COMUNE DI **SAN PIETRO IN GU** | PROVINCIA DI PADOVA

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN SECONDO AMPLIAMENTO DELLO STABILIMENTO DELLA ROTOGAL IN VIA CAVOUR

5 Ottobre 2022

Studio di progettazione:

Rotogal di Gallio Angelo & C. S.n.c.

Redazione:

Dott. Geol. Alberto Caprara

Ordine dei Geologi R.E.R n°1341

Sommario

1 PREMESSA 1

1.1 INQUADRAMENTO PRELIMINARE 1

1.2 RIFERIMENTI ALLA NORMATIVA VIGENTE 1

2 INQUADRAMENTO DELL'AREA 2

2.1 CONTESTO GEOGRAFICO 2

2.2 RIFERIMENTO ALLA CARTOGRAFIA ESISTENTE 3

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO 4

3.1 GEOMORFOLOGIA, GEOLOGIA E SEDIMENTOLOGIA 4

3.2 IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA 5

3.3 CONTESTO TETTONICO, QUADRO MACROSISMICO, PERICOLOSITÀ SISMICA: 5

4 MODELLO GEOLOGICO 6

4.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE 6

4.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE 8

4.3 RISULTATO DELLE ANALISI 9

4.3.1 Prove penetrometriche CPT e DPSH (Allegato A) 9

4.4 MODELLO E PARAMETRI 11

5 MODELLO SISMICO 12

5.1 INDAGINI SISMICHE 12

5.1.1 Interpretazione sismo-stratigrafica 13

5.2 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE (TAB. 3.2.III – CATEGORIE TOPOGRAFICHE – NTC2018) 13

5.3 VERIFICA DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE 13

5.4 RISPOSTA SISMICA LOCALE (TAB. 3.2.II – CATEGORIE DI SOTTOSUOLO – NTC2018) 14

5.4.1 Spettro di risposta sismica locale a SLV 14

5.4.2 Parametri sismici di progetto 15

6 CONCLUSIONI 16

Allegati:

Allegato A: Report indagini geotecniche pregresse
Allegato B: Report CPT, DPSH
Allegato C: Report indagini sismiche pregresse
Allegato D: Report Risposta Sismica Locale

1 PREMESSA

1.1 INQUADRAMENTO PRELIMINARE

- **Tipo di elaborato**: Relazione Geologica e Sismica.
- **Committenza**: Rotogal di Gallio Angelo & C. S.n.c.
- **Ubicazione**: Via Cavour, 68 – San Pietro in Gu (PD)
- **Progetto o fine dell'elaborato**: Relazione Geologica e Sismica per la progettazione di una nuova struttura produttiva adiacente alla sede principale.
- **Tecnici progettisti**: MATE Soc. Coop.va (Arch. Arturo Augelletta).
- Lo studio dell'area e l'elaborazione delle lavorazioni di progetto sono stati articolati nelle seguenti fasi:
  - Consultazione della cartografia tematica relativa all'area (carta topografica, carta geologica, carta dei suoli, documenti di piano comunali e regionali).
  - Consultazione della Relazione Geologica e delle indagini geognostiche a firma dello scrivente per la realizzazione di un ulteriore ampliamento nelle vicinanze datata 4 Maggio 2018.
  - Esecuzione di una campagna di **indagini geognostiche**:
    - **n. 5 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT);**
    - **n. 2 prova penetrometrica dinamica super-pesante (DPSH);**
  - Raccolta ed elaborazione dei dati.
  - Ricostruzione del modello geologico e sismico di sito.
  - Stesura del presente elaborato.

1.2 RIFERIMENTI ALLA NORMATIVA VIGENTE

I presenti elaborati sono stati redatti rispettando le disposizioni della normativa vigente. In particolare si fa riferimento alle seguenti disposizioni:

- D.P.R. n. 328 del 05 giugno 2001: "Modifiche ed integrazioni della disciplina dei requisiti per l'ammissione all'esame di Stato e delle relative prove per l'esercizio di talune professioni, nonché della disciplina dei relativi ordinamenti" – Suppl. Ordinario n. 212 alla G.U. n. 190 del 17-08-2001 (Artt. 40-44).
- O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- Norme tecniche per le costruzioni: Decreto 14/01/2008 del Ministero delle infrastrutture (GU n.29 del 04/02/2008).
- Circolare Cons. Sup. LL.PP. n. 617/2009: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- Aggiornamento delle NTC: Decreto del 17/01/2018 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (G.U. n° 42 del 20/02/2018).
- Circolare Cons. Sup. LL.PP.: supplemento ordinario n. 5 alla G.U. – serie generale n. 35 del 11 febbraio 2019.

2 INQUADRAMENTO DELL'AREA

2.1 CONTESTO GEOGRAFICO

- Coordinate punto centrale area d'intervento:

SISTEMA CARTOGRAFICO	
ED50 (Hayford – Greenwich)	45.618408,11.682710
ITRF2000 (WGS84 – Greenwich "GPS")	45.617500,11.681705

Tabella 1: coordinate geografiche del sito in oggetto.

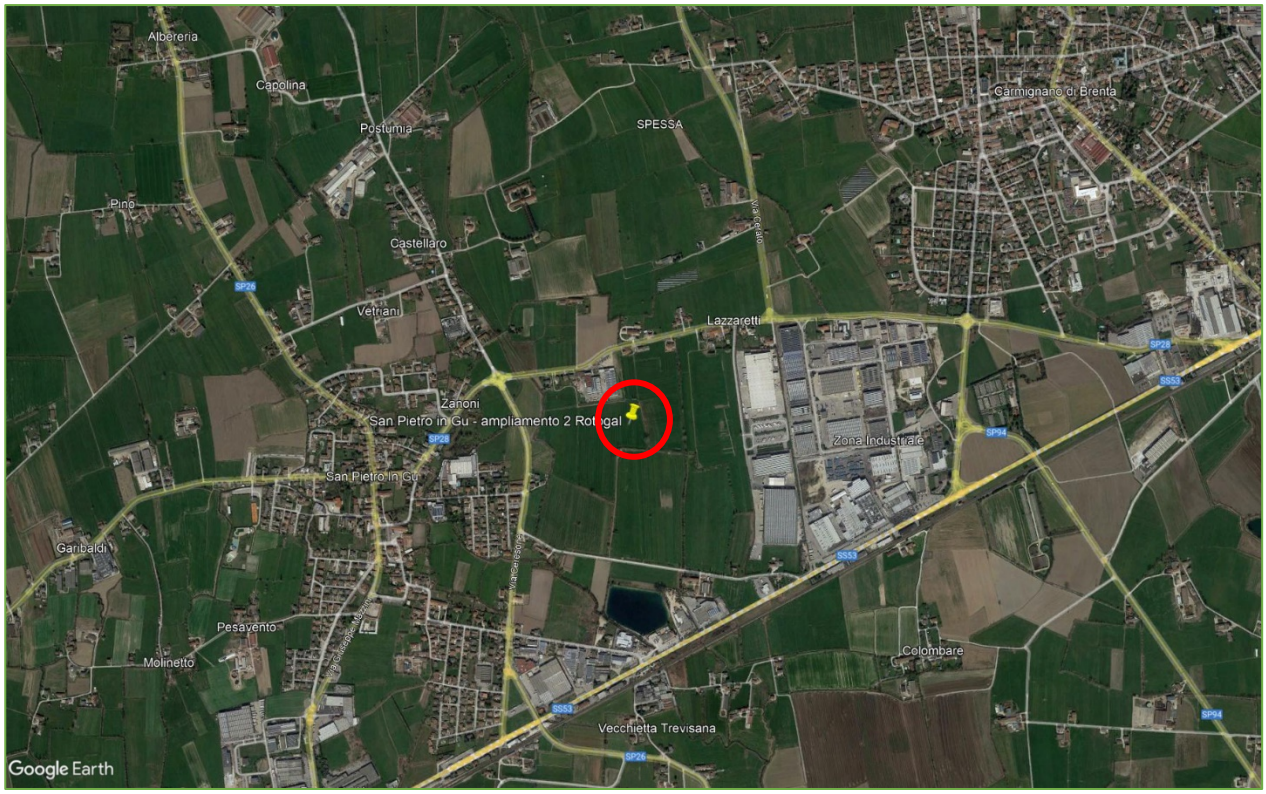


Figura 1: Inquadramento su foto satellitare da Google Earth.

GEOLOGO
Dott. Alberto Caprara

2.2 RIFERIMENTO ALLA CARTOGRAFIA ESISTENTE

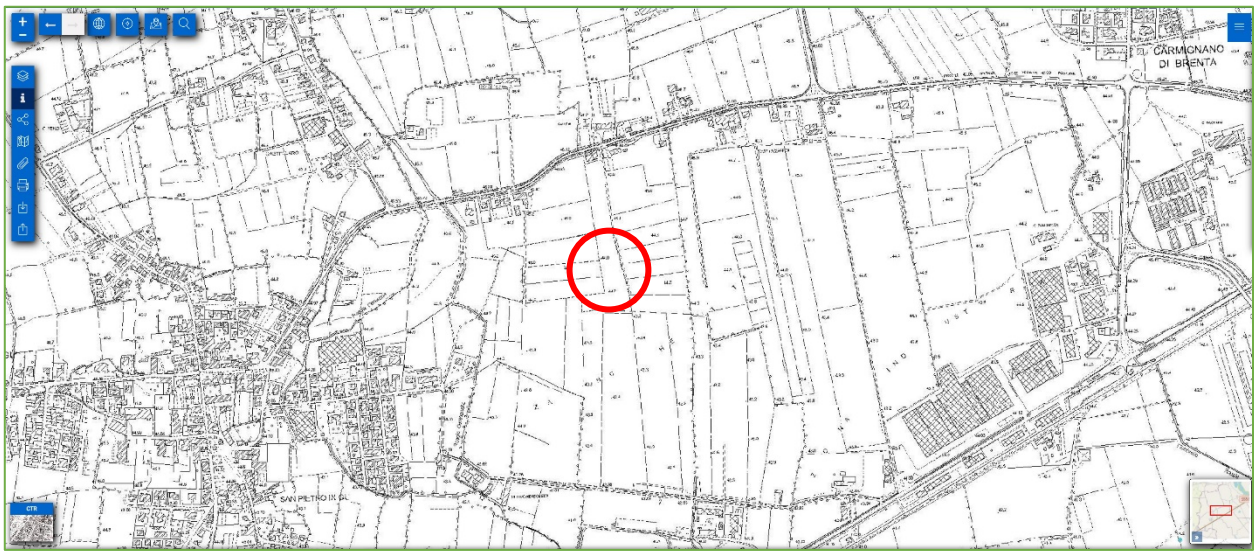


Figura 2: stralcio della CTR. Cerchiata in rosso l'area di studio.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

3.1 GEOMORFOLOGIA, GEOLOGIA E SEDIMENTOLOGIA

- Quota altimetrica: 44 m s.l.m.
- Contesto geomorfologico: media pianura veneta, nella zona distale del conoide del fiume Brenta (alcuni km a Est) e del fiume Tesina (a Ovest).
- Forme riconoscibili: area circa pianeggiante, con forme naturali difficilmente riconoscibili a causa della forte alterazione morfologica da parte dell'uomo che in tempi storici a agito nell'area, in particolare per l'agricoltura. Sono presenti arre depresse dove si riconosce una difficoltà nel deflusso idrologico superficiale e zone di microrilievo riconducibili ad alvei di canali ormai completamente regimati con opere artificiali.
- Sedimentologia: nell'area sono presenti terreni superficiali di natura mista, da limoso-argillosa a sabbiosa. Nell'area infatti è presente un'unità superficiale di suolo con spessore di alcuni metri al massimo. Tali terreni hanno origine da depositi fluvioglaciali messi in posto a seguito dell'ultimo massimo glaciale, ad opera dell'azione congiunta dei fiumi di erosione e deposizione.

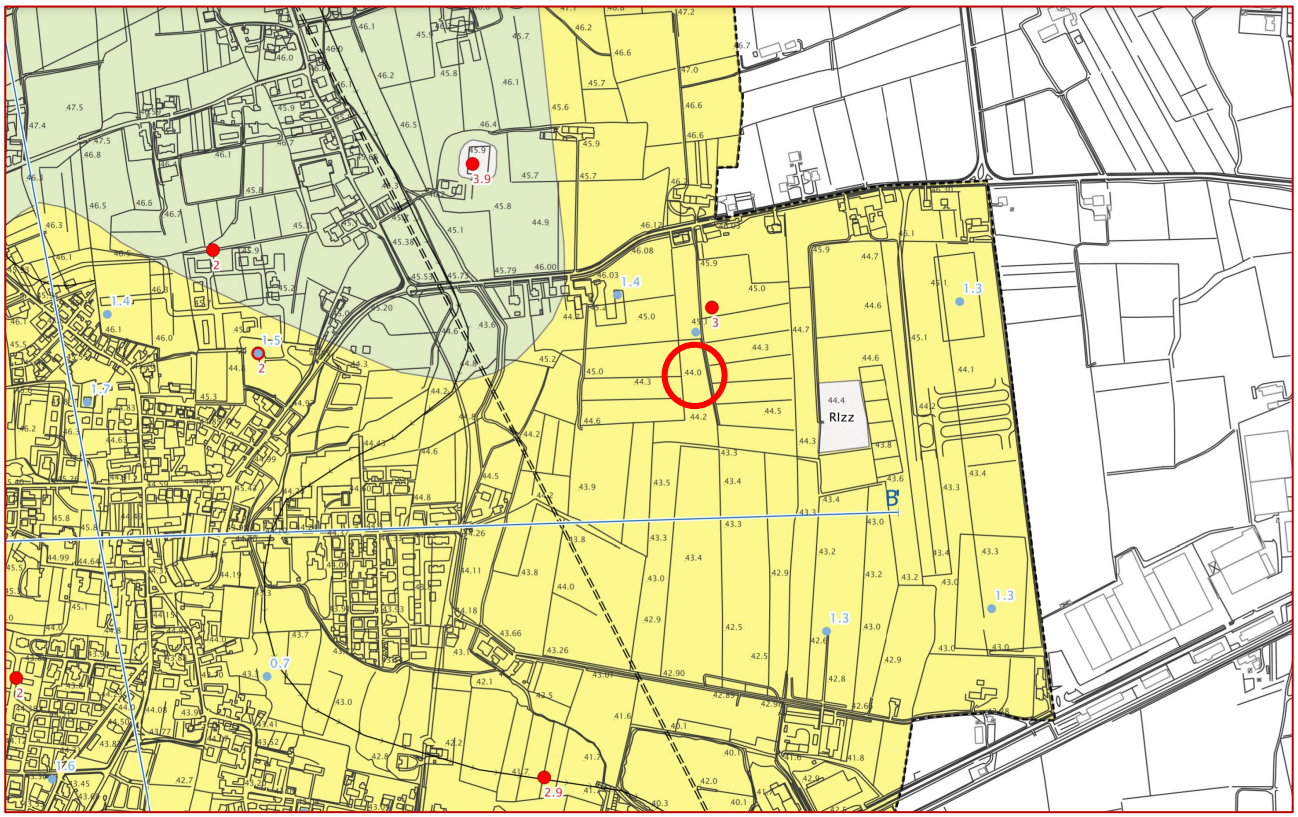


Figura 3: Stralcio della "Carta geologica-tecnica", a corredo della Microzonazione sismica del Comune di San Pietro in Gu.

Campitura: **SMfg** – Sabbie limose, miscela di sabbia e limo fluioglaciali.

- Geologia: imponente successione di depositi Plio-Pliestocenici che hanno determinato il riempimento dell'avanfossa alpina, prima in ambiente marino (Pliocene), poi in epoche più recenti in ambiente costiero e

continentale (Pleostocene). Dalle sezioni geologiche allegato alla microzionazione sismica del Comune di San Pietro in Gu si osserva come questi depositi, di natura prevalentemente grossolana, si estendano fino a profondità di circa 270-300 m al di sotto dal piano campagna, fino al bedrock sismico locale.

3.2 IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA

- Descrizione del deflusso idrologico: lo scolo superficiale delle acque meteoriche è condizionato dalla fitta rete di scolo a servizio delle coltivazioni. I collettori principali sono il Fiume Brenta. Esistono aree nelle vicinanze per le quali è riportata una difficoltà di deflusso per condizioni morfologiche (bassi morfologici) e risorgenza di falda freatica.
- Descrizione del deflusso idrogeologico: condizionato dalla presenza di importanti depositi di natura granulare ad alta permeabilità. Tali dapositi, visto il grande afflusso da monte e la diretta connessione probabile con i corsi d'acqua maggiori, risultano saturi.

3.3 CONTESTO TETTONICO, QUADRO MACROSISMICO, PERICOLOSITÀ SISMICA:

- Catalogo DISS v. 3.3.0, Database of Individual Seismogenic Sources, redatto a cura dell'I.N.G.V.

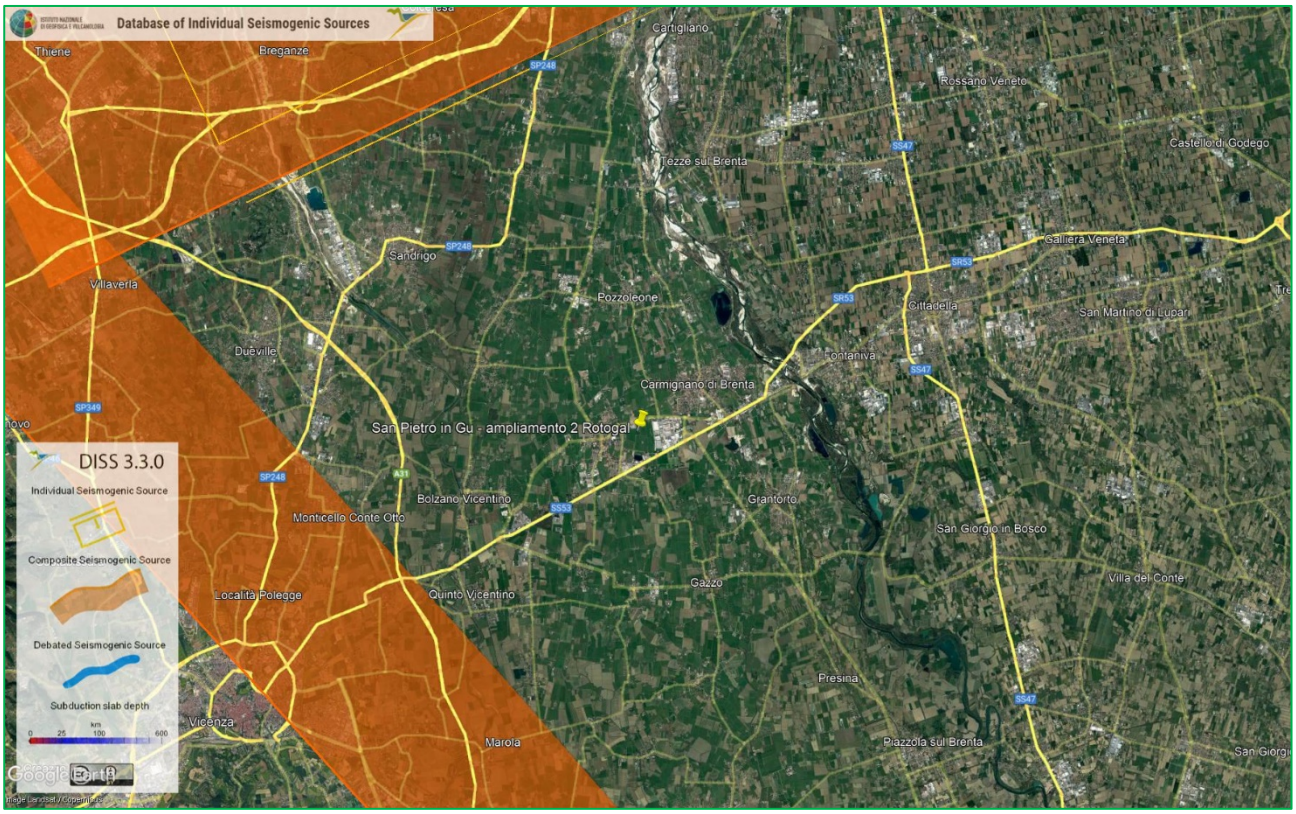


Figura 4: estratto del DISS 3.3.0, database delle sorgenti sismogenetiche a cura di INGV.

Strutture influenti e caratteristiche: a Ovest, **ITCS175**: Sorgente sismogenetica composita Schio-Venezia(massima magnitudo attesa = **7.3** Mw); a Nord, **ITCS007**: Sorgente sismogenetica composita Thiene-Cornuda (massima magnitudo attesa = 6.5 Mw).

