

Dott. Geol. Stefania Costa
Via G. Doria, 41 – 19124 La Spezia
Cell.: 328 2253891
P.IVA 01081730119
C.F.: CST SFN 67S54 E463Z

Relazione geologica ed idrogeologica dei terreni sede del Cantiere Navale Intermarine S.p.A. sito in Via Alta, 100 in loc. Cà del Sale, nel Comune di Sarzana (SP).

Committente: Intermarine S.p.A.



La Spezia, 21/10/2019

PREMESSA

La presente indagine ha lo scopo di determinare la situazione geologica locale, la definizione delle condizioni idrogeologiche e la valutazione delle caratteristiche geotecniche del terreno sede del Cantiere Navale Intermarine sito in Via Alta, 100 in loc. Cà del Sale, nel Comune di Sarzana (SP), in ottemperanza alla seguente normativa:

- Decreto ministeriale 17.01.2018 – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”.

La relazione geologica ed idrogeologica è richiesta dalla Provincia della Spezia – Ufficio AIA ed AUA – per l’ottenimento della Autorizzazione Integrata Ambientale (D.lgs. 152/2006 come modificato dal D.lgs. 46/2014).

La conoscenza delle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche di un sito sono infatti indispensabili per la valutazione di potenziali impatti sul suolo e sulle acque di sostanze pericolose eventualmente presenti nel sito in esame.

Le coordinate del sito di intervento sono date dalla latitudine 44,074684 e dalla longitudine 9,982621.

L’indagine è stata così articolata:

- ricerca dei dati bibliografici esistenti;
- sopralluogo dell’area d’indagine;
- rilievo geologico, geomorfologico ed idrogeologico.

Allegati:

- ♣ Carta di ubicazione alla scala 1:5.000;
- ♣ Carta geologica alla scala 1:5.000;
- ♣ Carta idrogeologica alla scala 1:5.000;
- ♣ Planimetria alla scala 1:750;
- ♣ Sezione geologica alla scala 1:200.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'evoluzione geomorfologica che ha interessato il Fiume Magra nel tempo risulta essere notevolmente complessa specialmente nel suo tratto terminale. Lungo il tratto focivo, sede del cantiere navale, diminuisce l'energia del fiume e prevale quindi il trasporto e la sedimentazione rispetto all'erosione: il fiume scorre sinuoso formando nel suo letto anche piccole isole fluviali.

Lungo le sponde del fiume sono inoltre presenti diversi interventi antropici finalizzati alla navigazione e alla difesa delle aree fluviali.

Dalle indagini geognostiche effettuate nel tempo all'interno del cantiere navale è emersa la presenza di depositi eterogenei dove la granulometria dei sedimenti varia da medio fine, con presenza di sabbie limose e limi argillosi, a grossolana con presenza di sabbie ghiaiose con ciottoli.

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

I depositi alluvionali sono caratterizzati da materiali aventi granulometria molto variabile sia in senso verticale che orizzontale (dall'argilla alla ghiaia e ciottoli) in quanto depositati dal Fiume Magra nel corso di migliaia d'anni a seconda del tipo di ambiente in cui si trovava il corso d'acqua in quel momento (alveo, delta, meandro). Si possono ritrovare così, anche a breve distanza, sedimenti con caratteristiche geotecniche molto diverse.

Nei depositi di bassa energia, caratterizzati da sedimenti fini come limi e argille avremo una bassa permeabilità mentre nei depositi di alta energia, caratterizzati da sedimenti grossolani come sabbie, ghiaie e ciottoli, avremo una permeabilità alta per porosità.

Dalla prova penetrometrica dinamica super pesante effettuata nel giugno 2009 e dai sondaggi a carotaggio continuo effettuati negli anni precedenti dal Dott. Geol. Jacopo De Nobili e consegnatemi dalla Committenza, la falda freatica risultava ad una profondità di circa – 3-4 m dal piano di campagna; tale profondità è legata alle variazioni del livello del F. Magra e può quindi raggiungere il piano di campagna stesso e superarlo durante le piene.

Il cantiere navale rientra quasi totalmente (99,84%), secondo il Piano di Bacino del Fiume Magra, in area PI4, ovvero area inondabile con tempi

di ritorno di $T = 30$ anni a maggiore pericolosità relativa ed in minima parte (0,16%) in area PI3b con tempi di ritorno di $T=200$ anni a minor pericolosità relativa.

L'area in esame presenta, quindi, un grado di pericolosità elevato – molto elevato (area inondabile con $T_r=30$ anni); la carta dei battenti idrici massimi rileva un battente idrico da 2 a 4 m, mentre la carta delle velocità simultanee ai battenti idrici massimi evidenzia una velocità della corrente velocità tra $> 0,50$ e 1 m/s.

In prossimità della sponda del fiume è stata effettuata una prova penetrometrica dinamica superpesante DPSH la quale ha individuato un terreno sabbioso limoso con angoli di attrito variabili da 25° a 28° (vedere stratigrafia più dettagliata nel capitolo successivo). Sono stati utilizzati anche n. 3 sondaggi geognostici effettuati nell'area per un precedente lavoro (aprile 2005) dal Dott. Geol. Iacopo De Nobili e consegnatami dalla Committenza. Nei sondaggi a carotaggio oltre al prelievo delle carote sono state effettuate prove di laboratorio (prove di taglio diretto CD) e prove SPT in foro.

Come si può osservare dai risultati ottenuti, nello strato denominato dal Geol. De Nobili con la sigla E, che si trova ad una profondità che va da -13 m a -20 m dal piazzale, le prove di taglio diretto CD effettuate nel sondaggio S2 hanno individuato dei sedimenti con angolo di attrito variabile da $28,7^\circ$ a $31,4^\circ$ e Coesione variabile da 7,24 KPa a 4,46 KPa mentre le prove SPT effettuate nello stesso strato indicano un terreno molto scadente con angoli di attrito variabili da 18° a 20° . Questa diversità tra i due valori potrebbe attribuirsi ad una errata esecuzione delle prove SPT in foro o ad una estrema variabilità dei sedimenti.

Per la profondità del letto del fiume riportata nella sezione geologica allegata si è utilizzata la carta batimetrica eseguita da Geocoste snc e consegnatami dalla Committenza.

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO

Per determinare le caratteristiche geotecniche del terreno in prossimità del bacino di carenaggio è stata effettuata n. 1 prova penetrometrica dinamica superpesante DPSH.

La prova ha dato la seguente stratigrafia:

Prova DPSH1

da - 0,0 a - 0,3 m : Asfalto piazzale e terreno di riporto di composizione assimilabile ad una ghiaia sabbiosa moderatamente addensata.

