



COMUNE DI CAMPO NELL'ELBA
Provincia di Livorno

PROGETTO DI AMPLIAMENTO DEL CIMITERO COMUNALE
IN LOCALITA' LA LECCIOLA

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

Novembre 2021

Dott. Geol. Fabrizio Alvares



1. PREMESSA

La seguente relazione geologica viene redatta a supporto del progetto di ampliamento del cimitero comunale in località La Lecciola, comune di Campo nell'Elba, la cui ubicazione è riportata nella corografia di Fig.1.



Fig. 1 - Corografia

Ai fini della redazione della presente relazione, si è fatto riferimento ad una precedente relazione geologica sul medesimo sito, del marzo 2015, redatta a cura del Dott. Geol. Mauro Ceccarelli, su incarico dall'Amministrazione Comunale di Campo, oltre a nuove indagini geotecniche e sismiche eseguite sul sito di progetto.

2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENDO

Il progetto prevede la realizzazione di una nuova struttura cimiteriale in ampliamento di quella esistente, per i cui particolari costruttivi si rimanda agli elaborati di progetto redatti a cura dell'Arch. Roberto della Croce, su incarico dell'Amministrazione Comunale.

3. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI E GEOLOGICI

L'edificio cimiteriale esistente è situato lungo la fascia pedecollinare del versante meridionale di un rilievo orientato W-E denominato Serra di S. Mamiliano.

L'area di interesse è situata in corrispondenza di una sella posta circa a metà della digitazione collinare.

Come possiamo osservare dalla carta geologica di Fig. 2, estratta dallo studio geologico a supporto del Piano di Fabbricazione vigente, sull'area affiorano i terreni appartenenti all'unità dei Flysch dell'Elba, costituiti di arenarie calcaree, argilliti e calcilutiti marnose generalmente da mediamente e molto competenti.

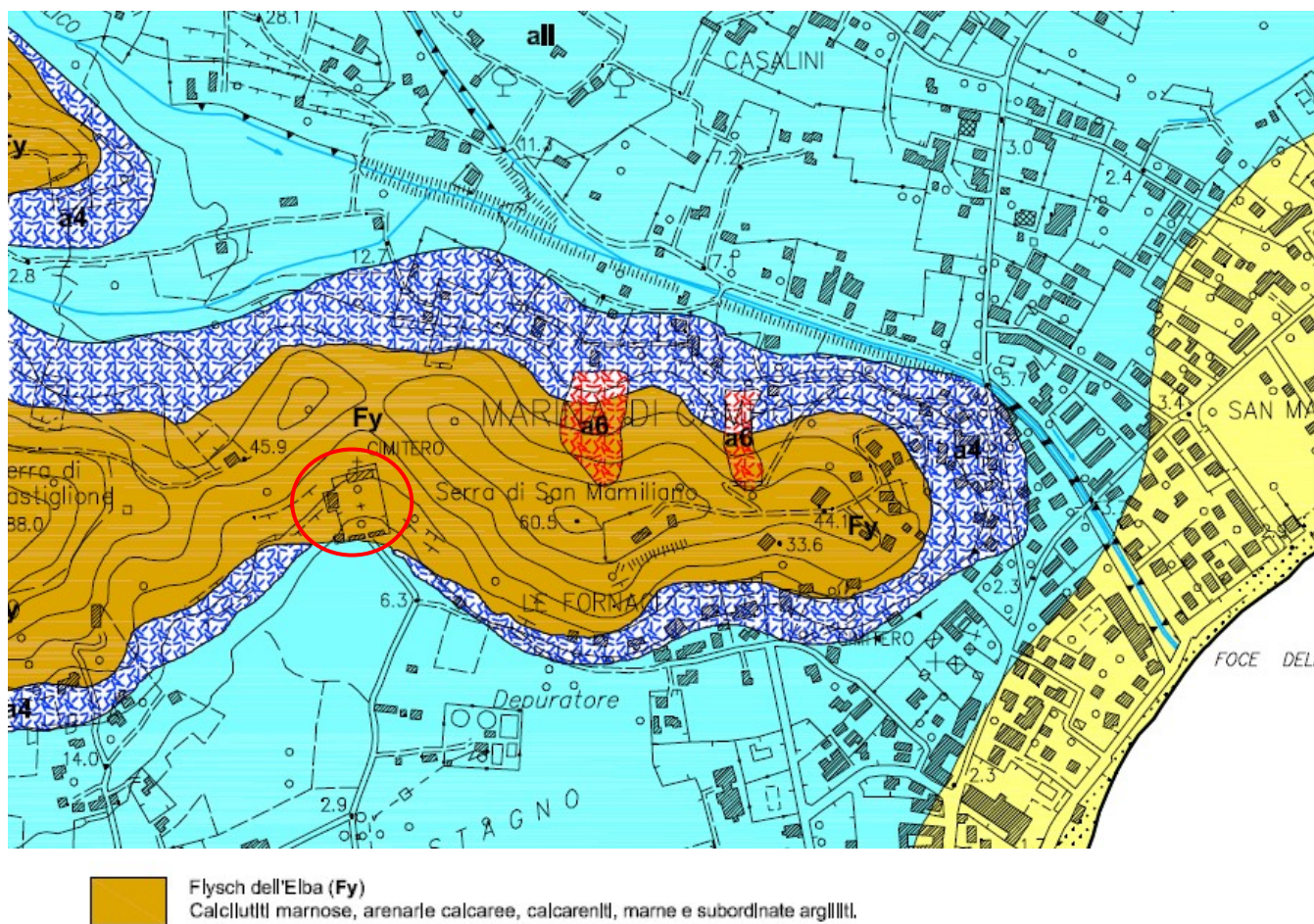


Fig. 2 – carta geologica

In particolare, la situazione stratigrafica dell'area cimiteriale, è stata evidenziata osservando la scarpata residua dei lavori di scavo, presente a monte del cimitero di Fig. 3, tratta dalla precedente relazione geologica.

Come possiamo osservare, al di sotto di uno strato superficiale di suolo vegetale di spessore circa 70 cm, sono presenti i terreni di alterazione del substrato roccioso.

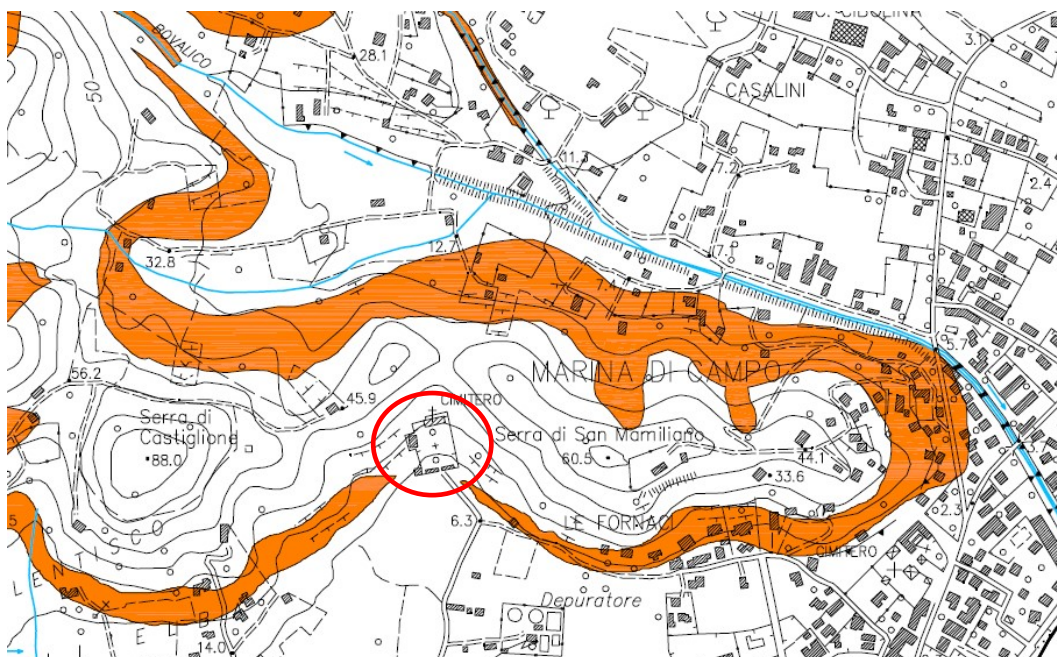
Subito a valle della struttura cimiteriale, è presente un ampio piazzale pianeggiante, realizzato con le terre di riporto prodotte nell'ambito dei lavori di scavo del cimitero.

STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE	
	0.0 -----	Suolo di alterazione
	0.7 -----	Substrato roccioso molto alterato

Fig. 3 – scarpata di scavo al lato del cimitero permette di valutare la stratigrafia del sottosuolo

4. CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA E IDRAULICA

Come possiamo osservare dalla carta della pericolosità geomorfologica di Fig. 4, l'area in esame è classificata in pericolosità media G.2, esterna alle aree classificate a pericolosità elevata G.3.



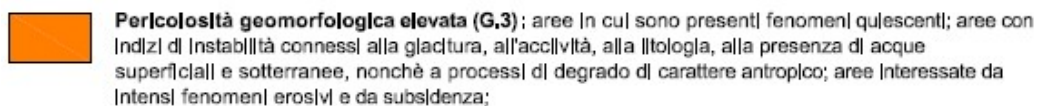


Fig. 4 – Carta della pericolosità geomorfologica (tratta da Piano di Fabbricazione)

Per quanto riguarda le condizioni di pericolosità idraulica (Fig. 5), il sito di progetto ricade in parte nella classe di pericolosità media I.2.

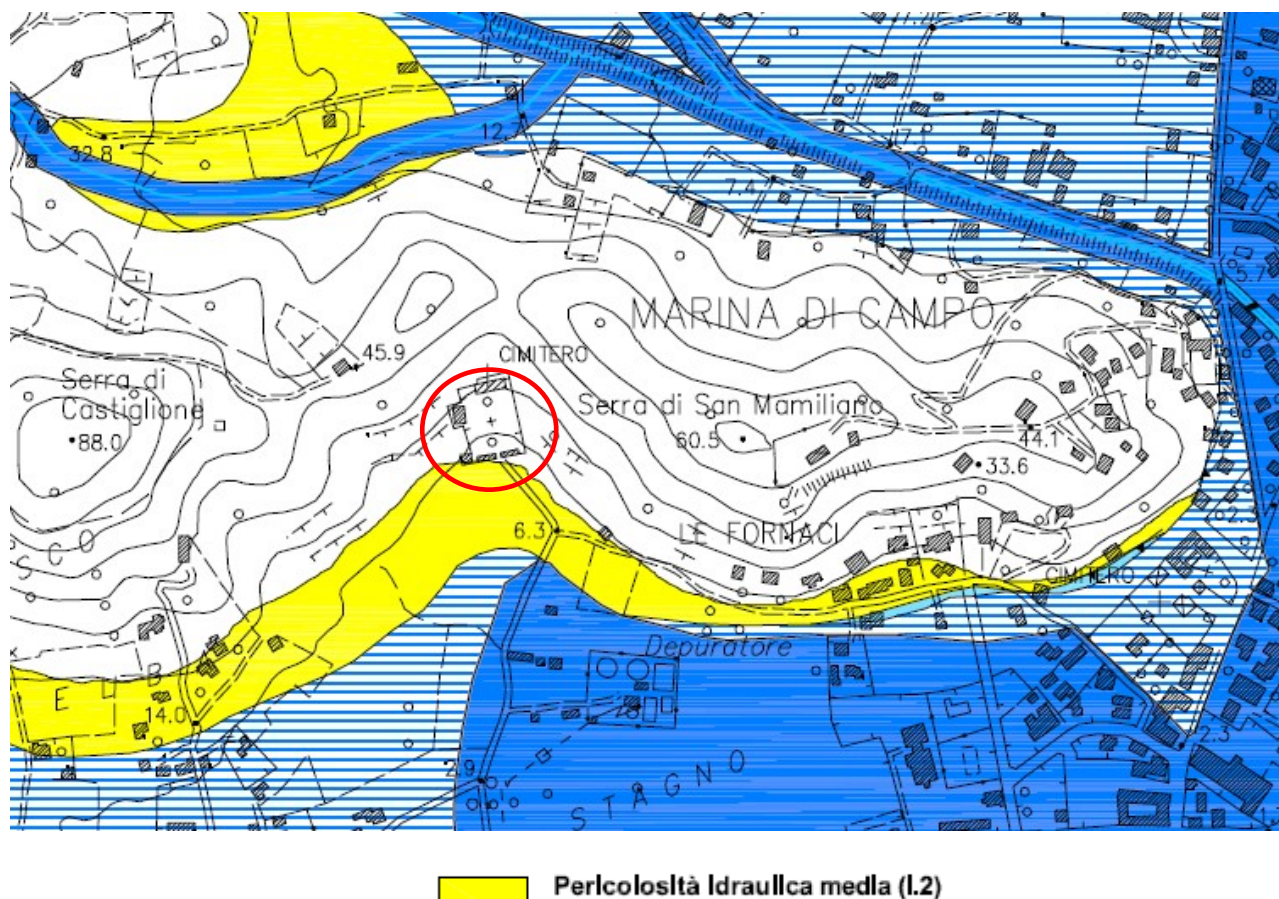


Fig. 5 - Carta della pericolosità idraulica (tratta da Piano di Fabbricazione)

5. METODOLOGIA D'INDAGINE

Sull'area di progetto è stata eseguita un'indagine geotecnica e sismica, attraverso:

