

COMUNE DI SAN GIULIANO TEREME

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI IMPIANTI E ATTREZZATURE
SPORTIVE-RICREATIVE E RELATIVE STRUTTURE DI SERVIZIO
Comprato 98 – u.t.o.e. n.1

Richiedente: Centro Sportivo 2009 S.s.d.r.l.

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

Settembre 2020

Dott. Geol. Fabrizio Alvares



1. PREMESSA

La seguente relazione geologica viene redatta a supporto de progetto per la realizzazione di impianti ed attrezzature sportive-ricreative e relative strutture di servizio da realizzarsi in San Giuliano Terme, via di Giacomo (vedi corografia di Fig. 1).

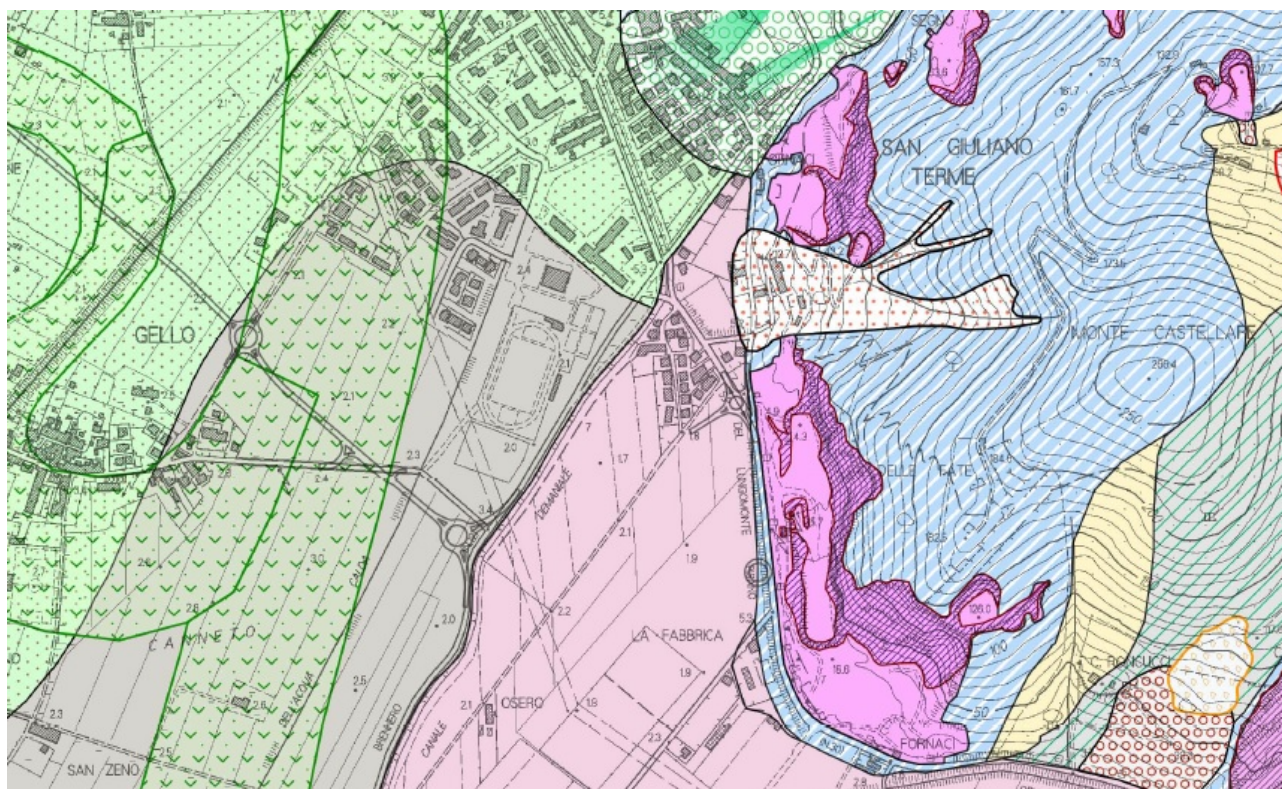


Fig. 1 - Corografia

2. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E GEOLOGICHE

L'area di progetto è situata nella parte sud-orientale dell'abitato di San Giuliano Terme, interposta tra il Canale Demaniale e la via Del Brennero, presenti ad ovest, e la S.P. Vicarese ad est; la morfologia si presenta del tutto pianeggiante, con quote del p.c. di circa 2 m s.l.m.; essa si colloca al margine della pianura alluvionale pisana, al limite dei rilievi dei Monti Pisani presenti immediatamente a nord.

Dal punto di vista geologico, così come illustrato nello stralcio della carta geomorfologica estratta dal POC (Fig. 2) sull'area in esame affiorano litotipi argillosi, anche organici.