ϕ (angolo di attrito interno): 32°

γ (peso di volume del terreno): 1,80 T/mc

C (coesione): 0 kg/cmq (precauzionalmente)

da - 0,3 a - 3,2 m : terreno di composizione assimilabile ad una sabbia limosa poco addensata.

ϕ (angolo di attrito interno): 24°

γ (peso di volume del terreno): 1,70 T/mc

C (coesione): 0 kg/cmq (precauzionalmente)

da - 9,4 a - 11,2 m : terreno di composizione assimilabile ad una sabbia limosa moderatamente addensata.

ϕ (angolo di attrito interno): 28°

γ (peso di volume del terreno): 1,70 T/mc

C (coesione): 0 kg/cmq (precauzionalmente)

da - 11,2 a - 13 m : terreno di composizione assimilabile ad una sabbia limosa poco addensata.

ϕ (angolo di attrito interno): 25°

γ (peso di volume del terreno): 1,70 T/mc

C (coesione): 0 kg/cmq (precauzionalmente)

da - 13 a - 14,8 m : terreno di composizione assimilabile ad una sabbia limosa moderatamente addensata.

ϕ (angolo di attrito interno): 28°

γ (peso di volume del terreno): 1,70 T/mc

C (coesione): 0 kg/cmq (precauzionalmente)

da - 14,8 a - 21,2 m : terreno di composizione assimilabile ad una sabbia limosa moderatamente addensata.

ϕ (angolo di attrito interno): 31°

γ (peso di volume del terreno): 1,80 T/mc

C (coesione): 0 kg/cmq (precauzionalmente)

Falda a – 3,9 m da p.c.

I parametri geotecnici ottenuti dalla prova penetrometrica sono stati elaborati con il programma Dynamic Probing della GeoStru Software House e riportati in allegato.

VALUTAZIONI SISMICHE

Per determinare la classe sismica dell'area è stata utilizzata una stesa sismica masw, effettuata in un'area adiacente (per l'ubicazione vedere la carta geologica allegata), la quale è stata interpretata secondo il D.M. 17/01/2018.

1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....	12
Distanza tra i sensori:.....	1.5m
Numero di campioni temporali	2000
Passo temporale di acquisizione	2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi	12
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....	0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a	3998ms

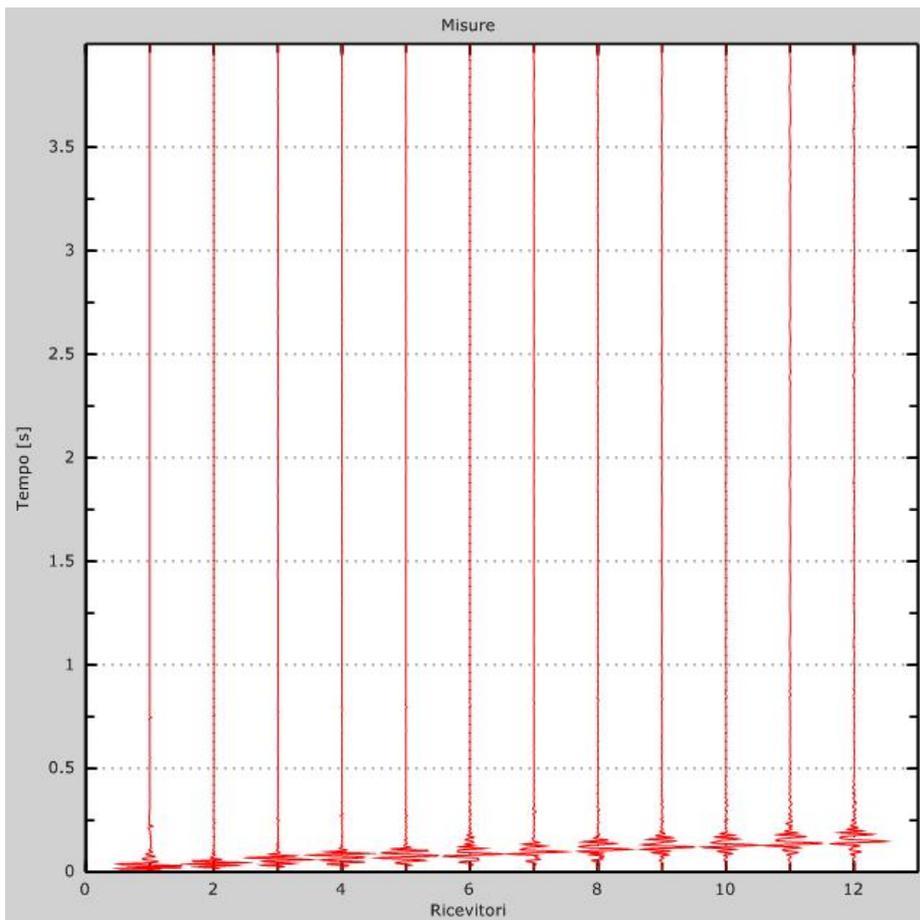


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale 50Hz
Frequenza iniziale..... 2Hz

