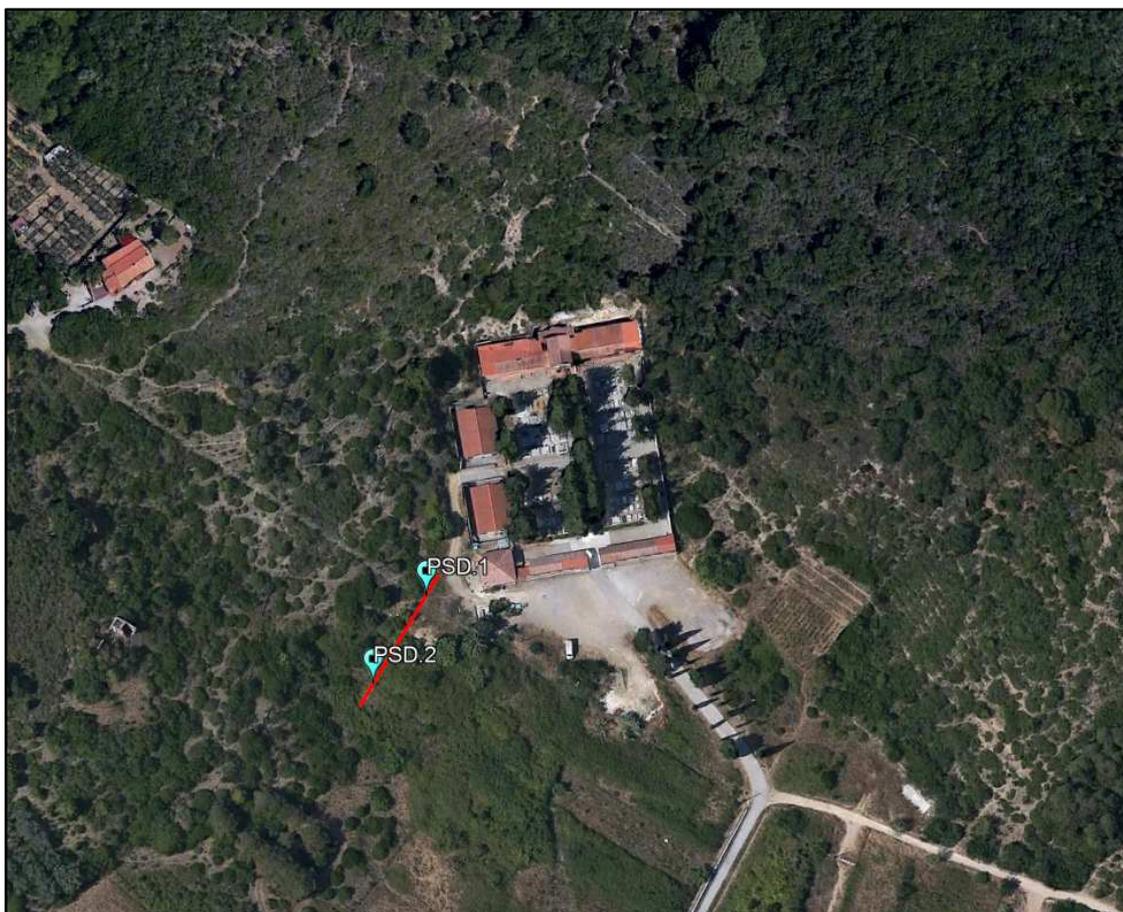


**INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICA**  
**Relazione Tecnica**

**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 ( $\phi$ ), 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 ( $\phi$ =angolo di attrito;  $E$ =modulo edometrico;  $\gamma$ =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 un relazione fondamentale che lega i tre parametri fondamentali che descrivono la propagazione nello spazio di un’oscillazione:

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

dove:

$\lambda$	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  $\mu$ s;
- Noise: 0,25 $\mu$ 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:

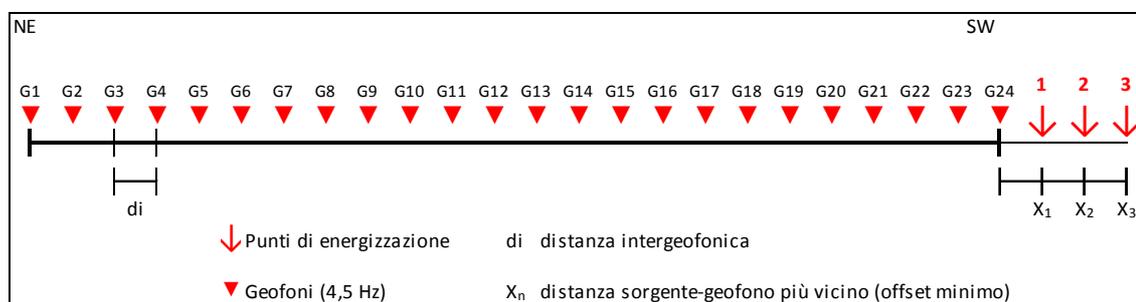
- Traccia sismica registrata ad ogni geofono per lo sparo effettuato (input file);
- Spettro di velocità e Curva di Dispersione (picking);
- Grafico Misfit - Generazione e Profilo verticale Onde S.

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  $\Sigma h_i/V_{s,i} = 0.0217$

$V_{s,eq} = V_{s,30} = 10.4/0.0217 = 479$ m/s	<b>Categoria di Sottosuolo B</b> (a partire dal piano campagna)
<i>“Rocce tenere e depositi di terr eni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consi stenti, caratterizzata un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s”.</i>	

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*

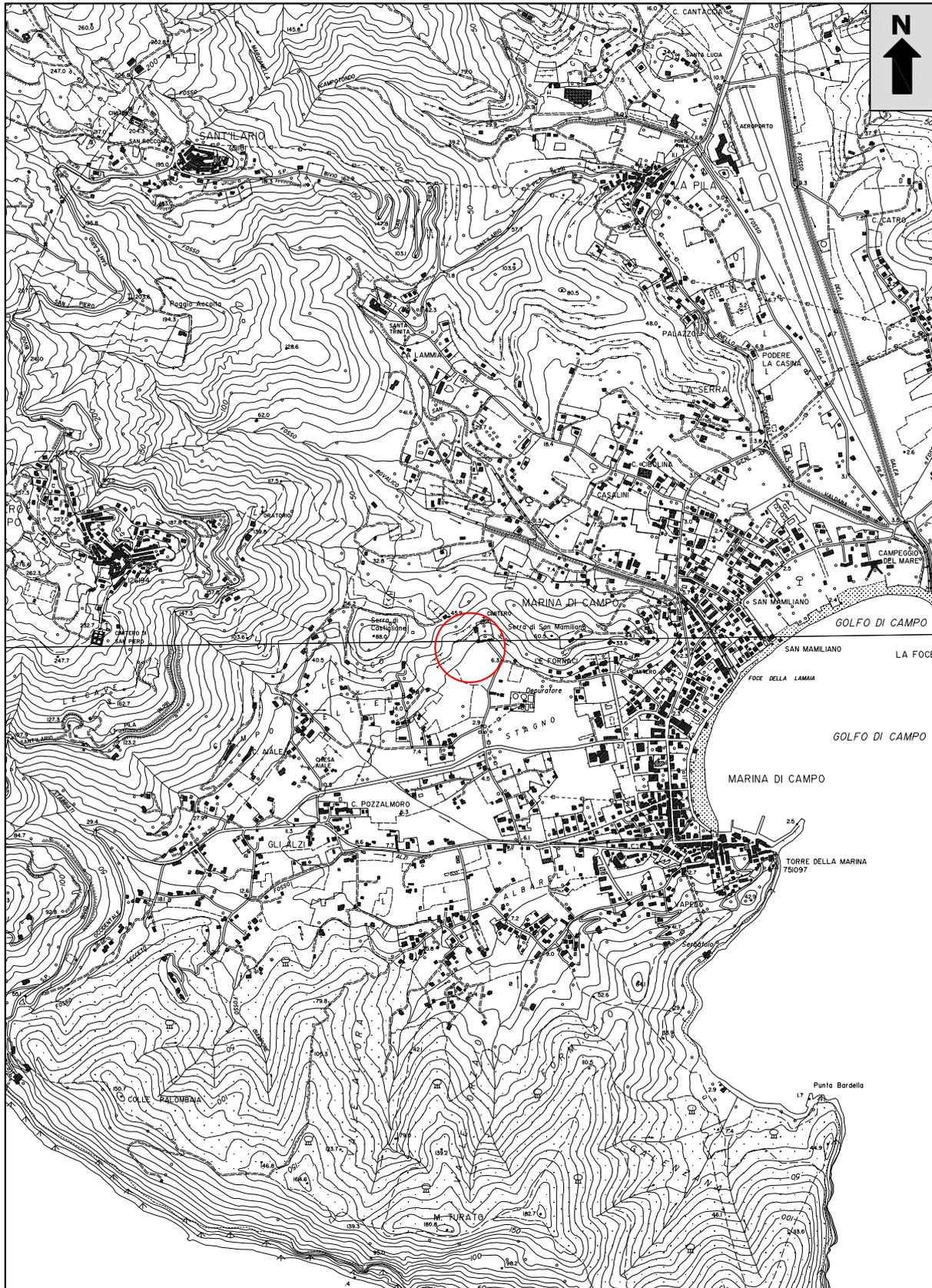
**BIERREGI srl**  
Il Responsabile Tecnico  
Dott. Geol. Francesco Rossi