- N.2 prove penetrometriche statiche meccaniche/dinamiche
- Prova sismica MASW

In Fig. 6 è riportata l'ubicazione delle suddette indagini

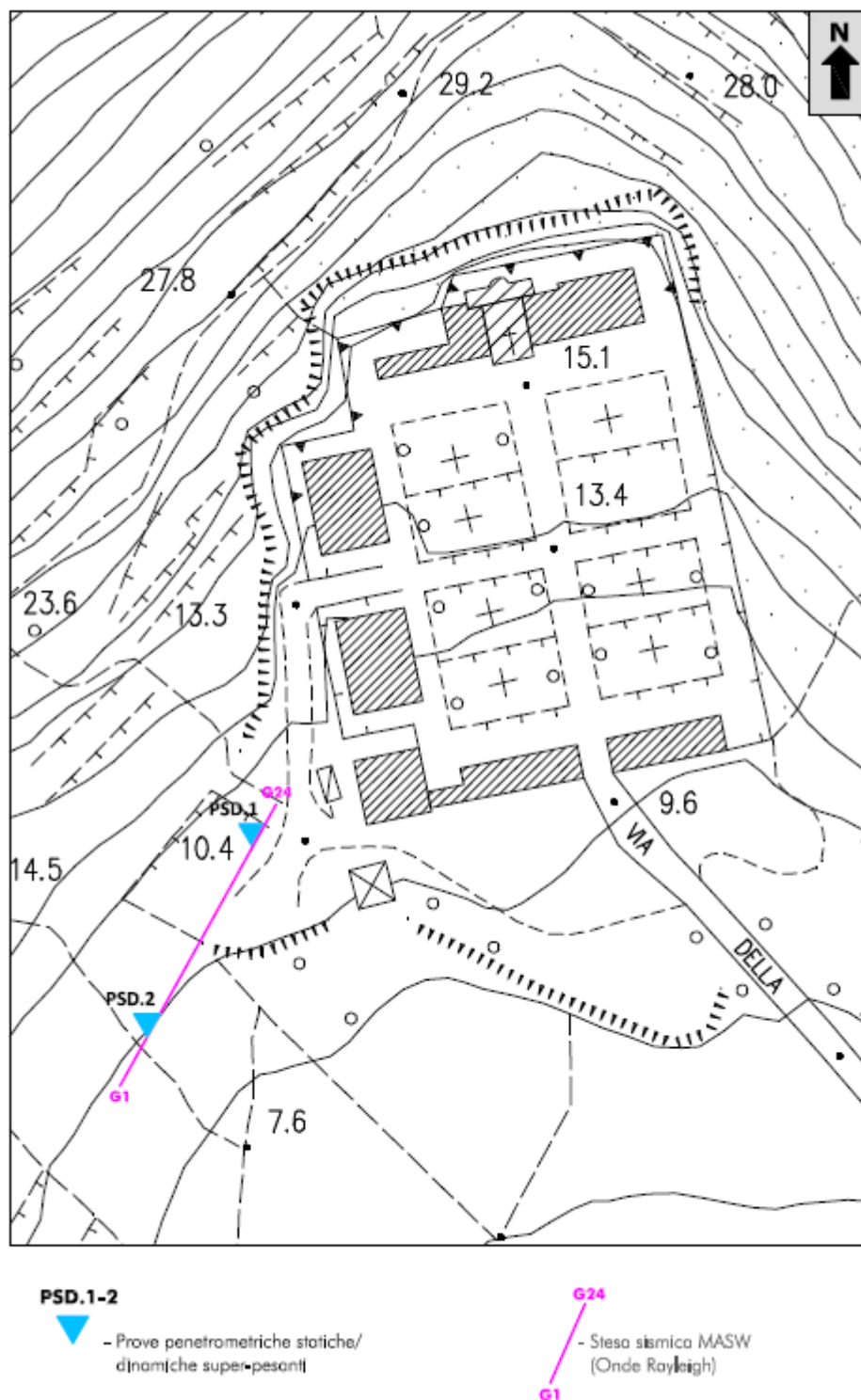


Fig. 6 – ubicazione indagini

In appendice si riporta il report completo delle indagini eseguite.

6. AZIONE SISMICA LOCALE

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

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Nella fattispecie, sulla base dei risultati della MASW eseguita da cui emerge un di $V_{seq} = V_{s30} = 479$ m/s, viene assunta la categoria di sottosuolo B.

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

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

7. CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA E GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Sulla base delle indagini condotte, è stata ricostruito il profilo litostratigrafico di Fig. 7.

Come possiamo osservare, le prove penetrometriche, spinte in profondità fino al rifiuto strumentale, hanno evidenziato la presenza di terreno di riporto superficiale di spessore medio 1 m, al di sotto del quale sono presenti terreni del substrato roccioso alterato.

A sintesi delle indagini effettuate, viene redatto il seguente modello geotecnico rappresentativo dei terreni di fondazione dell'edificio in progetto

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato	strato	γ (KN/mc)	C_u (KPa)	ϕ	M (KPa)
0 m – 1 m	Terreno di riporto	--	--	--	--
1 m – >3 m	Natura coesiva	21	>100	--	7500
	Natura granulare	21	--	>35°	--

Dove:

γ = peso di volume

C_u = coesione non drenata

ϕ = angolo di attrito

M = modulo edometrico

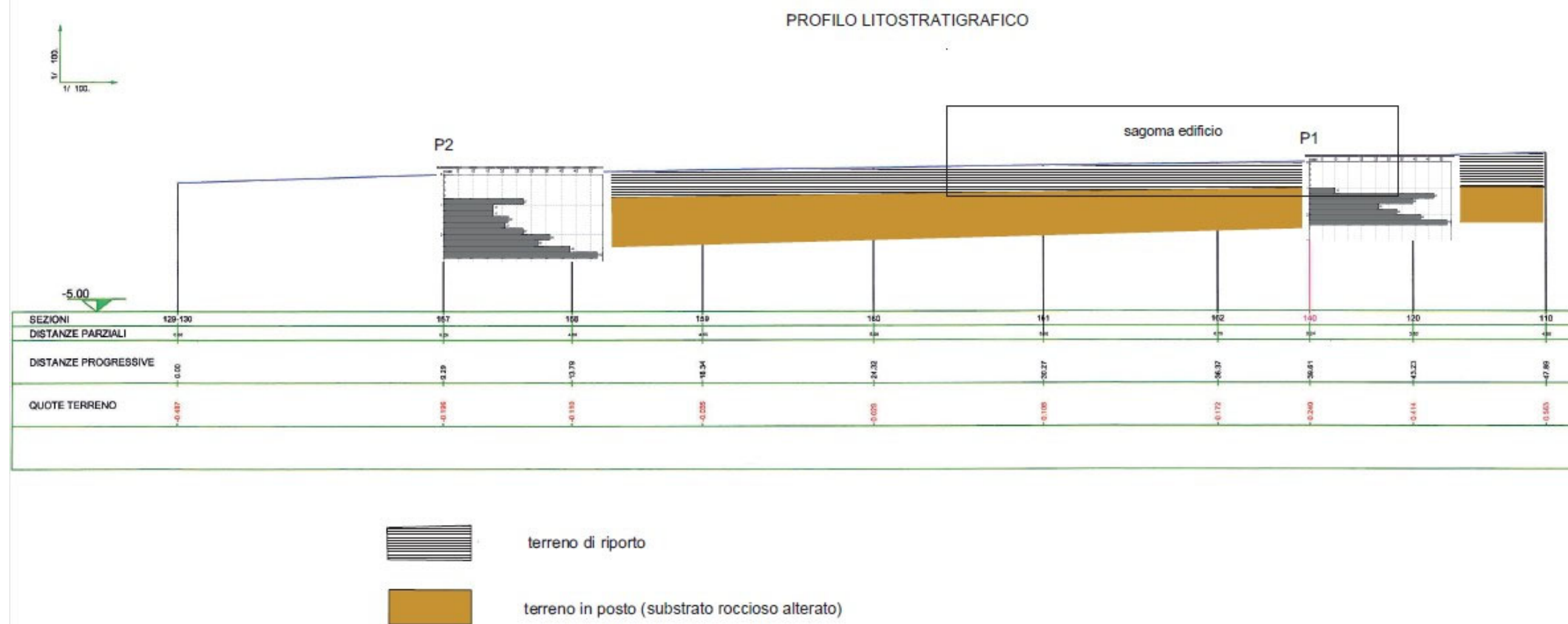


Fig. 6 - profilo litostratigrafico

8. CONCLUSIONI

Con le indagini geognostiche e geotecniche eseguite sul sito di progetto, è stato definito il modello geotecnico rappresentativo dei terreni di fondazione delle strutture in progetto.

I risultati delle indagini non hanno rilevato la presenza di uno strato superficiale di terreno di riporto di spessore circa 1 m, derivante dagli scavi eseguiti per la realizzazione del cimitero e riutilizzati in situ per la realizzazione di un piazzale.

In tale situazione, si raccomanda di posizionare la quota di imposta delle fondazioni del costruendo fabbricato al di sotto del suddetto strato di riporto, ad una profondità minima di 1.20 m in corrispondenza della prova penetrometrica P1, dove sono presenti terreni dotati di ottime proprietà geotecniche che assicurano adeguate condizioni di stabilità alla struttura nei riguardi sia della capacità portante che dei cedimenti.

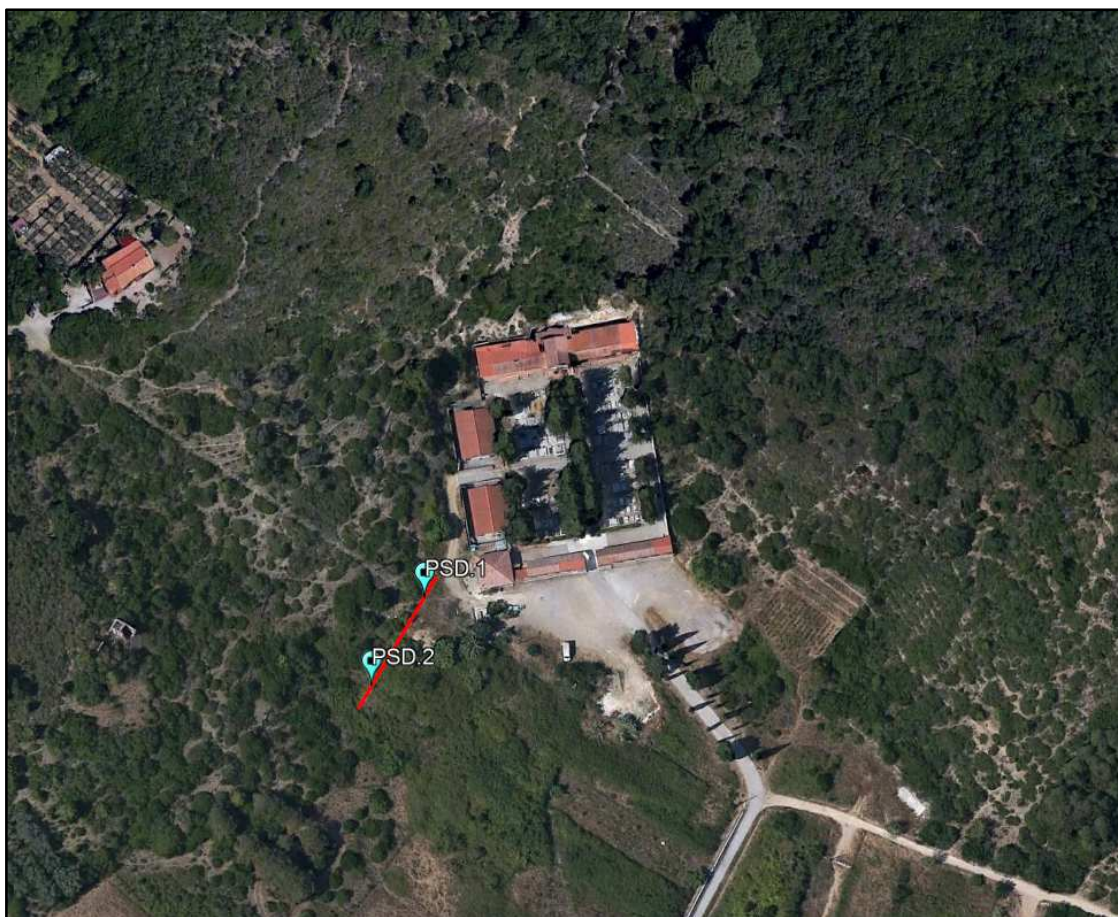
Alle condizioni sopraesposte, l'intervento è da ritenersi fattibile sotto il profilo sia geomorfologico che geotecnico.