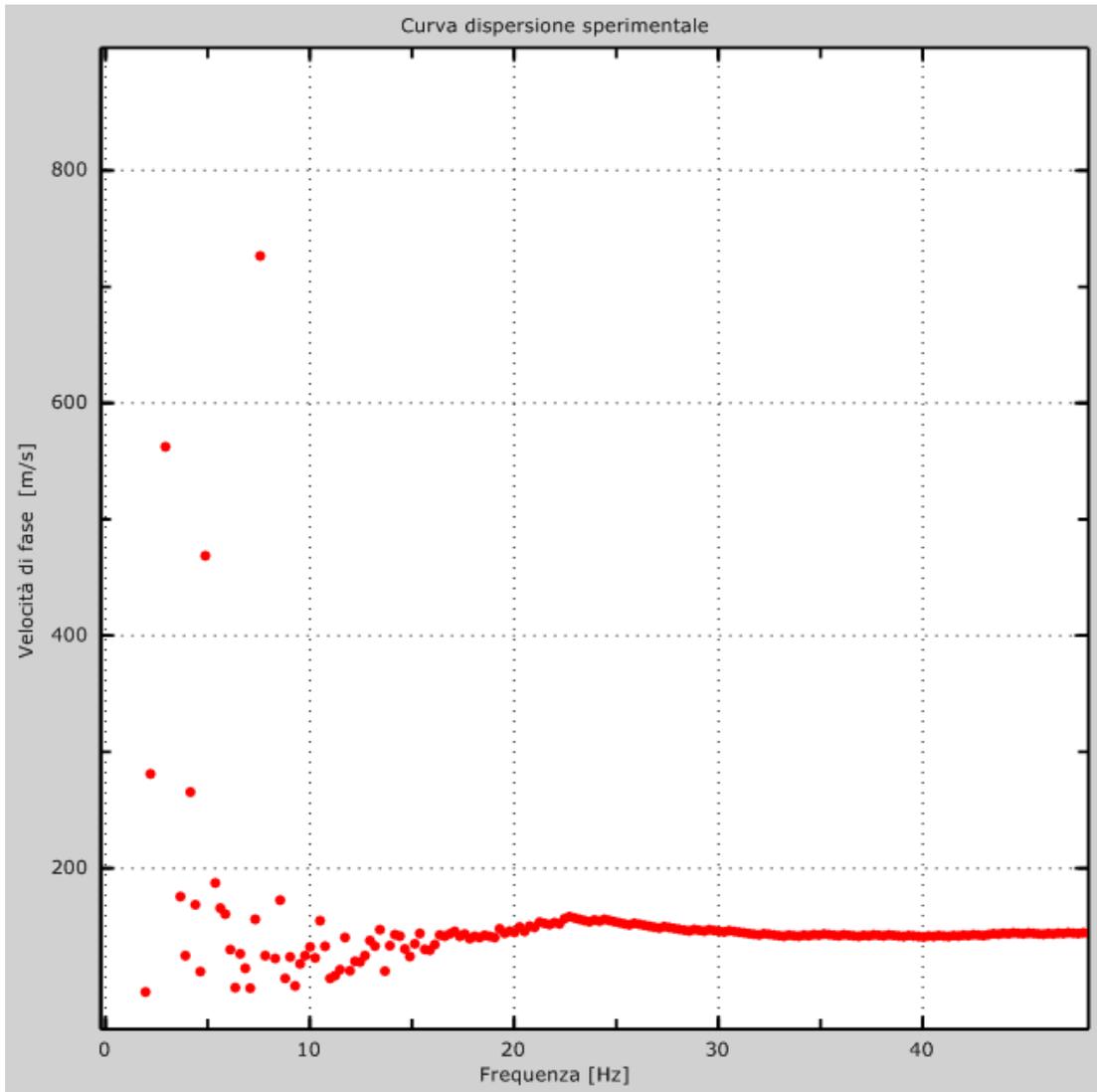


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
3.56896	148.168	64.1066	232.229
5.4684	145.218	75.9046	214.532
7.9265	137.844	83.2784	192.41
9.93767	134.895	95.0764	174.713
12.2282	134.895	99.5007	170.289
14.4069	140.794	112.774	168.814
16.6975	143.743	128.996	158.491
18.8721	141.268	127.142	155.395
21.2891	153.669	138.302	169.036
23.7061	154.29	138.861	169.719
26.123	151.989	136.79	167.188
28.54	146.321	131.689	160.953
30.957	145.325	130.793	159.858
33.374	142.396	128.156	156.635
35.791	142.276	128.048	156.504
38.208	142.445	128.201	156.69
40.625	141.818	127.636	156
43.042	142.484	128.235	156.732
45.459	144.029	129.626	158.432
47.876	144.645	130.181	159.11

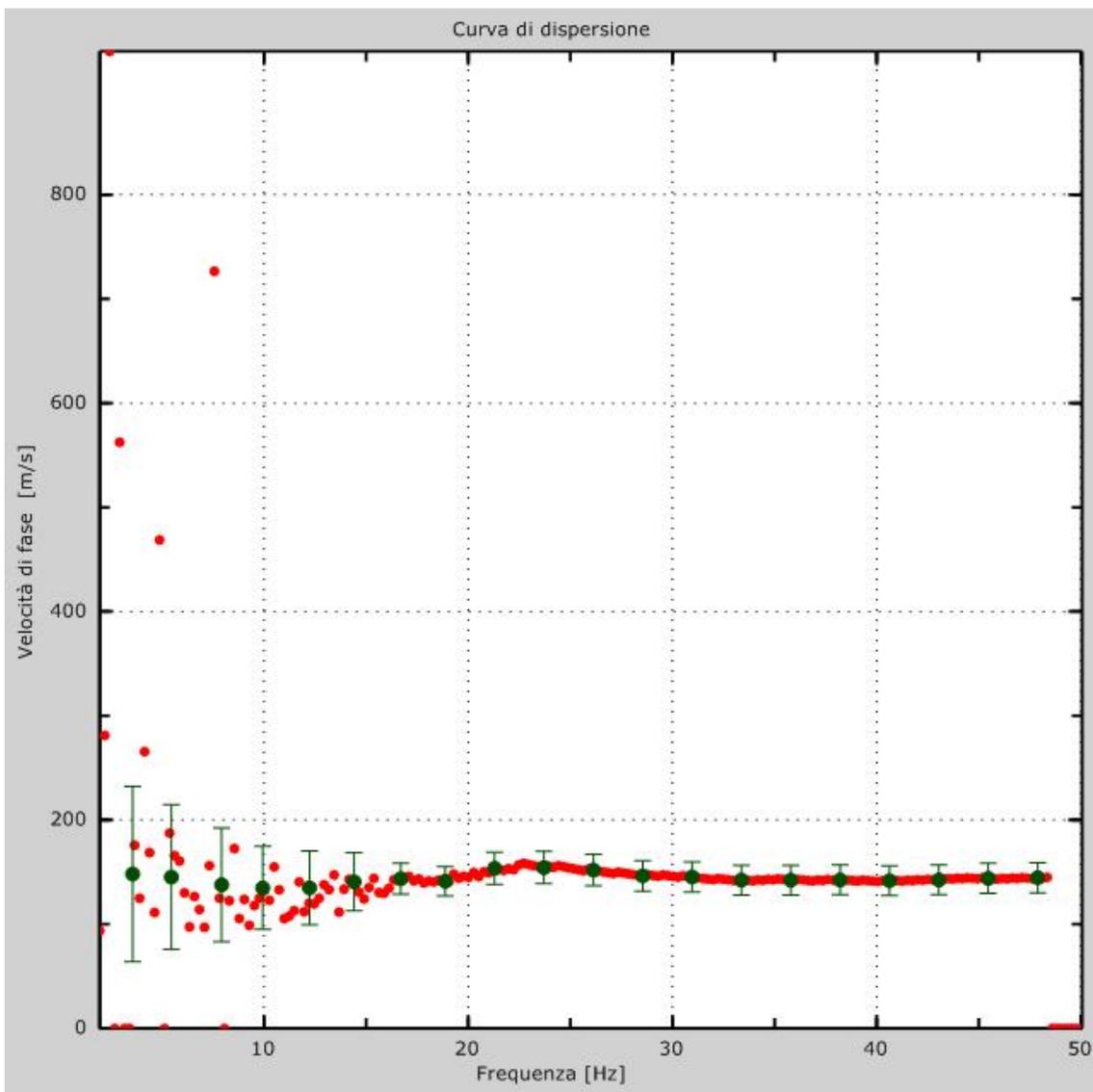


Figura 3: Curva di dispersione

4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio).....	4
Spaziatura ricevitori [m]	1.5m
Numero ricevitori.....	12