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



# FIG.1 - COROGRAFIA

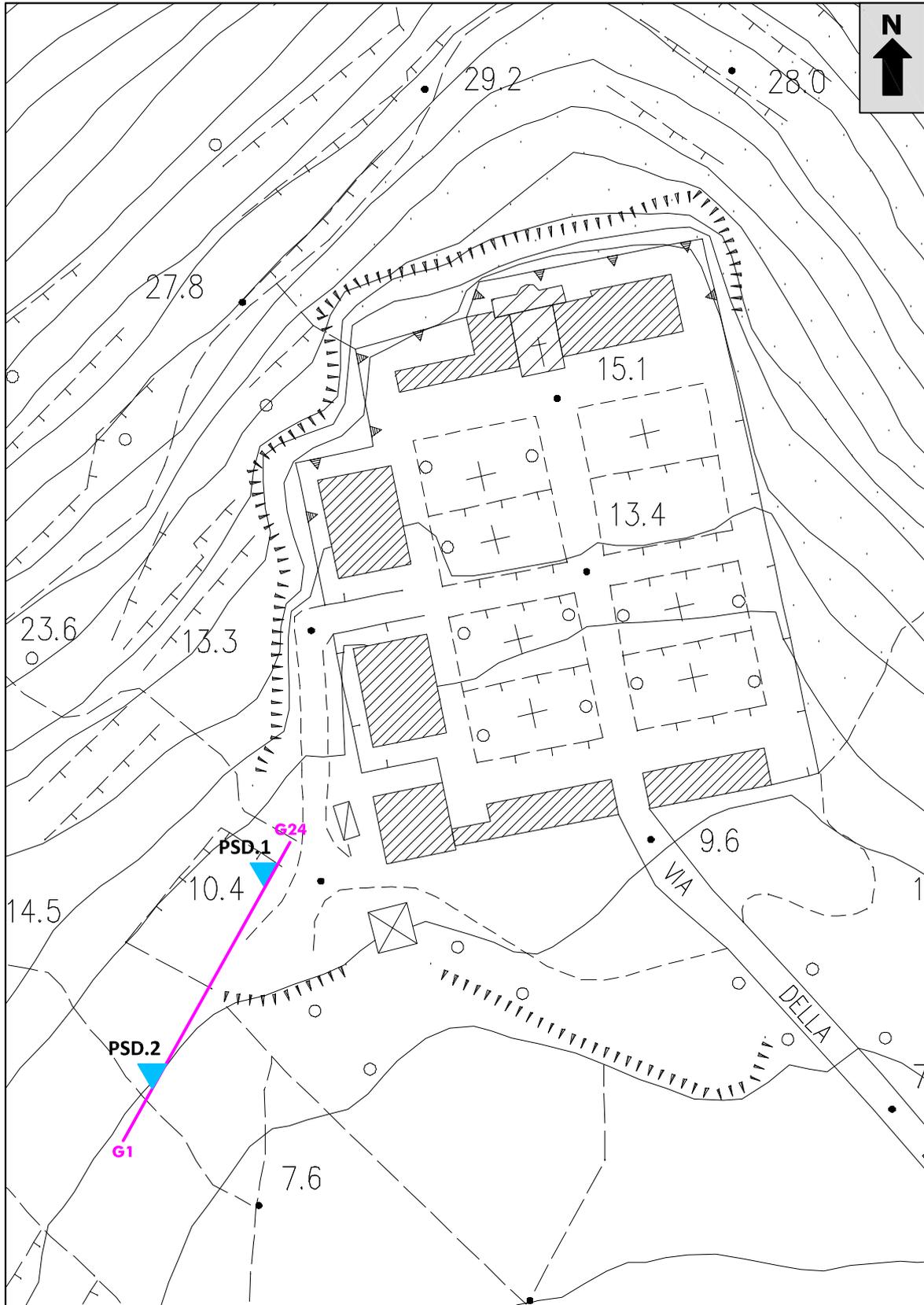
(C.T.R. Regione Toscana - Foglio 328030 - Scala 1:20'000)



 - 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)

**bierregi s.r.l.**

INDAGINI GEOFISICHE  
GEOGNOSTICHE e GEOTECNICHE



OS 21  
OS 20- B

Presidenza del Consiglio Superiore  
dei Lavori Pubblici

Servizio Tecnico Centrale  
Aut. n. :00007464



Cert. No. 98514-2011-AQ-  
ITA-ACCREDIA

**Allegato A**

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

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/m<sup>2</sup> = 0,001 MN/m<sup>2</sup> = 0,001 MPa  $\approx$  0,1 t/m<sup>2</sup> = 0,01 kg/cm<sup>2</sup>

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m<sup>2</sup> = 1.000 kN/m<sup>2</sup> = 1000 kPa  $\approx$  100 t/m<sup>2</sup> = 10 kg/cm<sup>2</sup>

1 kg/cm<sup>2</sup> = 10 t/m<sup>2</sup>  $\approx$  100 kN/m<sup>2</sup> = 100 kPa = 0,1 MN/m<sup>2</sup> = 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**

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

Committente: <b>Comune di Campo nell'Elba</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: 24/11/2021
Cantiere: <b>Indagini geognostiche ampliamento Cimitero della Lecciola</b>	Pagina: 1	Data certificato: 25/11/2021
Località: <b>Marina di Campo - Campo nell'Elba (LI)</b>	Elaborato:	Falda: Assente

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	-	%	m	-	-	-	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	-	%
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								
<b>1.00</b>	61.0	101.0	0	61.0	2.67	23	4.4								