Aree di fondovalle

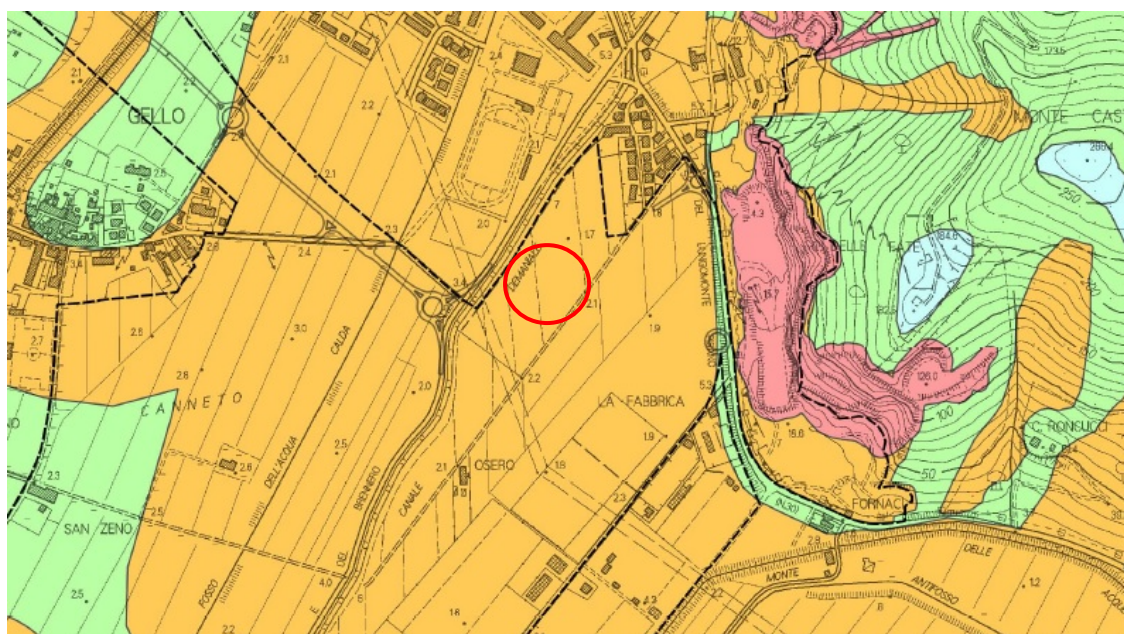
Sedimenti alluvionali attuali e recenti

- Terreni prevalentemente sabbioso-limosi
- Terreni prevalentemente argillosi
- Terreni argillosi organici

Fig. 2 - Carta geomorfologica (estratto della carta del P.O.C.)

3. CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' E FATTIBILITA'

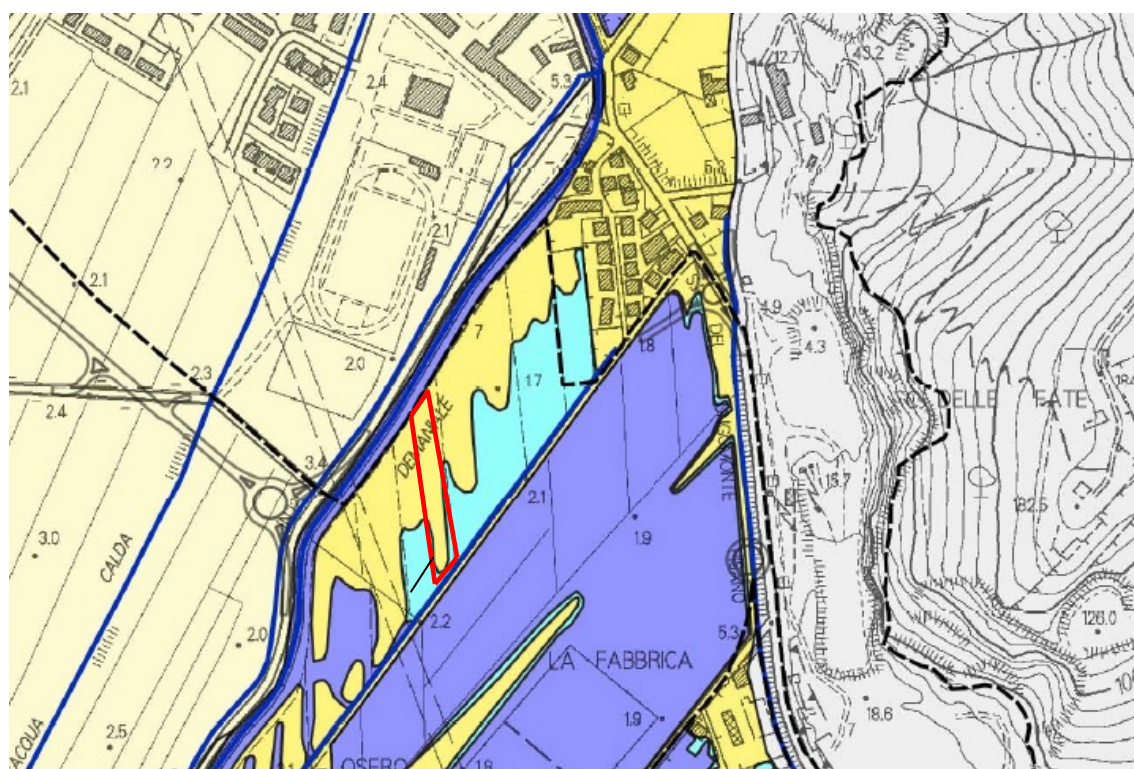
Dagli studi geologici a supporto del P.O.C., l'area in esame ricade nella classe di pericolosità geologica elevata P3 (Fig. 3) mentre per quanto concerne gli aspetti idraulici, nella classe di pericolosità media I2 (Fig.4), vale a dire aree interessate da allagamenti con $200 < Tr < 500$ anni, corrispondente alla classe PI2 di P.G.R.A.



PERICOLOSITA' GEOLOGICA D.P.G.R. 53/R/2011

- G1 - Pericolosità geologica bassa
- G2 - Pericolosità geologica media
- G3 - Pericolosità geologica elevata

Fig. 3 – pericolosità geologica (estratto della carta del P.O.C.)



1.2 - Pericolosità idraulica media

Aree interessate da allagamenti con $200 < T_r \leq 500$ anni

- Da studio idraulico eseguito nella presente indagine
- Da strumenti sovraordinati (PGRA - PAI Serchio)

Fig. 4 – pericolosità idraulica (estratto della carta del P.O.C.)

4. INDAGINI GEOTECNICHE E SISMICHE

Ai fini della definizione del modello geotecnico, sul sito di progetto è stata eseguita una prova penetrometrica statica CPT, mentre per quanto concerne la definizione dell'azione sismica, si è fatto riferimento ad una prova Down Hole, eseguita a supporto del progetto della struttura socio-sanitaria posta nelle immediate vicinanze a quella in esame (Vedi ubicazione indagini di Fig. 5) e quindi da considerarsi rappresentativa.