Strato 1

h [m].....	2
z [m].....	-2
Vs [m/s].....	153

Strato 2

h [m].....	3
z [m].....	-5
Vs [m/s].....	160

Strato 3

h [m].....	3
z [m].....	-8
Vs [m/s].....	161

Strato 4

h [m].....	0
z [m].....	-00
Vs [m/s].....	165

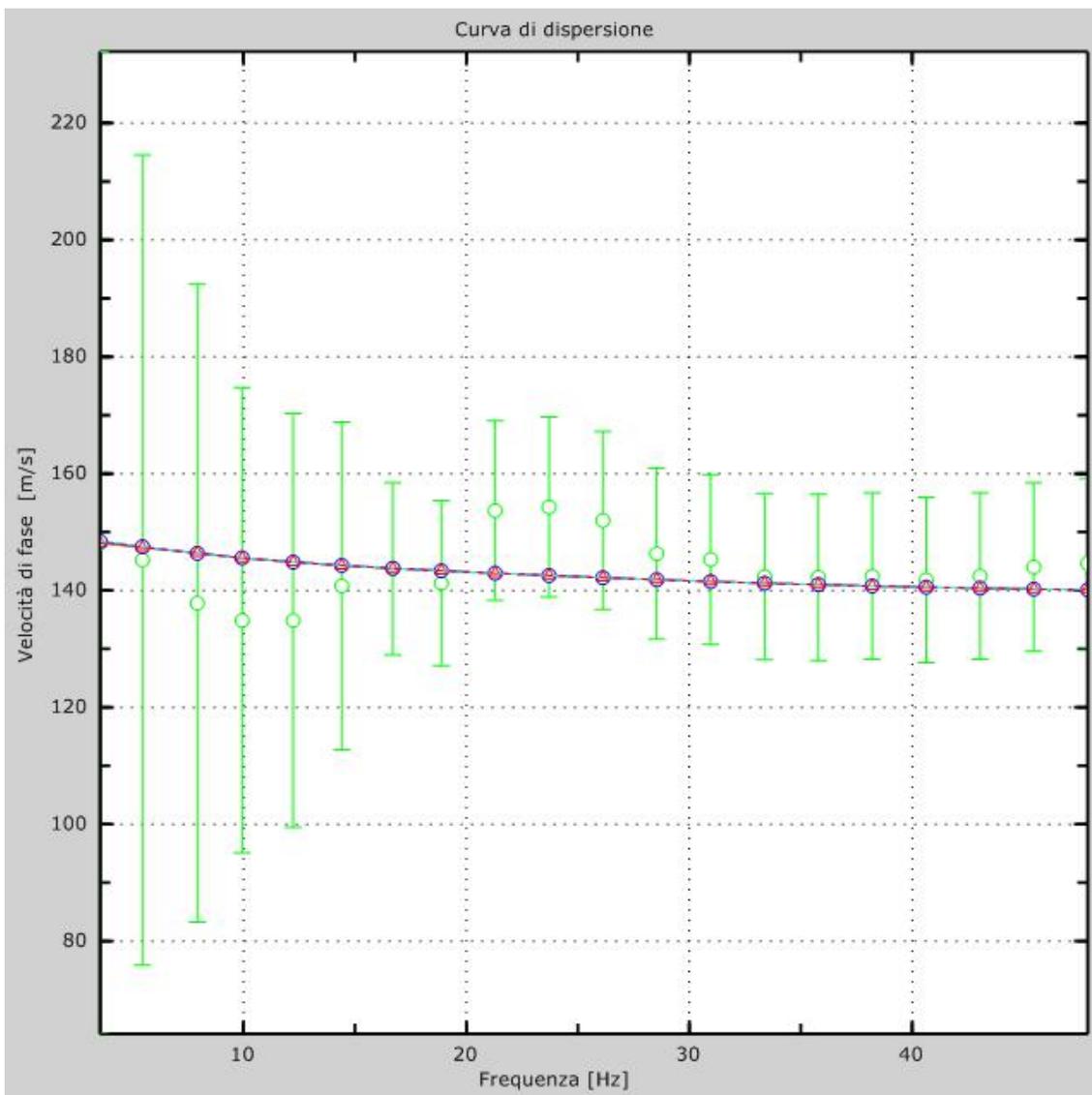


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

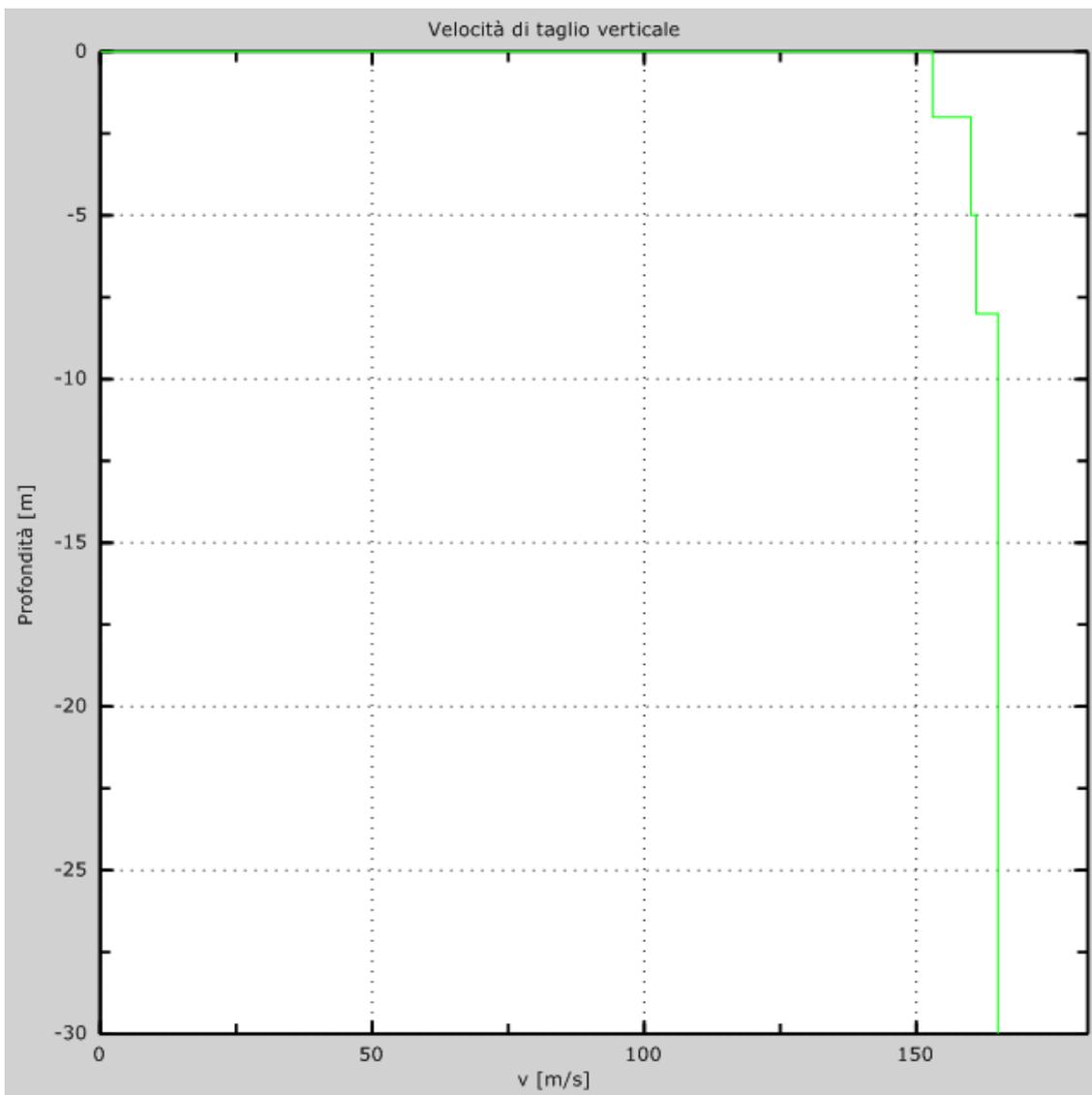


Figura 5: Profilo Vs numerico

5 - Risultati finali

Estratto dal D.M. 17/01/2018

3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .

I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

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:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.2]$$

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 le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

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.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'uso 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 <i>velocità equivalente</i> compresi tra 360 m/s e 800 m/s
C	Depositati 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 <i>velocità equivalente</i> compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositati 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 <i>velocità equivalente</i> compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di <i>velocità equivalente</i> riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Piano di riferimento z=0 [m] 0