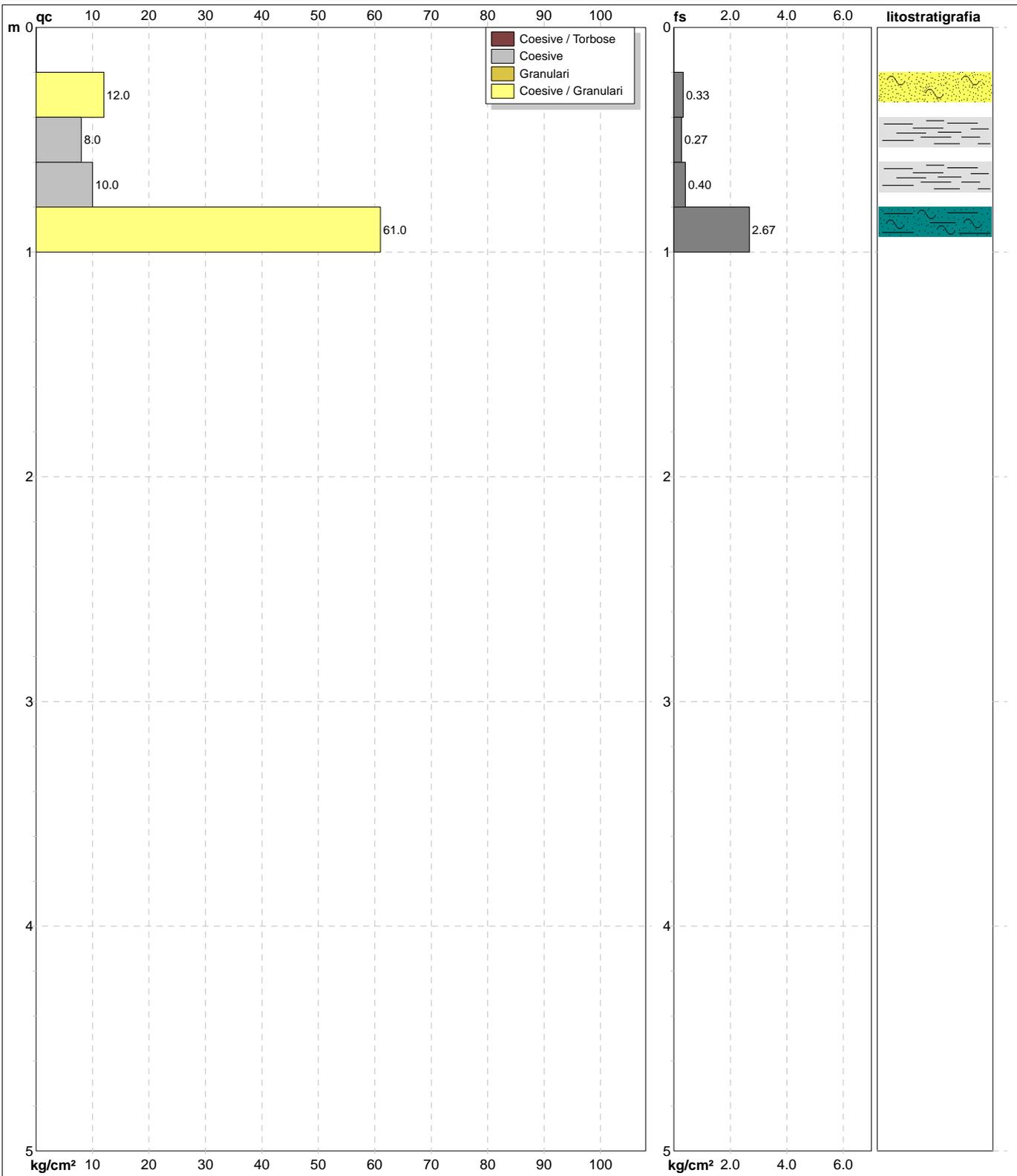
H = profondità  
L1 = prima lettura (punta)  
L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
Lt = terza lettura (totale)  
CT = 10.00 costante di trasformazione

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**

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

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



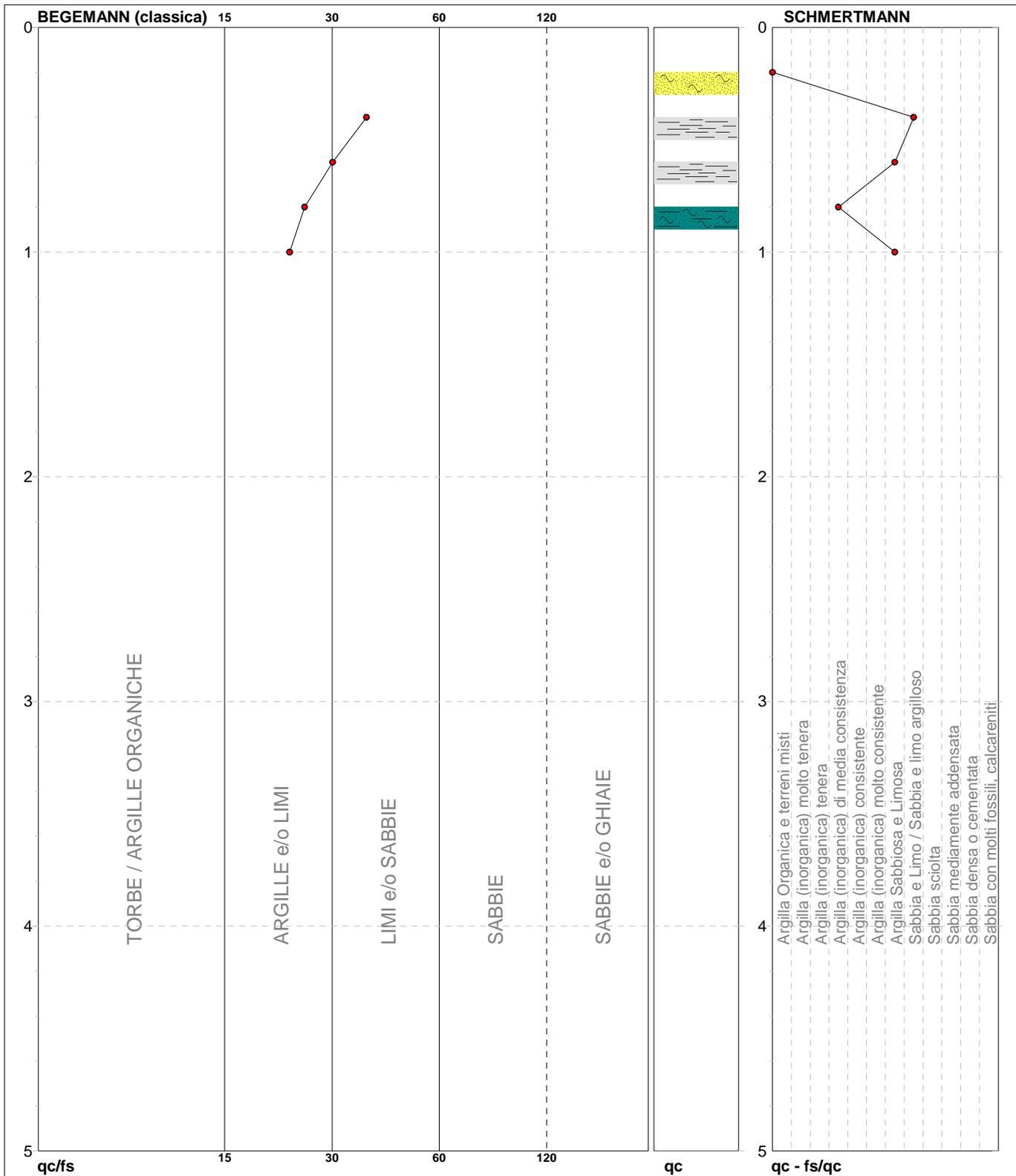
Litologia: <b>Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone</b>	Preforo: <b>m</b>
Penetrometro: <b>TG63-200</b>	Corr.astine: <b>kg/ml</b>
Responsabile: <b>Dott. Geol. Andrea Gambini</b>	Cod.ISTAT: <b>049003</b>
Assistente:	Cod. punta:

