

Dott. ALVARES FABRIZIO
geologo

COMUNE DI SAN GIULIANO TERME

PIANO DI RECUPERO PER LA REALIZZAZIONE DELLA NUOVA SEDE DELLA
CROCE ROSSA, IN VIA LOUIS PASTEUR FRAZIONE PONTASSERCHIO

Committente: COMITATO CROCE ROSSA ITALIANA DI PONTASSERCHIO

RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'

DPGR 5/R/2020

aggiornamento Maggio 2024

Dr. Geol. Fabrizio Alvares



1. PREMESSA

La seguente relazione di fattibilità geologica viene redatta a supporto del Piano di recupero con contestuale variante al POC, per la realizzazione della nuova sede della Croce Rossa a Pontasserchio, comune di San Giuliano Terme (PI) (vedi corografia di Fig.1).

Le indagini geologiche sono state condotte ai sensi del regolamento di cui al D.P.G.R. n.5/R/2020 e delle direttive di cui alla Delibera n.31 del 20/01/2020, facendo riferimento alle indagini geologiche a supporto del P.O.C.



Fig. 1 – corografia dell'area

2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento edilizio riguarda un comparto urbanistico di tipo produttivo attualmente in disuso, che sarà oggetto di piano di recupero finalizzato alla realizzazione della nuova sede delle Croce Rossa, oltre ad una area adiacente individuata come zona a parcheggio, come illustrato in Fig. 2

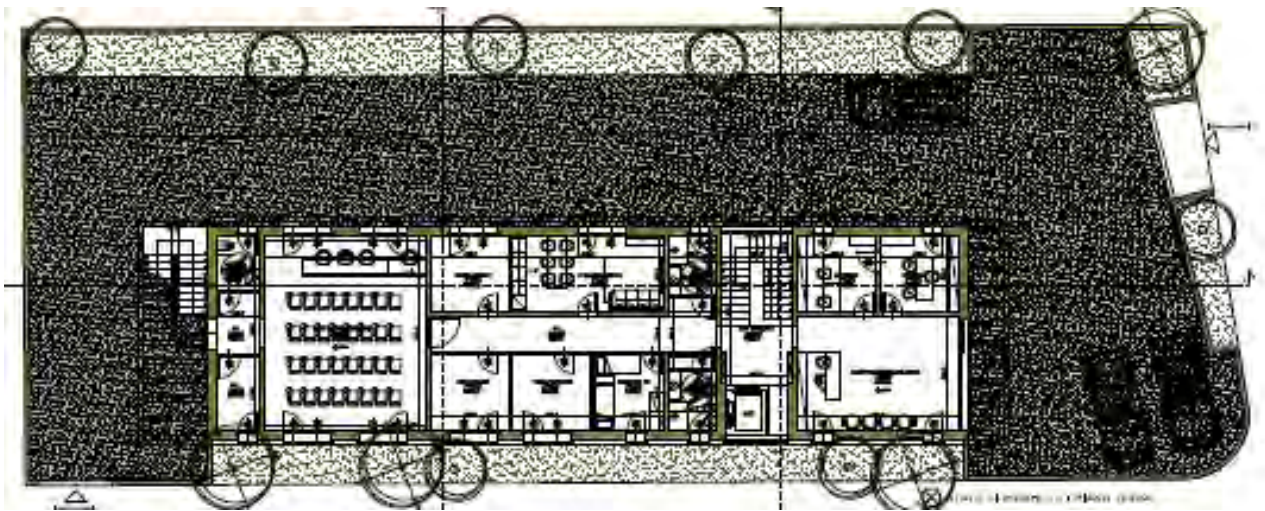


Fig.2 – comparto del piano di recupero

3. LINEAMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

Il complesso immobiliare oggetto d'intervento è ubicato al margine sud dell'abitato di Pontasserchio.

L'area di progetto fa parte della piana alluvionale pisana ed è pertanto caratterizzata da una morfologia del tutto pianeggiante.

La pianura pisana si estende dal piede dei rilievi collinari dei Monti Pisani fino al mare ed è caratterizzata da depositi alluvionali prevalentemente argillosi, limi e limi sabbiosi olocenici con granulometria crescente verso l'alveo attuale del Fiume Arno e del Serchio, in prossimità del quale prevalgono le sabbie depositatesi durante le frequenti esondazioni del passato.

La frazione più fine caratterizza le zone più lontane dai corsi d'acqua; essa è rappresentata da argille e limi all'interno dei quali sono intercalati livelli sabbiosi e ghiaiosi di spessore variabile caratterizzando così quella che rappresenta la stratigrafia tipica della Pianura Pisana.

In particolare, come possiamo osservare dalla carta geomorfologica di Fig. 3, l'area di studio è localizzata sui depositi alluvionali prevalentemente sabbioso-limosi.

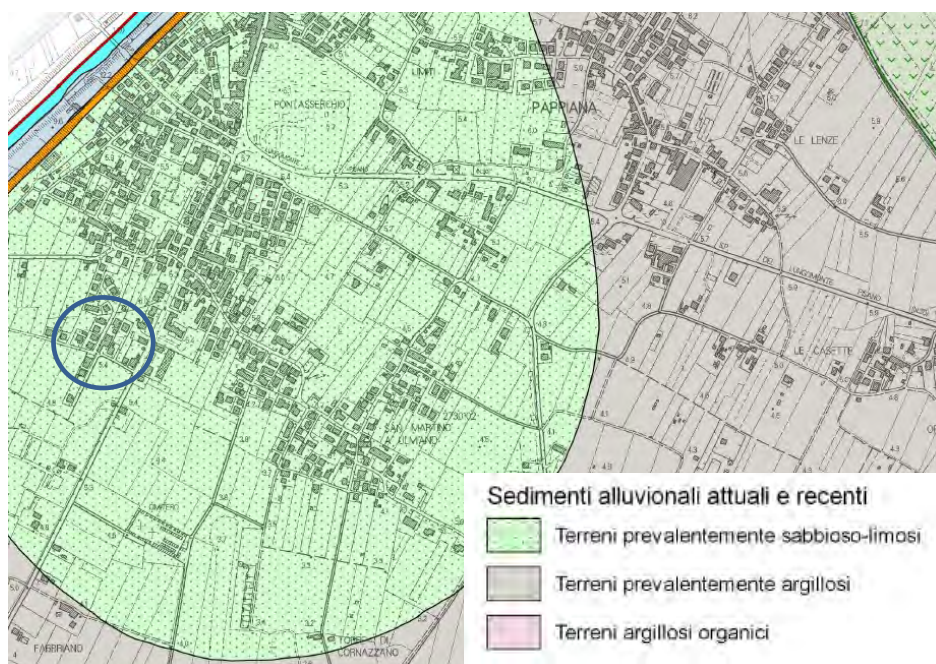


Fig. 3 – Carta geomorfologica (tratta dal P.O.C.)

4. CONDIZIONI LITO-STRATIGRAFICHE E GEOLOGICO-TECNICHE LOCALI

Le condizioni lito-stratigrafiche e geologico-tecniche sono state desunte oltre che dai numerosi dati disponibili dal quadro conoscitivo del P.S., anche da indagini geognostiche eseguite in situ attraverso un sondaggio a carotaggio continuo, attrezzato con piezometro aperto, prove geotecniche di laboratorio, una prova CPT di profondità 15 m e una prospezione sismica MASW (vedi ubicazione di Fig. 5).

In appendice si riportano i report delle indagini.

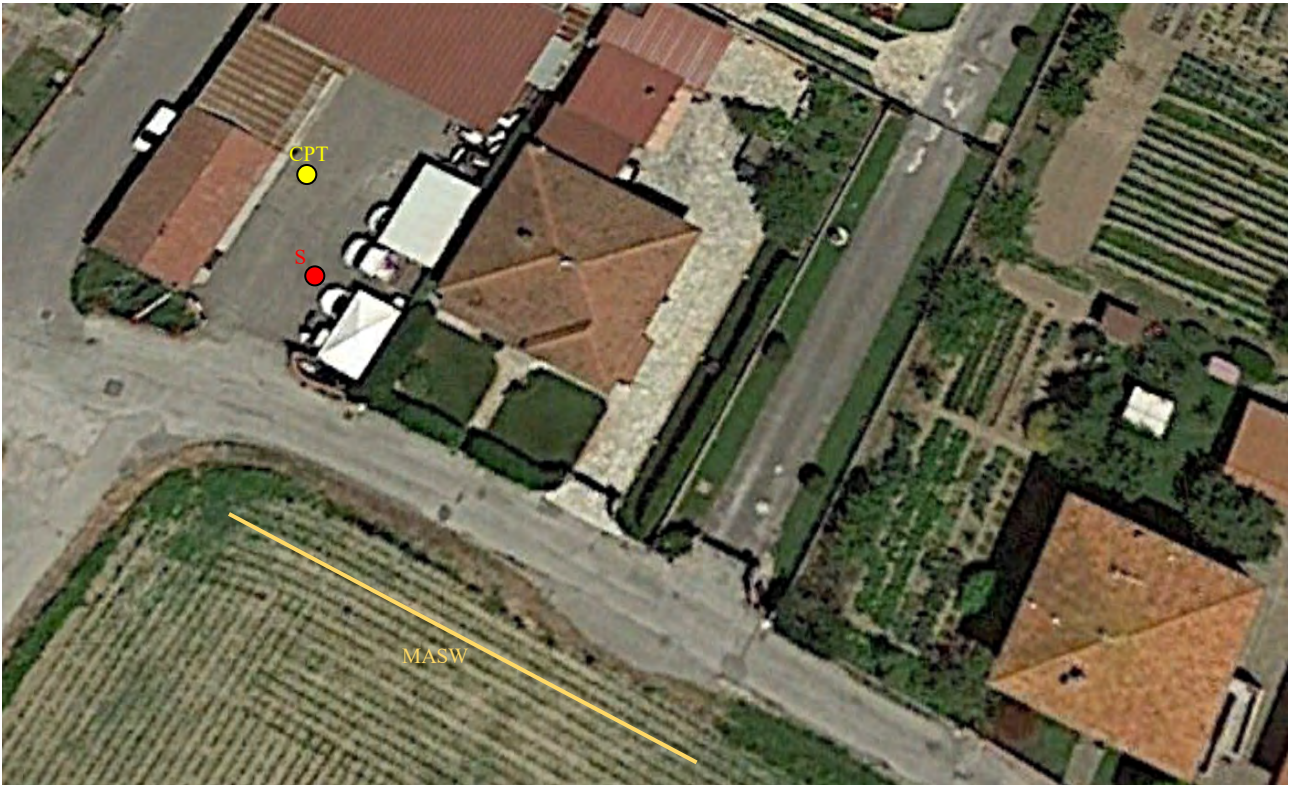
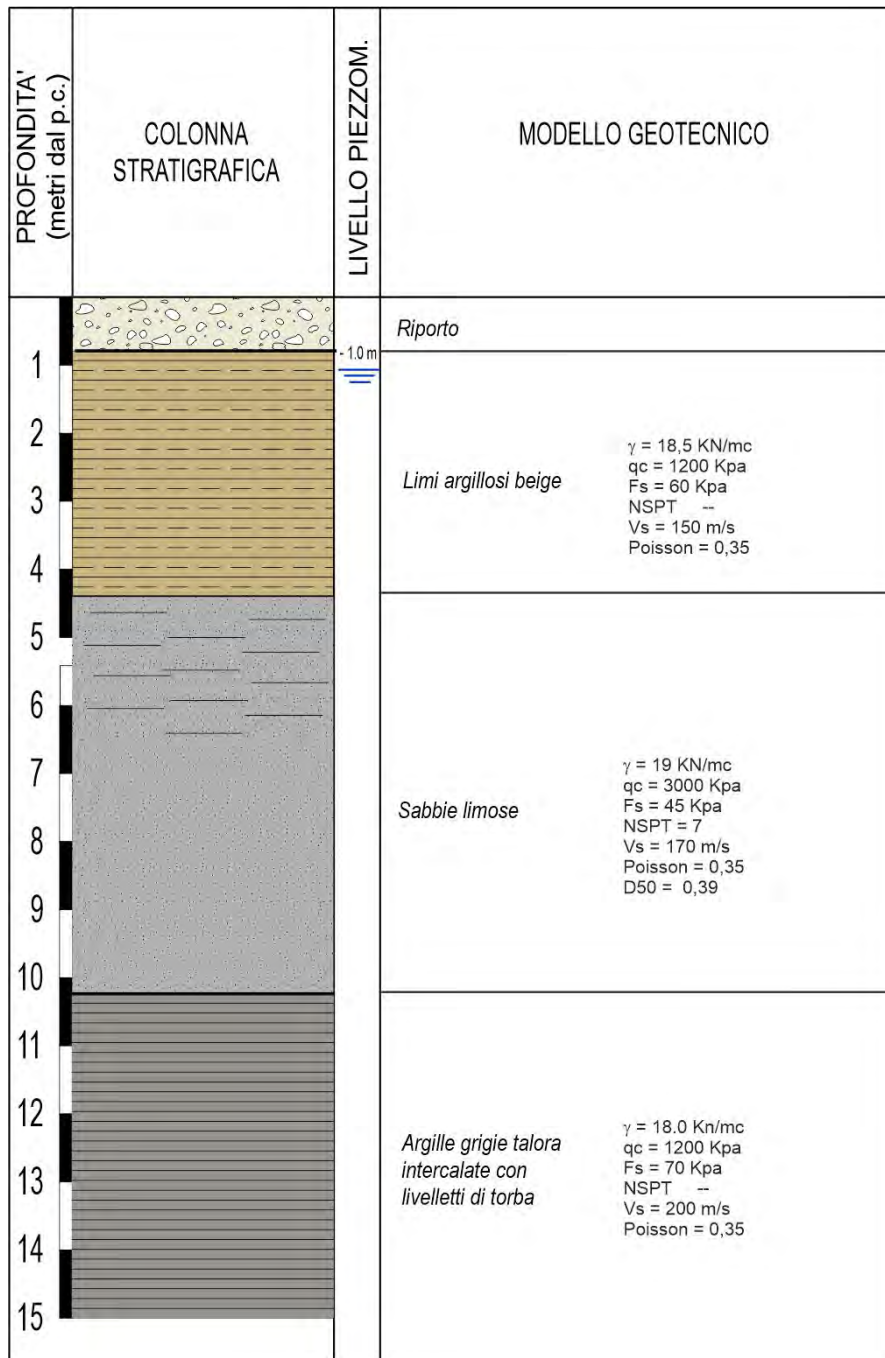


Fig. 5 – Ubicazione indagini geognostiche

In particolare, dall'analisi del grafico della CPT e della stratigrafia del sondaggio (allegati in appendice), emerge che il sottosuolo dell'area di intervento, fino alla profondità indagata di 15 m, è caratterizzato dalla presenza di litotipi limoso-argillosi fino alla profondità di circa 4,2 m, cui segue un livello sabbioso limoso, passante a sabbioso, di spessore circa 10 m, al di sotto del quale è presente un livello argilloso.

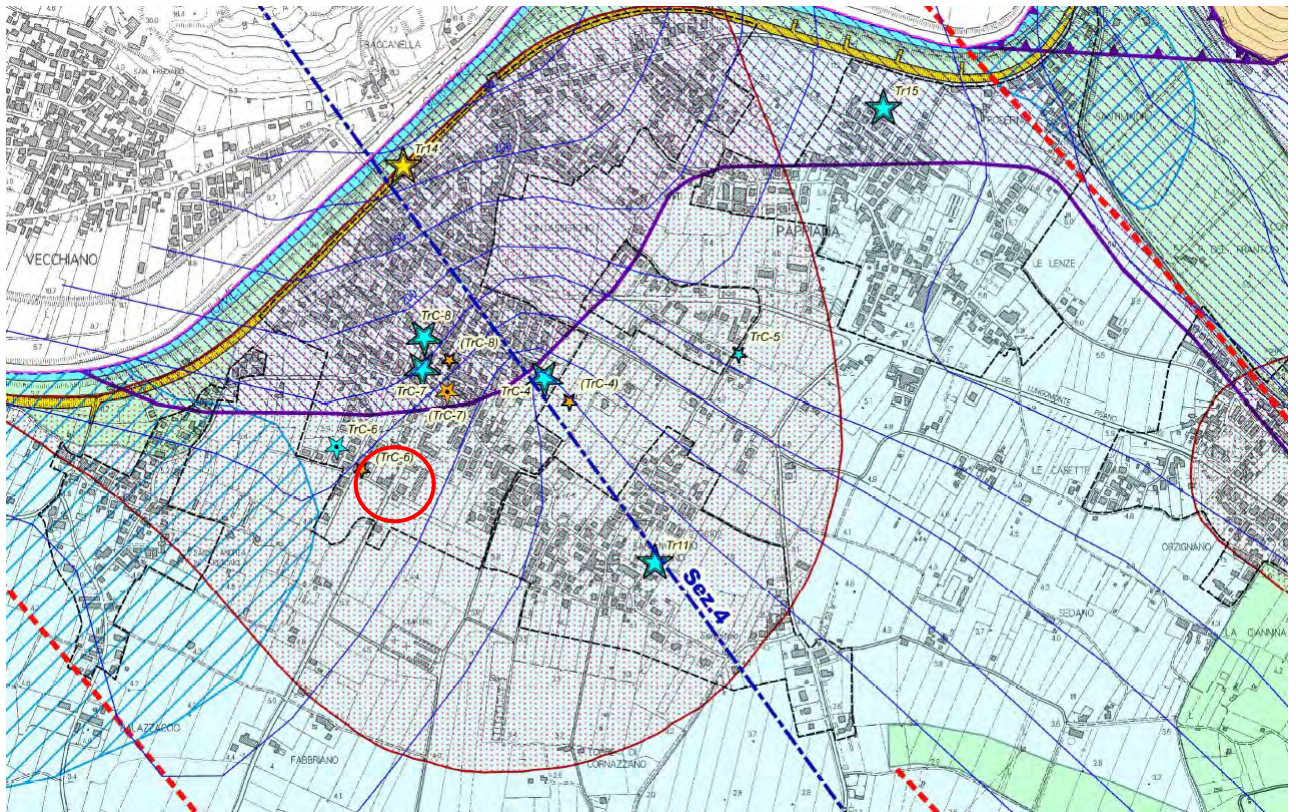
Dai risultati delle indagini in situ ed in laboratorio è stato definito il seguente modello geotecnico.

MODELLO GEOTECNICO

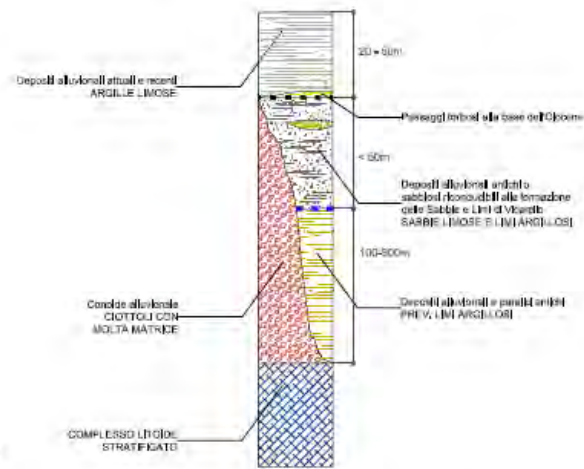


4. CARTA DELLE MOPS

Facendo riferimento alla carta delle MOPS di Fig. 4 estratta dal P.O.C., il sito di progetto ricade nelle zone suscettibili di amplificazioni locali e potenziale instabilità per fenomeni di liquefazione.



