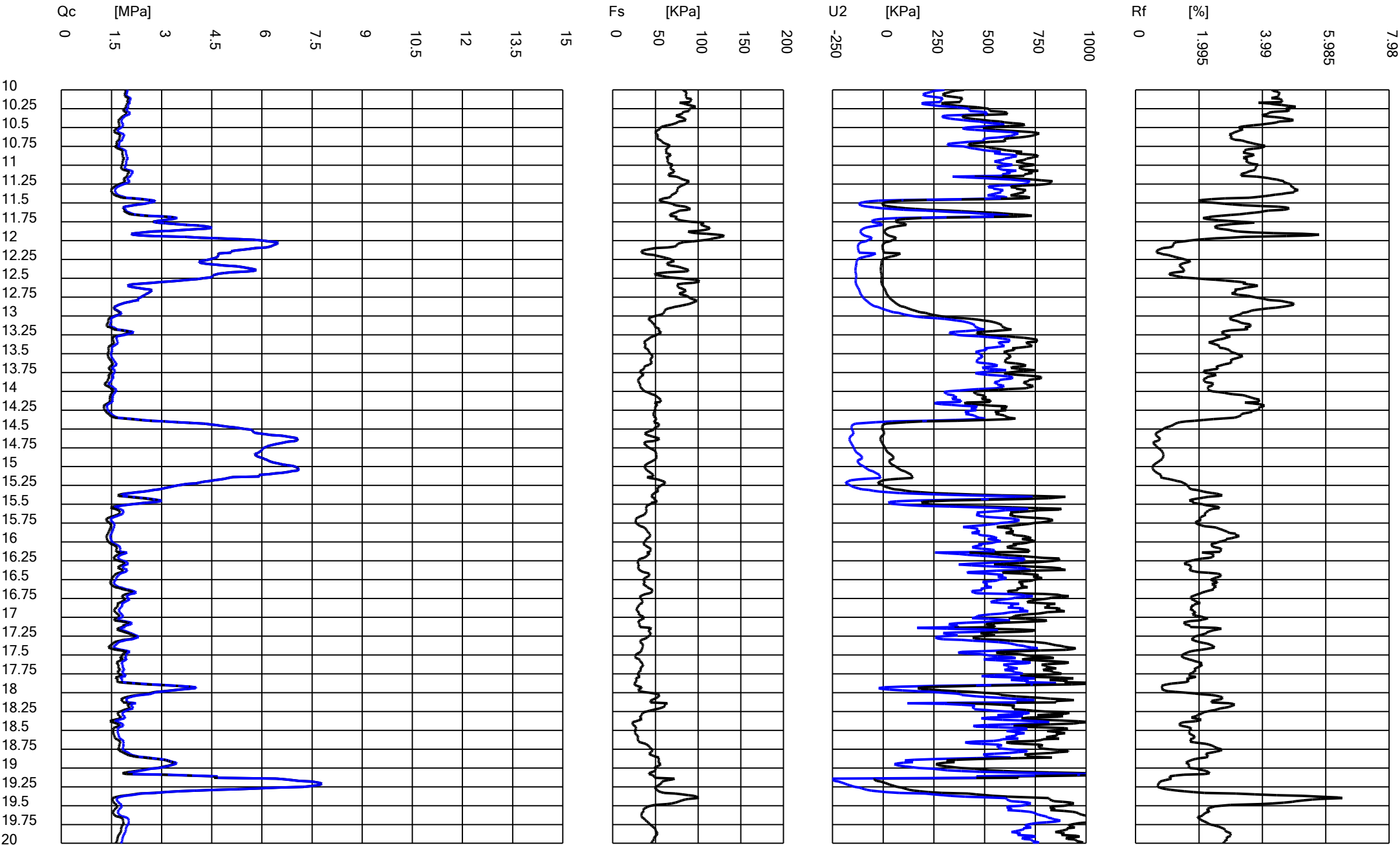
Probe code: MKj584

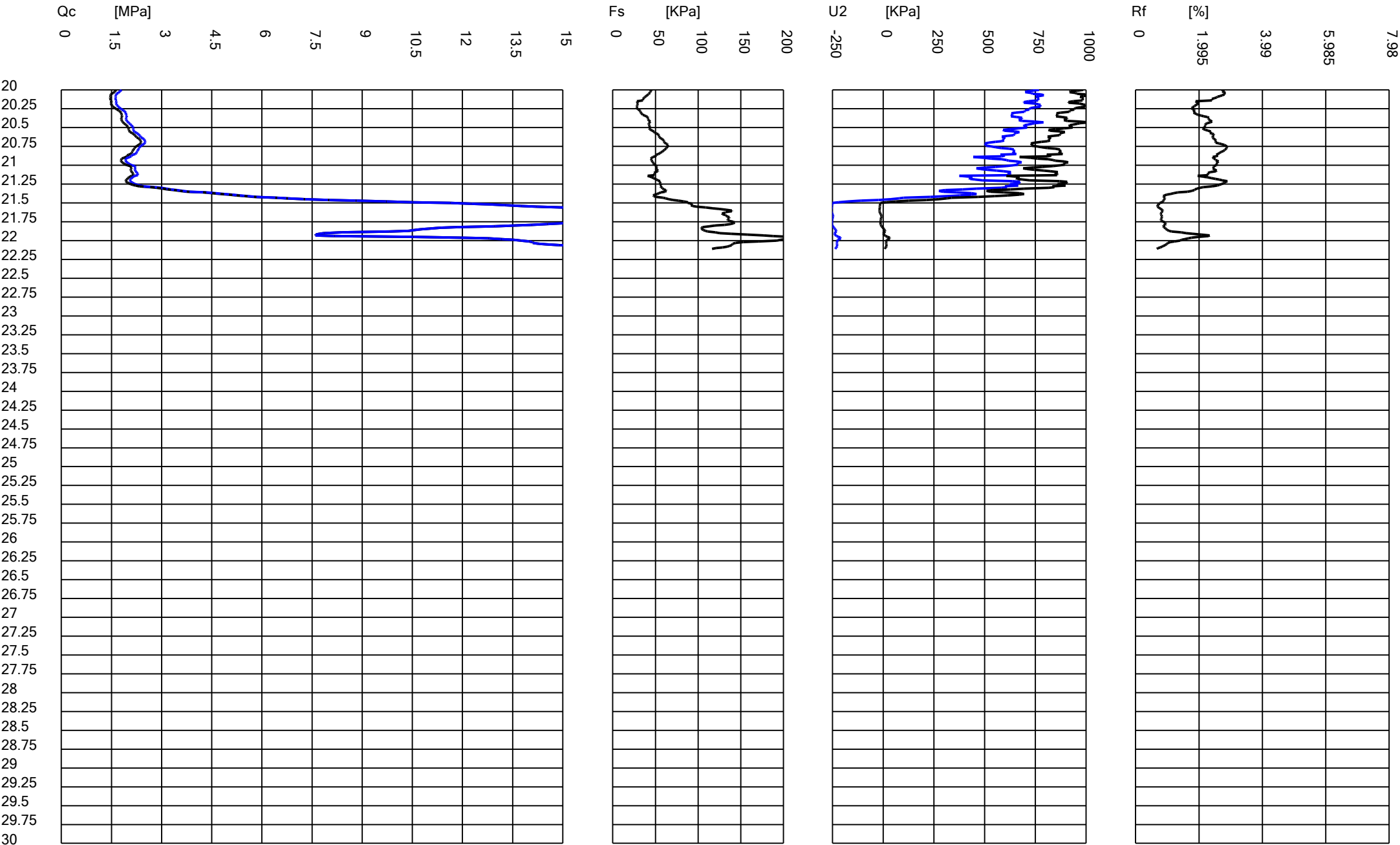
GEOLOG s.r.l.

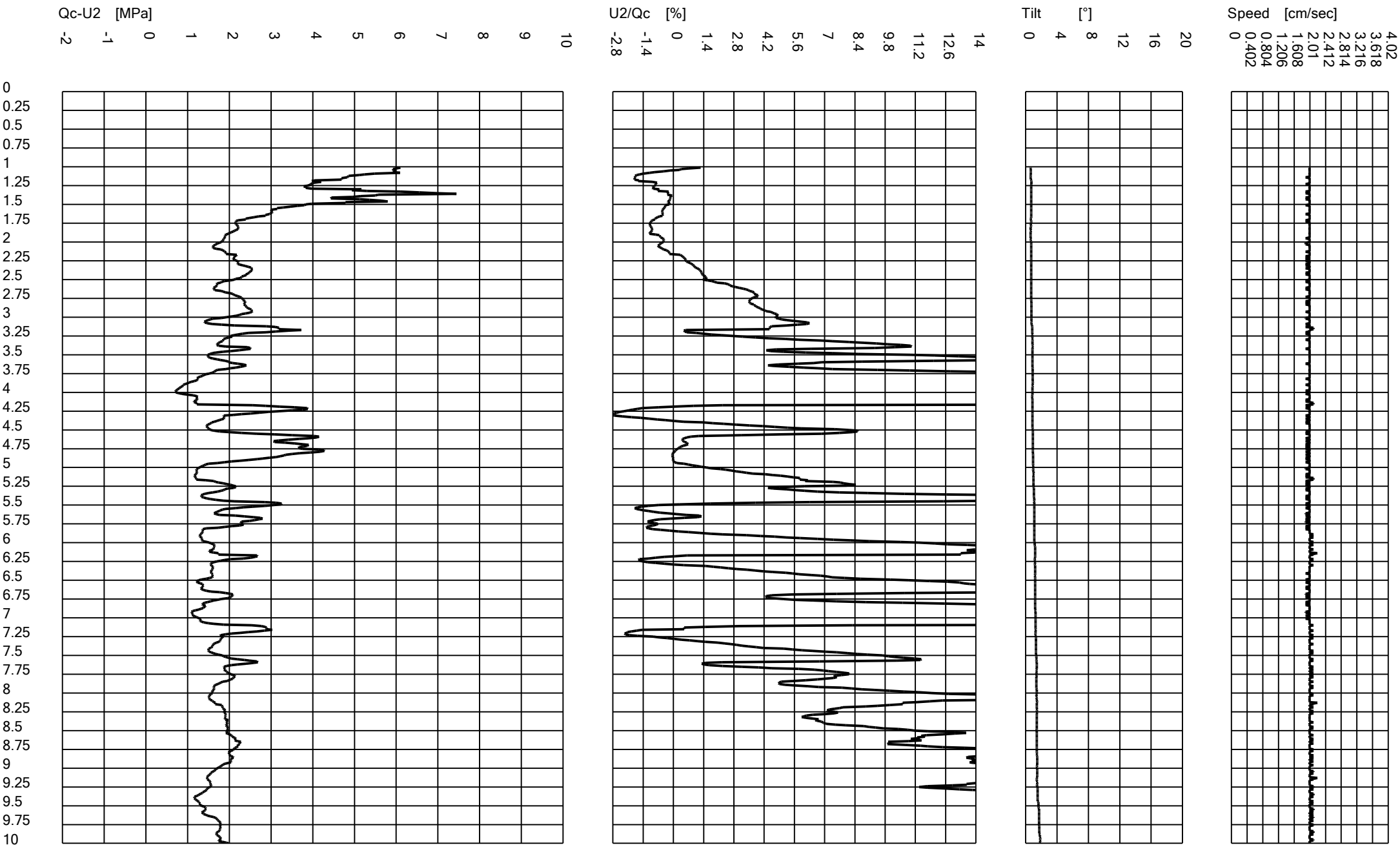
Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 28/02/2019 15:32:57

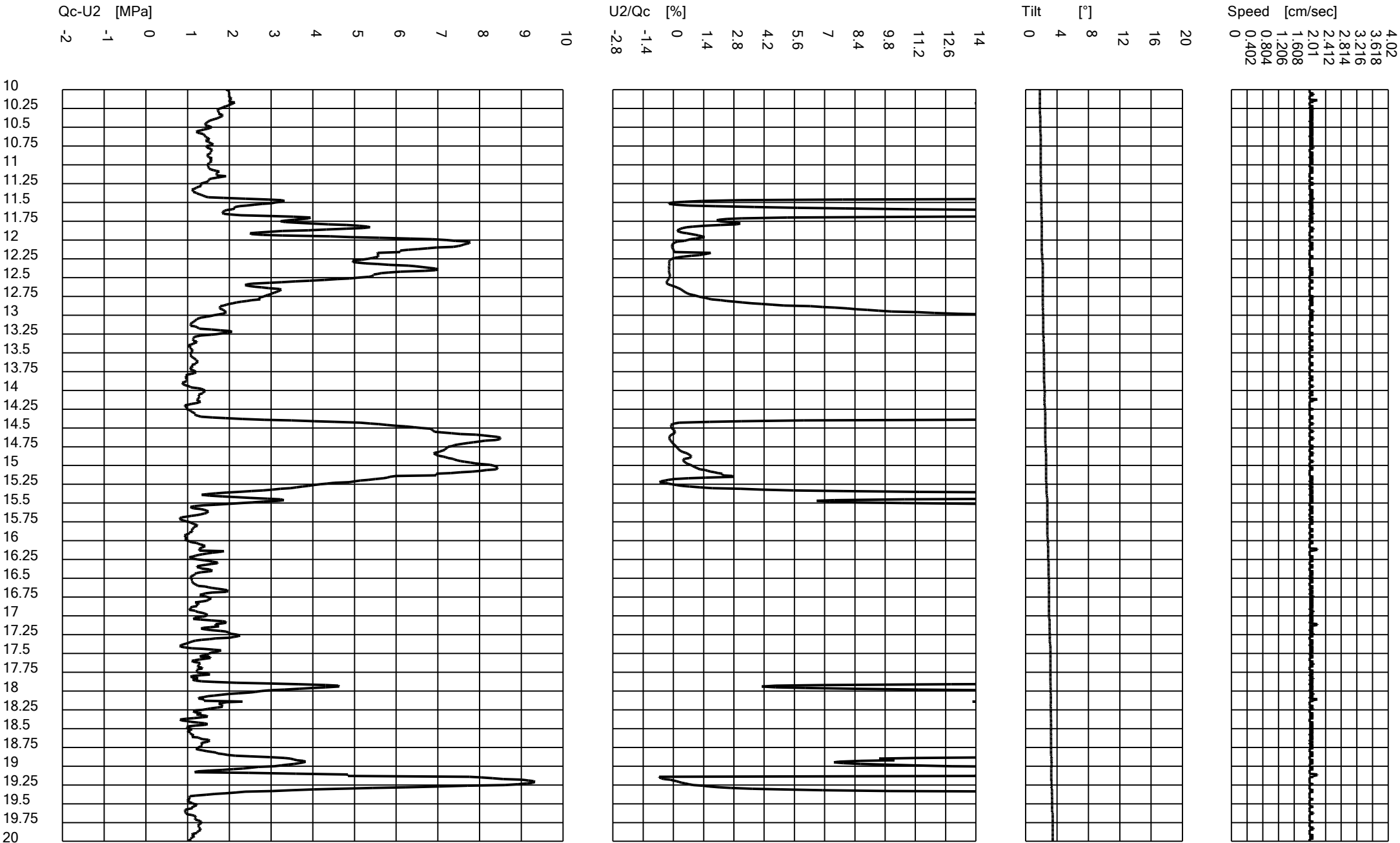
Site: Ampliamento impianti CAVIRO - Test: CPTU 6

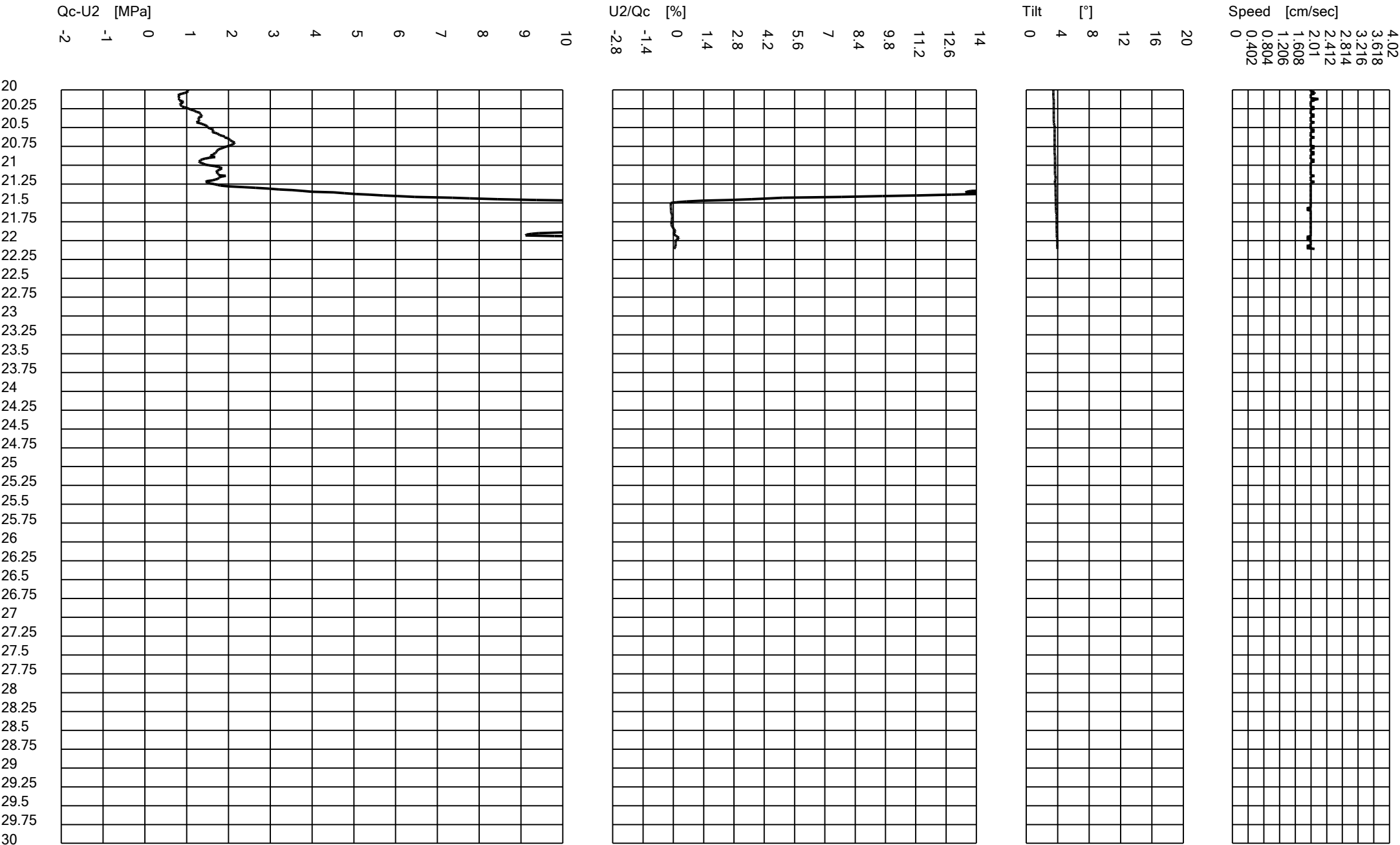












TECNOGEOFISICA S.N.C.

COMMITTENTE:

EnoMondo Srl

Via Convertite 6

48018 Faenza (RA)

OGGETTO:

Indagine sismica

area EnoMondo srl Faenza

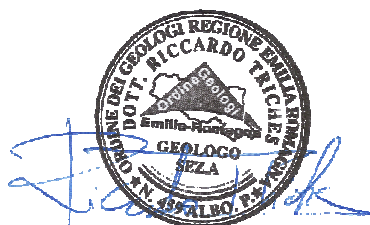
Risposta Sismica Locale – NTC 2018 art. 7.11.3

LOCALITA':

via Convertite n°6

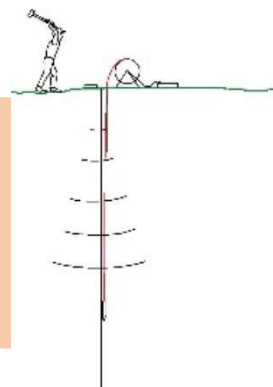
Faenza (RA).

DATA: Febbraio 2019



Via S. Cattania, 1/a
41012 Carpi (MO)

info@tecnogeofisica.com
www.tecnogeofisica.com



Indagine sismica – area EnoMondo srl Faenza

Risposta Sismica Locale – NTC 2018 art. 7.11.3

Comune di Faenza

Committente:

EnoMondo Srl
Via Convertite 6
48018 Faenza (RA)

INDICE

<i>PREMESSA</i>	<i>3</i>
<i>Indagini sismiche direttamente eseguite</i>	<i>3</i>
Prove geognostiche di riferimento	4
<i>Risposta sismica Locale (o di III Livello)</i>	<i>6</i>
Indagine sismica passiva HVSR (Microtremori)	6
Metodologia d'indagine MASW	9
Indagine ad antenna sismica passiva (metodo ESAC) con elaborazione congiunta Masw- Esac	12
Analisi monodimensionale di Risposta Sismica Locale (RSL)	14
Definizione input sismico	16
Dati disaggregazione	17
Estrazione accelerogrammi (database - Prog Rexel)	18
Analisi numerica (RSLIII 1D codice Shake/Shake 91)	22
Dati Output (prog. RSLIII 1D-rel. '19)	23

Tavole

Planimetria zona ubicazione indagini sismiche	Tav. 1 (nel testo)
Planimetria indagini eseguite HVSR, Masw- ESAC (Febbraio 2019)	Tav. 2 (nel testo)

Schede prove eseguite:

Schede prospezione sismica (ESAC-Masw)	<i>Nel testo</i>
Schede rilievo sismico passivo HVSR	<i>Nel testo</i>

Allegati:

Atlante Fotografico indagini eseguite	<i>a fine report</i>
---------------------------------------	----------------------

PREMESSA

Lo studio geo-sismico commissionato alla scrivente società consiste nella determinazione dei parametri sismici del sottosuolo di un'area in comune di Faenza via Convertite all'interno dell'area in proprietà EnoMondo Srl, in corrispondenza della zona ove è in progetto l'edificazione di un fabbricato, al fine di valutare la vulnerabilità geo-sismica dell'area di sedime dello stesso.

Committente:

EnoMondo Srl

Via Convertite 6

48018 Faenza (RA)

INDAGINI SISMICHE DIRETTAMENTE ESEGUITE

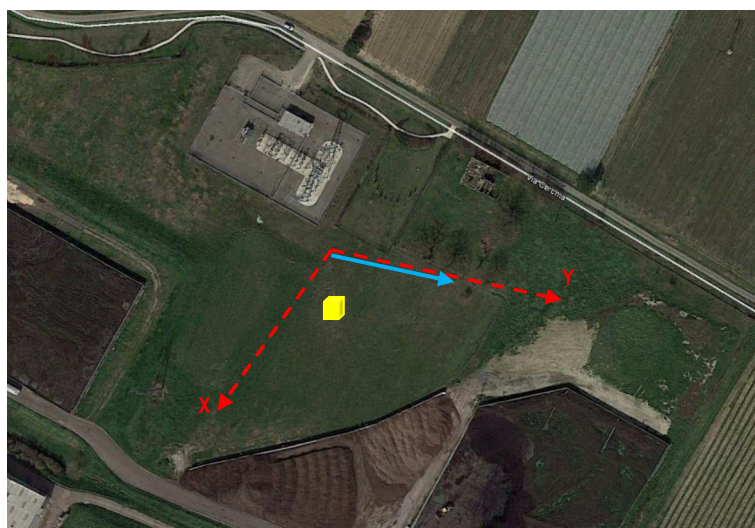
Allo scopo di acquisire i dati sismici del sottosuolo necessari per svolgere l'analisi di Risposta Sismica Locale (NTC18 art. 7.11.3) sono state direttamente eseguite nel sito in oggetto:

- 1 indagine in sismica ad antenna sismica passiva ESAC
- 1 indagine sismica in modalità attiva Masw eseguita in sovrapposizione alla indagine Esac
- 1 indagini di rilievo sismico passivo metodo HVSr per la definizione della profondità del bedrock sismico cui fare riferimento per le analisi di RSL.

Le indagini Esac e Masw per esigenza di spazio e della possibilità di avere terreno nei punti di infissione dei geofoni sono state eseguite circa in corrispondenza dell'area di prevista edificazione (come in Tav. 1) e poi i dati desunti dalle singole indagini sismiche (masw ed ESAC) sono stati successivamente elaborati congiuntamente al fine di ottenere con maggior precisione e dettaglio, la restituzione dei parametri sismici caratterizzanti il sottosuolo in profondità.



Tav. 1 particolare ubicazione indagini sismiche all'interno area in proprietà



4 ●

prove geognostiche direttamente eseguite
Prova penetrometrica (2019) ● 1

Indagine sismiche direttamente eseguite: maggio 2018

Indagine in sismica attiva Masw →
Rilievo sismico tecnica passiva HVSR (Tromino) ● suolo
Array (antenna) sismica tecnica passiva ESAC →

Tav. 2 particolare ubicazione indagini sismiche HVSR, Esac-Masw eseguite in Febbraio 2019

Prove geognostiche di riferimento

La scelta dei dati stratigrafici, geotecnici del sito, presi a riferimento per l'elaborazione-taratura delle indagini sismiche direttamente eseguite sopra descritte, sono stati desunti da indagini direttamente eseguite nell'area dalla committenza (prove Cpt, Cpte) e comunicate allo scrivente, nonché per i dati stratigrafici più profondi si è fatto riferimento a sondaggi per opere di emungimento in particolare 2 pozzi del catasto pozzi Ispra presenti al interno della proprietà (vedi schede sotto elencate).



Ubicazione sito esecuzione indagine sismica Esac-Masw e HVSR

Stratigrafie pozzi Ispra (di cui 1 a -272 m ed 1 a -96 m da pc)

Ubicazione indicativa pozzi utilizzati per la caratterizzazione stratigrafica profonda in raffronto al ubicazione del sito

A seguire le schede Ispra con le relative litologie e stratigrafie di dettaglio delle 2 perforazioni per un opere di emungimento, immediatamente a sud dell'area di esecuzione indagini sismiche oggetto del presente report, che meglio rappresentano la stratigrafia profonda della zona esaminata.

 		Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale	
Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)			
Dati generali		Ubicazione indicativa dell'area d'indagine	
Codice: 7412 Regione: EMILIA-ROMAGNA Provincia: RAVENNA Comune: FAENZA Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 272,00 Quota pc slm (m): 29,00 Anno realizzazione: 1991 Numero diametri: 2 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 18,000 Portata esercizio (l/s): 20,000 Numero falde: 1 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): SI Numero strati: 19 Longitudine WGS84 (dd): 11,867633 Latitudine WGS84 (dd): 44,308853 Longitudine WGS84 (dms): 11° 52' 03.03" E Latitudine WGS84 (dms): 44° 18' 31.31" N (*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia			

 		Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale	
Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)			
Dati generali		Ubicazione indicativa dell'area d'indagine	
Codice: 7414 Regione: EMILIA-ROMAGNA Provincia: RAVENNA Comune: FAENZA Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 96,00 Quota pc slm (m): 35,00 Anno realizzazione: 2007 Numero diametri: 2 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 30,000 Portata esercizio (l/s): 18,000 Numero falde: 3 Numero filtri: 1 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): NO Numero strati: 8 Longitudine WGS84 (dd): 11,867500 Latitudine WGS84 (dd): 44,308889 Longitudine WGS84 (dms): 11° 52' 02.02" E Latitudine WGS84 (dms): 44° 18' 31.31" N (*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia			

STRATIGRAFIA pozzo cod. 7412

Progr	Da (m)	A (m)	Spessore (m)	Descrizione litologica
1	0,00	1,40	1,40	ARGILLE SABBIOSE
2	1,40	21,40	20,00	GHIAIE GROSSE
3	21,40	26,40	5,00	SABBIE E GHIAIE
4	26,40	35,20	8,80	ARGILLE SABBIOSE
5	35,20	84,50	49,30	GHIAIETTO IN FALDA
6	84,50	95,60	11,10	ARGILLE GRIGIE
7	95,60	130,90	35,30	SABBIE GROSSE E GHIAIA
8	130,90	137,10	6,20	ARGILLE GRIGIE
9	137,10	173,40	36,30	SABBIE GRIGIE
10	173,40	173,80	0,40	SABBIE
11	173,80	174,40	0,60	ARGILLE GRIGIE
12	174,40	185,20	10,80	SABBIE GROSSE
13	185,20	191,30	6,10	ARGILLE GRIGIE
14	191,30	197,30	6,00	CONGLOMERATI
15	197,30	203,80	6,50	ARGILLE GRIGIE
16	203,80	221,20	17,40	SABBIA FINE
17	221,20	228,00	6,80	ARGILLE
18	228,00	244,20	16,20	SABBIE MEDIE
19	244,20	263,70	19,50	ARGILLE GRIGIE

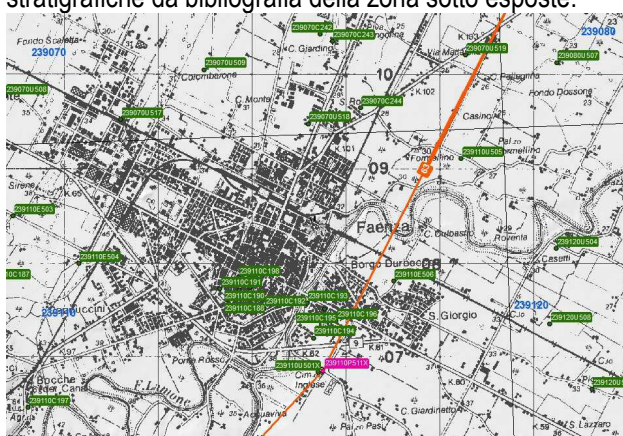
STRATIGRAFIA pozzo cod. 7414

Progr	Da (m)	A (m)	Spessore (m)	Descrizione litologica
1	0,00	2,50	2,50	Terreno Vegetale
2	2,50	21,80	19,30	Argilla
3	21,80	25,00	3,20	GHIAIA
4	25,00	26,50	1,50	Argilla
5	26,50	28,50	2,00	GHIAIA
6	28,50	87,60	59,10	Argilla
7	87,60	94,50	6,90	GHIAIA
8	94,50	96,00	1,50	Argilla

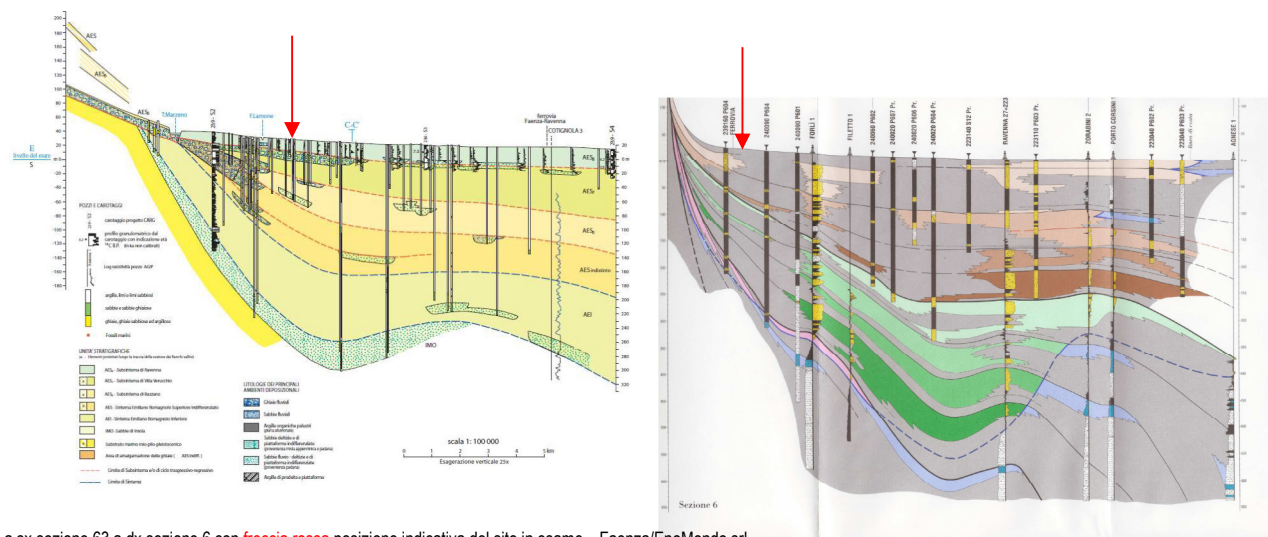
ISPRA - Copyright 2018

Schede stratigrafia pozzi da banca dati Ispra On-line

Inoltre per la scelta e la discretizzazione degli strati del sottosuolo sino al ipotizzabile bed rock (o bedrock-lite) sismico, a cui si fa riferimento per le analisi di Risposta Sismica Locale (RSL), cioè la profondità cui è verosimilmente ipotizzabile attribuire il fattore di amplificazione (F_A) sismico uguale a 1 e da cui, tramite l'approccio di calcolo RSL impostato, arrivare ad una corretta (o più probabile) definizione del F_A al suolo, sono stati presi in esame anche sezioni geologiche e stratigrafiche da bibliografia della zona sotto esposte.