4 MODELLO GEOLOGICO

4.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE

- Database regione Veneto e indagini geognostiche realizzate per l'ampliamento a fianco.
- Tipologia indagini:

CAMPAGNA GEOGNOSTICA	
Indagine	***Provenienza***
2 CPT	*Database regione Veneto*
2 sondaggi	*Database regione Veneto*
5 DPSH	*Relazione Geologica ubicata a fianco*
2 campioni	*Relazione Geologica ubicata a fianco*
1 HVSR e 1 MASW	*Relazione Geologica ubicata a fianco*

Tabella 2: descrizione delle indagini realizzate per la campagna geognostica

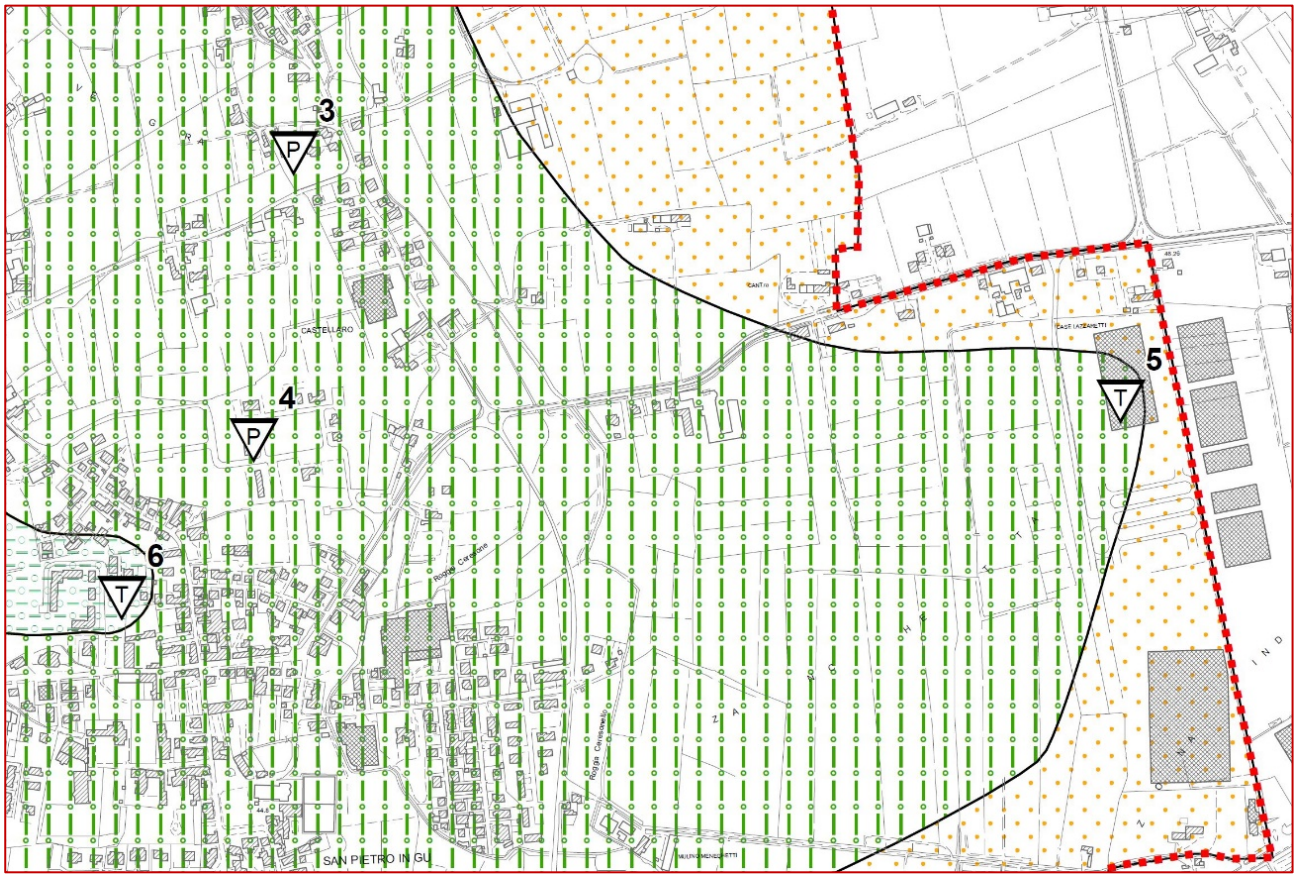


Figura 5: Ubicazione delle indagini geologiche del database regionale.

Figura 6: Ubicazione delle indagini geognostiche realizzate per il progetto dell'ampliamento del capannone a fianco all'area attualmente in esame.

Dal contesto generale e dalle indagini osservate realizzate nelle vicinanze ci si attende una successione stratigrafica costituita da un'unità superficiale di terreno limoso e sabbioso di suolo dello spessore massimo di 2-3 m, seguita da depositi grossolani variabili da sabbie a ghiaie per oltre 10 m di profondità.

4.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

- Data esecuzione campagna indagini: 19 Settembre 2022.
- Tipologia indagini:

CAMPAGNA GEOGNOSTICA			
Indagine	***Obiettivo***	***Numero verticali***	***Profondità raggiunta***
CPT	*definizione delle proprietà fisico-meccaniche e idrogeologiche dei terreni*	5	6.4 m
DPSH	*definizione delle proprietà fisico-meccaniche e idrogeologiche dei terreni*	2	11.2 m

Tabella 3: descrizione delle indagini realizzate per la campagna geognostica

Figura 7: Ubicazione indagini. In basso quelle specifiche nell'area di progetto. in alto quelle relative alla campagna precedente.

Figura 8: posizionamento delle indagini CPT1 e CPT2/DPSH2.

Figura 9: posizionamento indagini CPT3/DPSH3 e CPT4.

Figura 10: posizionamento indagini CPT5.

4.3 RISULTATO DELLE ANALISI

Di seguito si presentano i risultati ottenuti dalla nuova campagna indagini, che hanno contribuito a costituire il modello geologico del sito in esame.

4.3.1 PROVE PENETROMETRICHE CPT E DPSH (ALLEGATO A)

Di seguito si riporta la suddivisione litostratigrafica ottenuta a partire dai risultati delle indagini.

PROVA CPT1				
Unità	**Descrizione stratigrafica**	**Intervallo di profondità [m]**	**qc [Kg/cm²]**	**fs [Kg/cm²]**
A	Limo argilloso e sabbia, moderatamente consistente. Suolo e terreno vegetale	0.0 – 1.2	10 - 19	0.5 – 1.0
B	Sabbie e ghiaie, da poco a molto addensate.	1.2 – 2.4	49 - 480	0.5 – 3.9
	Livello di falda	*- 1.0 m*		

PROVA CPT2				
Unità	**Descrizione stratigrafica**	**Intervallo di profondità [m]**	**qc [Kg/cm²]**	**fs [Kg/cm²]**
A	Limo argilloso e sabbia, moderatamente consistente. Suolo e terreno vegetale	0.0 – 1.8	4 - 21	0.1 – 1.3
B	Sabbie e ghiaie, da poco a molto addensate.	1.8 – 4.2	85 - 480	0.5 – 4.1
	Livello di falda	*- 1.0 m*		

PROVA DPSH2			
Unità	**Descrizione stratigrafica**	**Intervallo di profondità [m]**	**rpd [Kg/cm²]**
A	Limo argilloso e sabbia, moderatamente consistente. Suolo e terreno vegetale	0.0 – 2.0	9.64 – 71.29
B	Sabbie e ghiaie, da poco a molto addensate.	2.0 – 10.4	12.24 – 124.75
	Livello di falda	*assente*	

PROVA CPT3				
Unità	**Descrizione stratigrafica**	**Intervallo di profondità [m]**	**qc [Kg/cm²]**	**fs [Kg/cm²]**
A	Limo argilloso e sabbia, moderatamente consistente. Suolo e terreno vegetale	0.0 – 1.4	12 - 28	0.2 – 1.6
B	Sabbie e ghiaie, da poco a molto addensate.	1.4 – 2.6	67 - 453	2.2 – 5.4
	Livello di falda	*- 1.0 m*		

PROVA DPSH3			
Unità	**Descrizione stratigrafica**	**Intervallo di profondità [m]**	**rpd [Kg/cm²]**
A	Limo argilloso e sabbia, moderatamente consistente. Suolo e terreno vegetale	0.0 – 1.8	9.64 – 71.29
B	Sabbie e ghiaie, da poco a molto addensate.	1.8 – 11.2	16.63 – 173.92
	Livello di falda	*assente*	

PROVA CPT4				
Unità	**Descrizione stratigrafica**	**Intervallo di profondità [m]**	**qc [Kg/cm²]**	**fs [Kg/cm²]**
A	Limo argilloso e sabbia, moderatamente consistente. Suolo e terreno vegetale	0.0 – 1.4	7 - 23	0.4 – 0.9
B	Sabbie e ghiaie, da poco a molto addensate.	1.4 – 4.8	9 - 480	0.3 - 1.5
	Livello di falda	*- 1.0 m*		

PROVA CPT5				
Unità	**Descrizione stratigrafica**	**Intervallo di profondità [m]**	**qc [Kg/cm²]**	**fs [Kg/cm²]**
A	Limo argilloso e sabbia, moderatamente consistente. Suolo e terreno vegetale	0.0 – 2.2	12 - 25	0.4 – 1.3
B	Sabbie e ghiaie, da poco a molto addensate.	2.2 – 6.4	45 - 480	0.9 – 7.1
	Livello di falda	*- 1.0 m*		

Tabella 4: suddivisione litostratigrafica a partire dai risultati ottenuti nelle singole verticali d'indagine DPM.

4.4 MODELLO E PARAMETRI

UNITÀ	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	COMPORTAMENTO GEOTECNICO
A	Limo argilloso e sabbia, moderatamente consistente. Suolo e terreno vegetale	Incoerente/coesivo
B	Sabbie e ghiaie, da poco a molto addensate.	Incoerente
	Livello di falda più superficiale	*- 1.0 m*

Tabella 5: modello geologico e litostratigrafico del sito.

INDICAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO					
Unità litotecniche	γ_n **[KN/m³]**	γ_{sat} **[KN/m³]**	**Cu [KPa]**	**C' [KPa]**	**ϕ' [°]**
A	18,00	19,00	35 – 60	2 – 5	24 – 27
B	19,00	20,50	-	0 – 2	30 – 36

Tabella 6: modello geologico e litostratigrafico del sito.

- Parametri indicativi ricavati da correlazioni empiriche.
- **La definizione dei parametri caratteristici è a carico del progettista geotecnico**.
- γ_n= peso di volume del terreno naturale [t/m³];
- γ_{sat}= peso di volume del terreno saturo [t/m³];
- **Cu** = coesione non drenata [KPa];
- **C'** = coesione efficace [KPa];
- **ϕ'** = angolo d'attrito interno [°].

5 MODELLO SISMICO

5.1 INDAGINI SISMICHE

- Data esecuzione campagna indagini: 11/04/2018.
- Tipologia indagini:
  - 1 misura di sismica attiva con stendimento, con tecnica **M.A.S.W.** (Allegato C);
  - 1 misura di sismica passiva a stazione singola, con tecnica **HVSR**. (Allegato C).

Figura 11: Ubicazione indagini geofisiche. In rosso l'area oggetto di intervento. in alto l'ubicazione delle indagini prese come riferimento.

5.1.1 INTERPRETAZIONE SISMO-STRATIGRAFICA

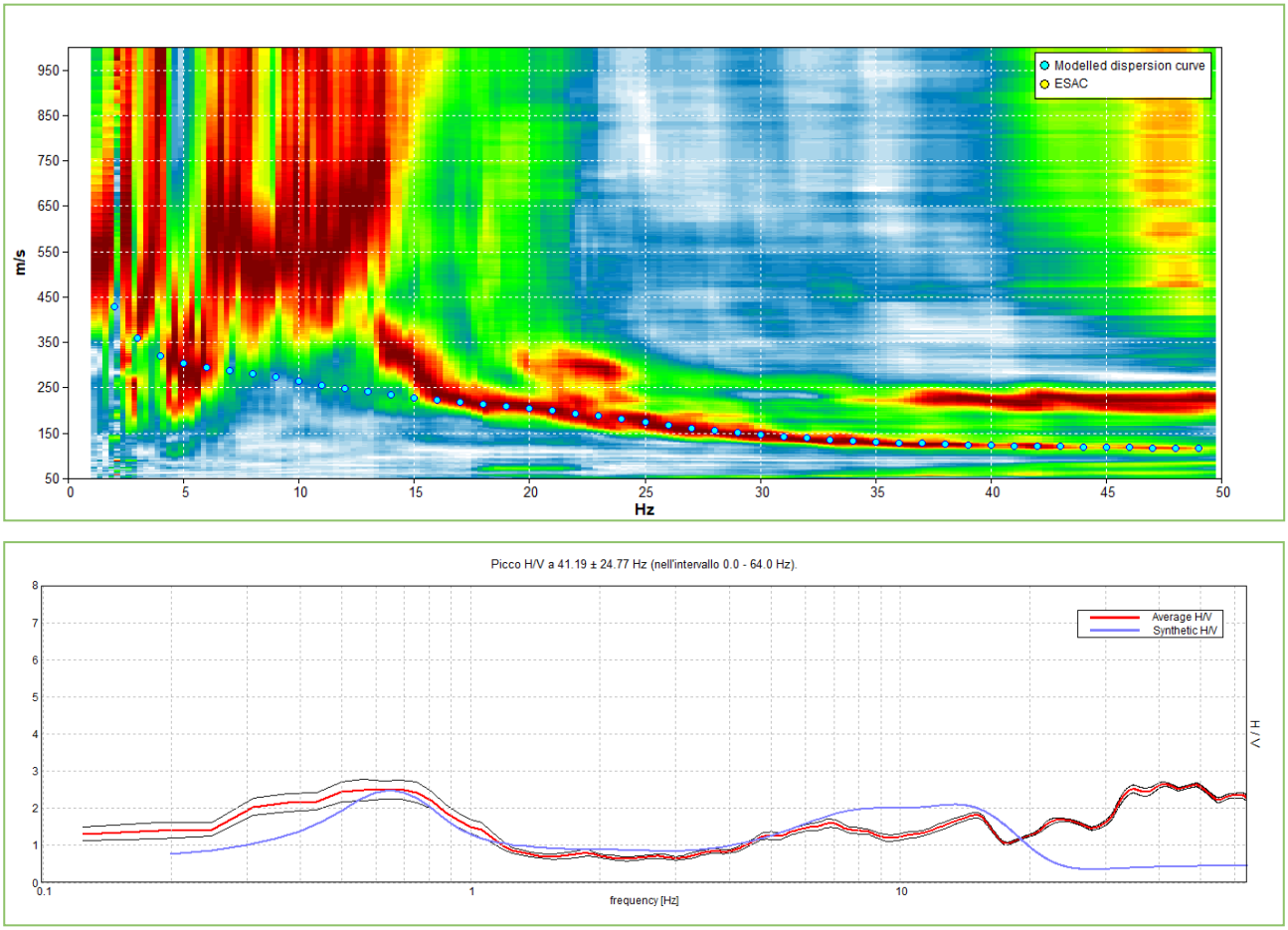


Figura 12: Grafico della curva di dispersione e della curva H/V con sovrapposta la curva generata dal profilo sismostratigrafico.

Sismostrato	Profondità dello strato [m]	Spessore dello strato [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1	1.20	1.20	115	0.45
2	2.20	1.00	140	0.42
3	5.20	3.00	230	0.40
4	10.20	5.00	270	0.36
5	45.20	35.00	340	0.34
6	125.20	80.00	480	0.32
7	275.20	150.00	700	0.30
8	inf.	inf.	1100	0.28

Tabella 7: Profilo sismostratigrafico del modello sismico.

5.2 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE (TAB. 3.2.III – CATEGORIE TOPOGRAFICHE – NTC2018)

- Sulla base degli assetti descritti e delle pendenze, la classe a cui ascrivere il sito in esame risulta essere: **T1**.
- "**T1** – *superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media <15°*".
- Valore massimo del coefficiente di amplificazione stratigrafica **St = 1,0**.

5.3 VERIFICA DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

- Condizioni predisponenti si riferiscono alle resistenze disponibili nel terreno e sono:

- Profondità media stagionale del livello di falda < 5 m ✓
- Profondità dello strato liquefacibile < 15 m ✓
- Densità relativa dello strato Dr < 60 % ✓
- Diametro medio dei granuli 0,02 mm < D50 < 2,00 mm ✓
- Frazione dei fini (<0,005 mm) < 15 % ✗

Le condizioni scatenanti influiscono sulle pressioni interstiziali e sono:

- Magnitudo > 5,5 ✓
- PGA > 0,15 g ✓
- Durata della sollecitazione > 15-20 s ✓

Viste le condizioni rilevate sul posto dalle indagini geognostiche e geofisiche eseguite, vengono a mancare le condizioni predisponenti per il fenomeno della liquefazione.

5.4 RISPOSTA SISMICA LOCALE (TAB. 3.2.II – CATEGORIE DI SOTTOSUOLO – NTC2018)

Di seguito sono presentati i risultati dello studio di Risposta Sismica Locale eseguito secondo le indicazioni progettuali. In allegato (Allegato E) sono riportati in forma estesa i metodi e le procedure utilizzati per il calcolo. Inoltre si riportano in allegato i risultati in forma tabellare.

5.4.1 SPETTRO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE A SLV

T	ag	T	ag	T	ag	T	ag	T	ag
0.02	0.182	0.82	0.275	1.62	0.130	2.42	0.067	3.22	0.031
0.04	0.187	0.84	0.270	1.64	0.130	2.44	0.066	3.24	0.031
0.06	0.196	0.86	0.259	1.66	0.130	2.46	0.064	3.26	0.030
0.08	0.214	0.88	0.246	1.68	0.129	2.48	0.063	3.28	0.030
0.10	0.223	0.90	0.233	1.70	0.129	2.50	0.063	3.30	0.030
0.12	0.253	0.92	0.226	1.72	0.129	2.52	0.062	3.32	0.029
0.14	0.322	0.94	0.221	1.74	0.128	2.54	0.061	3.34	0.029
0.16	0.354	0.96	0.215	1.76	0.126	2.56	0.060	3.36	0.029
0.18	0.358	0.98	0.210	1.78	0.125	2.58	0.059	3.38	0.028
0.20	0.395	1.00	0.207	1.80	0.124	2.60	0.057	3.40	0.028
0.22	0.441	1.02	0.203	1.82	0.122	2.62	0.056	3.42	0.027
0.24	0.429	1.04	0.196	1.84	0.119	2.64	0.055	3.44	0.027
0.26	0.463	1.06	0.186	1.86	0.117	2.66	0.054	3.46	0.027
0.28	0.453	1.08	0.177	1.88	0.115	2.68	0.053	3.48	0.026
0.30	0.438	1.10	0.172	1.90	0.114	2.70	0.052	3.50	0.026
0.32	0.417	1.12	0.169	1.92	0.111	2.72	0.051	3.52	0.025
0.34	0.415	1.14	0.165	1.94	0.109	2.74	0.050	3.54	0.025
0.36	0.409	1.16	0.161	1.96	0.107	2.76	0.049	3.56	0.024
0.38	0.385	1.18	0.157	1.98	0.105	2.78	0.047	3.58	0.024
0.40	0.370	1.20	0.152	2.00	0.102	2.80	0.046	3.60	0.024
0.42	0.360	1.22	0.149	2.02	0.100	2.82	0.045	3.62	0.023
0.44	0.364	1.24	0.145	2.04	0.098	2.84	0.044	3.64	0.023
0.46	0.371	1.26	0.143	2.06	0.096	2.86	0.043	3.66	0.023
0.48	0.365	1.28	0.142	2.08	0.094	2.88	0.043	3.68	0.023
0.50	0.352	1.30	0.143	2.10	0.092	2.90	0.042	3.70	0.022
0.52	0.347	1.32	0.141	2.12	0.091	2.92	0.041	3.72	0.022
0.54	0.328	1.34	0.140	2.14	0.089	2.94	0.041	3.74	0.022
0.56	0.321	1.36	0.138	2.16	0.087	2.96	0.040	3.76	0.021
0.58	0.312	1.38	0.136	2.18	0.085	2.98	0.039	3.78	0.021
0.60	0.296	1.40	0.134	2.20	0.082	3.00	0.038	3.80	0.021
0.62	0.279	1.42	0.133	2.22	0.080	3.02	0.037	3.82	0.020
0.64	0.272	1.44	0.132	2.24	0.079	3.04	0.036	3.84	0.020
0.66	0.274	1.46	0.131	2.26	0.077	3.06	0.035	3.86	0.020
0.68	0.275	1.48	0.129	2.28	0.075	3.08	0.034	3.88	0.019
0.70	0.275	1.50	0.128	2.30	0.073	3.10	0.034	3.90	0.019
0.72	0.274	1.52	0.128	2.32	0.071	3.12	0.033	3.92	0.019
0.74	0.276	1.54	0.129	2.34	0.070	3.14	0.033	3.94	0.019
0.76	0.278	1.56	0.130	2.36	0.069	3.16	0.033	3.96	0.019
0.78	0.277	1.58	0.130	2.38	0.068	3.18	0.032	3.98	0.019
0.80	0.273	1.60	0.130	2.40	0.068	3.20	0.032	4.00	0.019

Tabella 8: valori dello spettro di risposta agli SLV calcolato

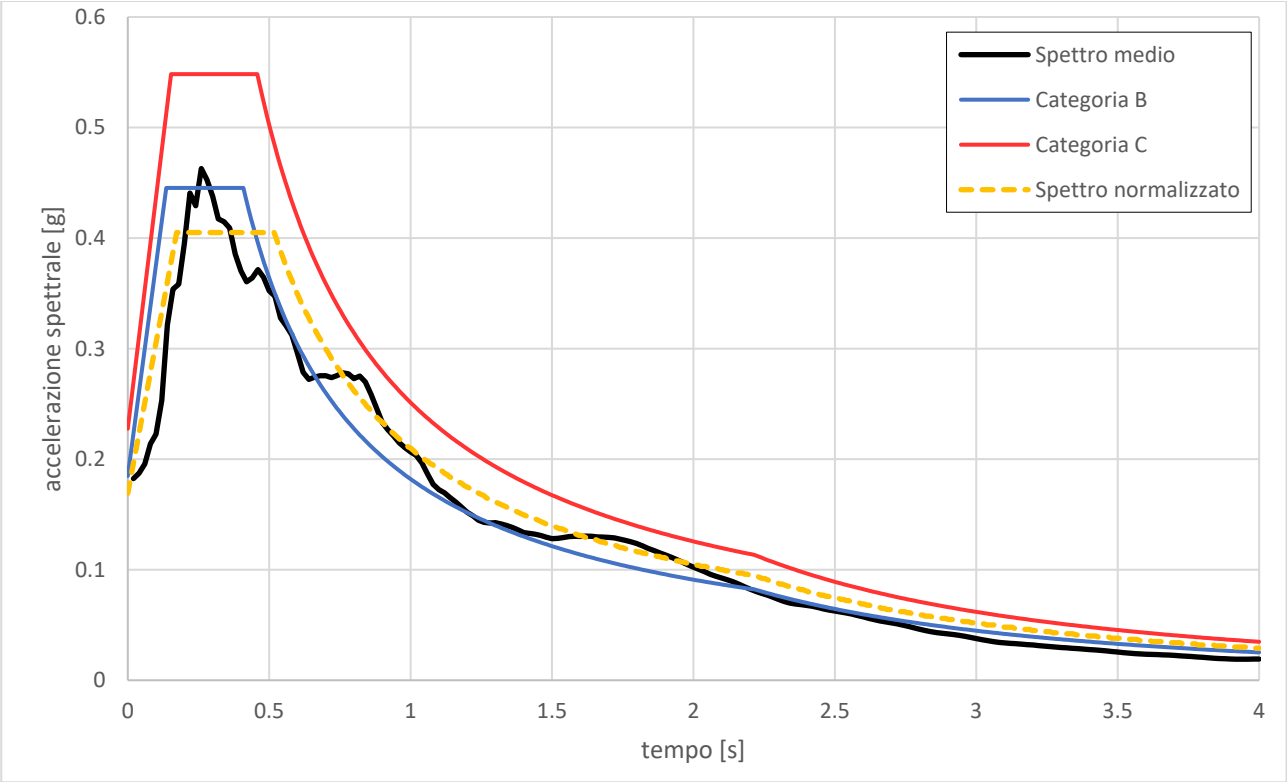


Figura 13: Spettro calcolato, spettro da approccio semplificato (tipo C) e spettro normalizzato.