Fig. 5 - Ubicazione indagini

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Come possiamo osservare dai grafici allegati della CPT, fino alla profondità di circa 5 m dal p.c. sono presenti litotipi prevalentemente argillosi e limosi, talora organici, da mediamente consistenti a poco consistenti, cui segue, fino alla profondità di circa 9 m dal p.c. uno strato limo-sabbioso, caratterizzato da valori di resistenza di punta elevati.

Dalla profondità di 9 m, fino a fine prova, si rileva la presenza di terreni argillosi e limosi talora organici, alternati a livelli limosi e sabbiosi.

Può essere quindi definito il seguente modello geotecnico.


Parametri geotecnici	Strato 1 (0-5 m)	Strato 2 (5-9 m)	Strato 3 (9-15 m)
Peso di volume (t/mc)	1,9	1.8	1,8
Coesione Cu (Kg/cmq)	0,5	--	0.4
Angolo di attrito ϕ (°)	--	27	--

6. AZIONE SISMICA LOCALE

L'azione sismica locale è stata definita facendo riferimento all'approccio semplificato previsto dalle NTC 2018.

Dall'indagine sismica Down-Hole, i cui risultati sono riportati in appendice, è emersa una $V_{Seq} = 153 \text{ m/s}$ a cui corrisponde la "categoria di sottosuolo" **D**.

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

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

7. CONSIDERAZIONI IN MERITO ALLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI SABBIOSI

Il meccanismo della liquefazione è governato sia dalle caratteristiche del terremoto (accelerazione, numero di cicli e durata), sia dalle caratteristiche del terreno. Tra queste ultime assumono significativa importanza il grado di saturazione, la densità, le pressioni efficaci di confinamento, nonché le caratteristiche granulometriche.

In generale, relativamente alle caratteristiche granulometriche, la condizione deducibile dalla letteratura geotecnica per cui si possa manifestare il fenomeno della liquefazione è che il contenuto di fini (granulometria più fine di 74 micron) sia inferiore al 10%.

Dalle accurate indagini geotecniche eseguite per il progetto della struttura socio-sanitaria, è emerso che i litotipi sabbioso-limosi presenti nel sottosuolo, rappresentativi anche del sito in esame, non ricadano in questa casistica per cui la verifica alla liquefazione può essere omessa.

8. CONCLUSIONI

Sulla base dei risultati acquisiti con le indagini, non sono emerse particolari situazioni di criticità di carattere geologico, si ritiene di poter esprimere un parere favorevole circa la fattibilità geologica dell'intervento in progetto.

Relativamente alle condizioni di pericolosità idraulica, ricadendo l'area nella classe di pericolosità I2, le opere edilizie in progetto non sono sottoposte alle disposizioni di cui alla L.R. 41/2018.

RELAZIONE TECNICA

Committente:

Geol. Fabrizio Alvares

Località:

San Giuliano Terme (PI)

Data Indagine: 06/08/2020

Codice lavoro: 200806c

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT

Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.n.c.

Via Lenin, 132/Q

56017 San Giuliano Terme (PI)

Tel/Fax: 050 9910582

e-mail: info@gaiaservizi.com

P.IVA: 01667250508

Data elaborazione: 11/08/2020

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



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 1: Prova penetrometrica CPT 1

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:
TG63-200 - Pagani - Piacenza

Caratteristiche:

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

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

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

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

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

N.B. : la spinta $S \text{ (Kg)}$, 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 $FR = (f_s / q_c) \% :$**

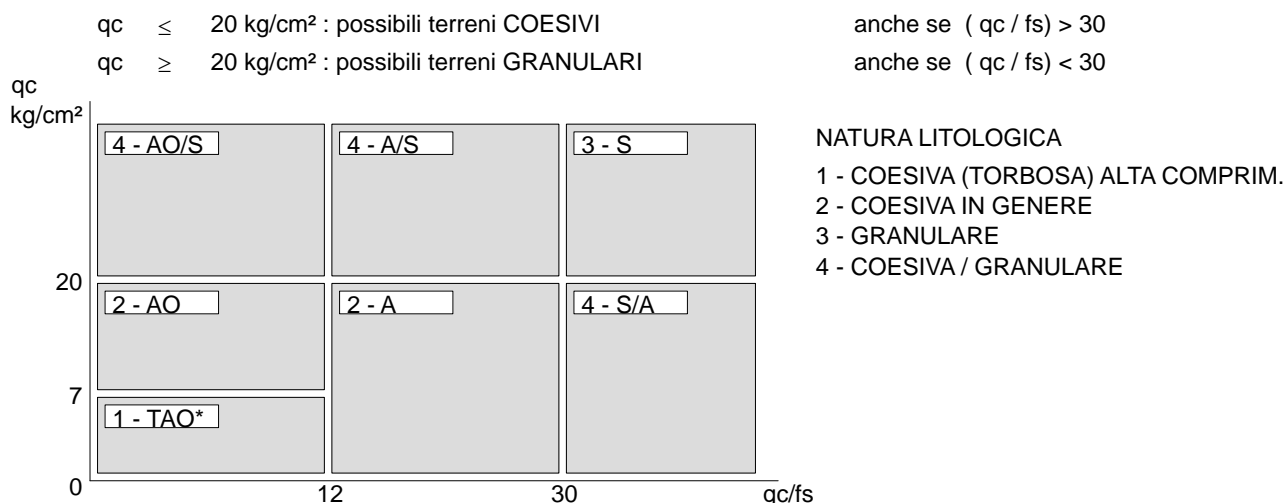
- AO	= argilla organica e terreni misti
- Att	= argilla (inorganica) molto tenera
- At	= argilla (inorganica) tenera
- Am	= argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac	= argilla (inorganica) consistente
- Acc	= argilla (inorganica) molto consistente
- ASL	= argilla sabbiosa e limosa
- SAL	= sabbia 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.