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICA Relazione Tecnica

COMMITTENTE: Comune di Campo nell'Elba

OGGETTO: *"Progetto preliminare/definitivo ampliamento del Cimitero della Lecciola"* - INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE PROPEDEUTICHE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA/PROGETTAZIONE

CANTIERE: Cimitero della Lecciola, Marina di Campo - Campo nell'Elba (LI)



**RAPPORTO RELATIVO ALLA CAMPAGNA D'INDAGINE
ESEGUITA MERCOLEDI' 24 NOVEMBRE 2021**

BIERREGI s.r.l.
IL RESPONSABILE TECNICO
Dott. Geol. Francesco Rossi

INDICE

1. - Premessa.....	2
2. - Prove penetrometriche	2
3. - Analisi Multicanale delle Onde Superficiali (MASW).....	4
3.1 - Sistema d'acquisizione	5
3.2 - Elaborazione	5
3.3 - Configurazione e risultati della prospezione sismica MASW.....	6
4. - Conclusioni.....	7

FIGURE

Fig. 1 : COROGRAFIA (CTR Regione Toscana - Foglio 328030)

Fig. 2 : UBICAZIONE INDAGINI (CTR Regione Toscana - Foglio 07E58)

ALLEGATI

All. A : ELABORAZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE MECCANICHE
(CPTm)

All. B : ELABORAZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPER-PESANTI
(DPSH)

All. C : ELABORATI GRAFICI MASW (Onde di Rayleigh - STR241121A)

All. D : RAPPORTO DI TARATURA DEL SELETTORE IDRAULICO

1. - Premessa

Su incarico ricevuto dal **COMUNE DI CAMPO NELL'ELBA** e su richiesta del *Geol. Fabrizio Alvares*, sono state eseguite indagini geognostiche propedeutiche alla relazione geologica inerente al *"Progetto preliminare/definitivo di ampliamento del Cimitero della Lecciola"*. Nell'area oggetto di studio, sita presso il Cimitero della Lecciola a Marina di Campo nel Comune di Campo nell'Elba (LI), sono state eseguite le seguenti indagini:

- n° 2 Prove penetrometriche statiche meccaniche/dinamiche super pesanti (CPTm/DPSH)
- n° 1 Analisi Multicanale delle Onde Superficiali (MASW - Onde di Rayleigh)

L'area e la relativa ubicazione delle indagini sono riportate rispettivamente in figura 1 (*Corografia*) e in figura 2 (*Ubicazione indagini*).

2. - Prove penetrometriche

Le prove penetrometriche sono state effettuate mediante un Penetrometro statico/dinamico modello Pagani TG-63/200 da 20 tonn di spinta, con maglio di 63,5 Kg.

La prova di tipo statico con punta meccanica di tipo Begemann (CPTM), consente di rilevare, mediante una centralina elettronica, i valori della Resistenza di punta (q_c) e della Resistenza laterale locale (f_s). Dal valore dei parametri q_c e f_s è possibile ricavare il "Rapporto Begemann" (q_c/f_s), con il quale è possibile risalire alla granulometria dei terreni attraversati e ai principali parametri geomeccanici del terreno; in particolare il valore dell'angolo di attrito (ϕ), per gli orizzonti prevalentemente incoerenti (limi, sabbie e ghiaie), quello della coesione non drenata (C_u), per gli orizzonti prevalentemente coerenti (torbe, argille) e il coefficiente di compressibilità volumetrica (m_v), inverso del modulo edometrico (M_o), che consente la valutazione dei cedimenti indotti dalla presenza di sovraccarichi.

La prova penetrometrica di tipo dinamico super pesante (DPSH) consiste nell'infiggere a percussione una punta troncoconica standardizzata nel terreno, valutando ogni 20 cm il numero dei colpi (N_{20}) necessari all'avanzamento; successivamente, in base al numero di colpi N_{20} equiparati al valore standardizzato N_{SPT} (mediante un coefficiente correttivo che nel caso specifico risulta pari a $\beta_t=1.521$), viene calcolato il valore dei principali parametri geomeccanici (ϕ =angolo di attrito; E =modulo edometrico; γ =peso in volume del terreno). Con questa tipologia di prova

penetrometrica non è possibile tuttavia ricavare informazioni dettagliate sulle caratteristiche granulometriche (ghiaie, sabbie, limi, argille). A seguire si riporta una tabella di sintesi delle specifiche tecniche delle prove eseguite:

Prova n°	Data di esecuzione	Modalità di esecuzione	Profondità (m)	Falda (m)	Coordinate Gauss-Boaga	
					X	Y
PSD.1	24/11/2021	Statica	0,00-1,00	-	1600356,0873	4733672,9313
		Dinamica	1,00-2,40			
PSD.2	24/11/2021	Statica	0,00-0,80	-	1600341,0582	4733645,8181
		Dinamica	0,80-2,80			

Entrambe le prove hanno raggiunto il rifiuto strumentale ($N_{colpi} > 50$).

I dati rilevati in campagna, sono stati elaborati con l'ausilio del programma "Fondazio" versione 6.3.4 della OCX del Dr. Geol. Diego Merlin.



Postazione della Prova PSD.1



Postazione della Prova PSD.2



La falda, misurata all'interno dei perfori al termine delle prove, è risultata assente, considerata anche la modesta profondità d'indagine.

Per le caratteristiche tecniche del penetrometro utilizzato e la visione dei relativi tabulati e diagrammi delle prove si rimanda ai relativi allegati (All.A-B).

3. - Analisi Multicanale delle Onde Superficiali (MASW)

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde di volume o di corpo (onde P e S - “*Body Waves*”), più di due terzi dell’energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di ONDE SUPERFICIALI (“*Surface Waves*”), la cui componente principale è rappresentata dalle onde di Rayleigh e Love (“*Ground Roll*”). Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica geofisica limitatamente invasiva di recente applicazione che, attraverso l’analisi delle onde di superficie (dispersione), ha lo scopo di ottenere profili V_s -Z (velocità delle onde di taglio - profondità).

Il fenomeno dispersivo delle onde superficiali si manifesta in un mezzo stratificato, in quanto diverse lunghezze d’onda si propagano con velocità di fase differente. A sua volta la velocità di fase dipende dalla frequenza e tale dipendenza viene espressa attraverso la curva di dispersione. Esiste una relazione fondamentale che lega i tre parametri fondamentali che descrivono la propagazione nello spazio di un’oscillazione:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

dove:

λ	lunghezza d’onda (misurata in metri);
f	frequenza (in Hz);
v	velocità di propagazione (in m/s).

A tal proposito, la profondità di esplorazione massima raggiungibile dipende dalle caratteristiche del mezzo dalla superficie fino ad una profondità indicativamente pari al valore di $\lambda/2$ o $\lambda/3$. In riferimento a quest’ultimo aspetto, è buona regola operare che geometrie di acquisizione di lunghezza D prossima al doppio della profondità che si vuole indagare.

3.1 - Sistema d'acquisizione

Per l'acquisizione è stato utilizzato un sismografo a 48 canali ECHO 24-48/2012 dell'AMBROGEO di Piacenza, collegato ad un pc portatile su cui è installato programma di acquisizione Echo2012, aventi le seguenti caratteristiche principali:

- Numero di canali: 48+1
- Gain: 0 dB/72 dB (step 6 dB);
- Distorsion: 0,0004%;
- A/D conversion: 24 bit;
- Sampling interval: 32,64,128,256,480,960 μ s;
- Noise: 0,25 μ s, 2ms 36dB;

Inoltre, l'attrezzatura è completata da un cavo sismico a 24 takes out spaziatati a 2,0 m, con connettori cannon a cui sono stati attaccati 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5Hz per la ricezione delle onde R (Rayleigh). Come sorgente energizzante è stata utilizzata una mazza da 8 kg battente su piastra in duralluminio.

3.2 - Elaborazione

Il software qui utilizzato per il processing dei dati sismici acquisiti in campagna è WinMASW 7.0 ver. Academy, che consente di ricavare il profilo verticale delle Vs. Tale risultato viene ottenuto tramite l'inversione delle curve di dispersione delle Onde di Rayleigh. Il metodo MASW si articola in tre passaggi successivi:

- Acquisizione delle onde superficiali di Rayleigh ("Ground Roll") da effettuarsi in campagna con apposita strumentazione;
- Costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
- Inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Il primo punto riguarda la prova MASW eseguita "in situ" per ottenere il sismogramma relativo alle onde di Rayleigh. I passaggi successivi fanno riferimento all'elaborazione dei dati acquisiti in campagna mediante pc, utilizzando il software WinMASW 7.0 ver. Academy. Il primo passo, una volta caricati i dati di campagna (sismogramma delle onde di Rayleigh) è quello di calcolare lo spettro di velocità e successivamente procedere con il picking della curva di dispersione.

Infine l'ultimo passaggio riguarda l'inversione della curva di dispersione precedentemente "piccata". Questa viene effettuata grazie all'utilizzo di una potente tecnica di ottimizzazione (algoritmi genetici) da parte del software utilizzato. Dei valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale Vs dalla curva di dispersione.

I risultati delle prospezioni vengono restituiti in allegato che include i grafici dei vari passaggi necessari per ottenere il grafico del profilo verticale delle Vs. In particolare come allegati vengono forniti:

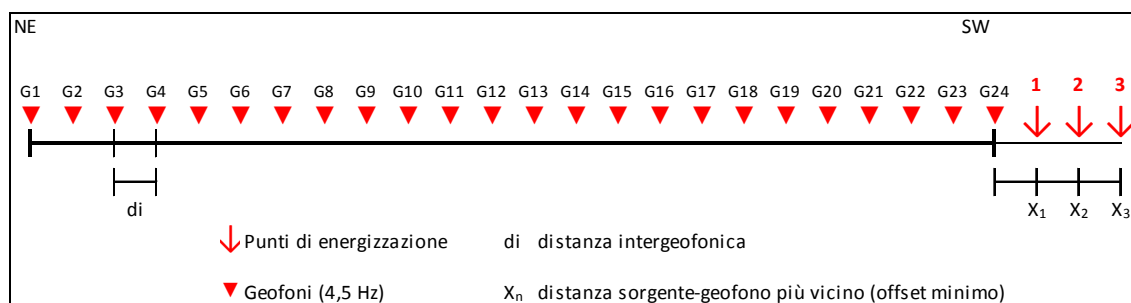
- Traccia sismica registrata ad ogni geofono per lo sparo effettuato (input file);
- Spettro di velocità e Curva di Dispersione (picking);
- Grafico Misfit - Generazione e Profilo verticale Onde S.

Attualmente la tecnica MASW, seppur presentando alcuni vantaggi rispetto alla sismica a rifrazione (es. operare in contesti con spazio limitato), è soggetta a limitazioni di tipo teorico (es. strati piano paralleli) e pratico (es. necessità di sorgenti energetiche a bassa frequenza), che unite alle difficoltà interpretative in assenza di un valido modello sismo-stratigrafico, pongono la massima cautela per l'utilizzo di questa tecnica come unico sistema di analisi.

Infatti, l'ottimizzazione di tali prospezioni può essere ottenuta con la realizzazione di più stese (sismica a rifrazione per ricostruire l'andamento dei sismostrati) ed eventuali operazioni di taratura con la realizzazione di sondaggi di tipo puntuale (carotaggi, penetrometrie...). Nel nostro caso abbiamo preso come riferimento le penetrometrie eseguite, oltre alla visione della carta geologica a supporto della Regione Toscana (Progetto CARG).

3.3 - Configurazione e risultati della prospezione sismica MASW

Nell'area oggetto di studio, considerando la logistica del cantiere, è stata eseguita n°1 prospezione sismica MASW denominata "STR241121A" (Fig.2), utilizzando un sistema d'acquisizione a 24 geofoni interspaziati di 2,00 metri (lunghezza stesa 46,00 metri). La configurazione della stesa è riportata nello schema che segue:



Sono state eseguite tre registrazioni, effettuate con mazza da 8 kg battente su piastra in duralluminio. I tre punti sorgente (shot) sono stati effettuati esternamente alla stesa ad una distanza di 2,0 metri (X_1 - shot 1), 5,00 metri (X_2 - shot 2) e 10,00 metri (X_3 - shot 3) dall'ultimo geofono (G.24). Azimut N210° (SW-NE) riferito al G1. Tempo di acquisizione 1,0 s - Intervallo di campionamento 0,256 ms (N. campioni 3900).

Le registrazioni avvenute in campagna sono state ottenute, in fase di acquisizione, utilizzando la medesima sensibilità per ciascun geofono e senza l'utilizzo di filtraggio delle frequenze.

L'analisi MASW fornisce vari modelli (profili di velocità V_s monodimensionale) ottenuti mediante processo di inversione, tra i quali viene adottato quello relativo al modello stratigrafico medio. La velocità della $V_{s,eq}$ (a partire dal piano campagna) è risultata essere pari a:

$$V_{s,eq} = 479 \text{ m/s (modello medio)}$$



Stesa sismica MASW - Vista da G1



Stesa sismica MASW - Vista da G24

Per ulteriori dettagli su spessori e velocità ottenute dall'analisi MASW, si rimanda al relativo allegato (All.C).

4. - Conclusioni

Sulla base dei dati raccolti sul campo e le elaborazioni eseguite, è stato possibile evidenziare quanto segue:

Le prove penetrometriche hanno permesso di ricavare i parametri geomeccanici del terreno investigato. Entrambe le prove hanno raggiunto il rifiuto strumentale ($N_{colpi} > 50$).

La falda, misurata all'interno dei perfori al termine delle prove, è risultata assente, considerata anche la modesta profondità d'indagine.

In allegato (All.D) si riporta il rapporto di taratura relativo al selettore idraulico con cella di carico 20 Ton del 30 Settembre 2021 (taratura annuale) utilizzato per l'esecuzione delle prove penetrometriche statiche meccaniche.

La valutazione dell'azione sismica di progetto va definita, secondo il DM 17.01.2018 (NTC18), attraverso specifiche analisi di Risposta Sismica Locale (RSL). In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà del terreno siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab 3.2.II delle norme, è possibile fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s .