5.4.2 PARAMETRI SISMICI DI PROGETTO

Di seguito si riportano i parametri sismici di progetto come ottenuti dallo spettro normalizzato.

Stato limite	$a_g\ [g]$	$F0$	S	$a_{max}\ [g]$	$T_b\ [s]$	$T_c\ [s]$	$T_d\ [s]$
SLV	0.154	2.400	1.100	0.169	0.170	0.520	2.220

dove:

a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;

$F0$: valore massimo dello spettro in accelerazione orizzontale;

S : coefficiente che tiene conto degli effetti di amplificazione (stratigrafici e/o topografici);

a_{max} : punto di ancoraggio a T=0 dello spettro di output;

T_b : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;

T_c : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante;

T_d : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

6 CONCLUSIONI

Geomorfologia e stabilità: Area pianeggiante nella media pianura veneta, in provincia di Padova, non distante da Vicenza. Quota di circa 42 m s.l.m. con morfologia tipica di contesti fluviali, con dossi, avvallamenti e scarpate di terrazzo. Area in parte urbanizzata e in parte dedita all'agricoltura, che nei secoli ha determinato modifiche nell'assetto naturale. Forme originarie ormai difficilmente apprezzabili.

Circolazione idrica superficiale e sotterranea: Circolazione idrologica gestita dalla fitta rete di scolo a servizio delle colture. Presenza di aree depresse con difficoltà di scolo e alto livello di falda. I fossi presenti nell'area mostrano scorrimento costante d'acqua durante tutto l'anno. Circolazione idrogeologica condizionata dalla presenza di materiali a buona permeabilità a circa 2 m di profondità. Tali terreni risultano saturi (livello di falda misurato a circa -1,0 m da p.c.) e lo scorrimento idrogeologico ha direzione verso Sud-Est.

Modello geologico: Modello geologico costituito da una successione stratigrafica con materiali limoso argillosi di modesta e media consistenza in superficie fino a circa 2 m di profondità. Oltre è presente una successione di sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose con stato di addensamento da medio a buono.

Modello sismico: Il sito è caratterizzato da modesti effetti di risonanza e da un profilo sismico che non presenta inversioni nella velocità delle onde S. viste le dimensioni dell'edificio in progetto è stata calcolata la risposta sismica locale (RSL) e confrontata con gli spettri da approccio semplificato risultando sempre al di sotto della categoria C e solo in parte al di sotto di quella B. Non sono state condotte verifiche del rischio di liquefazione perché i terreni granulari presenti, pur essendo in falda, risultano avere uno stato di addensamento tale da scongiurare possibili effetti di liquefazione.

Opere in progetto: progetto per la realizzazione di un capannone di 4.000 m^2 di forma rettangolare con lato di 50x80 m realizzata nei pressi del primo capannone di ampliamento.

Alla luce di quanto analizzato e riportato sopra è possibile affermare che gli interventi in progetto sono fattibili.

Valsamoggia, 5 Ottobre 2022

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA ROMAGNA
DOTT. ALBERTO CAPRARA
GEOLOGO
SEZ.A
N. 1341 ALBO R.

Dott. Geol. Alberto Caprara

ALLEGATO A

METODO E REPORT DI PROVA – INDAGINI GEOLOGICHE PREGRESSE

PENETROMETRICA DINAMICA SUPER-PESANTE (DPSH)

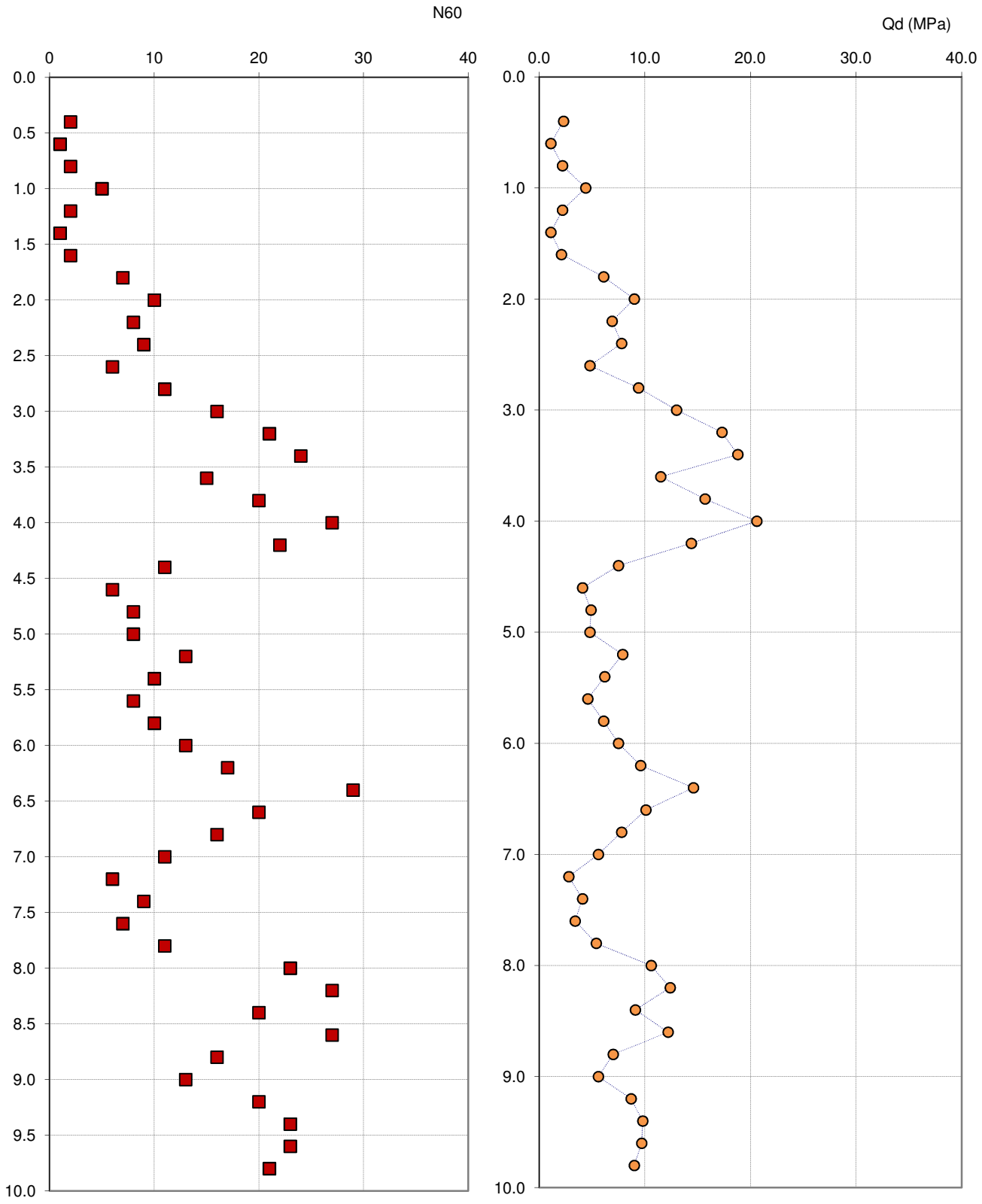
Penetrometro utilizzato: Pagani TG-63-200 KN (DPSH e CPT)

Ottobre 2022

GEOLOGO
Dott. Alberto Caprara

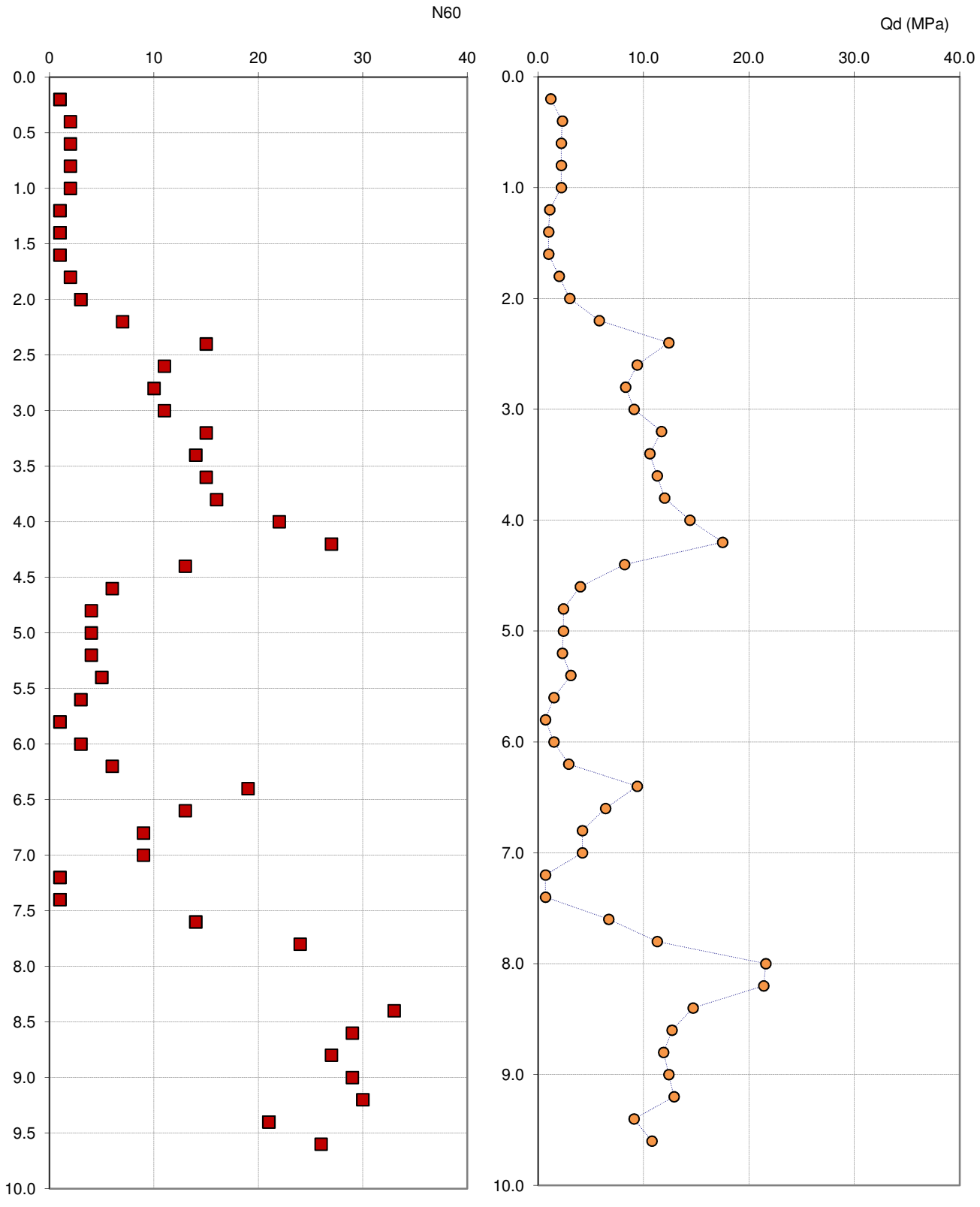
Dott. Geol Rocco Carbonella
Geologia & Geotecnica
Bologna via Toscana 119
CLL 393 8376620

Committente: DOTT. ALBERTO CAPRARA
Localita': SAN PIETRO IN GU
Lavoro: 18.013
id prova: DPSH1
Falda: 1.36 m



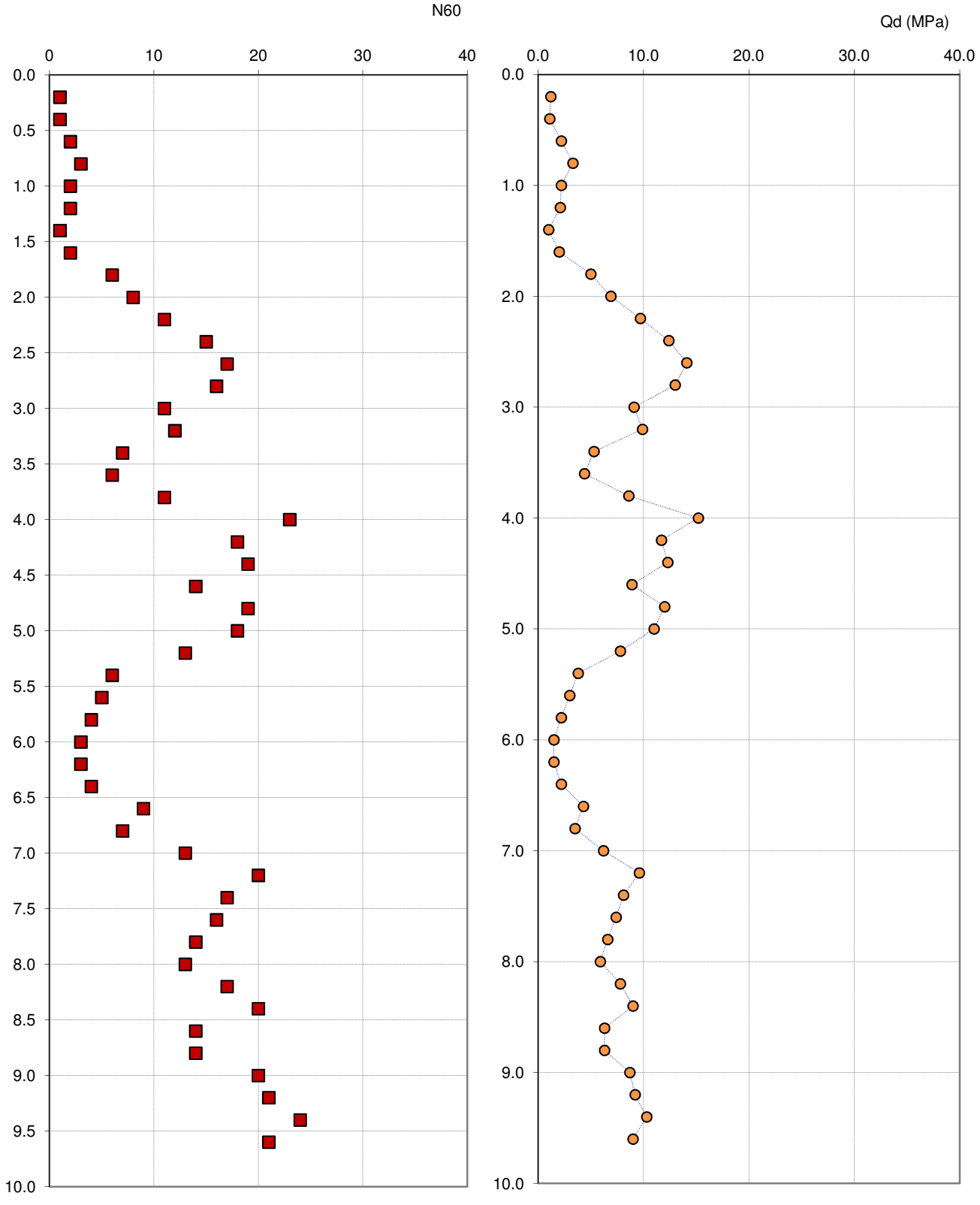
Dott. Geol Rocco Carbonella
Geologia & Geotecnica
Bologna via Toscana 119
CLL 393 8376620

Committente: DOTT. ALBERTO CAPRARA
Localita': SAN PIETRO IN GU
Lavoro: 18.013
id prova: DPSH2
Falda: 1.40 m



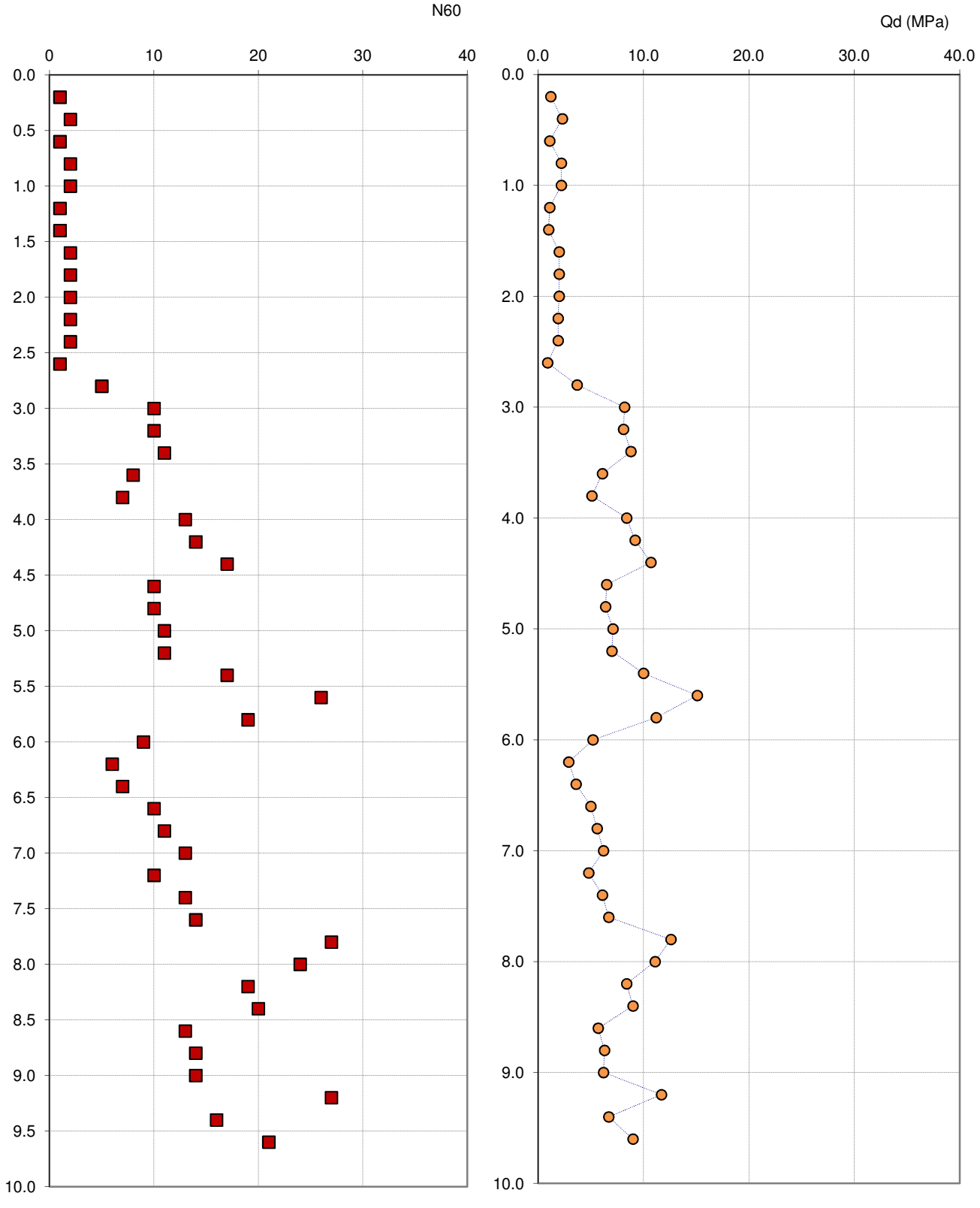
Dott. Geol Rocco Carbonella
Geologia & Geotecnica
Bologna via Toscana 119
CLL 393 8376620

Committente: DOTT. ALBERTO CAPRARA
Localita': SAN PIETRO IN GU
Lavoro: 18.013
id prova: DPSH3
Falda: 1.40 m



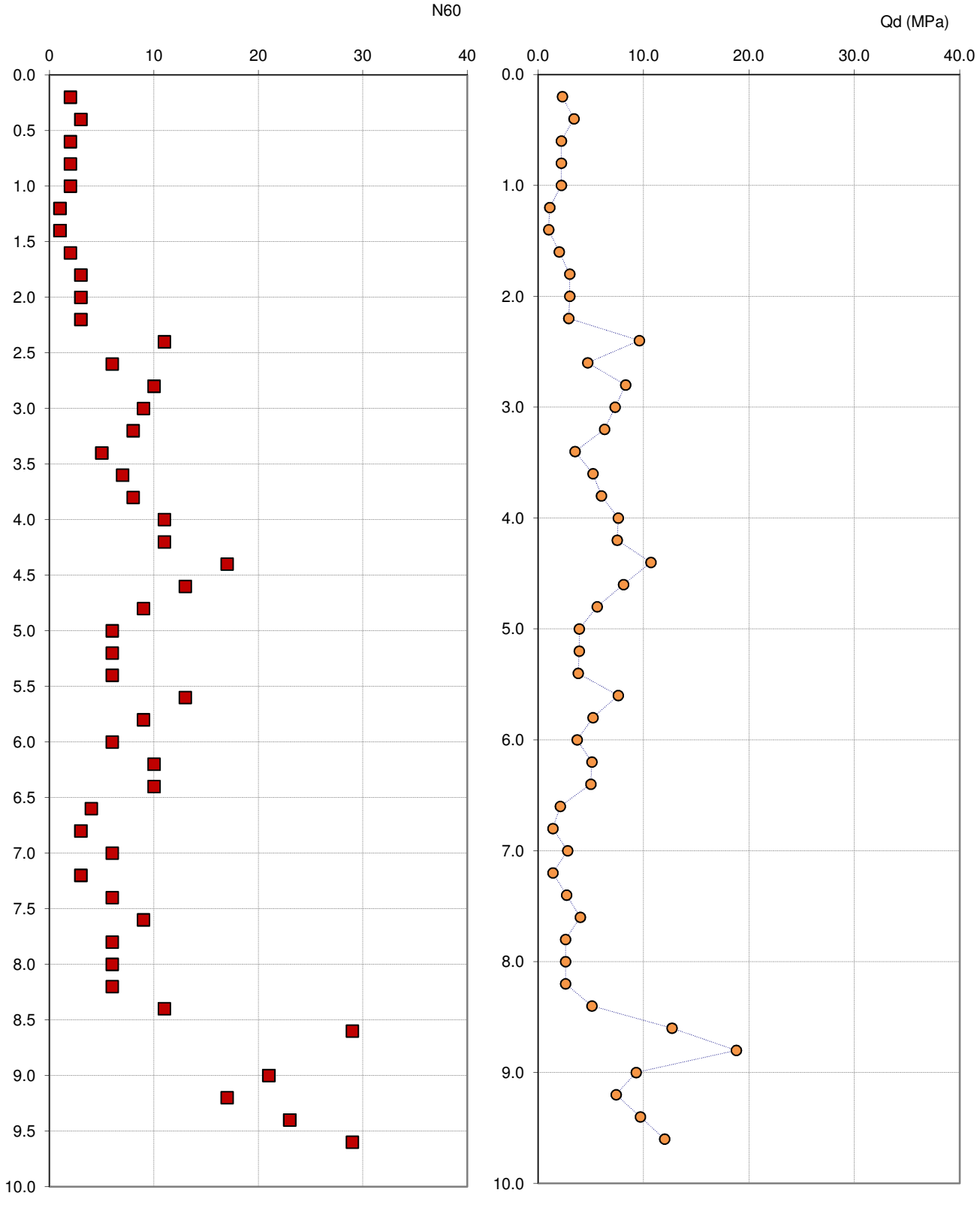
Dott. Geol Rocco Carbonella
Geologia & Geotecnica
Bologna via Toscana 119
CLL 393 8376620