ZONA 5



AREE ALLUVIONALI (CIRCOSTANTI) A PAPPIANA, PONTE D'ORO, SAN JACOPO, LE MAGGIOLA, GHEZZANO
 Depositi alluvionali attuali e recenti
 (distanti dal fronte montuoso,

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

ZONA 5 - Depositi alluvionali attuali e recenti

ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'

--- Faglie attive e capaci di quadro conoscitivo "FA" (database ITHACA)

□ Liquefazione "L"

Fig. 4 – Carta delle MOPS (tratta dal P.O.C)

6. CRITERI GENERALI PER LA DEFINIZIONE DELLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITÀ

Aspetti geologici e sismici

Facendo riferimento alle carte di pericolosità geologica e sismica locale tratte dal P.O.C., ai terreni in esame viene confermata la classe di pericolosità geologica G2 e sismica S3 (Figg. 5 e 6), *per possibili fenomeni di amplificazione locali e potenziale instabilità per fenomeni di liquefazione.*

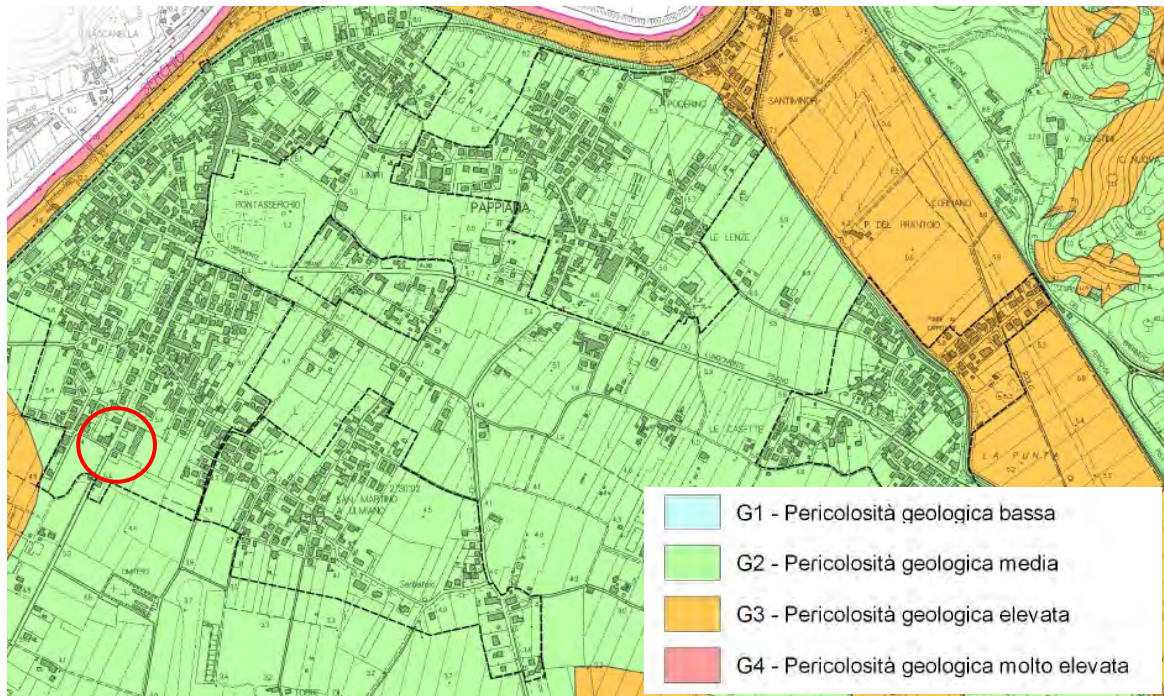


Fig. 5 – carta della pericolosità geologica (tratta dal P.O.C.)

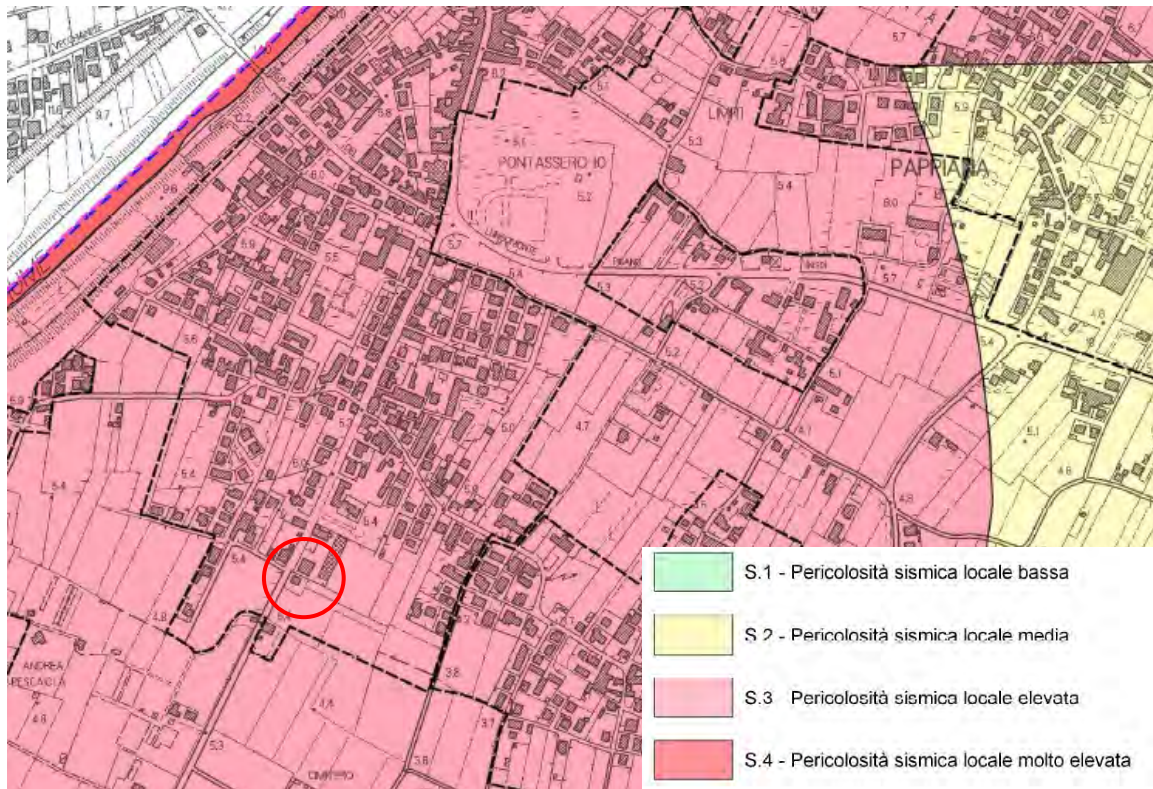


Fig. 6 – carta della pericolosità sismica (tratta dal P.O.C.)

Dalle indagini geognostiche-geotecniche eseguite, sono emerse condizioni tali da non poter escludere il progetto dalla verifica a liquefazione vista la presenza di un orizzonte sabbioso potenzialmente liquefacibili.

Sulla base delle disposizioni di cui al capitolo 3.6.3 dell'Allegato A del regolamento 5/R, si è quindi proceduto al calcolo del fattore di sicurezza relativo alla liquefazione, utilizzando il modulo di calcolo Liquiter del software GeoStru, di cui di seguito si riporta un estratto di calcolo.

Metodo dell'Eurocodice 8 (ENV 1998-5)

Le indicazioni della normativa europea sono contenute al punto 4.1.3 a cui si aggiungono ulteriori indicazioni che si possono trovare nell'appendice B della parte 5 dell'Eurocodice 8 (ENV 1998-5).

Secondo tale normativa si può escludere pericolo di liquefazione per i terreni sabbiosi saturi che si trovano a profondità di 15 m o quando $a_g < 0,15$ e, contemporaneamente, il terreno soddisfi almeno una delle seguenti condizioni:

- contenuto in argilla superiore al 20%, con indice di plasticità > 10 ;
- contenuto di limo superiore al 10% e resistenza $N_{1,60} > 20$
- frazione fine trascurabile e resistenza $N_{1,60} > 25$

Quando nessuna delle precedenti condizioni è soddisfatta, *la suscettibilità a liquefazione deve essere verificata come minimo mediante i metodi generalmente accettati dall'ingegneria geotecnica, basati su correlazioni di campagna tra misure in situ e valori critici dello sforzo ciclico di taglio che hanno causato liquefazione durante terremoti passati.*

Lo sforzo ciclico di taglio **CSR** viene valutato con l'espressione semplificata:

$$CSR = 0,65 \frac{a_g}{g} S \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \frac{r_d}{MSF} \quad (8.0)$$

dove **S** è il coefficiente di profilo stratigrafico, definito come segue:

Tabella 1- Coefficienti di profilo stratigrafico

Categoria suolo	Spettri di Tipo 1 $S (M > 5,5)$	Spettri di Tipo 2 $S (M \leq 5,5)$
A	1,00	1,00
B	1,20	1,35
C	1,15	1,50
D	1,35	1,80
E	1,40	1,60

Il fattore di correzione della magnitudo **MSF** consigliato dalla normativa è quello di **Ambraseys** (Tabella 2).

Tabella 2- 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

Nel caso vengano utilizzati dati provenienti da prove **SPT** la resistenza alla liquefazione viene calcolata mediante la seguente relazione di **Blake**, 1997:

$$CRR = \frac{0,04844 - 0,004721 (N_{1,60})_{cs} + 0,0006136 [(N_{1,60})_{cs}]^2 - 0,00001673 [(N_{1,60})_{cs}]^3}{1 - 0,1248 (N_{1,60})_{cs} + 0,009578 [(N_{1,60})_{cs}]^2 - 0,0003285 [(N_{1,60})_{cs}]^3 + 0,000003714 [(N_{1,60})_{cs}]^4} \quad (8.1)$$

Il valore di $N_{1,60}$ misurato in sabbie limose può essere trasformato in una resistenza equivalente $(N_{1,60})_{cs}$ dove con "cs" si indica "sabbie pulite". Tale valore viene valutato con il metodo proposto da **Youd e Idriss (1997)** e raccomandato dal **NCEER**:

$$(N_{1,60})_{cs} = \alpha + \beta N_{1,60} \quad (8.2)$$

dove $N_{1,60}$ è la normalizzazione dei valori misurati dell'indice N_m (ridotti del 25% per profondità < 3 m) nella prova **SPT** rispetto ad una pressione efficace di confinamento di 100 KPa ed a un valore del rapporto tra l'energia di impatto e l'energia teorica di caduta libera pari al 60%, cioè:

$$N_{1,60} = C_N C_E N_m \quad (8.3a)$$

$$C_N = \left(\frac{100}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,5} \quad (8.3b)$$

$$C_E = \frac{ER}{60} \quad (8.3c)$$

dove ER è pari al (rapporto dell'energia misurato rispetto al valore teorico) x 100 e dipende dal tipo di strumento utilizzato (Tabella 3).

Tabella 3- Rendimenti dei sistemi di infissione

Attrezzatura	C_E
Safety Hammer	0,7÷1,2
Donut Hammer (USA)	0,5÷1,0
Donut Hammer (Giappone)	1,1÷1,4
Automatico-Trip Hammer (Tipo Donut o Safety)	0,8÷1,4

I parametri α e β , invece, dipendono dalla frazione fine FC:

$\alpha = 0$	per $FC \leq 5\%$
$\alpha = \exp[1,76 - (190 / FC^2)]$	per $5\% < FC \leq 35\%$
$\alpha = 5$	per $FC > 35\%$
$\beta = 1,0$	per $FC \leq 5\%$
$\beta = [0,99 + (FC^{1,5} / 1000)]$	per $5\% < FC \leq 35\%$
$\beta = 1,2$	per $FC > 35\%$

Se invece si possiedono dati provenienti da una prova penetrometrica statica (**CPT**), i valori di resistenza alla punta misurati q_c devono essere normalizzati rispetto ad una pressione efficace di confinamento pari a 100 KPa e vanno calcolati tramite la seguente relazione:

$$q_{c1N} = \frac{q_c}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n \quad (8.4)$$

Per poter tenere conto della eventuale presenza di fini, il software utilizza il metodo di Robertson e Wride. Poiché, come dimostrato, è possibile assumere:

$$\frac{(q_{c1N})_{cs}}{(N_{1,60})_{cs}} = 5 \quad (8.5)$$

come proposto dall'**EC8**, derivato $(N_{1,60})_{cs}$ dalla (8.3), si utilizza la (8.2) per il calcolo di **CRR**.

Quando invece si possiedono dati provenienti da prove sismiche di rifrazione, si calcola la velocità di propagazione normalizzata con la (8.6) e la resistenza alla liquefazione mediante la formula di Andrus e Stokoe (8.7):

$$V_{S1} = V_S \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,25} \quad (8.6)$$

dove

V_{S1} velocità delle onde di taglio corretta dalla sovrappressione;

V_S velocità delle onde di taglio misurate in situ;

Pa pressione atmosferica (circa 100 kPa);

σ'vo pressione effettiva iniziale nelle stesse unità di misura della **Pa**.

$$CRR = 0,03 \left(\frac{V_{S1}}{100} \right)^2 + 0,9 \left[\frac{1}{(V_{S1})_{cs} - V_{S1}} - \frac{1}{(V_{S1})_{cs}} \right] \quad (8.7)$$

dove la presenza di fini FC (%) interviene nel modello di calcolo tramite le seguenti indicazioni:

$(V_{S1})_{CS} = 220$	per $FC \leq 5\%$
$220 < (V_{S1})_{CS} \leq 200$	per $5\% < FC \leq 35\%$
$(V_{S1})_{CS} = 200$	per $FC > 35\%$

VERIFICA A LIQUEFAZIONE

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 1 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.121

Fattore amplificazione 2.358

Tipo Suolo: D-Terreni granulari sciolti e poco addensati, coesivi consistenti Vs30<180

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

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS)	1.8
Coefficiente amplificazione topografica (ST)	1
Magnitudo momento sismico (Mw)	6.14
Distanza epicentro	10 Km
Peak ground acceleration (PGA)	0.2178

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Limi argillosi + Riporto	0	4.5	18.5	19.5	1200	60	150
2	Sabbie limose	4.5	10.2	19	20	3000	45	170
3	Argille grigie	10.2	15	18.0	19.0	1200	70	200

Eurocodice 8 VS

Strato Nr.	Frazione limosa (%)	Frazione argillosa (%)	Indice di plasticità (%)	Tipo Suolo
1-	0	0	<= 10	D-Terreni granulari sciolti e poco addensati, coesivi consistenti Vs30<180
2-	0	0	<= 10	D-Terreni granulari sciolti e poco addensati, coesivi consistenti Vs30<180

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Velocità normalizzata Vs1 (m/s)	Valore critico di Vs1 (Vs1c) (m/s)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione
1	1.20	21.800	19.839	224.757	220.000	0.991	0.000	0.045	0.00	L
2	1.40	25.600	21.677	219.831	220.000	0.989	5.480	0.048	113.62	NL
3	1.60	29.400	23.516	215.402	220.000	0.988	0.331	0.051	6.48	NL
4	1.80	33.200	25.355	211.386	220.000	0.986	0.234	0.053	4.38	NL
5	2.00	37.000	27.193	207.719	220.000	0.985	0.199	0.056	3.57	NL
6	2.20	40.800	29.032	204.349	220.000	0.983	0.179	0.057	3.11	NL
7	2.40	44.600	30.871	201.236	220.000	0.982	0.165	0.059	2.80	NL
8	2.60	48.400	32.709	198.346	220.000	0.980	0.155	0.060	2.57	NL
9	2.80	52.200	34.548	195.653	220.000	0.979	0.148	0.062	2.39	NL
10	3.00	56.000	36.387	193.133	220.000	0.977	0.141	0.063	2.25	NL
11	3.20	59.800	38.225	190.767	220.000	0.976	0.136	0.064	2.13	NL
12	3.40	63.600	40.064	188.540	220.000	0.974	0.131	0.065	2.02	NL
13	3.60	67.400	41.903	186.436	220.000	0.972	0.127	0.066	1.93	NL
14	3.80	71.200	43.741	184.446	220.000	0.971	0.123	0.066	1.85	NL
15	4.00	75.000	45.580	182.557	220.000	0.969	0.120	0.067	1.78	NL
16	4.20	78.800	47.419	180.761	220.000	0.968	0.117	0.068	1.72	NL
17	4.40	82.600	49.257	179.050	220.000	0.966	0.114	0.068	1.67	NL
18	4.60	86.500	51.196	200.974	220.000	0.965	0.164	0.069	2.38	NL
19	4.80	90.500	53.235	199.022	220.000	0.963	0.158	0.069	2.27	NL
20	5.00	94.500	55.273	197.161	220.000	0.962	0.152	0.070	2.18	NL
21	5.20	98.500	57.312	195.383	220.000	0.960	0.147	0.070	2.09	NL
22	5.40	102.500	59.351	193.683	220.000	0.959	0.143	0.071	2.02	NL
23	5.60	106.500	61.389	192.055	220.000	0.957	0.139	0.071	1.96	NL

24	5.80	110.500	63.428	190.493	220.000	0.956	0.135	0.071	1.90	NL
25	6.00	114.500	65.467	188.992	220.000	0.954	0.132	0.071	1.85	NL
26	6.20	118.500	67.505	187.549	220.000	0.953	0.129	0.072	1.80	NL
27	6.40	122.500	69.544	186.159	220.000	0.951	0.126	0.072	1.76	NL
28	6.60	126.500	71.583	184.819	220.000	0.950	0.124	0.072	1.72	NL
29	6.80	130.500	73.621	183.526	220.000	0.948	0.122	0.072	1.68	NL
30	7.00	134.500	75.660	182.277	220.000	0.946	0.119	0.073	1.65	NL
31	7.20	138.500	77.699	181.070	220.000	0.945	0.117	0.073	1.61	NL
32	7.40	142.500	79.737	179.901	220.000	0.943	0.115	0.073	1.58	NL
33	7.60	146.500	81.776	178.769	220.000	0.942	0.114	0.073	1.55	NL
34	7.80	150.500	83.815	177.672	220.000	0.940	0.112	0.073	1.53	NL
35	8.00	154.500	85.853	176.608	220.000	0.939	0.110	0.073	1.50	NL
36	8.20	158.500	87.892	175.575	220.000	0.937	0.109	0.074	1.48	NL
37	8.40	162.500	89.931	174.571	220.000	0.936	0.107	0.074	1.45	NL
38	8.60	166.500	91.969	173.595	220.000	0.934	0.106	0.074	1.43	NL
39	8.80	170.500	94.008	172.646	220.000	0.933	0.104	0.074	1.41	NL
40	9.00	174.500	96.047	171.723	220.000	0.931	0.103	0.074	1.39	NL
41	9.20	178.500	98.085	170.824	220.000	0.928	0.102	0.074	1.37	NL
42	9.40	182.500	100.124	169.947	220.000	0.923	0.101	0.074	1.35	NL
43	9.60	186.500	102.163	169.093	220.000	0.918	0.099	0.075	1.33	NL
44	9.80	190.500	104.202	168.260	220.000	0.912	0.098	0.075	1.32	NL
45	10.00	194.500	106.240	167.447	220.000	0.907	0.097	0.075	1.30	NL
46	10.20	198.500	108.279	166.653	220.000	0.902	0.096	0.075	1.28	NL
47	10.40	202.400	110.218	195.194	220.000	0.896	0.146	0.075	1.95	NL
48	10.60	206.300	112.156	194.345	220.000	0.891	0.144	0.075	1.92	NL
49	10.80	210.200	114.095	193.515	220.000	0.886	0.142	0.075	1.89	NL
50	11.00	214.100	116.034	192.701	220.000	0.880	0.140	0.075	1.86	NL
51	11.20	218.000	117.972	191.905	220.000	0.875	0.138	0.075	1.83	NL
52	11.40	221.900	119.911	191.124	220.000	0.870	0.137	0.076	1.81	NL
53	11.60	225.800	121.850	190.359	220.000	0.864	0.135	0.076	1.78	NL
54	11.80	229.700	123.788	189.610	220.000	0.859	0.133	0.076	1.76	NL
55	12.00	233.600	125.727	188.874	220.000	0.854	0.132	0.076	1.74	NL
56	12.20	237.500	127.666	188.153	220.000	0.848	0.130	0.076	1.72	NL
57	12.40	241.400	129.604	187.446	220.000	0.843	0.129	0.076	1.70	NL
58	12.60	245.300	131.543	186.751	220.000	0.838	0.128	0.076	1.68	NL
59	12.80	249.200	133.482	186.069	220.000	0.832	0.126	0.076	1.66	NL
60	13.00	253.100	135.420	185.400	220.000	0.827	0.125	0.076	1.64	NL
61	13.20	257.000	137.359	184.742	220.000	0.822	0.124	0.076	1.62	NL
62	13.40	260.900	139.298	184.096	220.000	0.816	0.123	0.076	1.60	NL
63	13.60	264.800	141.236	183.461	220.000	0.811	0.122	0.077	1.59	NL
64	13.80	268.700	143.175	182.837	220.000	0.806	0.120	0.077	1.57	NL
65	14.00	272.600	145.114	182.223	220.000	0.800	0.119	0.077	1.56	NL
66	14.20	276.500	147.052	181.619	220.000	0.795	0.118	0.077	1.54	NL
67	14.40	280.400	148.991	181.026	220.000	0.790	0.117	0.077	1.53	NL
68	14.60	284.300	150.930	180.442	220.000	0.784	0.116	0.077	1.51	NL
69	14.80	288.200	152.868	179.867	220.000	0.779	0.115	0.077	1.50	NL