Ubicazione indicativa sezioni a sx traccia sez. 63 (da banca dati geologici ER) a dx traccia sez. 6 (da pubbl. "Riserve idriche sott. Regione Emilia-Romagna - ENI-Agip/RER - ed. Selca 1998)



a sx sezione 63 a dx sezione 6 con **freccia rossa** posizione indicativa del sito in esame – Faenza/EnoMondo srl.

In particolare mancando dati litologici o stratigrafici diretti degli orizzonti più profondi, come in precedenza accennato, in base alle stratigrafie dei pozzi presenti in zona, si prevede una serie di alternanze di orizzonti argillosi con livelli sabbiosi localmente contenenti lenti od orizzonti di ghiaia e/o conglomeratici sino a circa 140/150-160 m di profondità, cui segue con tutta probabilità una sequenza essenzialmente sabbiosa e ghiaiosa fine-grossolana, (che potrebbe quindi costituire il bedrock sismico o bedrock lite), con intercalazioni di conglomerato e subordinati strati argillosi sino a circa 260-270 m, quota alla quale sono in genere presenti acque salmastre o la formazione delle “Sabbie di Imola”.

RISPOSTA SISMICA LOCALE (0 DI III LIVELLO)

Indagine sismica passiva HVSr (Microtremori)

In base alla necessità di valutare il confronto fra la frequenza fondamentale del sottosuolo e stabilire una profondità approssimativa del bedrock sismico (o bedrock lite) della zona di interesse è stato eseguito n. 1 punto di stazione per l'acquisizione dei microtremori sismici come di seguito descritto:

- Tromino Feralli Enomondo Faenza
(vedi Tav. 1-2 pag. 2-3).

In base alla necessità di valutare la frequenza fondamentale del sottosuolo per l'acquisizione dei dati di microtremore sismico, è stato utilizzato uno degli strumenti più diffusi per l'acquisizione di dati in sismica passiva a stazione singola, denominato "TROMINO"®, certificato e coperto da brevetto internazionale.

Tale strumentazione appositamente progettata e costruita da MoHo srl, rappresenta la nuova generazione di strumenti digitali per la misura al alta risoluzione del rumore sismico ambientale ed eventualmente quando in presenza di edifici esistenti, anche per la misura di vibrazioni antropiche, indotte su strutture (norma Din4150 e UNI 9916).

Tecnicamente è un sismografo appositamente studiato per il rilievo del microtremore sismico, nell'intervallo di frequenze fra 0,1 e 512 Hz, mediante l'impiego di masse strumentali molto ridotte, con una struttura rigida non risonante e costruita con materiali non diffrangenti.

I sensori sono costituiti da una terna di velocimetri smorzati che trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore e dinamica ≥ 23 bit.

Queste caratteristiche strumentali consentono una elevata accuratezza nella misura dei dati, maggiore di 10^{-4} , sulle componenti spettrali maggiori/uguali a 0,1 Hz.

Praticamente si tratta di installare solidalmente il Tromino® al suolo (nel caso di misure per la frequenza del sottosuolo) o di appoggiarlo, eventualmente mediante l'uso di piedini regolabili (nel caso di misure di frequenza su strutture con pavimentazioni non perfettamente orizzontali) e di misurare il tremore sismico, con durata di registrazione adeguata alla

frequenza minima di interesse per il sito e/o la tipologia d'indagine in analisi.

Per le misure sul suolo si ipotizza di misurare la frequenza della coltre sedimentaria, di copertura del bedrock sismico (quindi con spessore max ipotizzato ≈ 300 m), da ciò ne deriva una stima (in prima approssimazione) della frequenza dell'ordine di circa 0.5 Hz, che equivale ad un periodo $T = 2$ sec.

Pertanto per poter "osservare" congruamente i microtremiti del sottosuolo e registrare con Tromino® queste frequenze, è necessario mantenere in "ascolto" (acquisizione) lo strumento per una durata minima teorica di almeno 2 sec. Dato che però il metodo si basa su tecniche di risoluzione spettrale elevata, il segnale viene acquisito su finestre temporali di almeno 10 volte più lunghe.

E' quindi opportuna ed indispensabile, anche una ridondanza statistica (30-40/50 ripetizioni), che consente di mediare opportunamente le registrazioni, per evitare di interpretare "microtremiti locali" random.

In sintesi, per ottenere un'acquisizione di rumore sismico (microtremiti) a scopi stratigrafici anche profondi, si devono quindi analizzare dati con durata di acquisizione minime di circa almeno 15 minuti per il terreno e di 5-6 min. per le misure eseguite sulle strutture.

Il risultato della acquisizione eseguita nel sito in esame è quindi analizzato mediante il codice di calcolo 'Grilla®. (appositamente sviluppato da MoHo srl), che consente di archiviare, analizzare e permettere la revisione del segnale misurato in sito.

Tale software consente di realizzare approfondite analisi spettrali di base e procedure per analisi HVSR secondo procedure codificate dal progetto di ricerca SESAME (2005).

I passi principali sono:

- ◆ uso di strumentazione certificata e/o verificata da opportune commissioni (tecnico - scientifiche).
- ◆ analisi dettagliata dello spettro di Fourier delle componenti verticali del segnale per individuare ed eliminare componenti "monocromatiche" (possibile rumore antropico)
- ◆ eliminare (in genere la sequenza completa è di suddividere l'acquisizione in sottofinestre di 20 sec) le sottofinestre con contenuti TRANSIENTI, cioè le porzioni di segnale contenenti transienti legati a sorgenti vicine al sensore (cioè passi o passaggi di autoveicoli).
- ◆ calcolo H/V per ogni sottofinestra selezionata mediante:
 - eliminazione segnale di eventuali offset
 - calcolo spettri di Fourier
 - Smoothing degli spettri Fourier per minimizzare effetti d'instabilità numerica del computo dei rapporti, ottimizzando caso x caso la % di smoothing, per evitare di alterare le caratteristiche dello spettro intrinseco e quindi della curva H/V che ne deriva
 - Calcolo delle curve H/V in componente N-S - E-O - verticale
- ◆ Stima del valore medio dei rapporti spettrali per ciascuna sottofinestra e definizione deviazione standard.
- ◆ Identificazione curve H/V dei picchi statisticamente più significativi e stima indice di affidabilità da opportuni test statistici che permettono di definire l'affidabilità della curva H/V ed identificare il picco più significativo su criteri quantitativi.
- ◆ Se l'acquisizione viene eseguita in diverse condizioni d'acquisizione: es. esecuzione in diverse ore del giorno, diverso processing dei dati, diverse condizioni atmosferiche ecc., i risultati della curva H/V devono risultare paragonabili.

Il risultato dell'elaborazione è il grafico del "Rapporto spettrale orizzontale su verticale" che mette in evidenza (se presenti) picchi di amplificazione del segnale ($HVSR \gg 1$) dovuti alla presenza nel sottosuolo di contrasti di impedenza sismica fra gli strati che innescano amplificazioni del segnale sismico.

Il valore finale del HVSR in funzione della frequenza espresso nel grafico è indicato da una linea rossa che indica la media RMS delle componenti orizzontali rispetto alle verticali, mentre l'intervallo di confidenza (95%) relativo all'ampiezza HVSR è dato dalle linee nere sottili.

A seguire la scheda della registrazione al suolo eseguito al interno assi x-y della indagine Esac (vedi Tav. 2):

FERALLI ENOMONDO FAENZA,

Instrument: TRZ-0099/01-10

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

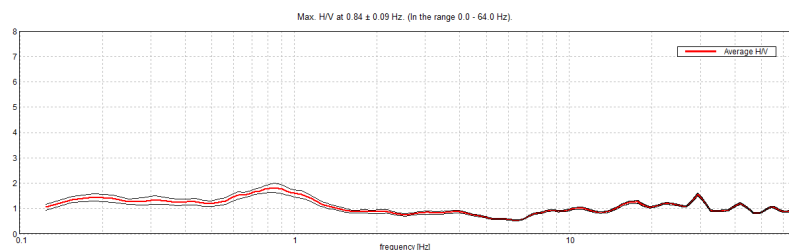
Start recording: 20/02/19 12:41:16 End recording: 20/02/19 13:17:15

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

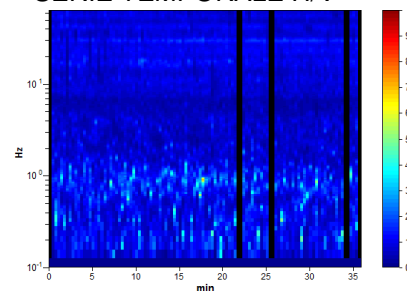
GPS data not available

Trace length: 0h36'00". Analyzed 93% trace (manual window selection)
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 10%

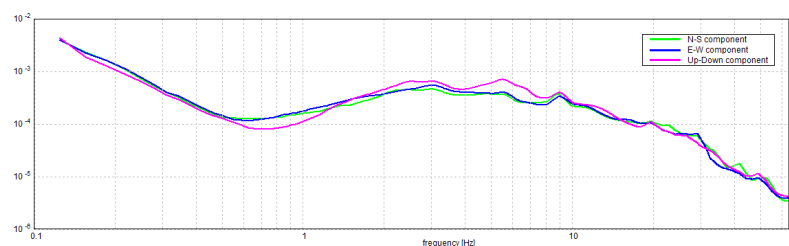
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Max. H/V at 0.84 ± 0.09 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

1. Criteria for a reliable H/V curve

$f_0 > 10 / L_w$	0.84 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1687.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 42 times	OK	

2. Criteria for a clear H/V peak

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.563 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.82 > 2		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.10798 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \epsilon(f_0)$	0.09111 < 0.12656	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1811 < 2.0	OK	

[Secondo le linee guida SESAME, 2005:

- i 3 criteri della voce 1) **Criteria for a reliable H/V curve** definiscono se la registrazione è stata condotta x un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco ed è indispensabile siano soddisfatti tutti e 3.
- i 6 criteri della voce 2) **Criteria for a clear H/V peak** dovrebbero stabilire se il picco è significativo dal punto statistico; è consigliato che ne siano soddisfatti il più possibile ma non necessariamente lo devono essere tutti, tanto è che una registrazione su roccia (eseguita in modo corretto) restituirebbe No su tutti questi criteri secondari.

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Il max rapporto spettrale H/V rilevato sul terreno naturale (≈ 0.84 Hz) indica un primo possibile livello di contrasto sismico (o bed rock lite) corrispondente a profondità circa ≥ 120 -150 m.

Inoltre è possibile osservare che il picco non essendo molto pronunciato (rapporto $H/V < 2$), indicherebbe un passaggio graduale al vero e proprio bed rock sismico (cioè $V_s > 800$ m/s), e poiché la “cuspide” del picco pare svilupparsi fra le frequenze 06-09 Hz il contrasto di impedenza sismica che potrebbe costituire il passaggio al vero bed rock sismico ($V_s > 800$ m/s), è probabilmente localizzato a profondità maggiori di quelle indicate.

Al fine di valutare eventuale interferenza (doppia risonanza) fra frequenza sottosuolo (sopra evidenziata) e quella dell'edificio da realizzare, a titolo indicativo si segnala, che le frequenze dei modi di vibrare delle strutture dipendono grosso modo dalla loro altezza; in linea di massima si può osservare che per edifici standard in c.a. ad un piano, in genere si hanno frequenze inferiori o paragonabili a 10-12 Hz, per edifici più alti e flessibili (es. circa 15 piani) potrebbero essere verosimili frequenze prossime a 1 Hz.

Considerazioni:

- In genere i casi in cui fenomeni di risonanza possono essere esclusi con certezza, è quando la frequenza del 1° modo di vibrazione strutturale è inferiore della frequenza fondamentale del sottosuolo, (oppure nel caso sia superiore dovrà risultare circa $> 40\%$)
- Tale considerazione deriva dal fatto che durante il verificarsi di un evento sismico, l'incremento del danneggiamento strutturale, produce sull'edificio un incremento del periodo quindi la frequenza strutturale tendenzialmente subiscono un decremento proporzionale al danneggiamento.

Metodologia d'indagine MASW

L'indagine sismica di tipo MASW, consente la determinazione diretta della velocità delle onde trasversali (Onde di taglio - onde Sh/Sv) dei terreni del sottosuolo in esame in modo da ottenere una corretta caratterizzazione della categoria sismica del sottosuolo dell'area in oggetto (V_{s30}).

L'indagine sismica adottata, Masw (in sismica attiva) è stata scelta in funzione delle limitazioni che affliggono in genere misure di onde Sh in metodi a rifrazione tradizionali (ad es. difficoltà di generazione di onde polarizzate Sh o inversioni di velocità identificabili solo e con incertezza e/o valutabili solo mediante onerosi metodi sismici rifrazione in foro: Cross-Hole o Down-Hole).

La tecnica sismica Masw, ampiamente testata (perfezionata già dal 1999), è contemplata fra le indagini per la definizione rigorosa del profilo di V_s per caratterizzazione sismica del sito (NTC-18 e ad es. Lai, Foti e Rota “Input sismico e stabilità geotecnica dei siti di costruzione - IUSS Press Eucentre 2009).

Risulta migliore per la caratterizzazione del primo sottosuolo; le tecniche basate su utilizzo di registrazioni di microtremiti di origine naturale e/o antropica (tecniche passive), possono caratterizzare infatti il sottosuolo più in profondità, da diverse decine, sino alle volte, anche a centinaia di metri (Lai et alii - IUSS Press Eucentre 2009) ma con minor risoluzione per la zona prossima alla superficie che invece più interessa.

Inoltre diversi autori (Lachet e Bard 94, Bard 99, De Ferrari et alii - Università studi di Genova 2008), segnalano che sistemi d'acquisizione in sismica passiva sono poco idonei per terreni alluvionali, in quanto l'utilizzo di tecniche passive, è possibile o consigliabile nel caso di:

- intenso "rumore antropico" (che impedisce o maschera l'acquisizione dei dati in sismica attiva)
- discreto contrasto di impedenza sismica ($>2,5-3$) fra il substrato (sismico) ed il materasso alluvionale sovrastante
- è importante l'interramento del sensore sismico passivo (per migliorare l'accoppiamento sensore-terreno), quindi altri autori (Konno e Ohmachi 98, Bard 99, Bindi et alii 2000, Parolai et alii 2002) consigliano di evitare terreni caratterizzati da: erba, fango, terreno saturo, neve, ghiaccio, materiali incoerenti in superficie (ghiaia, ciottoli, quindi piazzali rilevati ecc.), coperture artificiali con piastrelle, superfici sintetiche, ecc.

Valutando le sopracitate motivazioni per caratterizzare il sottosuolo dal punto di vista del profilo Vs/profondità è stata realizzata una prospezione Masw, (rilevazione onde di Rayleigh) - tecnica in sismica attiva.

Dal punto di vista operativo l'indagine è stata eseguita disponendo lungo una linea 24 ricevitori (geofoni), ad una distanza intergeofonica costante ed energizzando ad una estremità dello stendimento con una mazza su una piastra di alluminio. La distanza tra il punto di energizzazione e il primo geofono è denominata "offset".



Fig.1 Schema illustrativo prova Masw

La linea Masw eseguita, per le possibilità operative presenti in corrispondenza del sito di intervento, presenta (Compreso il punto di shot) la geometria come sotto indicato:

➤ Numero geofoni	24
➤ Distanza Intergeofonica	2,0 m
➤ Lunghezza stendimento geofonico	46 m
➤ Distanza punto di shot da ultimo geofono "offset"	eseguito shot a 2 e 10 m
➤ Lunghezza complessiva (con off-set)	48 e 56 m

Si ricorda che data la necessità di analizzare con elevato dettaglio le basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 20 Hz), la tecnica di acquisizione per onde di superficie necessita di geofoni (ad asse verticale) con frequenza di taglio non superiore a 4,5 Hz.

Quindi le basi teoriche della tecnica di Acquisizione delle Masw, (analisi ed elaborazione delle onde di superficie di Rayleigh) sono completamente diverse dalle onde P od S degli stendimenti di sismica a riflessione o rifrazione.

Perciò nell'acquisizione con tecnica Masw, non è possibile caratterizzare la tecnica con un classico coefficiente geometrico che esprime la profondità di investigazione in funzione della lunghezza della stesa sismica, (come nella riflessione o nella rifrazione), ove infatti le metodiche di interpretazione si basano sui tempi di arrivo ai geofoni delle onde riflesse o rifratte (quindi si misurano dei tempi).

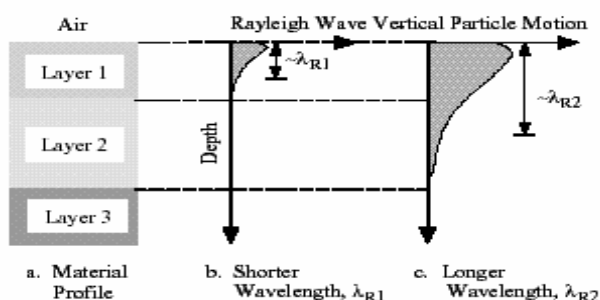
Nella tecnica Masw non si misurano dei tempi, ma viene eseguita una trattazione spettrale dei sismogrammi e mediante trasformata di Fourier si restituisce lo spettro del segnale sismico nel dominio frequenza (f) n° d'onda (k) detto anche dominio f-k.

La lunghezza dello stendimento dipende sia dal numero di ricevitori utilizzabili, sia dallo spazio disponibile.

Normalmente si dispongono i ricevitori ad interasse costante compreso tra 0,5 m e 3,0 m.

Con array (a parità di numero di ricevitori) un interasse di 3,0 m, consente di avere uno stendimento di ricevitori più lungo e quindi una maggiore risoluzione della curva di dispersione lungo la coordinata numero d'onda k; tuttavia si riduce il numero d'onda di Nyquist, oltre cui non si ha certezza sull'affidabilità del segnale misurato.

Viceversa un interasse piccolo può essere necessario in piccoli spazi e consente un intervallo più ampio di numeri d'onda, ma comporta una minore risoluzione della curva di dispersione lungo i numeri d'onda.



La profondità investigata dalle onde di Rayleigh dipende più propriamente dalla lunghezza d'onda, dalla velocità delle onde di taglio Vs e dalla frequenza. (Stokoe II and Santamarina, 2000).

La relazione quindi che meglio consente di valutare la profondità di indagine di un indagine masw, NON è legata alla dimensione (lunghezza) dello stendimento, ma al valore della Vs assegnata ad una determinata profondità z dal piano campagna, calcolata in funzione della lunghezza d'onda, cioè :

$$Z = \frac{\lambda}{(1,5 / 2,0)}$$

Inoltre si evidenzia che:

con la tecnica Masw (indagine sismica non invasiva di superficie) si ottiene una modellazione del sottosuolo, basandosi sulla propagazione delle onde di Rayleigh, oggi realizzata mediante approcci multi stazioni, che risultano robusti ed efficienti (Foti, 2000; Lai e Wilmanski, 2005) rispetto ai primi approcci del metodo, che si basavano essenzialmente su 2 ricevitori (Prova Sasw - Stoke et al., 1994).

Queste prove (masw-sasw) sfruttano la proprietà della dispersione geometrica, che rende la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh (VR) dipendente dalla frequenza di eccitazione in mezzi verticalmente eterogenei.

L'onda di Rayleigh, costituisce un particolare tipo d'onda sismica ed è facilmente individuabile in quanto ha una velocità differente dai treni d'onda delle onde P ed S risultando più lenta anche di queste ultime, con una velocità di propagazione $V_R \approx 0,9 \div 0,96 V_s$ (da V. Socco Lab. Geofisica Appl. Dip. Ing Territorio Politecnico di TORINO)

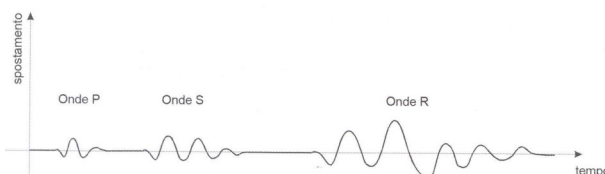
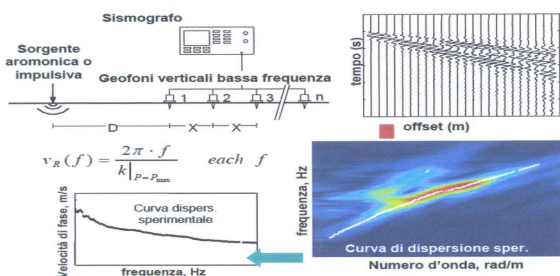


Fig. 2: sismogramma che evidenzia l'arrivo distinto di onde P, S e di Rayleigh (da Crespellani e Facciuruso "Dinamica dei terreni")

L'onda di Rayleigh si trasmette infatti sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo ed è il risultato dell'interferenza e della combinazione d'onde sismiche di pressione (P-waves) e onde di taglio polarizzate verticalmente (Sv-waves).

La prova consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in corrispondenza del sito da investigare, una sollecitazione

tecniche attive - Metodi multistazione



(piccolo sisma) e nel registrare le vibrazioni prodotte sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate.

Il profilo di Vs viene determinato attraverso la soluzione di un problema matematico di inversione della curva di dispersione (VR in funzione della frequenza).

In un mezzo reale stratificato avviene una dispersione delle onde prodotte; in altre parole, una deformazione del treno d'onda, dovuto alla variazione della velocità di propagazione, con la frequenza, che varia in relazione alle caratteristiche di "rigidezza" di ogni singolo strato.

Nella figura qui sopra esposta (da V. Socco Lab. Geofisica Appl. Dip. Ing Territorio Politecnico di TORINO) è ben riassunto il processo di acquisizione ed il passaggio alla curva di dispersione:

Gli elementi a bassa frequenza penetrano quindi più in profondità, con velocità di fase in genere più alta, rispetto alle componenti ad alta frequenza.

Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh, visualizzato dai grafici $V(fase)/f(frequenza)$, tramite elaborazioni e programmi dedicati, è poi convertito in profili V_s / profondità.

Indagine ad antenna sismica passiva (metodo ESAC) con elaborazione congiunta Masw- Esac

Le vibrazioni ambientali (o rumore sismico ambientale o microtremori) oltre che per le misure HVSR (sopra descritte) possono essere utilizzate anche per i rilievi con antenna sismica (conosciute come prove ESAC).

I movimenti del terreno che interessano queste tecniche passive, sono caratterizzati da ampiezze dell'ordine di 10-4 – 10-2 mm. Queste vibrazioni sono l'effetto di una molteplicità di sorgenti agenti a diverse frequenze: onde marine e perturbazioni atmosferiche, ad esempio, contribuiscono al campo d'onda prevalentemente a frequenze inferiori a 0.5 Hz; vento, traffico veicolare e attività industriali contribuiscono prevalentemente a frequenze superiori a 0.5 Hz.

Se da un lato il carattere stocastico del fenomeno presenta difficoltà di tipo teorico, dall'altro consente, mediante operazioni di tipo statistico, di ridurre la complessità dell'analisi.

Dato che il rumore è caratterizzato da lunghezze d'onda anche molto grandi (decine o centinaia di metri), confrontabili con quelle tipiche dei fenomeni sismici, le tecniche di sismica passiva possono trovare applicazione negli studi della risposta sismica locale, e possono arrivare a determinare profili di velocità delle onde S fino a profondità dell'ordine anche di diverse decine di metri.

La configurazione di tale rilievo è quello definito appunto ad antenna sismica (array), con cui vengono analizzati i rapporti di fase tra i treni d'onda che attraversano un'antenna sismica (array) ovvero una distribuzione di sensori disposti con geometrie variabili sulla superficie del terreno (a L a X a Triangolo, quadrato, cerchio ecc. secondo le possibilità operative).

Tra le configurazioni ad antenna sismica (array), è stata utilizzato il metodo d'indagine Esac (Aki 1959) che si basa sul principio secondo il quale la funzione di correlazione media fra le registrazioni di un rumore isotropo, effettuate su sensori verticali distribuiti in diverse direzioni a parità di distanza r da un sensore centrale, ha una forma nota (funzione di Bessel di ordine 0).

La forma di questa funzione di Bessel ad una data frequenza ed una data distanza r è controllata dal valore della velocità di fase.

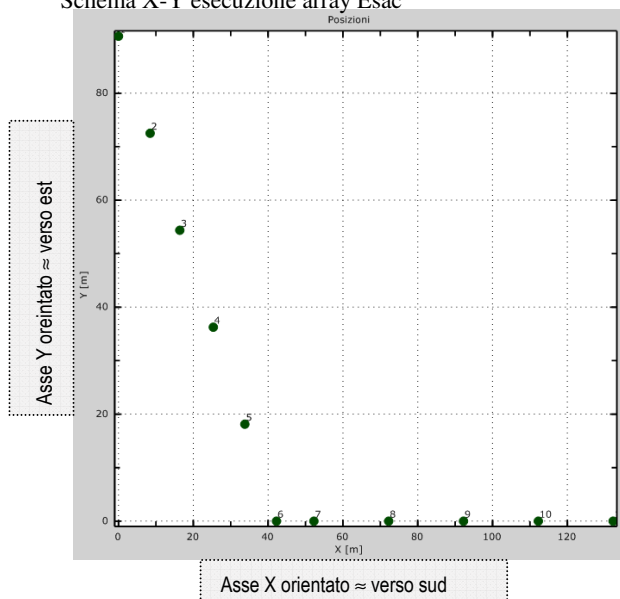
Nella indagine eseguita sono state utilizzate delle configurazioni geometriche 2D e spaziature variabili tra i sensori, inoltre per migliorare la definizione della curva di dispersione, è stata utilizzata la precedente indagine sismica masw eseguita circa parallela al asse X, per consentire di ottenere dettaglio nei valori di propagazione delle V_s negli strati più prossimi alla superficie.

Il risultato finale del metodo Esac (accoppiato a Masw o eventualmente anche Remi) è una curva di dispersione effettiva più accurata che rappresenta una combinazione delle diverse curve modali "pesate" in base al loro specifico contenuto energetico del sito, il reale vantaggio deriva dalla possibilità, utilizzando più tecniche accoppiate (Masw-Esac) di "prolungare" la curva di dispersione e quindi di ottenere dati sismici significativi ed accurati anche in profondità.

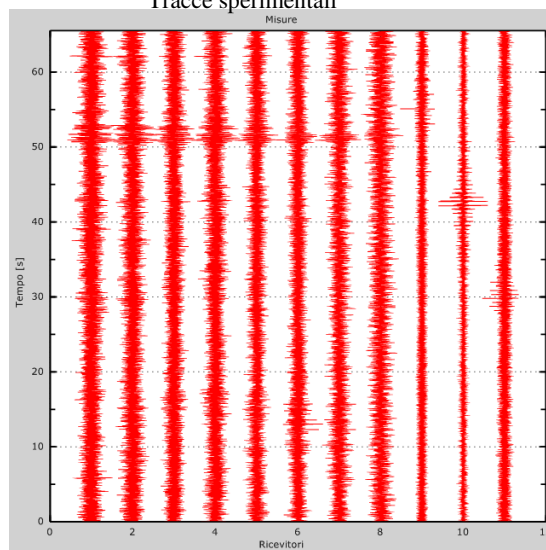
L'elaborazione dei dati accoppiati Masw- Esac è stata effettuata mediante specifico programma (Masw-Esac ver. 4.0.0.2 (c) Vitantonio Roma. All rights reserved).