Committente: DOTT. ALBERTO CAPRARA
Localita': SAN PIETRO IN GU
Lavoro: 18.013
id prova: DPSH4
Falda: 1.20 m



Dott. Geol Rocco Carbonella
Geologia & Geotecnica
Bologna via Toscana 119
CLL 393 8376620

Committente: DOTT. ALBERTO CAPRARA
Localita': SAN PIETRO IN GU
Lavoro: 18.013
id prova: DPSH5
Falda: 1.25 m



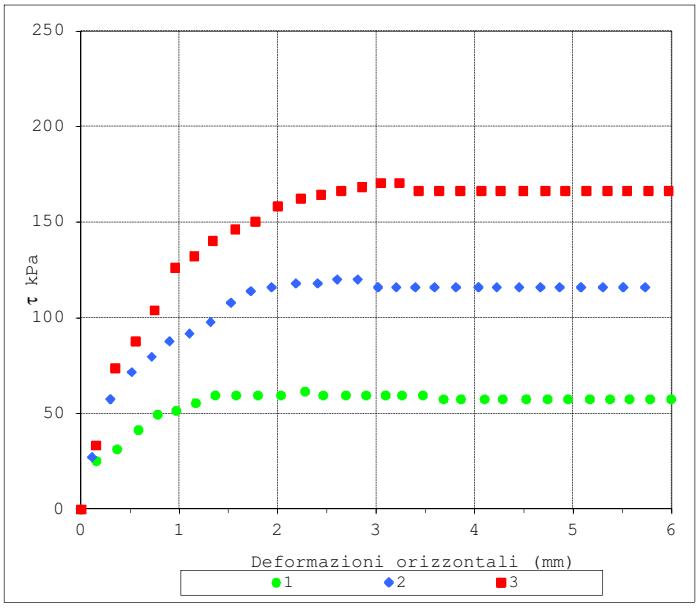
LABORATORIO GEOTECNICO
ViaG.B. Pergolesi 7
40141 Bologna
393 8376620
347 4663105

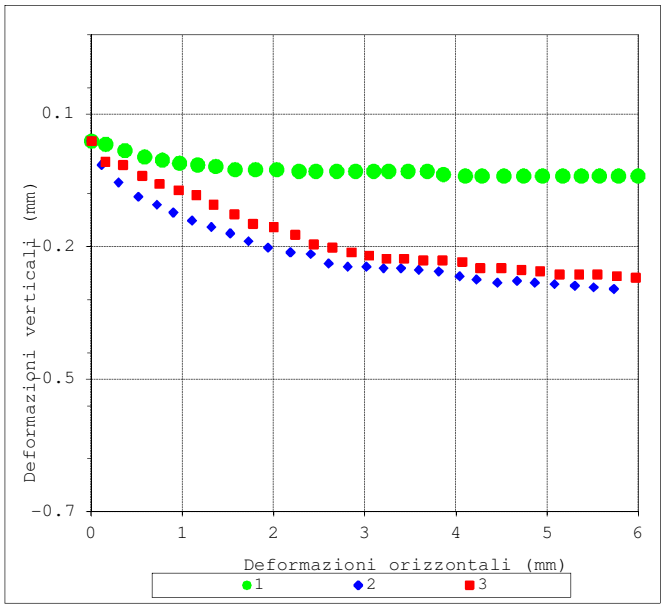
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

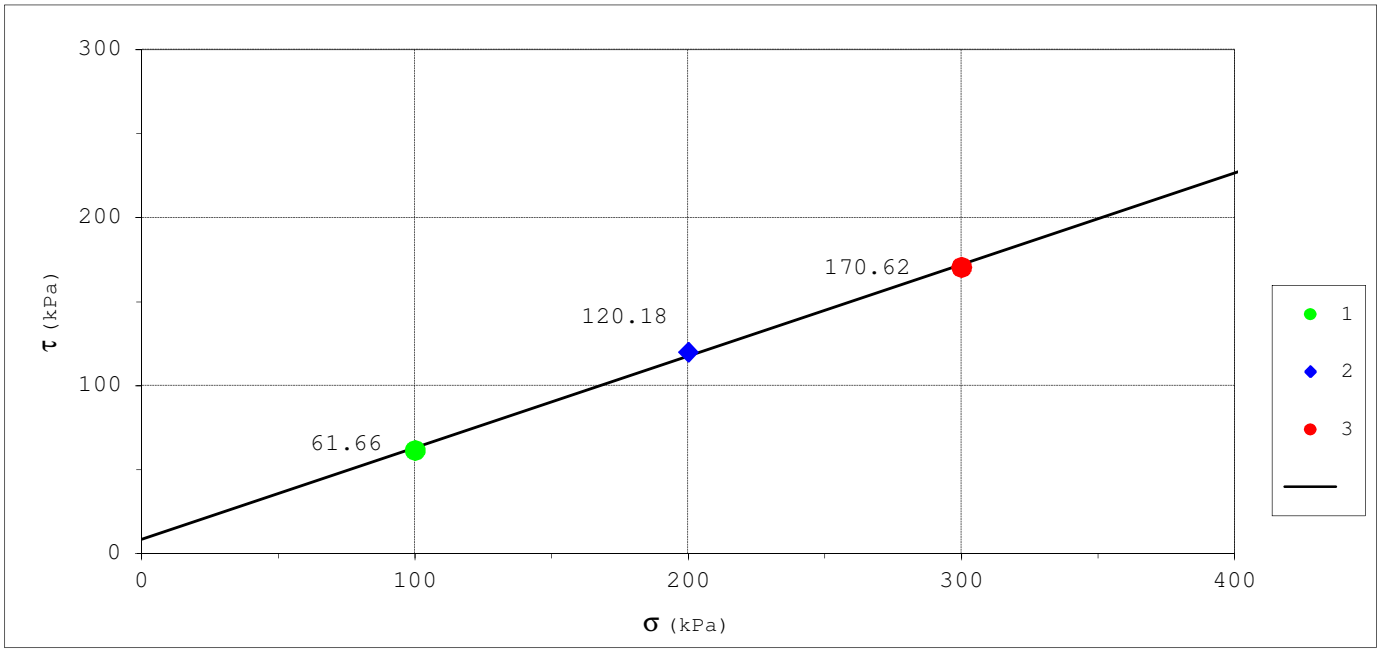
Norma di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10

Committente: DOTT. ALBERTO CAPRARA
Località: SAN PIETRO IN GU
Cantiere:
Sondaggio: DPSH1
Campione: C1
Profondità: 1.40 - 2.00
Data: 17/04/2018

Sperimentatore:







Provino	n°	1	2	3
Deformazione a rottura	mm	2.27	2.81	3.23
Sforzo a rottura	kPa	61.66	120.18	170.62
Velocità di taglio:	mm/min	0.0060	0.0060	0.0060
c'	**KPa**	**8.53**		
ϕ'	**° sess**	**28.58**		

NOTE:
Limo argilloso sabbioso con clasti di ghiaia sparsi. Campione ricostruito con materiale passante al settaccio 1.00 mm.

P.P. kg/cm²
T.V. kg/cm²

SG LABORATORIO GEOTECNICO
ViaG.B. Pergolesi 7
40141 Bologna
393 8376620
347 4663105

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10

def. Vert,	def. Oriz.	Sf.
mm	mm	Kpa
0.00	0.00	0.00
-0.01	0.16	25.34
-0.02	0.37	31.40
-0.03	0.58	41.48
-0.04	0.78	49.56
-0.04	0.97	51.57
-0.04	1.16	55.61
-0.05	1.36	59.64
-0.05	1.58	59.64
-0.05	1.80	59.64
-0.05	2.03	59.64
-0.06	2.27	61.66
-0.06	2.46	59.64
-0.06	2.69	59.64
-0.06	2.90	59.64
-0.06	3.09	59.64
-0.06	3.26	59.64
-0.06	3.47	59.64
-0.06	3.68	57.63
-0.06	3.86	57.63
-0.07	4.10	57.63
-0.07	4.28	57.63
-0.07	4.52	57.63
-0.07	4.74	57.63
-0.07	4.94	57.63
-0.07	5.17	57.63
-0.07	5.37	57.63
-0.07	5.57	57.63
-0.07	5.78	57.63
-0.07	5.99	57.63

def. Vert,	def. Oriz.	Sf.
mm	mm	Kpa
0.00	0.00	0.00
-0.05	0.11	27.36
-0.08	0.30	57.63
-0.11	0.51	71.75
-0.12	0.72	79.82
-0.14	0.90	87.89
-0.15	1.10	91.93
-0.16	1.31	97.98
-0.17	1.52	108.07
-0.19	1.72	114.12
-0.20	1.94	116.14
-0.21	2.18	118.16
-0.21	2.40	118.16
-0.23	2.60	120.18
-0.24	2.81	120.18
-0.24	3.02	116.14
-0.24	3.20	116.14
-0.24	3.39	116.14
-0.24	3.59	116.14
-0.25	3.81	116.14
-0.26	4.04	116.14
-0.26	4.22	116.14
-0.27	4.45	116.14
-0.26	4.67	116.14
-0.27	4.86	116.14
-0.27	5.08	116.14
-0.27	5.30	116.14
-0.28	5.51	116.14
-0.28	5.73	116.14

def. Vert,	def. Oriz.	Sf.
mm	mm	Kpa
0.00	0.00	0.00
-0.04	0.15	33.41
-0.04	0.35	73.77
-0.07	0.56	87.89
-0.08	0.75	104.04
-0.09	0.95	126.23
-0.10	1.15	132.28
-0.12	1.34	140.36
-0.14	1.57	146.41
-0.16	1.77	150.44
-0.16	2.00	158.52
-0.18	2.23	162.55
-0.20	2.44	164.57
-0.20	2.64	166.59
-0.21	2.85	168.60
-0.22	3.05	170.62
-0.22	3.23	170.62
-0.22	3.43	166.59
-0.23	3.64	166.59
-0.23	3.85	166.59
-0.23	4.07	166.59
-0.24	4.26	166.59
-0.24	4.49	166.59
-0.24	4.71	166.59
-0.25	4.92	166.59
-0.25	5.13	166.59
-0.25	5.35	166.59
-0.25	5.54	166.59
-0.26	5.76	166.59
-0.26	5.97	166.59
-0.26	6.15	166.59

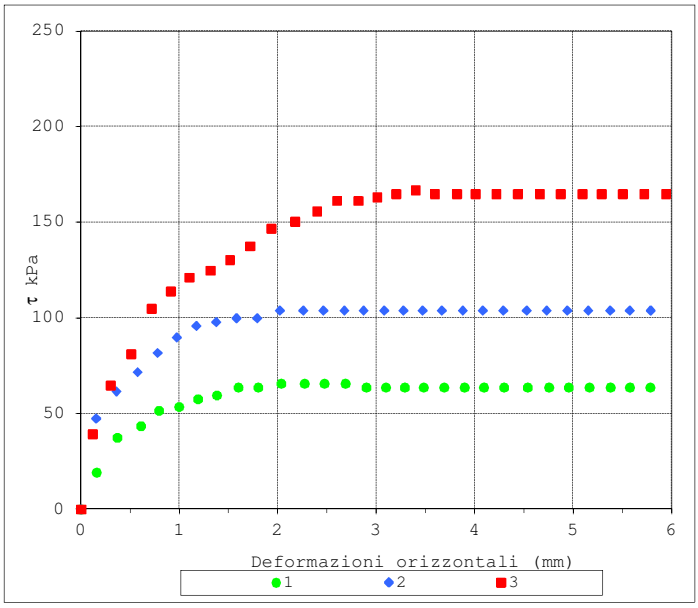
SG LABORATORIO GEOTECNICO
ViaG.B. Pergolesi 7
40141 Bologna
393 8376620
347 4663105

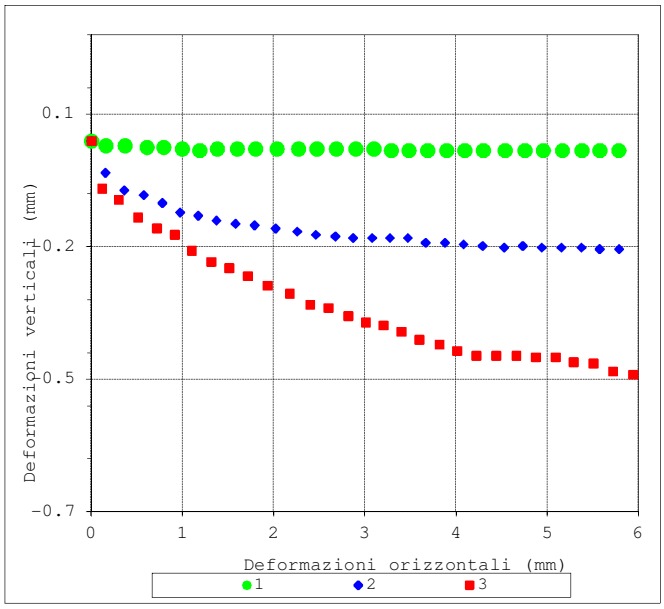
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

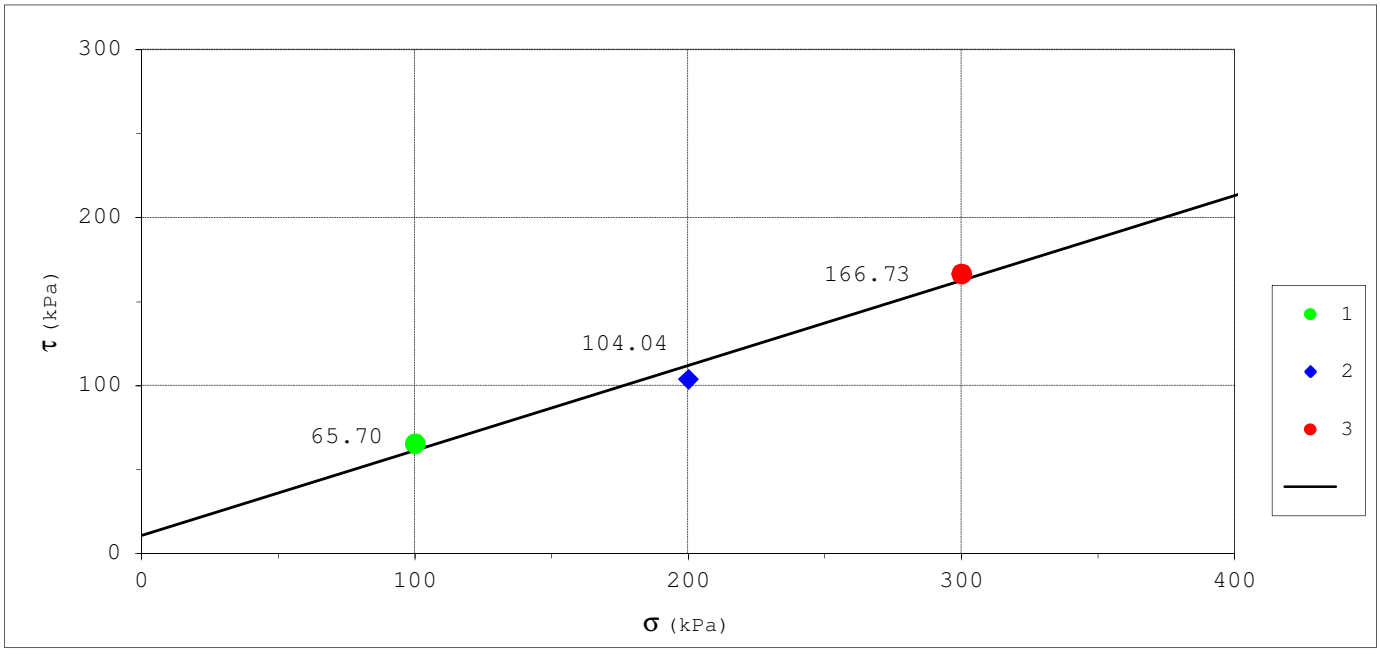
Norma di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10

Committente: DOTT. ALBERTO CAPRARA
Località: SAN PIETRO IN GU
Cantiere:
Sondaggio: DPSH4
Campione: C1
Profondità: 2.00 - 2.60
Data: 17/04/2018

Sperimentatore:







Provino	n°	1	2	3
Deformazione a rottura	mm	2.69	5.78	3.40
Sforzo a rottura	kPa	65.70	104.04	166.73
Velocità di taglio:	mm/min	0.0060	0.0060	0.0060
c'	**KPa**	**11.12**		
ϕ'	**° sess**	**26.80**		

NOTE:
Limo argilloso sabbioso con clasti di ghiaia sparsi. Campione ricostruito con materiale passante al settaccio 1.00 mm.

P.P. kg/cm²
T.V. kg/cm²

SG LABORATORIO GEOTECNICO
ViaG.B. Pergolesi 7
40141 Bologna
393 8376620
347 4663105

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-10

def. Vert,	def. Oriz.	Sf.
mm	mm	Kpa
0.00	0.00	0.00
-0.01	0.16	19.29
-0.01	0.37	37.45
-0.01	0.61	43.50
-0.01	0.79	51.57
-0.02	1.00	53.59
-0.02	1.19	57.63
-0.02	1.38	59.64
-0.02	1.60	63.68
-0.02	1.80	63.68
-0.02	2.03	65.70
-0.02	2.27	65.70
-0.02	2.47	65.70
-0.02	2.69	65.70
-0.02	2.90	63.68
-0.02	3.10	63.68
-0.02	3.29	63.68
-0.02	3.48	63.68
-0.02	3.69	63.68
-0.02	3.89	63.68
-0.02	4.09	63.68
-0.02	4.30	63.68
-0.02	4.54	63.68
-0.02	4.75	63.68
-0.02	4.95	63.68
-0.02	5.16	63.68
-0.02	5.38	63.68
-0.02	5.57	63.68
-0.02	5.78	63.68
-0.02	6.01	63.68

def. Vert,	def. Oriz.	Sf.
mm	mm	Kpa
0.00	0.00	0.00
-0.06	0.15	47.54
-0.09	0.36	61.66
-0.10	0.57	71.75
-0.12	0.78	81.84
-0.14	0.97	89.91
-0.14	1.17	95.96
-0.15	1.37	97.98
-0.16	1.58	100.00
-0.16	1.79	100.00
-0.17	2.02	104.04
-0.17	2.26	104.04
-0.18	2.46	104.04
-0.18	2.67	104.04
-0.18	2.87	104.04
-0.18	3.08	104.04
-0.18	3.27	104.04
-0.18	3.47	104.04
-0.19	3.66	104.04
-0.19	3.88	104.04
-0.20	4.08	104.04
-0.20	4.29	104.04
-0.20	4.52	104.04
-0.20	4.73	104.04
-0.20	4.94	104.04
-0.20	5.15	104.04
-0.20	5.37	104.04
-0.20	5.57	104.04
-0.20	5.78	104.04

def. Vert,	def. Oriz.	Sf.
mm	mm	Kpa
0.00	0.00	0.00
-0.09	0.12	39.26
-0.11	0.30	64.76
-0.14	0.51	81.14
-0.17	0.72	104.82
-0.18	0.91	113.92
-0.21	1.10	121.21
-0.23	1.31	124.85
-0.24	1.51	130.31
-0.26	1.72	137.60
-0.27	1.93	146.70
-0.29	2.18	150.34
-0.31	2.40	155.81
-0.32	2.60	161.27
-0.33	2.82	161.27
-0.34	3.01	163.09
-0.35	3.20	164.91
-0.36	3.40	166.73
-0.38	3.59	164.91
-0.38	3.82	164.91
-0.40	4.01	164.91
-0.41	4.22	164.91
-0.41	4.44	164.91
-0.41	4.66	164.91
-0.41	4.87	164.91
-0.41	5.09	164.91
-0.42	5.29	164.91
-0.42	5.50	164.91
-0.44	5.72	164.91
-0.44	5.94	164.91
-0.45	6.12	164.91

ALLEGATO B

METODO E REPORT DI PROVA

PENETROMETRICA DINAMICA SUPER-PESANTE (DPSH)

PENETROMETRICA STATICA A PUNTA MECCANICA (CPT)

Penetrometro utilizzato: Pagani TG-63-200 KN (DPSH e CPT)

GEOLOGO
Dott. Alberto Caprara

1. PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPER-PESANTE (DPSH)

Le prove penetrometriche dinamiche sono un'indagine geognostica ampiamente riconosciuta e utilizzata a livello scientifico e tecnico. Esistono molti studi a riguardo e molte correlazioni empiriche si sono sviluppate a partire dai dati ottenuti da tale tipologia di indagine.

METODOLOGIA DI INDAGINE

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infissione nel terreno di una punta conica tramite la caduta di un grave di peso standard da un'altezza di caduta fissa, misurando il numero di colpi N necessari a realizzare un avanzamento della batteria di aste di 20 cm.

Tale tipologia di indagine risulta molto diffusa ed utilizzata nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica. La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Le correlazioni alla base dell'interpretazione dei dati derivanti dalle prove penetrometriche dinamiche si basano tutte sui valori di rd e qd, parametri che esprimono la resistenza alla penetrazione del terreno. Essi sono così determinati:

$$rd = \frac{MgH}{Ae}$$

$$qd = \frac{M}{M + M'} \frac{MgH}{Ae}$$

dove:

rd; **qd**: valori della resistenza alla penetrazione (espressi in Pa, kPa o Mpa);

M': la massa complessiva di aste, testa di battuta, asta di guida del maglio, dispositivo di sgancio (se presente);

e: la penetrazione media per colpo;

A: l'area della sezione trasversale della base della punta conica;

g: l'accelerazione di gravità;

M, **H**: come precedentemente definiti.

A partire da tali dati sono presenti in letteratura molte formule di autori diversi per la definizione di alcuni parametri geotecnici del terreno, permettendo così di realizzare definire la successione stratigrafica caratteristica di sito.

Di seguito sono riportati i diagrammi e i valori in forma grafica delle resistenze registrate per ogni indagine.

2. PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA MECCANICA (CPT)

Le prove penetrometriche statiche con punta meccanica sono un'indagine geognostica ampiamente riconosciuta e utilizzata a livello scientifico e tecnico. Esistono molti studi a riguardo e molte correlazioni empiriche si sono sviluppate a partire dai dati ottenuti da tale tipologia di indagine.

METODOLOGIA DI INDAGINE

La prova penetrometrica statica CPT, consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni standard (di tipo *Begemann*), infissa nel terreno alla velocità costante di 2 cm/s.

L'avanzamento della punta avviene attraverso un sistema idraulico, ancorato al terreno, che spinge una batteria di aste doppie (aste esterne cave e aste interne piene), al cui termine è collegata la punta. Tale punta, di tipo telescopico, è costituita da un'estremità conica e da un manicotto collegati alla batteria di aste interne. La misura consiste nella registrazione attraverso un manometro dello sforzo necessario ad infiggere, in due diversi stadi di avanzamento, la punta ed il manicotto nel terreno. Si ottengono così due letture: una prima relativa all'infissione della punta (Rp) e la seconda misura la resistenza alla penetrazione contemporanea di punta e manicotto laterale (Rl) (vedi immagine seguente).

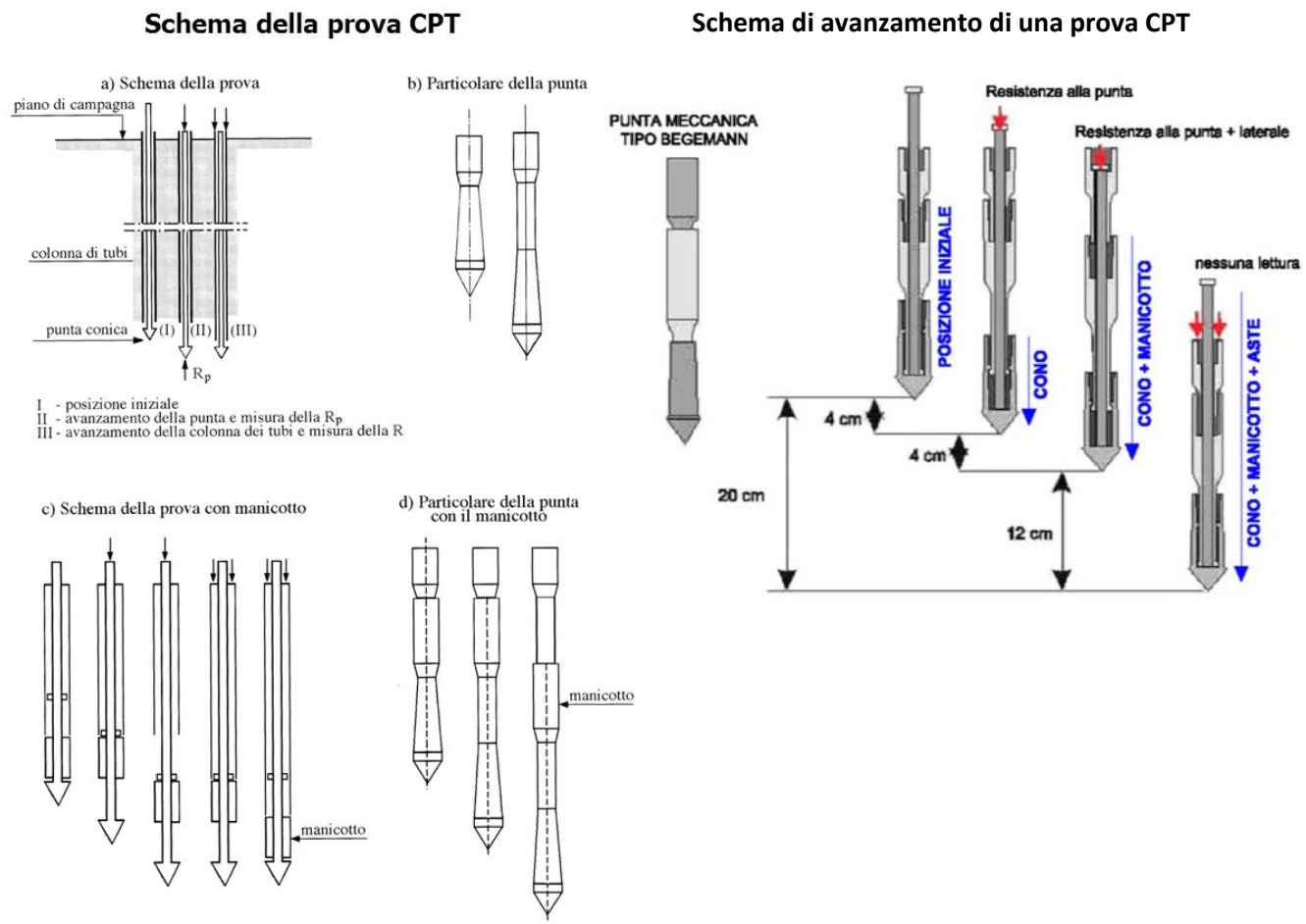


Figura 1: procedimento per la misura delle resistenze Rp e Rl con punta di tipo Begemann.

A partire dai dati di Rp e Rl è possibile ottenere alcuni valori geotecnici utili sui quali si basano tutte le correlazioni empiriche. Di seguito si forniscono i parametri principali che si ottengono da questo tipo di indagine.

Il valore di resistenza alla penetrazione della punta è "**qc**" definito dalla formula:

$$\boldsymbol{qc} = \frac{QC}{AC}$$

dove:

- **QC** è lo sforzo misurato necessario a far penetrare la punta.
- **AC** è l'area della punta su cui si esercita lo sforzo.

il valore di resistenza alla penetrazione del manicotto laterale è "**fs**" che si ottiene dalla formula:

$$\boldsymbol{fs} = \frac{F}{AS}$$

dove:

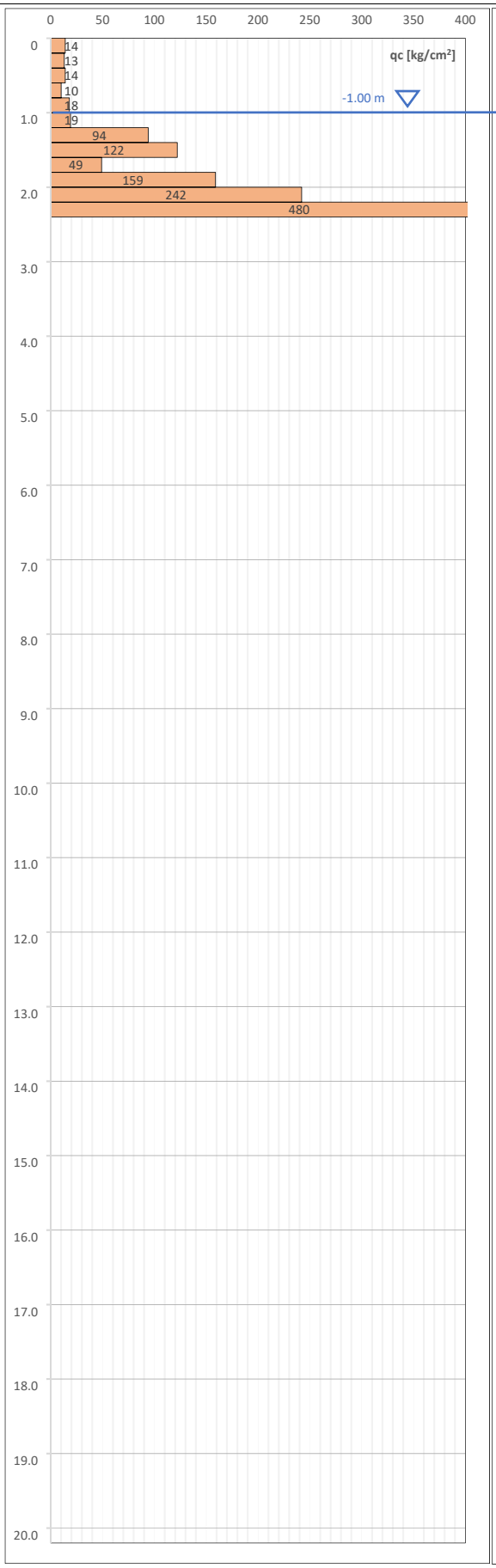
- **F** è lo sforzo misurato necessario all'avanzamento del manicotto laterale.
- **AS** è la superficie del manicotto laterale.

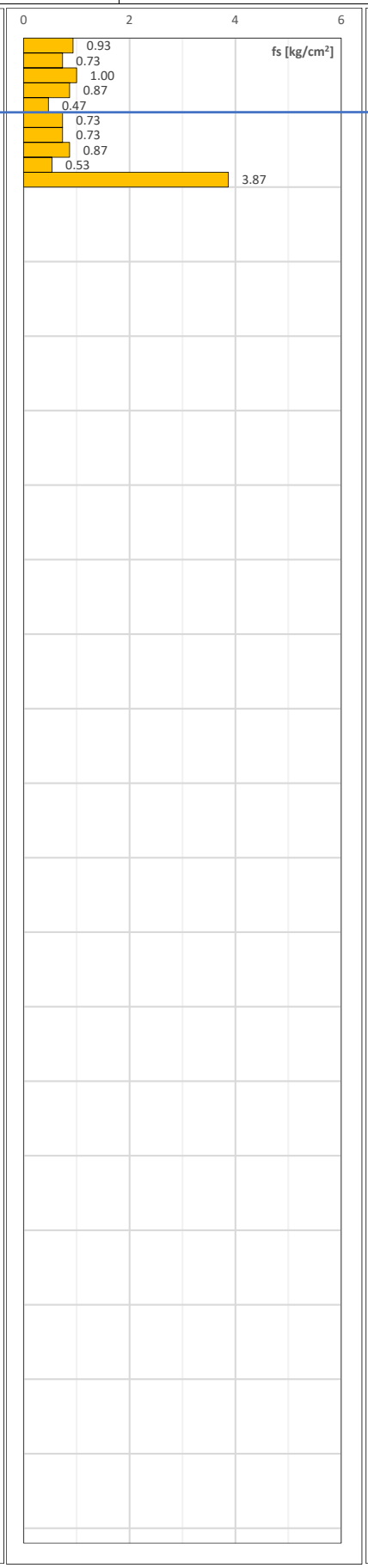
Di seguito sono riportati i diagrammi e i valori in forma grafica delle resistenze registrate per ogni indagine.

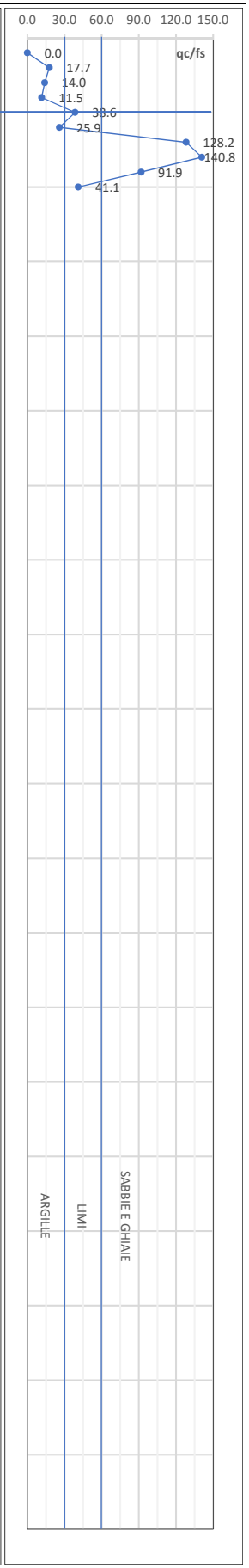
GEOLOGO
Dott. Alberto Caprara

Committente:	**Rotogal di Gallio Angelo & C. S.N.C.**	*diametro punta conica*	35.7 mm
Località:	**Via Cavour, 68**	*angola d'apertura punta*	60 °
Comune:	**San Pietro in Gu (PD)**	*area punta*	10 cm^2
Data:	**19/09/2022**	*superficie manicotto laterale*	150 cm^2
Prova:	**CPT1**	*costante di trasformazione* **Ct**	10
Falda [m]:	**-1.00**		

m	LP	LL	qc	fs	qc/fs
0.2	14	0	14	0.9	0.0
0.4	13	27	13	0.7	17.7
0.6	14	25	14	1.0	14.0
0.8	10	25	10	0.9	11.5
1.0	18	31	18	0.5	38.6
1.2	19	26	19	0.7	25.9
1.4	94	105	94	0.7	128.2
1.6	122	133	122	0.9	140.8
1.8	49	62	49	0.5	91.9
2.0	159	167	159	3.9	41.1
2.2	242	300	242		
2.4	480		480		
2.6					
2.8					
3.0					
3.2					
3.4					
3.6					
3.8					
4.0					
4.2					
4.4					
4.6					
4.8					
5.0					
5.2					
5.4					
5.6					
5.8					
6.0					
6.2					
6.4					
6.6					
6.8					
7.0					
7.2					
7.4					
7.6					
7.8					
8.0					
8.2					
8.4					
8.6					
8.8					
9.0					
9.2					
9.4					
9.6					
9.8					
10.0					
10.2					
10.4					
10.6					
10.8					
11.0					
11.2					
11.4					
11.6					
11.8					
12.0					
12.2					
12.4					
12.6					
12.8					
13.0					
13.2					
13.4					
13.6					
13.8					
14.0					
14.2					
14.4					
14.6					
14.8					
15.0					
15.2					
15.4					
15.6					
15.8					
16.0					
16.2					
16.4					
16.6					
16.8					
17.0					
17.2					
17.4					
17.6					
17.8					
18.0					
18.2					
18.4					
18.6					
18.8					
19.0					
19.2					
19.4					
19.6					
19.8					
20.0					



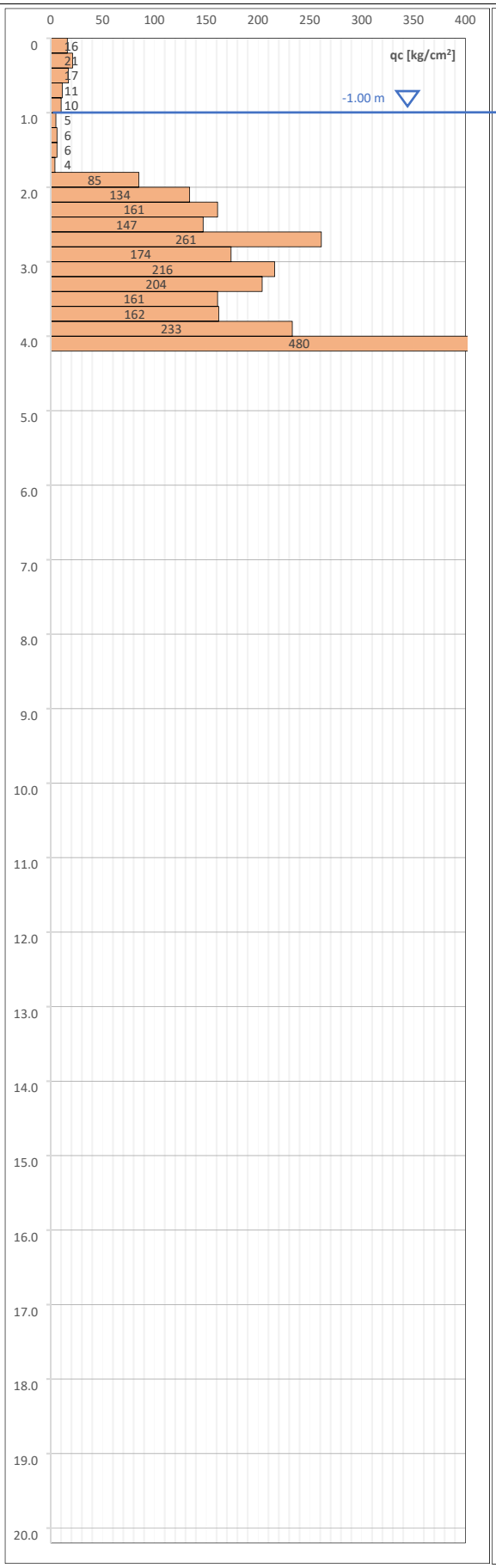


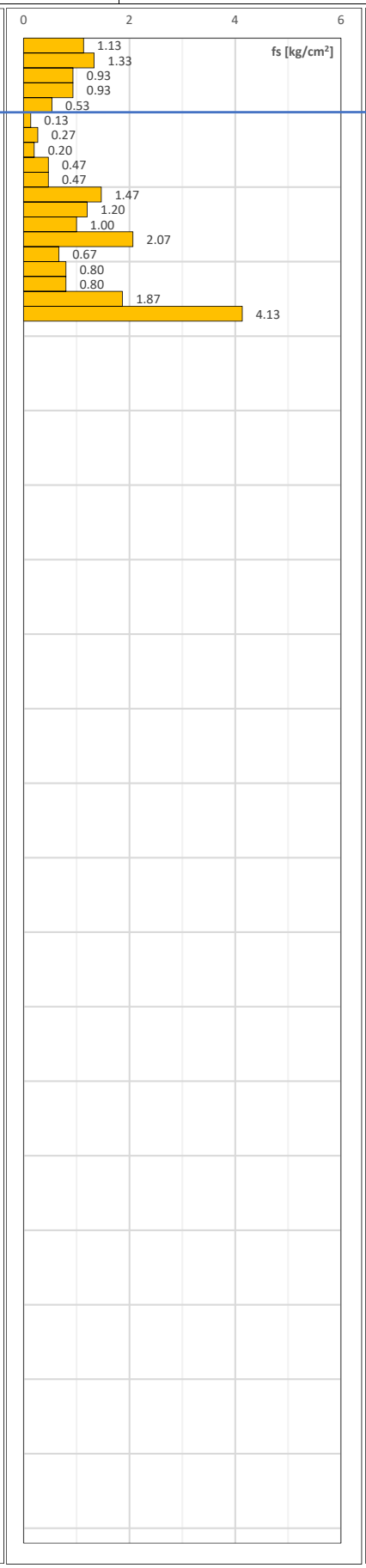


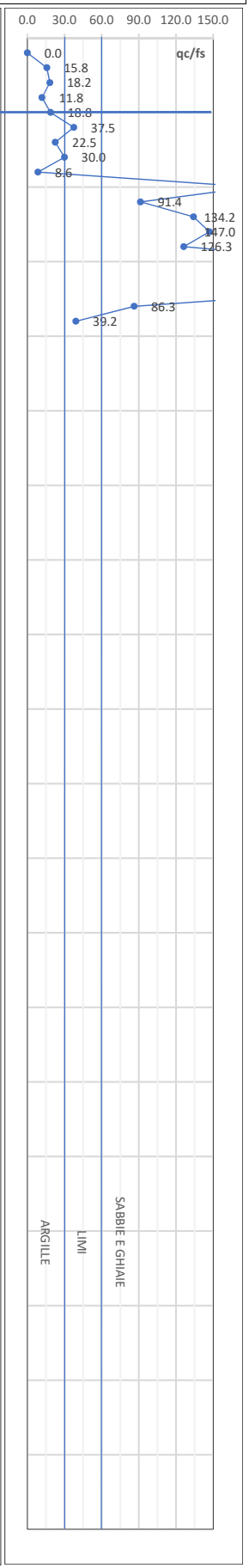
GEOLOGO
Dott. Alberto Caprara

Committente:	**Rotogal di Gallio Angelo & C. S.N.C.**	*diametro punta conica*	35.7 mm
Località:	**Via Cavour, 68**	*angola d'apertura punta*	60 °
Comune:	**San Pietro in Gu (PD)**	*area punta*	10 cm^2
Data:	**19/09/2022**	*superficie manicotto laterale*	150 cm^2
Prova:	**CPT2**	*costante di trasformazione* **Ct**	10
Falda [m]:	**-1.00**		

m	LP	LL	qc	fs	qc/fs
0.2	16	0	16	1.1	0.0
0.4	21	38	21	1.3	15.8
0.6	17	37	17	0.9	18.2
0.8	11	25	11	0.9	11.8
1.0	10	24	10	0.5	18.8
1.2	5	13	5	0.1	37.5
1.4	6	8	6	0.3	22.5
1.6	6	10	6	0.2	30.0
1.8	4	7	4	0.5	8.6
2.0	85	92	85	0.5	182.1
2.2	134	141	134	1.5	91.4
2.4	161	183	161	1.2	134.2
2.6	147	165	147	1.0	147.0
2.8	261	276	261	2.1	126.3
3.0	174	205	174	0.7	261.0
3.2	216	226	216	0.8	270.0
3.4	204	216	204	0.8	255.0
3.6	161	173	161	1.9	86.3
3.8	162	190	162	4.1	39.2
4.0	233	295	233		
4.2	480		480		
4.4					
4.6					
4.8					
5.0					
5.2					
5.4					
5.6					
5.8					
6.0					
6.2					
6.4					
6.6					
6.8					
7.0					
7.2					
7.4					
7.6					
7.8					
8.0					
8.2					
8.4					
8.6					
8.8					
9.0					
9.2					
9.4					
9.6					
9.8					
10.0					
10.2					
10.4					
10.6					
10.8					
11.0					
11.2					
11.4					
11.6					
11.8					
12.0					
12.2					
12.4					
12.6					
12.8					
13.0					
13.2					
13.4					
13.6					
13.8					
14.0					
14.2					
14.4					
14.6					
14.8					
15.0					
15.2					
15.4					
15.6					
15.8					
16.0					
16.2					
16.4					
16.6					
16.8					
17.0					
17.2					
17.4					
17.6					
17.8					
18.0					
18.2					
18.4					
18.6					
18.8					
19.0					
19.2					
19.4					
19.6					
19.8					
20.0					