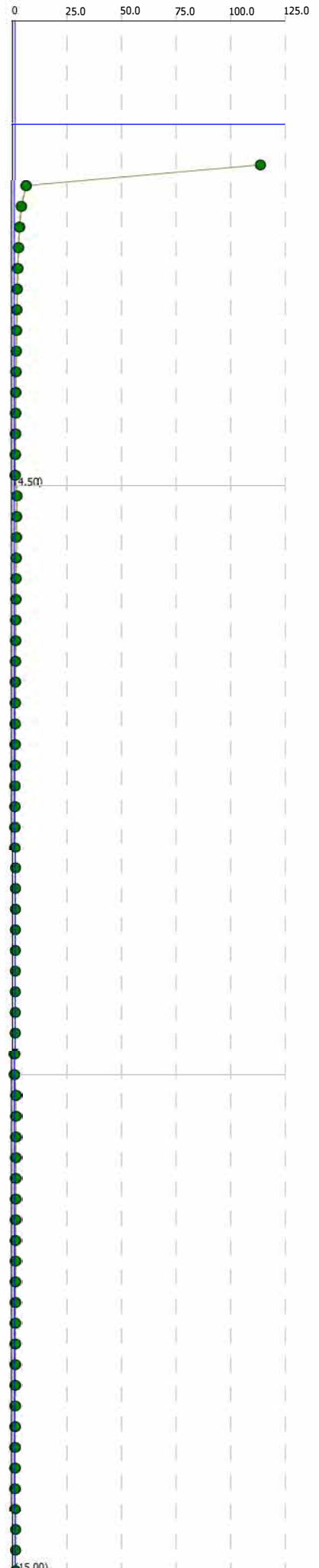
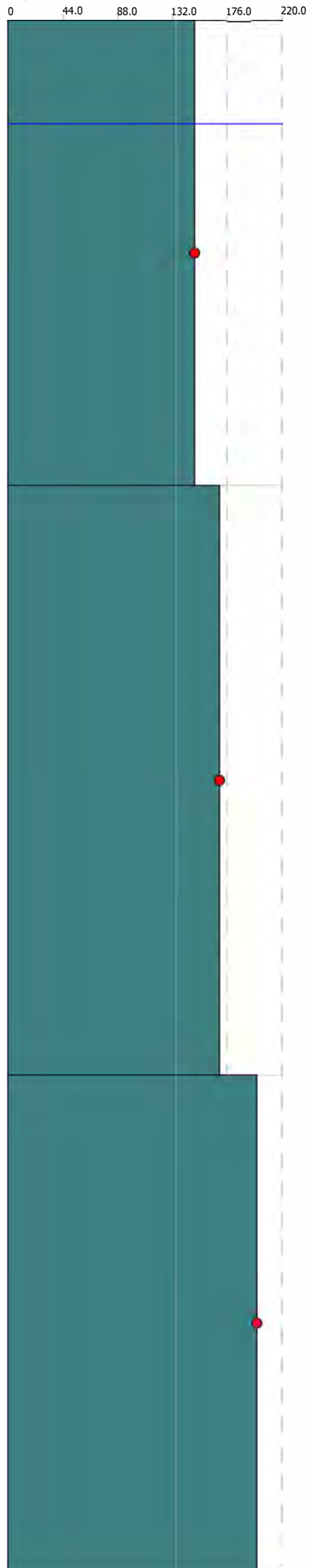
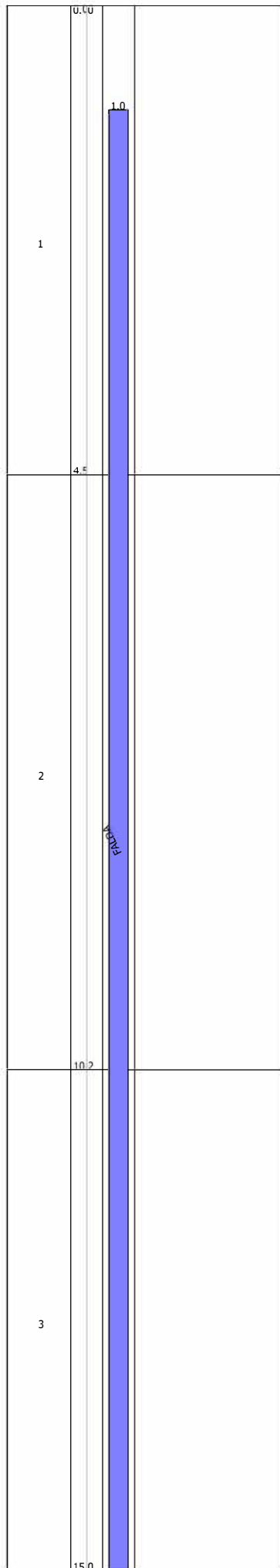
IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

NL – Non Liquefacibile

Colonna stratigrafica

Vs (m/s)

Fattore di sicurezza Fs



Aspetti idraulici

Come possiamo osservare dalla carta della pericolosità idraulica di Fig. 7, l'area di progetto ricade nella classe di pericolosità media I2

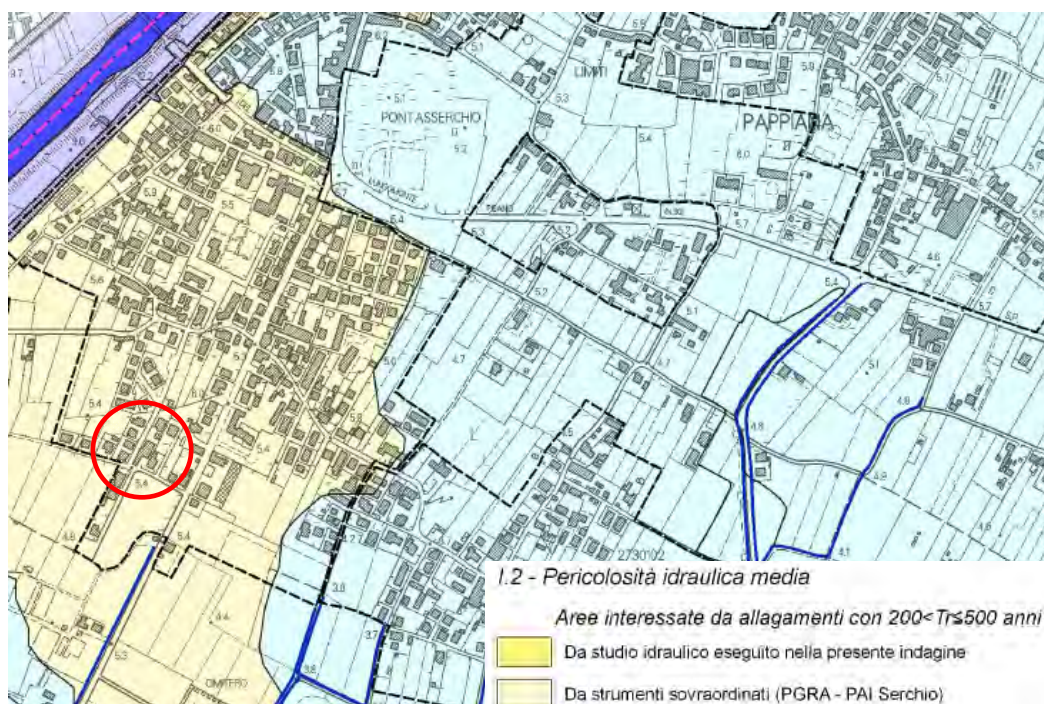


Fig. 7 – carta della pericolosità idraulica sullo stato di fatto (tratta dal P.O.C.)

6. CONDIZIONI DI FATTIBILITA'

Ai fini della valida formazione dei titoli abilitativi all'attività edilizia, sulla base delle classi di pericolosità sopra descritte, per gli interventi in progetto vengono definite le seguenti condizioni di fattibilità.

6.1 Aspetti geologici e sismici

Dalle indagini geognostiche-geotecniche eseguite, come visto, sono emerse condizioni tali da non poter escludere il progetto dalla verifica a liquefazione, vista la presenza di un orizzonte sabbioso potenzialmente liquefacibile.

Dalla verifica a liquefazione, i terreni sabbiosi in esame sono risultati non liquefacibili.

Per allinearsi con le disposizioni di cui al DPGR 1/R/202, ricadendo l'intervento edilizio nella classe di indagine 4, per la determinazione dell'azione sismica, le indagini dovranno essere integrate con una prova geofisica in foro di sondaggio o, alternativamente, con una prova penetrometrica statica con cono sismico (ad esempio SCPTU).

6.2 Rischio alluvioni

Ricadendo l'area nella classe di pericolosità media I2, gli interventi non sono assoggettati alle disposizioni di cui alla L.R. 41/2028. Al fine di perseguire un maggiore livello di sicurezza idraulica è richiesto comunque di rialzare il piano di calpestio dei fabbricati di almeno 20 cm rispetto al piano di campagna.



REPORT SONDAGGI

Committente:

Croce Rossa Italiana

Località: Via Pasteur

Pontasserchio

San Giuliano Teme (PI)

Data Indagine: 15/12/2023

Codice lavoro: 231215m

SONDAGGI GEOGNOSTICI

Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.r.l.

Via Lenin, 132/Q

56017 San Giuliano Terme (PI)

Tel/Fax: 050 9910582

e-mail: info@gaiaservizi.com

P.IVA: 01667250508

Data elaborazione: 02/01/2024

GAIA Servizi S.r.l.

Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167

COMMITTENTE: Crocerossa

DATA: dicembre 2023

CANTIERE: Crocerossa Pontasserchio

SONDAGGIO N°

1

Fabrizio Alvares
geologo

I = CAMPIONE INDISTURBATO (Shelby)

R = CAMPIONE RIMANEGGIATO

METODO DI PERFORAZIONE	TIPO DI CORONA	ATTREZZO DI PERFORAZIONE	PROFONDITA' (metri dal p.c.)	COLONNA STRATIGRAFICA	LIVELLO FALDA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAROTAGGIO %		POKET PENETROMETER (kg/cmq)		S.P.T (N. colpi)	CAMPIONI			STRUMENTAZIONE INSTALLATA
												NUMERO	PROFONDITA'	TIPO	
							10	20	30	40					
CAROTAGGIO CONTINUO AD INSERTI DI WIDIA CAROTIERE SEMPLICE			1			Riporto									Piezometro aperto in PVC
			2			Limi argillosi beige						C1		I	
			3			Limi argillosi beige									
			4			Limi argillosi beige									
			5			Sabbie limose									
			6			Sabbie limose								R	
			7			Sabbie limose									
			8			Sabbie limose									
			9			Sabbie limose									
			10			Sabbie limose								R	
			11			Argille grigie talora intercalate con livelletti di torba									
			12			Argille grigie talora intercalate con livelletti di torba									
			13			Argille grigie talora intercalate con livelletti di torba									
			14			Argille grigie talora intercalate con livelletti di torba									
			15			Argille grigie talora intercalate con livelletti di torba									
			16			Argille grigie talora intercalate con livelletti di torba									
			17			Argille grigie talora intercalate con livelletti di torba									
			18			Argille grigie talora intercalate con livelletti di torba								I	
			19			Argille grigie talora intercalate con livelletti di torba									
			20			Argille grigie talora intercalate con livelletti di torba									
			21			Argille grigie talora intercalate con livelletti di torba									
			22			Argille grigie talora intercalate con livelletti di torba								I	
			23			Argille grigie talora intercalate con livelletti di torba									
			24			Argille grigie talora intercalate con livelletti di torba									
			25			Argille grigie talora intercalate con livelletti di torba									
			26			Argille grigie talora intercalate con livelletti di torba									
			27			Argille grigie talora intercalate con livelletti di torba									
			28			Argille grigie talora intercalate con livelletti di torba									
			29			Argille grigie talora intercalate con livelletti di torba									
			30			Argille grigie talora intercalate con livelletti di torba									

3-3-4

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 1: Sondaggio S1 - Postazione



Figura 2: Sondaggio S1 – Cassa 1



Figura 3: Sondaggio S1 – Cassa 2



Figura 4: Sondaggio S1 – Cassa 3

Il sondaggio S1 è stato eseguito in data 15/12/2023 con sonda MAIT T/14; il sondaggio ha raggiunto la profondità di 15 metri dal piano di campagna, ed è stato interamente condotto a carotaggio continuo; le specifiche del martino per S.P.T. da 118 kg della ditta ARENA utilizzato, avente efficienza dell'80% rispetto al valore teorico, sono riportate in allegato

Durante l'esecuzione del sondaggio S1 è stata eseguita n.1 prova S.P.T. in foro, che ha fornito i seguenti risultati:

S1-SPT 1 – da 9,00 metri a 9,45 metri di profondità – n.colpi: 3-3-4

Durante l'esecuzione del sondaggio S1 sono stati prelevati n.2 campioni indisturbati di terreno in fustella Shelby, successivamente inviati a laboratorio certificato per le analisi, alle seguenti profondità:

S1-CI1: da 1,60 metri a 2,00 metri di profondità

S1-CI2: da 4,00 metri a 4,50 metri di profondità

Durante l'esecuzione del sondaggio S1 sono inoltre stati prelevati complessivamente n.2 campioni rimaneggiati di terreno dalle cassette catalogatrici, successivamente inviati a laboratorio certificato per le analisi, alle seguenti profondità:

S1-CR1: da 5,30 metri a 5,70 metri di profondità

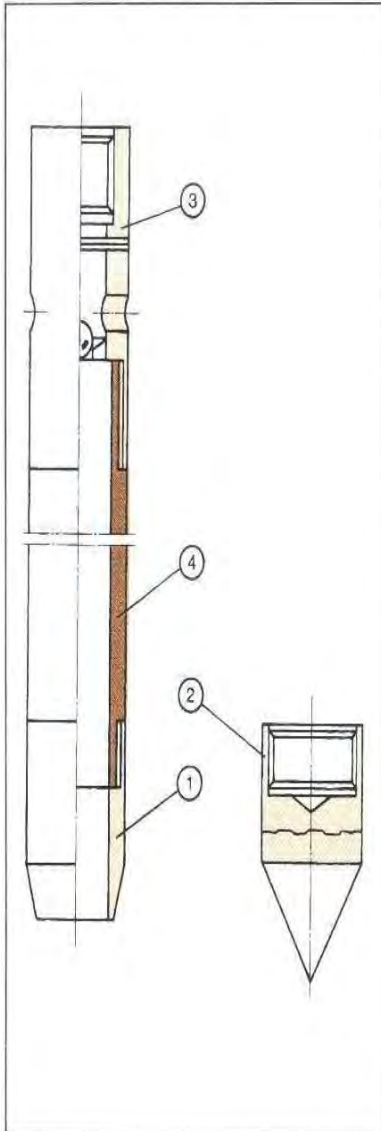
S1-CR2: da 10,00 metri a 10,30 metri di profondità

Il foro di sondaggio S1 è infine stato attrezzato con piezometro geotecnico in PVC del diametro di circa 2" fino a fondo foro per la misurazione del livello di falda.

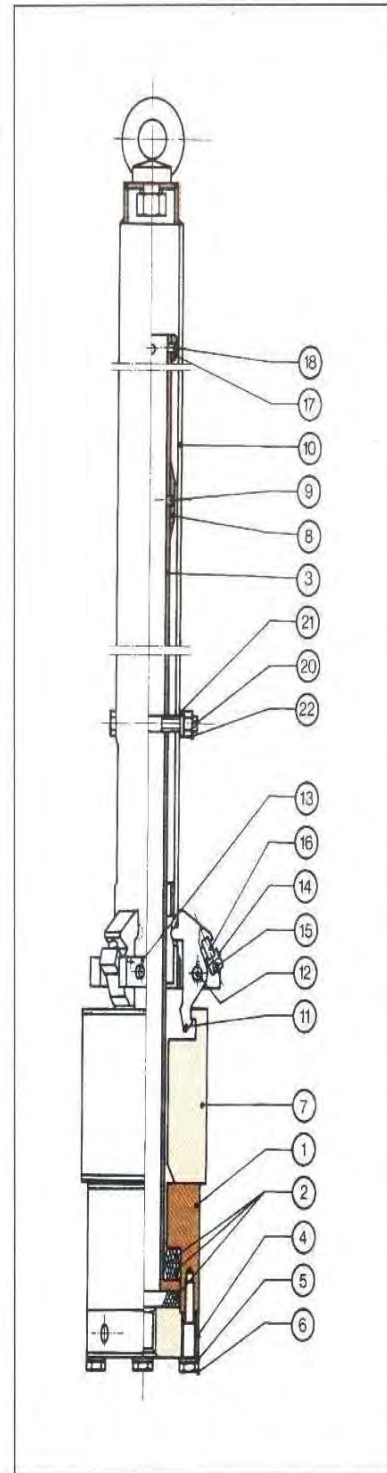
TECHNICAL SPECIFICATIONS

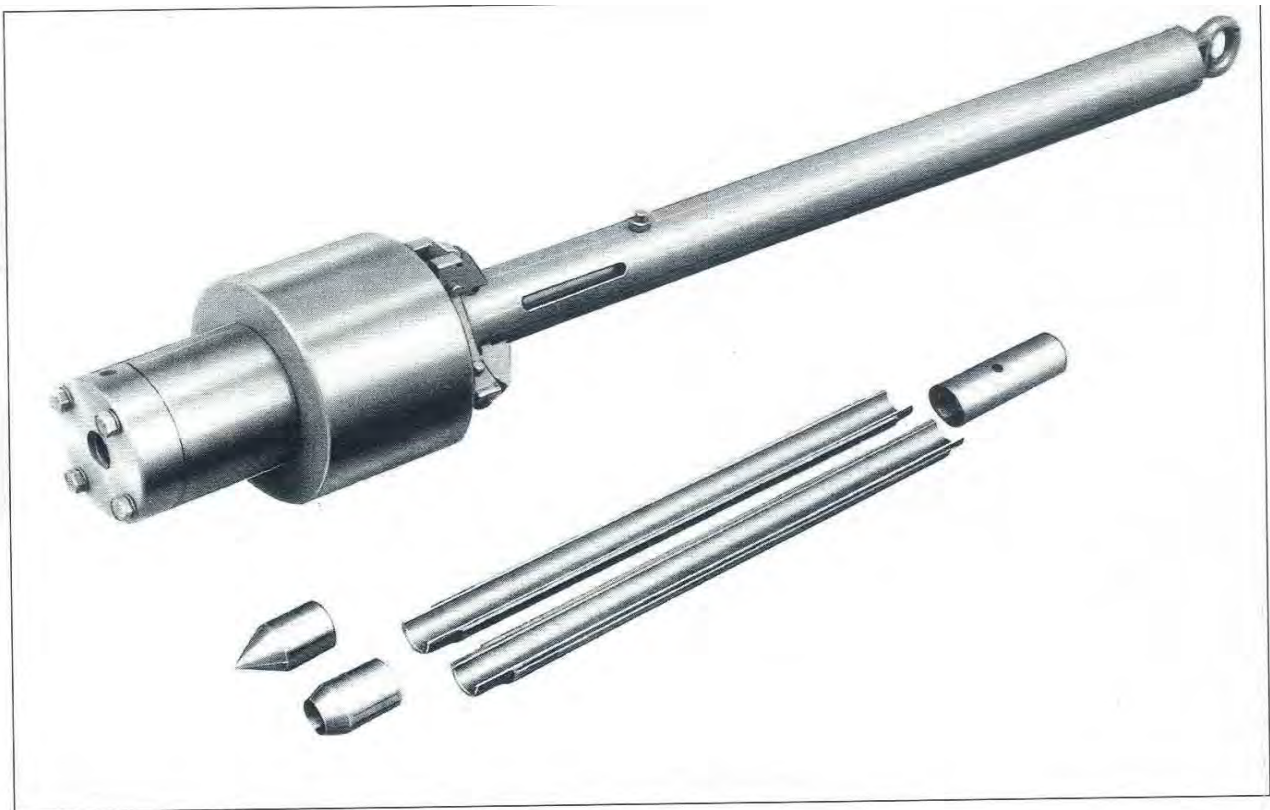
Parti di ricambio - Parts

Pos. Item	Descrizione Part Name	Att. aste Rod conn.
-	Campionatore - Split sampler	50
1	Scarpa - Shoe	-
2	Punta conica - Point	-
3	Testa - Head	50
4	Tubo in due metà - Split tube	-



Pos. Item	Descrizione - Part Name
-	Martino Kg 118 - Drop hammer Kg 118
1	Incudine - Anvil
2	Guarnizione - Gasket
3	Tubo guida - Tube
4	Flangia per aste - Rod flange
5	Rosetta - Washer
6	Vite - Screw
7	Mazza battente - hammer
8	Camma - Cam
9	Spina elastica - Pin
10	Tubo di manovra - Tube
11	Dente - Tooth
12	Perno - Pivot
13	Coppiglia - Split pin
14	Tassello - Plug
15	Spina elastica - Pin
16	Piolo elastico - Peg
17	Anello guida - Guide ring
18	Spina elastica - Pin
20	Vite - Screw
21	Rosetta - Washer
22	Dado - Nut





Questa prova diffusa da Terzaghi e Peck consiste nel misurare la resistenza del terreno alla penetrazione di un campionario standard per una profondità di 30 cm sotto i colpi di un peso di 63,5 Kg che cade da un'altezza costante di 75 cm.