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIAGRAMMI LITOLOGIA**

<b>CPT</b>	<b>PSD.1</b>
referimento	<b>211124A</b>
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/cm<sup>2</sup>**  
Scala: 1:25  
Pagina: 1  
Elaborato:  
Data eseg.: 24/11/2021  
Data certificato: 25/11/2021  
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**  
**LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

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

Committente: <b>Comune di Campo nell'Elba</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: 24/11/2021
Cantiere: <b>Indagini geognostiche ampliamento Cimitero della Lecciola</b>	Pagina: 1	Data certificato: 25/11/2021
Località: <b>Marina di Campo - Campo nell'Elba (LI)</b>	Elaborato:	Falda: Assente

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	-	%	m	-	-	-	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	-	%
0.20	0.0	0.0	0	0.0	0.00	-	-								
0.40	13.0	17.0	0	13.0	0.27	48	2.1								
0.60	10.0	14.0	0	10.0	0.27	37	2.7								
0.80	18.0	24.0	0	18.0	0.40	45	2.2								

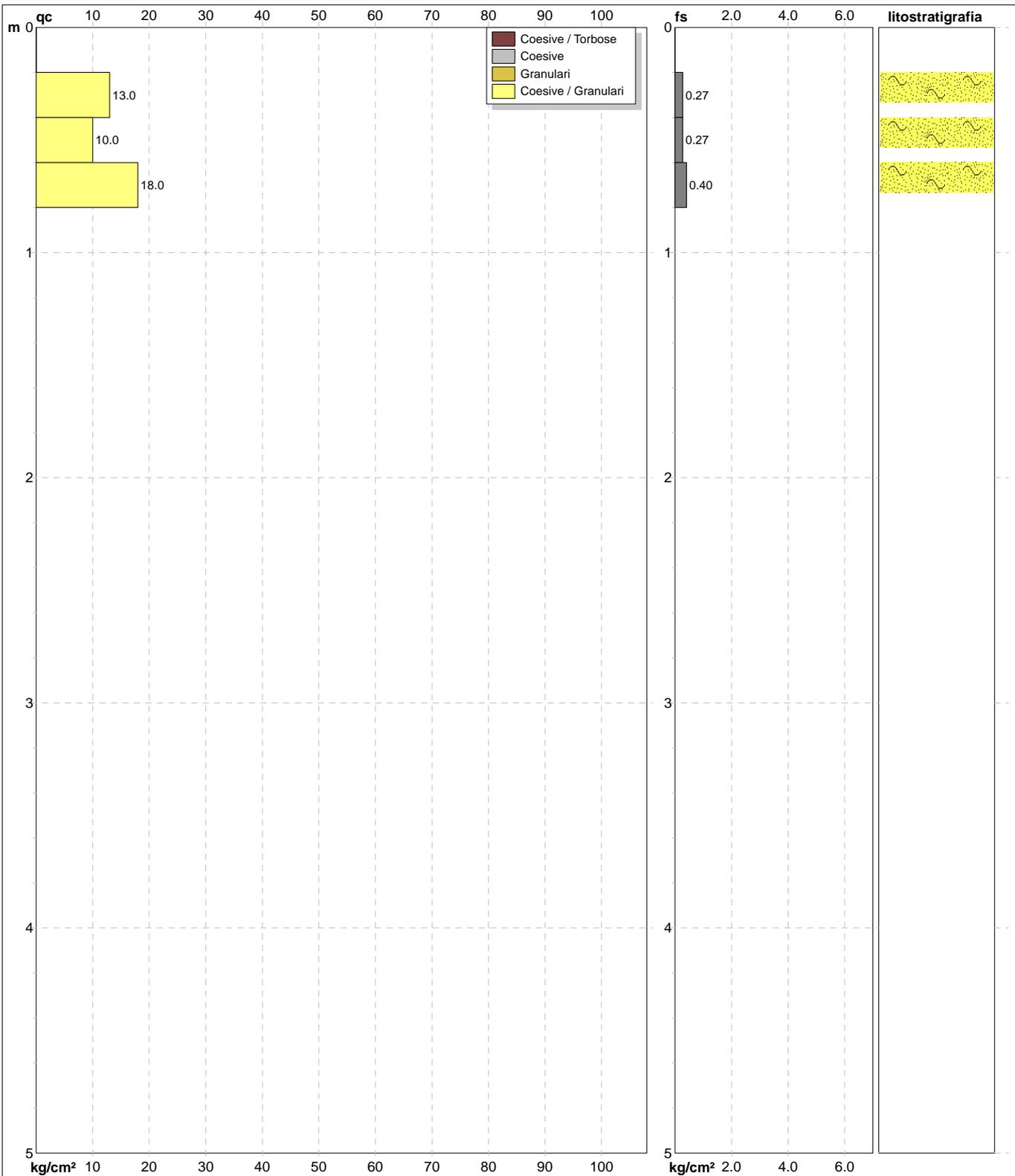
H = profondità  
L1 = prima lettura (punta)  
L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
Lt = terza lettura (totale)  
CT = 10.00 costante di trasformazione

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**

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

Committente: <b>Comune di Campo nell'Elba</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data eseg.: 24/11/2021
Cantiere: <b>Indagini geognostiche ampliamento Cimitero della Lecciola</b>	Scala: 1:25	Data certificato: 25/11/2021
Località: <b>Marina di Campo - Campo nell'Elba (LI)</b>	Pagina: 1	Quota inizio: piano campagna
	Elaborato:	Falda: Assente



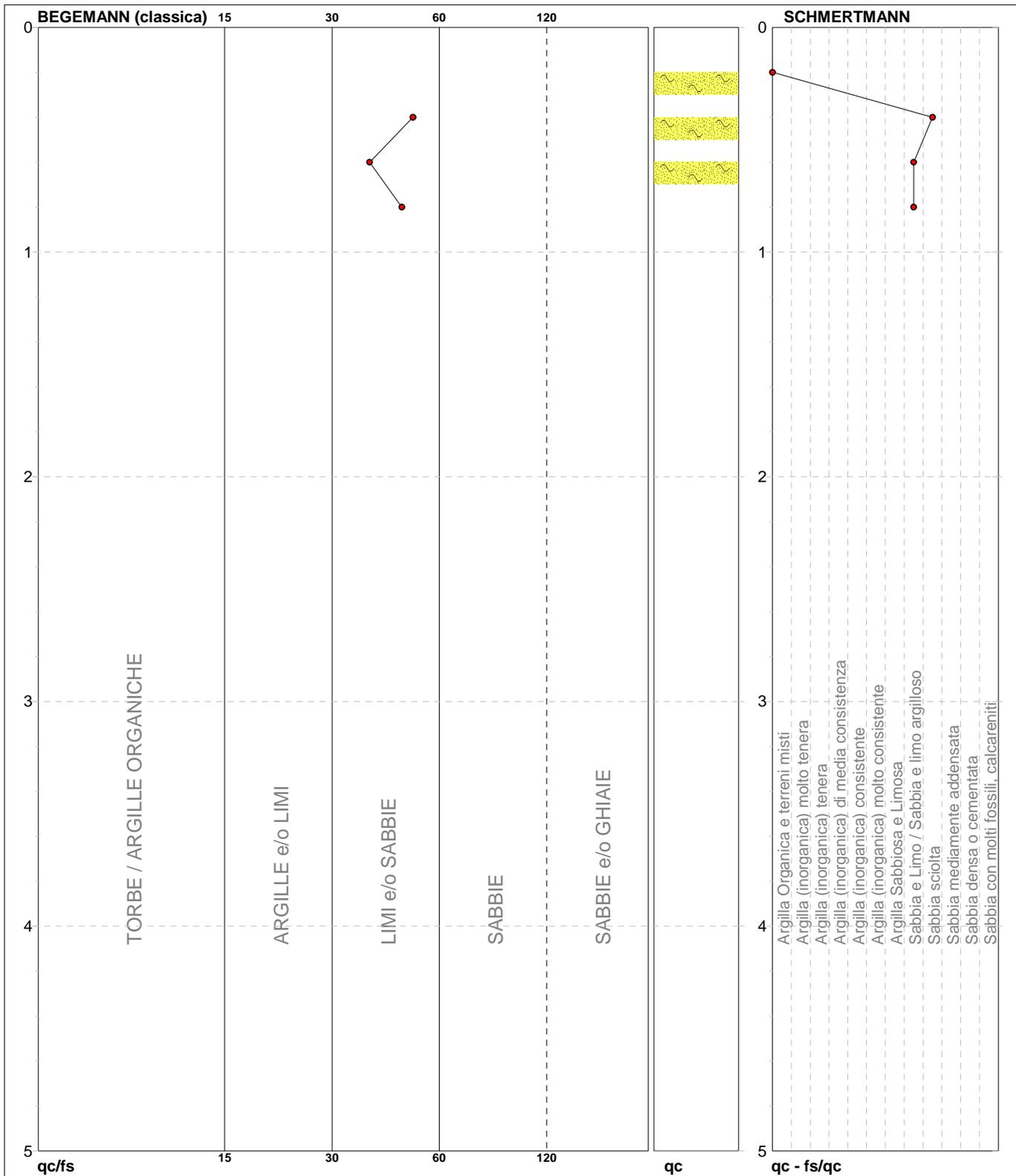
Litologia: <b>Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone</b>	Preforo: <b>m</b>
Penetrometro: <b>TG63-200</b>	Corr.astine: <b>kg/ml</b>
Responsabile: <b>Dott. Geol. Andrea Gambini</b>	Cod.ISTAT: <b>049003</b>
Assistente:	Cod. punta:

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIAGRAMMI LITOLOGIA**

<b>CPT</b>	<b>PSD.2</b>
riferimento	<b>211124A</b>
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/cm<sup>2</sup>**  
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 punto, 4.17%



**bierregi s.r.l.**

INDAGINI GEOFISICHE  
GEOGNOSTICHE e GEOTECNICHE



OS 21  
OS 20- B

Presidenza del Consiglio Superiore  
dei Lavori Pubblici

Servizio Tecnico Centrale  
Aut. n. :00007464



Cert. No. 98514-2011-AQ-  
ITA-ACCREDIA

**Allegato B**

**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  $\delta$ , 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  $\alpha$ )
- avanzamento (penetrazione  $\delta$ )
- 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  $\delta = 10$  cm, punta conica (  $\alpha = 60-90^\circ$ ),  
diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm<sup>2</sup> 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  $\delta = 10$  cm, punta conica (  $\alpha = 60-90^\circ$ ),  
diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm<sup>2</sup> 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  $\delta = 30$  cm, punta conica (  $\alpha = 60^\circ$ ),  
diametro D = 50.8 mm, area base cono A = 20.27 cm<sup>2</sup> rivestimento : previsto secondo precise indicazioni

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)  
massa battente M = 63.5 kg, altezza caduta H = 0.75 m, avanzamento  $\delta = 20-30$  cm, punta conica (  $\alpha = 60^\circ$ ),  
diametro D = 50.5 mm , area base cono A = 20 cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto .

## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

### VALUTAZIONI STATISTICHE - CORRELAZIONI N / N<sub>spt</sub>

Il sottosuolo indagato viene suddiviso in strati .

Pravia 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 sopra citati 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 N<sub>spt</sub> della prova SPT :  $N_{spt} = \beta N$  [ove per il coefficiente  $\beta$  si potrà introdurre un valore sperimentale a piacere (vedi note illustrative), ovvero il coefficiente teorico di energia  $\beta t$  fornito dal programma] .

### VALUTAZIONE RESISTENZA DINAMICA E COEFFICIENTE DI ENERGIA

La resistenza alla punta dinamica R<sub>pd</sub> viene comunemente valutata in base alla formula Olandese :

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

N = n. colpi per avanzamento  $\delta$  R<sub>pd</sub> = resist.dinam.punta [area A] M = massa battente [altezza caduta H]

e = avanzamento per colpo =  $\delta/N$  P = peso tot. sistema battente e aste ,

ovvero in base alla formula semplificata :

$$R_{pd} = (M H) / (A e) = (M H) N / (A \delta) = Q N ,$$

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

Ciò considerato, volendo riferire la prova in esame (N,Q) alla prova SPT (N<sub>spt</sub>,Q<sub>spt</sub>),

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

$$R_{pd} = Q N = Q_{spt} N_{spt} \Rightarrow N_{spt} = N [Q/Q_{spt}] = \beta t N ,$$

ove il rapporto  $\beta t = Q/Q_{spt}$  viene definito coefficiente teorico di energia della prova in esame ,

relativamente alla prova SPT (Q<sub>spt</sub> = 7.83 kg/cm<sup>2</sup> = 0.768 MPa ) per M = 63.5 kg, H = 0.75 m, D = 50.8 mm,

A = 20.27 cm<sup>2</sup>, d = 0.30 m) .

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al valore del numero dei colpi SPT equivalente

prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

N<sub>spt</sub> -> Dr DENSITA' RELATIVA (Terreni granulari) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

N<sub>spt</sub> ->  $\phi'$  ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE (Terreni granulari) - PECK-HANSON-THORBURN (1953-1974)

N<sub>spt</sub> -> E' MODULO DI DEFORMAZIONE DRENATO (Terreni granulari) - D'APPOLONIA e altri (1970)

N<sub>spt</sub> -> Cu COESIONE NON DRENATA (Terreni coesivi) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

N<sub>spt</sub> -> 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]

R<sub>pd</sub> -> 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 : (Amax/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)	Descrizione
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 cm <sup>2</sup>	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**

<b>DIN</b>	<b>PSD.1</b>
referimento	<b>211124A</b>
certificato n°	DPSH162/21

Committente: <b>Comune di Campo nell'Elba</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: 24/11/2021
Cantiere: <b>Indagini geognostiche ampliamento Cimitero della Lecciola</b>	Pagina: 1	Data certificato: 25/11/2021
Località: <b>Marina di Campo - Campo nell'Elba (LI)</b>	Elaborato:	Quota ass.: piano campagna Falda: Assente

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm <sup>2</sup>	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm <sup>2</sup>
0.20	1	0		0.0					
0.40	1	0		0.0					
0.60	2	0		0.0					
0.80	2	0		0.0					
<b>1.00</b>	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					
<b>2.00</b>	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)