Poiché per la realizzazione di un array ad antenna sismica sono in genere necessari spazi maggiori che per le classiche indagini Masw e/o Remi, in corrispondenza della zona di prevista edificazione (vedi Tav 1 e 2), è stato possibile installare i sensori per la realizzazione del indagine Esac-Masw, come evidenziato.

Schema X-Y esecuzione array Esac



Tracce sperimentali



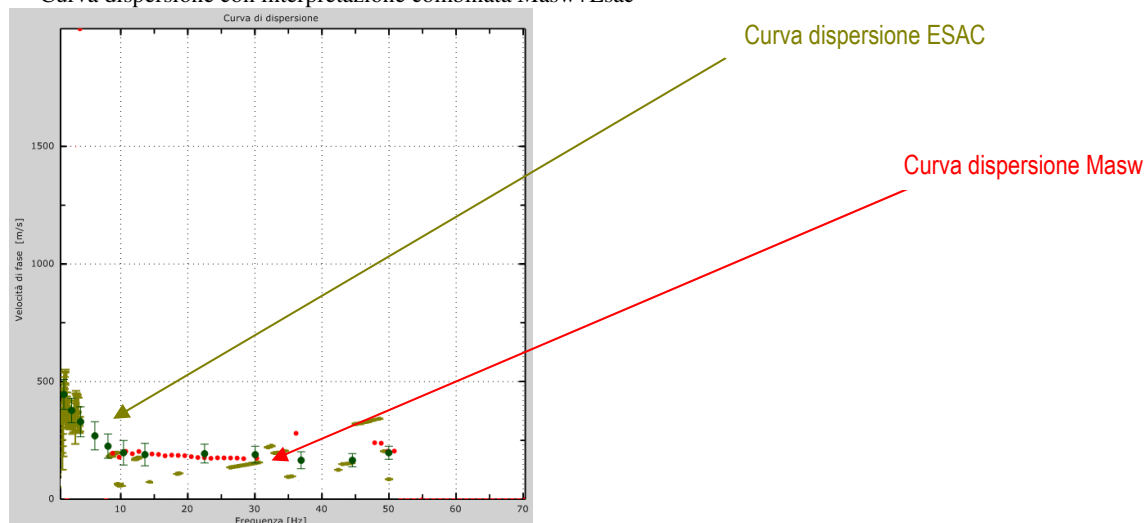
Dati sperimentali indagine Masw:

Numero di ricevitori 24
 Distanza tra i sensori: 2m
 Numero di campioni temporali 2048
 Passo temporale di acquisizione 1ms
 Numero di ricevitori usati per l'analisi 24
 L'intervallo considerato per l'analisi comincia a 0ms
 L'intervallo considerato per l'analisi termina a 2047ms

Dati sperimentali indagine ESAC:

Numero di ricevitori 11
 Numero di campioni temporali 32768
 Passo temporale di acquisizione 2ms
 L'intervallo considerato per l'analisi comincia a 0ms
 L'intervallo considerato per l'analisi termina a 65534ms
 Durata finestra 8s
 Sovrapposizione 0s
 Lisciamiento 0.1
 Soglia pulitura 0sqm
 Numero di iterazioni 2

Curva dispersione con interpretazione combinata Masw+Esac

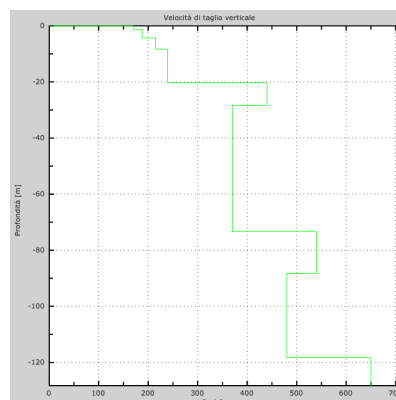


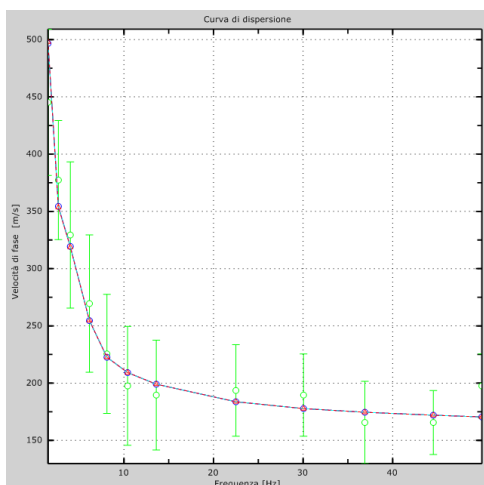
Profilo sismico del sito elaborazione combinata Masw-Esac

Numero di strati 9
 Spaziatura ricevitori 2m (Masw)
 10/20 m (Esac)
 Numero ricevitori 24 (Masw)
 11 (Esac)
 Numero modi 1

Strato n.	Prof. base strato m	Vs m/sec
1	1.3	170
2	4.3	188
3	8.3	215
4	20.3	239
5	28.3	440
6	73.3	370
7	88.3	540
8	118.3	480
9	>119	650

$V_{s30}^{Mw-ESAC} = 260 \text{ m/s (0-30 m)}$





Velocità numeriche: punti sperimentali (verdi), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu) e curva numerica (rosso) sovrapposte (ottimo fitting)

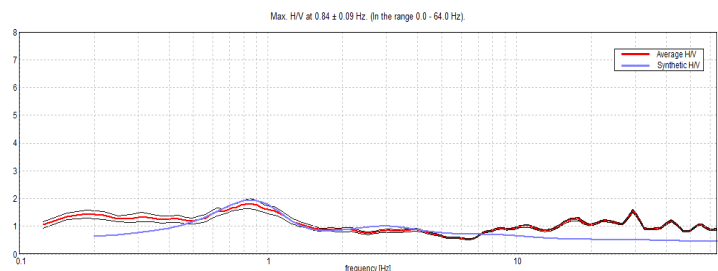
A congruenza/confronto di quanto sopra esposto, in relazione alla definizione della profondità del bed-rock sismico, è stato eseguito un'elaborazione-analisi anche dai dati dedotti (anche se in modo indiretto) dalle analisi microtremori a stazione singola HVSR, imponendo nell'analisi di conversione grafico HVSR-Vs, le stratificazioni ottenute dall'elaborazione Esac-Masw, al fine di ottenere un confronto omogeneo, in particolare sugli strati dei primi 40-50 m di profondità, per consentire di ottenere un risultato quanto più possibile corretto e congruente, in particolare per l'assegnazione degli spessori agli strati e di conseguenza verificare se la stratificazione sismica, ottenuta dalle analisi Esac-Masw, consente anche un buon fitting dalla indagine HVSR.

Indagine HVSR (EnoMondo)

EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

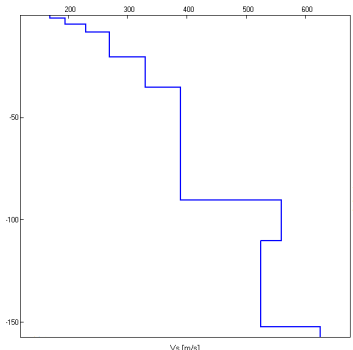
Prof. base strato (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)
1.30	1.30	170
4.30	3.0	195
8.30	4.0	230
20.30	12.0	270
35.30	15.0	330
90.30	55.0	390
110.30	20.0	560
152.30	42.0	525
>152.3	Inf.	625

$V_{s_eq(0.0/30)}=263\text{m/s}$



Da quanto sopra si nota un'ottima congruenza dei dati (Esac-Masw ed HVSR), in riferimento, sia alla profondità del bed-rock lite rilevato, sia per i valori di V_{s30} ottenuti sia per le velocità/spessore degli strati considerati (con trascurabili differenze adottate per l'elaborazione/fitting da curva sperimentale HVSR).

Si evidenzia che la valutazione mediante fitting da grafico *H/V-frequenza* del HVSR, non è in grado di "valutare-evidenziare" la presenza del banco ghiaioso, rilevabile invece dalla Indagine sismica Esac-Masw, che fra 20 e 28 m da pc evidenzia un netto incremento delle velocità Vs, inoltre l'indagine HVSR indica presenza di un bed rock lite, leggermente più in profondità (≈ 150 m) rispetto a quello da indagine Esac-Masw, ma con velocità confrontabile ed in pratica equivalente (625 m/s da HVSR, 650 m/s da Esac-Masw).

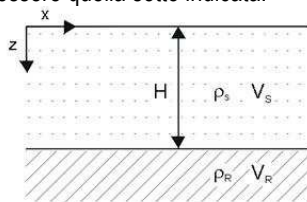


Analisi monodimensionale di Risposta Simica Locale (RSL)

Eseguire un'analisi per definire l'azione sismica, mediante analisi di risposta sismica locale, in campo monodimensionale, significa definire la Funzione di trasferimento rappresentativa della situazione geologico/strutturale al di sotto del sito in esame, dedotta da una campagna di esplorazione sismica del sottosuolo eseguita ad hoc per gli scopi dell'analisi.

La forma della funzione Trasferimento, quindi è funzione delle modalità di trasmissione delle onde all'interno dello strato superficiale (o degli strati che ricoprono il bedrock) ed in particolare alle interferenze che si generano fra queste onde.

La situazione sismo stratigrafica più semplice può essere quella sotto indicata:



Se il contrasto di impedenza tra i due sismo-strati è sufficientemente alto e se il livello di base ($\rho_R - V_R$) è considerabile un basamento rigido, l'onda sismica emergente dal basso rimarrà intrappolata nel livello superficiale di copertura e le onde sismiche intrappolate tendono ad interferire fra loro.

Se l'interferenza che si genera è positiva, si verifica amplificazione delle onde sismiche.

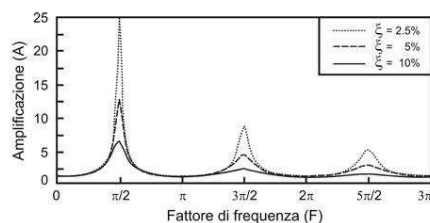
La funzione di amplificazione relativa in genere è periodica ed assume valori maggiori o uguali all'unità. Essa diviene infinita per determinate frequenze, definite di risonanza del terreno.

Queste frequenze (ν) dipenderanno dallo spessore dello strato e dalla velocità delle onde al suo interno, secondo la relazione:

$$\nu = (2n-1) \frac{V_s}{4H}$$

Se il substrato di riferimento non è considerato rigido (cioè $V_s \approx 750-800$ m/s) ma deformabile, l'intrappolamento non sarà totale e si verifica quindi la diminuzione del grado di amplificazione, in relazione al rapporto di impedenza tra substrato e copertura superficiale. Analogamente al caso del substrato rigido, sono sempre V_s e spessori a definire le frequenze caratteristiche dell'amplificazione.

Qualora il comportamento del terreno non sia elastico ma visco-elastico (come in gran parte dei casi reali e come d'altronde ipotizzato nella gran parte dei programmi di RSL monodimensionale), il livello di amplificazione sarà decrescente all'aumentare della frequenza, come indicato in figura:



Le caratteristiche anelastiche dei terreni vengono considerate nei codici di calcolo di RSL (Risposta Sismica Locale), mediante l'inserimento di curve dinamiche, relativamente a variazione del modulo di taglio (G/G_0) e del rapporto di smorzamento (D) in funzione della deformazione a taglio sismica crescente.

Tali curve sono ricavabili mediante esecuzione di speciali analisi geotecniche di laboratorio in ambito dinamico (prove triassiali dinamiche colonna risonante ecc.) oppure qualora tali dati non disponibili, desumibili da banche dati nazionali ed estere come nella maggior parte dei casi.

In conclusione le analisi di RSL richiedono l'applicazione-adozione di:

- 1) un modello geometrico: profilo geologico, tenendo conto di eterogeneità della stratificazione (livelli distinguibili secondo le proprietà fisico-meccaniche), morfologia superficiale (effetto topografico) e/o sepolta (andamento-profondità del substrato rigido);
- 2) un modello meccanico: comportamento dei terreni di copertura, ottenuto mediante apposite indagini od applicazione (da banche dati) di densità, parametri di deformabilità (G/G_0 e D);
- 3) un modello numerico: per simulare la risposta del sottosuolo al terremoto di riferimento applicato al bedrock e di restituirne la risposta in superficie in termini di accelerogrammi e spettri di risposta.

Il codice di calcolo adottato (selezionabile fra Shake*/Shake91**), agisce secondo un approccio semplificato di tipo visco elastico-lineare equivalente.

Il modello consiste di N strati piani e paralleli, di estensione orizzontale presupposta infinita, su un semispazio rigido o semirigido (bedrock).

*SHAKE: "A computer program for earthquake response analysis of horizontally layered sites" Report n. EERC 72-12 Dicembre 1972 (B. Schnabel – J. Lysmer – H. Bolton Seed Berkeley California)

** SHAKE91: "A computer program for conducting equivalent linear seismic response analyses of horizontally layered soils deposits" 1992 (J. Idriss e J. I. Sun Davis California)

Ogni strato, considerato omogeneo ed isotropo, è caratterizzato dallo spessore h , dalla densità ρ , dal modulo di taglio G e dal fattore di smorzamento D .

L'approccio sopra descritto è ottimizzato per un modello a strati orizzontali paralleli ed infinitamente estesi, rispetto alla struttura in esame, come è possibile ed ipotizzabile per il sito in oggetto.

Definizione input sismico

Il primo step iniziale per la definizione dell'input sismico:

- *definizione dei 7 accelerogrammi naturali*
- *opportunitamente scalati al valore di a_g del sito*
- *deconvoluti (cioè riportati in profondità al tetto del substrato, poiché di norma la loro registrazione avviene in stazioni poste in superficie).*

Quindi indispensabile in partenza è il valore dell'accelerazione di base del sito di progetto (a_g), valore al quale bisognerà scalare i 7 accelerogrammi, costituenti l'input sismico.

Per la definizione di tale parametro sono necessarie alcune informazioni relative al progetto ed alla sua localizzazione spaziale:

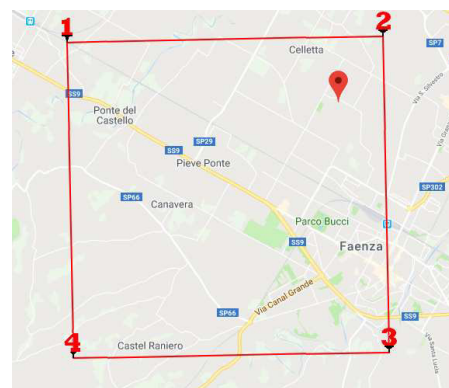
1. Coordinate del sito;
2. Vita di riferimento V_R come moltiplicazione della Vita nominale (V_N) e del Coefficiente d'uso (C_U) derivanti dalla scelta progettuale e tipologia di edificio in esame;
3. Stato limite o stati limite del progetto, ad esempio Stato Limite di salvaguardia della Vita (di seguito **SLV**) e/o Stato Limite di Danno (di seguito **SLD**), a cui corrispondono differenti a_g in funzione dei differenti periodi di ritorno T_R .

Tale dati sono noti, utilizzando le coordinate del sito (dedotte da mappe Google) e successivamente la definizione di V_R e V_N nonché C_U , è stata effettuata considerando il fabbricato in esame "con previsione di normali affollamenti" quindi Classe d'Uso II (cfr. NTC 18 art. 2.4.2).

In seguito sono riassunti i dati utilizzati:

Stima dell'accelerazione di base (a_g)

Dati del sito (WGS84) ED50:
 Latitudine: 44.312366 44.313305
 Longitudine: 11.872446 11.873423



Dati sulla costruzione

Classe d'uso: **II** (cioè "con normale affollamento")

Quindi:

Vita Nominale: 50 anni

Coefficiente d'uso: 1.0

Vita di riferimento: >50.0 anni

Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.100000 (SLV) Periodo di ritorno: 475 (anni)

Noti questi valori ed utilizzando il foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, per la stima dell'azione sismica di progetto:

Valori finali calcolati per SLV e Classe d'uso: **II** (come da prog. Spettri-NTC ver.1.0.3 da sito cslp.it "Consiglio Superiore lavori Pubblici - area Azioni sismiche spettri di risposta"):

Probabilità di superamento: 10 %

Elaborazione con foglio calcolo Spettri-NTC ver. 1.03 PER ipotesi stato limite SLV ed SLD

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0.066	2.407	0.262
SLD	50	0.084	2.398	0.270
SLV	475	0.203	2.432	0.303
SLC	975	0.255	2.485	0.315

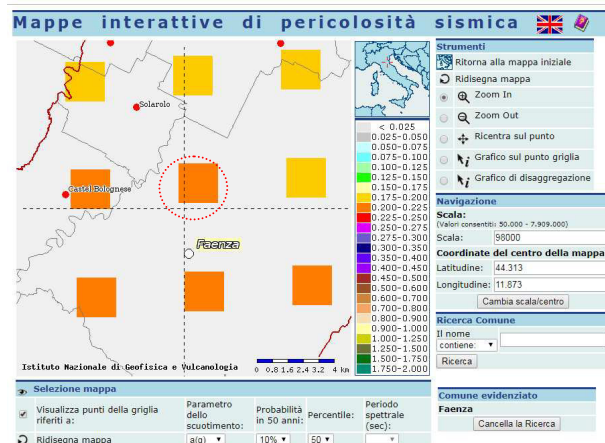
Dati disaggregazione

I dati disaggregazione del sito in esame, come desumibili da sito "Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano" dedicata ai dati di pericolosità sismica nazionale (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

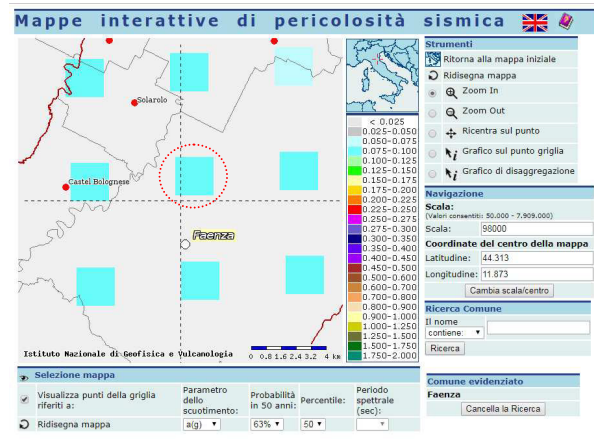
Pertanto verificato il periodo di ritorno relativo alla scelta progettuale adottata (per il sito in esame considerando una classe d'uso II e per stato limite assunto SLV tempo ritorno di 475 anni), si ricerca nel sito citato il valore di PVR (VR fissata a 50 anni) che corrisponde al valore di TR (periodo di ritorno) che è stato ottenuto dall'approccio progettuale ipotizzato o scelto dal progettista strutturale.

Qualora con il tempo di ritorno ottenuto non si trovasse corrispondenze con gli intervalli proposti da "Mappa Naz. di pericolosità Sismica", si può procedere optando per una probabilità di superamento del 5% in 50 anni (quindi inferiore e più cautelativa), corrispondente quindi ad un periodo di ritorno molto maggiore o quindi a favore di sicurezza rispetto al periodo di ritorno delle ipotesi progettuali (475 anni).

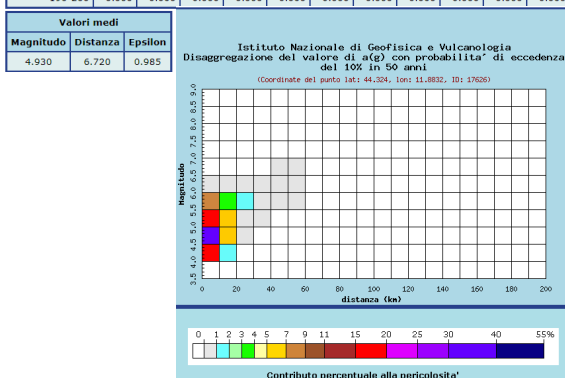
Ricerca per SLV



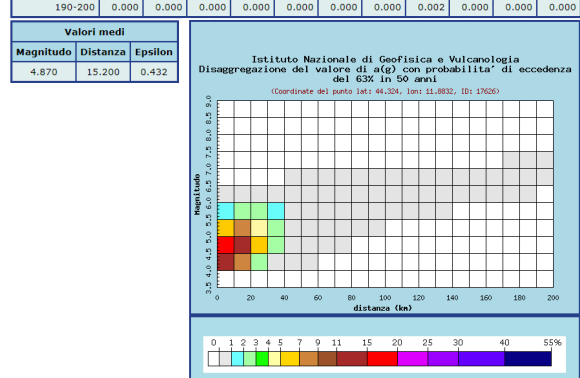
Ricerca per SLD



Distanza in km	Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.324, lon: 11.8832, ID: 17626)									
	Magnitudo									
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5
0-10	0.000	18.400	34.700	19.800	7.660	0.091	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	1.380	5.210	5.970	3.980	0.194	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.126	0.838	1.090	0.097	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.034	0.242	0.042	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.027	0.003	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



Distanza in km	Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 63% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.324, lon: 11.8832, ID: 17626)									
	Magnitudo									
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5
0-10	0.000	13.700	18.700	6.890	1.890	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	7.840	14.400	7.900	2.990	0.086	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	2.370	5.750	4.460	2.280	0.103	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.622	2.080	2.170	1.420	0.096	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.067	0.523	0.835	0.763	0.185	0.014	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.001	0.085	0.294	0.382	0.182	0.018	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.010	0.100	0.191	0.114	0.010	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.030	0.093	0.062	0.004	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.007	0.045	0.039	0.002	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.001	0.020	0.023	0.001	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.014	0.001	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.007	0.001	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000



Coordinate sito (WGS84):
44.312366 11.872446

Vita nominale $V_n = 50$

Coeff Uso = 1.0

Stato limite riferimento SLV

Acc. orizz. max al sito $a_g = 0.203$ (SLV da Spettri-NTC ver. 1.03)

Disaggregazione (SLV): Magnitudo compresa fra 4-5.5/6 M
Distanza R compresa fra 0-20/30

Stato limite riferimento SLD

Acc. orizz. max al sito $a_g = 0.084$ (SLD da Spettri-NTC ver. 1.03)

Disaggregazione (SLD): Magnitudo compresa fra 4-5/5.5 M
Distanza R compresa fra 0-30/40

Estrazione accelerogrammi (database - Prog Rexel)

A questo punto si procede con la estrazione degli accelerogrammi naturali di input (software Rexel 3.5 β sviluppato da ReLuis NA - Iervolino, Galasso, Cosenza 2009 –Bulletin of Earthquake Engineering, 8:339-362), utilizzando anche la recente banca dati Simbad (Smerzini e Paolucci, 2011) qualora risultino compatibili, unitamente a European Strong-Motion Database e Italian Accelerometric Archive.

Per il caso in esame si è quindi supposto:

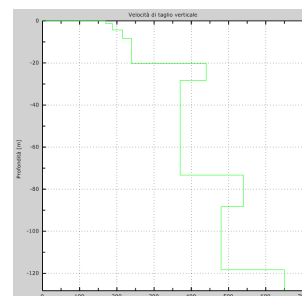
- cat. topografica T1 (topografia pianeggiante cioè inclinazione <15% per analisi 1D).
- componenti orizzontali del sisma (come previsto x analisi 1D)
- ipotesi di bedrock con valori $V_s \geq 750/800$ m/s quindi 'Site Class EC8' = A come da indagine **ESAC** appositamente eseguita nel sito in analisi ed utilizzando opportuno gradiente di progressione con la profondità per le V_s (come consentito e previsto da normativa) sino al raggiungimento di valori ≥ 800 m/s (vedi Tab. 1):

Profilo V_s da Indagine ESAC_masw presso EnoMondo di Faenza-

Profilo V_s da Indagine ESAC_masw eseguita presso Istituto Einaudi di Cremona

schematizzazione modello geofisico Tab. 1

strato sismico n°	Profondità (m) da a		Velocità 'media' onda taglio dello strato V_s m/sec
1	0	1.3	170
2	1.3	4.3	188
3	4.3	8.3	215
4	8.3	20.3	239
5	20.3	28.3	440
6	28.3	73.3	370
7	73.3	88.3	540
8	88.3	118.3	480
9	118.3	152	650
10	152	163	700
11	163	185	750
12	185	195	790
13	195	>200	>850

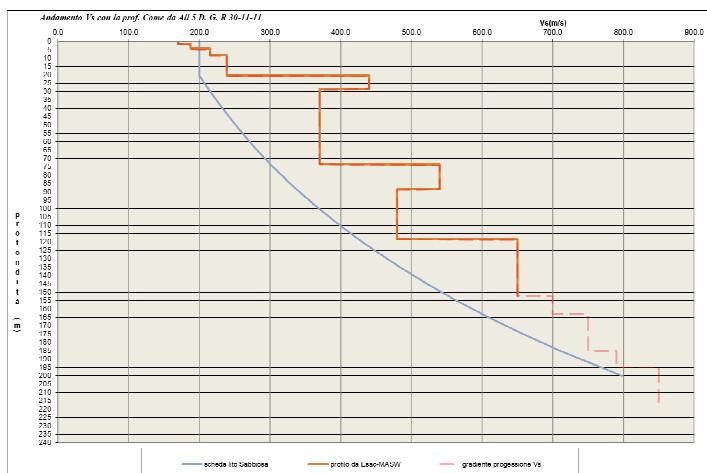


Dati da Indagine sismica combinata Esac-Masw.

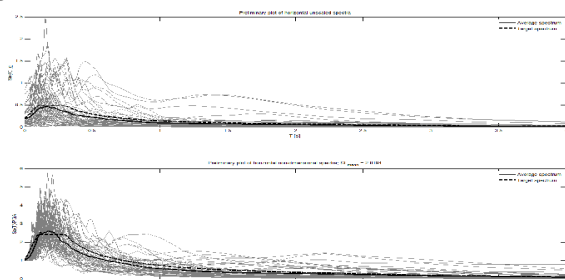
V_s da gradiente di velocità V_s , ottenuto dai dati delle indagini sismiche ed in considerazione anche delle sezioni stratigrafiche sopra esposte ed in particolare dalle stratigrafie dei pozzi profondi (cod. 7412 e 7414).

Dalla simulazione esposta nel grafico sopra esposto mediante analisi della curva V_s -Masw/Esac, si ottengono V_s assimilabili ad un possibile bed rock sismico ($V_s \geq 800$ m/s) a profondità $>> 120/150$ m evidenziato per il bed rock lite dalle indagini sismiche, in particolare dalla elaborazione mediante "gradiente di progressione delle V_s " pare con tutta probabilità ubicarsi a ≈ 195 m.

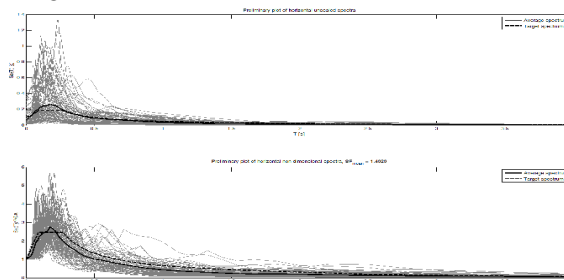
Si sono poi utilizzate le coppie M ed R a periodo 0 ($SaT=0$ sec) derivanti dalla precedente analisi di disaggregazione, per ottenere gli input sismici la cui media sia aderente allo spettro target, come da ipotesi di RSL prese in considerazione, ottenendo i seguenti plot



SLV



SLD



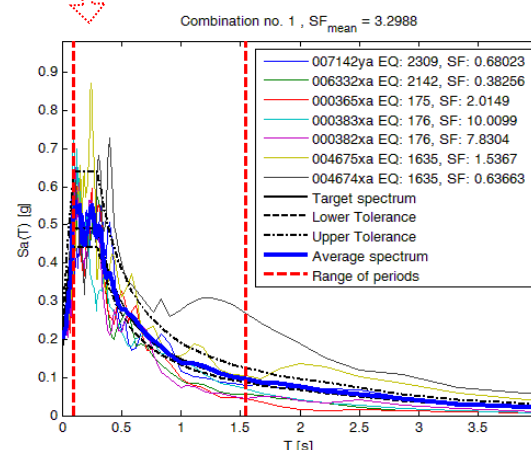
Plot preliminare degli eventi estratti da Database E.S.M. e Site Class: Same as target spectrum

La restituzione dei grafici sopra e sotto esposti deriva, da analisi critica delle varie combinazioni possibili che il programma (REXEL ver. 3.5) restituisce, ed in particolare la **combinazione n. 1 per lo SLV** e la **combinazione 9 per lo SLD**, che sono quelle caratterizzate da minor scarto sia medio, sia considerando i singoli accelerogrammi, rispetto allo spettro di riferimento.