V_{s,eq} [m/s] 163

La normativa applicata è il DM 14 gennaio 2008

Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1 (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).

Tipo di suolo D

ANALISI HVSR

Al fine di stimare la presenza di una eventuale frequenza di risonanza di sito è stata effettuata una misura di microtremore atta ad analizzare il rapporto spettrale HVSR (Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio).

L'acquisizione è stata effettuata con l'utilizzo del geofono triassiale GEOBOX della SARA Electronic Instruments mentre le analisi con il software GeoExplorer HVSR.

Per la stima del periodo di risonanza è stato definito il rapporto H/V presso il sito in esame e i cui risultati sono di seguito riportati.

STATION INFORMATION

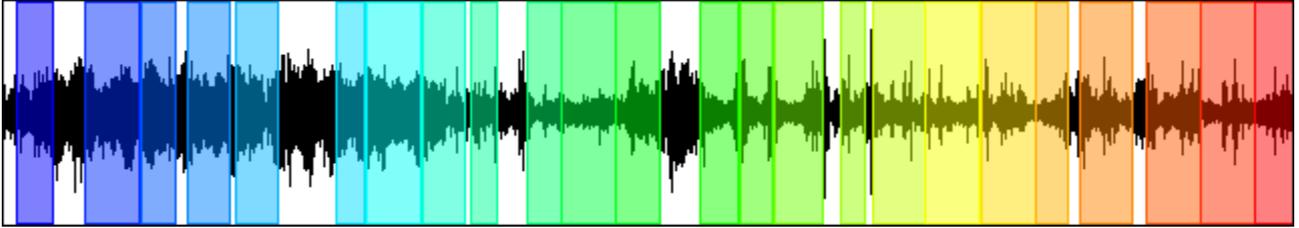
Model: SARA GEOBOX
Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz
Recording start time: 2018/12/09 11:42:34
Recording length: 20 min
Windows count: 24
Average windows length: 39.89
Signal coverage: 79.78%

20803 Counts

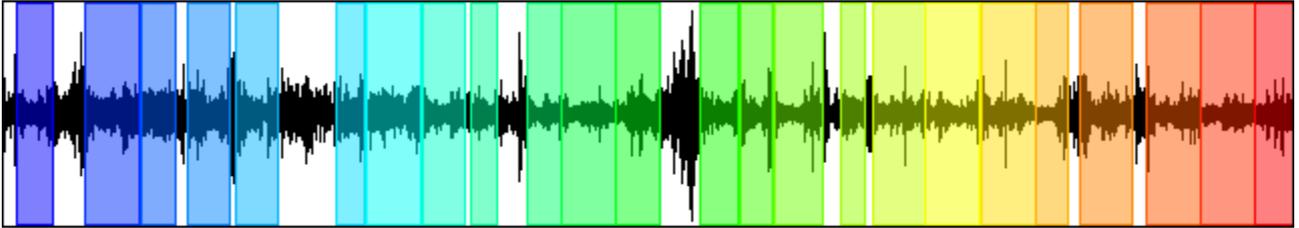
CHANNEL #1 [V]



-20673 Counts

CHANNEL #2 [N]

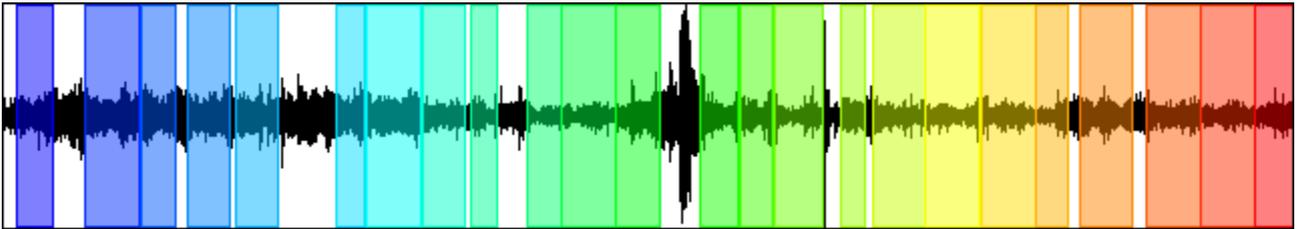
17513 Counts



-18738 Counts

CHANNEL #3 [E]