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione (3.2.1 delle NTC18):

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

con:

- h_i spessore dell'*i*-esimo strato;
- $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Nel nostro caso il bedrock sismico ($V_s > 800$ m/s) è stato riscontrato entro i primi 30 metri e quindi il calcolo della $V_{s,eq}$ si riferisce solo ai depositi soprastanti il bedrock. Dall'analisi MASW effettuata per il sito d'interesse (modello medio) sono stati individuati i vari sismostrati con le relative velocità V_s , riportati nella tabella sottostante:

MASW STR241121A LA LECCIOLA (modello medio)	Profondità		Spessore (h_i) (metri)	Velocità ($V_{s,i}$) (m/s)	$h_i/V_{s,i}$ (-)
	da (m)	a (m)			
Sismostrato 1	0.00	0.30	0.30	204	0.0015
Sismostrato 2	0.30	0.80	0.50	218	0.0023
Sismostrato 3	0.80	2.40	1.60	458	0.0035
Sismostrato 4	2.40	5.40	3.00	500	0.0060
Sismostrato 5	5.40	10.40	5.00	591	0.0085
Sismostrato 6 (bedrock sismico)	10.40	16.30	5.90	1000	0.0059
Sismostrato 7 (bedrock sismico)	16.30	26.60	10.30	1216	0.0085
Sismostrato 8 (bedrock sismico)	26.60	30.00	3.40	1406	0.0024
H = 10.40 metri			$\Sigma h_i/V_{s,i} = 0.0217$		

$V_{s,eq} = V_{s,30} = 10.4/0.0217 = 479 \text{ m/s}$	Categoria di Sottosuolo B (a partire dal piano campagna)
"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consolidati, 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".	

L'analisi specifica dei dati elaborati rimane comunque a carico del "geologo/ingegnere" responsabile delle indagini; le considerazioni sopra esposte in merito all'elaborazione delle prove penetrometriche (parametri geomeccanici del terreno e suddivisioni) e alla "categoria di suolo", si devono intendere come mera interpretazione dei risultati ottenuti.

Per ulteriori dettagli sulle indagini svolte si rimanda ai relativi allegati (All.A - B - C - D).

Lucca, Novembre 2021

BIERREGI srl
Il Responsabile Tecnico
Dott. Geol. Francesco Rossi

BIERREGI s.r.l.
IL RESPONSABILE TECNICO
Dott. Geol. Francesco Rossi

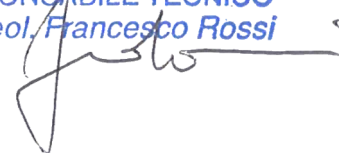
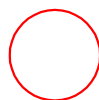
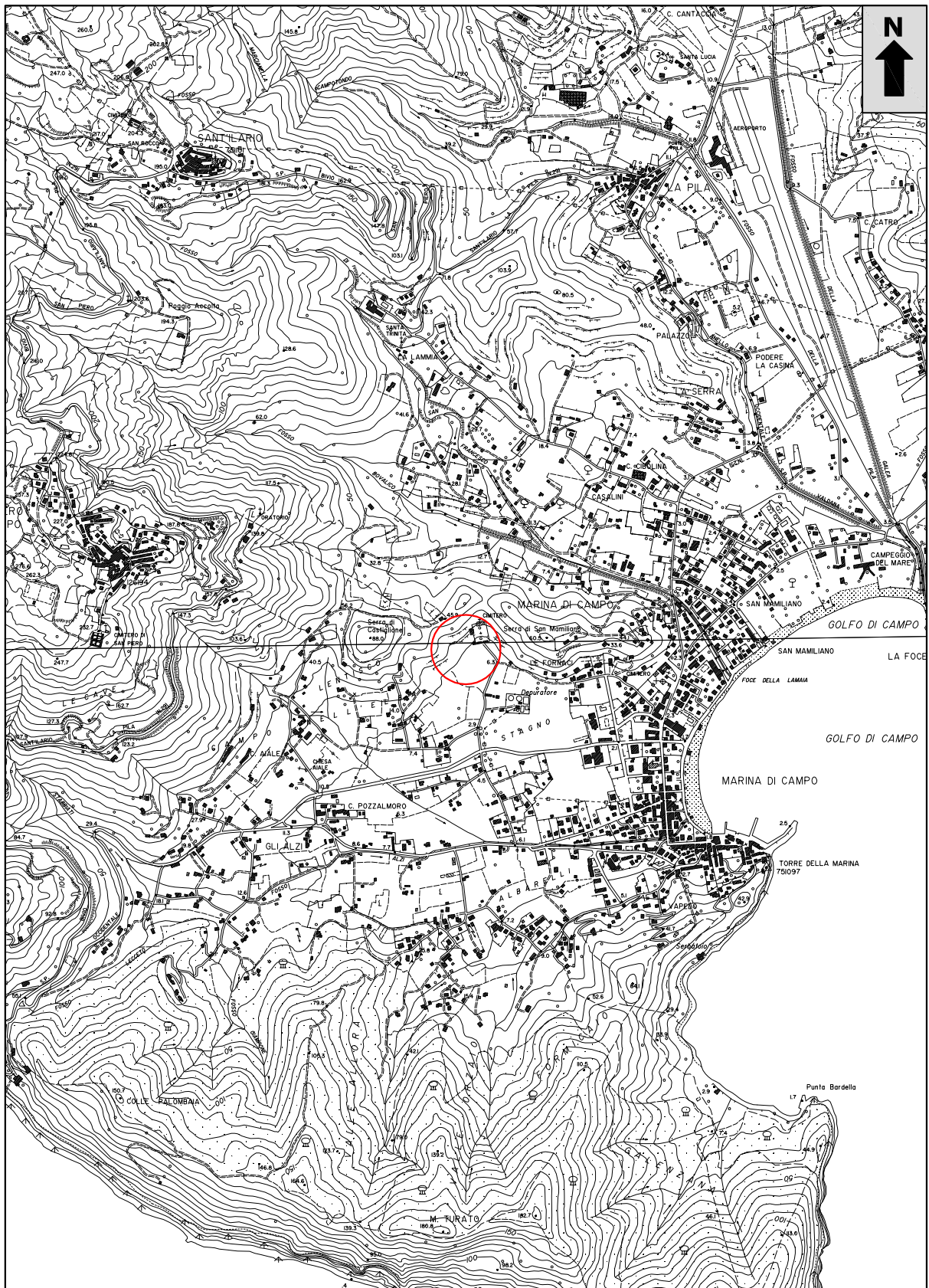


FIG.1 - COROGRAFIA

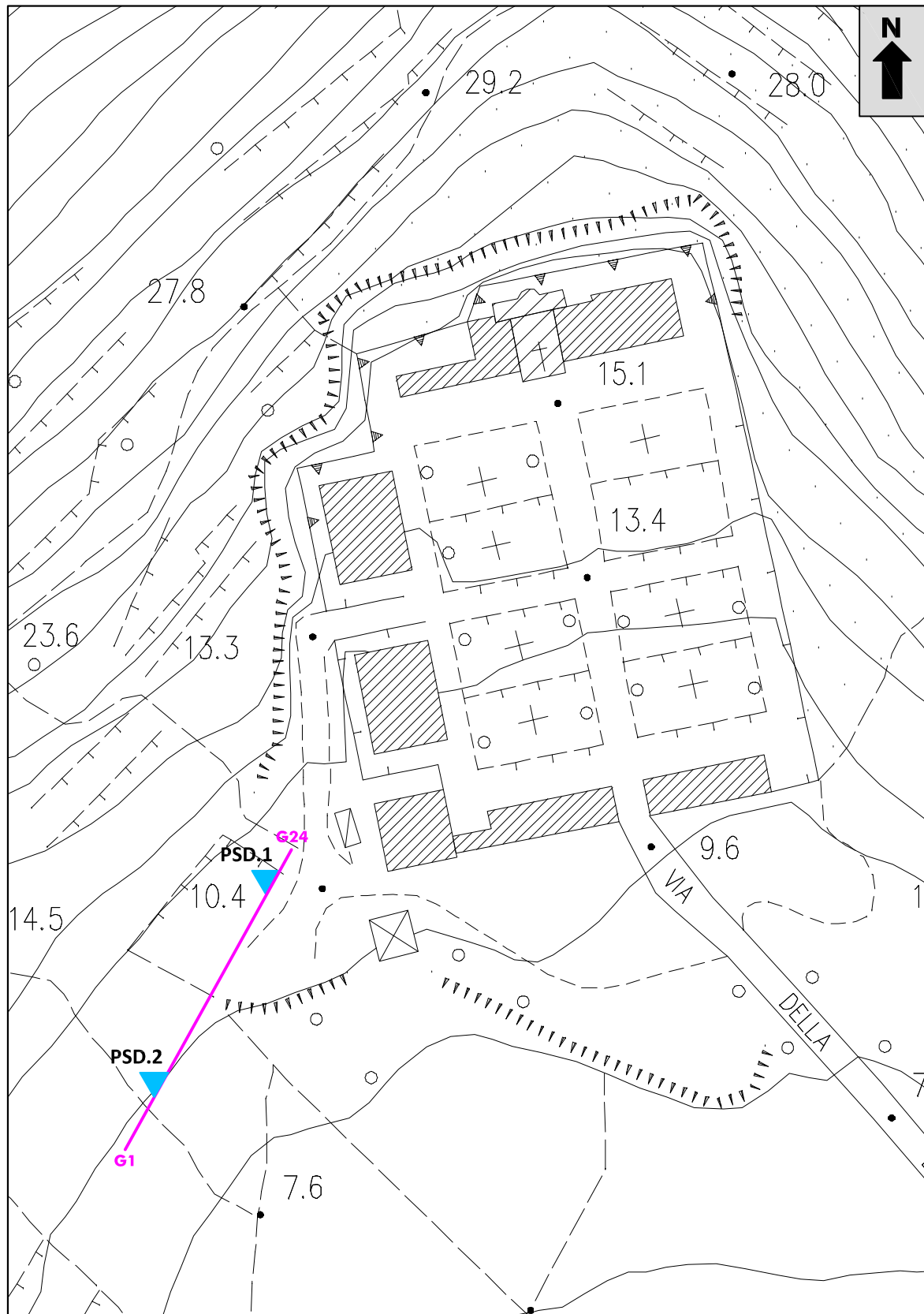
(C.T.R. Regione Toscana - Foglio 328030 - Scala 1:20'000)



- Area oggetto d'indagine

FIG.2 - UBICAZIONE INDAGINI

(C.T.R. Regione Toscana - Foglio 07E58 - Scala 1:800)



PSD.1-2



- Prove penetrometriche statiche/
dinamiche super-pesanti

G24

G1

- Stesa sismica MASW
(Onde Rayleigh)

**Elaborazione delle Prove
Penetrometriche Statiche Meccaniche (CPTm)**

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: $q_c (\text{kg/cm}^2) = (L_1) \times CT / 10$

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

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

- 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 $FR = (f_s / q_c) \%$:

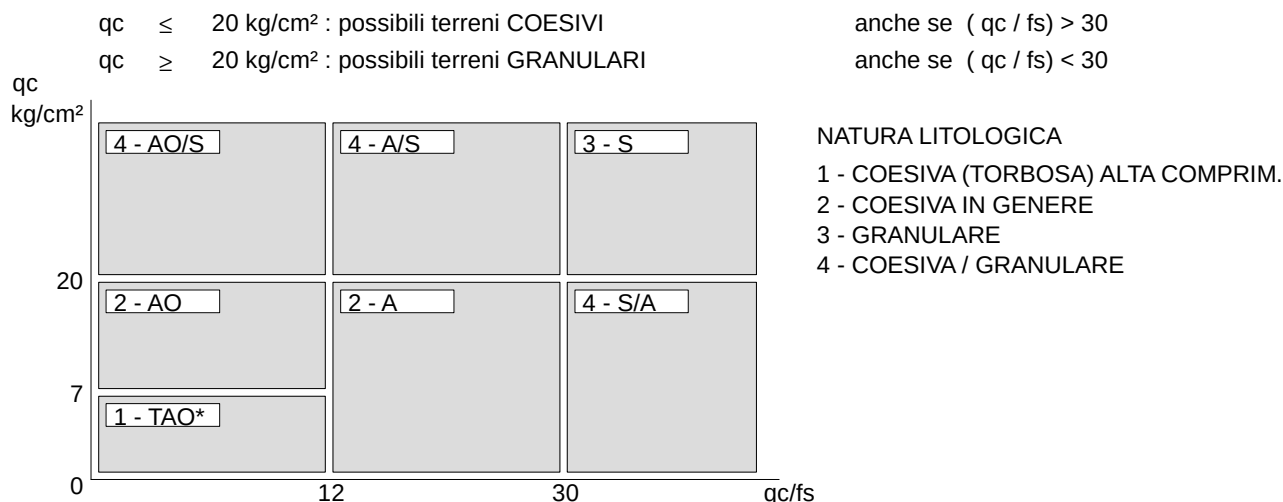
- AO	=	argilla organica e terreni misti
- Att	=	argilla (inorganica) molto tenera
- At	=	argilla (inorganica) tenera
- Am	=	argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac	=	argilla (inorganica) consistente
- Acc	=	argilla (inorganica) molto consistente
- ASL	=	argilla sabbiosa e limosa
- SAL	=	sabbia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

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 : (Amax/g) - Dr]
- Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	PSD.1
	riferimento	211124A
	certificato n°	CPT162/21

Committente: Comune di Campo nell'Elba	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 24/11/2021
Cantiere: Indagini geognostiche ampliamento Cimitero della Lecciola	Pagina: 1	Data certificato: 25/11/2021
Località: Marina di Campo - Campo nell'Elba (LI)	Elaborato:	Falda: Assente