Per Stato Limite SLV

ncomb	Recdev_med	Recdev_1	Recdev_2	Recdev_3	Recdev_4	Recdev_5	Recdev_6	Recdev_7
1	0.071	0.160	0.206	0.219	0.234	0.243	0.269	0.570
2	0.074	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.269	0.526
3	0.077	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.269	0.570
4	0.079	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.269	0.662
5	0.063	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.283	0.570
6	0.068	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.285	0.526
7	0.071	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.286	0.570
8	0.064	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.288	0.570
9	0.077	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.289	0.570
10	0.075	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.289	0.662
11	0.050	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.298	0.480
12	0.078	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.298	0.526
13	0.071	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.298	0.570
14	0.073	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.298	0.662
15	0.084	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.298	0.570
16	0.063	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.315	0.570
17	0.101	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.326	0.570
18	0.091	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.326	0.662
19	0.096	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.330	0.570
20	0.068	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.335	0.570
21	0.087	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.335	0.570
22	0.091	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.343	0.570
23	0.072	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.348	0.480
24	0.102	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.348	0.526
25	0.098	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.348	0.570
26	0.093	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.348	0.662
27	0.059	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.363	0.570
28	0.067	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.373	0.570
29	0.103	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.401	0.570
30	0.101	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.403	0.570
31	0.073	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.480	0.533
32	0.091	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.495	0.533
33	0.116	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.526	0.533
34	0.112	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.526	0.570
35	0.107	0.160	0.206	0.219	0.234	0.255	0.533	0.570
36	0.058	0.160	0.206	0.219	0.234	0.260	0.298	0.526
37	0.052	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.283	0.570
38	0.068	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.286	0.570
39	0.059	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.288	0.526
40	0.053	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.288	0.533
41	0.066	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.289	0.570
42	0.076	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.298	0.526
43	0.088	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.298	0.533
44	0.075	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.298	0.570
45	0.062	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.298	0.570
46	0.075	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.298	0.570
47	0.058	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.305	0.526
48	0.090	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.326	0.526
49	0.099	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.326	0.570
50	0.083	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.330	0.570
51	0.068	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.335	0.526
52	0.073	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.335	0.570
53	0.074	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.335	0.570
54	0.090	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.343	0.570
55	0.068	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.348	0.495
56	0.093	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.348	0.526
57	0.095	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.348	0.570

PGA - Input[m]
Lower limit [%]: 10
Upper limit [%]: 30
Tolerance [%]: 0
Non-dimensional

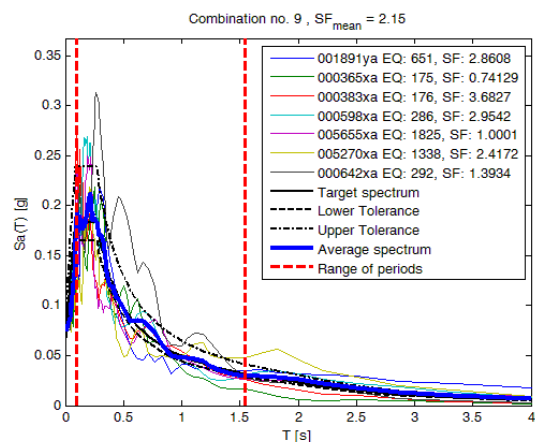


58	0.103	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.348	0.662
59	0.067	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.373	0.570
60	0.085	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.401	0.526
61	0.094	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.403	0.570
62	0.061	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.412	0.570
63	0.076	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.429	0.570
64	0.081	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.480	0.526
65	0.072	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.480	0.533
66	0.110	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.526	0.570
67	0.103	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.533	0.570
68	0.090	0.160	0.206	0.219	0.234	0.269	0.558	0.570
69	0.044	0.160	0.206	0.219	0.234	0.283	0.285	0.570
70	0.057	0.160	0.206	0.219	0.234	0.283	0.298	0.570
71	0.074	0.160	0.206	0.219	0.234	0.283	0.298	0.662
72	0.070	0.160	0.206	0.219	0.234	0.283	0.326	0.662
73	0.060	0.160	0.206	0.219	0.234	0.283	0.335	0.570
74	0.094	0.160	0.206	0.219	0.234	0.283	0.570	0.662
75	0.063	0.160	0.206	0.219	0.234	0.285	0.298	0.526
76	0.061	0.160	0.206	0.219	0.234	0.285	0.298	0.570
77	0.079	0.160	0.206	0.219	0.234	0.285	0.326	0.526
78	0.063	0.160	0.206	0.219	0.234	0.285	0.335	0.570
79	0.084	0.160	0.206	0.219	0.234	0.285	0.348	0.570
80	0.049	0.160	0.206	0.219	0.234	0.285	0.373	0.570
81	0.080	0.160	0.206	0.219	0.234	0.285	0.495	0.526
82	0.095	0.160	0.206	0.219	0.234	0.285	0.526	0.533
83	0.091	0.160	0.206	0.219	0.234	0.286	0.526	0.662
84	0.058	0.160	0.206	0.219	0.234	0.288	0.289	0.570
85	0.050	0.160	0.206	0.219	0.234	0.288	0.298	0.526
86	0.077	0.160	0.206	0.219	0.234	0.288	0.326	0.526
87	0.063	0.160	0.206	0.219	0.234	0.288	0.326	0.533
88	0.056	0.160	0.206	0.219	0.234	0.289	0.298	0.570
89	0.090	0.160	0.206	0.219	0.234	0.289	0.326	0.570
90	0.066	0.160	0.206	0.219	0.234	0.289	0.335	0.570
91	0.085	0.160	0.206	0.219	0.234	0.289	0.348	0.570
92	0.044	0.160	0.206	0.219	0.234	0.289	0.363	0.570
93	0.099	0.160	0.206	0.219	0.234	0.289	0.526	0.533
94	0.091	0.160	0.206	0.219	0.234	0.289	0.526	0.570
95	0.084	0.160	0.206	0.219	0.234	0.289	0.533	0.570
96	0.101	0.160	0.206	0.219	0.234	0.289	0.570	0.662
97	0.042	0.160	0.206	0.219	0.234	0.298	0.298	0.570
98	0.058	0.160	0.206	0.219	0.234	0.298	0.298	0.570
99	0.051	0.160	0.206	0.219	0.234	0.298	0.325	0.526
100	0.084	0.160	0.206	0.219	0.234	0.298	0.326	0.570

Per Stato Limite SLD

ncomb	Recdev_med	Recdev_1	Recdev_2	Recdev_3	Recdev_4	Recdev_5	Recdev_6	Recdev_7
1	0.071	0.195	0.207	0.210	0.219	0.219	0.397	0.465
2	0.068	0.195	0.207	0.210	0.219	0.219	0.465	0.466
3	0.080	0.195	0.207	0.210	0.219	0.281	0.465	0.482
4	0.061	0.195	0.207	0.210	0.219	0.360	0.465	0.466
5	0.058	0.195	0.207	0.210	0.219	0.360	0.465	0.482
6	0.070	0.195	0.207	0.210	0.219	0.361	0.465	0.482
7	0.055	0.195	0.207	0.210	0.219	0.229	0.267	0.482
8	0.073	0.195	0.207	0.210	0.219	0.229	0.465	0.482
9	0.059	0.195	0.207	0.210	0.219	0.235	0.267	0.482
10	0.085	0.195	0.207	0.210	0.219	0.235	0.318	0.766
11	0.069	0.195	0.207	0.210	0.219	0.235	0.364	0.482
12	0.072	0.195	0.207	0.210	0.219	0.235	0.465	0.482
13	0.083	0.195	0.207	0.210	0.219	0.240	0.351	0.465
14	0.081	0.195	0.207	0.210	0.219	0.240	0.397	0.465
15	0.080	0.195	0.207	0.210	0.219	0.240	0.465	0.466
16	0.085	0.195	0.207	0.210	0.219	0.240	0.465	0.482
17	0.074	0.195	0.207	0.210	0.219	0.248	0.318	0.766
18	0.091	0.195	0.207	0.210	0.219	0.248	0.351	0.397
19	0.084	0.195	0.207	0.210	0.219	0.248	0.351	0.466
20	0.091	0.195	0.207	0.210	0.219	0.248	0.351	0.482
21	0.059	0.195	0.207	0.210	0.219	0.248	0.364	0.466
22	0.066	0.195	0.207	0.210	0.219	0.248	0.364	0.482
23	0.076	0.195	0.207	0.210	0.219	0.248	0.397	0.465
24	0.057	0.195	0.207	0.210	0.219	0.248	0.419	0.466
25	0.067	0.195	0.207	0.210	0.219	0.248	0.465	0.466
26	0.073	0.195	0.207	0.210	0.219	0.248	0.465	0.482
27	0.103	0.195	0.207	0.210	0.219	0.248	0.466	0.482
28	0.063	0.195	0.207	0.210	0.219	0.249	0.267	0.466
29	0.055	0.195	0.207	0.210	0.219	0.249	0.267	0.482
30	0.063	0.195	0.207	0.210	0.219	0.249	0.318	0.465
31	0.098	0.195	0.207	0.210	0.219	0.249	0.351	0.482
32	0.076	0.195	0.207	0.210	0.219	0.249	0.364	0.482
33	0.081	0.195	0.207	0.210	0.219	0.249	0.465	0.482
34	0.067	0.195	0.207	0.210	0.219	0.252	0.397	0.465
35	0.070	0.195	0.207	0.210	0.219	0.252	0.465	0.466
36	0.067	0.195	0.207	0.210	0.219	0.252	0.465	0.482

PGA - Input[m
Lower limit [%]: 10
Upper limit [%]: 30
Tolerance [%]: 0
Non-dimensional



37	0.065	0.195	0.207	0.210	0.219	0.256	0.465	0.466
38	0.064	0.195	0.207	0.210	0.219	0.256	0.465	0.482
39	0.067	0.195	0.207	0.210	0.219	0.258	0.397	0.465
40	0.057	0.195	0.207	0.210	0.219	0.258	0.465	0.466
41	0.060	0.195	0.207	0.210	0.219	0.258	0.465	0.482
42	0.069	0.195	0.207	0.210	0.219	0.259	0.465	0.466
43	0.070	0.195	0.207	0.210	0.219	0.259	0.465	0.482
44	0.084	0.195	0.207	0.210	0.219	0.265	0.281	0.766
45	0.072	0.195	0.207	0.210	0.219	0.265	0.318	0.766
46	0.067	0.195	0.207	0.210	0.219	0.265	0.364	0.482
47	0.069	0.195	0.207	0.210	0.219	0.265	0.465	0.482
48	0.066	0.195	0.207	0.210	0.219	0.267	0.273	0.466
49	0.075	0.195	0.207	0.210	0.219	0.267	0.292	0.482
50	0.068	0.195	0.207	0.210	0.219	0.267	0.328	0.482
51	0.081	0.195	0.207	0.210	0.219	0.267	0.351	0.397
52	0.087	0.195	0.207	0.210	0.219	0.267	0.351	0.466
53	0.087	0.195	0.207	0.210	0.219	0.267	0.351	0.482
54	0.076	0.195	0.207	0.210	0.219	0.267	0.361	0.482
55	0.060	0.195	0.207	0.210	0.219	0.267	0.373	0.466
56	0.066	0.195	0.207	0.210	0.219	0.267	0.373	0.482
57	0.079	0.195	0.207	0.210	0.219	0.267	0.465	0.482
58	0.100	0.195	0.207	0.210	0.219	0.267	0.466	0.482
59	0.097	0.195	0.207	0.210	0.219	0.273	0.351	0.466
60	0.074	0.195	0.207	0.210	0.219	0.273	0.364	0.482
61	0.078	0.195	0.207	0.210	0.219	0.273	0.397	0.465
62	0.072	0.195	0.207	0.210	0.219	0.273	0.465	0.466
63	0.076	0.195	0.207	0.210	0.219	0.273	0.465	0.482
64	0.079	0.195	0.207	0.210	0.219	0.281	0.351	0.465
65	0.088	0.195	0.207	0.210	0.219	0.281	0.397	0.465
66	0.087	0.195	0.207	0.210	0.219	0.281	0.465	0.466
67	0.086	0.195	0.207	0.210	0.219	0.281	0.465	0.482
68	0.074	0.195	0.207	0.210	0.219	0.292	0.318	0.465
69	0.071	0.195	0.207	0.210	0.219	0.292	0.319	0.465
70	0.122	0.195	0.207	0.210	0.219	0.292	0.351	0.482
71	0.098	0.195	0.207	0.210	0.219	0.292	0.465	0.482
72	0.059	0.195	0.207	0.210	0.219	0.292	0.397	0.465
73	0.060	0.195	0.207	0.210	0.219	0.292	0.465	0.466
74	0.062	0.195	0.207	0.210	0.219	0.292	0.465	0.482
75	0.060	0.195	0.207	0.210	0.219	0.296	0.318	0.465
76	0.064	0.195	0.207	0.210	0.219	0.296	0.373	0.465
77	0.098	0.195	0.207	0.210	0.219	0.296	0.465	0.466
78	0.094	0.195	0.207	0.210	0.219	0.296	0.465	0.482
79	0.080	0.195	0.207	0.210	0.219	0.299	0.351	0.466
80	0.074	0.195	0.207	0.210	0.219	0.299	0.364	0.466
81	0.061	0.195	0.207	0.210	0.219	0.303	0.465	0.466
82	0.057	0.195	0.207	0.210	0.219	0.305	0.465	0.482
83	0.077	0.195	0.207	0.210	0.219	0.318	0.351	0.465
84	0.070	0.195	0.207	0.210	0.219	0.318	0.361	0.465
85	0.084	0.195	0.207	0.210	0.219	0.318	0.397	0.465
86	0.084	0.195	0.207	0.210	0.219	0.318	0.465	0.466
87	0.094	0.195	0.207	0.210	0.219	0.318	0.465	0.482
88	0.067	0.195	0.207	0.210	0.219	0.319	0.351	0.465
89	0.085	0.195	0.207	0.210	0.219	0.319	0.397	0.465
90	0.070	0.195	0.207	0.210	0.219	0.319	0.465	0.466
91	0.079	0.195	0.207	0.210	0.219	0.319	0.465	0.482
92	0.054	0.195	0.207	0.210	0.219	0.319	0.351	0.465
93	0.051	0.195	0.207	0.210	0.219	0.319	0.465	0.466
94	0.062	0.195	0.207	0.210	0.219	0.322	0.465	0.482
95	0.079	0.195	0.207	0.210	0.219	0.323	0.397	0.465
96	0.063	0.195	0.207	0.210	0.219	0.323	0.410	0.766
97	0.081	0.195	0.207	0.210	0.219	0.323	0.465	0.466
98	0.086	0.195	0.207	0.210	0.219	0.323	0.465	0.482
99	0.087	0.195	0.207	0.210	0.219	0.328	0.364	0.482
100	0.093	0.195	0.207	0.210	0.219	0.328	0.465	0.466

Per la successiva elaborazione dei dati (con programma specifico: RSLIII 1D-rel 2019) per l'elaborazione della Risposta Sismica Locale (RSL), si sono inoltre utilizzate soprattutto le informazioni derivanti dalla indagine sismica Esac-Masw, confrontando i dati con quelli delle stratigrafie dei pozzi profondi estratti dalla banca dato Regionale online.

Da quanto sopra, la prof del bed-rock sismico (cioè strati con $V_s > 800$ m/s), è con tutta probabilità considerabile, per la zona in analisi, a profondità di circa -195 m.

Analisi numerica (RSLIII 1D codice Shake/Shake 91)

A questo punto sono noti i dati per operare la conversione e normalizzazione degli input sismici ed impostare la risposta sismica locale (RSL), mediante software basato su approccio lineare equivalente (prog. RSLIII [1D] - rel.'19), che basa la elaborazione sul codice Shake lineare equivalente, in situazioni di strati infinitamente estesi (modello 1D) operando sugli accelerogrammi estratti (secondo le metodiche sopra indicate) solo le conversioni indispensabili per l'utilizzo ottimale col programma di RSL utilizzato.

In particolare i dati accelerometrici sono stati normalizzati alla a_g (di progetto) per la zona studiata e convertendo l'accelerazione da m/s^2 a g per agevolare la procedura di scalatura dell' a_g , in modo da non dover imporre al programma un fattore di conversione da m/s^2 ad accelerazione di gravità (g).

Per proseguire con l'elaborazione è inoltre indispensabile stabilire una sismo stratigrafia di input, che tenga conto delle caratteristiche del volume di terreno che potrebbe innescare probabile amplificazione del segnale.

Sempre nell'ipotesi di analisi 1D, la stratificazione è considerata come ipotesi di progetto, piano parallela e propagazione del sisma verticale.

Utilizzando quindi i seguenti parametri:

n° Sismo da pc	strato	Prof. sismo da pc (m)	V_s (m/s)	peso volume (KN/mc)	Natura prevalente presumibile del terreno
1		1.3	170	18	Terreno agrario argilloso limoso superficiale
2		4.3	188	19	Litotipi essenzialmente argilloso limosi
3		8.3	215	20	Limi e limi argillosi prevalenti
4		20.3	239	19.50	Alternanze di argilla con subordinati strati limosi
5		28.3	440	20	Bancata di Sabbie con ghiaia media grossolana
6		73.3	370	19.5	Argille o terreni coesivi
7		88.3	540	19.5	Sabbia media con ghiaia
8		118.3	480	19	Argilla prevalente
9		152	650	21	Alternanze di argille consistenti e strati limosi e limo sabbiosi
10		163	700	21	Sabbia grossolana
11		185	750	21.5	Sabbia media con ghiaietto e strati argillosi subordinati
12		195	790	22	Ghiaia e/o con strati conglomeratici
13		>195	850	23	Sabbie consistenti e/o cementate? (bedrock sismico)

Lo schema sopra ipotizzato, in particolare le attribuzioni litologiche, sono state dedotte-ricavate per i primi 20 m circa dalle indagini penetrometriche eseguite direttamente eseguite sull'area e comunicate allo scrivente, per le successive profondità come risultato da analisi dei dati di perforazioni profonde per pozzi desunte dalla banca dati RER.

Da tale sismo stratigrafia di input si ravvisa la presenza di substrato sismico, caratterizzato da $V_s > 800$ m/s a profondità di circa -195 m da pc, che quindi è stato imposto come luogo di generazione degli input sismici (si ricorda che in analisi 1D per bed-rock a profondità >100 m si tende in genere, in zone di piana alluvionale, ad una sottostima dell'azione sismica, poiché prevarrebbero fenomeni dissipativi rispetto ad amplificazione – D'Intinosante 2012).

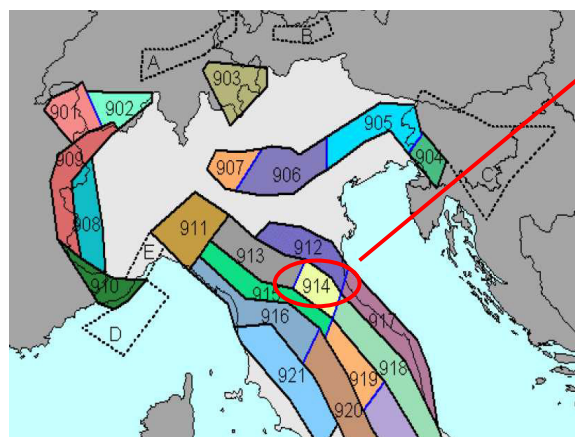
Per l'elaborazione con RSLIII, sono state assegnate ad ogni litologia curve dinamiche (da banca dati per analisi sismiche di Piano Governo del Territorio-Regione Lombardia DGR7374/08, poiché con una gamma di litologie più estesa e meglio corrispondente alle litologie presenti in zona rispetto a quelle indicate da RER) e la relativa assegnazione è esposta in tabella:

Sismo strato da pc	Shear-modulus reduction & Damping model
1	Curve limi argillosi DGR7374/08
2	Curve limi argillosi DGR7374/08
3	Curve limi argillosi DGR7374/08
4	Curve limi argillosi DGR7374/08
5	Curve ghiaie DGR7374/08
6	Curve limi argillosi DGR7374/08
7	Curve Sabbia DGR7374/08
8	Curve limi argillosi DGR7374/08
9	Curve limi sabbiosi DGR7374/08
10	Curve Sabbia DGR7374/08
11	Curve Sabbia DGR7374/08
12	Curve Ghiaie DGR7374/08

In seguito sono mostrate le schede del rapporto G/G_{max} e relativo Damping, delle rispettive curve indicate in tabella ed utilizzati nell'elaborazione con prog 'RSLIII 1D' a seconda delle litologie assunte per ogni strato:

	Limi sabbiosi		Limi argillosi			Ghiaie			Sabbie	
γ [%]	(G/Go)	D [%]	(G/Go)	D [%]	γ [%]	(G/Go)	D [%]	γ [%]	(G/Go)	D [%]
	1.0000	1.6655	1.0000	1.9826		1.0000	0.9488		1.0000	0.7000
0.0001	0.9974	1.6775	0.9992	1.9870	0.0001	0.9960	0.9488	0.0001	1.0000	0.7000
0.0002	0.9956	1.6859	0.9985	1.9903	0.0010	0.9624	1.4981	0.0002	0.9940	0.9000
0.0003	0.9925	1.7004	0.9974	1.9962	0.0100	0.7540	3.8938	0.0005	0.9660	1.7000
0.0005	0.9872	1.7252	0.9953	2.0067	0.1000	0.3311	10.7935	0.0010	0.9260	2.7000
0.0008	0.9783	1.7678	0.9918	2.0253	1.0000	0.0476	17.0087	0.0020	0.8720	4.2000
0.0014	0.9636	1.8414	0.9856	2.0583				0.0050	0.7560	7.2000
0.0024	0.9392	1.9690	0.9747	2.1171				0.0100	0.6310	9.8000
0.0041	0.9003	2.1917	0.9560	2.2220				0.0200	0.5000	12.7000
0.0070	0.8407	2.5831	0.9246	2.4103				0.0500	0.3330	17.3000
0.0119	0.7551	3.2705	0.8739	2.7498				0.1000	0.2240	20.7000
0.0202	0.6431	4.4540	0.7964	3.3617				0.2000	0.1480	23.5000
0.0343	0.5129	6.3758	0.6886	4.4464				0.5000	0.0720	26.3000
0.0583	0.3810	9.1679	0.5560	6.2701				1.0000	0.0400	27.9000
0.0990	0.2647	12.6313	0.4154	9.0215				2.0000	0.0180	28.9000
0.1684	0.1740	16.2228	0.2876	12.5506				5.0000	0.0090	29.9000
0.2862	0.1097	19.3697	0.1867	16.2968						
0.4866	0.0673	21.7752	0.1155	19.6163						
0.8272	0.0405	23.4409	0.0691	22.1530						
1.4063	0.0242	24.5209	0.0405	23.8929						

Per la previsione di sismicità attesa si è fatto riferimento ad ICMS “Indirizzi e criteri per Microzonazione sismica” Protezione Civile Nazionale in particolare al cap. 2.8.2 Valutazione della magnitudo 2008 e tab. 2.81 individuazione magnitudo massima attesa in funzione zona sismogenetica come da ZS9:



secondo la zonazione ZS9 l'area di Faenza è al interno della zona sismogenetica indicata, cioè la n. 914, cui quindi può essere attribuita una magnitudo presunta max di $M_{MAX}=6.14$.

Tabella 2.8-1 – Valori di M_{MAX} per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)

Nome ZS	Numero ZS	M_{MAX}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Miza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise- Gargano, Ofanto, Canale d'Ofanto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio – Ippinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

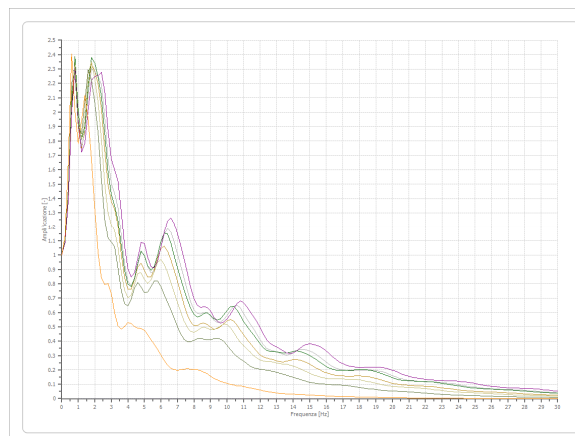
Nell'elaborazione come vincolo della computazione, derivante dal utilizzo dei 7 accelerogrammi di input, viene imposto di continuare l'elaborazione sino a che i singoli valori dell'errore residuo dell'analisi ed anche il valore medio complessivo, si mantengono < 2% (valore adottato per l'elaborazione e ritenuto razionalmente accettabile).

Dati Output (prog. RSLIII 1D-rel. '19)

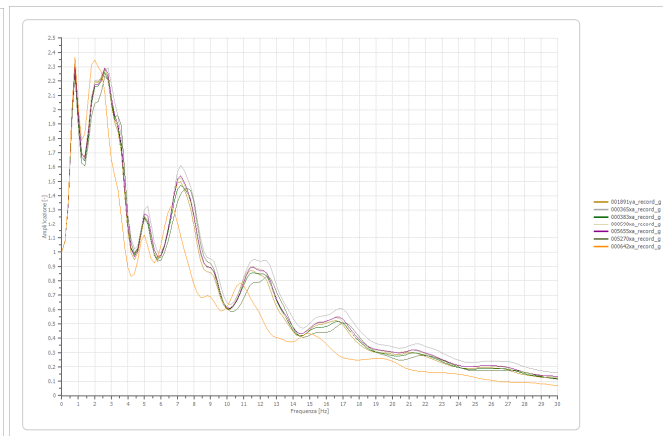
Sebbene non richiesto come output ai fini progettuali, è possibile ottenere in output anche la funzione di trasferimento del sito. Tale grafico è un idoneo strumento per visualizzare la modalità con cui il sito, sulla base delle sue caratteristiche sismo stratigrafiche, influisce sul segnale in ingresso, dato che riporta i livelli di amplificazione nel dominio delle frequenze.

Vedi ad esempio il grafico sotto esposto (in questo caso riferito al piano di campagna):

SLV

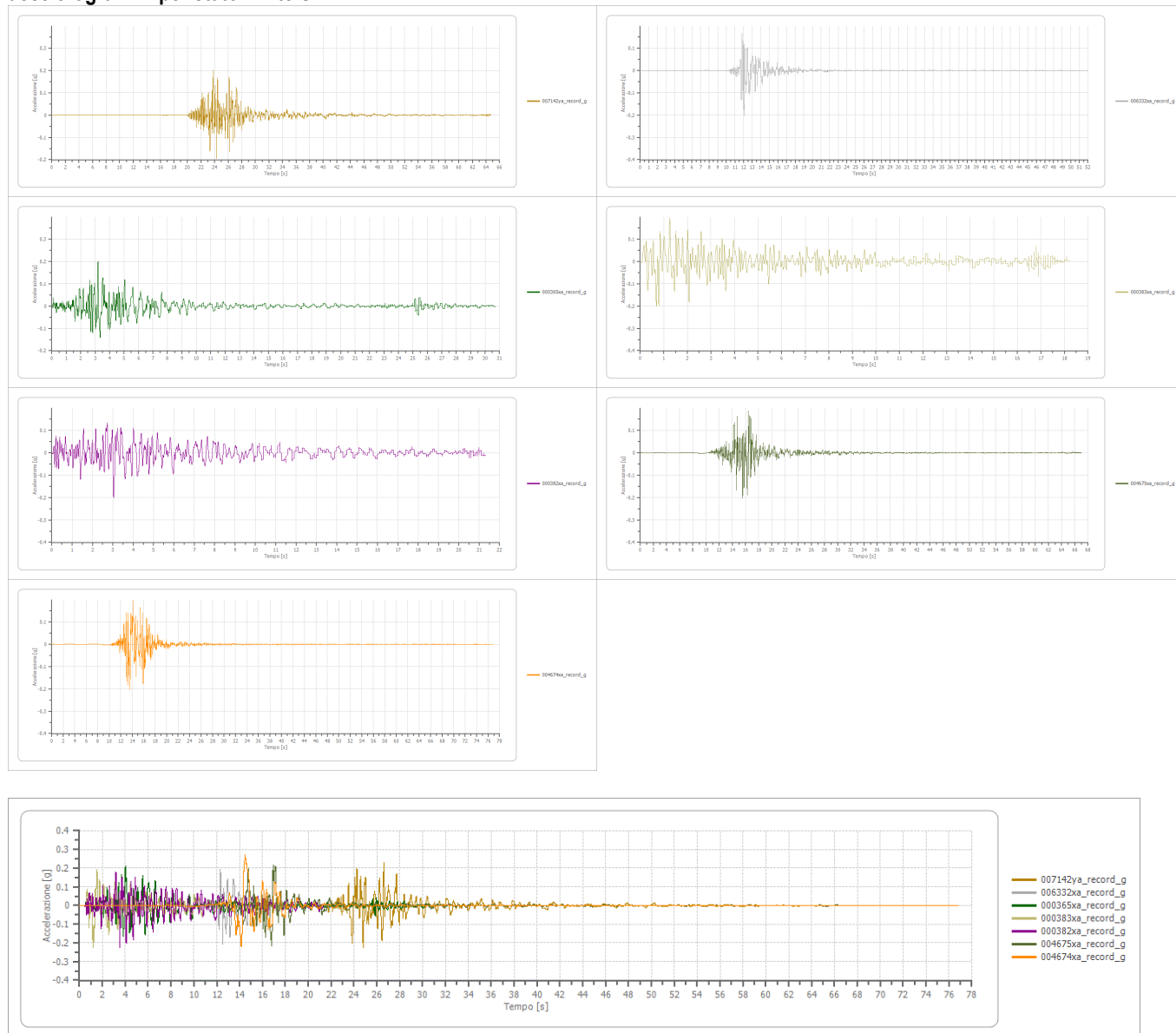


SLD

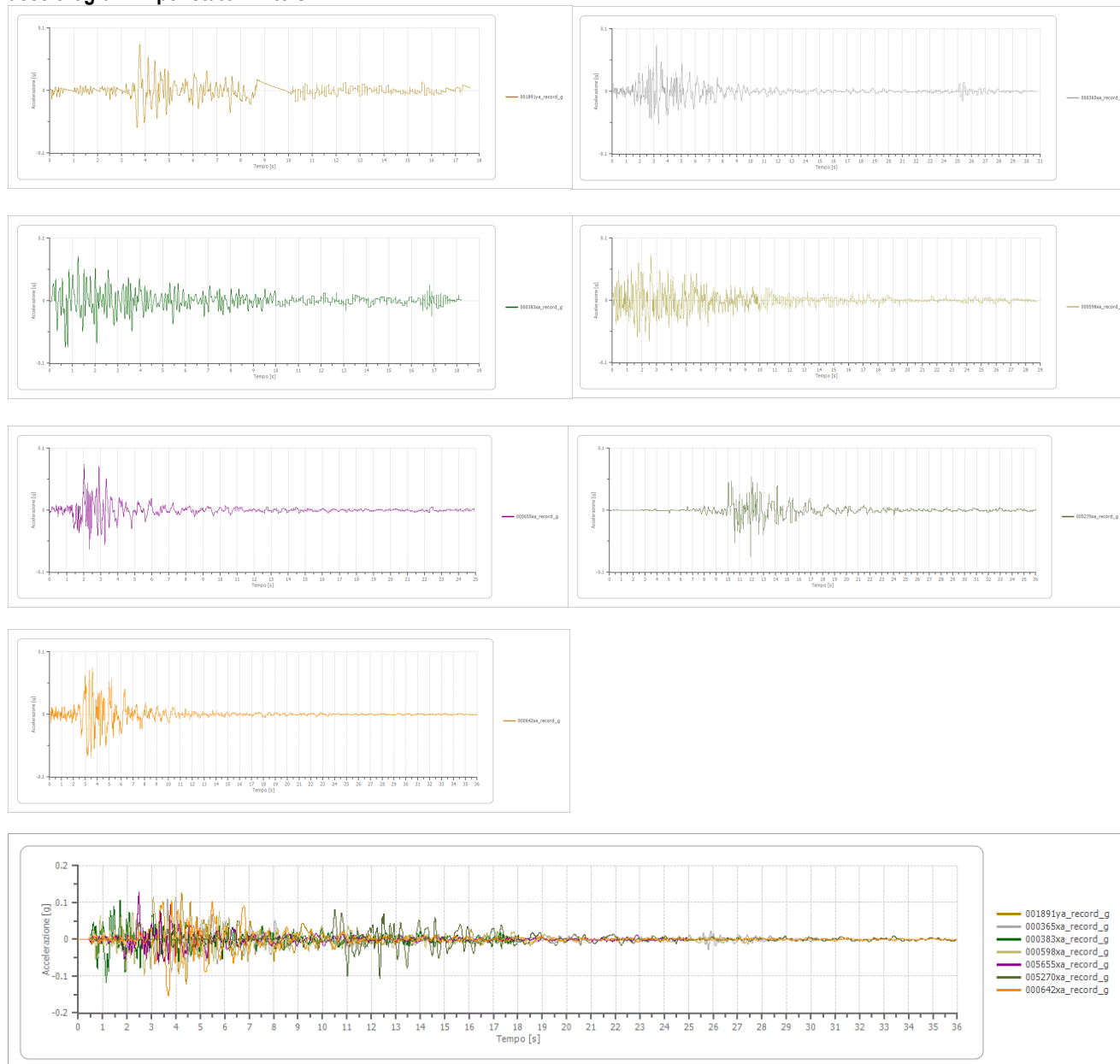


a seguire i 7 Accelerogrammi utilizzati come input, per l'analisi della RSL del sito per i 2 stati limite analizzati:

accelerogrammi per stato limite SLV:



accelerogrammi per stato limite SLD:



Ogni singolo spettro di risposta elastico con indicazione anche dei valori tabellari dello spettro ottenibile da ogni accelerogramma, sono allegati a fine report sia per gli accelerogrammi SLV sia per quelli SLD.