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto q_c / f_s (Begemann 1965 - A.G.I. 1977) prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :



PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - q_c - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - q_c]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : Eu - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - q_c]
 E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente)
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983)
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - q_c - natura]
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : Dr - R_p - σ'_{vo} (Schmertmann 1976)]
- \emptyset' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : \emptyset' - Dr - q_c - σ'_{vo})
 \emptyset'_{Ca} - Caquot (1948) \emptyset'_{Ko} - Koppejan (1948)
 \emptyset'_{DB} - De Beer (1965) \emptyset'_{Sc} - Schmertmann (1978)
 \emptyset'_{DM} - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.) \emptyset'_{Me} - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
(g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g) - Dr]
- Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Yoshida Motonori 1988)

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT
1

riferimento

200806c

certificato n°

338/20

 Committente: **Geol. Fabrizio Alvares**

 U.M.: **kg/cm²**

 Data esec.: **06/08/2020**

 Cantiere: **200806c**

 Data certificato: **11/08/2020**

 Località: **San Giuliano Terme (PI)**

 Pagina: **1**

Elaborato:

 Falda: **Non rilevata**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0,0	0	0	0,00	0,00										
0,40	23,0	31	0	23,00	0,53	43	2,3								
0,60	18,0	38	0	18,00	1,33	14	7,4								
0,80	14,0	29	0	14,00	1,00	14	7,1								
1,00	10,0	25	0	10,00	1,02	10	10,2								
1,20	9,0	24	0	9,00	1,00	9	11,1								
1,40	12,0	26	0	12,00	0,93	13	7,8								
1,60	12,0	24	0	12,00	0,80	15	6,7								
1,80	10,0	21	0	10,00	0,77	13	7,7								
2,00	9,0	12	0	9,00	0,17	53	1,9								
2,20	10,0	18	0	10,00	0,53	19	5,3								
2,40	11,0	19	0	11,00	0,53	21	4,8								
2,60	10,0	22	0	10,00	0,80	13	8,0								
2,80	9,0	19	0	9,00	0,67	13	7,4								
3,00	9,0	17	0	9,00	0,53	17	5,9								
3,20	9,0	14	0	9,00	0,33	27	3,7								
3,40	7,0	12	0	7,00	0,33	21	4,7								
3,60	9,0	13	0	9,00	0,27	33	3,0								
3,80	10,0	16	0	10,00	0,40	25	4,0								
4,00	6,0	12	0	6,00	0,40	15	6,7								
4,20	4,0	10	0	4,00	0,40	10	10,0								
4,40	6,0	9	0	6,00	0,20	30	3,3								
4,60	7,0	10	0	7,00	0,20	35	2,9								
4,80	6,0	11	0	6,00	0,33	18	5,5								
5,00	20,0	23	0	20,00	0,20	100	1,0								
5,20	20,0	28	0	20,00	0,53	38	2,7								
5,40	22,0	28	0	22,00	0,40	55	1,8								
5,60	24,0	32	0	24,00	0,53	45	2,2								
5,80	28,0	36	0	28,00	0,53	53	1,9								
6,00	18,0	25	0	18,00	0,47	38	2,6								
6,20	10,0	16	0	10,00	0,40	25	4,0								
6,40	16,0	24	0	16,00	0,53	30	3,3								
6,60	16,0	25	0	16,00	0,60	27	3,8								
6,80	21,0	29	0	21,00	0,53	40	2,5								
7,00	27,0	34	0	27,00	0,47	57	1,7								
7,20	26,0	30	0	26,00	0,27	96	1,0								
7,40	20,0	26	0	20,00	0,40	50	2,0								
7,60	20,0	23	0	20,00	0,19	105	1,0								
7,80	19,0	31	0	19,00	0,80	24	4,2								
8,00	26,0	31	0	26,00	0,33	79	1,3								
8,20	25,0	34	0	25,00	0,60	42	2,4								
8,40	35,0	40	0	35,00	0,37	95	1,1								
8,60	13,0	19	0	13,00	0,40	33	3,1								
8,80	31,0	35	0	31,00	0,30	103	1,0								
9,00	8,0	18	0	8,00	0,64	13	8,0								
9,20	8,0	13	0	8,00	0,33	24	4,1								
9,40	11,0	18	0	11,00	0,47	23	4,3								
9,60	12,0	23	0	12,00	0,73	16	6,1								
9,80	19,0	33	0	19,00	0,93	20	4,9								
10,00	19,0	32	0	19,00	0,87	22	4,6								
10,20	10,0	26	0	10,00	1,03	10	10,3								
10,40	10,0	18	0	10,00	0,53	19	5,3								
10,60	7,0	16	0	7,00	0,60	12	8,6								
10,80	5,0	14	0	5,00	0,60	8	12,0								
11,00	5,0	10	0	5,00	0,33	15	6,6								
11,20	15,0	22	0	15,00	0,47	32	3,1								
11,40	10,0	21	0	10,00	0,73	14	7,3								
11,60	21,0	26	0	21,00	0,33	64	1,6								
11,80	21,0	33	0	21,00	0,80	26	3,8								
12,00	26,0	32	0	26,00	0,40	65	1,5								
12,20	30,0	38	0	30,00	0,53	57	1,8								
12,40	8,0	18	0	8,00	0,65	12	8,1								
12,60	11,0	19	0	11,00	0,53	21	4,8								
12,80	8,0	14	0	8,00	0,40	20	5,0								
13,00	8,0	12	0	8,00	0,27	30	3,4								
13,20	5,0	8	0	5,00	0,20	25	4,0								
13,40	10,0	13	0	10,00	0,20	50	2,0								
13,60	8,0	15	0	8,00	0,47	17	5,9								
13,80	6,0	11	0	6,00	0,33	18	5,5								
14,00	6,0	11	0	6,00	0,33	18	5,5								
14,20	5,0	10	0	5,00	0,33	15	6,6								
14,40	6,0	11	0	6,00	0,33	18	5,5								
14,60	7,0	11	0	7,00	0,27	26	3,9								
14,80	8,0	13	0	8,00	0,33	24	4,1								
15,00	7,0	12	0	7,00	0,33	21	4,7								