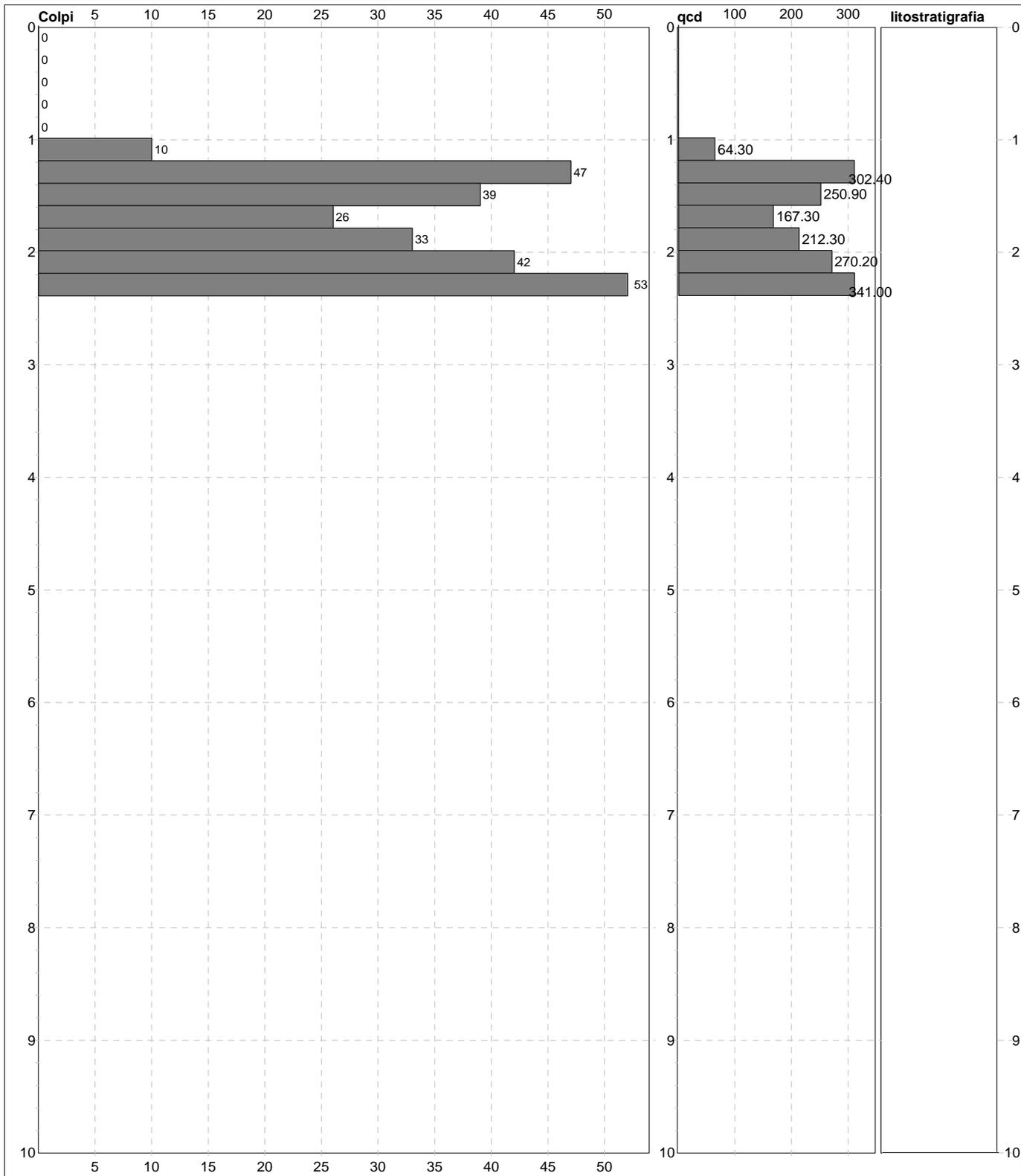
qcd = resistenza dinamica punta  
Asta = numero di asta impiegata

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA**

<b>DIN</b>	<b>PSD.1</b>
referimento	<b>211124A</b>
certificato n°	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/cm<sup>2</sup>**    Data eseg.: 24/11/2021  
Scala: 1:50    Data certificato: 25/11/2021  
Pagina: 1    Quota ass.: piano campagna  
Elaborato:    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**

<b>DIN</b>	<b>PSD.1</b>
referimento	<b>211124A</b>
certificato n°	DPSH162/21

Committente: <b>Comune di Campo nell'Elba</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: 24/11/2021
Cantiere: <b>Indagini geognostiche ampliamento Cimitero della Lecciola</b>	Pagina: 1	Data certificato: 25/11/2021
Località: <b>Marina di Campo - Campo nell'Elba (LI)</b>	Elaborato:	Quota ass.: piano campagna
		Falda: Assente

**PARAMETRI GENERALI**

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	$\beta$ -	Nspt colpi	rp kg/cm <sup>2</sup>	qc kg/cm <sup>2</sup>	Vs m/sec	G kg/cm <sup>2</sup>	Q kg/cm <sup>2</sup>	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/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>3</sup>	W %	e -	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	$\phi$ °	E' kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>3</sup>	Yd t/m <sup>3</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	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	---

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE**

<b>DIN</b>	<b>PSD.2</b>
referimento	<b>211124A</b>
certificato n°	DPSH163/21

Committente: <b>Comune di Campo nell'Elba</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: 24/11/2021
Cantiere: <b>Indagini geognostiche ampliamento Cimitero della Lecciola</b>	Pagina: 1	Data certificato: 25/11/2021
Località: <b>Marina di Campo - Campo nell'Elba (LI)</b>	Elaborato:	Quota ass.: piano campagna Falda: Assente

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm <sup>2</sup>	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm <sup>2</sup>
0.20	1	0		0.0					
0.40	1	0		0.0					
0.60	2	0		0.0					
0.80	2	0		0.0					
<b>1.00</b>	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					
<b>2.00</b>	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)

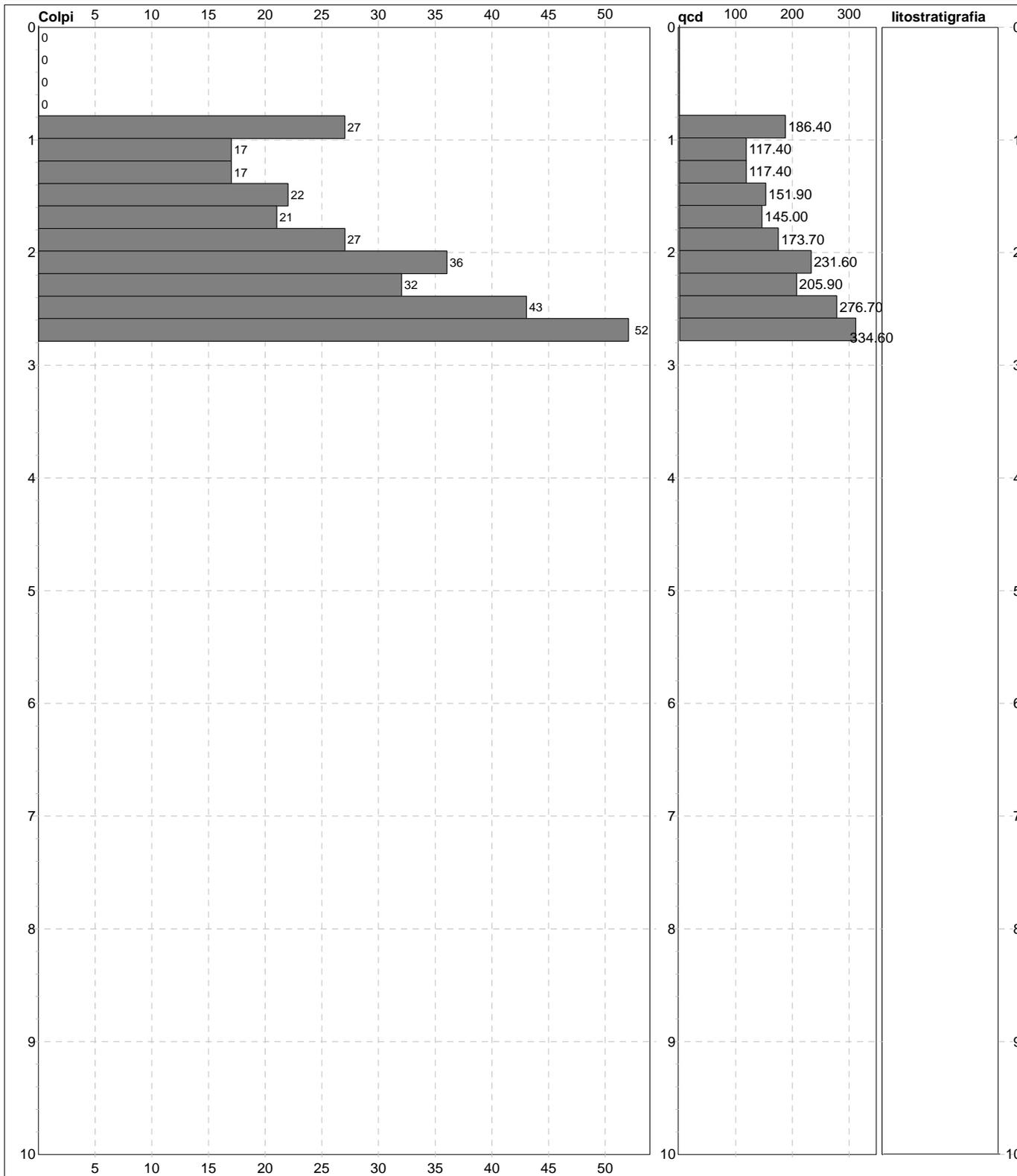
qcd = resistenza dinamica punta  
Asta = numero di asta impiegata