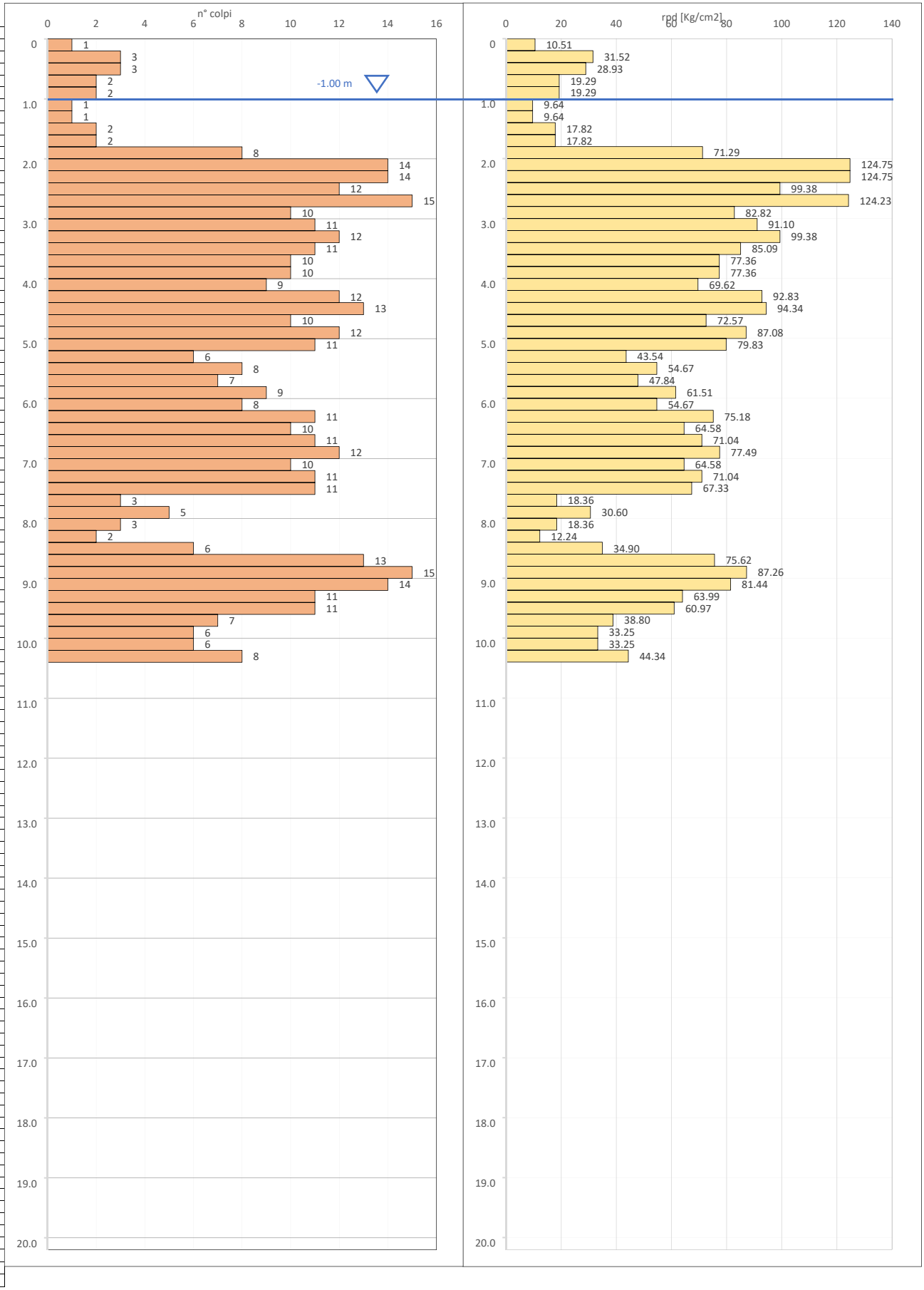




GEOLOGO
Dott. Alberto Caprara

Committente:	**Rotogal di Gallio Angelo & C. S.N.C.**	*peso massa battente*	**M**	63.5	kg
Località:	**Via Cavour, 68**	*altezza di caduta*	**H**	0.75	m
Comune:	**San Pietro in Gu (PD)**	*area base punta conica*	**A**	20.4	cm^2
Data:	**19/09/2022**	*peso asta*	**pa**	6.31	kg
Prova:	**DPSH2**	*peso sistema caduta*	**ps**	0.63	kg
Falda [m]:	**-1.00**				

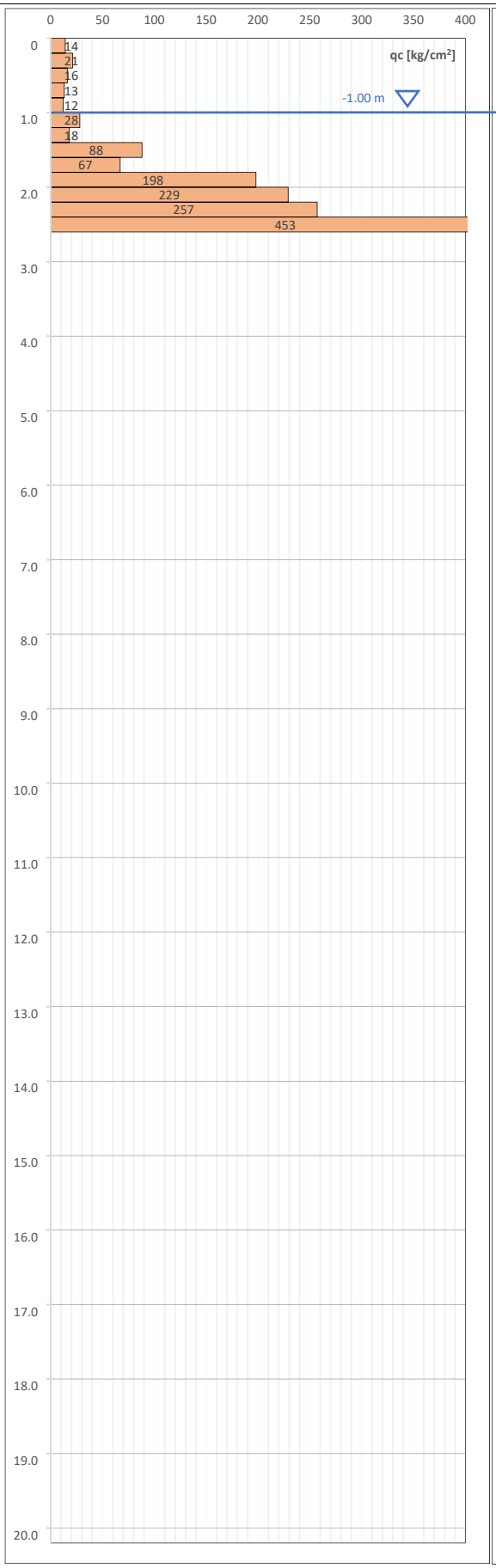
m	n° colpi	rpd [Kg/cm²]
0.2	1	10.51
0.4	3	31.52
0.6	3	28.93
0.8	2	19.29
1.0	2	19.29
1.2	1	9.64
1.4	1	9.64
1.6	2	17.82
1.8	2	17.82
2.0	8	71.29
2.2	14	124.75
2.4	14	124.75
2.6	12	99.38
2.8	15	124.23
3.0	10	82.82
3.2	11	91.10
3.4	12	99.38
3.6	11	85.09
3.8	10	77.36
4.0	10	77.36
4.2	9	69.62
4.4	12	92.83
4.6	13	94.34
4.8	10	72.57
5.0	12	87.08
5.2	11	79.83
5.4	6	43.54
5.6	8	54.67
5.8	7	47.84
6.0	9	61.51
6.2	8	54.67
6.4	11	75.18
6.6	10	64.58
6.8	11	71.04
7.0	12	77.49
7.2	10	64.58
7.4	11	71.04
7.6	11	67.33
7.8	3	18.36
8.0	5	30.60
8.2	3	18.36
8.4	2	12.24
8.6	6	34.90
8.8	13	75.62
9.0	15	87.26
9.2	14	81.44
9.4	11	63.99
9.6	11	60.97
9.8	7	38.80
10.0	6	33.25
10.2	6	33.25
10.4	8	44.34
10.6		
10.8		
11.0		
11.2		
11.4		
11.6		
11.8		
12.0		
12.2		
12.4		
12.6		
12.8		
13.0		
13.2		
13.4		
13.6		
13.8		
14.0		
14.2		
14.4		
14.6		
14.8		
15.0		
15.2		
15.4		
15.6		
15.8		
16.0		
16.2		
16.4		
16.6		
16.8		
17.0		
17.2		
17.4		
17.6		
17.8		
18.0		
18.2		
18.4		
18.6		
18.8		
19.0		
19.2		
19.4		
19.6		
19.8		
20.0		

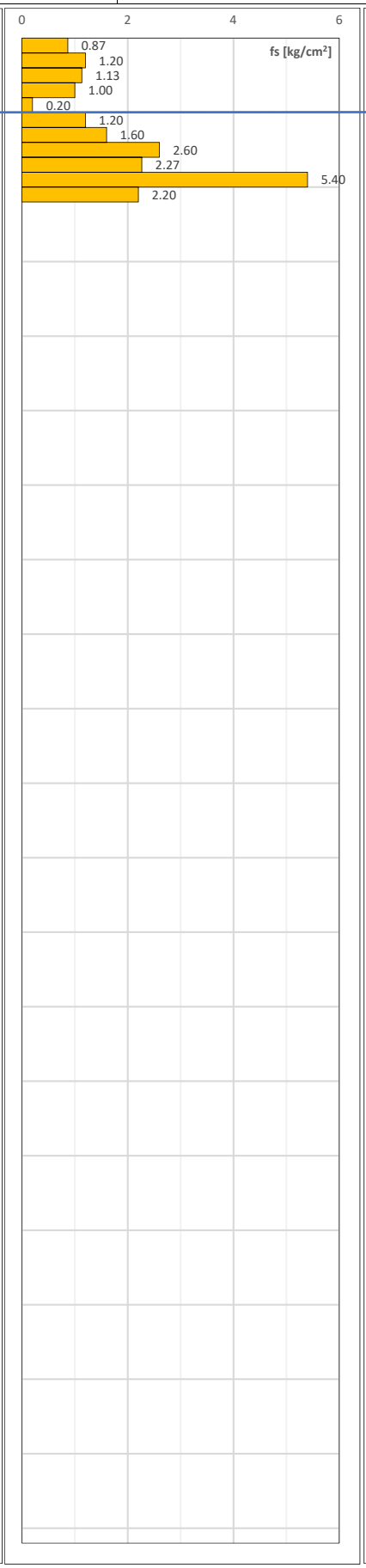


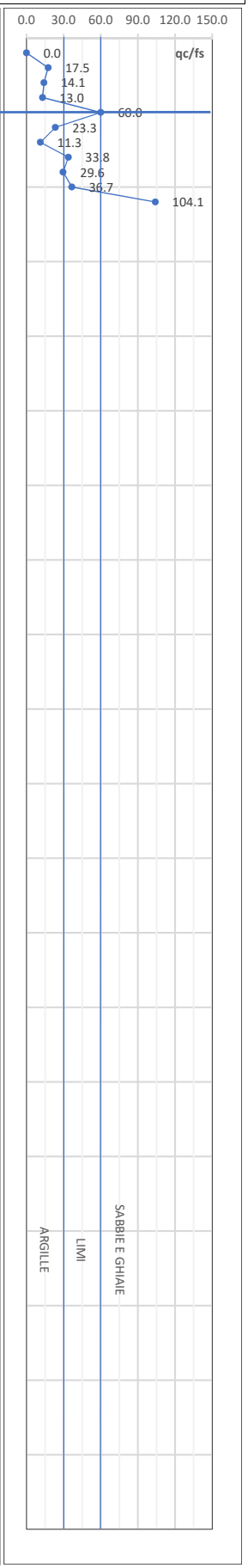
GEOLOGO
Dott. Alberto Caprara

Committente:	**Rotogal di Gallio Angelo & C. S.N.C.**	*diametro punta conica*	35.7 mm
Località:	**Via Cavour, 68**	*angola d'apertura punta*	60 °
Comune:	**San Pietro in Gu (PD)**	*area punta*	10 cm^2
Data:	**19/09/2022**	*superficie manicotto laterale*	150 cm^2
Prova:	**CPT3**	*costante di trasformazione* **Ct**	10
Falda [m]:	**-1.00**		

m	LP	LL	qc	fs	qc/fs
0.2	14	0	14	0.9	0.0
0.4	21	34	21	1.2	17.5
0.6	16	34	16	1.1	14.1
0.8	13	30	13	1.0	13.0
1.0	12	27	12	0.2	60.0
1.2	28	31	28	1.2	23.3
1.4	18	36	18	1.6	11.3
1.6	88	112	88	2.6	33.8
1.8	67	106	67	2.3	29.6
2.0	198	232	198	5.4	36.7
2.2	229	310	229	2.2	104.1
2.4	257	290	257	-30.2	
2.6	453				
2.8					
3.0					
3.2					
3.4					
3.6					
3.8					
4.0					
4.2					
4.4					
4.6					
4.8					
5.0					
5.2					
5.4					
5.6					
5.8					
6.0					
6.2					
6.4					
6.6					
6.8					
7.0					
7.2					
7.4					
7.6					
7.8					
8.0					
8.2					
8.4					
8.6					
8.8					
9.0					
9.2					
9.4					
9.6					
9.8					
10.0					
10.2					
10.4					
10.6					
10.8					
11.0					
11.2					
11.4					
11.6					
11.8					
12.0					
12.2					
12.4					
12.6					
12.8					
13.0					
13.2					
13.4					
13.6					
13.8					
14.0					
14.2					
14.4					
14.6					
14.8					
15.0					
15.2					
15.4					
15.6					
15.8					
16.0					
16.2					
16.4					
16.6					
16.8					
17.0					
17.2					
17.4					
17.6					
17.8					
18.0					
18.2					
18.4					
18.6					
18.8					
19.0					
19.2					
19.4					
19.6					
19.8					
20.0					



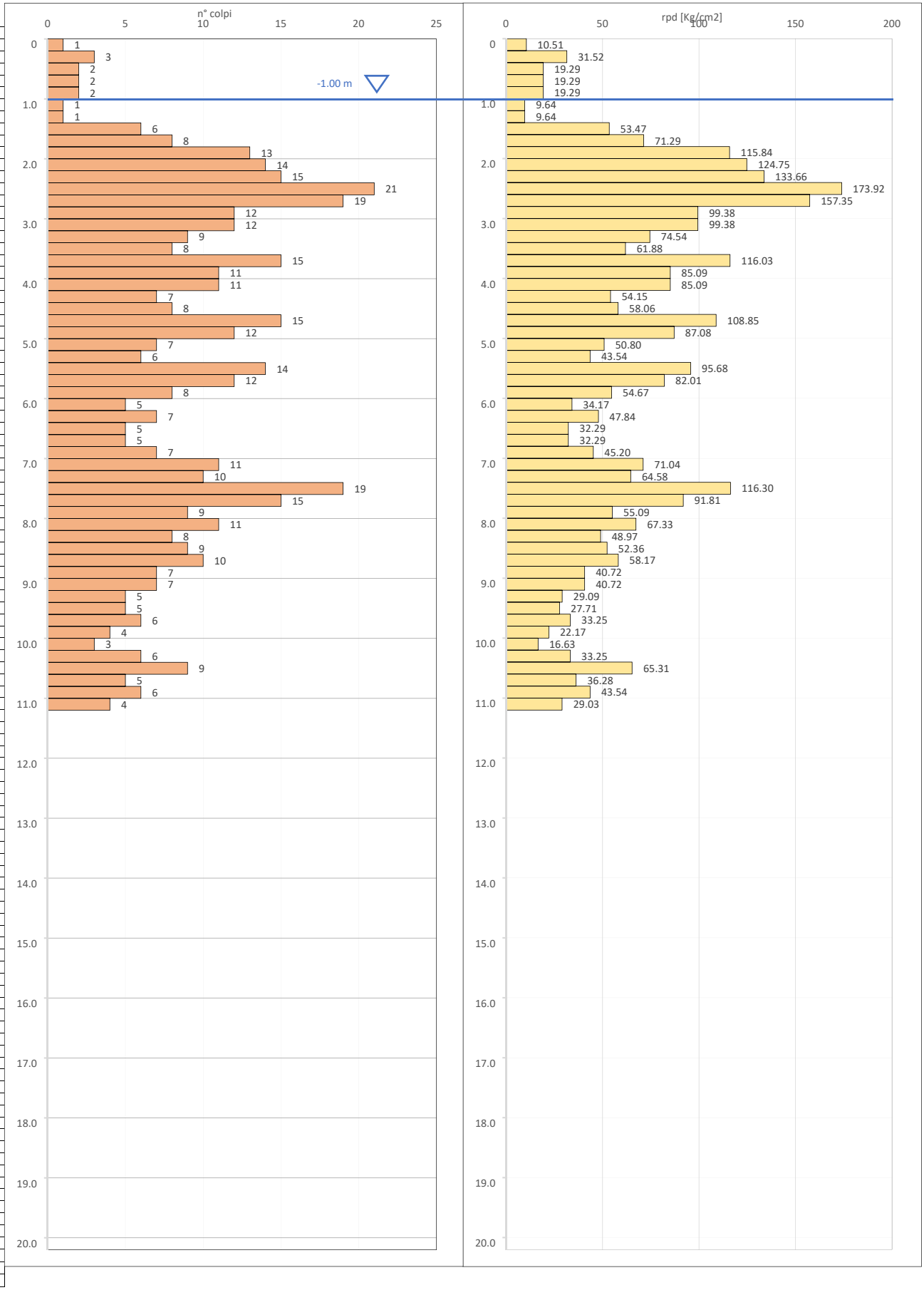




GEOLOGO
Dott. Alberto Caprara

Committente:	**Rotogal di Gallio Angelo & C. S.N.C.**	*peso massa battente*	**M**	63.5	kg
Località:	**Via Cavour, 68**	*altezza di caduta*	**H**	0.75	m
Comune:	**San Pietro in Gu (PD)**	*area base punta conica*	**A**	20.4	cm^2
Data:	**19/09/2022**	*peso asta*	**pa**	6.31	kg
Prova:	**DPSH3**	*peso sistema caduta*	**ps**	0.63	kg
Falda [m]:	**-1.00**				

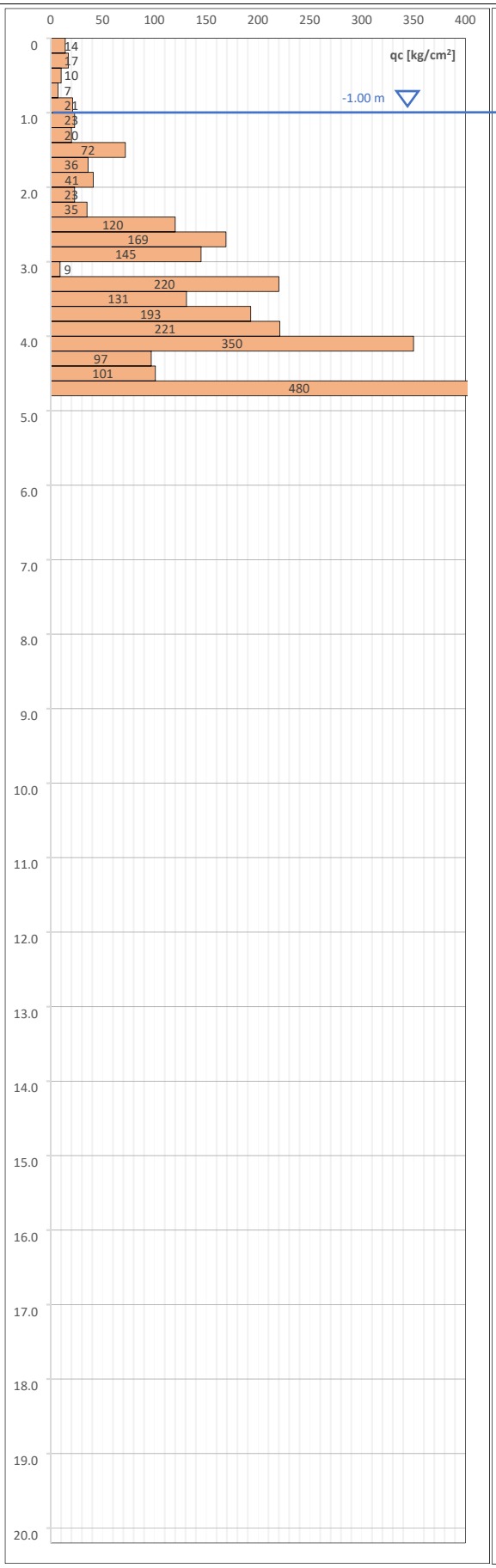
m	n° colpi	rpd [Kg/cm²]
0.2	1	10.51
0.4	3	31.52
0.6	2	19.29
0.8	2	19.29
1.0	2	19.29
1.2	1	9.64
1.4	1	9.64
1.6	6	53.47
1.8	8	71.29
2.0	13	115.84
2.2	14	124.75
2.4	15	133.66
2.6	21	173.92
2.8	19	157.35
3.0	12	99.38
3.2	12	99.38
3.4	9	74.54
3.6	8	61.88
3.8	15	116.03
4.0	11	85.09
4.2	11	85.09
4.4	7	54.15
4.6	8	58.06
4.8	15	108.85
5.0	12	87.08
5.2	7	50.80
5.4	6	43.54
5.6	14	95.68
5.8	12	82.01
6.0	8	54.67
6.2	5	34.17
6.4	7	47.84
6.6	5	32.29
6.8	5	32.29
7.0	7	45.20
7.2	11	71.04
7.4	10	64.58
7.6	19	116.30
7.8	15	91.81
8.0	9	55.09
8.2	11	67.33
8.4	8	48.97
8.6	9	52.36
8.8	10	58.17
9.0	7	40.72
9.2	7	40.72
9.4	5	29.09
9.6	5	27.71
9.8	6	33.25
10.0	4	22.17
10.2	3	16.63
10.4	6	33.25
10.6	9	65.31
10.8	5	36.28
11.0	6	43.54
11.2	4	29.03