Il campionario divisibile in due metà è collegato alle aste di trivellazione e viene abbassato sul fondo del foro dopo che questo sia stato debitamente spurgato ed il livello dell'eventuale falda si sia ristabilizzato.

Il martino viene abbassato sulla testa di battuta delle aste fino a che il campionario penetri di circa 15 cm (in modo da evitare interferenze con zone disturbate); da questo punto incomincia il test e vengono registrati i colpi necessari a produrre la penetrazione di 30 cm distinti in due tratti di 15 cm.

This procedure developed by Terzaghi and Peck gives the measurement of the penetration resistance of soil, using a standard sampler driven for 1 ft. with a 140 lb, hammer dropping 30 inches.

The split-spoon sampler connected to the drill rods, is lowered into the hole after the hole has been cleaned out and the water level has settled.

The automatic hammer falls on the driving rod head so that the tube is driven 6 inches into the layer (to avoid inference zones) and the spoon is the driven 1 foot. The number of blows is counted separately for each stretch of 6 inches.

Il nostro Martino SPT ha un' efficienza rispetto al valore teorico del 80%.

RELAZIONE TECNICA

Committente:

Croce Rossa Italiana

Località: Via Pasteur

Pontasserchio

San Giuliano Terme (PI)

Data Indagine: 15/12/2023

Codice lavoro: 231215b

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT

Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.r.l.

Via Lenin, 132/Q

56017 San Giuliano Terme (PI)

Tel/Fax: 050 9910582

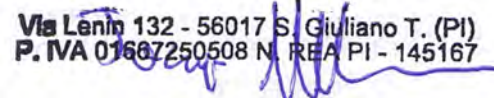
e-mail: info@gaiaservizi.com

P.IVA: 01667250508

Data elaborazione: 18/12/2023

GAIA Servizi S.r.l.

Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 1: Postazione prova penetrometrica CPT 1

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:
TG63-200Stat - Pagani - Piacenza

Caratteristiche:

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

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

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

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

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

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

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

CONVERSIONI

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

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

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

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

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

1 t = 1000 kg \approx 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

Valutazioni in base al rapporto: $F = (q_c / f_s)$

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

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

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

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

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

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT
1

Riferimento

231215b

Certificato

617/23

 Committente **Croce Rossa Italiana**

 Cantiere **231215b**

 Località **Via Pasteur - Loc. Pontasserchio - San Giuliano Terme (PI)**

 U.M.: **kg/cm²**

Data esec. 15/12/2023

Pagina 1

Data certificato 18/12/2023

Elaborato

Falda Foro chiuso

H	L1	L2	Tot	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Tot	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%	m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%
0,20	0,0	0,0	-	0,0	0,00	-	-								
0,40	0,0	0,0	-	0,0	0,00	-	-								
0,60	0,0	0,0	-	0,0	0,00	-	-								
0,80	13,0	18,0	-	13,0	0,33	39	2,5								
1,00	6,0	9,0	-	6,0	0,20	30	3,3								
1,20	5,0	10,0	-	5,0	0,33	15	6,6								
1,40	7,0	13,0	-	7,0	0,40	18	5,7								
1,60	10,0	18,0	-	10,0	0,53	19	5,3								
1,80	10,0	20,0	-	10,0	0,67	15	6,7								
2,00	14,0	25,0	-	14,0	0,73	19	5,2								
2,20	14,0	28,0	-	14,0	0,93	15	6,6								
2,40	14,0	28,0	-	14,0	0,93	15	6,6								
2,60	12,0	25,0	-	12,0	0,87	14	7,3								
2,80	14,0	24,0	-	14,0	0,67	21	4,8								
3,00	18,0	31,0	-	18,0	0,87	21	4,8								
3,20	16,0	33,0	-	16,0	1,13	14	7,1								
3,40	15,0	32,0	-	15,0	1,13	13	7,5								
3,60	12,0	25,0	-	12,0	0,87	14	7,3								
3,80	9,0	18,0	-	9,0	0,60	15	6,7								
4,00	8,0	17,0	-	8,0	0,60	13	7,5								
4,20	21,0	26,0	-	21,0	0,33	64	1,6								
4,40	20,0	28,0	-	20,0	0,53	38	2,7								
4,60	26,0	37,0	-	26,0	0,73	36	2,8								
4,80	24,0	32,0	-	24,0	0,53	45	2,2								
5,00	22,0	27,0	-	22,0	0,33	67	1,5								
5,20	23,0	27,0	-	23,0	0,27	85	1,2								
5,40	27,0	34,0	-	27,0	0,47	57	1,7								
5,60	10,0	20,0	-	10,0	0,67	15	6,7								
5,80	8,0	17,0	-	8,0	0,60	13	7,5								
6,00	13,0	23,0	-	13,0	0,67	19	5,2								
6,20	22,0	28,0	-	22,0	0,40	55	1,8								
6,40	11,0	19,0	-	11,0	0,53	21	4,8								
6,60	21,0	27,0	-	21,0	0,40	53	1,9								
6,80	25,0	34,0	-	25,0	0,60	42	2,4								
7,00	28,0	38,0	-	28,0	0,67	42	2,4								
7,20	20,0	27,0	-	20,0	0,47	43	2,4								
7,40	28,0	37,0	-	28,0	0,60	47	2,1								
7,60	32,0	45,0	-	32,0	0,87	37	2,7								
7,80	18,0	26,0	-	18,0	0,53	34	2,9								
8,00	35,0	46,0	-	35,0	0,73	48	2,1								
8,20	39,0	48,0	-	39,0	0,60	65	1,5								
8,40	55,0	67,0	-	55,0	0,80	69	1,5								
8,60	42,0	51,0	-	42,0	0,60	70	1,4								
8,80	22,0	28,0	-	22,0	0,40	55	1,8								
9,00	22,0	28,0	-	22,0	0,40	55	1,8								
9,20	20,0	26,0	-	20,0	0,40	50	2,0								
9,40	24,0	28,0	-	24,0	0,27	89	1,1								
9,60	9,0	18,0	-	9,0	0,60	15	6,7								
9,80	9,0	18,0	-	9,0	0,60	15	6,7								
10,00	19,0	31,0	-	19,0	0,80	24	4,2								
10,20	27,0	31,0	-	27,0	0,27	100	1,0								
10,40	11,0	24,0	-	11,0	0,87	13	7,9								
10,60	9,0	19,0	-	9,0	0,67	13	7,4								
10,80	10,0	20,0	-	10,0	0,67	15	6,7								
11,00	14,0	24,0	-	14,0	0,67	21	4,8								
11,20	12,0	24,0	-	12,0	0,80	15	6,7								
11,40	10,0	21,0	-	10,0	0,73	14	7,3								
11,60	10,0	20,0	-	10,0	0,67	15	6,7								
11,80	10,0	20,0	-	10,0	0,67	15	6,7								
12,00	9,0	20,0	-	9,0	0,73	12	8,1								
12,20	9,0	19,0	-	9,0	0,67	13	7,4								
12,40	23,0	33,0	-	23,0	0,67	34	2,9								
12,60	14,0	38,0	-	14,0	1,60	9	11,4								
12,80	13,0	30,0	-	13,0	1,13	12	8,7								
13,00	14,0	31,0	-	14,0	1,13	12	8,1								
13,20	13,0	26,0	-	13,0	0,87	15	6,7								
13,40	11,0	24,0	-	11,0	0,87	13	7,9								
13,60	12,0	24,0	-	12,0	0,80	15	6,7								
13,80	12,0	24,0	-	12,0	0,80	15	6,7								
14,00	11,0	20,0	-	11,0	0,60	18	5,5								
14,20	11,0	23,0	-	11,0	0,80	14	7,3								
14,40	12,0	24,0	-	12,0	0,80	15	6,7								
14,60	12,0	25,0	-	12,0	0,87	14	7,3								
14,80	10,0	23,0	-	10,0	0,87	11	8,7								
15,00	10,0	20,0	-	10,0	0,67	15	6,7								

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta

fs = resistenza laterale

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

FON165

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT

1

Riferimento

231215b

Certificato

617/23

Committente **Croce Rossa Italiana**

Cantiere **231215b**

Località **Via Pasteur - Loc. Pontasserchio - San Giuliano Terme (PI)**

U.M.: **kg/cm²**

Scala: **1:75**

Pagina **1**

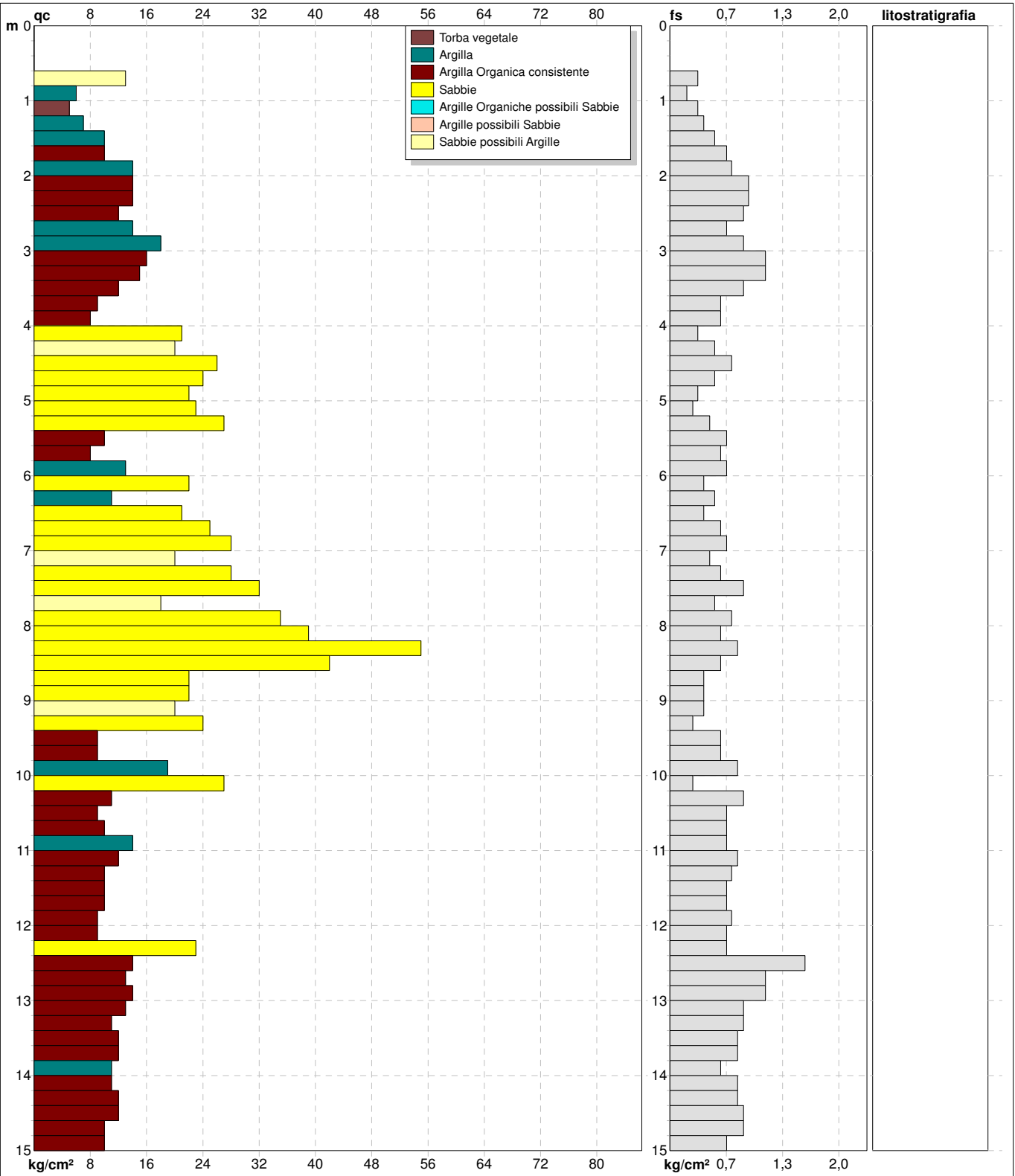
Elaborato

Data eseg. **15/12/2023**

Data certificato **18/12/2023**

Quota inizio:

Falda **Foro chiuso**



Litology: Personalizzata
 Penetrometro: TG63-200Stat
 Responsabile: Jacopo Martini
 Assistente:

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

FON165

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

1

Riferimento

231215b

Certificato

617/23

Committente **Croce Rossa Italiana**

Cantiere **231215b**

Località **Via Pasteur - Loc. Pontasserchio - San Giuliano Terme (PI)**

U.M.: **kg/cm²**

Scala: **1:75**

Pagina **1**

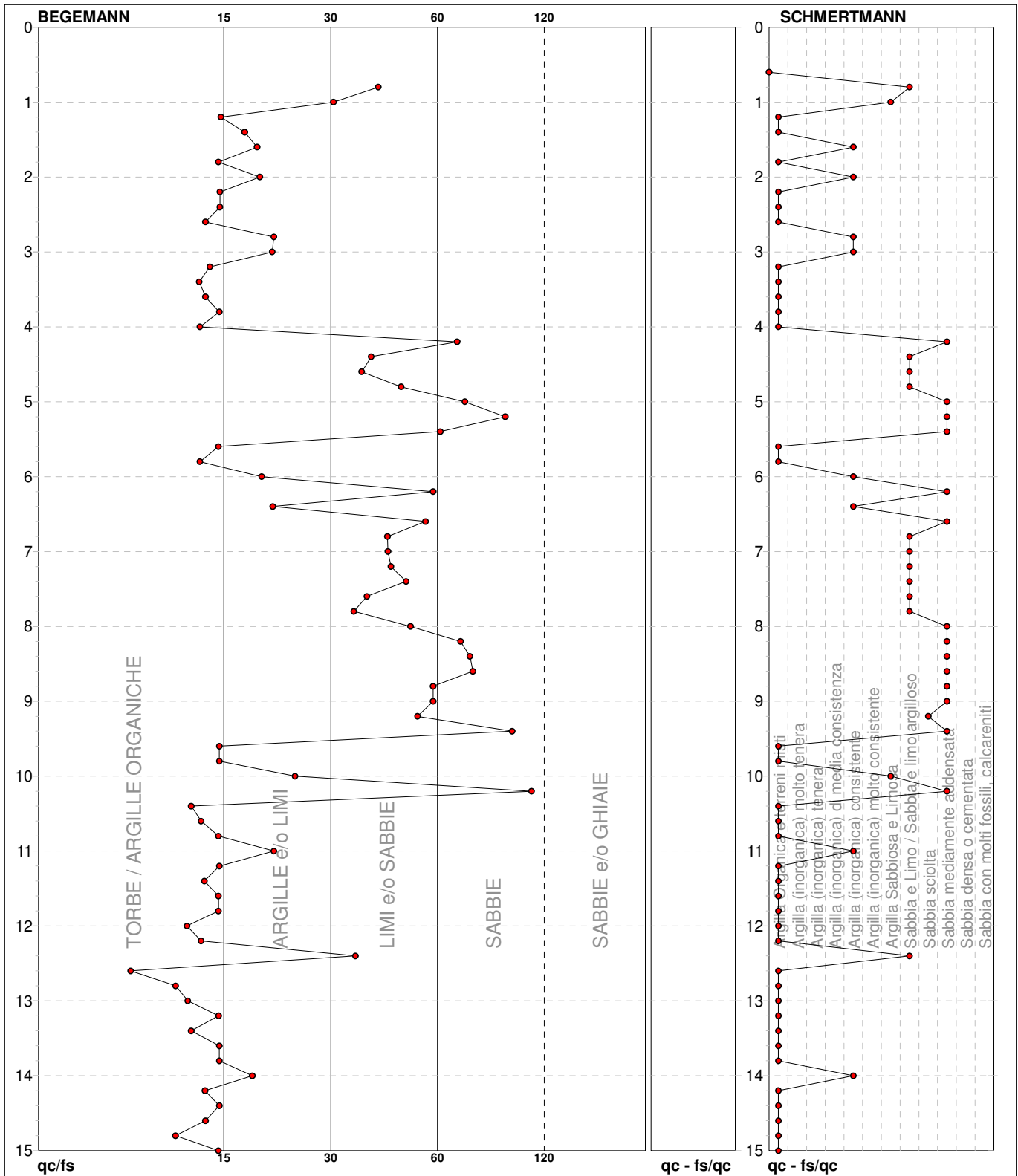
Elaborato

Data eseg. **15/12/2023**

Data certificato **18/12/2023**

Falda

Foro chiuso



● 231215b [1] : 15,00 m

FON165

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820



Autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Settore A – Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 – ART. 59 DPR 380/2001 – Circolare 7618/STC 2010

LABOTER Srl

Lab. Geotecnico - C.S.LL.PP. Decr. 2436/13

Committente : Croce Rossa Italiana
Cantiere : Pontasserchio (PI)

Verbale Accettazione n° : 588 del 18/12/2023
Data Certificazione : 19/02/2024
Campioni n°: 4
Certificati da n° a n° : 00713 a 00728



**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00713	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 19/02/24	Inizio analisi: 12/01/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 588 del 18/12/23		Apertura campione: 12/01/24	Fine analisi: 13/01/24

COMMITTENTE: Croce Rossa Italiana		
RIFERIMENTO: Pontasserchio (PI)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.6-2.0

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale = 26,3 %

Struttura del materiale:

Omogeneo

Stratificato

Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00714	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 19/02/24	Inizio analisi: 12/01/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 588 del 18/12/23		Apertura campione: 12/01/24	Fine analisi: 12/01/24

COMMITTENTE: Croce Rossa Italiana		
RIFERIMENTO: Pontasserchio (PI)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.6-2.0