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	0.0	0.00										
0.40	12.0	17.0	0	12.0	0.33	36	2.8								
0.60	8.0	12.0	0	8.0	0.27	30	3.4								
0.80	10.0	16.0	0	10.0	0.40	25	4.0								
1.00	61.0	101.0	0	61.0	2.67	23	4.4								

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

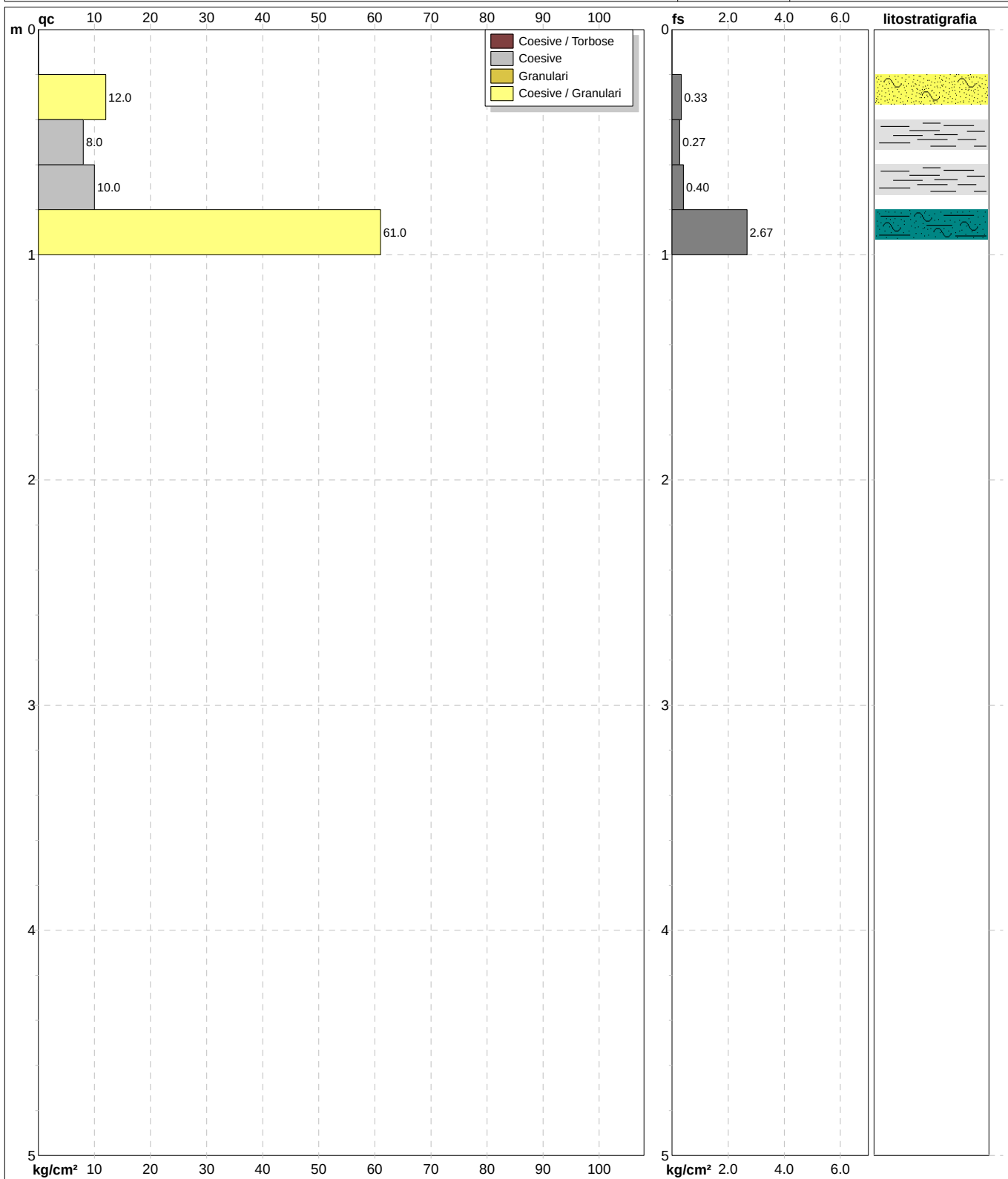
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT	PSD.1
riferimento	211124A
certificato n°	CPT162/21

Committente: **Comune di Campo nell'Elba**
Cantiere: **Indagini geognostiche ampliamento Cimitero della Lecciola**
Località: **Marina di Campo - Campo nell'Elba (LI)**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: **1:25**
Pagina: **1**
Elaborato:
Data eseg.: **24/11/2021**
Data certificato: **25/11/2021**
Quota inizio: **piano campagna**
Falda: **Assente**



		Litologia: Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	Preforo: m
		Penetrometro: TG63-200	Corr.astine: kg/ml
		Responsabile: Dott. Geol. Andrea Gambini	Cod.ISTAT: 049003
		Assistente:	Cod. punta:

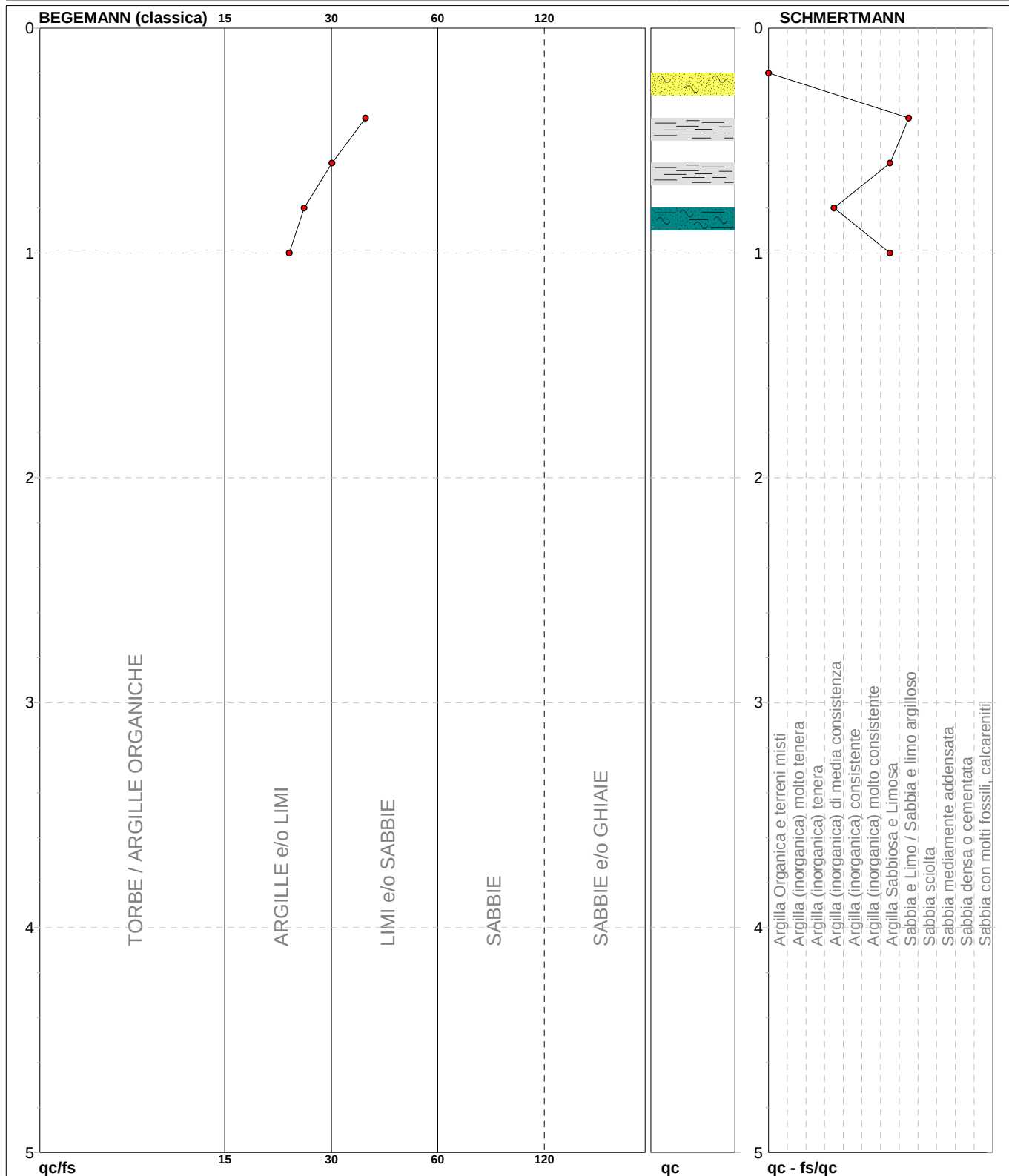
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	PSD.1
riferimento	211124A
certificato n°	CPT162/21

Committente: **Comune di Campo nell'Elba**
Cantiere: **Indagini geognostiche ampliamento Cimitero della Lecciola**
Località: **Marina di Campo - Campo nell'Elba (LI)**

U.M.:	kg/cm²	Data eseg.: 24/11/2021
Scala:	1:25	Data certificato: 25/11/2021
Pagina:	1	
Elaborato:		Falda: Assente



Torbe / Argille org. :	21 punti, 87.50%	Argilla (inorganica) media consist.:	1 punti, 4.17%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	1 punti, 4.17%
Argille e/o Limi :	3 punti, 12.50%				
Limi e/o Sabbie :	1 punti, 4.17%				

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	PSD.1
	riferimento	211124A
	certificato n°	CPT162/21

Committente: Comune di Campo nell' Elba	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 24/11/2021
Cantiere: Indagini geognostiche ampliamento Cimitero della Lecciola	Pagina: 1	Data certificato: 25/11/2021
Località: Marina di Campo - Campo nell' Elba (LI)	Elaborato:	Falda: Assente

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ' vo U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	ϕ Sc (°)	ϕ Ca (°)	ϕ Ko (°)	ϕ DB (°)	ϕ DM (°)	ϕ Me (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
0.20	--	--	4 ? ? ?	1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

CPT163/21

Falda: Assente

H = profondità	qc = resistenza di punta
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale calcolata
L2 = seconda lettura (punta + laterale)	alla stessa quota di qc
Lt = terza lettura (totale)	F = rapporto Begemann (qc / fs)
CT =10.00 costante di trasformazione	Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT

referimento

certificato n°

PSD.2

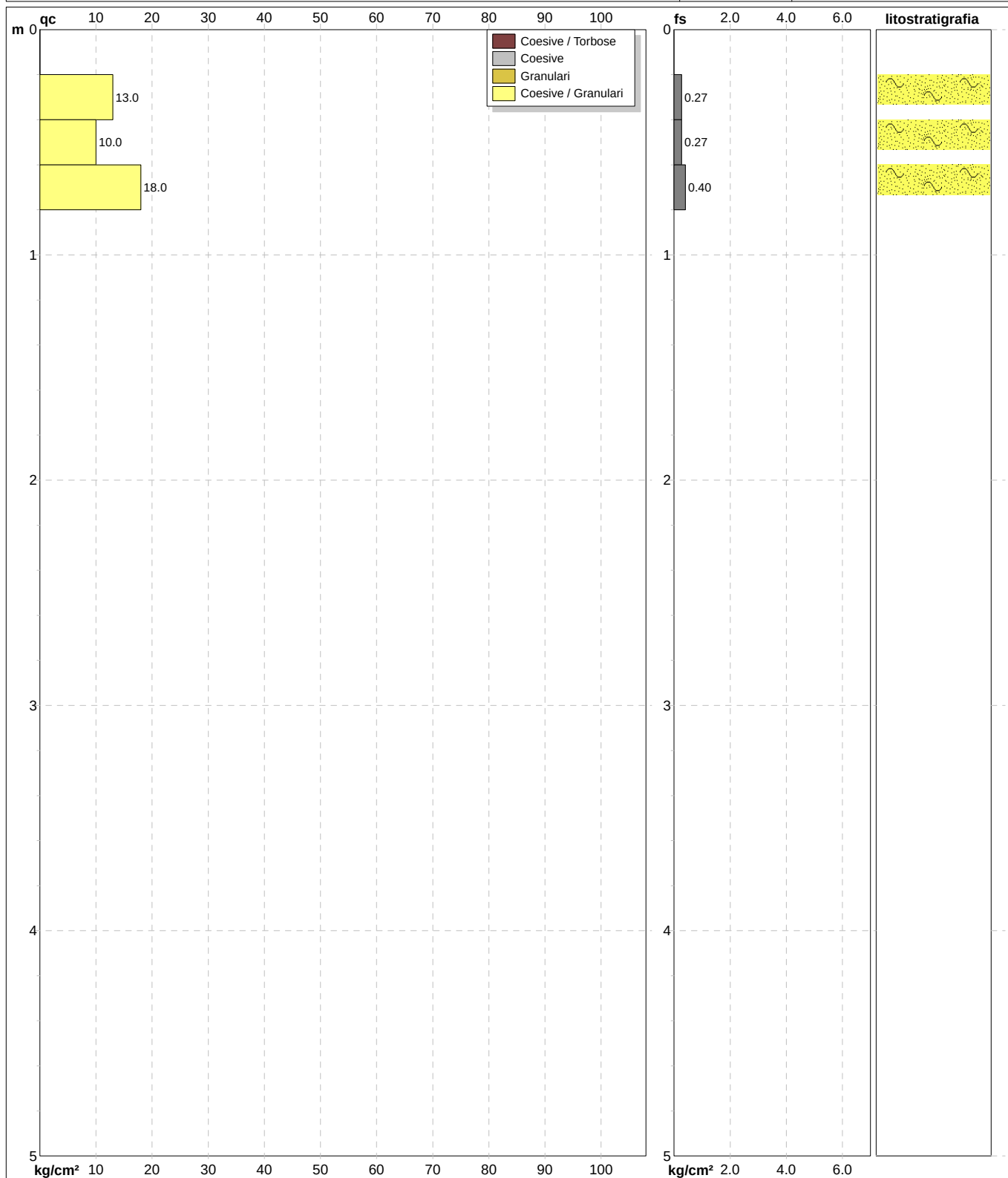
211124A

CPT163/21

Committente: **Comune di Campo nell'Elba**
Cantiere: **Indagini geognostiche ampliamento Cimitero della Lecciola**
Località: **Marina di Campo - Campo nell'Elba (LI)**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: **1:25**
Pagina: **1**
Elaborato:

Data esec.: **24/11/2021**
Data certificato: **25/11/2021**
Quota inizio: **piano campagna**
Falda: **Assente**



Litologia: **Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone**
Penetrometro: **TG63-200**
Responsabile: **Dott. Geol. Andrea Gambini**
Assistente:

Preforo: **m**
Corr.astine: **kg/ml**
Cod.ISTAT: **049003**
Cod. punta:

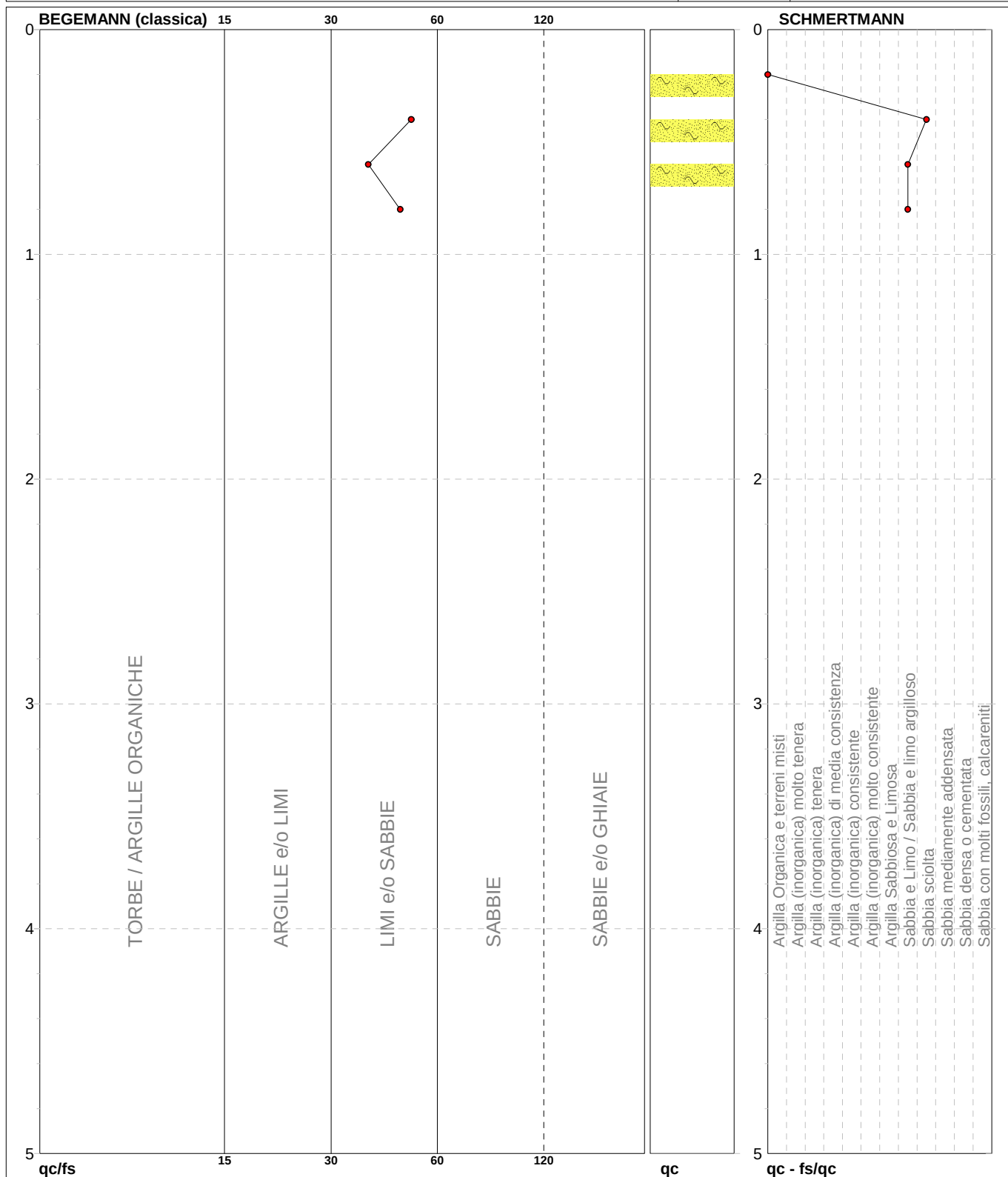
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	PSD.2
riferimento	211124A
certificato n°	CPT163/21

Committente: **Comune di Campo nell'Elba**
Cantiere: **Indagini geognostiche ampliamento Cimitero della Lecciola**
Località: **Marina di Campo - Campo nell'Elba (LI)**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: **1:25**
Pagina: **1**
Elaborato:
Data eseg.: **24/11/2021**
Data certificato: **25/11/2021**
Falda: **Assente**



Torbe / Argille org. : 22 punti, 91.67%
Limi e/o Sabbie : 3 punti, 12.50%

Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.: 2 punti, 8.33%
Sabbia sciolta: 1 punti, 4.17%

CPT163/21

Falda: Assente

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ' vo U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE																	
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	σ Sc (°)	σ Ca (°)	σ Ko (°)	σ DB (°)	σ DM (°)	σ Me (°)	F.L. U.M.	E'25 U.M.	E'20 U.M.	Mo U.M.							
0.20	--	--	4 ? ? ?	1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	13.0	48.1	4 ~ ~ ~	1.88	0.07	145	0.60	85.9	102.8	154.2	46.5	65	39	35	33	30	40	26	21.7	32.5	39.0								
0.60	10.0	37.0	4 ~ ~ ~	1.86	0.11	132	0.50	40.8	85.0	127.5	40.0	46	37	32	29	27	36	26	16.7	25.0	30.0								
0.80	18.0	45.0	4 ~ ~ ~	1.91	0.15	164	0.75	46.9	127.5	191.3	56.2	59	38	34	31	29	38	27	30.0	45.0	54.0								

**Elaborazione delle Prove Penetrometriche
Dinamiche Super-Pesanti (DPSH)**

LEGENDA SPECIFICHE TECNICHE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti :

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

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

DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici

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

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

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

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

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

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

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

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

VALUTAZIONI STATISTICHE - CORRELAZIONI N / Nspt

Il sottosuolo indagato viene suddiviso in strati .

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

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

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

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

VALUTAZIONE RESISTENZA DINAMICA E COEFFICIENTE DI ENERGIA

La resistenza alla punta dinamica Rpd viene comunemente valutata in base alla formula Olandese :

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

N = n. colpi per avanzamento δ Rpd = resist.dinam.punta [area A] M = massa battente [altezza caduta H]
e = avanzamento per colpo = δ/N P = peso tot. sistema battente e aste ,
ovvero in base alla formula semplificata :

$$Rpd = (M H) / (A e) = (M H) N / (A \delta) = Q N ,$$

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

Ciò considerato, volendo riferire la prova in esame (N,Q) alla prova SPT (Nspt,Qspt),

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

$$Rpd = Q N = Qspt Nspt \Rightarrow Nspt = N [Q/Qspt] = \beta_t N ,$$

ove il rapporto $\beta_t = Q/Qspt$ viene definito coefficiente teorico di energia della prova in esame ,
relativamente alla prova SPT ($Qspt = 7.83 \text{ kg/cm}^2 = 0.768 \text{ MPa}$) per $M = 63.5 \text{ kg}$, $H = 0.75 \text{ m}$, $D = 50.8 \text{ mm}$,
 $A = 20.27 \text{ cm}^2$, $d = 0.30 \text{ m}$) .

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al valore del numero dei colpi SPT equivalente prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

Nspt -> Dr DENSITA' RELATIVA (Terreni granulari) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

Nspt -> ϕ' ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE (Terreni granulari) - PECK-HANSON-THORBURN (1953-1974)

Nspt -> E' MODULO DI DEFORMAZIONE DRENATO (Terreni granulari) - D'APPOLONIA e altri (1970)

Nspt -> Cu COESIONE NON DRENATA (Terreni coesivi) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

Nspt -> Y PESO DI VOLUME

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

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

Rpd -> Qd CAPACITA' PORTANTE DINAMICA Herminier, Tchong & Lebegue(1965)

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

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

Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)

PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE

SCHEMA PENETROMETRO

riferimento **210531A**

Committente: **Geo Consulting RS**
Cantiere: **Indagine geognostica**
Località: **Via del Porto 247 - Massarosa (LU)**

DPSH (S. Heavy)

DPSH (S. Heavy)

Sigla	DPSH (S. Heavy)	Nominativo o sigla dello strumento
Beta eff.	1.80	Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro
M(massa)	64 kg	Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste
H(maglio)	0.75 m	Altezza di caduta o corsa del maglio (toll. da 0.01m a 0.02m)
L(aste)	1.00 m	Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1.00m a 2.00m (toll. da 0.1% a 0.2%)
M(aste)	8.00 kg	Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)
M(sistema)	30 kg	Massa del complesso asta di guida - testa di battuta
A(punta)	20.00 cm²	Area della superficie laterale del cono della punta
Alfa(punta)	90 °	Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60° e 90°
Prf.(1°asta)	0.80 m	Profondità di giunzione della prima asta infissa
N	0.20 m	Penetrazione standard, tratto di penetrazione per quale sono necessari Nx colpi
Rivest.	Sì	Previsto uso di rivestimento delle aste o uso di fanghi
ø(punta)	50.50 mm	Diametro della punta conica integra, cioè non soggetta ad usura (toll. da 0.3 a 0.5mm)
MaxCE%	50.00 %	Massima compressione elastica consentita rispetto alla penetrazione
L/DM	2.00	Rapporto tra la lunghezza e il diametro del maglio di battuta
D(tb)	100.00 mm	Diametro della testa di battuta.
DEV(a)[<5m]	2.00 °	Deviazione massima delle aste dalla verticale nei primi 5.00 metri
DEV(a)[>5m]	1.00 °	Deviazione massima delle aste dalla verticale oltre i 5.00 metri
ECCmax(a)	0.02 mm	Massima eccentricità consentita alle aste
Dest(aste)	32.00 mm	Diametro esterno delle aste (toll. max 0.2mm)
Dint(aste)		Diametro interno delle aste cave (toll. da 0.2mm a 0.3mm)
Dmin(punta)	49.00 mm	Minimo diametro consentito per la punta conica usurata
hcl(punta)	50.50 mm	Altezza del cilindro alla base del cono della punta (toll. da 1.00mm a 2.00mm)
Ras(punta)	11.00 mm	Rastremazione del cono nella parte alta
Hc(punta)		Altezza della parte conica della punta non soggetta ad usura (toll. da 0.1mm a 0.4mm)
RangeCP	5 - 100	Massimo numero di colpi utile
Spinta	t	Spinta nominale strumento

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	PSD.1
	referimento	211124A
	certificato n°	DPSH162/21

Committente: Comune di Campo nell'Elba	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 24/11/2021
Cantiere: Indagini geognostiche ampliamento Cimitero della Lecciola	Pagina: 1	Data certificato: 25/11/2021
Località: Marina di Campo - Campo nell'Elba (LI)	Elaborato:	Quota ass.: piano campagna Falda: Assente

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²
0.20	1	0		0.0					
0.40	1	0		0.0					
0.60	2	0		0.0					
0.80	2	0		0.0					
1.00	2	0		0.0					
1.20	2	10		64.3					
1.40	2	47		302.4					
1.60	3	39		250.9					
1.80	3	26		167.3					
2.00	3	33		212.3					
2.20	3	42		270.2					
2.40	3	53		341.0					