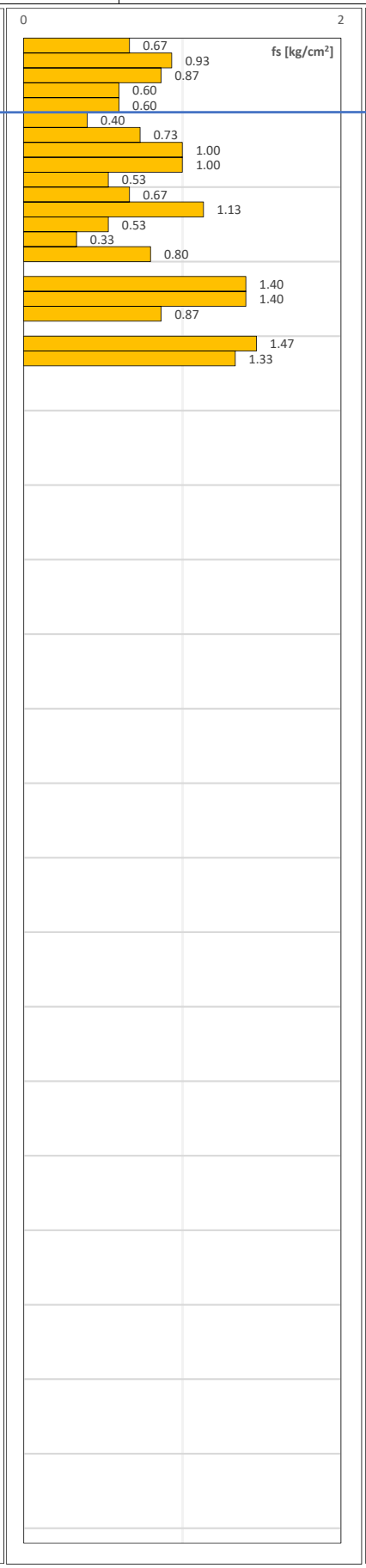


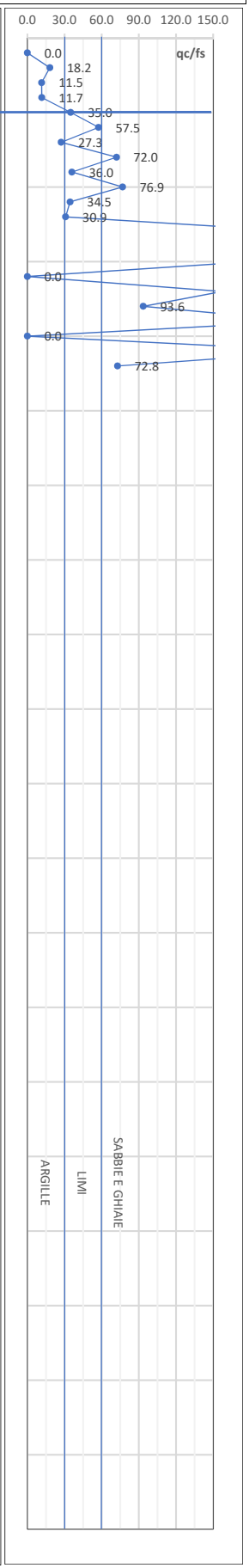
GEOLOGO
Dott. Alberto Caprara

Committente:	**Rotogal di Gallio Angelo & C. S.N.C.**	*diametro punta conica*	35.7 mm
Località:	**Via Cavour, 68**	*angola d'apertura punta*	60 °
Comune:	**San Pietro in Gu (PD)**	*area punta*	10 cm^2
Data:	**19/09/2022**	*superficie manicotto laterale*	150 cm^2
Prova:	**CPT4**	*costante di trasformazione* **Ct**	10
Falda [m]:	**-1.00**		

m	LP	LL	qc	fs	qc/fs
0.2	14	0	14	0.7	0.0
0.4	17	27	17	0.9	18.2
0.6	10	24	10	0.9	11.5
0.8	7	20	7	0.6	11.7
1.0	21	30	21	0.6	35.0
1.2	23	32	23	0.4	57.5
1.4	20	26	20	0.7	27.3
1.6	72	83	72	1.0	72.0
1.8	36	51	36	1.0	36.0
2.0	41	56	41	0.5	76.9
2.2	23	31	23	0.7	34.5
2.4	35	45	35	1.1	30.9
2.6	120	137	120	0.5	225.0
2.8	169	177	169	0.3	507.0
3.0	145	150	145	0.8	181.3
3.2	9	21	9	-14.7	0.0
3.4	220		220	1.4	157.1
3.6	131	152	131	1.4	93.6
3.8	193	214	193	0.9	222.7
4.0	221	234	221	-23.3	0.0
4.2	350		350	1.5	238.6
4.4	97	119	97	1.3	72.8
4.6	101	121	101		
4.8	480		480		
5.0					
5.2					
5.4					
5.6					
5.8					
6.0					
6.2					
6.4					
6.6					
6.8					
7.0					
7.2					
7.4					
7.6					
7.8					
8.0					
8.2					
8.4					
8.6					
8.8					
9.0					
9.2					
9.4					
9.6					
9.8					
10.0					
10.2					
10.4					
10.6					
10.8					
11.0					
11.2					
11.4					
11.6					
11.8					
12.0					
12.2					
12.4					
12.6					
12.8					
13.0					
13.2					
13.4					
13.6					
13.8					
14.0					
14.2					
14.4					
14.6					
14.8					
15.0					
15.2					
15.4					
15.6					
15.8					
16.0					
16.2					
16.4					
16.6					
16.8					
17.0					
17.2					
17.4					
17.6					
17.8					
18.0					
18.2					
18.4					
18.6					
18.8					
19.0					
19.2					
19.4					
19.6					
19.8					
20.0					



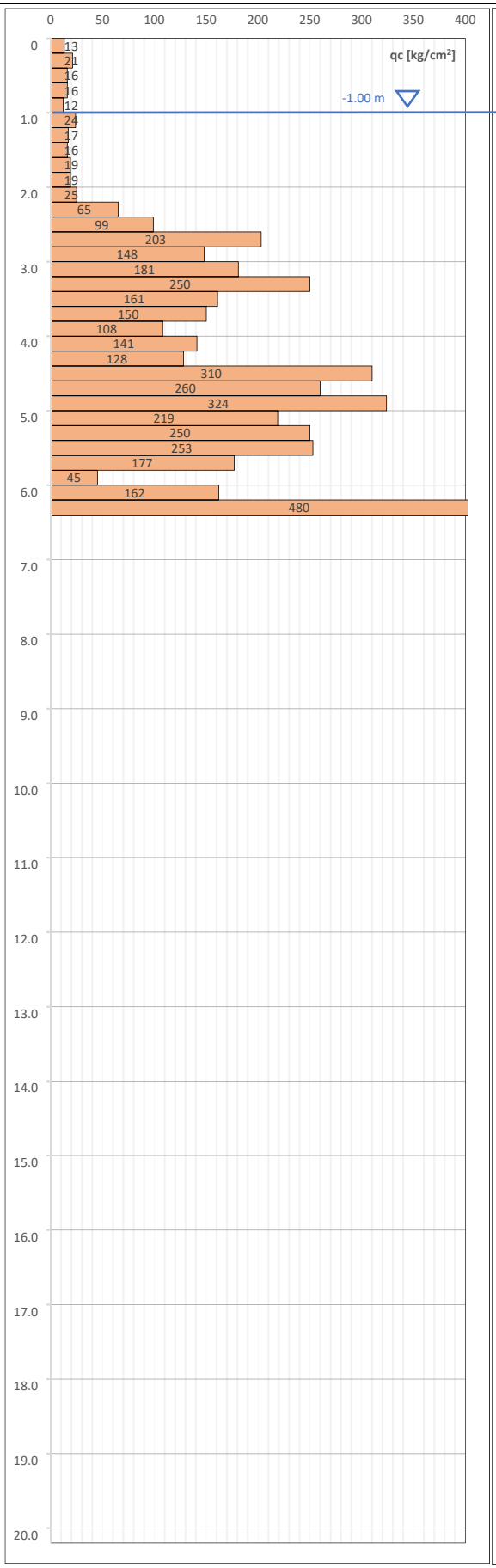


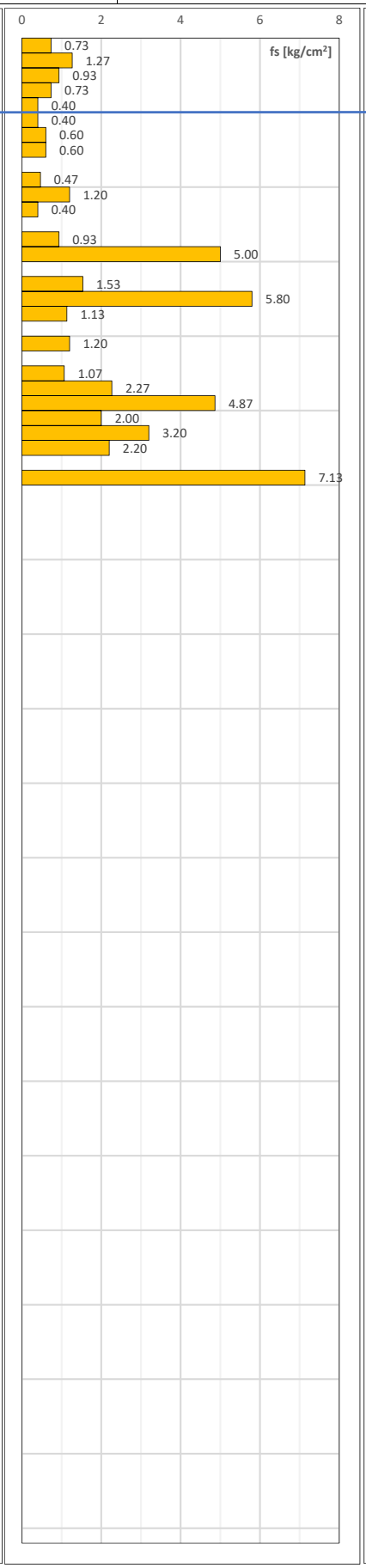


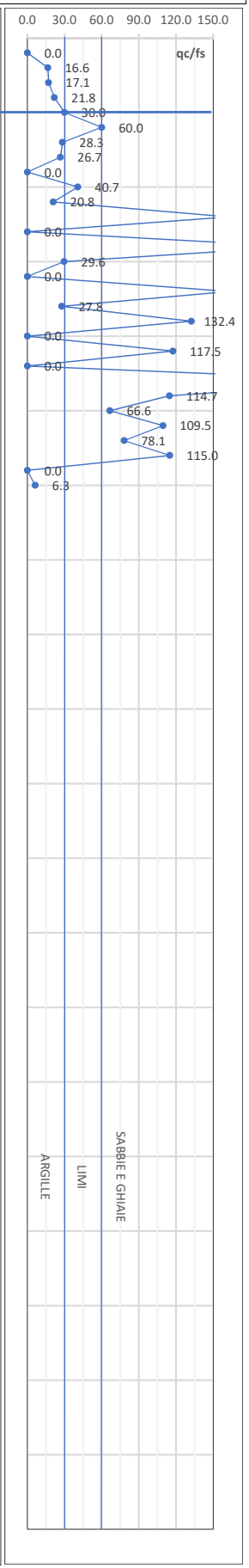
GEOLOGO
Dott. Alberto Caprara

Committente:	**Rotogal di Gallio Angelo & C. S.N.C.**	*diametro punta conica*	35.7 mm
Località:	**Via Cavour, 68**	*angola d'apertura punta*	60 °
Comune:	**San Pietro in Gu (PD)**	*area punta*	10 cm^2
Data:	**19/09/2022**	*superficie manicotto laterale*	150 cm^2
Prova:	**CPT4**	*costante di trasformazione* **Ct**	10
Falda [m]:	**-1.00**		

m	LP	LL	qc	fs	qc/fs
0.2	13	0	13	0.7	0.0
0.4	21	32	21	1.3	16.6
0.6	16	35	16	0.9	17.1
0.8	16	30	16	0.7	21.8
1.0	12	23	12	0.4	30.0
1.2	24	30	24	0.4	60.0
1.4	17	23	17	0.6	28.3
1.6	16	25	16	0.6	26.7
1.8	19	28	19	-0.9	0.0
2.0	19	6	19	0.5	40.7
2.2	25	32	25	1.2	20.8
2.4	65	83	65	0.4	162.5
2.6	99	105	99	-13.5	0.0
2.8	203		203	0.9	217.5
3.0	148	162	148	5.0	29.6
3.2	181	256	181	2.7	0.0
3.4	250	291	250	1.5	163.0
3.6	161	184	161	5.8	27.8
3.8	150	237	150	1.1	132.4
4.0	108	125	108	1.4	0.0
4.2	141	162	141	1.2	117.5
4.4	128	146	128	-20.7	0.0
4.6	310		310	1.1	290.6
4.8	260	276	260	2.3	114.7
5.0	324	358	324	4.9	66.6
5.2	219	292	219	2.0	109.5
5.4	250	280	250	3.2	78.1
5.6	253	301	253	2.2	115.0
5.8	177	210	177	1.9	0.0
6.0	45	74	45	7.1	6.3
6.2	162	269	162		
6.4	480		480		
6.6					
6.8					
7.0					
7.2					
7.4					
7.6					
7.8					
8.0					
8.2					
8.4					
8.6					
8.8					
9.0					
9.2					
9.4					
9.6					
9.8					
10.0					
10.2					
10.4					
10.6					
10.8					
11.0					
11.2					
11.4					
11.6					
11.8					
12.0					
12.2					
12.4					
12.6					
12.8					
13.0					
13.2					
13.4					
13.6					
13.8					
14.0					
14.2					
14.4					
14.6					
14.8					
15.0					
15.2					
15.4					
15.6					
15.8					
16.0					
16.2					
16.4					
16.6					
16.8					
17.0					
17.2					
17.4					
17.6					
17.8					
18.0					
18.2					
18.4					
18.6					
18.8					
19.0					
19.2					
19.4					
19.6					
19.8					
20.0					







ALLEGATO C

RELAZIONE SULLE INDAGINI SISMICHE (M.A.S.W. e HVSR)

Strumento utilizzato per MASW: Moho "SoilSpy" – sismografo digitale

Strumento utilizzato per HVSR: Moho "Tromino" – tromografo digitale

Ottobre 2022

GEOLOGO
Dott. Alberto Caprara

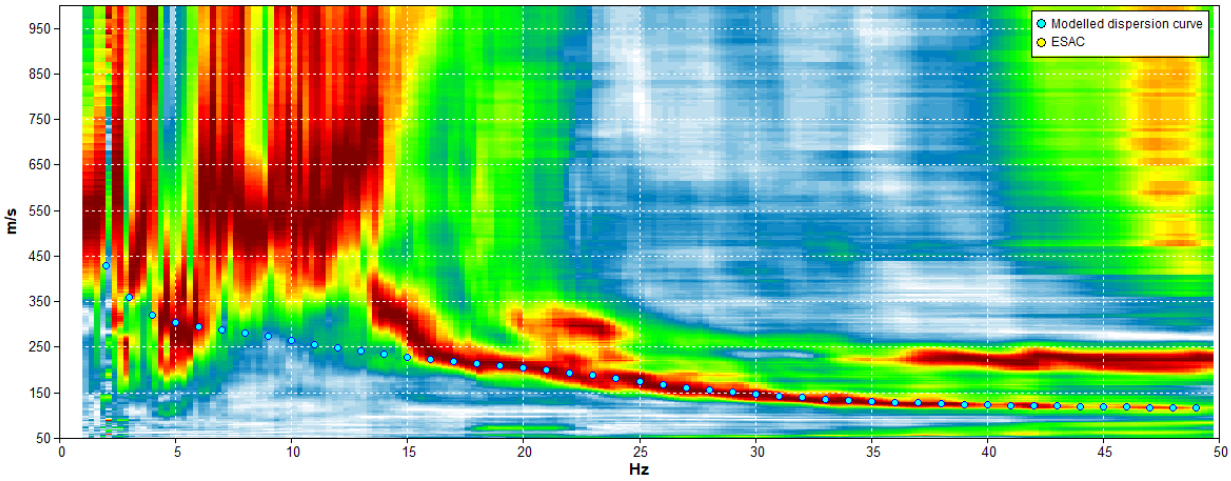
SAN PIETRO IN GÙ, Rotogal M1

Inizio registrazione: 11/04/18 11:50:28 Fine registrazione: 11/04/18 12:10:29
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 74% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 39.0 42.0 45.0 48.0 51.0 54.0 57.0 60.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



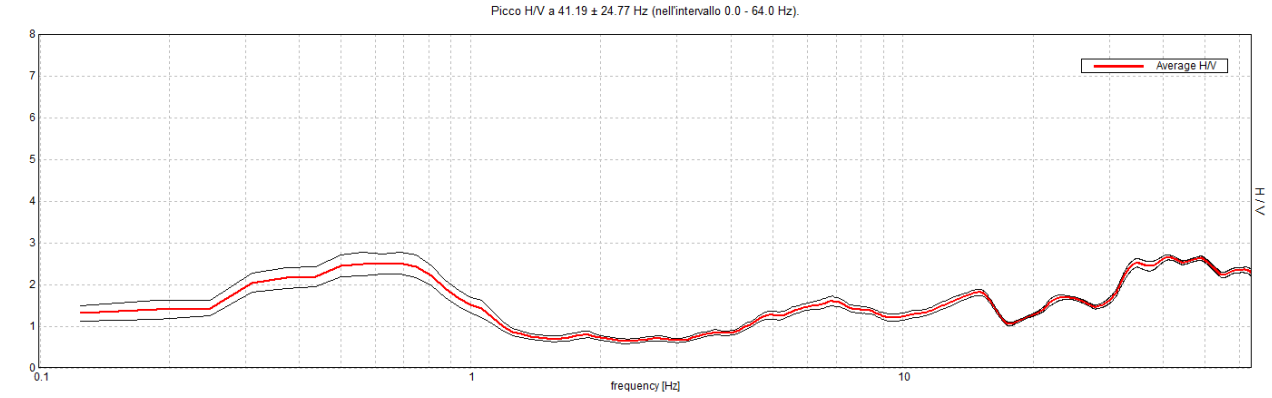
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.20	1.20	115	0.45
2.20	1.00	140	0.42
5.20	3.00	230	0.40
10.20	5.00	270	0.36
45.20	35.00	340	0.34
125.20	80.00	480	0.32
275.20	150.00	700	0.30
inf.	inf.	1100	0.28

Vs_eq(0.0-30.0)=279m/s

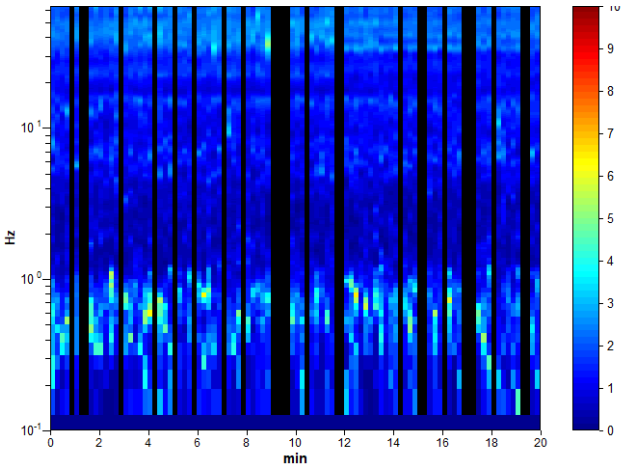
SAN PIETRO IN GÙ, Rotogal TR1

Strumento: TEN-0015/01-07
Inizio registrazione: 11/04/18 11:50:28 Fine registrazione: 11/04/18 12:10:29
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 74% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 12 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

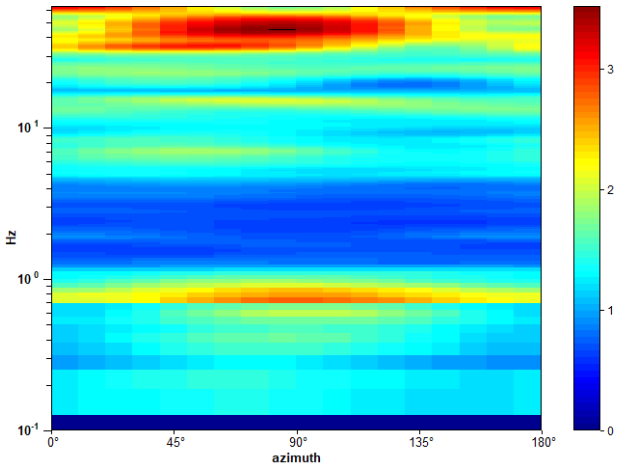
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



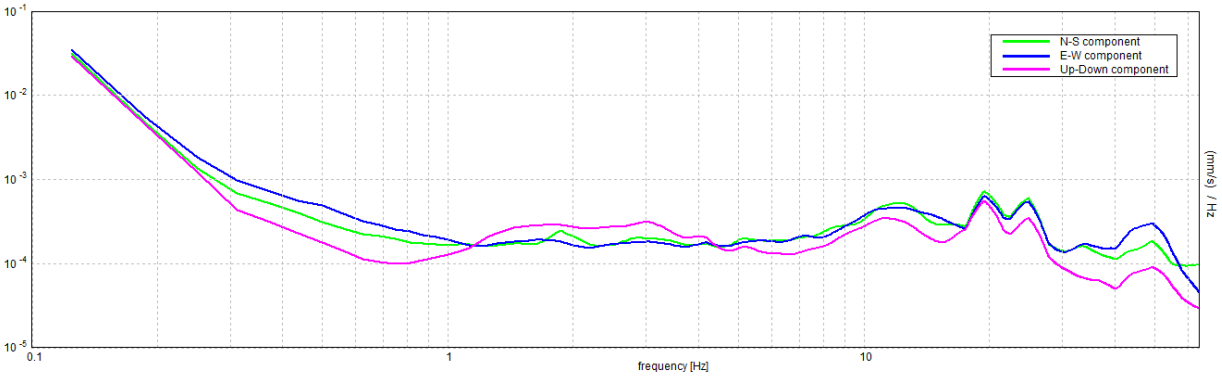
SERIE TEMPORALE H/V



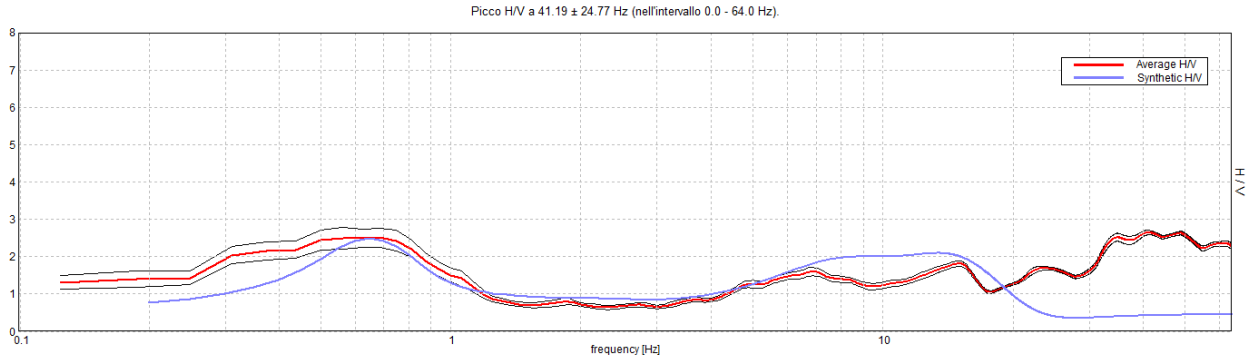
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

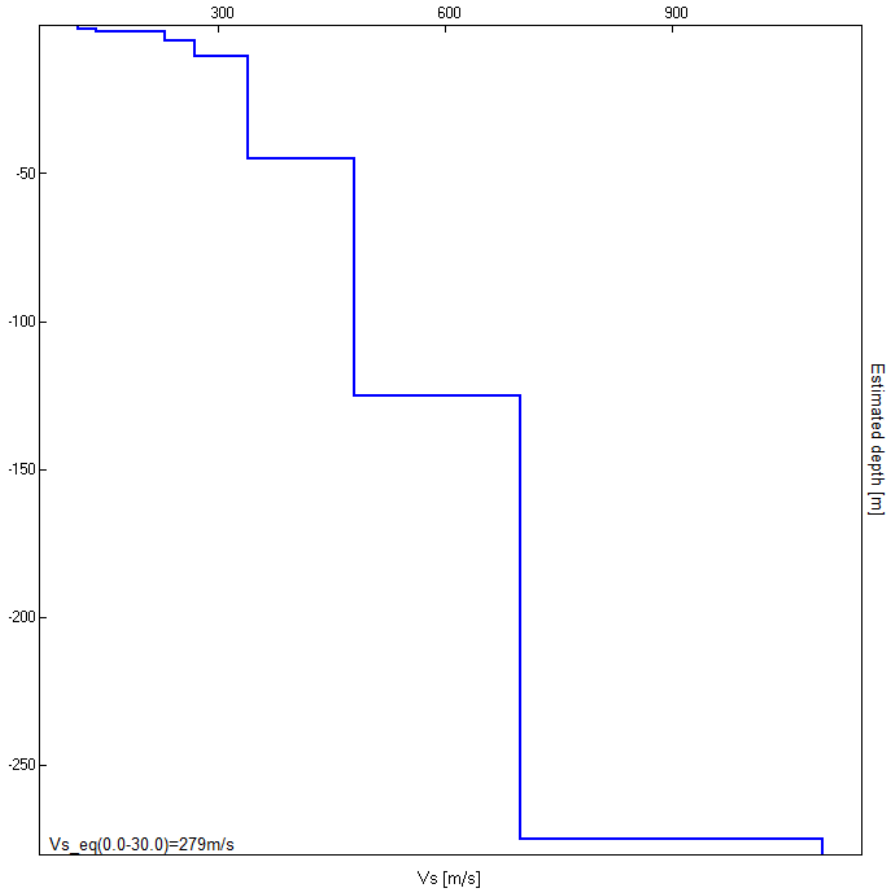


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.20	1.20	115	0.45
2.20	1.00	140	0.42
5.20	3.00	230	0.40
10.20	5.00	270	0.36
45.20	35.00	340	0.34
125.20	80.00	480	0.32
275.20	150.00	700	0.30
inf.	inf.	1100	0.28

Vs_eq(0.0-30.0)=279m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 41.19 ± 24.77 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	41.19 > 0.83	OK	
$n_c(f_0) > 200$	36574.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz**	Superato 0 volte su 696	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	20.5 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			
$A_0 > 2$	2.65 > 2	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.60129| < 0.05		
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	24.76578 < 2.05938		
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.058 < 1.58	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{logH/V}(f)$	deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

ALLEGATO D

CALCOLO DELLA RSL – METODOLOGIA E RISULTATI

Ottobre 2022

GEOLOGO
Dott. Alberto Caprara

1 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Lo studio ha come obiettivo la restituzione di uno spettro in accelerazione riferito al sito in esame che, a seguito di elaborazioni analitiche, tenga conto della modificazione che il segnale sismico subisce durante il suo percorso dalla sorgente fino alla superficie di riferimento.