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 18,5 kN/m³





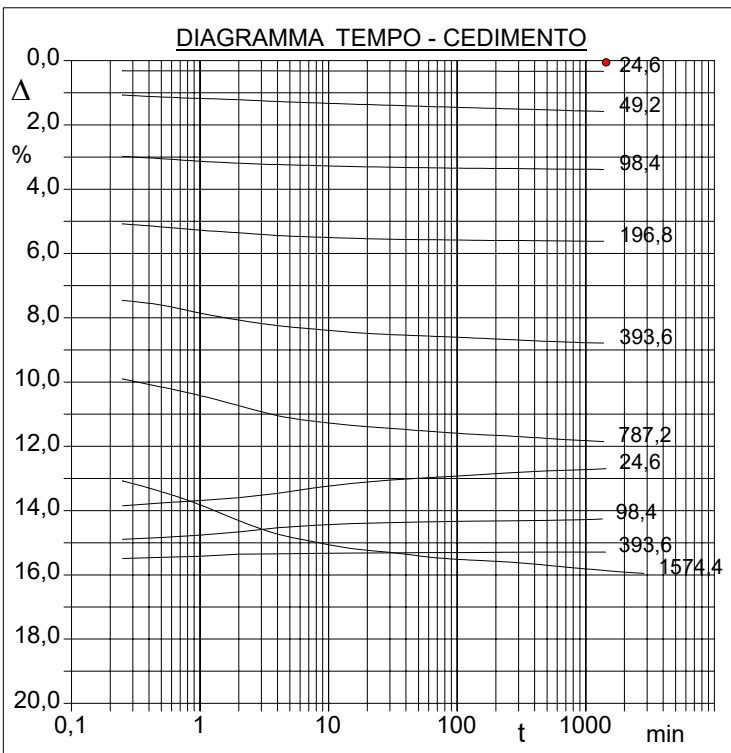
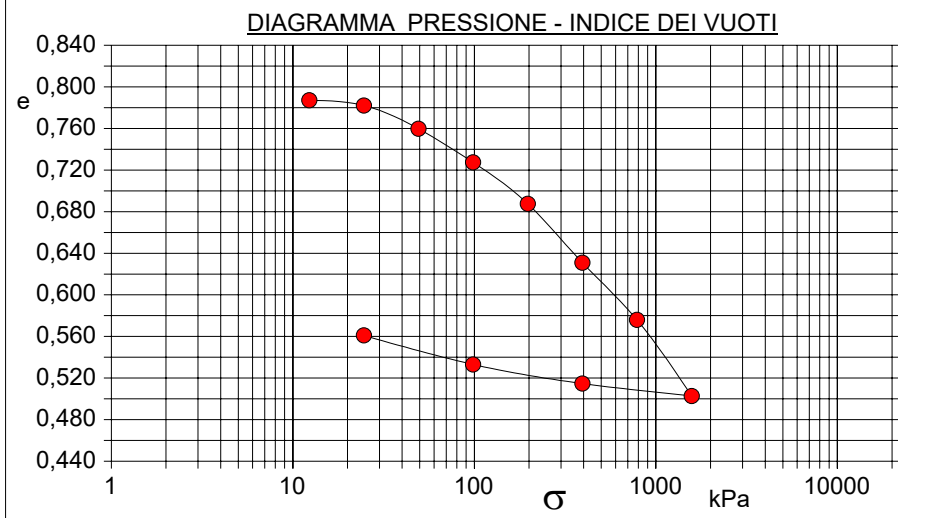
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00716	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 19/02/24	Inizio analisi: 12/01/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 588 del 18/12/23		Apertura campione: 12/01/24	Fine analisi: 25/01/24

COMMITTENTE: Croce Rossa Italiana		
RIFERIMENTO: Pontasserchio (PI)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.6-2.0

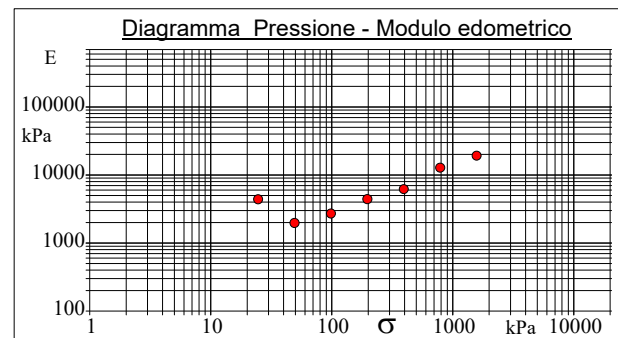
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

Caratteristiche del campione	
Peso di volume (kN/m³)	18,71
Umidità (%)	26,4
Peso specifico (kN/m³)	26,47
Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	5,00
Sezione provino (cm²)	19,63
Volume provino (cm³)	39,27
Volume dei vuoti (cm³)	17,31
Indice dei vuoti	0,79
Porosità (%)	44,07
Saturazione (%)	90,4



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
12,3	1,0	0,787				
24,6	6,6	0,782	0,005	4393	0,000265	5,91E-09
49,2	31,6	0,760	0,016	1968	0,003712	1,85E-07
98,4	67,8	0,727	0,019	2719	0,005524	1,99E-07
196,8	112,4	0,688	0,020	4412	0,002834	6,30E-08
393,6	175,8	0,631	0,025	6208	0,002025	3,20E-08
787,2	237,2	0,576	0,021	12821	0,002218	1,70E-08
1574,4	319,1	0,503	0,025	19223	0,002027	1,03E-08
393,6	305,8	0,515				
98,4	285,2	0,533				
24,6	254,0	0,561				



**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00716	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 19/02/24	Inizio analisi: 12/01/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 588	del 18/12/23	Apertura campione: 12/01/24	Fine analisi: 25/01/24

COMMITTENTE: Croce Rossa Italiana			
RIFERIMENTO: Pontasserchio (PI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.6-2.0	

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 24,6 kPa				Pressione 49,2 kPa				Pressione 98,4 kPa				Pressione 196,8 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	1,0			0,02	6,6			0,02	31,6			0,02	67,8		
0,25	6,3			0,25	21,4			0,25	59,5			0,25	101,6		
0,50	6,3			0,50	22,6			0,50	61,0			0,50	103,4		
1,00	6,3			1,00	23,5			1,00	62,6			1,00	105,5		
2,00	6,4			2,00	24,3			2,00	63,8			2,00	107,1		
4,00	6,4			4,00	25,4			4,00	64,7			4,00	108,8		
8,00	6,4			8,00	26,3			8,00	65,3			8,00	109,8		
15,00	6,4			15,00	27,0			15,00	65,9			15,00	110,5		
30,00	6,5			30,00	27,7			30,00	66,3			30,00	111,1		
60,00	6,5			60,00	28,5			60,00	66,7			60,00	111,4		
120,00	6,5			120,00	29,2			120,00	66,9			120,00	111,7		
240,00	6,6			240,00	29,9			240,00	67,1			240,00	111,9		
480,00	6,6			480,00	30,5			480,00	67,4			480,00	112,1		
900,00	6,6			900,00	31,2			900,00	67,5			900,00	112,3		
1200,00	6,6			1200,00	31,4			1200,00	67,6			1200,00	112,4		
1440,00	6,6			1440,00	31,6			1440,00	67,8			1440,00	112,4		

Pressione 393,6 kPa				Pressione 787,2 kPa				Pressione 1574,4 kPa				Pressione 393,6 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	112,4			0,02	175,8			0,02	237,2	2880,00	319,1	0,02	319,1		
0,25	149,2			0,25	198,1			0,25	261,5			0,25	309,8		
0,50	152,1			0,50	203,1			0,50	268,2			0,50	309,2		
1,00	157,1			1,00	208,4			1,00	276,4			1,00	308,4		
2,00	161,4			2,00	214,7			2,00	286,2			2,00	307,2		
4,00	164,9			4,00	220,9			4,00	294,6			4,00	306,9		
8,00	167,1			8,00	224,6			8,00	299,7			8,00	306,6		
15,00	169,0			15,00	226,9			15,00	303,6			15,00	306,4		
30,00	170,4			30,00	228,8			30,00	306,0			30,00	306,3		
60,00	171,4			60,00	230,6			60,00	308,9			60,00	306,2		
120,00	172,4			120,00	232,3			120,00	310,7			120,00	306,1		
240,00	173,5			240,00	233,5			240,00	311,9			240,00	305,9		
480,00	174,6			480,00	235,0			480,00	313,9			480,00	305,8		
900,00	175,4			900,00	236,3			900,00	316,0			900,00	305,8		
1200,00	175,7			1200,00	236,8			1200,00	316,8			1200,00	305,8		
1440,00	175,8			1413,12	237,2			1440,00	317,4			1423,72	305,8		

Pressione 98,4 kPa				Pressione 24,6 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	305,8			0,02	285,2										
0,25	297,9			0,25	277,0										
0,50	296,8			0,50	275,2										
1,00	295,3			1,00	273,7										
2,00	293,3			2,00	272,0										
4,00	290,7			4,00	269,3										
8,00	289,1			8,00	265,7										
15,00	288,1			15,00	263,1										
30,00	287,5			30,00	261,0										
60,00	287,0			60,00	259,5										
120,00	286,6			120,00	258,1										
240,00	286,4			240,00	256,6										
480,00	286,1			480,00	255,3										
900,00	285,7			900,00	254,6										
1200,00	285,4			1200,00	254,2										
1345,15	285,2			1440,00	254,0										

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00717	Pagina 0/1	DATA DI EMISSIONE: 19/02/24	Inizio analisi: 12/01/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 588 del 18/12/23		Apertura campione: 12/01/24	Fine analisi: 13/01/24

COMMITTENTE: Croce Rossa Italiana			
RIFERIMENTO: Pontasserchio (PI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.6-2.0	

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

Provino 1				Provino 2				Provino 3			
Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione
%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa
0,35	6,0	12,82	85,1								
0,68	13,7	13,15	83,2								
1,01	22,2	13,47	81,4								
1,33	32,4	13,80	79,6								
1,66	43,3	14,13	78,6								
1,99	53,3	14,46	78,3								
2,32	61,6										
2,65	68,9										
2,97	74,6										
3,30	77,7										
3,63	80,7										
3,96	82,9										
4,29	86,0										
4,62	87,3										
4,94	87,8										
5,27	87,5										
5,60	87,2										
5,93	87,7										
6,26	88,2										
6,58	88,7										
6,91	89,2										
7,24	89,7										
7,57	90,2										
7,90	90,7										
8,22	90,3										
8,55	90,0										
8,88	89,7										
9,21	90,2										
9,54	90,6										
9,86	90,3										
10,19	90,0										
10,52	90,4										
10,85	90,8										
11,18	90,5										
11,50	90,2										
11,83	89,1										
12,16	88,0										
12,49	86,9										

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00718	Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 19/02/24	Inizio analisi: 16/01/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 588 del 18/12/23		Apertura campione: 12/01/24	Fine analisi: 20/01/24

COMMITTENTE: Croce Rossa Italiana			
RIFERIMENTO: Pontasserchio (PI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.6-2.0	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	71	111	178
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	4,28	4,06	4,31
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,15	0,34	0,58
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 25,4	--- 27,1	--- 23,6
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,8 26,7	17,8 22,7	18,0 25,5

DIAGRAMMA
Tensione - Pressione verticale

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

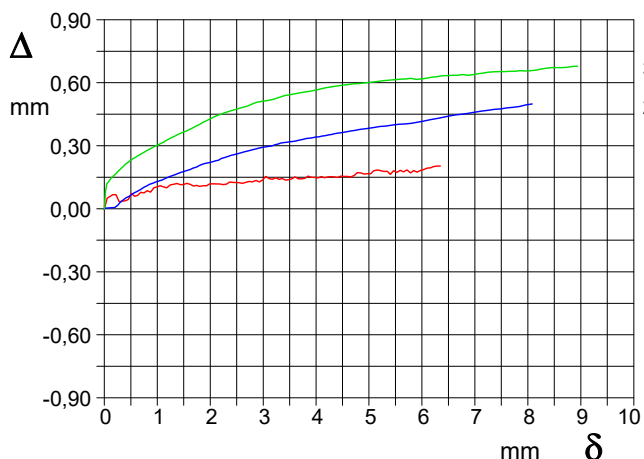
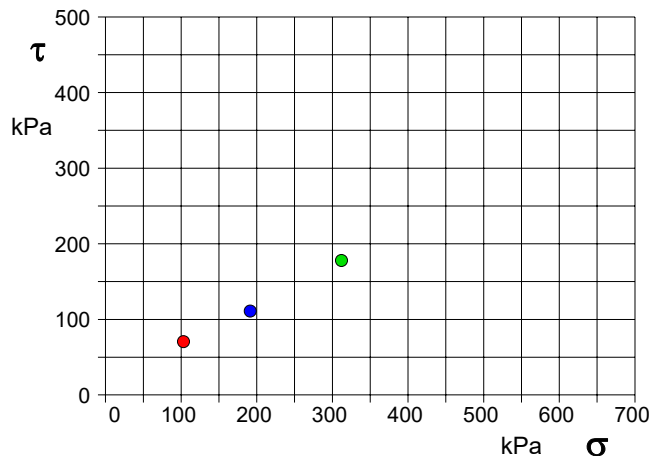


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

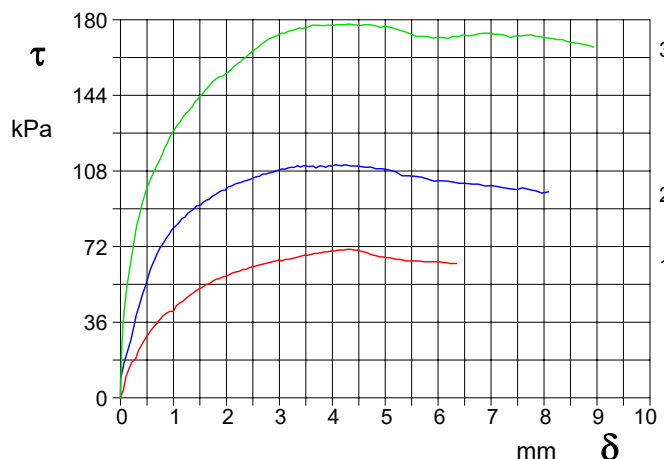


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00718	Pagina 0/4	DATA DI EMISSIONE: 19/02/24	Inizio analisi: 16/01/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 588 del 18/12/23		Apertura campione: 12/01/24	Fine analisi: 20/01/24

COMMITTENTE: Croce Rossa Italiana			
RIFERIMENTO: Pontasserchio (PI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.6-2.0	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,054	4,0	0,05	0,002	8,9	0,00	0,023	23,7	0,09
0,218	17,2	0,07	0,256	34,4	0,02	0,085	45,3	0,13
0,397	25,2	0,04	0,411	48,9	0,05	0,223	69,2	0,17
0,572	32,0	0,06	0,570	61,6	0,08	0,356	86,5	0,20
0,751	37,5	0,08	0,740	71,1	0,10	0,496	99,5	0,23
0,935	41,1	0,10	0,919	77,8	0,12	0,638	107,9	0,25
1,119	45,1	0,10	1,094	83,1	0,14	0,780	115,5	0,27
1,308	48,7	0,12	1,276	88,0	0,16	0,920	123,4	0,29
1,492	51,9	0,12	1,442	91,3	0,17	1,066	129,5	0,31
1,682	54,3	0,11	1,620	94,1	0,19	1,209	134,6	0,33
1,871	56,7	0,11	1,793	96,8	0,21	1,355	138,7	0,35
2,060	58,7	0,12	1,977	98,9	0,22	1,501	143,5	0,37
2,247	60,3	0,12	2,162	101,7	0,23	1,644	147,6	0,38
2,430	61,9	0,13	2,337	103,1	0,25	1,790	151,7	0,40
2,612	63,1	0,12	2,510	104,8	0,26	1,936	153,2	0,42
2,795	64,3	0,13	2,683	106,5	0,27	2,079	156,0	0,44
2,985	65,5	0,14	2,863	107,4	0,29	2,225	159,3	0,45
3,175	65,9	0,14	3,044	108,8	0,30	2,367	162,1	0,47
3,359	67,1	0,14	3,226	109,7	0,31	2,516	165,4	0,48
3,539	67,9	0,14	3,402	109,9	0,32	2,653	168,2	0,49
3,724	68,7	0,14	3,571	110,1	0,32	2,798	170,8	0,50
3,913	69,5	0,15	3,756	110,3	0,33	2,948	172,3	0,51
4,098	70,3	0,15	3,932	110,5	0,34	3,093	173,6	0,52
4,281	70,7	0,15	4,110	110,7	0,35	3,236	174,8	0,52
4,468	70,3	0,16	4,290	110,7	0,35	3,385	176,1	0,54
4,656	69,1	0,15	4,473	110,3	0,36	3,527	176,4	0,54
4,846	67,5	0,17	4,652	109,7	0,37	3,817	177,1	0,56
5,033	66,7	0,17	4,955	109,0	0,38	4,112	177,6	0,57
5,217	65,9	0,18	5,322	105,7	0,39	4,412	177,6	0,59
5,403	65,1	0,16	5,682	105,0	0,40	4,710	177,6	0,60
5,592	65,1	0,18	6,035	103,4	0,42	5,001	176,9	0,60
5,783	64,7	0,17	6,406	102,1	0,44	5,293	174,8	0,61
5,969	64,7	0,18	6,762	101,7	0,45	5,590	172,0	0,62
6,160	64,3	0,20	7,119	100,6	0,47	5,892	171,3	0,62
6,348	63,9	0,20	7,485	99,1	0,48	6,183	171,0	0,63
			7,839	98,5	0,49	6,475	172,8	0,63
						6,769	173,3	0,64
						7,064	173,1	0,64
						7,363	171,5	0,65
						7,653	172,6	0,65
						7,951	171,8	0,66
						8,250	170,5	0,67
						8,547	169,0	0,67
						8,842	167,7	0,68

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00718	Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE: 19/02/24	Inizio analisi: 16/01/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 588 del 18/12/23		Apertura campione: 12/01/24	Fine analisi: 20/01/24

COMMITTENTE: Croce Rossa Italiana			
RIFERIMENTO: Pontasserchio (PI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	1.6-2.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	103
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,858
Sezione (cm ²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

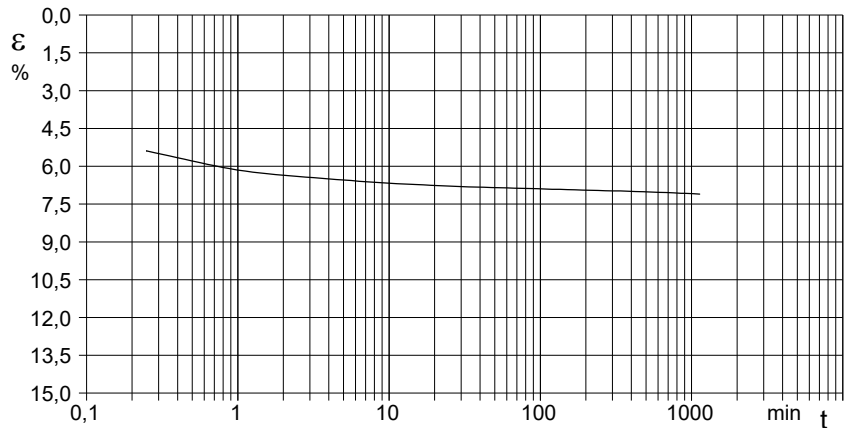


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	191
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,831
Sezione (cm ²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

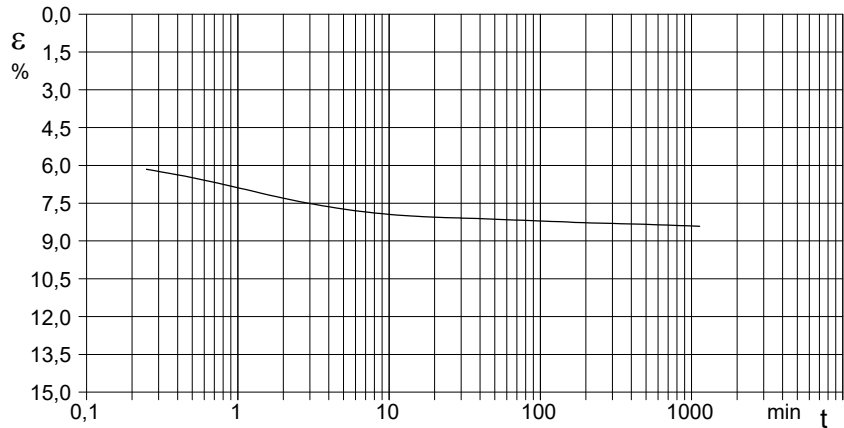
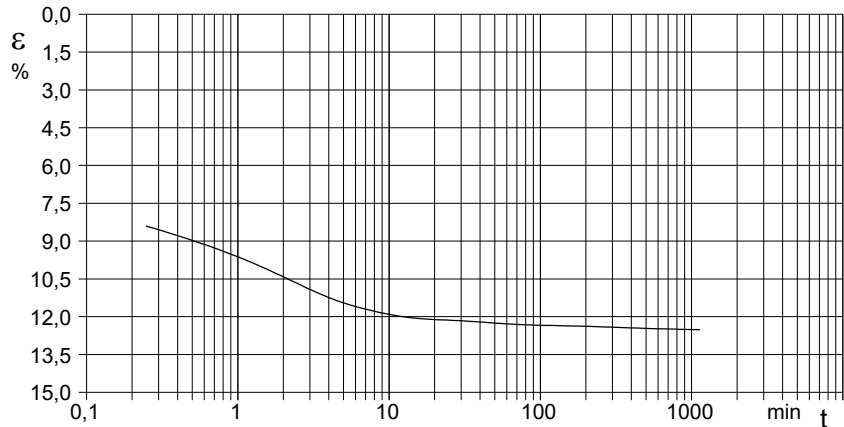