18293 Counts



-18148 Counts

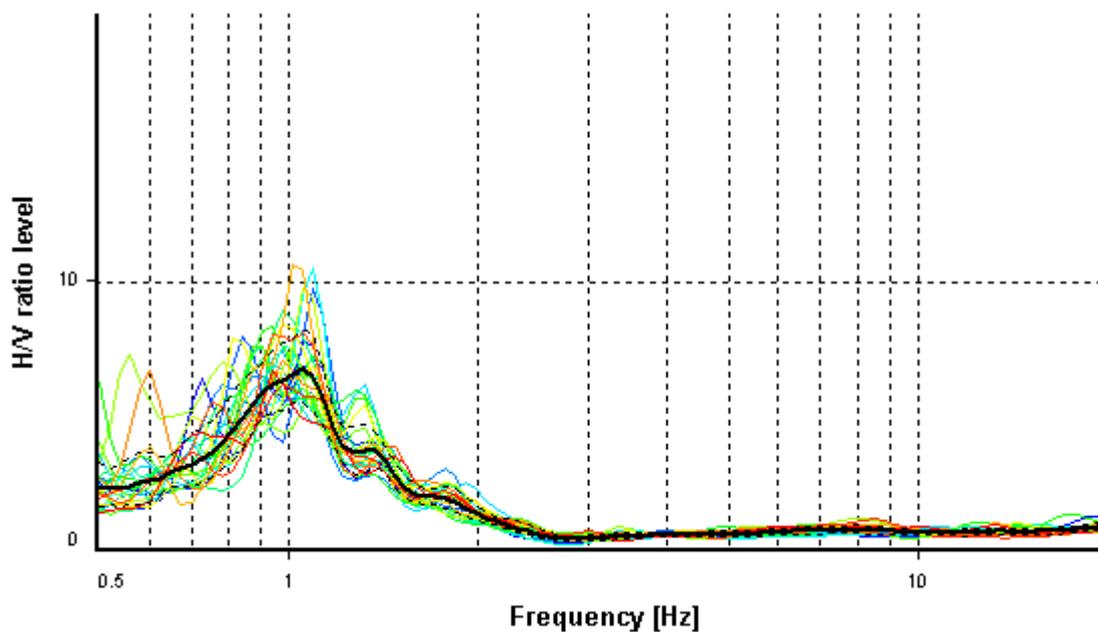
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

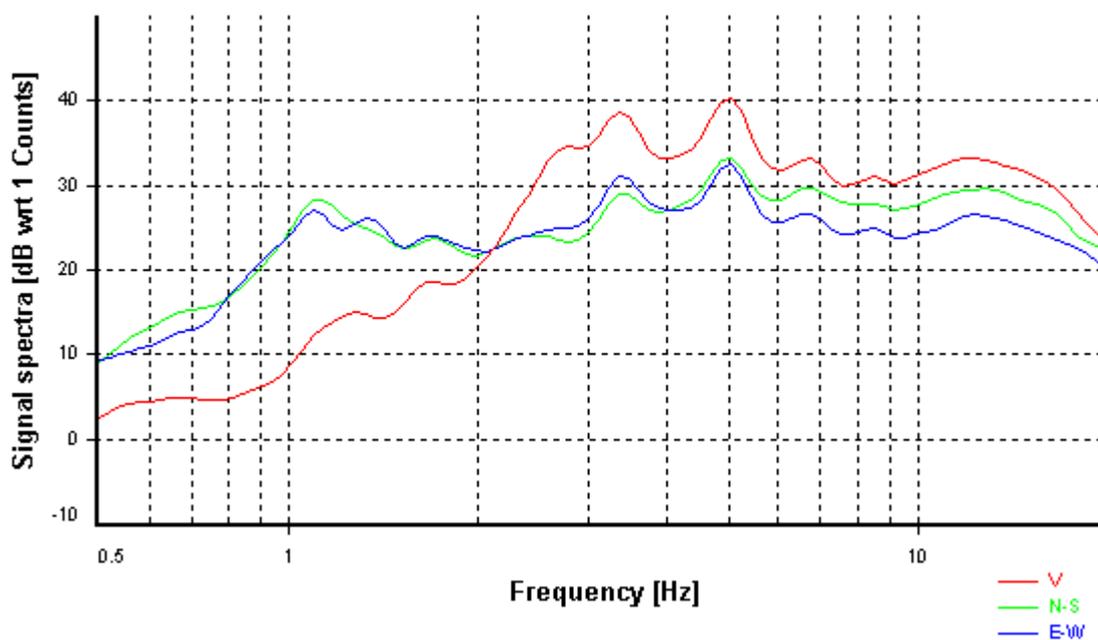
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