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA**

<b>DIN</b>	<b>PSD.2</b>
riferimento	<b>211124A</b>
certificato n°	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/cm<sup>2</sup>**    Data eseg.: 24/11/2021  
Scala: 1:50    Data certificato: 25/11/2021  
Pagina: 1    Quota ass.: piano campagna  
Elaborato:    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**

<b>DIN</b>	<b>PSD.2</b>
referimento	<b>211124A</b>
certificato n°	DPSH163/21

Committente: <b>Comune di Campo nell'Elba</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: 24/11/2021
Cantiere: <b>Indagini geognostiche ampliamento Cimitero della Lecciola</b>	Pagina: 1	Data certificato: 25/11/2021
Località: <b>Marina di Campo - Campo nell'Elba (LI)</b>	Elaborato:	Quota ass.: piano campagna
		Falda: Assente

**PARAMETRI GENERALI**

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	$\beta$ -	Nspt colpi	rp kg/cm <sup>2</sup>	qc kg/cm <sup>2</sup>	Vs m/sec	G kg/cm <sup>2</sup>	Q kg/cm <sup>2</sup>	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/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>3</sup>	W %	e -	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	$\phi$ °	E' kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>3</sup>	Yd t/m <sup>3</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	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	---

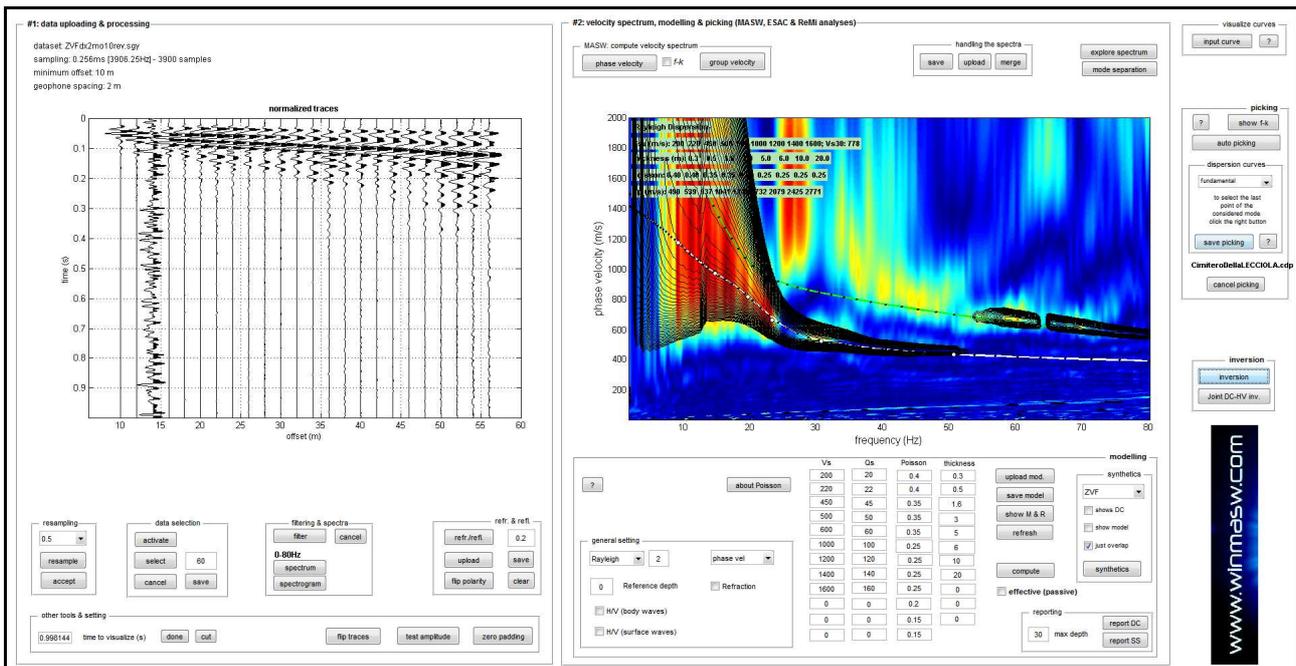
**Elaborati Grafici MASW  
"STR241121A - Onde di Rayleigh"**

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

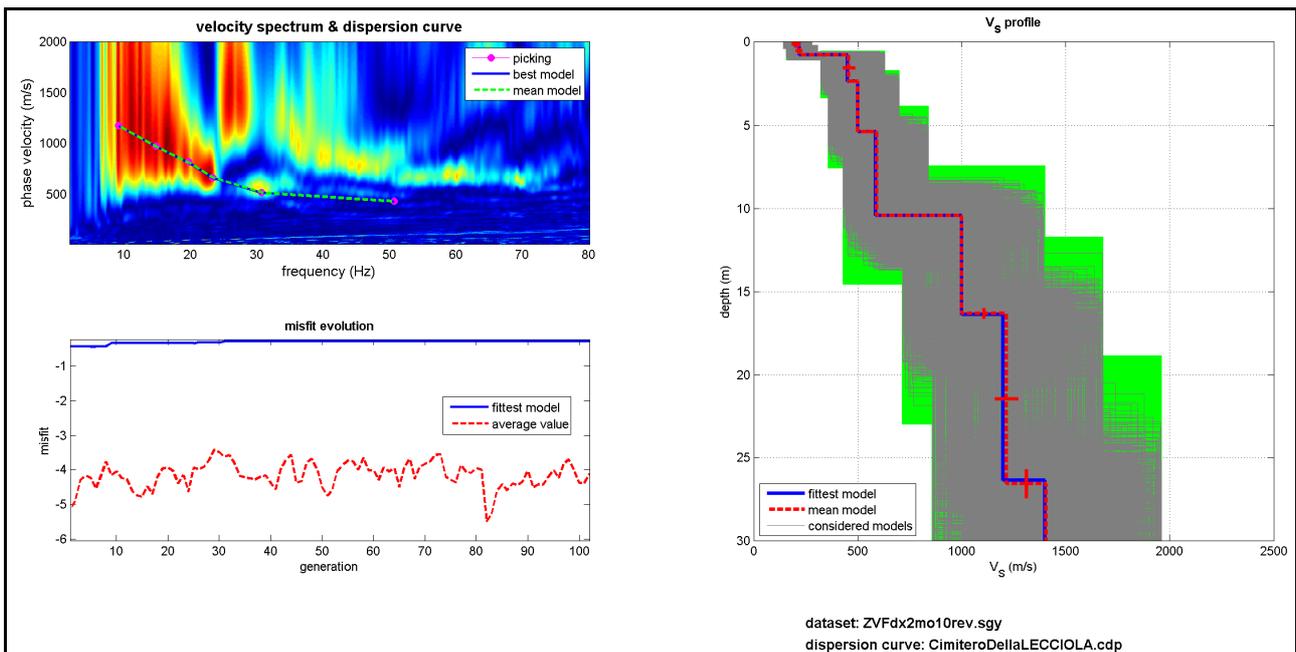
**MASW - STR2411A (Onde di Rayleigh)**  
**COMUNE DI CAMPO NELL'ELBA**  
**Ampliamento del Cimitero della Lecciola - Marina di Campo (LI)**