H = profondità
L1 = prima lettura (colpi punta)
L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)

qcd = resistenza dinamica punta
Asta = numero di asta impiegata

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

DIN

referimento

certificato n°

PSD.1

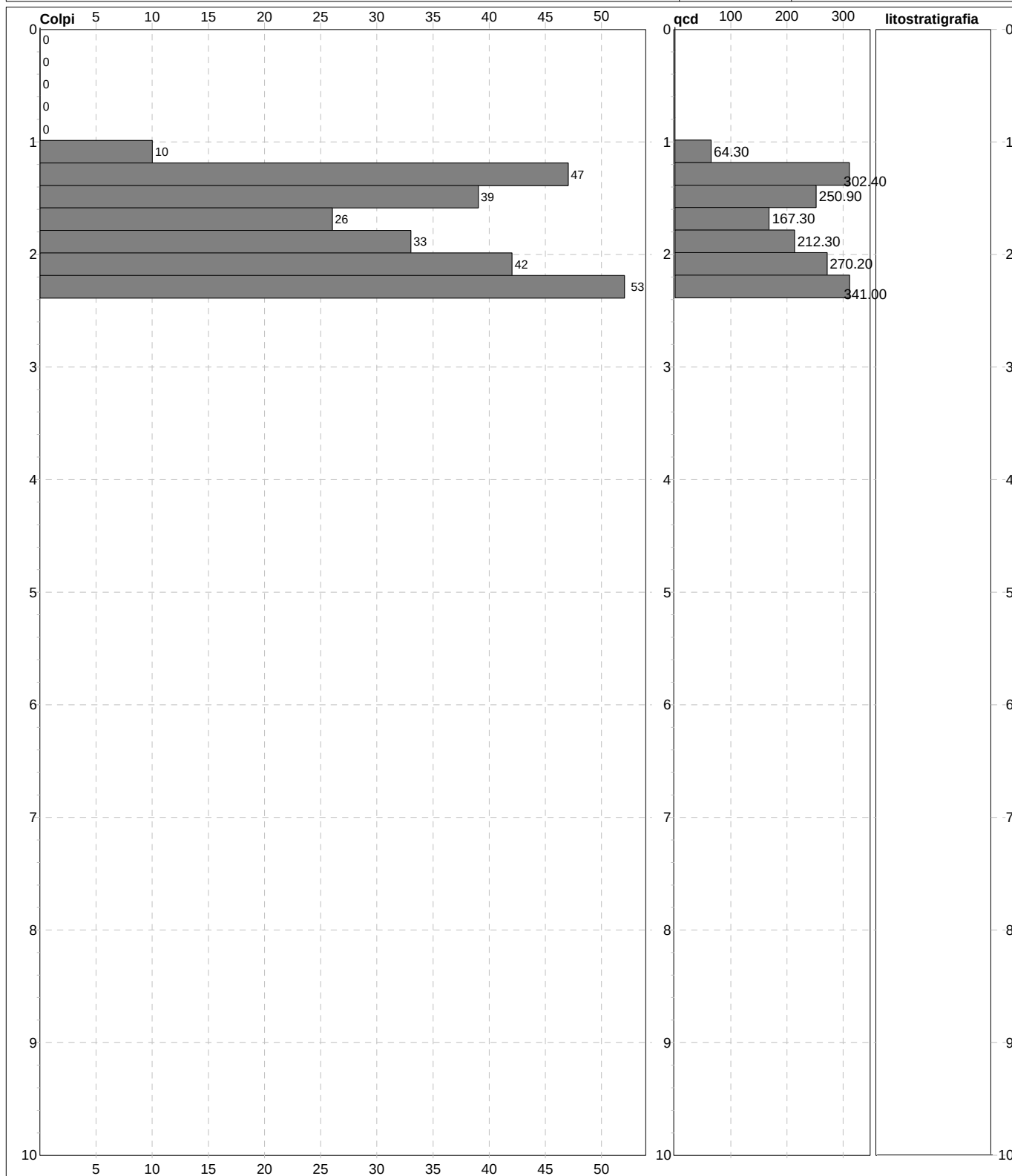
211124A

DPSH162/21

Committente: **Comune di Campo nell'Elba**
Cantiere: **Indagini geognostiche ampliamento Cimitero della Lecciola**
Località: **Marina di Campo - Campo nell'Elba (LI)**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: **1:50**
Pagina: **1**
Elaborato:

Data esec.: **24/11/2021**
Data certificato: **25/11/2021**
Quota ass.: **piano campagna**
Falda: **Assente**



Penetrometro: DPSH (S. Heavy)

Massa battente: 63.50 m

Altezza caduta: 0.75 m

Avanzamento: 0.20 m

Preforo: m

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	PSD.1
	referimento	211124A
	certificato n°	DPSH162/21

Committente: Comune di Campo nell'Elba	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 24/11/2021
Cantiere: Indagini geognostiche ampliamento Cimitero della Lecciola	Pagina: 1	Data certificato: 25/11/2021
Località: Marina di Campo - Campo nell'Elba (LI)	Elaborato:	Quota ass.: piano campagna
		Falda: Assente

PARAMETRI GENERALI													
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione	
1	1.00 : 1.20	Media	10	1.52	15	64.3	62.1	121	105	3.22	Coes./Gran.		
2	1.20 : 2.40	Media	40	1.52	61	257.4	248.6	186	322	12.87	Coes./Gran.		

			NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ø °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	1.00 : 1.20	15	0.94	1.96	28.61	0.77	59	43	32	307	1.96	1.54	241	- - -
2	1.20 : 2.40	61	3.81	2.10	20.20	0.55	152	89	43	662	2.17	1.89	642	- - -

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON03

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	PSD.2
	riferimento	211124A
	certificato n°	DPSH163/21

Committente: Comune di Campo nell'Elba	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 24/11/2021
Cantiere: Indagini geognostiche ampliamento Cimitero della Lecciola	Pagina: 1	Data certificato: 25/11/2021
Località: Marina di Campo - Campo nell'Elba (LI)	Elaborato:	Quota ass.: piano campagna Falda: Assente

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²
0.20	1	0		0.0					
0.40	1	0		0.0					
0.60	2	0		0.0					
0.80	2	0		0.0					
1.00	2	27		186.4					
1.20	2	17		117.4					
1.40	2	17		117.4					
1.60	3	22		151.9					
1.80	3	21		145.0					
2.00	3	27		173.7					
2.20	3	36		231.6					
2.40	3	32		205.9					
2.60	4	43		276.7					
2.80	4	52		334.6					

H = profondità
L1 = prima lettura (colpi punta)
L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)

qcd = resistenza dinamica punta
Asta = numero di asta impiegata

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

DIN

referimento

certificato n°

PSD.2

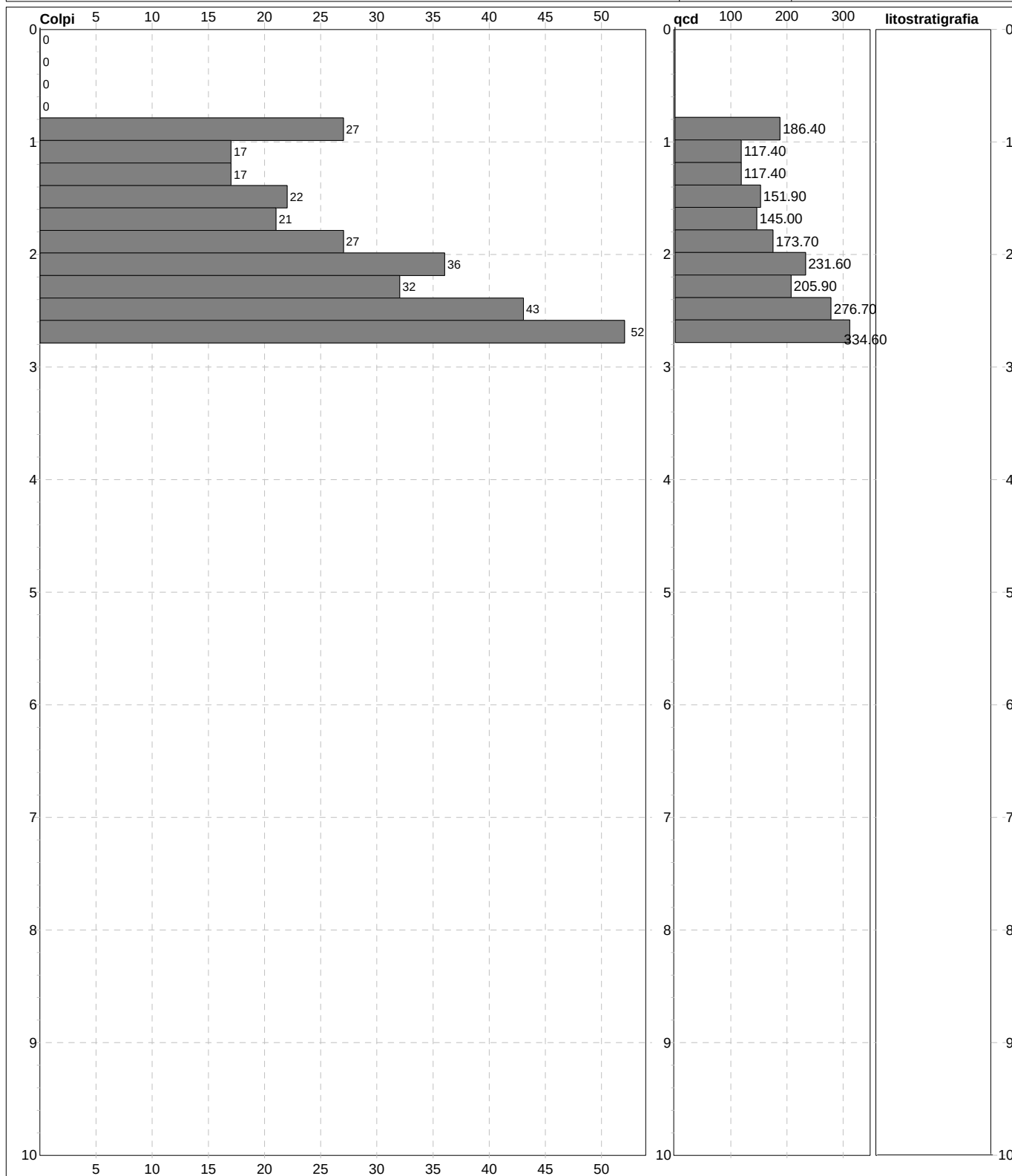
211124A

DPSH163/21

Committente: **Comune di Campo nell'Elba**
Cantiere: **Indagini geognostiche ampliamento Cimitero della Lecciola**
Località: **Marina di Campo - Campo nell'Elba (LI)**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: **1:50**
Pagina: **1**
Elaborato:

Data esec.: **24/11/2021**
Data certificato: **25/11/2021**
Quota ass.: **piano campagna**
Falda: **Assente**



Penetrometro: DPSH (S. Heavy)

Massa battente: 63.50 m

Altezza caduta: 0.75 m

Avanzamento: 0.20 m

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	PSD.2
	referimento	211124A
	certificato n°	DPSH163/21

Committente: Comune di Campo nell'Elba	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 24/11/2021
Cantiere: Indagini geognostiche ampliamento Cimitero della Lecciola	Pagina: 1	Data certificato: 25/11/2021
Località: Marina di Campo - Campo nell'Elba (LI)	Elaborato:	Quota ass.: piano campagna
		Falda: Assente

PARAMETRI GENERALI													
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione	
1	0.80 : 2.00	Media	22	1.52	33	148.6	135.7	159	197	7.43	Coes./Gran.		
2	2.00 : 2.80	Media	41	1.52	62	262.2	236.0	197	326	13.11	Coes./Gran.		

			NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ø °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0.80 : 2.00	33	2.06	2.10	20.20	0.55	96	68	37	446	2.07	1.71	403	- - -
2	2.00 : 2.80	62	3.88	2.10	20.20	0.55	155	90	43	669	2.18	1.89	650	- - -

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON03

Elaborati Grafici MASW
“STR241121A - Onde di Rayleigh”

- Spettro delle Velocità con “Picking”
- Grafico Misfit & Profilo Verticale Onde S
- Profilo verticale Vs (modello medio)

MASW - STR2411A (Onde di Rayleigh)
COMUNE DI CAMPO NELL'ELBA
Ampliamento del Cimitero della Lecciola - Marina di Campo (LI)

Numero di canali 24
Distanza intergeofonica 2,0 metri
Lunghezza 46,0 metri
Azimuth N210° (SW-NE)

Coordinate Gauss-Boaga Geofono G1:
X = 1600337,1797 Y = 4733638,8212
Coordinate Gauss-Boaga Geofono G24:
X = 1600359,4810 Y = 4733679,0537

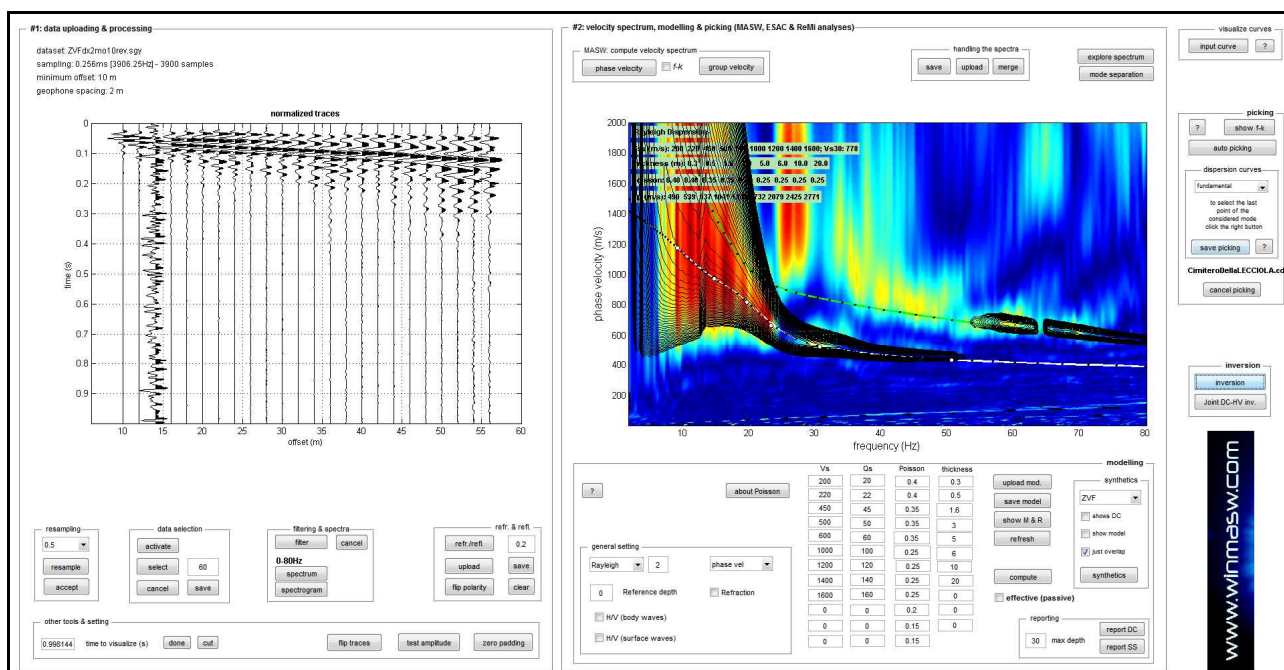


Fig.1: Sismogramma (Shot3 - ZVFDx2mo10rev) e spettro delle velocità con "picking"