L'elaborazione è stata svolta utilizzando il software LSR 2D della *software-house* "Stacec", che permette una modellazione numerica 1D e 2D della propagazione dell'onda sismica a partire da segnali simici di input. In particolare il software conduce un'analisi lineare equivalente di risposta del sito nel dominio delle frequenze, usando come input le sollecitazioni nel dominio del tempo (accelerogrammi).

2 CALCOLO RISPOSTA SISMICA LOCALE

Di seguito è riportato il metodo, la procedura e i parametri di riferimento per il calcolo della RSL e i risultati ottenuti.

2.1 PARAMETRI SISMICI DI RIFERIMENTO

Nella seguente tabella vengono riportati in maniera schematica i principali parametri sismici di riferimento per l'analisi di risposta sismica locale per il sito in oggetto. Tali parametri sono alla base delle elaborazioni eseguite successivamente.

	LONGITUDINE	LATITUDINE
Coordinate [°]	11,6816686617725°	45,619939903446°

Sorgente segnale	*Bedrock* sismico (sottosuolo A)
Categoria topografica	T1
Vita nominale - Vn [anni]	50
Coefficiente d'uso - Cu	1.0
Stato limite	SLV

	MINIMO	MASSIMO
Magnitudo	5.7	6.5
Distanza epicentrale [km]	10	30

STATO LIMITE	PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO	T_R [anni]	a_g [g]	F0	Tc* [s]
Salvaguardia Vita (SLV)	10 %	475	0.154	2.412	0.293

2.2 MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO

Definiti i parametri sismici di base dell'area in esame, viene riportato il modello sismo stratigrafico definito come caratteristico dell'area. In questo caso, viste le condizioni stratigrafiche e morfologiche dell'area è stato utilizzato un

modello 1D (monodimensionale) definito dalla successione dei sismostrati individuati dalla campagna di indagini sismiche realizzata. Di seguito si riporta in forma tabellare il modello sismico di sito utilizzato per tutte le elaborazioni.
In particolare sono associati a ciascuna litologia il peso di volume del materiale e le curve di degrado (G/G_{max} in funzione dello sforzo di taglio [%]) e di smorzamento (*Damping Ratio* [%] in funzione dello sforzo di taglio [%]). I valori utilizzati per il sito derivano da apposite curve riportate in bibliografia. Al bedrock sismico (ultimo strato del profilo sismico) viene riferito un valore di smorzamento pari a 1,0%.

MODELLO DI TERRENO IN INPUT						
Strati	**Spessore [m]**	**Peso unità di volume [kg/m³]**	**Vs [m/s]**	**Poisson**	**Curva di degrado**	**Curva di smorzamento**
1	1.20	115	0.45	0.45	Idriss (1990), Clay	Idriss (1990), Clay
2	1.00	140	0.42	0.42	Idriss (1990), Sand	Idriss (1990), Sand
3	3.00	230	0.40	0.40	Rollins, Ghiaie e ciottoli, ghiaie con sabbia	Rollins, Ghiaie e ciottoli, ghiaie con sabbia
4	5.00	270	0.36	0.36	Rollins, Ghiaie e ciottoli, ghiaie con sabbia	Rollins, Ghiaie e ciottoli, ghiaie con sabbia
5	35.00	340	0.34	0.34	Rollins, Ghiaie e ciottoli, ghiaie con sabbia	Rollins, Ghiaie e ciottoli, ghiaie con sabbia
6	80.00	480	0.32	0.32	Rollins, Ghiaie e ciottoli, ghiaie con sabbia	Rollins, Ghiaie e ciottoli, ghiaie con sabbia
7	150.00	700	0.30	0.30	Rollins, Ghiaie e ciottoli, ghiaie con sabbia	Rollins, Ghiaie e ciottoli, ghiaie con sabbia
8	inf.	1100	0.28	0.28	-	1,0%

Tabella 1: Modello sismostratigrafico del sito.

2.3 SEGNALI DI INPUT

Composto il modello sismico di riferimento si procede alla definizione dei segnali di input che sollecitano il modello a partire dal *bedrock* sismico. Come descritto dalla normativa vigente, sono necessari accelerogrammi registrati che rispettino il requisito di "spettro compatibilità" con lo spettro atteso per il sito. Tali accelerogrammi sono stati ricavati dall'utilizzo del *software* "Rexel[1]", che consulta la banca dati *European Strong-motion Data-base*[2] e seleziona una settupla di accelerogrammi compatibile con quello di riferimento.
Nelle immagini che seguono sono riportati lo spettro di normativa di riferimento (*target spectrum*), con il limite inferiore e superiore (*Lower e Upper Tolerance*) di tolleranza per la ricerca dei sismi "spettro-compatibili" all'interno dell'intervallo di 0,15 s e 2,0 s (*Range of Period*), gli spettri dei sismi individuati, con i relativi fattori di scala (*SF – scale factor*), e il loro spettro medio (Average Spectrum). La ricerca è stata eseguita per ogni stato limite.

1 Iervolino, I., Galasso, C., Cosenza, E.
REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structural analysis.
Bulletin of Earthquake Engineering, 8:339-362, 2010; DOI 10.1007/s10518-009-9146-1

2 Ambraseys, N., Smit, P., Sigbjornsson, R., Suhadolc, P. and Margaris, B.
Internet-Site for European Strong-Motion Data,
European Commission, Research-Directorate General, Environment and Climate Programme (2002); http://www.isesd.cv.ic.ac.uk/ESD/

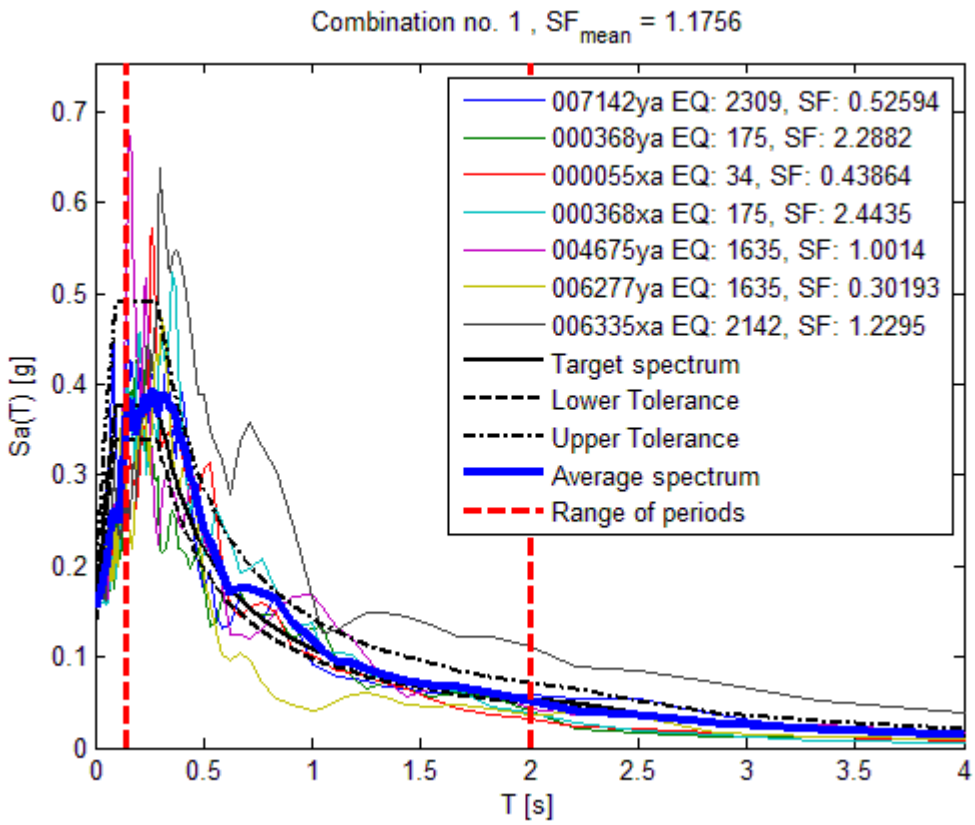


Figura 1: settupla di sismi spettro compatibili ai vari stati limite.

2.4 SPETTRO DI RISPOSTA DEL SITO

Di seguito sono riportati gli spettri di risposta in accelerazione relativi ai 7 sismi, così come ottenuti dall'elaborazione numerica e la curva dei valori medi.

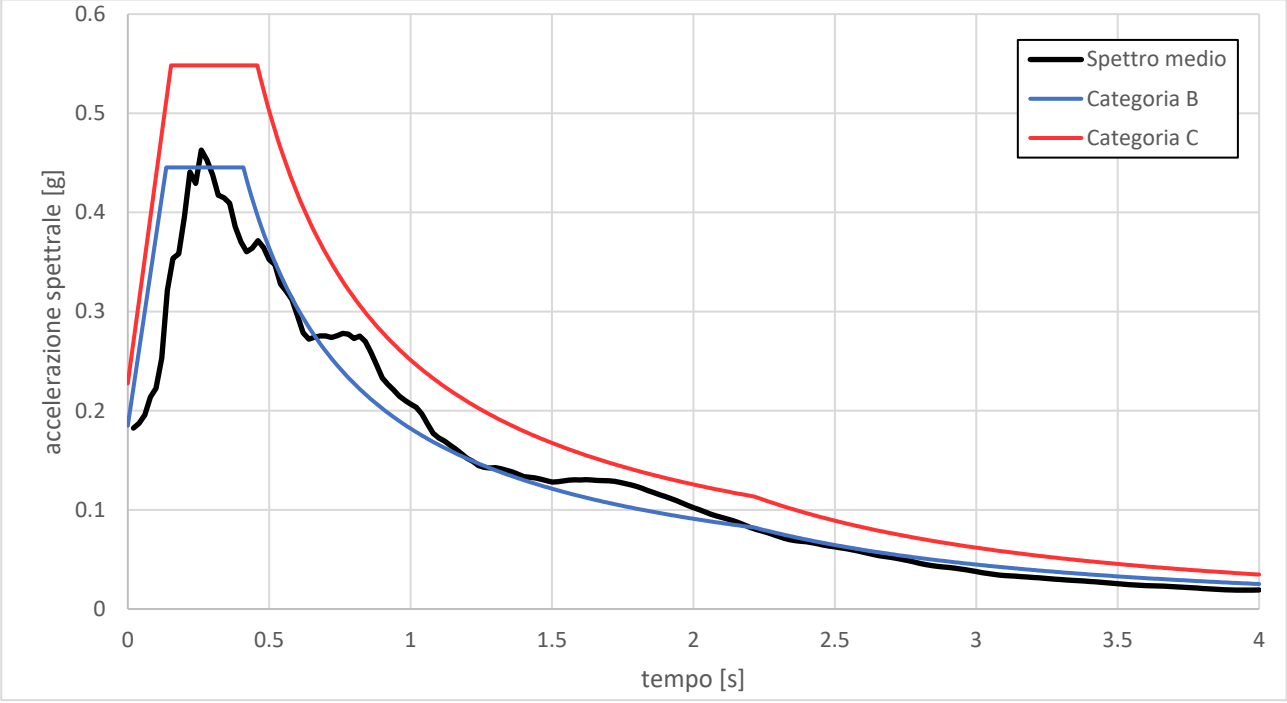


Figura 2: Spettri di risposta calcolati a partire dai 7 sismi di riferimento.

T	ag	T	ag	T	ag	T	ag	T	ag
0.02	0.182	0.82	0.275	1.62	0.130	2.42	0.067	3.22	0.031
0.04	0.187	0.84	0.270	1.64	0.130	2.44	0.066	3.24	0.031
0.06	0.196	0.86	0.259	1.66	0.130	2.46	0.064	3.26	0.030
0.08	0.214	0.88	0.246	1.68	0.129	2.48	0.063	3.28	0.030
0.10	0.223	0.90	0.233	1.70	0.129	2.50	0.063	3.30	0.030
0.12	0.253	0.92	0.226	1.72	0.129	2.52	0.062	3.32	0.029
0.14	0.322	0.94	0.221	1.74	0.128	2.54	0.061	3.34	0.029
0.16	0.354	0.96	0.215	1.76	0.126	2.56	0.060	3.36	0.029
0.18	0.358	0.98	0.210	1.78	0.125	2.58	0.059	3.38	0.028
0.20	0.395	1.00	0.207	1.80	0.124	2.60	0.057	3.40	0.028
0.22	0.441	1.02	0.203	1.82	0.122	2.62	0.056	3.42	0.027
0.24	0.429	1.04	0.196	1.84	0.119	2.64	0.055	3.44	0.027
0.26	0.463	1.06	0.186	1.86	0.117	2.66	0.054	3.46	0.027
0.28	0.453	1.08	0.177	1.88	0.115	2.68	0.053	3.48	0.026
0.30	0.438	1.10	0.172	1.90	0.114	2.70	0.052	3.50	0.026
0.32	0.417	1.12	0.169	1.92	0.111	2.72	0.051	3.52	0.025
0.34	0.415	1.14	0.165	1.94	0.109	2.74	0.050	3.54	0.025
0.36	0.409	1.16	0.161	1.96	0.107	2.76	0.049	3.56	0.024
0.38	0.385	1.18	0.157	1.98	0.105	2.78	0.047	3.58	0.024
0.40	0.370	1.20	0.152	2.00	0.102	2.80	0.046	3.60	0.024
0.42	0.360	1.22	0.149	2.02	0.100	2.82	0.045	3.62	0.023
0.44	0.364	1.24	0.145	2.04	0.098	2.84	0.044	3.64	0.023
0.46	0.371	1.26	0.143	2.06	0.096	2.86	0.043	3.66	0.023
0.48	0.365	1.28	0.142	2.08	0.094	2.88	0.043	3.68	0.023
0.50	0.352	1.30	0.143	2.10	0.092	2.90	0.042	3.70	0.022
0.52	0.347	1.32	0.141	2.12	0.091	2.92	0.041	3.72	0.022
0.54	0.328	1.34	0.140	2.14	0.089	2.94	0.041	3.74	0.022
0.56	0.321	1.36	0.138	2.16	0.087	2.96	0.040	3.76	0.021
0.58	0.312	1.38	0.136	2.18	0.085	2.98	0.039	3.78	0.021
0.60	0.296	1.40	0.134	2.20	0.082	3.00	0.038	3.80	0.021
0.62	0.279	1.42	0.133	2.22	0.080	3.02	0.037	3.82	0.020
0.64	0.272	1.44	0.132	2.24	0.079	3.04	0.036	3.84	0.020
0.66	0.274	1.46	0.131	2.26	0.077	3.06	0.035	3.86	0.020
0.68	0.275	1.48	0.129	2.28	0.075	3.08	0.034	3.88	0.019
0.70	0.275	1.50	0.128	2.30	0.073	3.10	0.034	3.90	0.019
0.72	0.274	1.52	0.128	2.32	0.071	3.12	0.033	3.92	0.019
0.74	0.276	1.54	0.129	2.34	0.070	3.14	0.033	3.94	0.019
0.76	0.278	1.56	0.130	2.36	0.069	3.16	0.033	3.96	0.019
0.78	0.277	1.58	0.130	2.38	0.068	3.18	0.032	3.98	0.019
0.80	0.273	1.60	0.130	2.40	0.068	3.20	0.032	4.00	0.019

Tabella 2: valori numerici della curva dei valori medi degli spettri di risposta calcolati.

2.4.1 Curva normalizzata

A partire dalla curva calcolata, si fornisce di seguito la curva normalizzata secondo la procedura suggerita dagli "Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica" (GdL MS, 2008). Viene così fatto il confronto tra la curva calcolata, lo spettro da approccio semplificato e la curva normalizzata.

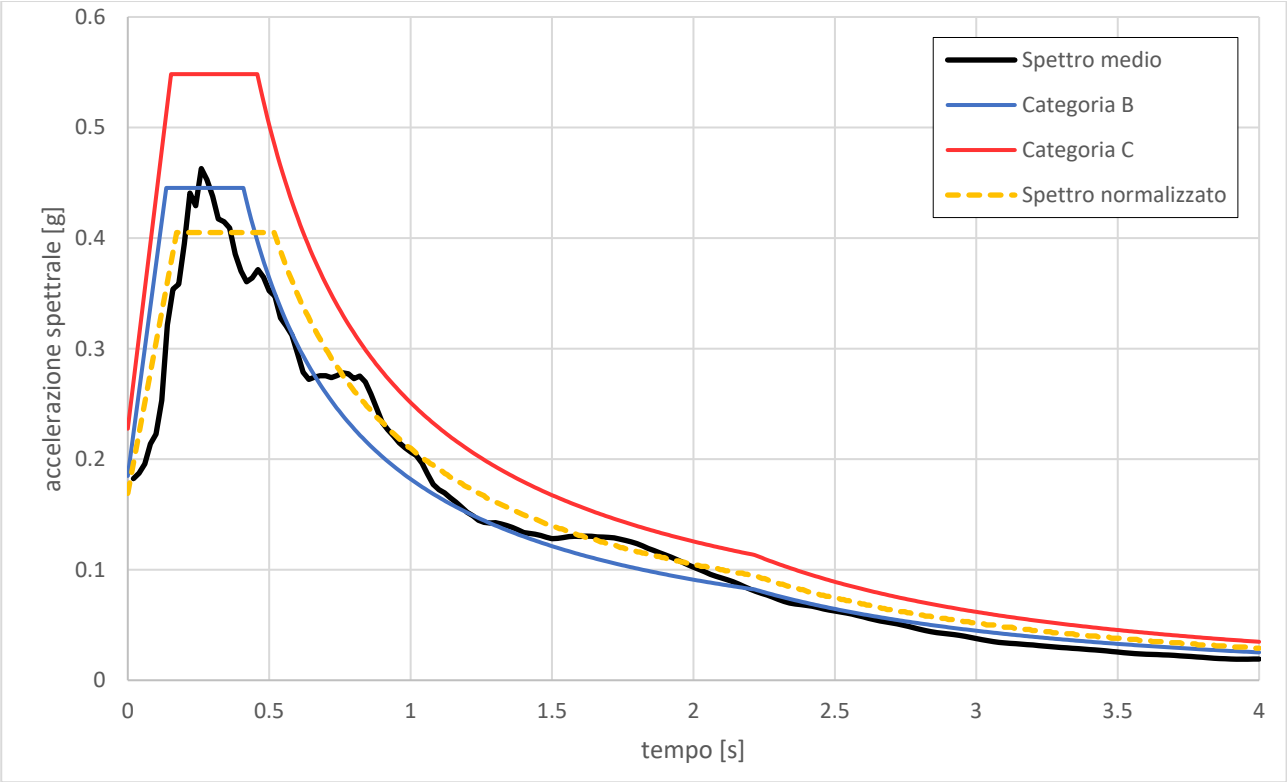


Figura 3: Spettro calcolato, spettro da approccio semplificato (tipo C e B) e spettro parametrizzato.

$a_g\ [g]$	$F0$	S	$a_{max}\ [g]$	$T_b\ [s]$	$T_c\ [s]$	$T_d\ [s]$
0.154	2.400	1.100	0.169	0.170	0.520	2.220

dove:

a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;

$F0$: valore massimo dello spettro in accelerazione orizzontale;

S : coefficiente che tiene conto degli effetti di amplificazione (stratigrafici e/o topografici);

a_{max} : punto di ancoraggio a T=0 dello spettro di output;

T_b : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;

T_c : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante;

T_d : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.