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta

fs = resistenza laterale calcolata

alla stessa quota di qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT
1

riferimento

200806c

certificato n°

338/20

 Committente: **Geol. Fabrizio Alvares**

 Cantiere: **200806c**

 Località: **San Giuliano Terme (PI)**

 U.M.: **kg/cm²**

 Scala: **1:75**

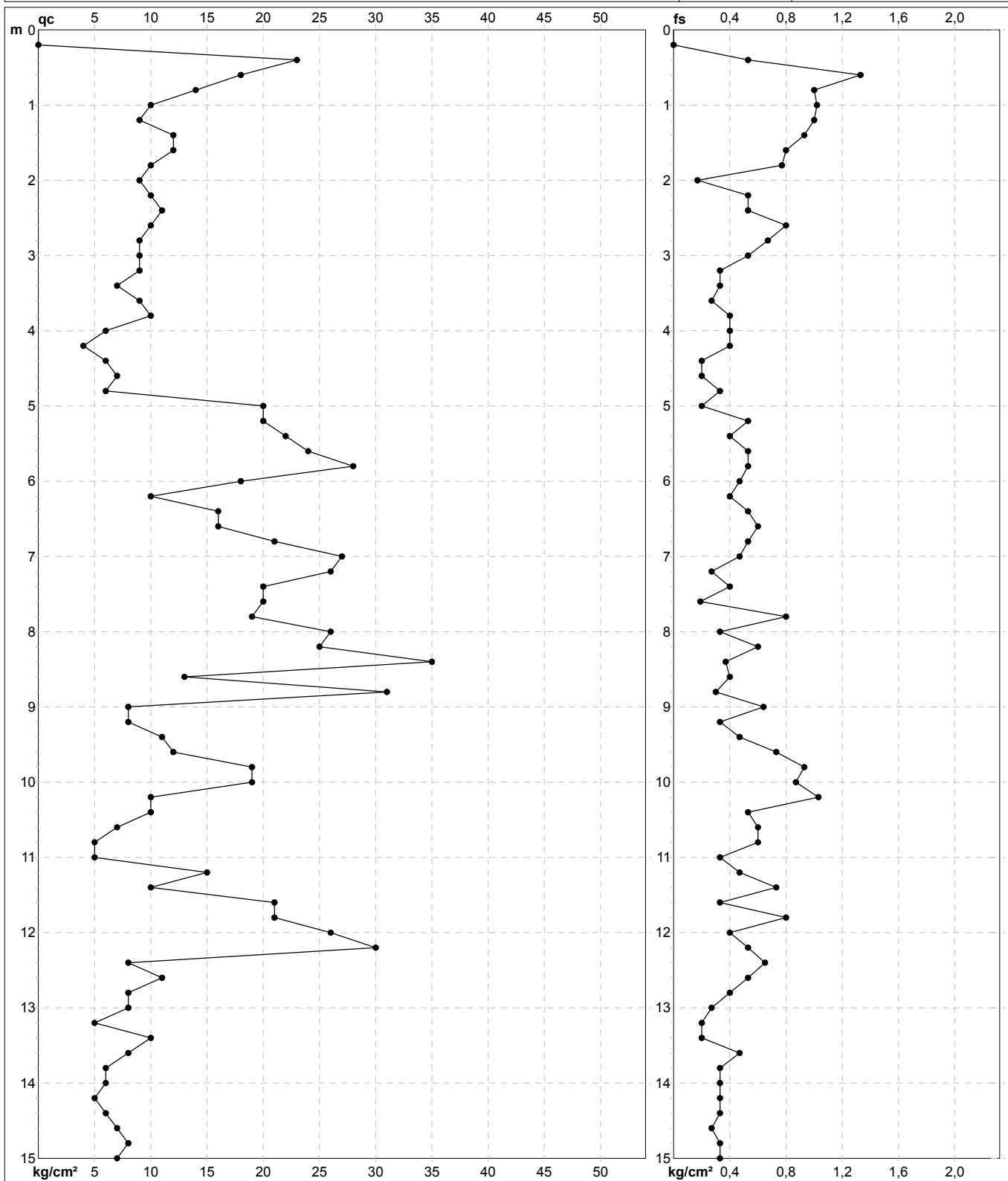
 Pagina: **1**

Elaborato:

 Data eseg.: **06/08/2020**

 Data certificato: **11/08/2020**

Quota inizio:

 Falda: **Non rilevata**

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

 Preforo: **m**
 Corr.astine: **kg/ml**

Cod. punta:

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON059

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT
1

riferimento

200806c

certificato n°

338/20

 Committente: **Geol. Fabrizio Alvares**

 Cantiere: **200806c**

 Località: **San Giuliano Terme (PI)**

 U.M.: **kg/cm²**

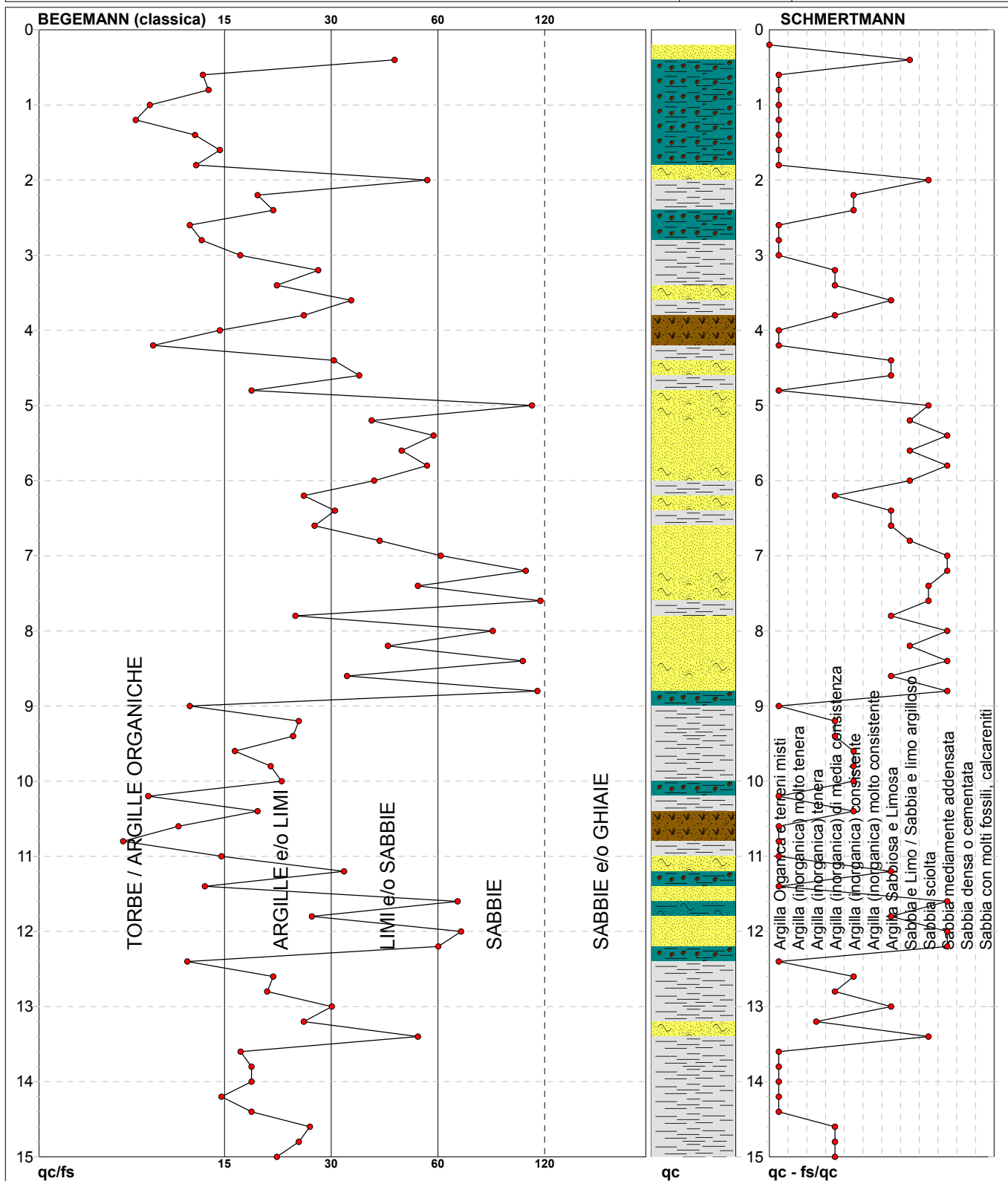
 Scala: **1:75**

 Pagina: **1**

Elaborato:

 Data eseg.: **06/08/2020**

 Data certificato: **11/08/2020**

 Falda: **Non rilevata**


Torbe / Argille org. :	18 punti, 24,32%	Argilla Organica e terreni misti:	25 punti, 33,78%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	6 punti, 8,11%
Argille e/o Limi :	31 punti, 41,89%	Argilla (inorganica) tenera:	1 punto, 1,35%	Sabbia sciolta:	5 punti, 6,76%
Limi e/o Sabbie :	18 punti, 24,32%	Argilla (inorganica) media consist.:	10 punti, 13,51%	Sabbia mediamente addensata:	10 punti, 13,51%
Sabbie:	8 punti, 10,81%	Argilla (inorganica) consistente:	7 punti, 9,46%		

CPT	1
riferimento	200806c
certificato n°	338/20

U.M.: kg/cm²	Data eseg.: 06/08/2020
Pagina: 1	Data certificato: 11/08/2020
Elaborato:	Falda: Non rilevata

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820 FON059

RELAZIONE TECNICA

Committente: Geol. Fabrizio
Alvares

Località: San Giuliano Terme

Data Indagine: 14/02/2018

Codice lavoro: 180214c

INDAGINE SISMICA DOWNHOLE IN FORO DI SONDAGGIO

Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.n.c.

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

Tel./Fax: 050 9910582

e-mail: info@gaiaservizi.com

p. IVA 01667250508

Data elaborazione: 17/02/2018

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



Sommario

PREMESSA	3
PROSPEZIONI SISMICHE DOWNHOLE IN FORO DI SONDAGGIO – GENERALITA'	4
INDAGINI EFFETTUATE	6
CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE (D.M. 14/01/2008)	6

PREMESSA

Per incarico del Geol. Fabrizio Alvares , è stata effettuata una campagna geognostica attraverso l'esecuzione di n°1 prospezione sismica tipo downhole in 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.

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



Figura 1: Indagine sismica Down Hole

PROSPEZIONI SISMICHE DOWNHOLE IN FORO DI SONDAGGIO - GENERALITA'

La prova downhole consiste nel produrre, sulla superficie del terreno, una sollecitazione orizzontale mediante una sorgente meccanica, e nello studiare il treno d'onde, P e S, che si propagano all'interno del terreno alle varie profondità in direzione verticale, con vibrazioni polarizzate nella direzione di propagazione (onde P), e dirette perpendicolarmente alla direzione di propagazione, polarizzate su un piano orizzontale (onde SH). Mediante tre ricevitori (geofoni) disposti nel terreno, a profondità note, viene valutato l'istante di arrivo del treno di onde P e S, rispetto all'istante in cui vengono indotte le sollecitazioni alla sorgente; dividendo quindi per tali valori la distanza (nota) tra sorgente e ricevitori, si può ricavare la velocità delle onde P e S.