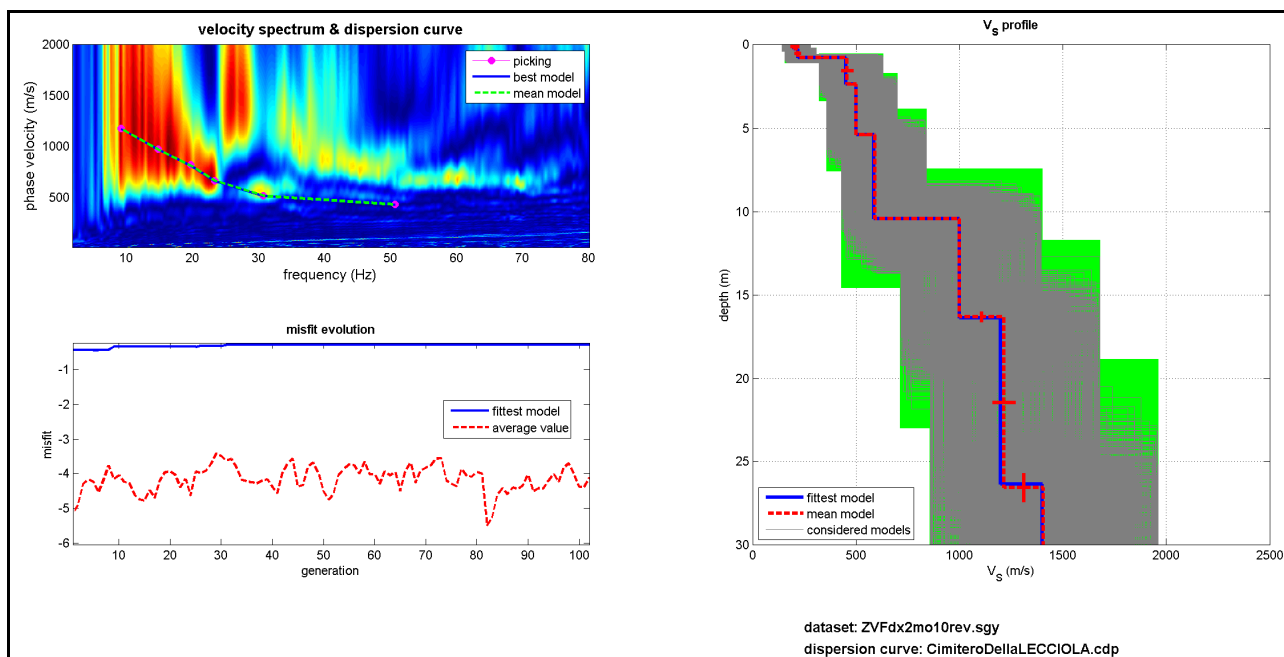
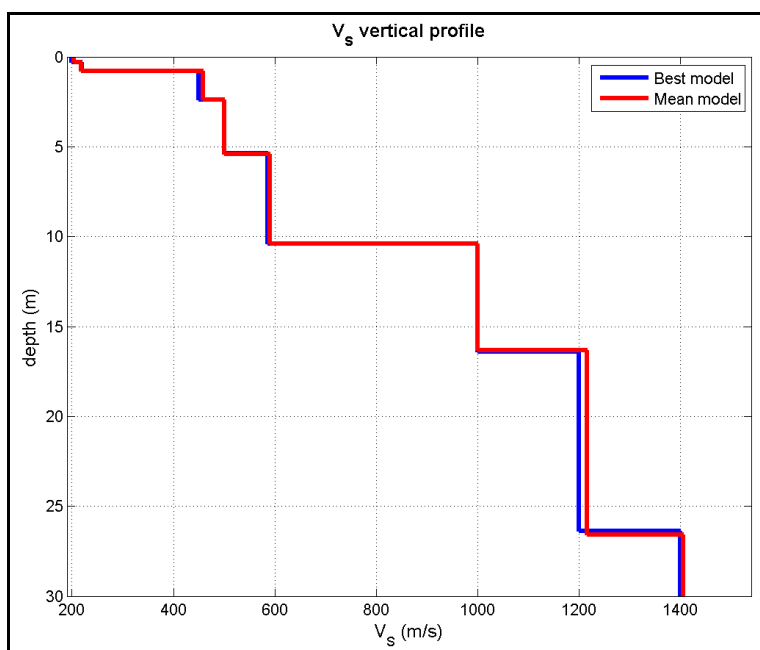


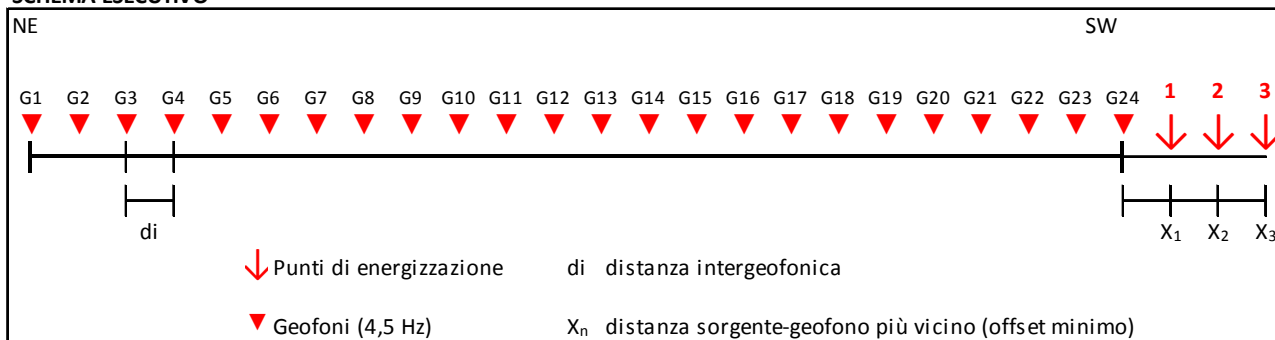
Fig.2: Grafico Misfit - Profilo verticale delle Onde S


Fig.3: Profilo verticale Vs (Modello medio/Modello migliore)

MASW STR241121A	Profondità		Spessore (h_i)	Velocità ($V_{s,i}$)	$h_i/V_{s,i}$
LA LECCIOLA (modello medio)	da (m)	a (m)	(metri)	(m/s)	(-)
Sismostrato 1	0.00	0.30	0.30	204	0.0015
Sismostrato 2	0.30	0.80	0.50	218	0.0023
Sismostrato 3	0.80	2.40	1.60	458	0.0035
Sismostrato 4	2.40	5.40	3.00	500	0.0060
Sismostrato 5	5.40	10.40	5.00	591	0.0085
Sismostrato 6 (bedrock sismico)	10.40	16.30	5.90	1000	0.0059
Sismostrato 7 (bedrock sismico)	16.30	26.60	10.30	1216	0.0085
Sismostrato 8 (bedrock sismico)	26.60	30.00	3.40	1406	0.0024

H = 10.40 metri
 $\Sigma h_i/V_{s,i} = 0.0217$
 $V_{s,eq} = V_{s,30} = 10.4/0.0217 = 479 \text{ m/s}$
**Categoria di Sottosuolo B
(a partire dal piano campagna)**

"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consolidati, 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".

SCHEMA ESECUTIVO


Sono state eseguite tre registrazioni, effettuate con mazza da 8 kg battente su piastra in duralluminio. I tre punti sorgente (shot) sono stati effettuati esternamente alla stesa ad una distanza di 2,0 metri (X_1 - shot 1), 5,00 metri (X_2 - shot 2) e 10,00 metri (X_3 - shot 3) dall'ultimo geofono (G.24). Azimut N210° (SW-NE) riferito al G1. Tempo di acquisizione 1,0 s - Intervallo di campionamento 0,256 ms (N. campioni 3900).

Allegato D

**Rapporto di taratura del selettore
idraulico con cella di carico 20 ton**

CERTIFICATE OF CALIBRATION N° C049/21

Object: MANUAL SELECTOR WITH LOAD CELL
AND DIGITAL INDICATOR

Addressee: Bierregi s.r.l.
(destinatario) via di Tiglio N°433
55100 Lucca (LU)
Date of issue: 30/09/2021
(Data di emissione)

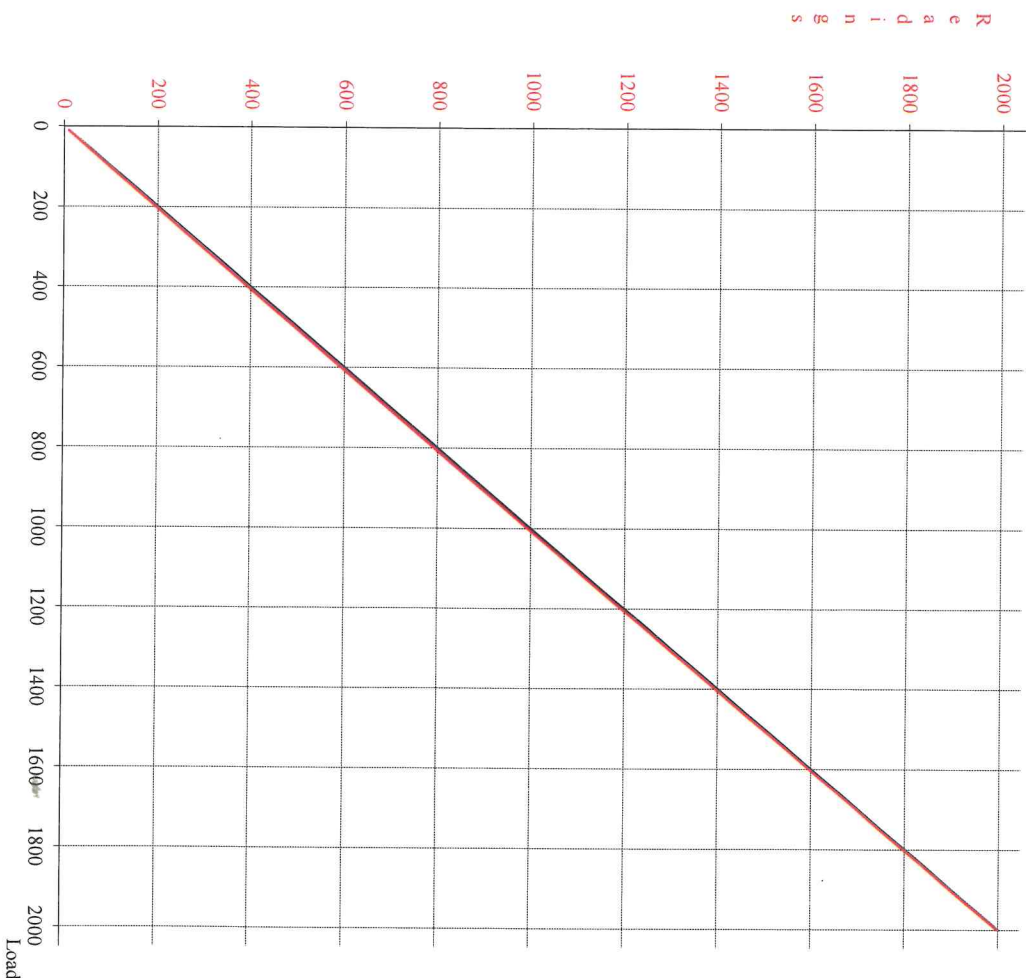
Calibrated system: (Sistema Tarato)
Model TGAS11 - NBC 20-ton
Serial number 00E511
Maximum capacity (kg) 20000
Rated output (mV/V) 2

Applied load measurement system:
(Sistema di rilevamento del carico applicato)

Load cell:
Manufacturer AEP transducers
Model KAL200 Kn
Serial Number 138913

Digital Indicator:
Manufacturer Eaesydur Italiana
Model Aura 20
Serial Number 29084

The measurement system is periodically checked in a SIT calibration center. (Il sistema di rilevamento è sottoposto a verifica periodica presso un centro SIT)
Last verification date: 22/01/2021
Certificate N° LAT 091 2021-019
Temperature of calibration 22°
Humidity 34%



	Load	Readings
1	10	10
2	20	20
3	50	49
4	80	79
5	100	98
6	150	148
7	200	197
8	250	246
9	300	296
10	350	345
11	400	395
12	450	445
13	600	594
14	750	744
15	900	894
16	1100	1.094
17	1300	1.295
18	1500	1.497
19	1700	1.698
20	2000	1.999

Unit: kg x 10

Ideal
Diagram
Readings
Diagram

System calibrated by:

Date of calibration: 30/09/2021