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	312
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,749
Sezione (cm ²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



$V_s = \text{Velocità stimata di prova}$ $D_f = \text{Deformazione a rottura stimata}$ $t_f = 50 \times T_{50}$ $V_s = D_f / t_f$

COMMITTENTE: Croce Rossa Italiana		
RIFERIMENTO: Pontasserchio (PI)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.6-2.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	71	111	178
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	4,28	4,06	4,31
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,15	0,34	0,58
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 25,4	--- 27,1	--- 23,6
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,8 26,7	17,8 22,7	18,0 25,5

DIAGRAMMA
Tensione - Pressione verticale

Coesione:	15,3 kPa
Angolo di attrito interno:	27,2 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

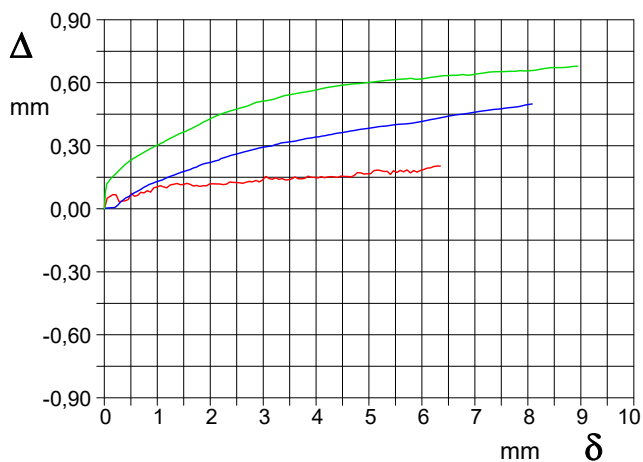
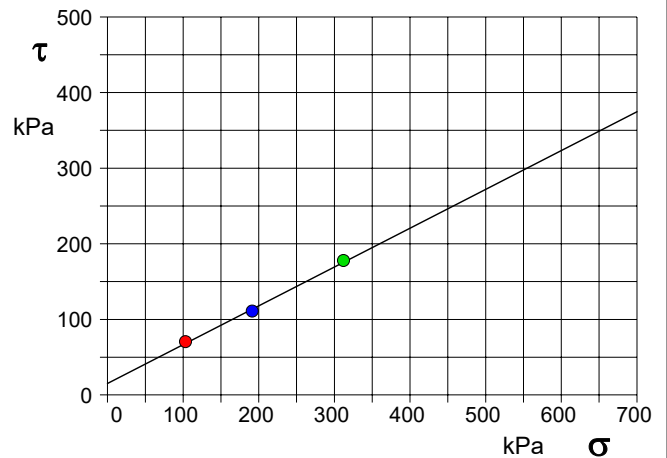


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

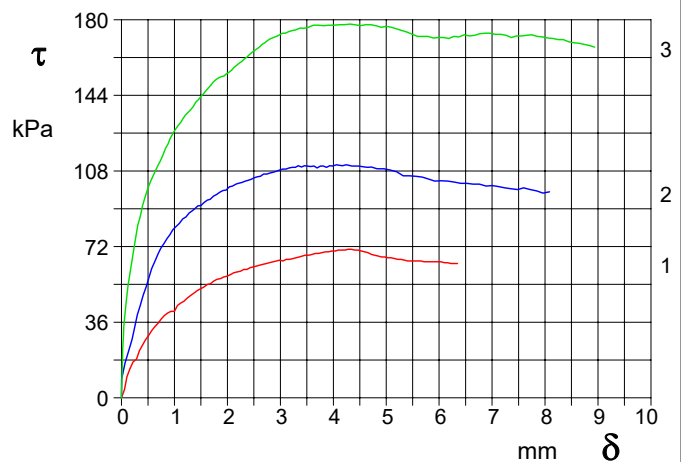


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



LABOTER S.r.l.

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00720	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 19/02/24	Inizio analisi: 12/01/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 588 del 18/12/23		Apertura campione: 12/01/24	Fine analisi: 12/01/24

COMMITTENTE: Croce Rossa Italiana		
RIFERIMENTO: Pontasserchio (PI)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 4.0-4.5

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 18,3 kN/m³



**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00721	Pagina 1/1
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 588	del 18/12/23

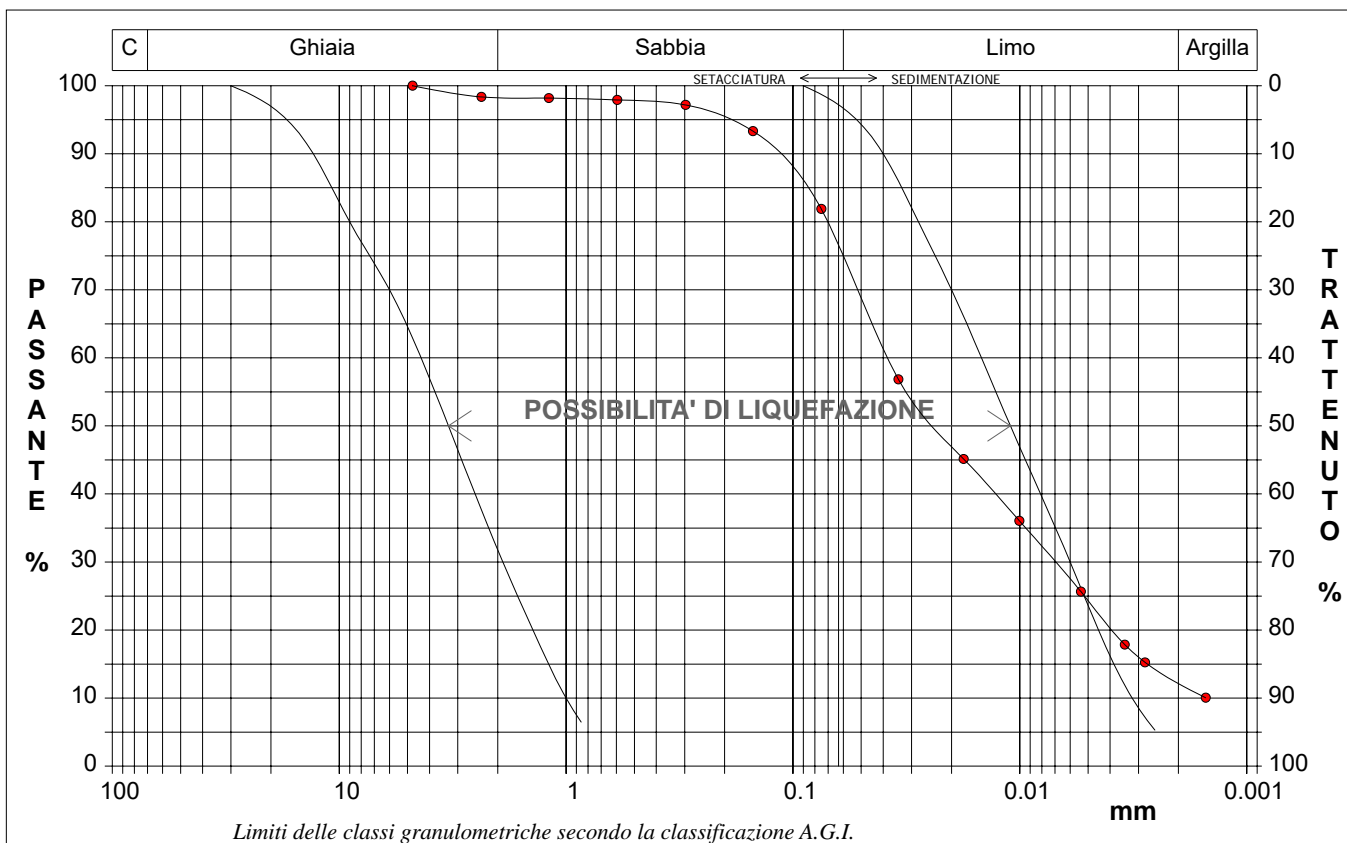
DATA DI EMISSIONE: 19/02/24	Inizio analisi:	15/01/24
Apertura campione: 12/01/24	Fine analisi:	18/01/24

COMMITTENTE: Croce Rossa Italiana		
RIFERIMENTO: Pontasserchio (PI)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 4.0-4.5

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	1,7 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	98,3 %	D10	0,00150 mm
Sabbia	23,6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	97,5 %	D30	0,00699 mm
Limo	62,3 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	81,9 %	D50	0,02328 mm
Argilla	12,4 %			D60	0,03785 mm
Coefficiente di uniformità	25,15	Coefficiente di curvatura	0,86	D90	0,12264 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
4,7500	100,00	0,1500	93,32	0,0054	25,66				
2,3600	98,35	0,0750	81,88	0,0034	17,86				
1,1900	98,18	0,0343	56,85	0,0028	15,26				
0,5950	97,91	0,0177	45,15	0,0015	10,06			Setacci	6
0,2970	97,17	0,0100	36,05					Punti sediment.	7

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00722	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 19/02/24	Inizio analisi: 12/01/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 588	del 18/12/23	Apertura campione: 12/01/24	Fine analisi: 25/01/24

COMMITTENTE: Croce Rossa Italiana		
RIFERIMENTO: Pontasserchio (PI)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 4.0-4.5

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 24,6 kPa				Pressione 49,2 kPa				Pressione 98,4 kPa				Pressione 196,8 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	0,6			0,02	8,3			0,02	32,2			0,02	58,2		
0,25	2,6			0,25	20,7			0,25	43,2			0,25	69,3		
0,50	3,2			0,50	22,4			0,50	45,7			0,50	72,1		
1,00	3,9			1,00	24,5			1,00	48,7			1,00	75,4		
2,00	4,9			2,00	27,1			2,00	51,4			2,00	78,4		
4,00	5,8			4,00	28,8			4,00	53,5			4,00	80,0		
8,00	6,8			8,00	30,0			8,00	54,6			8,00	81,2		
15,00	7,5			15,00	30,7			15,00	55,2			14,98	82,0		
30,00	7,9			30,00	31,2			30,00	55,6			29,98	82,8		
60,00	8,0			60,00	31,5			60,00	56,2			59,98	83,6		
120,00	8,1			120,00	31,7			120,00	56,7			119,98	84,3		
240,00	8,2			240,00	31,9			240,00	57,2			239,98	85,1		
480,00	8,2			480,00	32,0			480,00	57,6			479,98	85,5		
900,00	8,3			900,00	32,1			900,00	58,0			899,98	85,8		
1200,00	8,3			1200,00	32,2			1200,00	58,1			1199,98	85,9		
1440,00	8,3			1440,00	32,2			1440,00	58,2			1439,98	85,9		

Pressione 393,6 kPa				Pressione 787,2 kPa				Pressione 1574,4 kPa				Pressione 393,6 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	85,9			0,02	132,1			0,02	215,6			0,02	281,9		
0,25	101,8			0,25	164,6			0,25	239,7			0,25	276,3		
0,50	107,3			0,50	176,6			0,50	250,1			0,50	275,6		
1,00	113,3			1,00	189,4			1,00	259,8			1,00	275,0		
2,02	117,7			2,02	198,5			2,00	265,6			2,00	274,9		
4,02	120,5			4,02	202,0			4,02	269,4			4,00	274,8		
8,02	122,8			8,02	204,7			8,02	271,4			8,00	274,7		
15,02	124,3			15,02	206,3			15,02	273,3			15,00	274,6		
30,02	125,8			30,02	208,5			30,02	274,9			30,00	274,5		
60,02	127,1			60,02	209,8			60,02	276,3			60,00	274,4		
120,02	128,4			120,02	210,8			120,02	277,9			120,00	274,3		
240,02	129,5			240,02	212,5			240,02	278,9			240,00	274,2		
480,02	130,6			480,02	213,8			480,02	280,1			480,00	274,2		
900,02	131,5			900,02	215,0			900,02	281,3			900,00	274,2		
1200,02	131,9			1200,02	215,4			1200,02	281,6			1200,00	274,2		
1440,02	132,1			1415,10	215,6			1440,02	281,9			1422,82	274,2		

Pressione 98,4 kPa				Pressione 24,6 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	274,2			0,02	256,3										
0,25	265,8			0,25	250,3										
0,50	263,6			0,50	249,1										
1,00	262,1			1,00	246,9										
2,00	260,5			2,00	244,7										
4,00	259,5			4,00	242,9										
8,00	258,8			8,00	241,4										
15,00	258,6			15,00	239,8										
30,00	258,2			30,00	238,8										
60,00	258,0			60,00	238,4										
120,00	257,6			120,00	237,9										
240,00	257,3			240,00	237,2										
480,00	257,0			480,00	236,7										
900,00	256,6			900,00	236,2										
1200,00	256,4			1200,00	235,9										
1344,13	256,3			1440,00	235,7										

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00723	Pagina 0/1	DATA DI EMISSIONE: 19/02/24	Inizio analisi: 12/01/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 588 del 18/12/23		Apertura campione: 12/01/24	Fine analisi: 13/01/24

COMMITTENTE: Croce Rossa Italiana			
RIFERIMENTO: Pontasserchio (PI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 4.0-4.5	

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

Provino 1				Provino 2				Provino 3			
Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione
%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa
0,35	5,2	12,82	84,3								
0,68	8,6	13,15	84,7								
1,01	12,8	13,47	85,9								
1,33	17,9	13,80	86,3								
1,66	23,8	14,13	86,8								
1,99	28,8	14,46	87,2								
2,32	33,7	14,79	88,3								
2,65	37,8	15,11	88,7								
2,97	41,1	15,44	89,1								
3,30	45,1	15,77	88,7								
3,63	48,3	16,10	89,1								
3,96	50,6	16,43	88,8								
4,29	53,7										
4,62	56,0										
4,94	58,3										
5,27	60,5										
5,60	62,8										
5,93	65,0										
6,26	66,4										
6,58	67,8										
6,91	69,1										
7,24	70,5										
7,57	71,0										
7,90	72,4										
8,22	73,7										
8,55	75,0										
8,88	76,3										
9,21	77,6										
9,54	78,9										
9,86	79,4										
10,19	79,9										
10,52	81,1										
10,85	80,8										
11,18	82,1										
11,50	82,5										
11,83	83,0										
12,16	83,4										
12,49	83,9										

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00724	Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 19/02/24	Inizio analisi: 20/01/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 588 del 18/12/23		Apertura campione: 12/01/24	Fine analisi: 24/01/24

COMMITTENTE: Croce Rossa Italiana			
RIFERIMENTO: Pontasserchio (PI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	4.0-4.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	71	116	183
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	5,15	4,14	8,74
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,46	0,48	0,60
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 24,0	--- 21,0	--- 21,1
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,4 22,8	18,5 22,4	18,0 24,6

DIAGRAMMA
Tensione - Pressione verticale

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

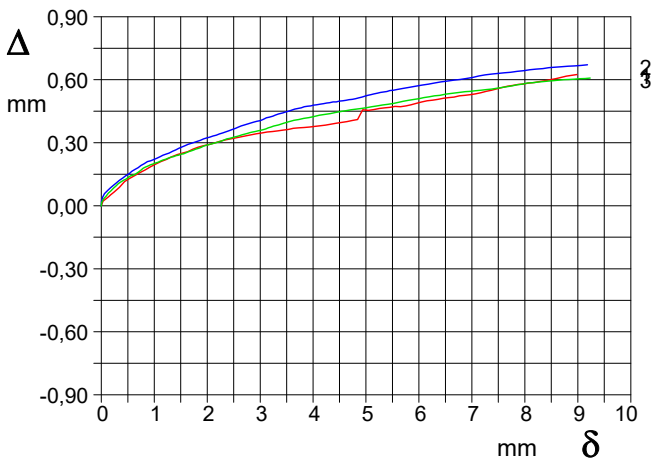
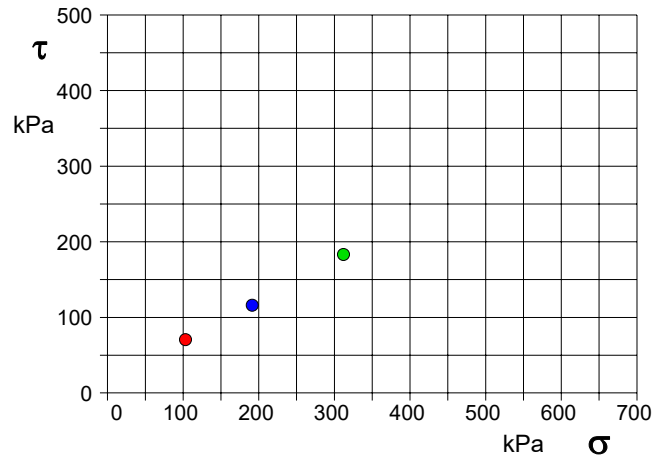


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

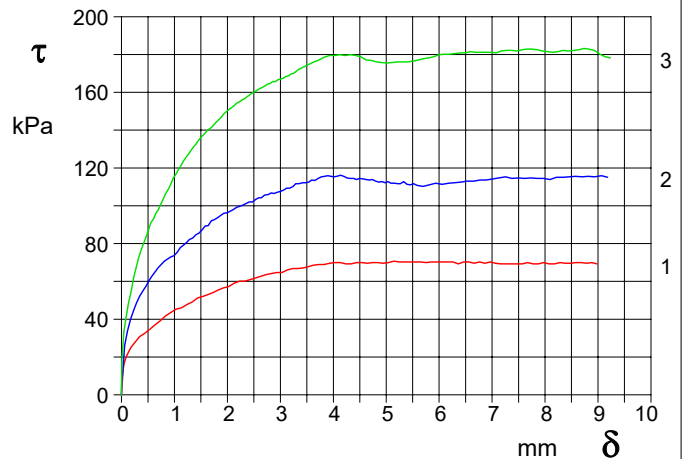


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00724	Pagina 0/4	DATA DI EMISSIONE: 19/02/24	Inizio analisi: 20/01/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 588 del 18/12/23		Apertura campione: 12/01/24	Fine analisi: 24/01/24

COMMITTENTE: Croce Rossa Italiana			
RIFERIMENTO: Pontasserchio (PI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 4.0-4.5	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,033	13,8	0,02	0,002	5,7	0,02	0,007	18,9	0,02
0,139	23,0	0,04	0,112	33,8	0,07	0,133	48,5	0,06
0,340	30,7	0,09	0,282	48,6	0,11	0,277	67,4	0,09
0,637	37,1	0,15	0,460	57,4	0,14	0,418	80,2	0,12
0,929	43,5	0,19	0,634	65,0	0,17	0,552	90,9	0,14
1,234	47,7	0,22	0,808	70,7	0,20	0,698	98,0	0,16
1,532	51,9	0,25	0,989	73,6	0,22	0,834	106,4	0,18
1,830	55,5	0,28	1,164	79,0	0,24	0,974	114,5	0,20
2,127	59,0	0,30	1,348	82,9	0,26	1,117	120,9	0,21
2,531	61,8	0,32	1,528	87,5	0,28	1,266	127,3	0,23
3,030	64,7	0,35	1,695	92,0	0,30	1,409	132,7	0,24
3,332	66,8	0,36	1,873	94,9	0,31	1,558	137,7	0,25
3,627	68,6	0,37	2,051	97,1	0,33	1,697	141,5	0,26
3,932	69,6	0,38	2,231	99,7	0,34	1,836	145,5	0,27
4,236	69,3	0,38	2,410	102,0	0,36	1,982	149,9	0,29
4,541	70,0	0,40	2,591	104,2	0,38	2,128	152,9	0,30
4,840	70,0	0,41	2,772	105,9	0,39	2,272	155,9	0,31
5,146	70,7	0,46	2,939	107,1	0,40	2,421	158,6	0,32
5,452	70,3	0,47	3,119	109,4	0,42	2,570	161,3	0,33
5,754	70,0	0,48	3,290	111,6	0,43	2,711	163,3	0,34
6,054	70,3	0,49	3,473	112,2	0,45	2,857	165,7	0,35
6,361	69,3	0,51	3,651	113,3	0,46	3,004	167,0	0,36
6,660	69,6	0,52	3,836	115,6	0,47	3,154	168,7	0,37
6,961	70,3	0,53	4,012	115,3	0,48	3,346	172,1	0,39
7,270	69,3	0,55	4,197	115,6	0,49	3,637	176,1	0,41
7,572	69,3	0,56	4,379	114,5	0,49	3,926	179,5	0,42
7,873	69,3	0,58	4,559	114,2	0,50	4,222	179,5	0,44
8,178	69,3	0,59	4,739	113,9	0,51	4,522	178,8	0,45
8,485	69,6	0,60	4,920	112,8	0,52	4,816	176,1	0,46
8,784	69,6	0,62	5,091	111,9	0,53	5,111	175,8	0,47
			5,269	111,6	0,54	5,413	176,1	0,48
			5,453	111,1	0,55	5,702	177,8	0,50
			5,694	110,2	0,56	6,000	179,8	0,51
			6,054	111,3	0,57	6,292	180,5	0,52
			6,413	112,5	0,59	6,586	181,5	0,53
			6,773	113,6	0,60	6,875	181,2	0,54
			7,128	114,8	0,62	7,171	181,9	0,55
			7,496	114,8	0,63	7,467	181,9	0,56
			7,857	114,5	0,64	7,756	182,9	0,57
			8,215	115,0	0,65	8,051	181,5	0,58
			8,575	115,6	0,66	8,346	182,2	0,59
			8,940	115,3	0,67	8,639	182,5	0,60
						8,933	182,2	0,60
						9,234	178,2	0,61