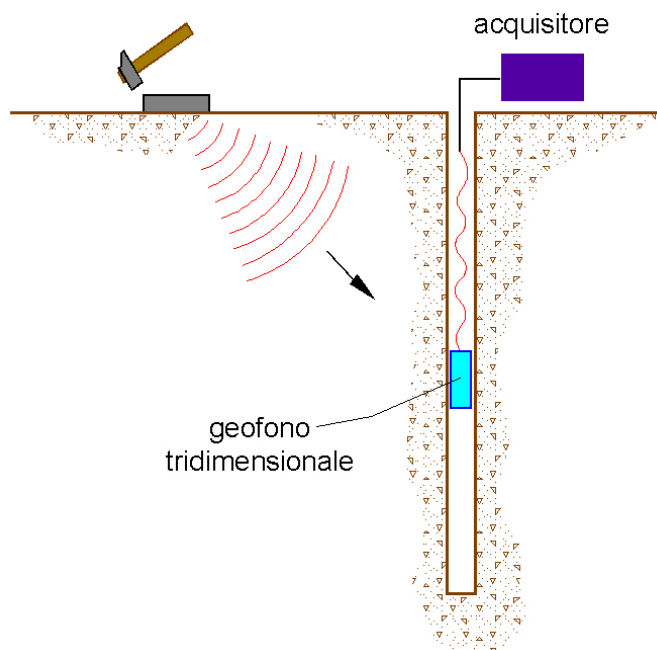


Figura 2: Schema Down Hole

Come sorgenti energizzanti sono stati utilizzati: per le onde P una mazza da 10 kg con piattello di battuta; per le onde SH un parallelepipedo (traversina) di legno percosso sulle estremità opposte da una mazza da 10 kg.

Le sorgenti (onde P ed onde SH) sono state disposte perpendicolarmente ad un raggio uscente dal foro di sondaggio, ad una distanza di circa 3 m.

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospettore sismico *Ambrogeo Echo 24/2010* a 24 bit.

Una volta determinata con qualche misura di prova l'orientazione assoluta più efficace del sistema per massimizzare l'ampiezza di ricezione dei ricevitori e la registrazione di tracce in opposizione di fase, sono state effettuate misure ogni metro di profondità.

Per quanto riguarda l'interpretazione dei tracciati e la determinazione delle velocità di propagazione delle onde sismiche, si è proceduto con un'analisi visuale delle registrazioni, individuando direttamente su ciascuna traccia il tempo di primo arrivo o ricorrendo a tecniche d'interpolazione

ricercando punti caratteristici (picchi o valli) successivi al primo arrivo quando questo non era chiaramente individuabile.

Mediante un'applicazione su foglio elettronico Excel (vedi tabulati allegati), i tempi letti sono stati quindi corretti in funzione dello scarto di trigger (in più o in meno rispetto al tempo di trigger medio) ed infine corretti in funzione della geometria del sistema (posizione della sorgente rispetto al foro ed alla profondità di acquisizione) attraverso la formula:

$$t^* = \frac{z}{d} \cdot t = \frac{z}{\sqrt{z^2 + R^2}} \cdot t$$

dove z è la profondità del ricevitore, d è la distanza effettiva tra sorgente e ricevitore, R la distanza superficiale tra sorgente ed il centro del foro, t il tempo determinato dalle tracce di registrazione e t* il tempo corretto.

Le velocità dei vari strati sono state quindi determinate con la funzione di regressione lineare relativa a ciascuno degli intervalli rettilinei del diagramma tempi di arrivo-profondità, dove ogni punto rappresenta la media dei tempi registrati da entrambi i geofoni (direzione x e direzione y) alla stessa profondità.

INDAGINI EFFETTUATE

Geometria del sistema di acquisizione:

distanza foro - sorgente onde SH: m 3.0

distanza foro - sorgente onde P: m 3.0

Dati misure down hole

Registrazioni Nr.	Z [m]	Tp [msec]	Ts [msec]
1	1.00	8.70	15.00
2	2.00	9.10	25.00
3	3.00	9.80	33.00
4	4.00	10.00	45.00
5	5.00	10.80	52.00
6	6.00	11.50	57.70
7	7.00	12.50	70.00
8	8.00	13.20	81.90
9	9.00	13.80	88.00
10	10.00	14.00	95.60
11	11.00	15.10	100.00
12	12.00	15.90	108.00
13	13.00	16.40	115.00
14	14.00	17.00	123.00
15	15.00	17.10	128.00
16	16.00	18.00	134.00
17	17.00	19.30	138.00
18	18.00	20.00	142.00
19	19.00	20.50	148.00
20	20.00	21.00	152.00
21	21.00	21.00	157.00
22	22.00	22.80	164.00
23	23.00	23.00	168.00
24	24.00	23.30	173.00
25	25.00	23.30	174.00
26	26.00	24.10	178.00
27	27.00	25.00	183.00
28	28.00	25.60	188.00
29	29.00	26.50	190.00
30	30.00	27.10	194.00
31	31.00	28.00	199.00
32	32.00	29.00	205.00

Risultati

SR [m]	Tpcorr [msec]	Tscorr [msec]
3.1623	2.7512	4.7434
3.6056	5.0478	13.8675
4.2426	6.9296	23.3345
5.0000	8.0000	36.0000
5.8310	9.2609	44.5896
6.7082	10.2859	51.6085
7.6158	11.4893	64.3402
8.5440	12.3596	76.6854
9.4868	13.0918	83.4841
10.4403	13.4096	91.5682
11.4018	14.5679	96.4764
12.3693	15.4253	104.7754
13.3417	15.9800	112.0550
14.3178	16.6226	120.2697
15.2971	16.7679	125.5143
16.2788	17.6917	131.7049
17.2627	19.0063	135.9001
18.2483	19.7279	140.0679
19.2354	20.2491	146.1889
20.2238	20.7677	150.3183
21.2132	20.7889	155.4221
22.2036	22.5909	162.4961
23.1948	22.8068	166.5889
24.1868	23.1201	171.6641
25.1794	23.1340	172.7606
26.1725	23.9412	176.8268
27.1662	24.8471	181.8807
28.1603	25.4543	186.9301
29.1548	26.3593	188.9914
30.1496	26.9655	193.0372
31.1448	27.8698	198.0746
32.1403	28.8734	204.1050