Dai dati ottenuti, in particolare dai parametri indipendenti (a_g , F_0 e T_D) caratteristici della localizzazione geografica del sito ed ai parametri dipendenti (S , T_B e T_C) derivanti dalla amplificazione del sito, è quindi anche possibile simulare lo spettro di risposta elastico in accelerazione riferito convenzionalmente ad uno smorzamento del 5%, validi per strutture con periodo fondamentale minore o uguale a 4 sec.

Per strutture con periodi fondamentali superiori lo spettro dovrà essere definito mediante apposite e particolari analisi.

Per la definizione dello spettro di risposta da NTC08, si ricavano i periodi T_B , T_C e T_D per i quali è necessario conoscere i parametri C_c (da Tab 3.2.IV del Dm 17-1-18) e T_C^* (calcolato dalla localizzazione geografica del sito) tramite le seguenti formule (cap. 3.2.3.2.1 NTC18):

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_C = C_c \times T_C^*$$

$$T_D = 4 \times a_g / g + 1.6$$

$V_{s30} = 260 \text{ m/s}$

quindi cat. Di suolo "C", per cui $C_c = 1.05(T_c^*)^{-0.33}$

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0.066	2.407	0.262
SLD	50	0.084	2.398	0.270
SLV	475	0.203	2.432	0.303
SLC	975	0.255	2.485	0.315

Parametri indipendenti da Localizzazione geografica

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \times S \times \eta \times F_0 \times [T/T_B + (1/(\eta \cdot F_0)) \cdot (1 - T/T_B)]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \times S \times \eta \times F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \times S \times \eta \times F_0 \times (T_C/T)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \times S \times \eta \times F_0 \times (T_C T_D / T^2)$$

Ottenendo per gli spettri da normativa NTC e per stato limite **SLV**:

$T_B = 0.157 \text{ sec}$ $T_C = 0.472 \text{ sec}$ $T_D = 2.412 \text{ sec}$

Mentre per gli spettri da normativa NTC e per stato limite **SLD**:

$T_B = 0.145 \text{ sec}$ $T_C = 0.437 \text{ sec}$ $T_D = 1.936 \text{ sec}$

Il parametro di amplificazione S è estrapolato con le formule del cap. 3.2.3.2.1 NTC18:

$$S = S_S \cdot S_T$$

Si prende poi in considerazione la formula valida per il tratto pianeggiante dello spettro, $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$, con i valori di a_g e F_0 noti (par. indipendenti) ed $S_e(T)$ dal valore max in accelerazione ottenuto da RSL, $\eta=1$ con coeff. smorzamento ξ convenzionale pari a 5%, ricavando per estrapolazione il valore del parametro S da usare poi nelle formule sotto indicate (cap. 3.2.3.2.1 NTC18) per il calcolo dei valori di $S_e(T)$ relativi agli altri tratti dello spettro RSL.

Ottenendo per approccio SLV:

NTC cat. **C** classe uso **II**

Approccio semplificato

spettro medio da **Risposta sismica Locale (RSL stato limite SLV)**

$S_{SNTC} = 1.4$

$a_{max} \approx 0.28g$ (in superficie)

$S_{S(RLS)} = 1.14$

$a_{max} \approx 0.23g$ (in superficie)

da cui si possono trarre già queste prime osservazioni:

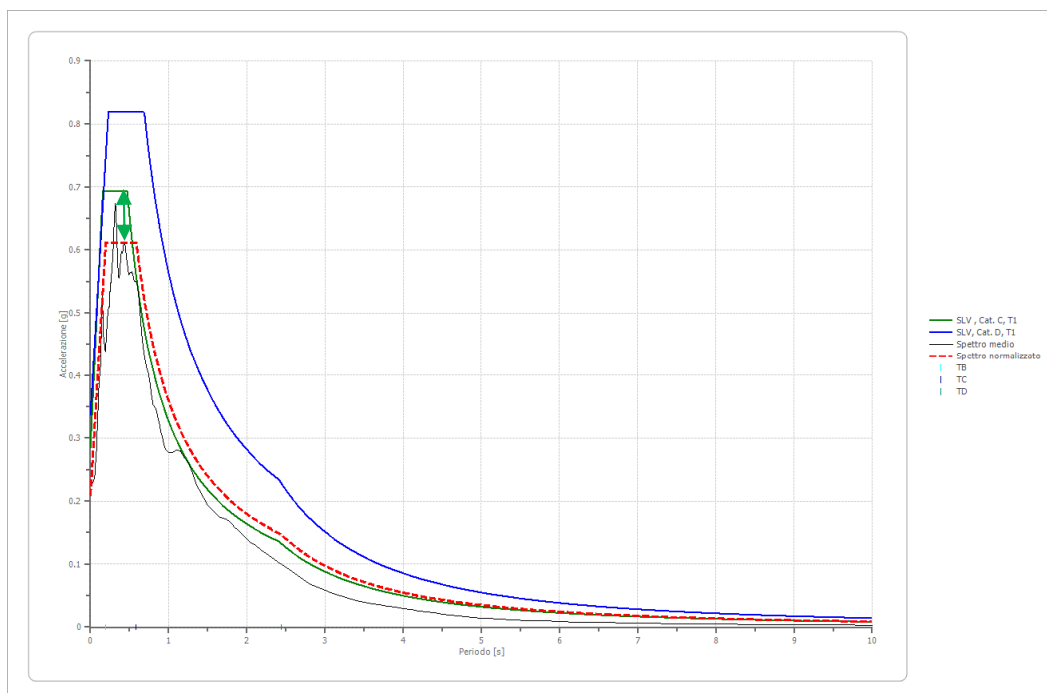
dal confronto fra coefficiente amplificazione stratigrafico S_s definito da NTC08 (con $S_T=1$ e per suolo C classe d'uso II e stato limite SLV) pari a $S_{SNTC}=1.4$, ed il valore S_s estrapolato da accelerazione risultante da **RSL, risultato (anche approx per eccesso al 1° decimale) $S_{S(RLS)} \approx 1.15$** , si evidenzia che l'approccio semplificato (da NTC) con utilizzo di cat. C risulta sufficientemente cautelativo rispetto al risultato ottenuto da RSL, infatti i valori di coefficiente di amplificazione stratigrafico S_s e la acc. max in superficie derivanti da analisi di RSL, (da spettro normalizzato), sono risultati inferiori a quelli da NTC con suolo di tipo C, fra i periodi T_B e T_C , mentre fra T_C e T_D lo spettro normalizzato RSL, è leggermente superiore a quello di Cat. C (vedi grafico sotto esposto).

Lo spettro da approccio semplificato con terreno D sovrastima molto quello derivante da RSL (curva blu continua).

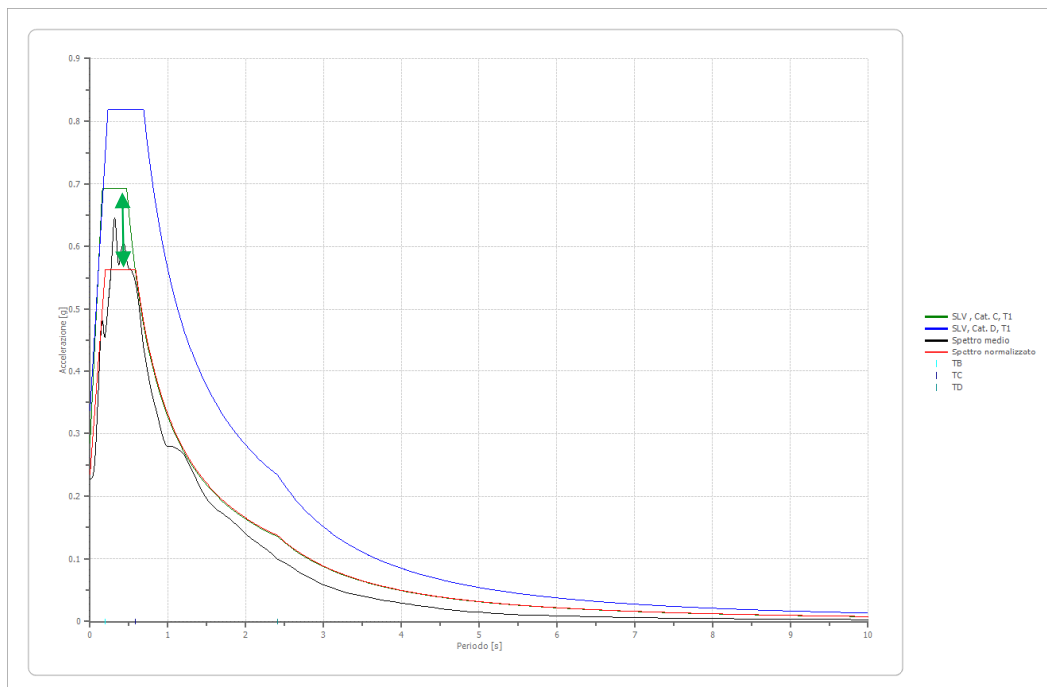
A seguire il grafico che mette a confronto lo spettro medio derivato dall'analisi di RSL ed il suo omologo normalizzato (secondo quanto sopra indicato) ed gli spettri derivanti da approccio con NTC (sia per suolo di tipo C che D), con evidenziato mediante freccia verde, nel ramo dello spettro ad accelerazione spettrale costante (fra i periodi T_B , T_C), lo "scostamento" verso il basso dello spettro normalizzato da RSL, rispetto allo spettro da cat. C (curva verde continua), che quindi per tali periodi risulta cautelativo, rispetto alla acc. spettrale derivabile nello stesso tratto dallo spettro normalizzato da RSL (curva rossa tratteggiata).

Per la definizione dello “spettro normalizzato” da Risposta Sismica Locale (RSL), il calcolo utilizzato è stato riferito alle disposizioni ed indicazioni contenute in “Linee Guida della protezione civile (2018)”.

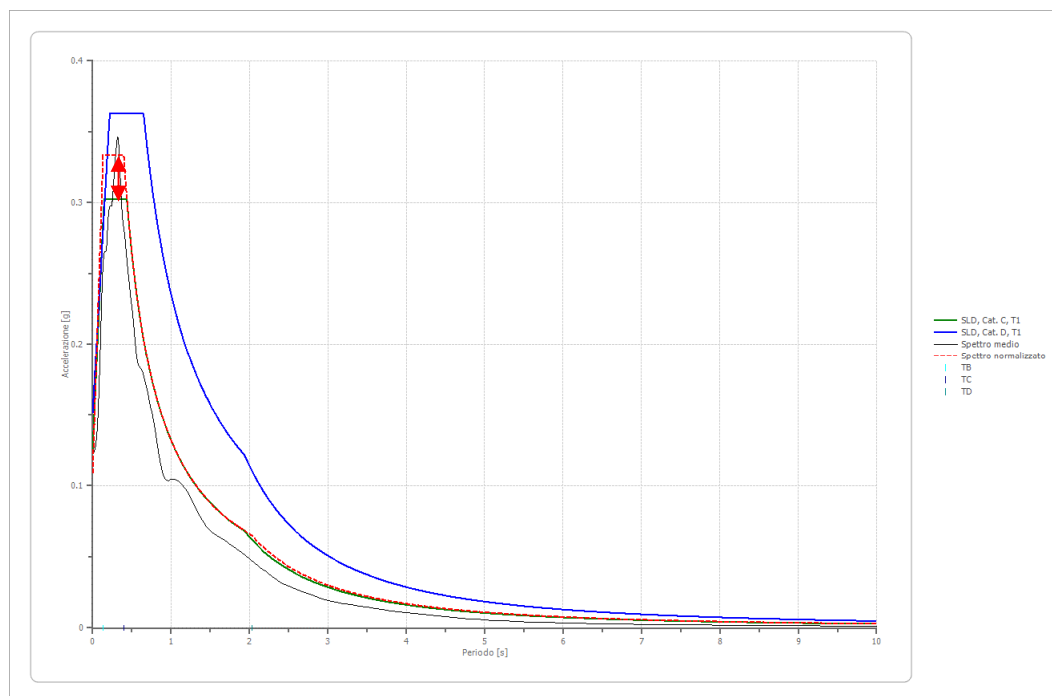
spettri in accelerazione risultanti da Risposta Sismica Locale (stato limite SLV)



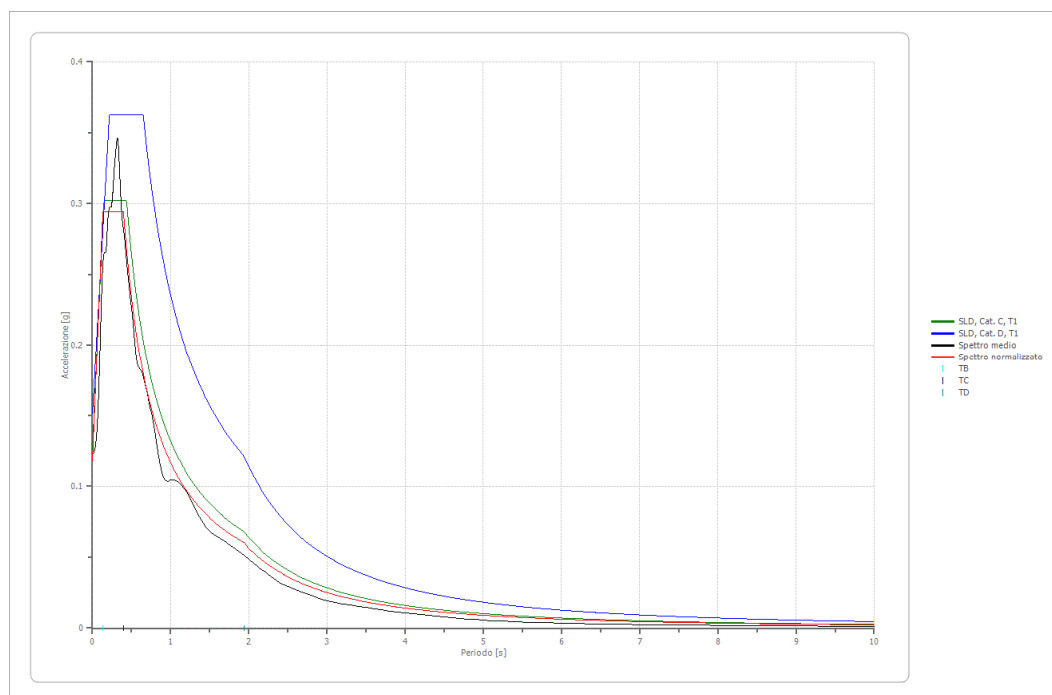
A confronto e paragone il grafico sotto esposto è invece stato ottenuto riferendo la definizione dello “spettro normalizzato” alle disposizioni in “Linee Guida della protezione civile” del 2008, da cui si evince che con tale “normalizzazione” lo spettro da RSL risulta perfettamente congruente con quello da approccio semplificato cat. C anche per periodi $>T_C$.



spettri in accelerazione risultanti da Risposta Sismica Locale (stato limite SLD)



Anche in questo caso dal grafico sotto esposto (ottenuto riferendo la definizione dello “spettro normalizzato” alle disposizioni in “Linee Guida della protezione civile” del 2008), si evince che con tale “normalizzazione” lo spettro da RSL risulta congruente ed inferiore rispetto all’analogo da approccio semplificato cat. C anche fra i periodi T_B e T_C .



η = fattore correzione del coefficiente smorzamento viscoso ξ (per $\xi=5\%$ $\eta=1$) volendo utilizzare valori di smorzamento diversi da 5% si dovranno reimpostare i calcoli utilizzando per $\eta = \sqrt{10/(5+\xi)}$.

Da quanto sopra si deduce quindi che:

- lo spettro derivante da approccio semplificato da NTC di cat. C (curva verde dei grafici):
 \Rightarrow per lo stato limite SLV risulta idoneo (anche sufficientemente a favore di sicurezza fra i periodi T_B e T_C), a rappresentare l’analogo spettro derivante da normalizzazione della analisi di RSL,

⇒ mentre per lo stato SLD (utilizzando spettro cat. C) si nota una leggera sottostima nelle accelerazioni per i periodi fra T_B e T_C per i restanti periodi lo spettro cat. C ben rappresenta quello da RSL.

Quindi nel caso lo strutturista voglia analizzare il comportamento sismico delle strutture tramite spettri potrà utilizzare i dati dello spettro normalizzato RSL sopra esposto i cui dati anche tabellari sono allegati a fine report od eventualmente a sua discrezione e sotto la sua responsabilità, lo spettro da approccio semplificato da NTC di cat. C.

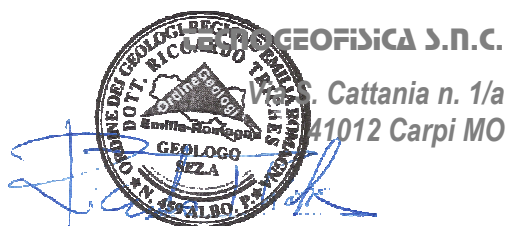
Se lo strutturista desidera invece impostare un'analisi dinamica non lineare della struttura, potrà utilizzare gli accelerogrammi utilizzati per la RSL ed i relativi spettri di risposta elastici, i cui tabulati numerici sono sempre allegati a fine report per entrambi gli stati limite analizzati SLV ed SLD.

Le scelte progettuali sopra indicate sono universalmente riconosciute (normativa EC8 ed NTC18) come di competenza del tecnico progettista strutturale.

Nel caso infatti si voglia definire uno spettro di progetto, si dovrà sostituire (nelle formule dedotte dal cap. 3.2.4 NTC18) il parametro η con $1/q$, dove q =fattore di struttura per lo stato limite considerato (valutazione da progettista strutturale: in applicazione NTC18).

Si ricorda inoltre come già commentato nel precedente capitolo riguardante "Indagine sismica passiva HVSR (Microtremori)" che dalla analisi eseguita mediante sismometro a stazione singola ("TROMINO®"), è stato evidenziato un moderato picco del rapporto H/V a 0,84 Hz che corrisponde ad un periodo T del sottosuolo pari a circa 1.2 Hz, quindi qualora le strutture esistenti (o eventuali futuri interventi) presentino periodo proprio del 1° modo di vibrazione strutturale, corrispondente a tale valore, si possono verificare i cosiddetti fenomeni di "Doppia risonanza" e quindi in questo caso il progettista dovrà adottare opportune tecniche di progettazione strutturale, per sopperire al verificarsi di tale fenomeno.

A fine report i tabulati e spettri degli accelerogrammi utilizzati per la elaborazione nell'analisi di Risposta Sismica Locale del sito.



Documentazione fotografica Indagini sismiche

Foto1: punto esecuzione ESAC asse X (circa in direzione S) asse Y (circa in direzione E)



Foto2: punto esecuzione Masw (// al asse Y Esac)

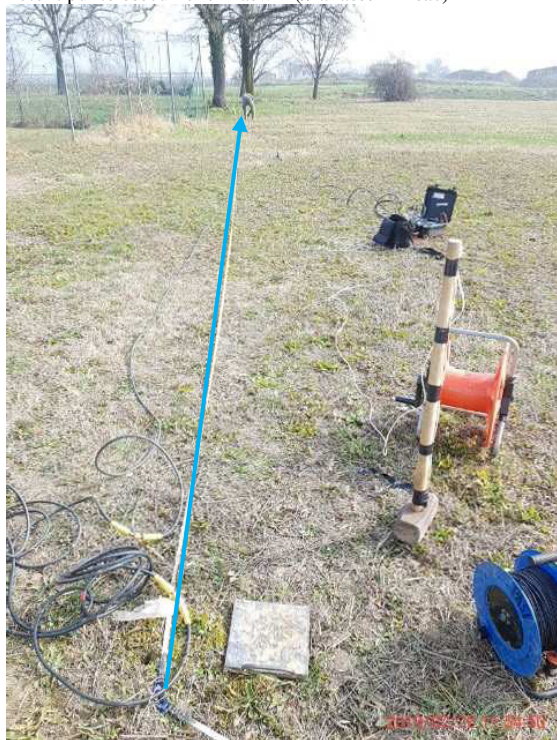


Foto 3: punto stazione HVSR



Stato limite SLV- Tabella valori accelerazioni spettrali grafici e dati risultanti da analisi Risposta Sismica Locale

File 007142ya_record_g:

Spettri Accelerazione

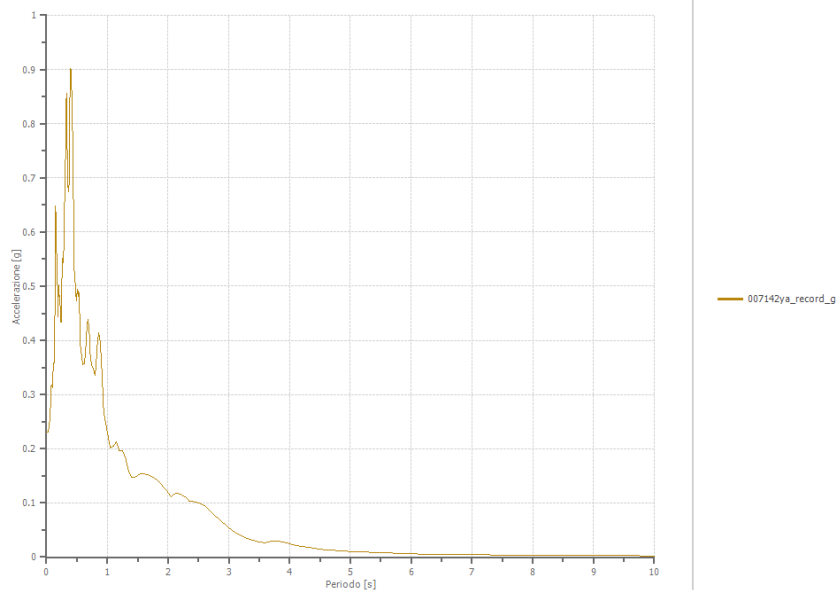
Accelerazione massima

0.902 [g]

Periodo accelerazione massima

0.400 [s]

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.2300	0.32	0.8238	0.70	0.4260	1.85	0.1388	4.50	0.0146
0.01	0.2300	0.33	0.8556	0.72	0.3741	1.90	0.1327	4.60	0.0136
0.02	0.2300	0.34	0.7644	0.74	0.3552	1.95	0.1260	4.70	0.0129
0.03	0.2314	0.35	0.6934	0.76	0.3505	2.00	0.1189	4.80	0.0121
0.04	0.2382	0.36	0.6736	0.78	0.3442	2.05	0.1117	4.90	0.0114
0.05	0.2481	0.37	0.6750	0.80	0.3362	2.10	0.1158	5.00	0.0106
0.06	0.2509	0.38	0.8056	0.82	0.3615	2.15	0.1173	5.10	0.0100
0.07	0.2981	0.39	0.8851	0.84	0.3992	2.20	0.1164	5.20	0.0093
0.08	0.3154	0.40	0.9016	0.86	0.4137	2.25	0.1137	5.40	0.0083
0.09	0.3179	0.41	0.8798	0.88	0.4017	2.30	0.1094	5.60	0.0074
0.10	0.3134	0.42	0.8372	0.90	0.3687	2.35	0.1039	5.80	0.0067
0.11	0.3451	0.43	0.7801	0.92	0.3221	2.40	0.1029	6.00	0.0061
0.12	0.3577	0.44	0.6978	0.94	0.2713	2.50	0.0998	6.20	0.0056
0.13	0.3580	0.45	0.5936	0.96	0.2550	2.60	0.0945	6.40	0.0053
0.14	0.4659	0.46	0.5123	0.98	0.2432	2.70	0.0849	6.60	0.0050
0.15	0.6488	0.47	0.5111	1.00	0.2311	2.80	0.0738	6.80	0.0047
0.16	0.6090	0.48	0.4970	1.05	0.2016	2.90	0.0633	7.00	0.0045
0.17	0.5417	0.49	0.4728	1.10	0.2039	3.00	0.0541	7.20	0.0042
0.18	0.5139	0.50	0.4863	1.15	0.2123	3.10	0.0459	7.40	0.0040
0.19	0.4438	0.51	0.4951	1.20	0.1969	3.20	0.0396	7.60	0.0038
0.20	0.5026	0.52	0.4805	1.25	0.1956	3.30	0.0351	7.80	0.0036
0.21	0.4838	0.53	0.4909	1.30	0.1826	3.40	0.0314	8.00	0.0035
0.22	0.4738	0.54	0.4728	1.35	0.1585	3.50	0.0284	8.50	0.0031
0.23	0.4564	0.55	0.4290	1.40	0.1465	3.60	0.0266	9.00	0.0028
0.24	0.4344	0.56	0.3896	1.45	0.1467	3.70	0.0288	9.50	0.0025
0.25	0.4878	0.57	0.3791	1.50	0.1511	3.80	0.0289	10.00	0.0023
0.26	0.5479	0.58	0.3695	1.55	0.1537	3.90	0.0271		
0.27	0.5530	0.60	0.3559	1.60	0.1538	4.00	0.0242		
0.28	0.5437	0.62	0.3565	1.65	0.1521	4.10	0.0215		
0.29	0.6015	0.64	0.3752	1.70	0.1501	4.20	0.0202		
0.30	0.6680	0.66	0.4143	1.75	0.1476	4.30	0.0180		
0.31	0.7003	0.68	0.4392	1.80	0.1438	4.40	0.0160		



File 006332xa_record_g:

Spettri Accelerazione

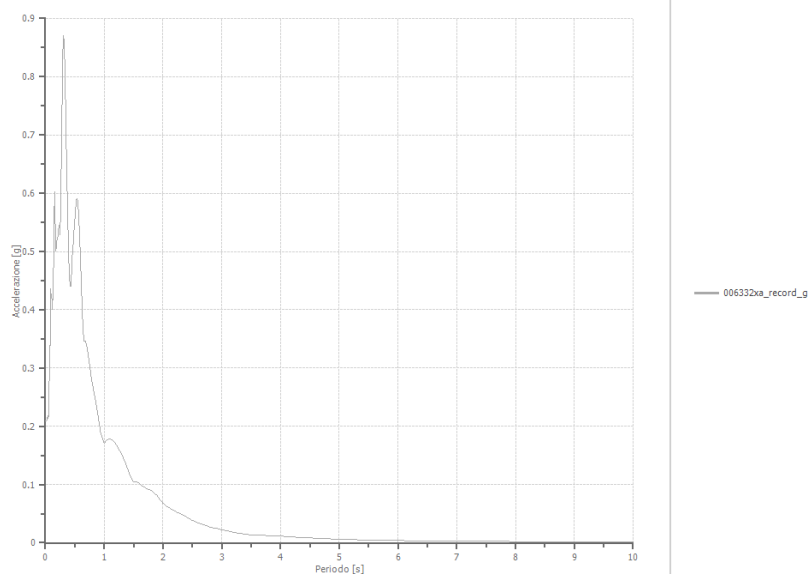
Accelerazione massima

0.871 [g]

Periodo accelerazione massima

0.310 [s]