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00724** Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 588 del 18/12/23

DATA DI EMISSIONE: 19/02/24 Inizio analisi: 20/01/24

Apertura campione: 12/01/24 Fine analisi: 24/01/24

COMMITTENTE: Croce Rossa Italiana

RIFERIMENTO: Pontasserchio (PI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

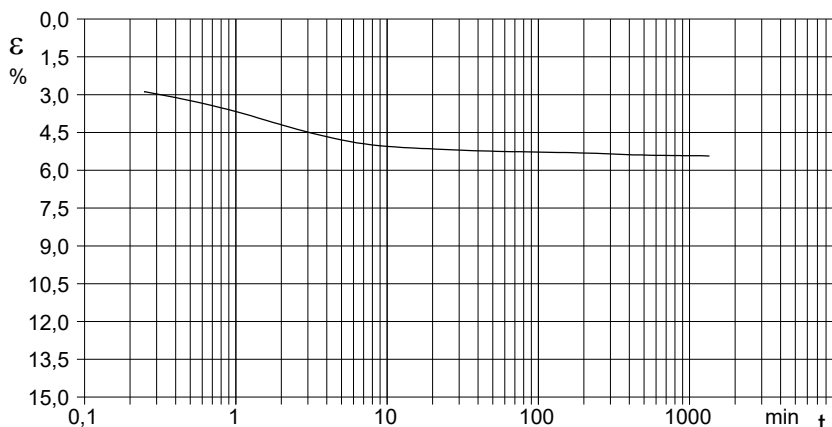
PROFONDITA': m 4.0-4.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

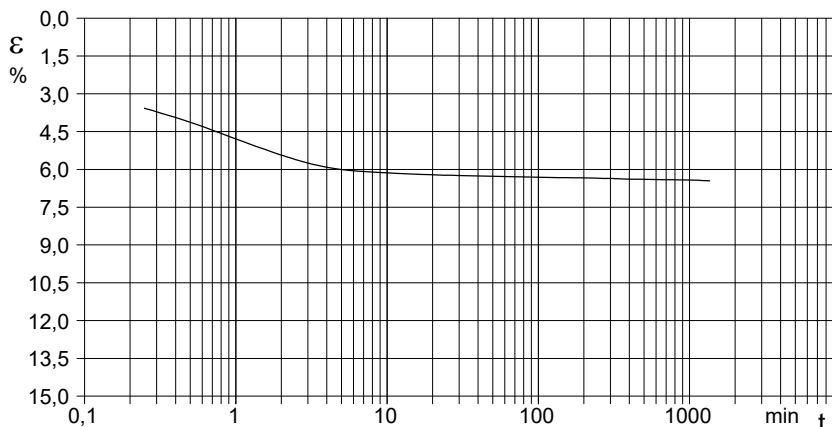
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

**Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO****PROVINO 1**

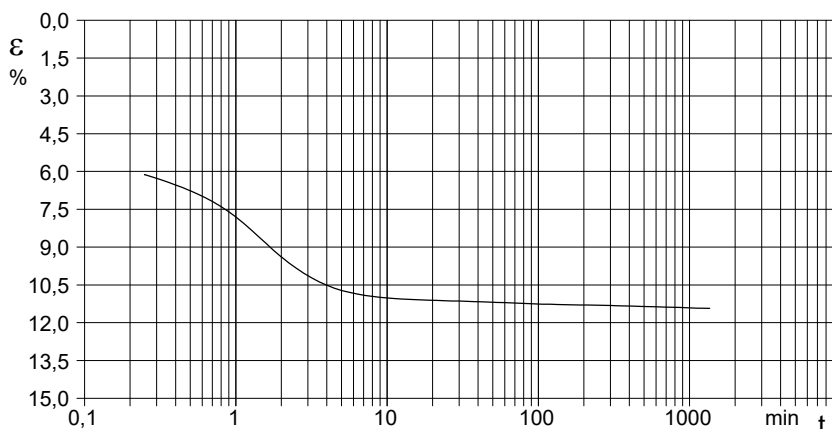
Pressione (kPa)	103
Altezza iniziale (cm)	2,300
Altezza finale (cm)	2,175
Sezione (cm ²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

**Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO****PROVINO 2**

Pressione (kPa)	191
Altezza iniziale (cm)	2,300
Altezza finale (cm)	2,152
Sezione (cm ²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

**Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO****PROVINO 3**

Pressione (kPa)	312
Altezza iniziale (cm)	2,300
Altezza finale (cm)	2,037
Sezione (cm ²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 50 x T₅₀

Vs = Df / tf

COMMITTENTE: Croce Rossa Italiana		
RIFERIMENTO: Pontasserchio (PI)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 4.0-4.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	71	116	183
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	5,15	4,14	8,74
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,46	0,48	0,60
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 24,0	--- 21,0	--- 21,1
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,4 22,8	18,5 22,4	18,0 24,6

DIAGRAMMA
Tensione - Pressione verticale

Coesione:	14,1 kPa
Angolo di attrito interno:	28,3 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

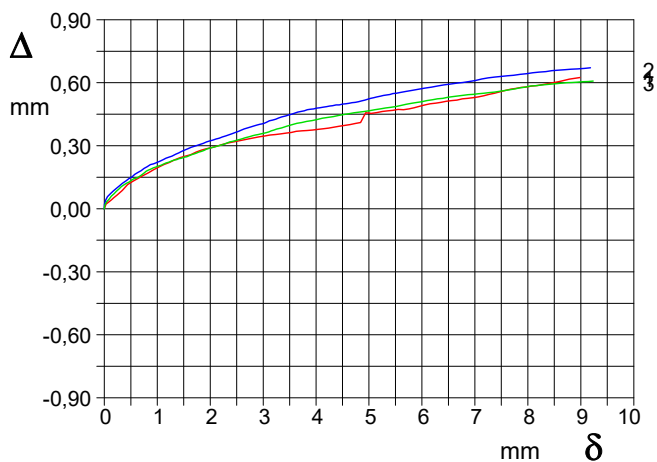
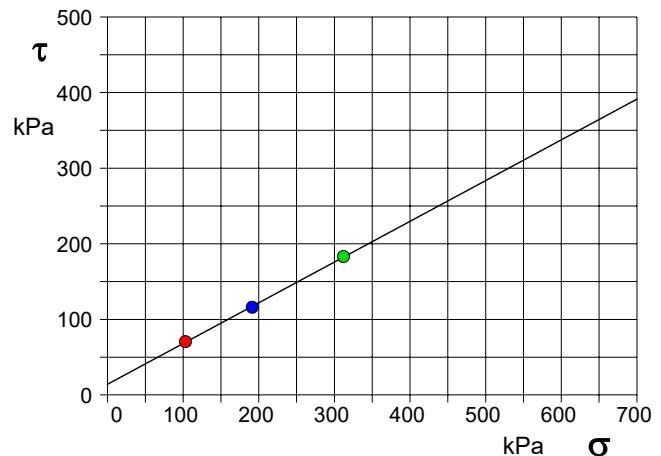


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

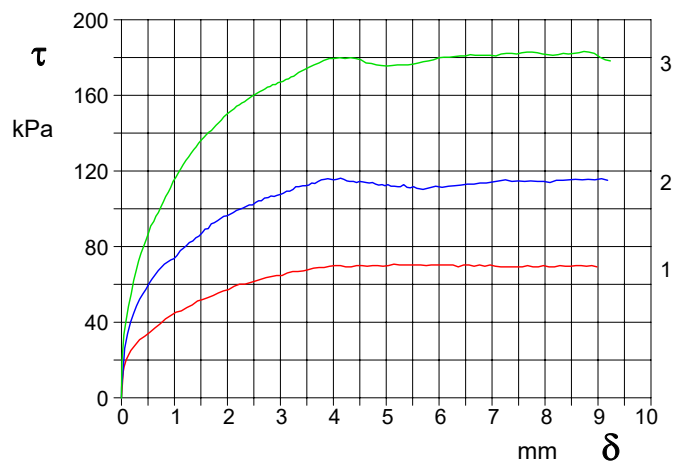


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



LABOTER S.r.l.

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00725	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 19/02/24	Inizio analisi: 12/01/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 588 del 18/12/23		Apertura campione: 12/01/24	Fine analisi: 13/01/24

COMMITTENTE: Croce Rossa Italiana
RIFERIMENTO: Pontasserchio (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: CR1 PROFONDITA': m 5.3-5.7

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale = 26,1 %

Struttura del materiale:

Omogeneo
 Stratificato
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

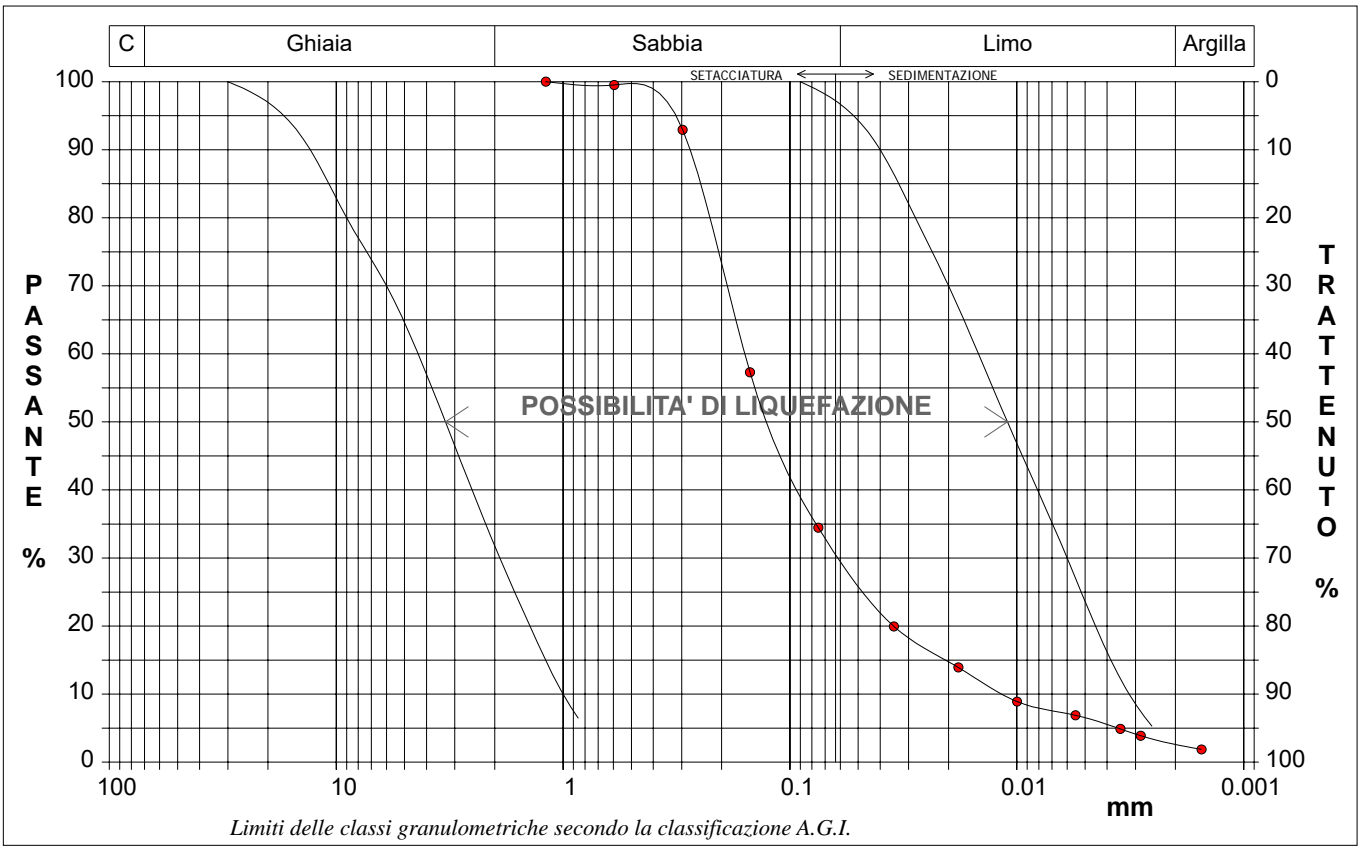
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00726	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 19/02/24	Inizio analisi: 15/01/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 588 del 18/12/23		Apertura campione: 12/01/24	Fine analisi: 18/01/24

COMMITTENTE: Croce Rossa Italiana
RIFERIMENTO: Pontasserchio (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: CR1 PROFONDITA': m 5.3-5.7

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	0,01137 mm
Sabbia	69,8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	96,2 %	D30	0,05922 mm
Limo	27,5 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	34,5 %	D50	0,12020 mm
Argilla	2,7 %			D60	0,15799 mm
Coefficiente di uniformità	13,90	Coefficiente di curvatura	1,95	D90	0,28082 mm




Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
1,1900	100,00	0,0348	19,94	0,0028	3,88				
0,5950	99,51	0,0181	13,92	0,0015	1,88				
0,2970	92,92	0,0100	8,90						
0,1500	57,29	0,0055	6,89					Setacci	4
0,0750	34,47	0,0035	4,89					Punti sediment.	7

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Chiara Colarusso



Il direttore del laboratorio
Dott. Geol. Paolo Tognelli





LABOTER S.r.l.

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00727	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 19/02/24	Inizio analisi: 12/01/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 588 del 18/12/23		Apertura campione: 12/01/24	Fine analisi: 13/01/24

COMMITTENTE: Croce Rossa Italiana
RIFERIMENTO: Pontasserchio (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: CR2 PROFONDITA': m 10.0-10.3

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale = 25,9 %

Struttura del materiale:

Omogeneo
 Stratificato
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



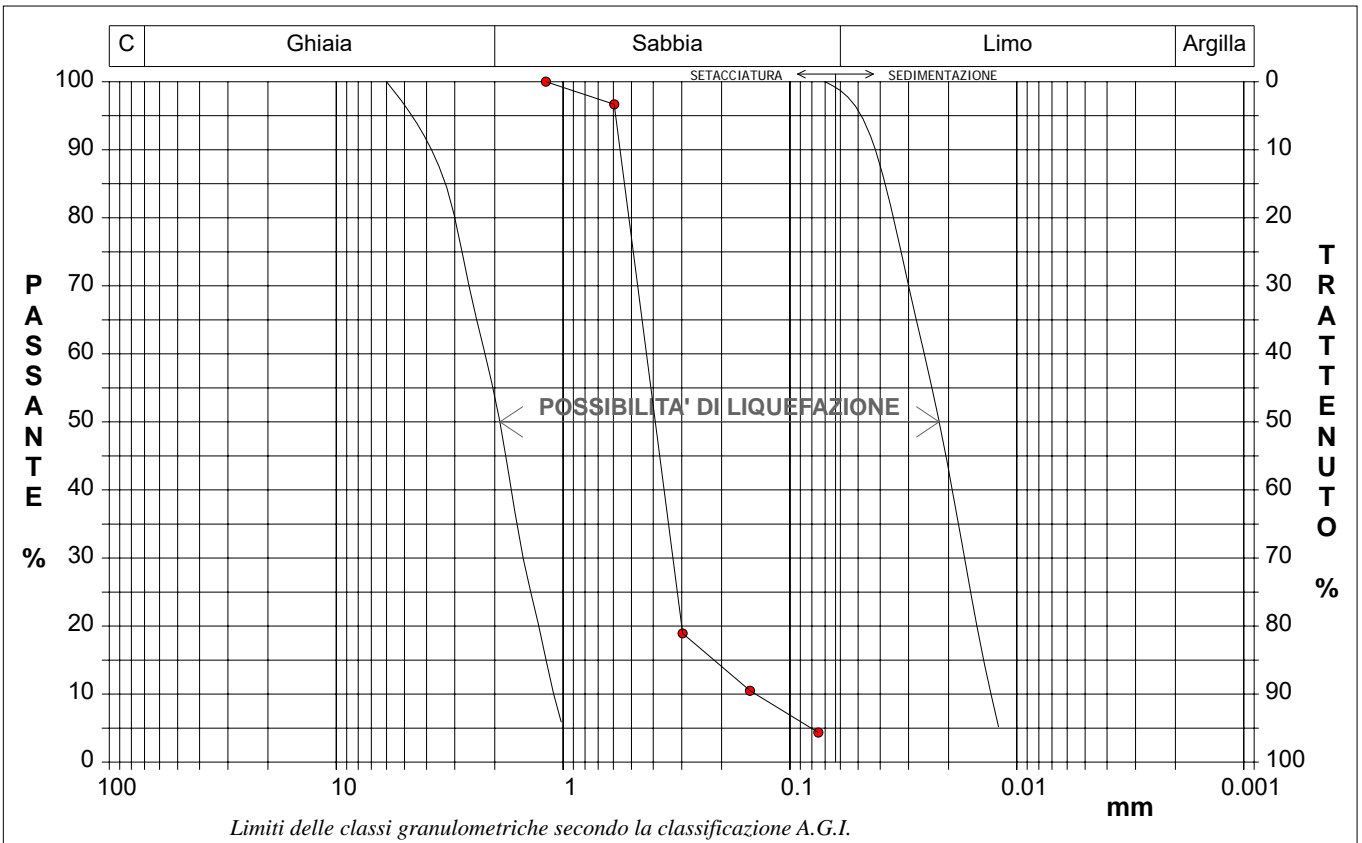
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00728	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 19/02/24	Inizio analisi: 15/01/24
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 588 del 18/12/23		Apertura campione: 12/01/24	Fine analisi: 18/01/24

COMMITTENTE: Croce Rossa Italiana
RIFERIMENTO: Pontasserchio (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: CR2 PROFONDITA': m 10.0-10.3

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	0,14180 mm
Sabbia	97,6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	57,7 %	D30	0,32791 mm
Limo-Argilla	2,4 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	4,4 %	D50	0,39208 mm
				D60	0,42873 mm
				D90	0,56055 mm
Coefficiente di uniformità	3,02	Coefficiente di curvatura	1,77		



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
1,1900	100,00								
0,5950	96,68								
0,2970	18,92								
0,1500	10,50							Setacci	4
0,0750	4,37							Punti sediment.	0

RELAZIONE TECNICA

Committente: Croce Rossa Italiana

Località: Pontasserchio – San Giuliano Terme

Data Indagine: 15/12/2023

Codice lavoro: 231215b

INDAGINI SISMICHE MASW

INDAGINI SISMICHE HVSR

Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.r.l.

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

Tel./Fax: 050 9910582

e-mail: info@gaiaservizi.com

p. IVA 01667250508

Data elaborazione: 27/12/2023

Sommario

PREMESSA	3
INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR	4
GENERALITA'	4
SISTEMA DI ACQUISIZIONE – INDAGINI EFFETTUATE	7
ELABORAZIONE DEI DATI HVSR	7
INDAGINI MASW	10
GENERALITA'	10
SISTEMA DI ACQUISIZIONE	11
INDAGINI EFFETTUATE	12
ELABORAZIONE CONGIUNTA DEI DATI MASW E HVSR	13

PREMESSA

Per incarico della Croce Rossa Italiana, sono state eseguite indagini geofisiche in Località Pontasserchio, nel Comune di San Giuliano Terme.