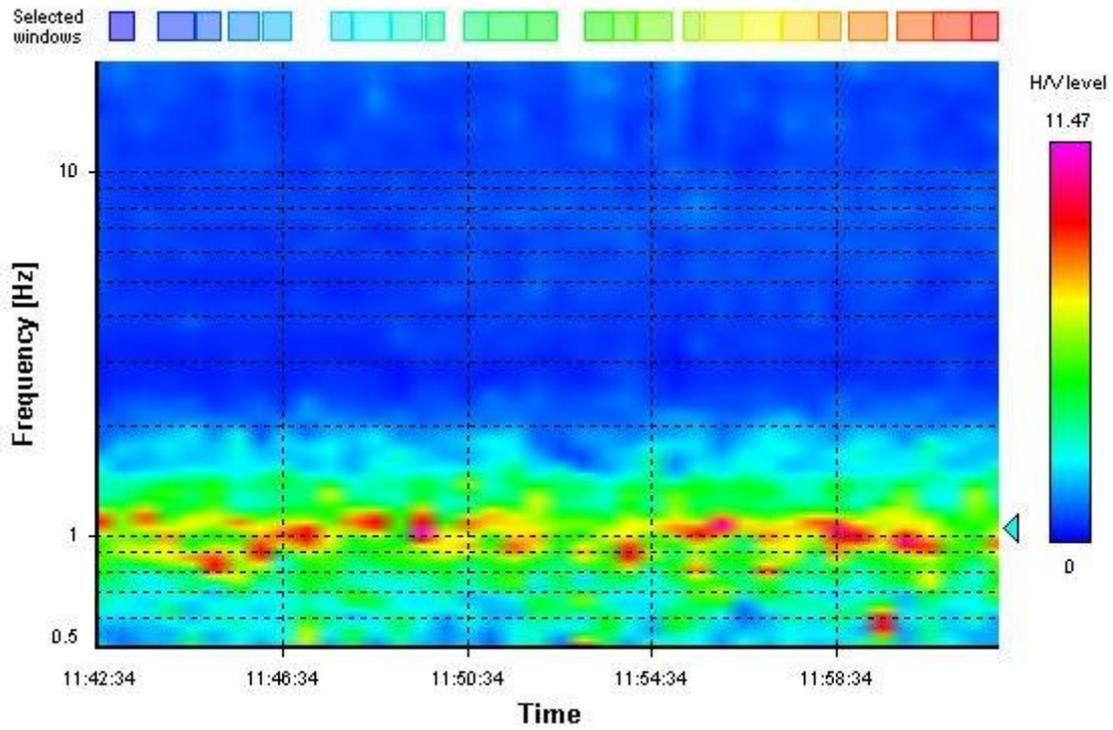
HVSR average



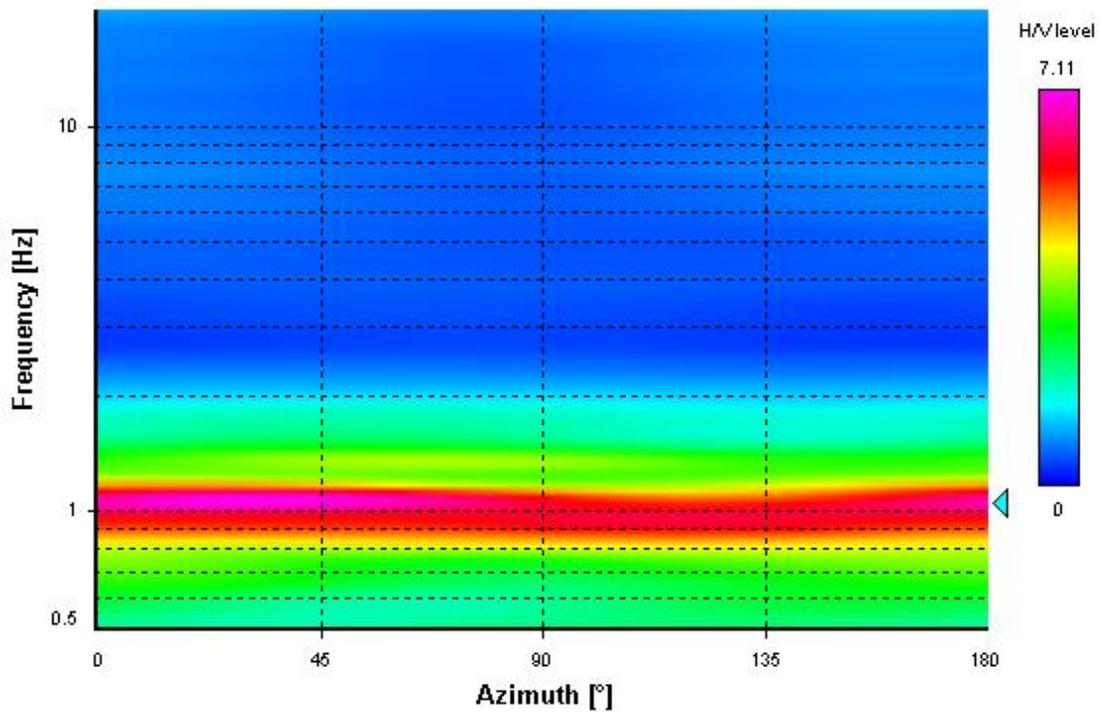
Signal spectra



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



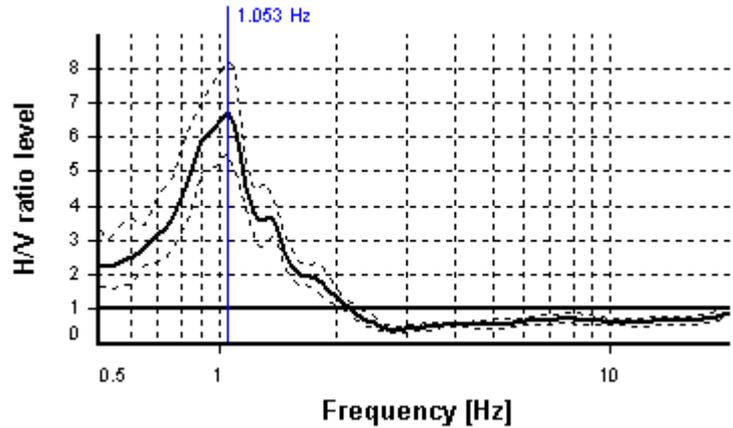
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