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.2090	0.32	0.8541	0.70	0.3408	1.85	0.0855	4.50	0.0082
0.01	0.2091	0.33	0.8215	0.72	0.3292	1.90	0.0804	4.60	0.0077
0.02	0.2090	0.34	0.7720	0.74	0.3143	1.95	0.0743	4.70	0.0071
0.03	0.2139	0.35	0.7109	0.76	0.2990	2.00	0.0677	4.80	0.0067
0.04	0.2175	0.36	0.6553	0.78	0.2847	2.05	0.0632	4.90	0.0063
0.05	0.2131	0.37	0.6069	0.80	0.2720	2.10	0.0599	5.00	0.0059
0.06	0.2403	0.38	0.5602	0.82	0.2607	2.15	0.0571	5.10	0.0056
0.07	0.3072	0.39	0.5172	0.84	0.2503	2.20	0.0548	5.20	0.0053
0.08	0.3394	0.40	0.4805	0.86	0.2396	2.25	0.0522	5.40	0.0048
0.09	0.4360	0.41	0.4550	0.88	0.2281	2.30	0.0495	5.60	0.0044
0.10	0.4203	0.42	0.4407	0.90	0.2152	2.35	0.0468	5.80	0.0040
0.11	0.4179	0.43	0.4399	0.92	0.2014	2.40	0.0440	6.00	0.0037
0.12	0.4007	0.44	0.4494	0.94	0.1888	2.50	0.0385	6.20	0.0035
0.13	0.4433	0.45	0.4785	0.96	0.1830	2.60	0.0341	6.40	0.0033
0.14	0.4788	0.46	0.4980	0.98	0.1767	2.70	0.0305	6.60	0.0031
0.15	0.5687	0.47	0.5068	1.00	0.1703	2.80	0.0272	6.80	0.0029
0.16	0.6018	0.48	0.5262	1.05	0.1767	2.90	0.0244	7.00	0.0027
0.17	0.5254	0.49	0.5424	1.10	0.1779	3.00	0.0220	7.20	0.0026
0.18	0.5002	0.50	0.5543	1.15	0.1753	3.10	0.0200	7.40	0.0025
0.19	0.5191	0.51	0.5665	1.20	0.1695	3.20	0.0183	7.60	0.0023
0.20	0.5207	0.52	0.5812	1.25	0.1612	3.30	0.0167	7.80	0.0022
0.21	0.5244	0.53	0.5895	1.30	0.1513	3.40	0.0152	8.00	0.0021
0.22	0.5344	0.54	0.5913	1.35	0.1398	3.50	0.0137	8.50	0.0019
0.23	0.5449	0.55	0.5856	1.40	0.1270	3.60	0.0133	9.00	0.0017
0.24	0.5452	0.56	0.5731	1.45	0.1139	3.70	0.0129	9.50	0.0016
0.25	0.5294	0.57	0.5548	1.50	0.1041	3.80	0.0124	10.00	0.0014
0.26	0.5775	0.58	0.5318	1.55	0.1046	3.90	0.0119		
0.27	0.6484	0.60	0.4771	1.60	0.1014	4.00	0.0113		
0.28	0.7212	0.62	0.4184	1.65	0.0973	4.10	0.0107		
0.29	0.8049	0.64	0.3633	1.70	0.0939	4.20	0.0101		
0.30	0.8574	0.66	0.3454	1.75	0.0920	4.30	0.0094		
0.31	0.8710	0.68	0.3469	1.80	0.0894	4.40	0.0088		



File 000365xa_record_g:

Spettri Accelerazione

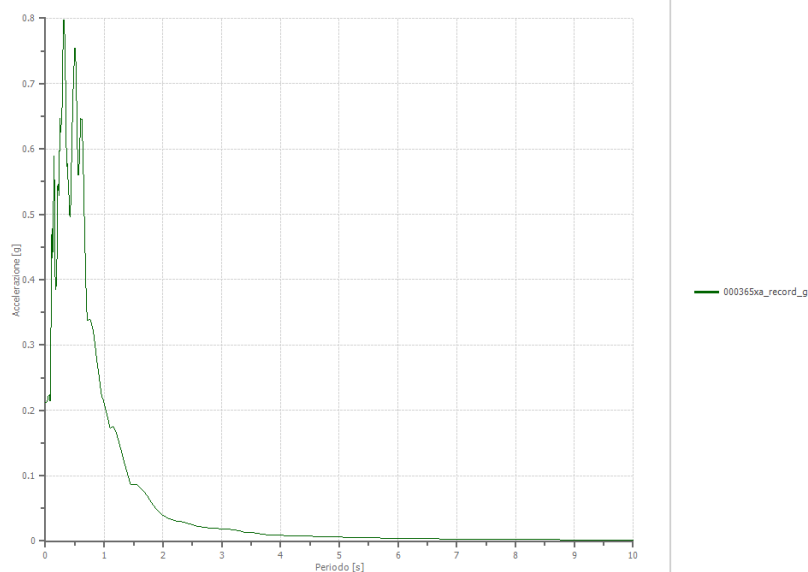
Accelerazione massima

0.798 [g]

Periodo accelerazione massima

0.320 [s]

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.2124	0.32	0.7979	0.70	0.3551	1.85	0.0532	4.50	0.0073
0.01	0.2124	0.33	0.7685	0.72	0.3384	1.90	0.0476	4.60	0.0070
0.02	0.2124	0.34	0.7170	0.74	0.3393	1.95	0.0430	4.70	0.0068
0.03	0.2139	0.35	0.6498	0.76	0.3386	2.00	0.0393	4.80	0.0065
0.04	0.2156	0.36	0.5732	0.78	0.3344	2.05	0.0365	4.90	0.0062
0.05	0.2213	0.37	0.5798	0.80	0.3273	2.10	0.0344	5.00	0.0060
0.06	0.2224	0.38	0.5572	0.82	0.3169	2.15	0.0328	5.10	0.0058
0.07	0.2238	0.39	0.5497	0.84	0.3040	2.20	0.0316	5.20	0.0055
0.08	0.2151	0.40	0.5300	0.86	0.2881	2.25	0.0306	5.40	0.0051
0.09	0.2735	0.41	0.5007	0.88	0.2737	2.30	0.0296	5.60	0.0047
0.10	0.3908	0.42	0.4965	0.90	0.2610	2.35	0.0285	5.80	0.0044
0.11	0.4778	0.43	0.5161	0.92	0.2475	2.40	0.0274	6.00	0.0041
0.12	0.4330	0.44	0.5642	0.94	0.2333	2.50	0.0248	6.20	0.0038
0.13	0.4553	0.45	0.6070	0.96	0.2206	2.60	0.0219	6.40	0.0036
0.14	0.5341	0.46	0.6484	0.98	0.2172	2.70	0.0207	6.60	0.0034
0.15	0.5891	0.47	0.6842	1.00	0.2114	2.80	0.0201	6.80	0.0032
0.16	0.4559	0.48	0.7122	1.05	0.1929	2.90	0.0194	7.00	0.0030
0.17	0.3849	0.49	0.7328	1.10	0.1723	3.00	0.0184	7.20	0.0029
0.18	0.3882	0.50	0.7541	1.15	0.1751	3.10	0.0179	7.40	0.0027
0.19	0.3943	0.51	0.7540	1.20	0.1674	3.20	0.0169	7.60	0.0026
0.20	0.4524	0.52	0.7228	1.25	0.1525	3.30	0.0155	7.80	0.0025
0.21	0.5438	0.53	0.6777	1.30	0.1352	3.40	0.0137	8.00	0.0024
0.22	0.5459	0.54	0.6232	1.35	0.1183	3.50	0.0125	8.50	0.0021
0.23	0.5287	0.55	0.5800	1.40	0.1022	3.60	0.0114	9.00	0.0019
0.24	0.5967	0.56	0.5600	1.45	0.0864	3.70	0.0104	9.50	0.0018
0.25	0.6467	0.57	0.5641	1.50	0.0867	3.80	0.0095	10.00	0.0016
0.26	0.6264	0.58	0.5922	1.55	0.0858	3.90	0.0091		
0.27	0.6375	0.60	0.6468	1.60	0.0831	4.00	0.0088		
0.28	0.6436	0.62	0.6449	1.65	0.0786	4.10	0.0085		
0.29	0.6984	0.64	0.5933	1.70	0.0728	4.20	0.0082		
0.30	0.7646	0.66	0.5043	1.75	0.0662	4.30	0.0079		
0.31	0.7978	0.68	0.4270	1.80	0.0596	4.40	0.0076		



File 000383xa_record_g:

Spettri Accelerazione

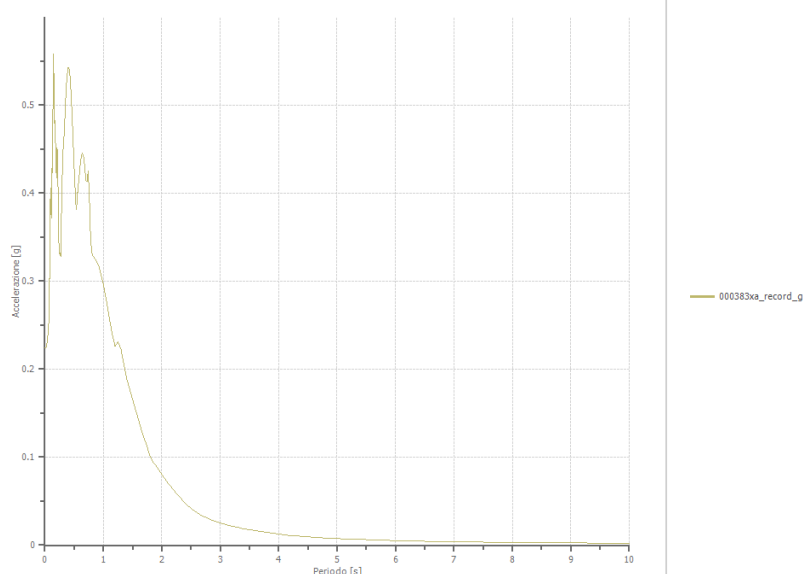
Accelerazione massima

0.559 [g]

Periodo accelerazione massima

0.150 [s]

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.2245	0.32	0.4595	0.70	0.4142	1.85	0.0946	4.50	0.0095
0.01	0.2245	0.33	0.4659	0.72	0.4134	1.90	0.0898	4.60	0.0091
0.02	0.2245	0.34	0.4811	0.74	0.4248	1.95	0.0850	4.70	0.0086
0.03	0.2272	0.35	0.4999	0.76	0.3973	2.00	0.0803	4.80	0.0082
0.04	0.2313	0.36	0.5129	0.78	0.3526	2.05	0.0757	4.90	0.0079
0.05	0.2374	0.37	0.5248	0.80	0.3330	2.10	0.0712	5.00	0.0075
0.06	0.2432	0.38	0.5329	0.82	0.3296	2.15	0.0669	5.10	0.0072
0.07	0.2596	0.39	0.5384	0.84	0.3274	2.20	0.0627	5.20	0.0069
0.08	0.3031	0.40	0.5426	0.86	0.3256	2.25	0.0587	5.40	0.0064
0.09	0.3838	0.41	0.5430	0.88	0.3234	2.30	0.0549	5.60	0.0059
0.10	0.4057	0.42	0.5398	0.90	0.3208	2.35	0.0513	5.80	0.0055
0.11	0.3717	0.43	0.5330	0.92	0.3173	2.40	0.0480	6.00	0.0051
0.12	0.4284	0.44	0.5228	0.94	0.3130	2.50	0.0418	6.20	0.0048
0.13	0.4230	0.45	0.5097	0.96	0.3079	2.60	0.0371	6.40	0.0045
0.14	0.5113	0.46	0.4961	0.98	0.3021	2.70	0.0332	6.60	0.0042
0.15	0.5587	0.47	0.4804	1.00	0.2959	2.80	0.0303	6.80	0.0040
0.16	0.4794	0.48	0.4633	1.05	0.2784	2.90	0.0275	7.00	0.0038
0.17	0.4827	0.49	0.4474	1.10	0.2596	3.00	0.0253	7.20	0.0036
0.18	0.4632	0.50	0.4305	1.15	0.2402	3.10	0.0233	7.40	0.0034
0.19	0.4310	0.51	0.4155	1.20	0.2258	3.20	0.0215	7.60	0.0033
0.20	0.4175	0.52	0.4012	1.25	0.2312	3.30	0.0200	7.80	0.0031
0.21	0.4515	0.53	0.3877	1.30	0.2232	3.40	0.0185	8.00	0.0030
0.22	0.4359	0.54	0.3814	1.35	0.2059	3.50	0.0173	8.50	0.0027
0.23	0.3837	0.55	0.3925	1.40	0.1889	3.60	0.0161	9.00	0.0024
0.24	0.3433	0.56	0.4007	1.45	0.1780	3.70	0.0151	9.50	0.0022
0.25	0.3311	0.57	0.4073	1.50	0.1658	3.80	0.0141	10.00	0.0021
0.26	0.3322	0.58	0.4141	1.55	0.1541	3.90	0.0133		
0.27	0.3281	0.60	0.4291	1.60	0.1428	4.00	0.0125		
0.28	0.3643	0.62	0.4408	1.65	0.1312	4.10	0.0118		
0.29	0.3991	0.64	0.4454	1.70	0.1211	4.20	0.0112		
0.30	0.4266	0.66	0.4426	1.75	0.1113	4.30	0.0106		
0.31	0.4470	0.68	0.4324	1.80	0.1012	4.40	0.0100		



File 000382xa_record_g:

Spettri Accelerazione

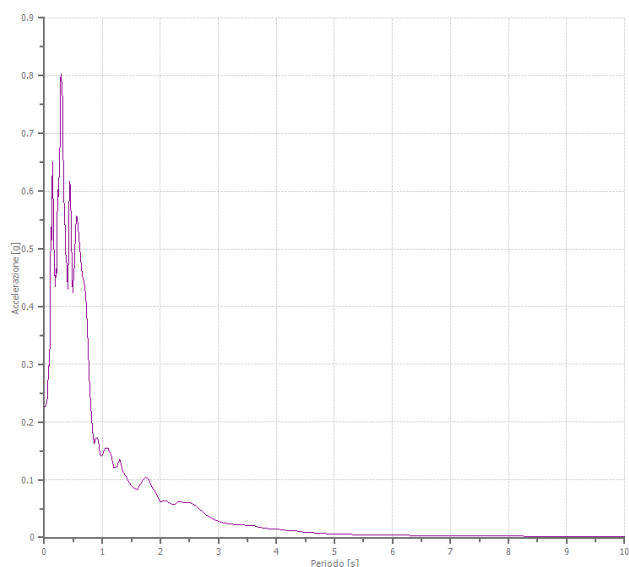
Accelerazione massima

0.802 [g]

Periodo accelerazione massima

0.290 [s]

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.2265	0.32	0.7149	0.70	0.4334	1.85	0.0881	4.50	0.0093
0.01	0.2265	0.33	0.6309	0.72	0.4097	1.90	0.0817	4.60	0.0084
0.02	0.2265	0.34	0.5849	0.74	0.3686	1.95	0.0706	4.70	0.0076
0.03	0.2299	0.35	0.5599	0.76	0.3169	2.00	0.0622	4.80	0.0069
0.04	0.2349	0.36	0.5309	0.78	0.2653	2.05	0.0634	4.90	0.0062
0.05	0.2374	0.37	0.4906	0.80	0.2282	2.10	0.0629	5.00	0.0058
0.06	0.2550	0.38	0.4777	0.82	0.1997	2.15	0.0607	5.10	0.0055
0.07	0.2884	0.39	0.4736	0.84	0.1767	2.20	0.0569	5.20	0.0053
0.08	0.2979	0.40	0.4433	0.86	0.1618	2.25	0.0581	5.40	0.0049
0.09	0.3217	0.41	0.4306	0.88	0.1708	2.30	0.0619	5.60	0.0046
0.10	0.3313	0.42	0.5218	0.90	0.1722	2.35	0.0624	5.80	0.0043
0.11	0.5133	0.43	0.5885	0.92	0.1730	2.40	0.0597	6.00	0.0040
0.12	0.5375	0.44	0.6177	0.94	0.1626	2.50	0.0609	6.20	0.0037
0.13	0.5152	0.45	0.6029	0.96	0.1433	2.60	0.0565	6.40	0.0035
0.14	0.6515	0.46	0.5589	0.98	0.1419	2.70	0.0469	6.60	0.0033
0.15	0.5966	0.47	0.5074	1.00	0.1434	2.80	0.0387	6.80	0.0031
0.16	0.5638	0.48	0.4608	1.05	0.1552	2.90	0.0321	7.00	0.0029
0.17	0.4742	0.49	0.4242	1.10	0.1545	3.00	0.0280	7.20	0.0028
0.18	0.4566	0.50	0.4427	1.15	0.1433	3.10	0.0254	7.40	0.0026
0.19	0.4350	0.51	0.4574	1.20	0.1202	3.20	0.0237	7.60	0.0025
0.20	0.4656	0.52	0.4698	1.25	0.1217	3.30	0.0227	7.80	0.0024
0.21	0.4508	0.53	0.5060	1.30	0.1351	3.40	0.0220	8.00	0.0023
0.22	0.5206	0.54	0.5339	1.35	0.1142	3.50	0.0211	8.50	0.0020
0.23	0.6027	0.55	0.5510	1.40	0.1078	3.60	0.0199	9.00	0.0018
0.24	0.5906	0.56	0.5570	1.45	0.0978	3.70	0.0184	9.50	0.0016
0.25	0.6222	0.57	0.5529	1.50	0.0892	3.80	0.0166	10.00	0.0015
0.26	0.6271	0.58	0.5413	1.55	0.0855	3.90	0.0149		
0.27	0.6807	0.60	0.5150	1.60	0.0829	4.00	0.0142		
0.28	0.7936	0.62	0.4926	1.65	0.0908	4.10	0.0133		
0.29	0.8024	0.64	0.4663	1.70	0.1009	4.20	0.0124		
0.30	0.7883	0.66	0.4520	1.75	0.1049	4.30	0.0113		
0.31	0.7835	0.68	0.4453	1.80	0.1000	4.40	0.0103		



File 004675xa_record_g:

Spettri Accelerazione

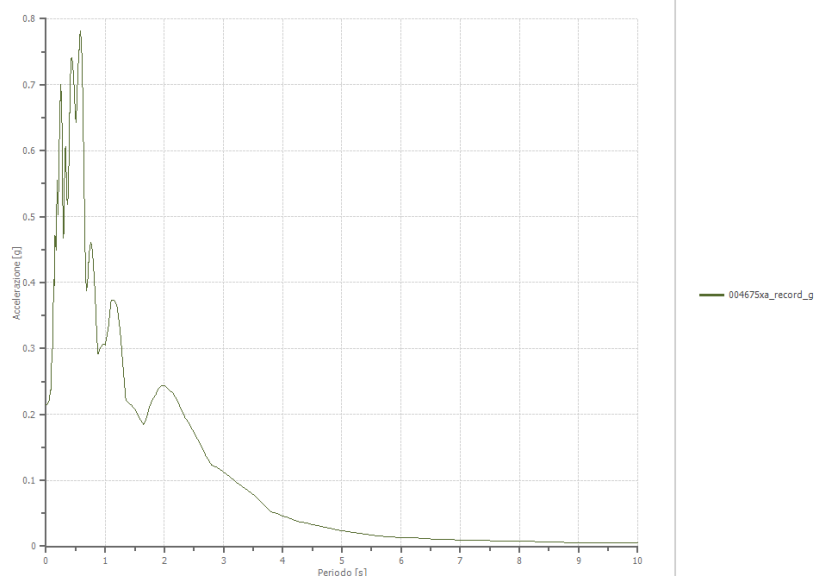
Accelerazione massima

0.782 [g]

Periodo accelerazione massima

0.580 [s]

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.2146	0.32	0.5985	0.70	0.3953	1.85	0.2295	4.50	0.0329
0.01	0.2146	0.33	0.6061	0.72	0.4304	1.90	0.2392	4.60	0.0309
0.02	0.2146	0.34	0.5744	0.74	0.4559	1.95	0.2440	4.70	0.0289
0.03	0.2158	0.35	0.5342	0.76	0.4614	2.00	0.2437	4.80	0.0270
0.04	0.2182	0.36	0.5182	0.78	0.4509	2.05	0.2391	4.90	0.0251
0.05	0.2194	0.37	0.5253	0.80	0.4287	2.10	0.2363	5.00	0.0234
0.06	0.2242	0.38	0.5512	0.82	0.3982	2.15	0.2311	5.10	0.0218
0.07	0.2348	0.39	0.5989	0.84	0.3602	2.20	0.2237	5.20	0.0204
0.08	0.2375	0.40	0.6578	0.86	0.3146	2.25	0.2145	5.40	0.0181
0.09	0.2653	0.41	0.7046	0.88	0.2913	2.30	0.2040	5.60	0.0163
0.10	0.2942	0.42	0.7321	0.90	0.2966	2.35	0.1954	5.80	0.0148
0.11	0.2998	0.43	0.7414	0.92	0.3010	2.40	0.1884	6.00	0.0137
0.12	0.3503	0.44	0.7396	0.94	0.3042	2.50	0.1728	6.20	0.0127
0.13	0.4045	0.45	0.7315	0.96	0.3059	2.60	0.1556	6.40	0.0118
0.14	0.3958	0.46	0.7195	0.98	0.3062	2.70	0.1379	6.60	0.0111
0.15	0.4713	0.47	0.7043	1.00	0.3052	2.80	0.1234	6.80	0.0104
0.16	0.4671	0.48	0.6858	1.05	0.3296	2.90	0.1186	7.00	0.0098
0.17	0.4490	0.49	0.6654	1.10	0.3727	3.00	0.1124	7.20	0.0092
0.18	0.5114	0.50	0.6482	1.15	0.3728	3.10	0.1056	7.40	0.0087
0.19	0.5546	0.51	0.6428	1.20	0.3636	3.20	0.0988	7.60	0.0082
0.20	0.5034	0.52	0.6717	1.25	0.3297	3.30	0.0921	7.80	0.0077
0.21	0.5327	0.53	0.6977	1.30	0.2753	3.40	0.0852	8.00	0.0073
0.22	0.5837	0.54	0.7227	1.35	0.2219	3.50	0.0780	8.50	0.0065
0.23	0.6442	0.55	0.7408	1.40	0.2178	3.60	0.0701	9.00	0.0057
0.24	0.6760	0.56	0.7522	1.45	0.2135	3.70	0.0616	9.50	0.0052
0.25	0.7010	0.57	0.7727	1.50	0.2076	3.80	0.0529	10.00	0.0047
0.26	0.6781	0.58	0.7821	1.55	0.2003	3.90	0.0491		
0.27	0.6384	0.60	0.7622	1.60	0.1914	4.00	0.0462		
0.28	0.5448	0.62	0.6882	1.65	0.1853	4.10	0.0426		
0.29	0.4672	0.64	0.5697	1.70	0.1956	4.20	0.0388		
0.30	0.4751	0.66	0.4516	1.75	0.2118	4.30	0.0364		
0.31	0.5433	0.68	0.3882	1.80	0.2220	4.40	0.0348		



File 004674xa_record_g:

Spettri Accelerazione

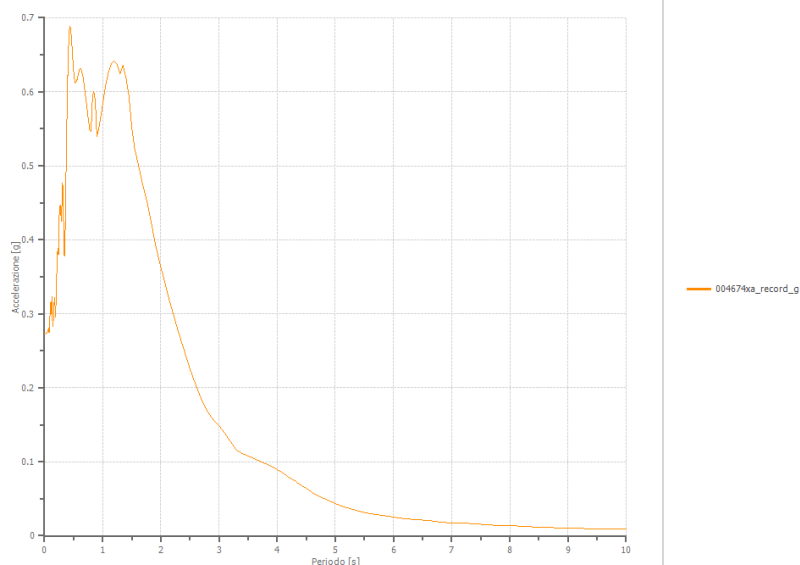
Accelerazione massima

0.688 [g]

Periodo accelerazione massima

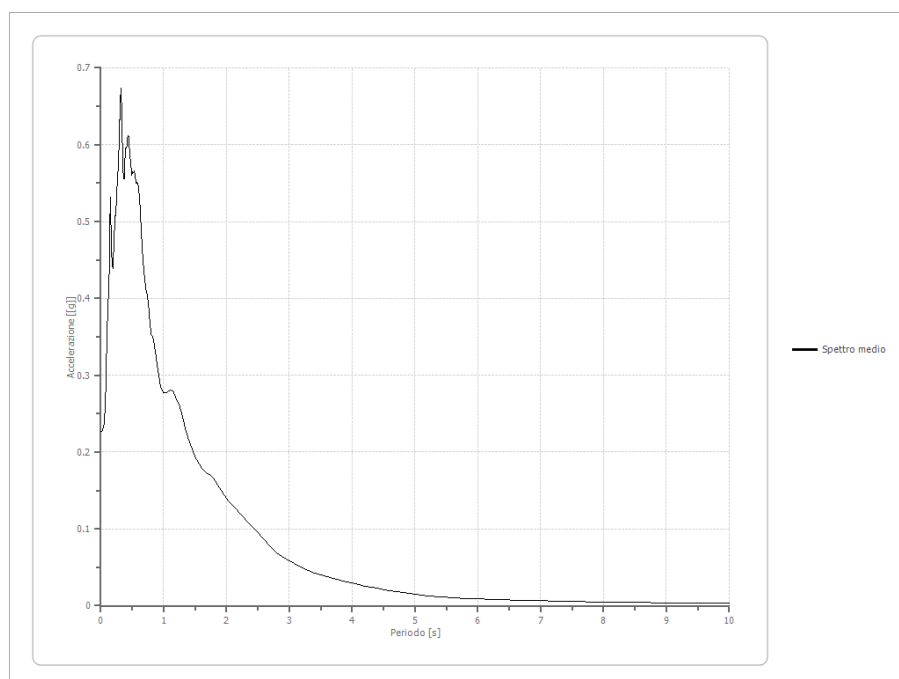
0.440 [s]

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.2731	0.32	0.4651	0.70	0.5986	1.85	0.4171	4.50	0.0637
0.01	0.2731	0.33	0.4090	0.72	0.5851	1.90	0.3961	4.60	0.0588
0.02	0.2731	0.34	0.3789	0.74	0.5716	1.95	0.3796	4.70	0.0543
0.03	0.2736	0.35	0.3783	0.76	0.5590	2.00	0.3636	4.80	0.0502
0.04	0.2744	0.36	0.4326	0.78	0.5476	2.05	0.3478	4.90	0.0464
0.05	0.2752	0.37	0.4868	0.80	0.5460	2.10	0.3323	5.00	0.0431
0.06	0.2762	0.38	0.5385	0.82	0.5841	2.15	0.3173	5.10	0.0402
0.07	0.2803	0.39	0.5840	0.84	0.6008	2.20	0.3032	5.20	0.0376
0.08	0.2746	0.40	0.6223	0.86	0.5974	2.25	0.2897	5.40	0.0334
0.09	0.2868	0.41	0.6525	0.88	0.5759	2.30	0.2766	5.60	0.0300
0.10	0.3115	0.42	0.6733	0.90	0.5392	2.35	0.2637	5.80	0.0273
0.11	0.3164	0.43	0.6848	0.92	0.5450	2.40	0.2509	6.00	0.0251
0.12	0.3002	0.44	0.6880	0.94	0.5534	2.50	0.2262	6.20	0.0233
0.13	0.3230	0.45	0.6846	0.96	0.5627	2.60	0.2041	6.40	0.0216
0.14	0.2833	0.46	0.6764	0.98	0.5729	2.70	0.1850	6.60	0.0202
0.15	0.2874	0.47	0.6653	1.00	0.5833	2.80	0.1681	6.80	0.0189
0.16	0.2989	0.48	0.6527	1.05	0.6078	2.90	0.1574	7.00	0.0177
0.17	0.3222	0.49	0.6399	1.10	0.6271	3.00	0.1491	7.20	0.0166
0.18	0.3146	0.50	0.6293	1.15	0.6387	3.10	0.1385	7.40	0.0157
0.19	0.2958	0.51	0.6209	1.20	0.6420	3.20	0.1271	7.60	0.0148
0.20	0.3213	0.52	0.6156	1.25	0.6371	3.30	0.1162	7.80	0.0140
0.21	0.3513	0.53	0.6123	1.30	0.6248	3.40	0.1114	8.00	0.0133
0.22	0.3809	0.54	0.6126	1.35	0.6362	3.50	0.1076	8.50	0.0118
0.23	0.3882	0.55	0.6138	1.40	0.6195	3.60	0.1043	9.00	0.0105
0.24	0.3807	0.56	0.6168	1.45	0.5954	3.70	0.1012	9.50	0.0095
0.25	0.4230	0.57	0.6201	1.50	0.5518	3.80	0.0978	10.00	0.0086
0.26	0.4452	0.58	0.6238	1.55	0.5236	3.90	0.0940		
0.27	0.4466	0.60	0.6296	1.60	0.5060	4.00	0.0896		
0.28	0.4361	0.62	0.6314	1.65	0.4878	4.10	0.0847		
0.29	0.4251	0.64	0.6283	1.70	0.4713	4.20	0.0795		
0.30	0.4491	0.66	0.6215	1.75	0.4555	4.30	0.0742		
0.31	0.4768	0.68	0.6112	1.80	0.4373	4.40	0.0689		