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

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

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

INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR

GENERALITA'

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

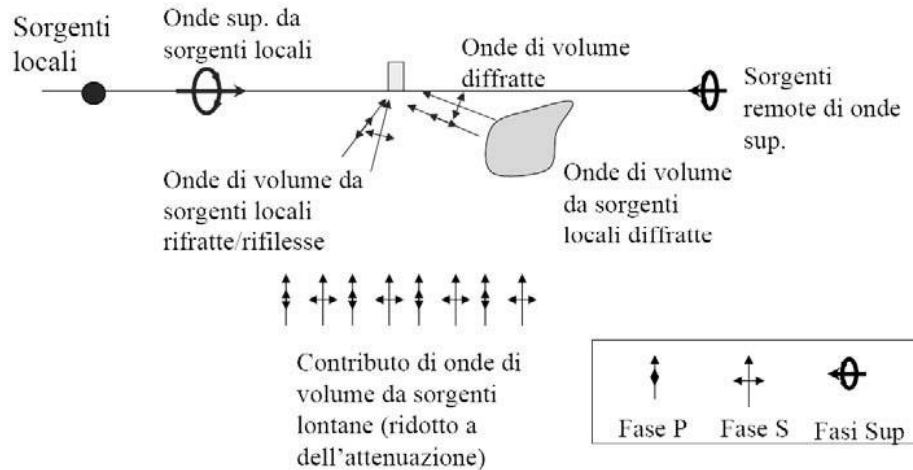


Figura 1: Modalità di generazione e propagazione di microtremore

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

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

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

L'ottenimento di una stratigrafia sismica da indagini a stazione singola, deriva dai primi studi di Kanai (1957) in poi, per cui diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito.

Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970).

La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo.

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

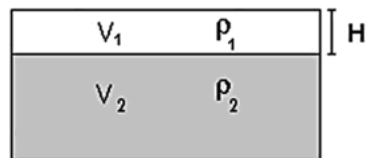
Purtroppo, esiste abbondante letteratura comprovante il fatto che l'ampiezza del picco H/V, pur essendo legata all'entità del contrasto di impedenza tra strati, non è correlabile all'amplificazione sismica in modo semplice (cfr. Mucciarelli e Gallipoli, 2001; SESAME, 2005 e referenze ivi contenute).

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

SISTEMA DI ACQUISIZIONE – INDAGINI EFFETTUATE

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

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

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

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

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

ELABORAZIONE DEI DATI HVSR

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

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

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

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

In fase di elaborazione vengono seguite le seguenti operazioni:

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

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

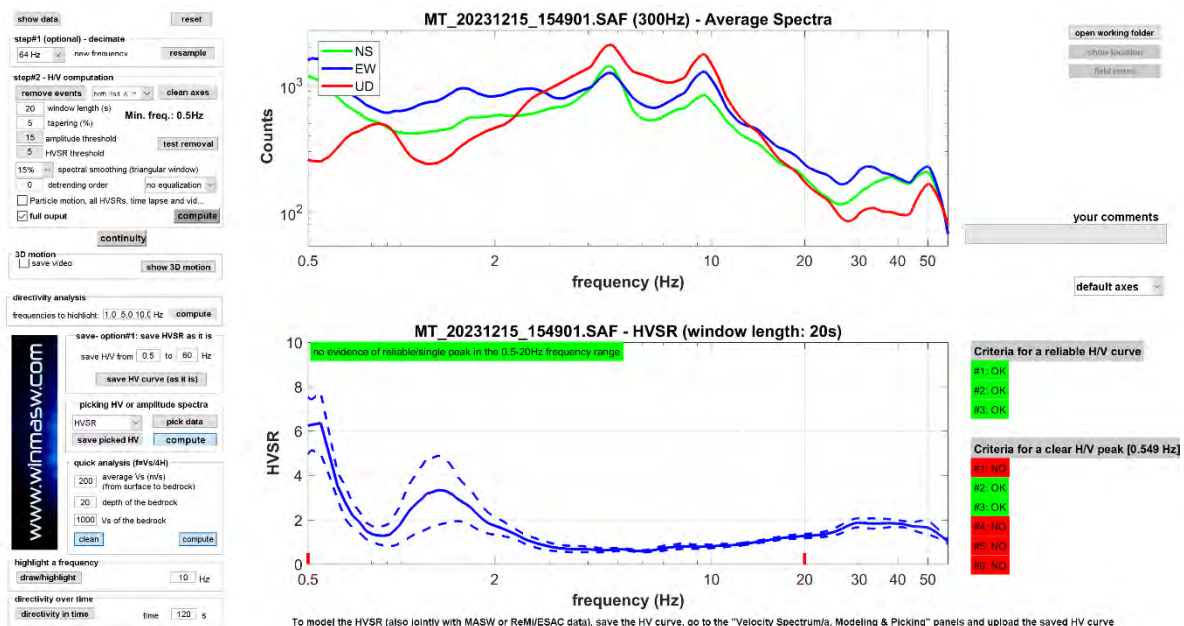
Le risultanze dell'elaborazione sono presentate mediante graficazione dei rapporti spettrali H/V delle varie componenti indicando il massimo del rapporto HVSR nel valore di f0 – Frequenza/e di risonanza e la sua deviazione standard.

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

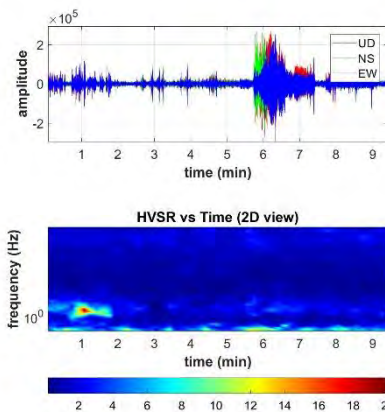
HVSR 1

Dataset: MT_20231215_154901.SAF
 Sampling frequency (Hz): 300
 Window length (sec): 20
 Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz
 Length of analysed dataset (min): 10.0
 Tapering (%): 5
 Smoothing (%): 15

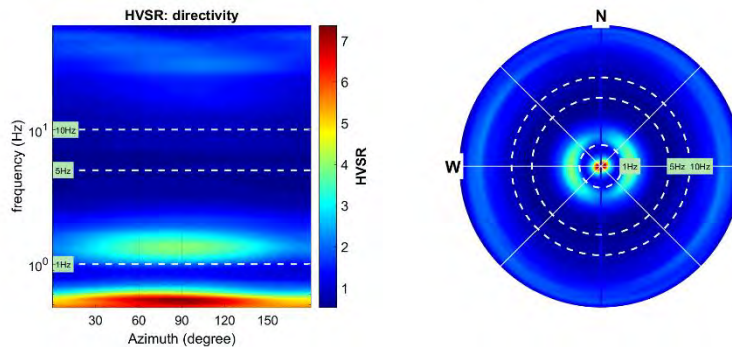
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI - RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



PERSISTENZA H/V



DIREZIONALITA' H/V



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

Peak frequency (Hz): 0.5

Peak HVSr value: 6.4

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

- #1. $[f_0 > 10/L_w]$: $0.549 > 0.5$ (OK)
- #2. $[n_c > 200]$: $626 > 200$ (OK)
- #3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

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

- #1. $[\text{exists } f^- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2]$: (NO)
- #2. $[\text{exists } f^+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2]$: yes, at frequency 0.7Hz (OK)
- #3. $[A_0 > 2]$: $6.4 > 2$ (OK)
- #4. $[f_{\text{peak}}[A_{h/v}(f) \text{ \& } \sigma_A(f)] = f_0 \text{ \& } 5\%]$: (NO)
- #5. $[\sigma_{f_0} < \epsilon(f_0)]$: $0.225 > 0.082$ (NO)
- #6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$: $11.593 < 2$ (NO)

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

INDAGINI MASW

GENERALITA'

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

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

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

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

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

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

SISTEMA DI ACQUISIZIONE

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

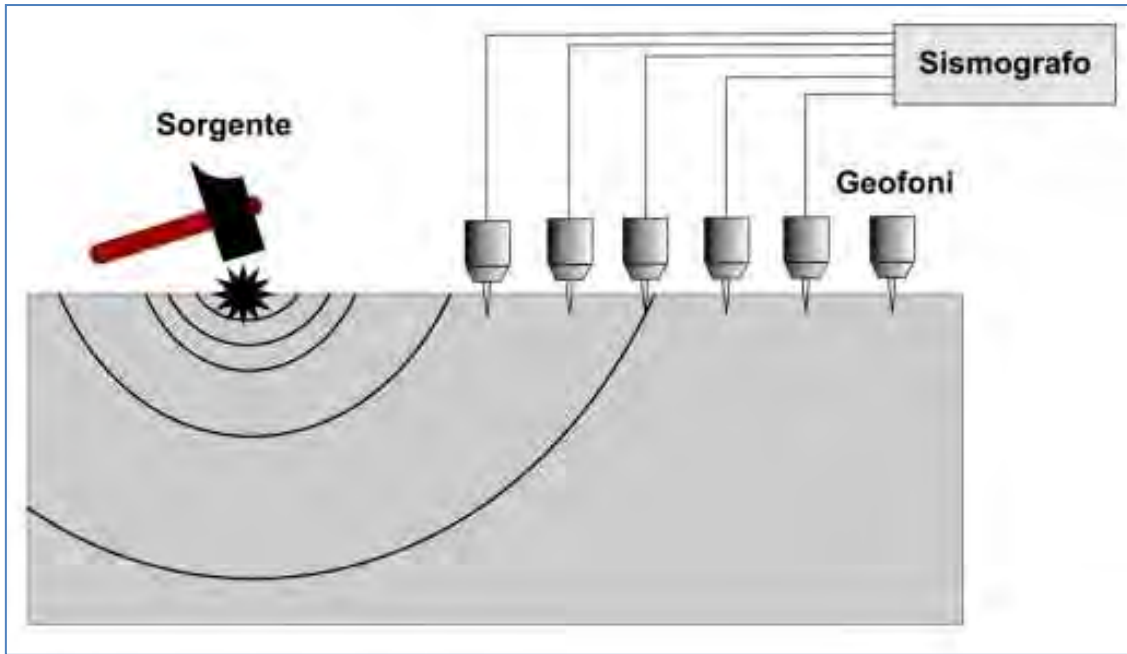


Figura 2: Esempio schematico di stendimento sismico tipo MASW

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospettore sismico PASI Gea24 a 24 bit, collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4.5Hz in configurazione ZVF per acquisire la componente verticale dell'onda di Rayleigh.

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

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

INDAGINI EFFETTUATE

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

Le acquisizioni sono state eseguite in base alle seguenti configurazioni:

CONFIGURAZIONE INDAGINE MASW1	
N° geofoni	24 (orizzontali Geospace Oyo 4.5 Hz)
Interasse geofoni	1.5 m
Off-sets sorgente (da ciascun estremo)	G1: 5m; 6.5m
Sorgente	mazza da 10kg



Figura 3: Stendimento sismico MASW1

ELABORAZIONE CONGIUNTA DEI DATI MASW E HVSR

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

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

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

L'analisi dei dati è stata quindi svolta considerando congiuntamente, dispersione delle onde di Rayleigh e rapporto spettrale H/V della registrazione HVSR 1 eseguita nelle immediate vicinanze della linea MASW1.

La modellazione è riportata nelle Figure 4 e 5 mentre il modello finale è riportato in Pagina 16.

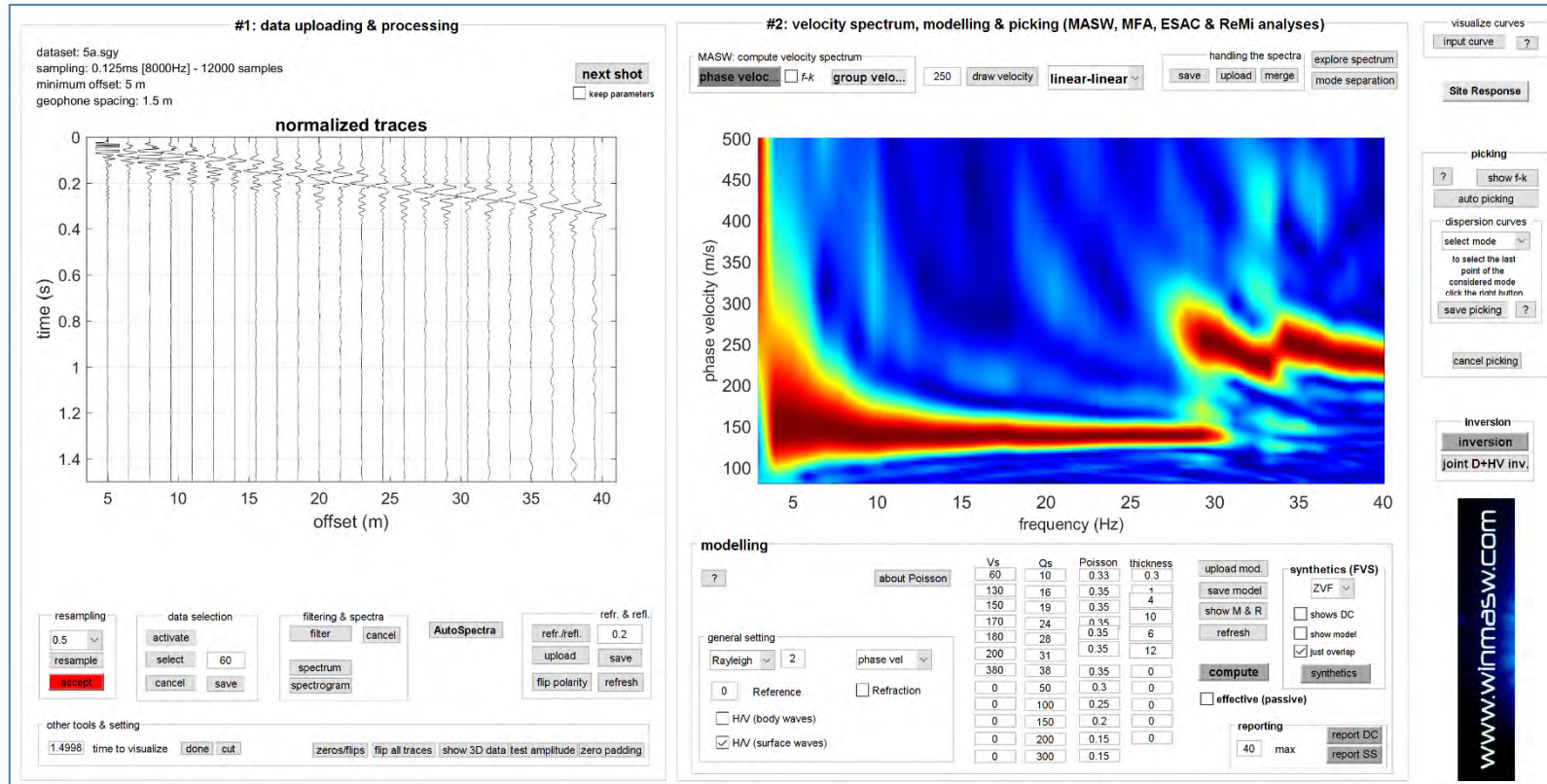


Figura 4: Sulla sinistra le tracce sismiche relative alla componenti ZVF e sulla destra i relativi spettri di velocità

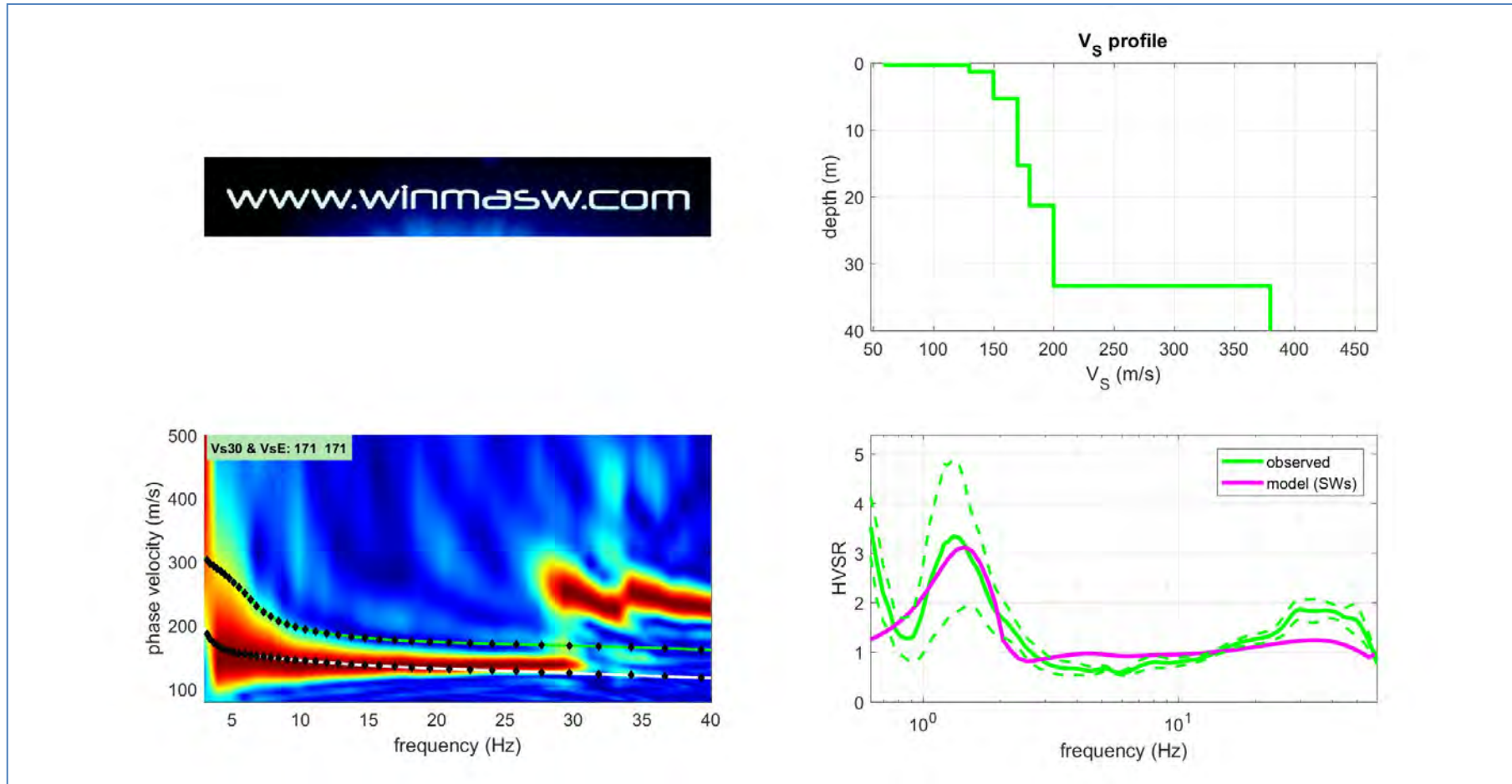


Figura 5 Sulla sinistra gli spettri di velocità relativi alla componenti ZVF con in sovrapposizione le curve di dispersione per l'onda di Rayleigh; Sulla destra in basso in verde le misure HVSR effettuate in sito e in magenta la curva HVSR modellata tramite ellitticità delle onde di superficie (Lunedei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

Mean model

Vs (m/s): 60, 130, 150, 170, 180, 200, 380

Thickness (m): 0.3, 1.0, 4.0, 10.0, 6.0, 12.0

Vs model (Vs30 & VsE: 171 171 m/s)

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	60	0.3000	0.3000
2	130	1	1.3000
3	150	4	5.3000
4	170	10	15.3000
5	180	6	21.3000
6	200	12	33.3000
7	380	0	0

Density (gr/cm³) (approximate values): 1.54 1.74 1.77 1.80 1.82 1.84 2.00

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 6 29 40 52 59 74 288

Analyzing Phase velocities

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson

Vp (m/s): 119 271 312 354 375 416 791

Poisson: 0.33 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

Vs30 and VsE (m/s): 171 171

San Giuliano Terme (PI),

27 dicembre 2023

GAIA Servizi S.r.l.**Dott. Jacopo Martini**