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

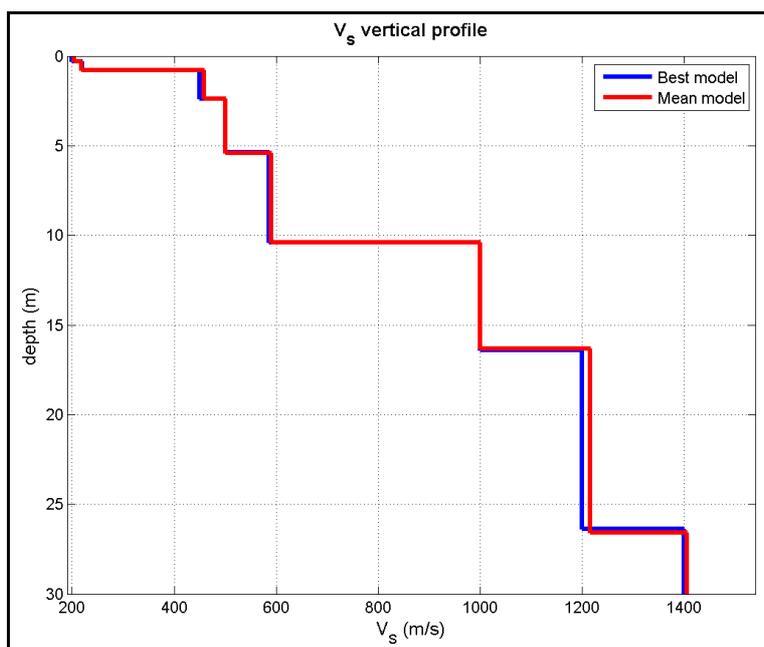


Fig.3: Profilo verticale Vs (Modello medio/Modello migliore)

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

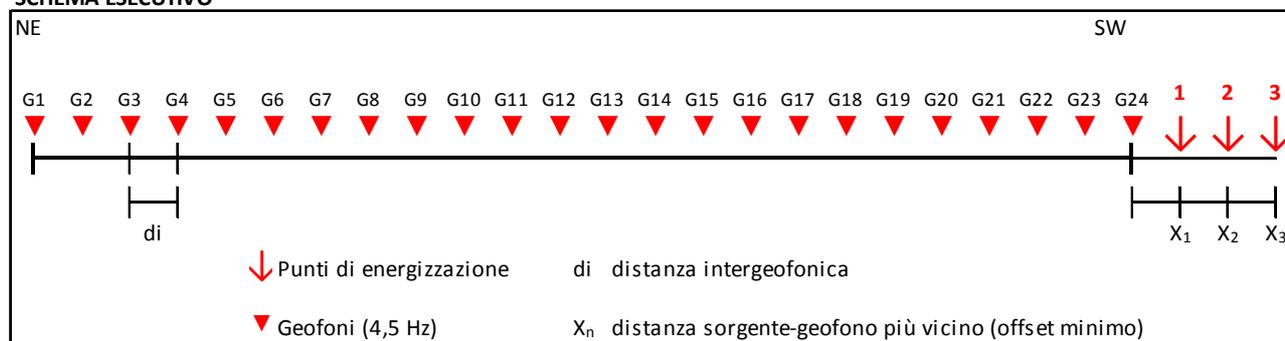
$\sum h_i/V_{s,i} = 0.0217$

$$V_{s,eq} = V_{s,30} = 10.4/0.0217 = 479 \text{ m/s}$$

**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 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".

### 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).

**bierregi s.r.l.**

INDAGINI GEOFISICHE  
GEOGNOSTICHE e GEOTECNICHE



OS 21  
OS 20- B

  
Presidenza del Consiglio Superiore  
dei Lavori Pubblici  
Servizio Tecnico Centrale  
Aut. n. :00007464

  
Cert. No. 98514-2011-AQ-  
ITA-ACCREDIA

**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

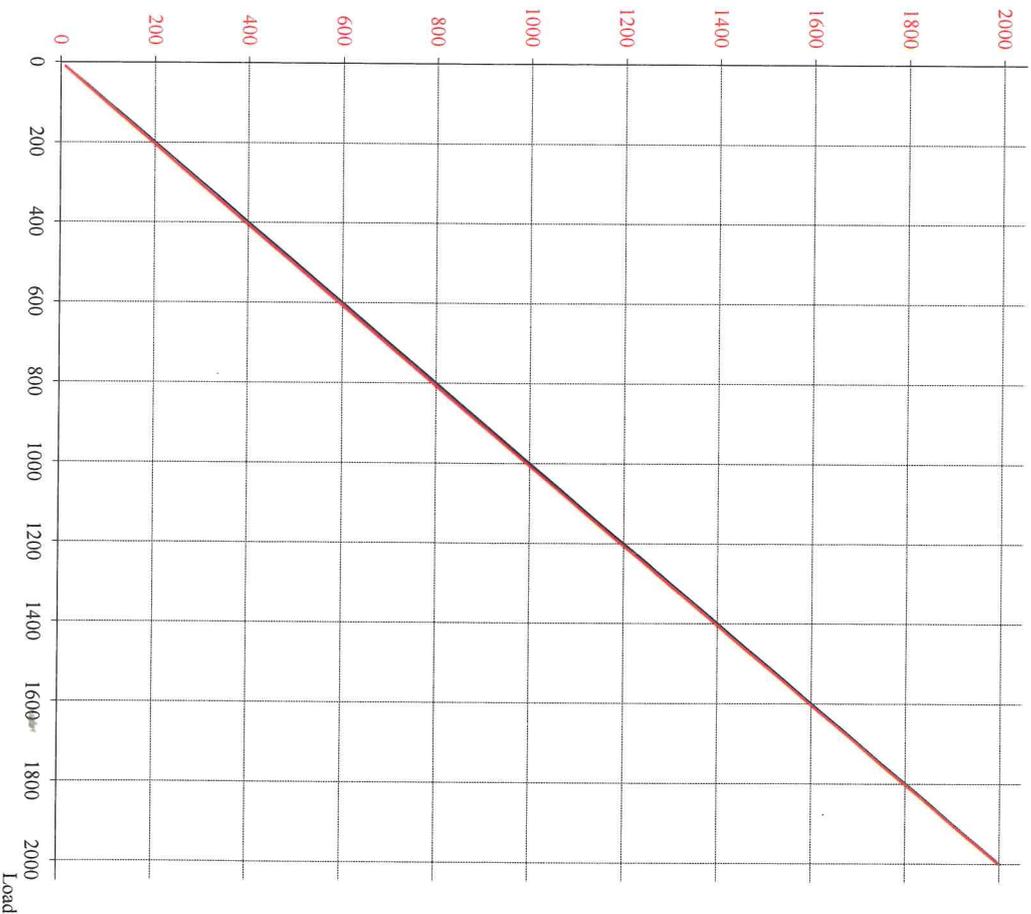
**Applied load measurement system:**  
(Sistema di rilevamento del carico applicato)

**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%

R e a d i n g s



Load	Readings
10	10
20	20
50	49
80	79
100	98
150	148
200	197
250	246
300	296
350	345
400	395
450	445
600	594
750	744
900	894
1100	1.094
1300	1.295
1500	1.497
1700	1.698
2000	1.999

Unit: kg x 10  
Ideal  
Diagram  
Readings  
Diagram

System calibrated by:

Date of calibration: 30/09/2021