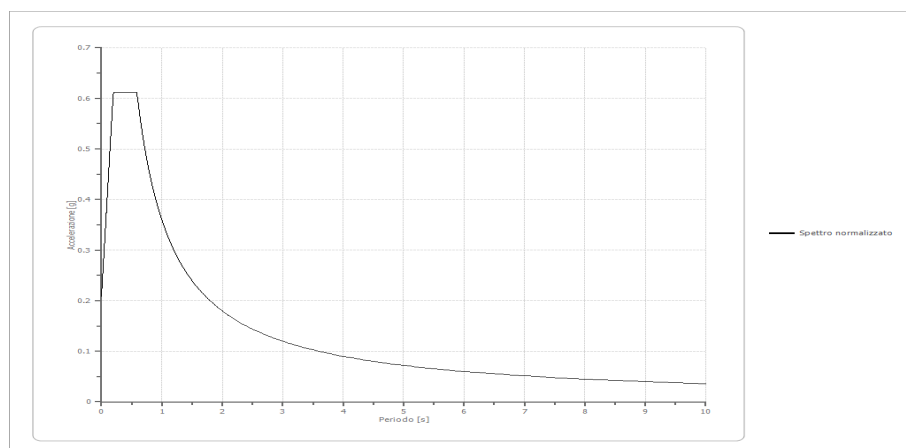
Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.2272	0.32	0.6734	0.70	0.4234	1.85	0.1581	4.50	0.0208
0.01	0.2272	0.33	0.6511	0.72	0.4115	1.90	0.1525	4.60	0.0194
0.02	0.2272	0.34	0.6104	0.74	0.4043	1.95	0.1461	4.70	0.0180
0.03	0.2294	0.35	0.5752	0.76	0.3890	2.00	0.1394	4.80	0.0168
0.04	0.2329	0.36	0.5567	0.78	0.3685	2.05	0.1339	4.90	0.0156
0.05	0.2360	0.37	0.5556	0.80	0.3531	2.10	0.1304	5.00	0.0146
0.06	0.2446	0.38	0.5747	0.82	0.3501	2.15	0.1262	5.10	0.0137
0.07	0.2703	0.39	0.5924	0.84	0.3455	2.20	0.1213	5.20	0.0129
0.08	0.2833	0.40	0.5969	0.86	0.3344	2.25	0.1168	5.40	0.0116
0.09	0.3264	0.41	0.5952	0.88	0.3236	2.30	0.1123	5.60	0.0105
0.10	0.3524	0.42	0.6059	0.90	0.3105	2.35	0.1074	5.80	0.0096
0.11	0.3917	0.43	0.6120	0.92	0.3011	2.40	0.1030	6.00	0.0088
0.12	0.4011	0.44	0.6114	0.94	0.2895	2.50	0.0950	6.20	0.0082
0.13	0.4175	0.45	0.6011	0.96	0.2826	2.60	0.0863	6.40	0.0077
0.14	0.4744	0.46	0.5871	0.98	0.2800	2.70	0.0770	6.60	0.0072
0.15	0.5315	0.47	0.5799	1.00	0.2772	2.80	0.0688	6.80	0.0067
0.16	0.4966	0.48	0.5712	1.05	0.2774	2.90	0.0633	7.00	0.0063
0.17	0.4543	0.49	0.5607	1.10	0.2811	3.00	0.0585	7.20	0.0060
0.18	0.4497	0.50	0.5636	1.15	0.2797	3.10	0.0538	7.40	0.0057
0.19	0.4391	0.51	0.5646	1.20	0.2693	3.20	0.0494	7.60	0.0054
0.20	0.4548	0.52	0.5633	1.25	0.2613	3.30	0.0455	7.80	0.0051
0.21	0.4769	0.53	0.5660	1.30	0.2468	3.40	0.0425	8.00	0.0048
0.22	0.4964	0.54	0.5626	1.35	0.2278	3.50	0.0398	8.50	0.0043
0.23	0.5070	0.55	0.5561	1.40	0.2157	3.60	0.0374	9.00	0.0038
0.24	0.5096	0.56	0.5499	1.45	0.2045	3.70	0.0355	9.50	0.0035
0.25	0.5345	0.57	0.5501	1.50	0.1937	3.80	0.0332	10.00	0.0032
0.26	0.5478	0.58	0.5507	1.55	0.1868	3.90	0.0313		
0.27	0.5618	0.60	0.5451	1.60	0.1802	4.00	0.0295		
0.28	0.5782	0.62	0.5247	1.65	0.1747	4.10	0.0276		
0.29	0.5998	0.64	0.4916	1.70	0.1722	4.20	0.0258		
0.30	0.6327	0.66	0.4617	1.75	0.1699	4.30	0.0240		
0.31	0.6600	0.68	0.4414	1.80	0.1647	4.40	0.0223		



Spettro normalizzato di risposta elastico

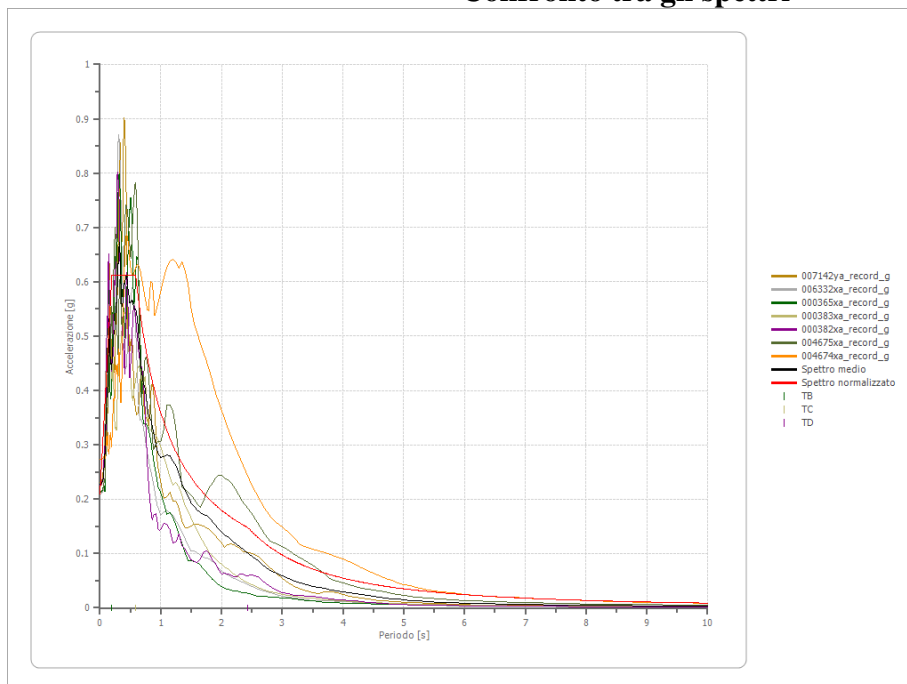
Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.2090	0.32	0.6120	0.70	0.5134	1.85	0.1943	4.50	0.0799
0.01	0.2296	0.33	0.6120	0.72	0.4991	1.90	0.1891	4.60	0.0781
0.02	0.2502	0.34	0.6120	0.74	0.4857	1.95	0.1843	4.70	0.0765
0.03	0.2708	0.35	0.6120	0.76	0.4729	2.00	0.1797	4.80	0.0749
0.04	0.2914	0.36	0.6120	0.78	0.4607	2.05	0.1753	4.90	0.0733
0.05	0.3120	0.37	0.6120	0.80	0.4492	2.10	0.1711	5.00	0.0719
0.06	0.3326	0.38	0.6120	0.82	0.4383	2.15	0.1672	5.10	0.0705
0.07	0.3532	0.39	0.6120	0.84	0.4278	2.20	0.1634	5.20	0.0691
0.08	0.3738	0.40	0.6120	0.86	0.4179	2.25	0.1597	5.40	0.0666
0.09	0.3943	0.41	0.6120	0.88	0.4084	2.30	0.1563	5.60	0.0642
0.10	0.4149	0.42	0.6120	0.90	0.3993	2.35	0.1529	5.80	0.0620
0.11	0.4355	0.43	0.6120	0.92	0.3906	2.40	0.1497	6.00	0.0599
0.12	0.4561	0.44	0.6120	0.94	0.3823	2.50	0.1438	6.20	0.0580
0.13	0.4767	0.45	0.6120	0.96	0.3744	2.60	0.1382	6.40	0.0562
0.14	0.4973	0.46	0.6120	0.98	0.3667	2.70	0.1331	6.60	0.0545
0.15	0.5179	0.47	0.6120	1.00	0.3594	2.80	0.1284	6.80	0.0529
0.16	0.5385	0.48	0.6120	1.05	0.3423	2.90	0.1239	7.00	0.0513
0.17	0.5590	0.49	0.6120	1.10	0.3267	3.00	0.1198	7.20	0.0499
0.18	0.5796	0.50	0.6120	1.15	0.3125	3.10	0.1159	7.40	0.0486
0.19	0.6002	0.51	0.6120	1.20	0.2995	3.20	0.1123	7.60	0.0473
0.20	0.6120	0.52	0.6120	1.25	0.2875	3.30	0.1089	7.80	0.0461
0.21	0.6120	0.53	0.6120	1.30	0.2764	3.40	0.1057	8.00	0.0449
0.22	0.6120	0.54	0.6120	1.35	0.2662	3.50	0.1027	8.50	0.0423
0.23	0.6120	0.55	0.6120	1.40	0.2567	3.60	0.0998	9.00	0.0399
0.24	0.6120	0.56	0.6120	1.45	0.2479	3.70	0.0971	9.50	0.0378
0.25	0.6120	0.57	0.6120	1.50	0.2396	3.80	0.0946	10.00	0.0359
0.26	0.6120	0.58	0.6120	1.55	0.2319	3.90	0.0921		
0.27	0.6120	0.60	0.5990	1.60	0.2246	4.00	0.0898		
0.28	0.6120	0.62	0.5797	1.65	0.2178	4.10	0.0877		
0.29	0.6120	0.64	0.5615	1.70	0.2114	4.20	0.0856		
0.30	0.6120	0.66	0.5445	1.75	0.2054	4.30	0.0836		
0.31	0.6120	0.68	0.5285	1.80	0.1997	4.40	0.0817		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.209	2.695742	--	0.196	0.587	2.436	0.209	0.612

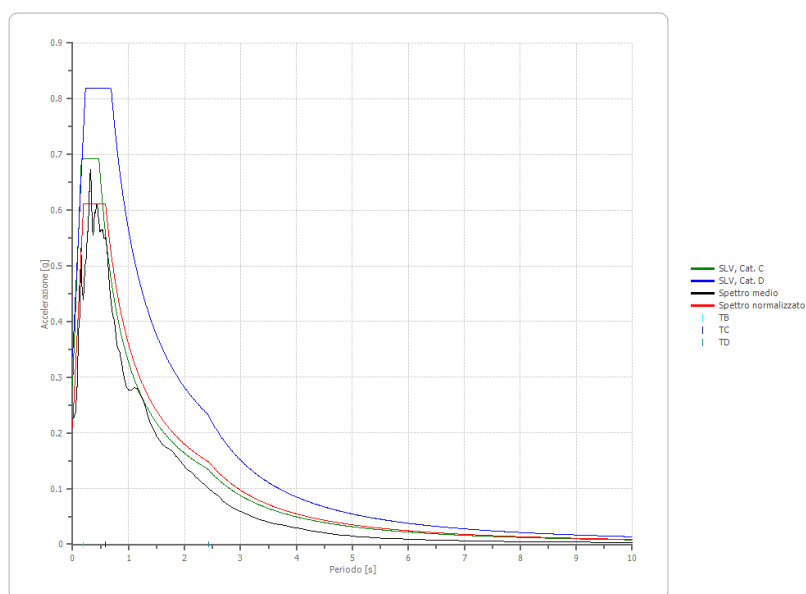
Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardia vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C	Operatività SLO Cat. D	Danno SLD Cat. D	Salvaguardia vita SLV Cat. D	Prev. collasso SLC Cat. D
Tr [anni]	30	50	475	975	30	50	475	975
ag [g]	0.066	0.084	0.203	0.255	0.066	0.084	0.203	0.255
Fo	2.407	2.398	2.432	2.485	2.407	2.398	2.432	2.485
Tc* [s]	0.262	0.27	0.303	0.315	0.262	0.27	0.303	0.315
Ss	1.50	1.50	1.40	1.32	1.80	1.80	1.66	1.45
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.63	1.62	1.56	1.54	2.44	2.41	2.27	2.23
TB [s]	0.143	0.146	0.157	0.161	0.213	0.217	0.229	0.234
TC [s]	0.428	0.437	0.472	0.484	0.640	0.650	0.688	0.702
TD [s]	1.864	1.936	2.412	2.620	1.864	1.936	2.412	2.620
Se(0) [g]	0.099	0.126	0.285	0.337	0.119	0.151	0.337	0.370
Se(TB) [g]	0.238	0.302	0.693	0.836	0.286	0.363	0.819	0.919



Stato limite SLD- Tabella valori accelerazioni spettrali grafici e dati risultanti da analisi Risposta Sismica Locale

File 001891ya_record_g:

Spettri Accelerazione

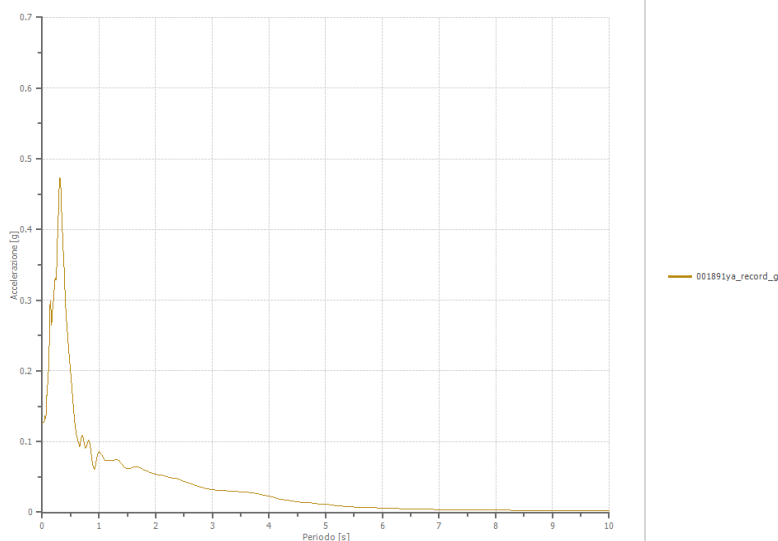
Accelerazione massima

0.473 [g]

Periodo accelerazione massima

0.310 [s]

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.1268	0.32	0.4718	0.70	0.1084	1.85	0.0579	4.50	0.0151
0.01	0.1268	0.33	0.4536	0.72	0.1061	1.90	0.0564	4.60	0.0142
0.02	0.1268	0.34	0.4290	0.74	0.0976	1.95	0.0552	4.70	0.0134
0.03	0.1277	0.35	0.4080	0.76	0.0907	2.00	0.0541	4.80	0.0125
0.04	0.1292	0.36	0.3884	0.78	0.0923	2.05	0.0530	4.90	0.0117
0.05	0.1363	0.37	0.3716	0.80	0.0990	2.10	0.0522	5.00	0.0110
0.06	0.1330	0.38	0.3571	0.82	0.1020	2.15	0.0515	5.10	0.0102
0.07	0.1405	0.39	0.3384	0.84	0.0973	2.20	0.0507	5.20	0.0096
0.08	0.1649	0.40	0.3145	0.86	0.0865	2.25	0.0496	5.40	0.0083
0.09	0.1754	0.41	0.2944	0.88	0.0735	2.30	0.0486	5.60	0.0073
0.10	0.1879	0.42	0.2806	0.90	0.0635	2.35	0.0478	5.80	0.0065
0.11	0.1990	0.43	0.2693	0.92	0.0611	2.40	0.0467	6.00	0.0059
0.12	0.2144	0.44	0.2584	0.94	0.0666	2.50	0.0440	6.20	0.0053
0.13	0.2731	0.45	0.2488	0.96	0.0752	2.60	0.0409	6.40	0.0049
0.14	0.2988	0.46	0.2377	0.98	0.0824	2.70	0.0379	6.60	0.0045
0.15	0.2953	0.47	0.2270	1.00	0.0863	2.80	0.0354	6.80	0.0042
0.16	0.2641	0.48	0.2173	1.05	0.0817	2.90	0.0337	7.00	0.0039
0.17	0.2704	0.49	0.2074	1.10	0.0734	3.00	0.0324	7.20	0.0037
0.18	0.2856	0.50	0.1980	1.15	0.0730	3.10	0.0315	7.40	0.0035
0.19	0.2966	0.51	0.1886	1.20	0.0736	3.20	0.0309	7.60	0.0033
0.20	0.2988	0.52	0.1784	1.25	0.0738	3.30	0.0302	7.80	0.0031
0.21	0.3134	0.53	0.1685	1.30	0.0745	3.40	0.0297	8.00	0.0030
0.22	0.3269	0.54	0.1587	1.35	0.0729	3.50	0.0292	8.50	0.0026
0.23	0.3306	0.55	0.1487	1.40	0.0682	3.60	0.0285	9.00	0.0023
0.24	0.3291	0.56	0.1394	1.45	0.0633	3.70	0.0276	9.50	0.0021
0.25	0.3349	0.57	0.1309	1.50	0.0614	3.80	0.0262	10.00	0.0019
0.26	0.3625	0.58	0.1229	1.55	0.0623	3.90	0.0244		
0.27	0.3909	0.60	0.1113	1.60	0.0640	4.00	0.0227		
0.28	0.4079	0.62	0.1047	1.65	0.0645	4.10	0.0206		
0.29	0.4419	0.64	0.0988	1.70	0.0636	4.20	0.0189		
0.30	0.4618	0.66	0.0929	1.75	0.0618	4.30	0.0173		
0.31	0.4728	0.68	0.1018	1.80	0.0598	4.40	0.0159		



File 000365xa_record_g:

Spettri Accelerazione

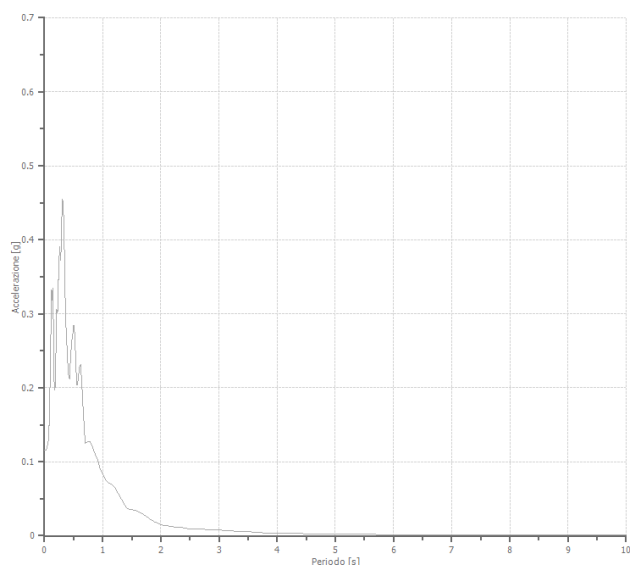
Accelerazione massima

0.455 [g]

Periodo accelerazione massima

0.310 [s]

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.1154	0.32	0.4496	0.70	0.1247	1.85	0.0209	4.50	0.0028
0.01	0.1154	0.33	0.4274	0.72	0.1262	1.90	0.0186	4.60	0.0026
0.02	0.1154	0.34	0.3935	0.74	0.1275	1.95	0.0168	4.70	0.0025
0.03	0.1162	0.35	0.3519	0.76	0.1276	2.00	0.0154	4.80	0.0024
0.04	0.1178	0.36	0.3046	0.78	0.1267	2.05	0.0143	4.90	0.0023
0.05	0.1211	0.37	0.2831	0.80	0.1244	2.10	0.0135	5.00	0.0022
0.06	0.1267	0.38	0.2667	0.82	0.1211	2.15	0.0128	5.10	0.0022
0.07	0.1278	0.39	0.2487	0.84	0.1165	2.20	0.0123	5.20	0.0021
0.08	0.1487	0.40	0.2343	0.86	0.1123	2.25	0.0119	5.40	0.0019
0.09	0.1685	0.41	0.2177	0.88	0.1093	2.30	0.0115	5.60	0.0018
0.10	0.2379	0.42	0.2159	0.90	0.1055	2.35	0.0111	5.80	0.0016
0.11	0.2756	0.43	0.2124	0.92	0.1008	2.40	0.0106	6.00	0.0015
0.12	0.3318	0.44	0.2284	0.94	0.0954	2.50	0.0095	6.20	0.0014
0.13	0.3181	0.45	0.2430	0.96	0.0899	2.60	0.0089	6.40	0.0013
0.14	0.3340	0.46	0.2531	0.98	0.0871	2.70	0.0088	6.60	0.0013
0.15	0.3150	0.47	0.2629	1.00	0.0841	2.80	0.0085	6.80	0.0012
0.16	0.2314	0.48	0.2715	1.05	0.0760	2.90	0.0081	7.00	0.0011
0.17	0.1998	0.49	0.2741	1.10	0.0709	3.00	0.0077	7.20	0.0011
0.18	0.1973	0.50	0.2838	1.15	0.0705	3.10	0.0072	7.40	0.0010
0.19	0.2128	0.51	0.2842	1.20	0.0662	3.20	0.0067	7.60	0.0009
0.20	0.2654	0.52	0.2718	1.25	0.0597	3.30	0.0062	7.80	0.0009
0.21	0.3058	0.53	0.2518	1.30	0.0525	3.40	0.0057	8.00	0.0009
0.22	0.3014	0.54	0.2305	1.35	0.0457	3.50	0.0052	8.50	0.0008
0.23	0.3037	0.55	0.2130	1.40	0.0393	3.60	0.0047	9.00	0.0007
0.24	0.3457	0.56	0.2040	1.45	0.0355	3.70	0.0043	9.50	0.0006
0.25	0.3693	0.57	0.2047	1.50	0.0354	3.80	0.0039	10.00	0.0006
0.26	0.3909	0.58	0.2133	1.55	0.0348	3.90	0.0036		
0.27	0.3780	0.60	0.2278	1.60	0.0335	4.00	0.0033		
0.28	0.3726	0.62	0.2311	1.65	0.0315	4.10	0.0032		
0.29	0.4007	0.64	0.2100	1.70	0.0290	4.20	0.0031		
0.30	0.4372	0.66	0.1772	1.75	0.0262	4.30	0.0030		
0.31	0.4554	0.68	0.1505	1.80	0.0234	4.40	0.0029		



File 000383xa_record_g:

Spettri Accelerazione

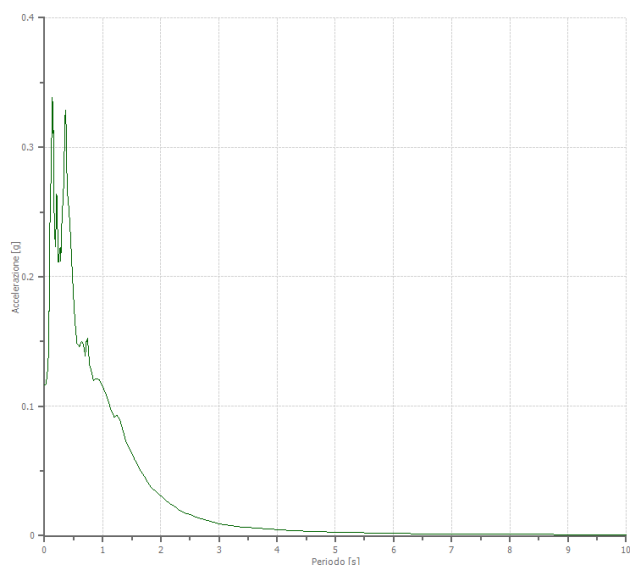
Accelerazione massima

0.339 [g]

Periodo accelerazione massima

0.130 [s]

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.1164	0.32	0.2584	0.70	0.1386	1.85	0.0368	4.50	0.0035
0.01	0.1164	0.33	0.2719	0.72	0.1497	1.90	0.0347	4.60	0.0033
0.02	0.1164	0.34	0.2919	0.74	0.1527	1.95	0.0327	4.70	0.0031
0.03	0.1183	0.35	0.3190	0.76	0.1403	2.00	0.0307	4.80	0.0030
0.04	0.1215	0.36	0.3284	0.78	0.1306	2.05	0.0287	4.90	0.0029
0.05	0.1261	0.37	0.3200	0.80	0.1282	2.10	0.0269	5.00	0.0027
0.06	0.1280	0.38	0.2960	0.82	0.1243	2.15	0.0252	5.10	0.0026
0.07	0.1440	0.39	0.2672	0.84	0.1196	2.20	0.0235	5.20	0.0025
0.08	0.1734	0.40	0.2628	0.86	0.1204	2.25	0.0220	5.40	0.0023
0.09	0.2249	0.41	0.2578	0.88	0.1212	2.30	0.0205	5.60	0.0021
0.10	0.2618	0.42	0.2521	0.90	0.1214	2.35	0.0191	5.80	0.0020
0.11	0.2732	0.43	0.2455	0.92	0.1211	2.40	0.0178	6.00	0.0019
0.12	0.2892	0.44	0.2378	0.94	0.1203	2.50	0.0164	6.20	0.0017
0.13	0.3386	0.45	0.2292	0.96	0.1190	2.60	0.0143	6.40	0.0016
0.14	0.3108	0.46	0.2198	0.98	0.1174	2.70	0.0133	6.60	0.0015
0.15	0.3352	0.47	0.2104	1.00	0.1155	2.80	0.0118	6.80	0.0014
0.16	0.2557	0.48	0.2014	1.05	0.1097	2.90	0.0102	7.00	0.0014
0.17	0.2469	0.49	0.1922	1.10	0.1033	3.00	0.0094	7.20	0.0013
0.18	0.2305	0.50	0.1841	1.15	0.0963	3.10	0.0086	7.40	0.0013
0.19	0.2235	0.51	0.1761	1.20	0.0915	3.20	0.0079	7.60	0.0012
0.20	0.2442	0.52	0.1692	1.25	0.0930	3.30	0.0073	7.80	0.0011
0.21	0.2639	0.53	0.1626	1.30	0.0890	3.40	0.0068	8.00	0.0011
0.22	0.2519	0.54	0.1572	1.35	0.0810	3.50	0.0064	8.50	0.0010
0.23	0.2239	0.55	0.1525	1.40	0.0727	3.60	0.0060	9.00	0.0009
0.24	0.2113	0.56	0.1483	1.45	0.0680	3.70	0.0056	9.50	0.0008
0.25	0.2145	0.57	0.1480	1.50	0.0634	3.80	0.0052	10.00	0.0008
0.26	0.2218	0.58	0.1475	1.55	0.0590	3.90	0.0049		
0.27	0.2224	0.60	0.1458	1.60	0.0548	4.00	0.0046		
0.28	0.2123	0.62	0.1483	1.65	0.0503	4.10	0.0044		
0.29	0.2301	0.64	0.1501	1.70	0.0469	4.20	0.0041		
0.30	0.2445	0.66	0.1489	1.75	0.0432	4.30	0.0039		
0.31	0.2538	0.68	0.1449	1.80	0.0392	4.40	0.0037		



File 000598xa_record_g:

Spettri Accelerazione

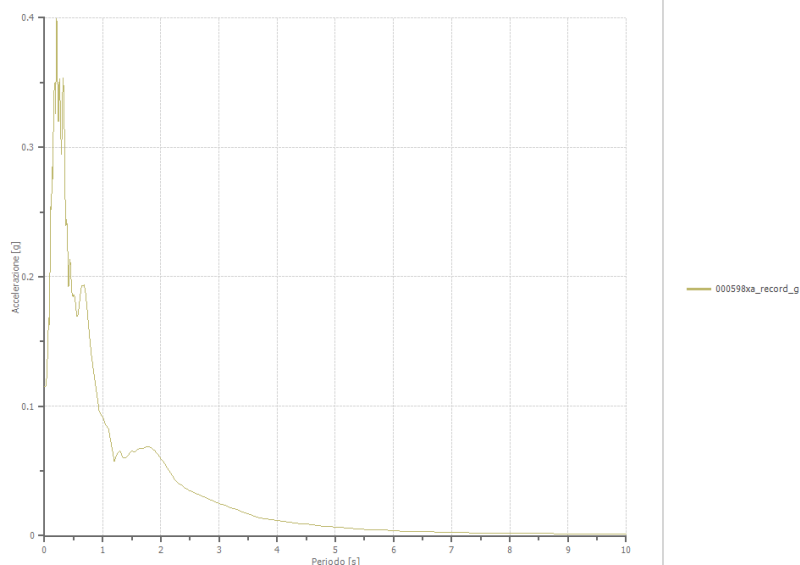
Accelerazione massima

0.400 [g]

Periodo accelerazione massima

0.210 [s]