Valori medi

Vp medio [m/s]	Vs medio [m/s]	g medio [kN/mc]	ni medio	G medio [MPa]	Ed medio [MPa]	E medio [MPa]	Ev medio [MPa]
432.9	128.59	17.17	0.45	28.95	328.13	84.06	289.53
920.81	93.7	15.45	0.49	13.83	1335.8	41.35	1317.35
1408.45	137.68	16.75	0.5	32.37	3388.02	96.81	3344.85
1453.96	194.3	17.76	0.49	68.37	3828.37	203.86	3737.22
1485.15	239.94	18.6	0.49	109.19	4183.23	324.63	4037.65

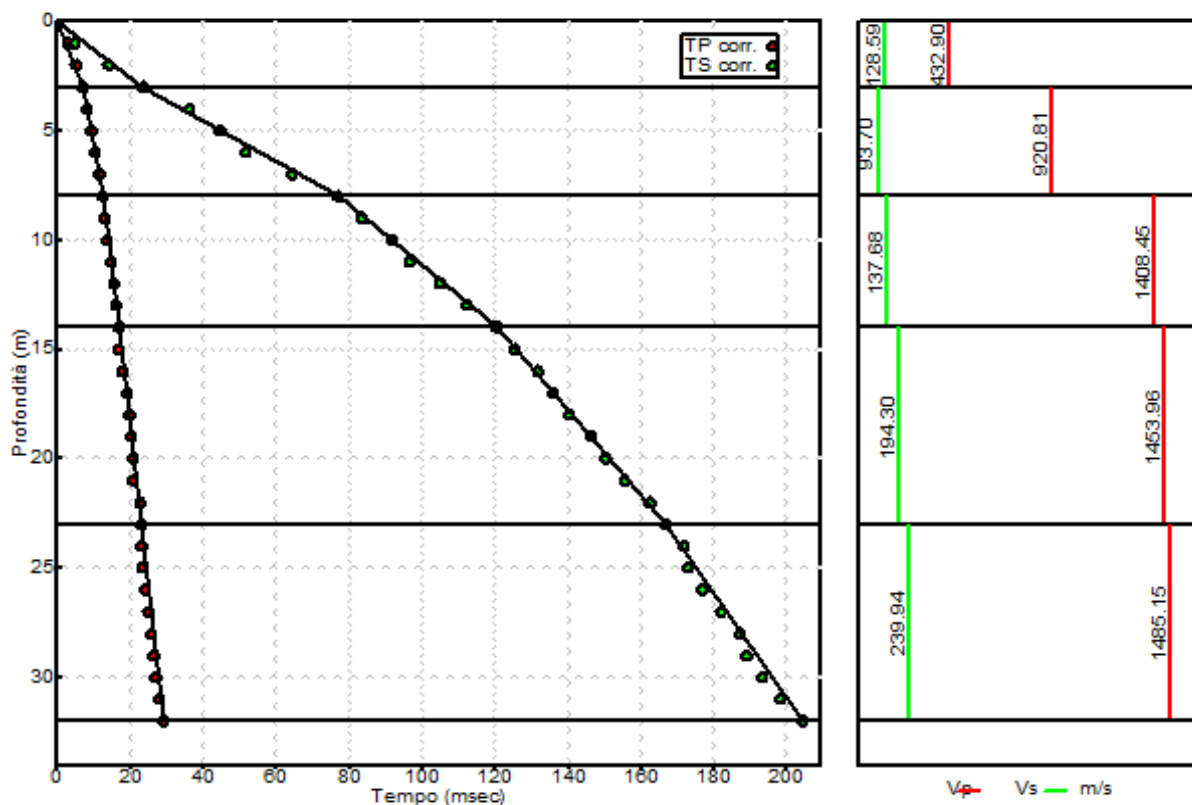
Profondità di riferimento:

30 m

VS30:

153.25 m/s

Dromocrone



CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE (D.M. 14/01/2008)

Per il calcolo delle azioni sismiche di progetto e la valutazione dell'amplificazione del moto sismico, nella nuova normativa viene evidenziato come i diversi profili stratigrafici del sottosuolo, in base alle loro caratteristiche di spessore e di rigidezza sismica (prodotto della densità per la velocità delle onde sismiche trasversali), possono amplificare il moto sismico in superficie rispetto a quello indotto alla loro base: il fattore moltiplicativo delle azioni sismiche orizzontali di progetto dipende cioè dalla natura, dallo spessore e soprattutto dalla velocità di propagazione delle onde di taglio V_{sh} all'interno delle coperture.

Nelle Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica si definiscono per questo aspetto cinque (A, B, C, D, E) più due (S1, S2) categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione a diversa rigidezza sismica, caratterizzate da velocità V_{s30} (definito come il valore medio della velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali o di taglio nei primi 30 metri sotto la base della fondazione) decrescenti e quindi da effetti amplificativi crescenti:

- A) Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/sec, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
- B) Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$ nei terreni a grana grossa e coesione non drenata $c_u > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- C) Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec ($15 < N_{spt} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- D) Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_u,30 < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
- E) Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

In aggiunta a queste due categorie, per le quali le norme definiscono le azioni sismiche da considerare nella progettazione, se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

S1 – Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_u,30 < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.

S2 – Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, non classificabile nei tipi precedenti.

INDAGINE SISMICA DOWNHOLE IN FORO DI SONDAGGIO

Nelle classificazioni precedenti Vs30 è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

Considerato che i terreni sono caratterizzati da Vs30 inferiori a 180 m/sec, si iscrive il terreno di fondazione nella categoria di **profilo stratigrafico D**:

Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT,30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu,30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).

L'esatta attribuzione ad una specifica categoria di sottosuolo per il sito indagato deve essere accompagnata e valutata in base a considerazioni di carattere litologico, basate sulle conoscenze geologiche del sito.

San Giuliano Terme (PI),

17 febbraio 2018

GAIA Servizi S.n.c.

Dott. Jacopo Martini

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