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.1150	0.32	0.3534	0.70	0.1896	1.85	0.0676	4.50	0.0089
0.01	0.1150	0.33	0.3456	0.72	0.1815	1.90	0.0656	4.60	0.0084
0.02	0.1150	0.34	0.3201	0.74	0.1713	1.95	0.0631	4.70	0.0079
0.03	0.1164	0.35	0.2865	0.76	0.1608	2.00	0.0598	4.80	0.0074
0.04	0.1244	0.36	0.2444	0.78	0.1510	2.05	0.0567	4.90	0.0070
0.05	0.1353	0.37	0.2396	0.80	0.1422	2.10	0.0533	5.00	0.0066
0.06	0.1475	0.38	0.2445	0.82	0.1347	2.15	0.0498	5.10	0.0063
0.07	0.1685	0.39	0.2381	0.84	0.1280	2.20	0.0462	5.20	0.0059
0.08	0.1631	0.40	0.2198	0.86	0.1217	2.25	0.0428	5.40	0.0053
0.09	0.1839	0.41	0.1923	0.88	0.1156	2.30	0.0409	5.60	0.0048
0.10	0.2274	0.42	0.1940	0.90	0.1093	2.35	0.0392	5.80	0.0043
0.11	0.2575	0.43	0.2106	0.92	0.1028	2.40	0.0376	6.00	0.0039
0.12	0.2522	0.44	0.2134	0.94	0.0961	2.50	0.0348	6.20	0.0036
0.13	0.2850	0.45	0.2067	0.96	0.0946	2.60	0.0325	6.40	0.0033
0.14	0.2759	0.46	0.1967	0.98	0.0933	2.70	0.0305	6.60	0.0030
0.15	0.2998	0.47	0.1888	1.00	0.0914	2.80	0.0286	6.80	0.0028
0.16	0.3436	0.48	0.1850	1.05	0.0858	2.90	0.0268	7.00	0.0026
0.17	0.3445	0.49	0.1844	1.10	0.0826	3.00	0.0249	7.20	0.0024
0.18	0.3496	0.50	0.1858	1.15	0.0703	3.10	0.0234	7.40	0.0022
0.19	0.3260	0.51	0.1860	1.20	0.0575	3.20	0.0218	7.60	0.0021
0.20	0.3647	0.52	0.1842	1.25	0.0634	3.30	0.0202	7.80	0.0020
0.21	0.3996	0.53	0.1809	1.30	0.0655	3.40	0.0185	8.00	0.0019
0.22	0.3790	0.54	0.1763	1.35	0.0606	3.50	0.0169	8.50	0.0017
0.23	0.3235	0.55	0.1715	1.40	0.0604	3.60	0.0152	9.00	0.0015
0.24	0.3204	0.56	0.1698	1.45	0.0630	3.70	0.0137	9.50	0.0014
0.25	0.3484	0.57	0.1698	1.50	0.0652	3.80	0.0131	10.00	0.0012
0.26	0.3531	0.58	0.1718	1.55	0.0648	3.90	0.0125		
0.27	0.3345	0.60	0.1795	1.60	0.0670	4.00	0.0118		
0.28	0.3122	0.62	0.1881	1.65	0.0675	4.10	0.0112		
0.29	0.2943	0.64	0.1933	1.70	0.0676	4.20	0.0106		
0.30	0.3093	0.66	0.1933	1.75	0.0688	4.30	0.0100		
0.31	0.3393	0.68	0.1941	1.80	0.0687	4.40	0.0094		



File 005655xa_record_g:

Spettri Accelerazione

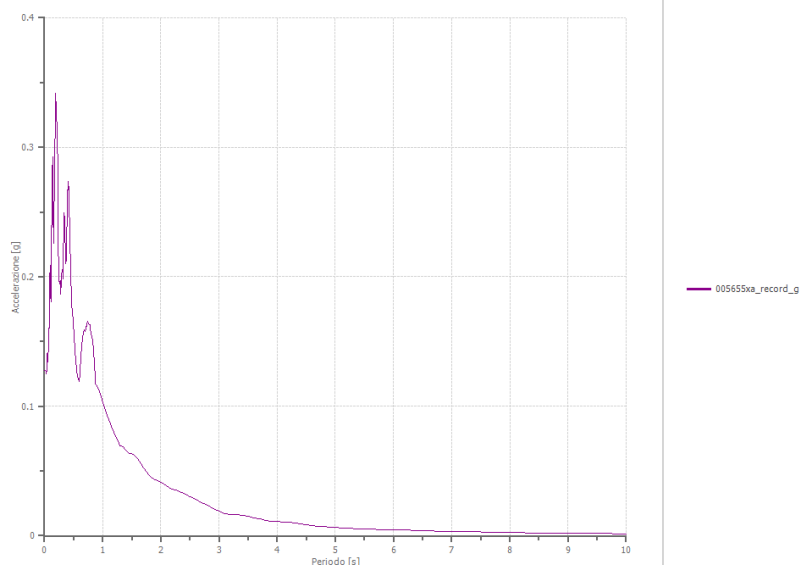
Accelerazione massima

0.342 [g]

Periodo accelerazione massima

0.190 [s]

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.1277	0.32	0.1987	0.70	0.1581	1.85	0.0443	4.50	0.0085
0.01	0.1277	0.33	0.2369	0.72	0.1616	1.90	0.0432	4.60	0.0078
0.02	0.1278	0.34	0.2496	0.74	0.1659	1.95	0.0423	4.70	0.0073
0.03	0.1247	0.35	0.2374	0.76	0.1635	2.00	0.0412	4.80	0.0070
0.04	0.1278	0.36	0.2193	0.78	0.1633	2.05	0.0398	4.90	0.0066
0.05	0.1410	0.37	0.2104	0.80	0.1557	2.10	0.0383	5.00	0.0063
0.06	0.1344	0.38	0.2261	0.82	0.1529	2.15	0.0368	5.10	0.0061
0.07	0.1487	0.39	0.2494	0.84	0.1454	2.20	0.0362	5.20	0.0059
0.08	0.1602	0.40	0.2670	0.86	0.1314	2.25	0.0355	5.40	0.0054
0.09	0.1982	0.41	0.2733	0.88	0.1172	2.30	0.0346	5.60	0.0050
0.10	0.2091	0.42	0.2659	0.90	0.1160	2.35	0.0336	5.80	0.0047
0.11	0.1808	0.43	0.2444	0.92	0.1139	2.40	0.0326	6.00	0.0045
0.12	0.2285	0.44	0.2228	0.94	0.1119	2.50	0.0303	6.20	0.0043
0.13	0.2595	0.45	0.2096	0.96	0.1094	2.60	0.0280	6.40	0.0040
0.14	0.2925	0.46	0.1889	0.98	0.1065	2.70	0.0256	6.60	0.0038
0.15	0.2420	0.47	0.1768	1.00	0.1037	2.80	0.0234	6.80	0.0036
0.16	0.2256	0.48	0.1739	1.05	0.0964	2.90	0.0212	7.00	0.0034
0.17	0.2703	0.49	0.1673	1.10	0.0900	3.00	0.0192	7.20	0.0032
0.18	0.2990	0.50	0.1612	1.15	0.0845	3.10	0.0173	7.40	0.0030
0.19	0.3415	0.51	0.1532	1.20	0.0792	3.20	0.0162	7.60	0.0028
0.20	0.3318	0.52	0.1468	1.25	0.0745	3.30	0.0160	7.80	0.0027
0.21	0.3204	0.53	0.1394	1.30	0.0697	3.40	0.0155	8.00	0.0025
0.22	0.3172	0.54	0.1345	1.35	0.0687	3.50	0.0148	8.50	0.0022
0.23	0.2753	0.55	0.1298	1.40	0.0663	3.60	0.0139	9.00	0.0020
0.24	0.2158	0.56	0.1257	1.45	0.0634	3.70	0.0129	9.50	0.0018
0.25	0.1978	0.57	0.1233	1.50	0.0636	3.80	0.0118	10.00	0.0016
0.26	0.1944	0.58	0.1210	1.55	0.0623	3.90	0.0114		
0.27	0.1973	0.60	0.1188	1.60	0.0597	4.00	0.0112		
0.28	0.1869	0.62	0.1341	1.65	0.0563	4.10	0.0108		
0.29	0.2002	0.64	0.1465	1.70	0.0526	4.20	0.0103		
0.30	0.2041	0.66	0.1546	1.75	0.0496	4.30	0.0097		
0.31	0.2053	0.68	0.1589	1.80	0.0465	4.40	0.0091		



File 005270xa_record_g:

Spettri Accelerazione

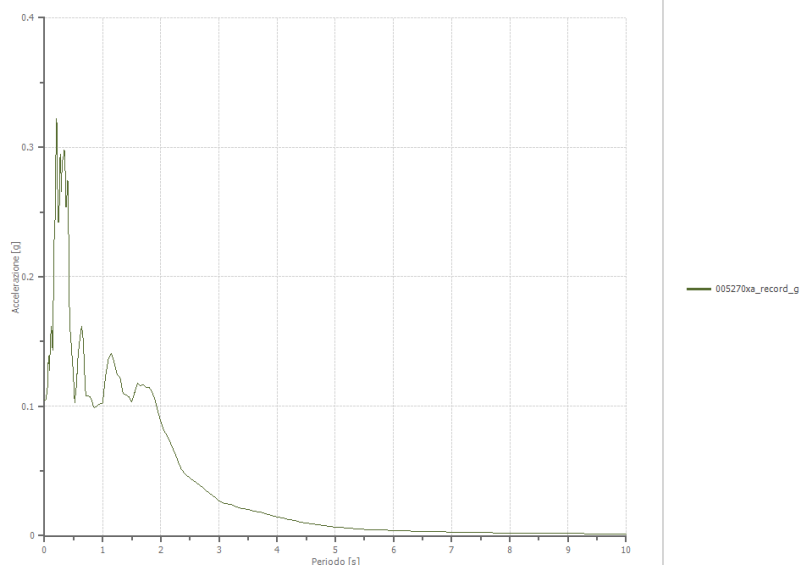
Accelerazione massima

0.322 [g]

Periodo accelerazione massima

0.210 [s]

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.1050	0.32	0.2917	0.70	0.1127	1.85	0.1112	4.50	0.0098
0.01	0.1050	0.33	0.2931	0.72	0.1078	1.90	0.1047	4.60	0.0090
0.02	0.1050	0.34	0.2979	0.74	0.1079	1.95	0.0955	4.70	0.0083
0.03	0.1071	0.35	0.2954	0.76	0.1078	2.00	0.0885	4.80	0.0077
0.04	0.1099	0.36	0.2741	0.78	0.1075	2.05	0.0813	4.90	0.0072
0.05	0.1125	0.37	0.2541	0.80	0.1060	2.10	0.0779	5.00	0.0067
0.06	0.1275	0.38	0.2539	0.82	0.1033	2.15	0.0735	5.10	0.0063
0.07	0.1387	0.39	0.2699	0.84	0.1005	2.20	0.0682	5.20	0.0059
0.08	0.1326	0.40	0.2746	0.86	0.0991	2.25	0.0627	5.40	0.0053
0.09	0.1280	0.41	0.2514	0.88	0.0992	2.30	0.0569	5.60	0.0048
0.10	0.1546	0.42	0.2109	0.90	0.1000	2.35	0.0518	5.80	0.0043
0.11	0.1565	0.43	0.1726	0.92	0.1008	2.40	0.0485	6.00	0.0040
0.12	0.1618	0.44	0.1586	0.94	0.1015	2.50	0.0445	6.20	0.0037
0.13	0.1530	0.45	0.1563	0.96	0.1020	2.60	0.0411	6.40	0.0034
0.14	0.1434	0.46	0.1473	0.98	0.1024	2.70	0.0377	6.60	0.0032
0.15	0.1694	0.47	0.1398	1.00	0.1030	2.80	0.0343	6.80	0.0030
0.16	0.2132	0.48	0.1364	1.05	0.1234	2.90	0.0307	7.00	0.0028
0.17	0.2350	0.49	0.1290	1.10	0.1370	3.00	0.0269	7.20	0.0027
0.18	0.2367	0.50	0.1201	1.15	0.1408	3.10	0.0250	7.40	0.0025
0.19	0.2764	0.51	0.1108	1.20	0.1339	3.20	0.0239	7.60	0.0024
0.20	0.3041	0.52	0.1029	1.25	0.1245	3.30	0.0224	7.80	0.0022
0.21	0.3220	0.53	0.1082	1.30	0.1226	3.40	0.0210	8.00	0.0021
0.22	0.2930	0.54	0.1121	1.35	0.1099	3.50	0.0201	8.50	0.0019
0.23	0.2463	0.55	0.1159	1.40	0.1084	3.60	0.0191	9.00	0.0017
0.24	0.2421	0.56	0.1251	1.45	0.1072	3.70	0.0181	9.50	0.0015
0.25	0.2437	0.57	0.1339	1.50	0.1036	3.80	0.0169	10.00	0.0014
0.26	0.2690	0.58	0.1411	1.55	0.1105	3.90	0.0158		
0.27	0.2945	0.60	0.1488	1.60	0.1179	4.00	0.0146		
0.28	0.2878	0.62	0.1566	1.65	0.1159	4.10	0.0135		
0.29	0.2658	0.64	0.1615	1.70	0.1163	4.20	0.0125		
0.30	0.2843	0.66	0.1545	1.75	0.1146	4.30	0.0115		
0.31	0.2897	0.68	0.1374	1.80	0.1145	4.40	0.0106		



File 000642xa_record_g:

SpettriAccelerazione

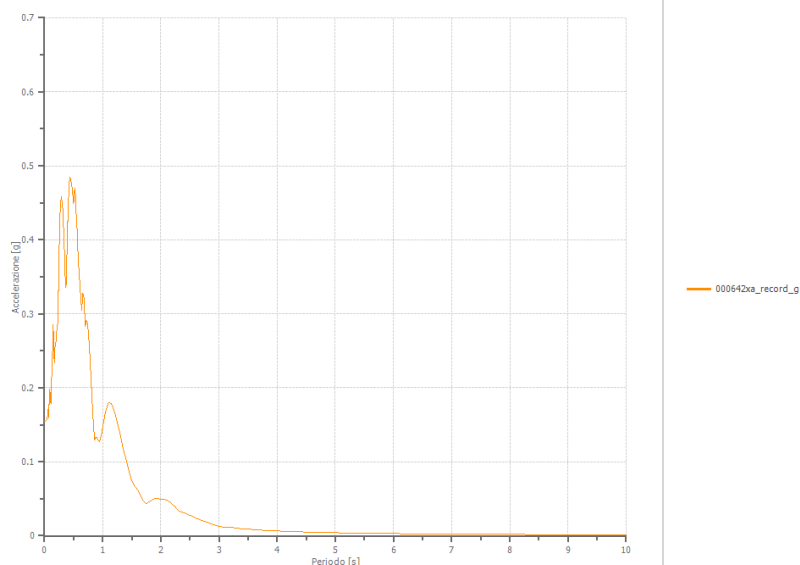
Accelerazione massima

0.485 [g]

Periodo accelerazione massima

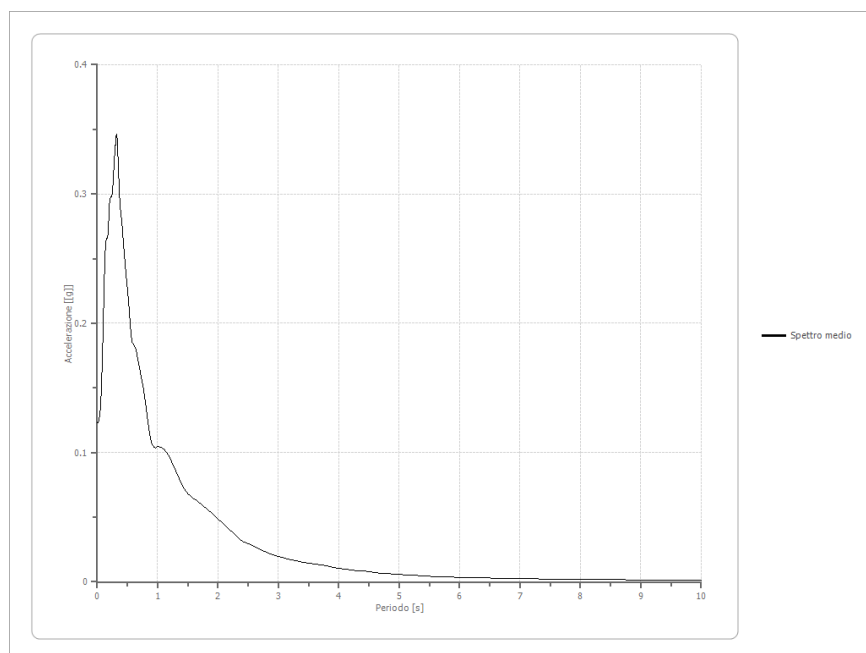
0.440 [s]

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.1551	0.32	0.4307	0.70	0.2828	1.85	0.0486	4.50	0.0051
0.01	0.1551	0.33	0.4110	0.72	0.2914	1.90	0.0504	4.60	0.0049
0.02	0.1551	0.34	0.3906	0.74	0.2875	1.95	0.0506	4.70	0.0046
0.03	0.1556	0.35	0.3665	0.76	0.2694	2.00	0.0491	4.80	0.0044
0.04	0.1565	0.36	0.3406	0.78	0.2426	2.05	0.0492	4.90	0.0043
0.05	0.1601	0.37	0.3360	0.80	0.2117	2.10	0.0481	5.00	0.0041
0.06	0.1703	0.38	0.3623	0.82	0.1807	2.15	0.0459	5.10	0.0039
0.07	0.1595	0.39	0.3954	0.84	0.1523	2.20	0.0427	5.20	0.0038
0.08	0.1771	0.40	0.4246	0.86	0.1289	2.25	0.0388	5.40	0.0035
0.09	0.1982	0.41	0.4493	0.88	0.1324	2.30	0.0346	5.60	0.0033
0.10	0.1906	0.42	0.4685	0.90	0.1326	2.35	0.0326	5.80	0.0031
0.11	0.1784	0.43	0.4805	0.92	0.1296	2.40	0.0313	6.00	0.0029
0.12	0.2093	0.44	0.4848	0.94	0.1274	2.50	0.0281	6.20	0.0027
0.13	0.2241	0.45	0.4812	0.96	0.1310	2.60	0.0244	6.40	0.0026
0.14	0.2542	0.46	0.4772	0.98	0.1378	2.70	0.0209	6.60	0.0025
0.15	0.2858	0.47	0.4735	1.00	0.1467	2.80	0.0178	6.80	0.0023
0.16	0.2525	0.48	0.4655	1.05	0.1689	2.90	0.0151	7.00	0.0022
0.17	0.2335	0.49	0.4577	1.10	0.1802	3.00	0.0130	7.20	0.0021
0.18	0.2544	0.50	0.4485	1.15	0.1787	3.10	0.0117	7.40	0.0020
0.19	0.2571	0.51	0.4611	1.20	0.1684	3.20	0.0109	7.60	0.0020
0.20	0.2643	0.52	0.4693	1.25	0.1539	3.30	0.0102	7.80	0.0019
0.21	0.2763	0.53	0.4626	1.30	0.1369	3.40	0.0095	8.00	0.0018
0.22	0.2776	0.54	0.4481	1.35	0.1184	3.50	0.0089	8.50	0.0017
0.23	0.2921	0.55	0.4243	1.40	0.1038	3.60	0.0084	9.00	0.0015
0.24	0.3306	0.56	0.4160	1.45	0.0877	3.70	0.0079	9.50	0.0014
0.25	0.3721	0.57	0.3922	1.50	0.0744	3.80	0.0074	10.00	0.0013
0.26	0.4185	0.58	0.3742	1.55	0.0680	3.90	0.0070		
0.27	0.4387	0.60	0.3495	1.60	0.0614	4.00	0.0066		
0.28	0.4522	0.62	0.3262	1.65	0.0545	4.10	0.0062		
0.29	0.4577	0.64	0.3049	1.70	0.0475	4.20	0.0059		
0.30	0.4529	0.66	0.3275	1.75	0.0439	4.30	0.0056		
0.31	0.4463	0.68	0.3224	1.80	0.0460	4.40	0.0053		



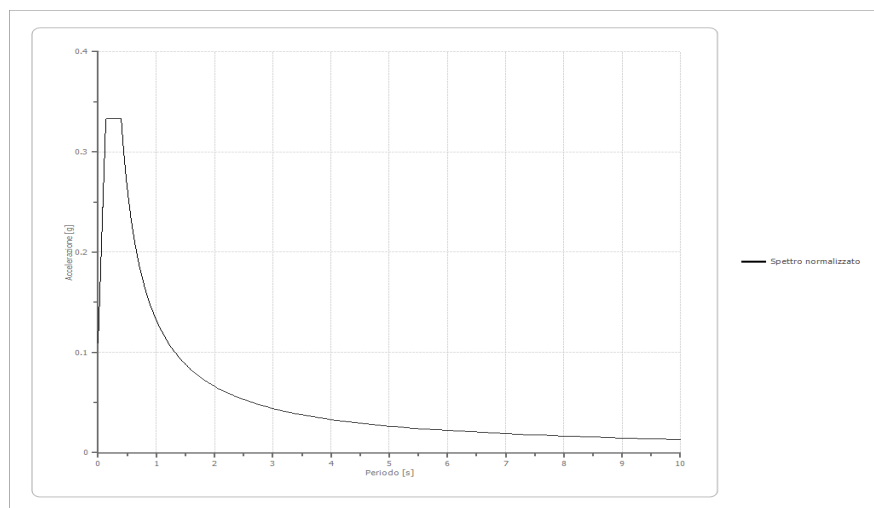
Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.1231	0.32	0.3464	0.70	0.1660	1.85	0.0550	4.50	0.0077
0.01	0.1231	0.33	0.3427	0.72	0.1606	1.90	0.0530	4.60	0.0072
0.02	0.1239	0.34	0.3323	0.74	0.1550	1.95	0.0508	4.70	0.0068
0.03	0.1260	0.35	0.3197	0.76	0.1507	2.00	0.0486	4.80	0.0064
0.04	0.1290	0.36	0.3074	0.78	0.1449	2.05	0.0464	4.90	0.0060
0.05	0.1337	0.37	0.2969	0.80	0.1377	2.10	0.0442	5.00	0.0057
0.06	0.1410	0.38	0.2893	0.82	0.1303	2.15	0.0421	5.10	0.0053
0.07	0.1521	0.39	0.2846	0.84	0.1233	2.20	0.0399	5.20	0.0050
0.08	0.1675	0.40	0.2810	0.86	0.1170	2.25	0.0378	5.40	0.0046
0.09	0.1833	0.41	0.2761	0.88	0.1116	2.30	0.0357	5.60	0.0042
0.10	0.2021	0.42	0.2703	0.90	0.1076	2.35	0.0337	5.80	0.0039
0.11	0.2230	0.43	0.2640	0.92	0.1053	2.40	0.0316	6.00	0.0035
0.12	0.2411	0.44	0.2578	0.94	0.1042	2.50	0.0295	6.20	0.0033
0.13	0.2546	0.45	0.2518	0.96	0.1037	2.60	0.0273	6.40	0.0030
0.14	0.2622	0.46	0.2466	0.98	0.1040	2.70	0.0251	6.60	0.0028
0.15	0.2654	0.47	0.2411	1.00	0.1045	2.80	0.0230	6.80	0.0027
0.16	0.2655	0.48	0.2356	1.05	0.1043	2.90	0.0211	7.00	0.0025
0.17	0.2662	0.49	0.2310	1.10	0.1027	3.00	0.0195	7.20	0.0024
0.18	0.2699	0.50	0.2265	1.15	0.1002	3.10	0.0181	7.40	0.0022
0.19	0.2818	0.51	0.2214	1.20	0.0964	3.20	0.0170	7.60	0.0021
0.20	0.2917	0.52	0.2159	1.25	0.0913	3.30	0.0161	7.80	0.0020
0.21	0.2957	0.53	0.2094	1.30	0.0857	3.40	0.0153	8.00	0.0018
0.22	0.2975	0.54	0.2028	1.35	0.0805	3.50	0.0145	8.50	0.0017
0.23	0.2977	0.55	0.1965	1.40	0.0755	3.60	0.0137	9.00	0.0015
0.24	0.2980	0.56	0.1913	1.45	0.0712	3.70	0.0129	9.50	0.0014
0.25	0.3011	0.57	0.1874	1.50	0.0684	3.80	0.0121	10.00	0.0012
0.26	0.3078	0.58	0.1855	1.55	0.0662	3.90	0.0114		
0.27	0.3163	0.60	0.1837	1.60	0.0643	4.00	0.0107		
0.28	0.3252	0.62	0.1822	1.65	0.0626	4.10	0.0100		
0.29	0.3325	0.64	0.1798	1.70	0.0608	4.20	0.0094		
0.30	0.3381	0.66	0.1751	1.75	0.0588	4.30	0.0088		
0.31	0.3440	0.68	0.1704	1.80	0.0569	4.40	0.0082		



Spettro normalizzato di risposta elastico

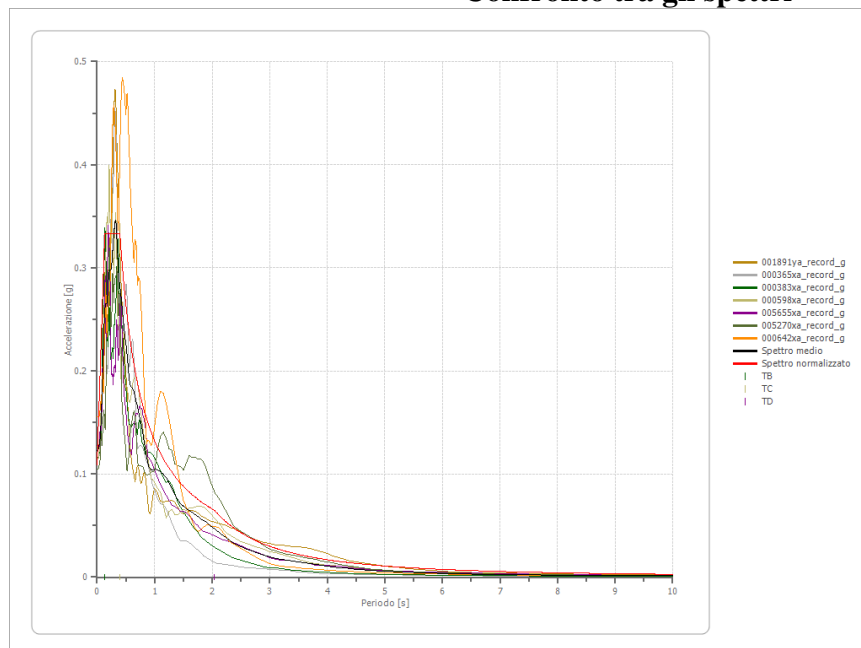
Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.1090	0.32	0.3332	0.70	0.1888	1.85	0.0714	4.50	0.0294
0.01	0.1260	0.33	0.3332	0.72	0.1835	1.90	0.0696	4.60	0.0287
0.02	0.1430	0.34	0.3332	0.74	0.1786	1.95	0.0678	4.70	0.0281
0.03	0.1599	0.35	0.3332	0.76	0.1739	2.00	0.0661	4.80	0.0275
0.04	0.1769	0.36	0.3332	0.78	0.1694	2.05	0.0645	4.90	0.0270
0.05	0.1938	0.37	0.3332	0.80	0.1652	2.10	0.0629	5.00	0.0264
0.06	0.2108	0.38	0.3332	0.82	0.1612	2.15	0.0615	5.10	0.0259
0.07	0.2277	0.39	0.3332	0.84	0.1573	2.20	0.0601	5.20	0.0254
0.08	0.2447	0.40	0.3304	0.86	0.1537	2.25	0.0587	5.40	0.0245
0.09	0.2617	0.41	0.3223	0.88	0.1502	2.30	0.0575	5.60	0.0236
0.10	0.2786	0.42	0.3147	0.90	0.1468	2.35	0.0562	5.80	0.0228
0.11	0.2956	0.43	0.3073	0.92	0.1436	2.40	0.0551	6.00	0.0220
0.12	0.3125	0.44	0.3003	0.94	0.1406	2.50	0.0529	6.20	0.0213
0.13	0.3295	0.45	0.2937	0.96	0.1377	2.60	0.0508	6.40	0.0206
0.14	0.3332	0.46	0.2873	0.98	0.1349	2.70	0.0489	6.60	0.0200
0.15	0.3332	0.47	0.2812	1.00	0.1322	2.80	0.0472	6.80	0.0194
0.16	0.3332	0.48	0.2753	1.05	0.1259	2.90	0.0456	7.00	0.0189
0.17	0.3332	0.49	0.2697	1.10	0.1201	3.00	0.0441	7.20	0.0184
0.18	0.3332	0.50	0.2643	1.15	0.1149	3.10	0.0426	7.40	0.0179
0.19	0.3332	0.51	0.2591	1.20	0.1101	3.20	0.0413	7.60	0.0174
0.20	0.3332	0.52	0.2541	1.25	0.1057	3.30	0.0400	7.80	0.0169
0.21	0.3332	0.53	0.2493	1.30	0.1017	3.40	0.0389	8.00	0.0165
0.22	0.3332	0.54	0.2447	1.35	0.0979	3.50	0.0378	8.50	0.0155
0.23	0.3332	0.55	0.2403	1.40	0.0944	3.60	0.0367	9.00	0.0147
0.24	0.3332	0.56	0.2360	1.45	0.0911	3.70	0.0357	9.50	0.0139
0.25	0.3332	0.57	0.2318	1.50	0.0881	3.80	0.0348	10.00	0.0132
0.26	0.3332	0.58	0.2279	1.55	0.0853	3.90	0.0339		
0.27	0.3332	0.60	0.2203	1.60	0.0826	4.00	0.0330		
0.28	0.3332	0.62	0.2132	1.65	0.0801	4.10	0.0322		
0.29	0.3332	0.64	0.2065	1.70	0.0777	4.20	0.0315		
0.30	0.3332	0.66	0.2002	1.75	0.0755	4.30	0.0307		
0.31	0.3332	0.68	0.1943	1.80	0.0734	4.40	0.0300		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.109	2.700302	--	0.132	0.397	2.036	0.109	0.333

Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardia vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C	Operatività SLO Cat. D	Danno SLD Cat. D	Salvaguardia vita SLV Cat. D	Prev. collasso SLC Cat. D
Tr [anni]	30	50	475	975	30	50	475	975
ag [g]	0.066	0.084	0.203	0.255	0.066	0.084	0.203	0.255
Fo	2.407	2.398	2.432	2.485	2.407	2.398	2.432	2.485
Tc* [s]	0.262	0.27	0.303	0.315	0.262	0.27	0.303	0.315
Ss	1.50	1.50	1.40	1.32	1.80	1.80	1.66	1.45
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.63	1.62	1.56	1.54	2.44	2.41	2.27	2.23
TB [s]	0.143	0.146	0.157	0.161	0.213	0.217	0.229	0.234
TC [s]	0.428	0.437	0.472	0.484	0.640	0.650	0.688	0.702
TD [s]	1.864	1.936	2.412	2.620	1.864	1.936	2.412	2.620
Se(0) [g]	0.099	0.126	0.285	0.337	0.119	0.151	0.337	0.370
Se(TB) [g]	0.238	0.302	0.693	0.836	0.286	0.363	0.819	0.919