1.053 Hz

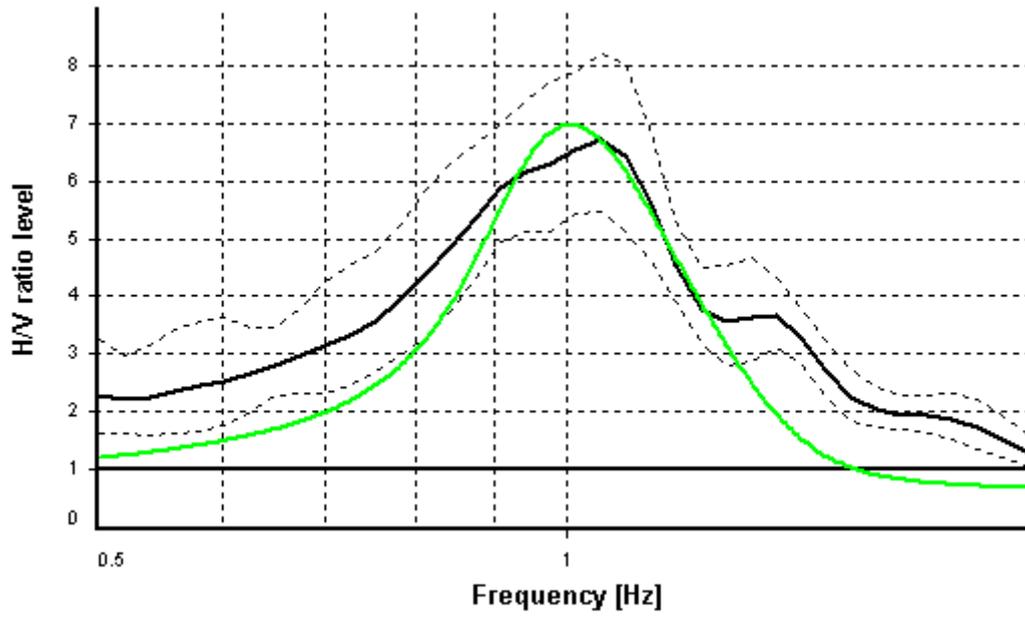
A_0 amplitude = 6.709

Average $f_0 = 1.018 \pm 0.085$



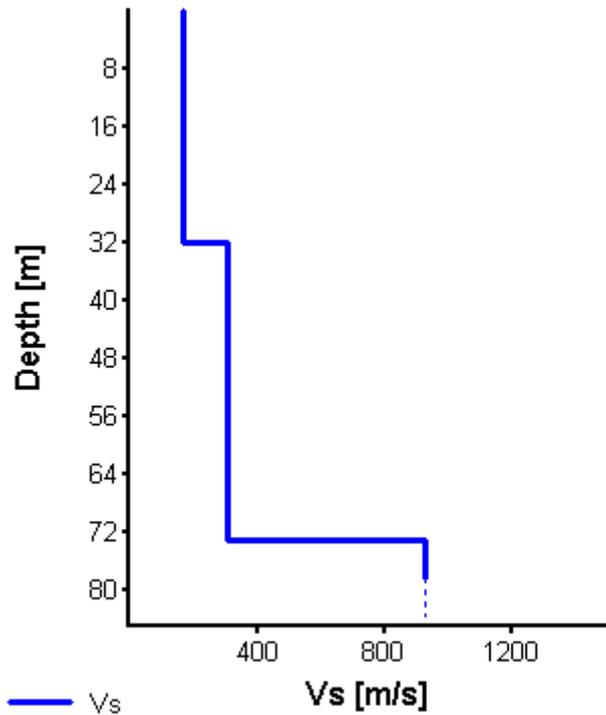
HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	24 valid windows (length > 9.49 s) out of 24	OK
$n_c(f_0) > 200$	1008.54 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.72576 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.41931 Hz	OK
$A_0 > 2$	6.71 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.0846 < 0.10535	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.22533 < 1.78	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling



EXPERIMENTAL HVSR
SYNTHETIC HVSR

H [m]	D [m]	Vs [m/s]
32	32	166
41	73	305
-	> 73	930



Vs,eq = 166 m/s (Offset = 0 m)

L'analisi dei microtremori ha consentito di identificare una possibile frequenza di risonanza a circa 1,053 Hz, da mettere presumibilmente in relazione con un contrasto di impedenza di taglio ad una profondità stimata a circa 73 m.

PARAMETRI SISMICI

Per la valutazione dell'azione sismica del sito in esame vengono di seguito riportati i parametri ed i coefficienti sismici:

Stabilità dei pendii e fondazioni

latitudine: 44,074684
 longitudine: 9,982621
 Classe: 2
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 18486 Lat: 44,0815 Lon: 9,9408 Distanza: 3427,635
 Sito 2 ID: 18487 Lat: 44,0836 Lon: 10,0103 Distanza: 2421,289

Sito 3 ID: 18709 Lat: 44,0336 Lon: 10,0132 Distanza: 5178,972
Sito 4 ID: 18708 Lat: 44,0315 Lon: 9,9437 Distanza: 5719,360

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: D
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,042 g
Fo: 2,520
Tc*: 0,228 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,053 g
Fo: 2,517
Tc*: 0,247 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,128 g
Fo: 2,415
Tc*: 0,292 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,165 g
Fo: 2,374
Tc*: 0,299 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,800
Cc: 2,620
St: 1,000
Kh: 0,015

Kv: 0,008
Amax: 0,744
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,800
Cc: 2,520
St: 1,000
Kh: 0,019
Kv: 0,009
Amax: 0,929
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,800
Cc: 2,320
St: 1,000
Kh: 0,055
Kv: 0,028
Amax: 2,256
Beta: 0,240

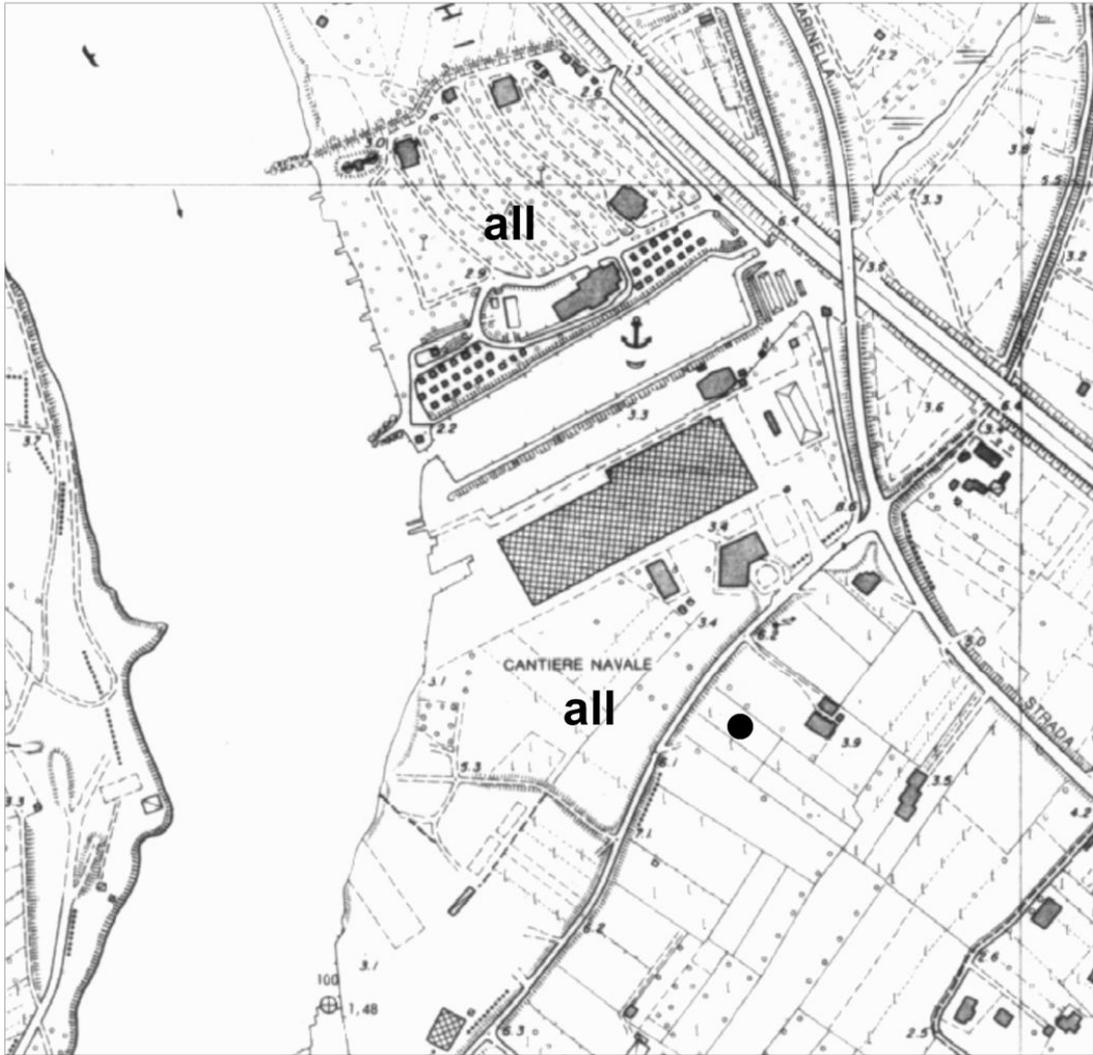
SLC:

Ss: 1,800
Cc: 2,290
St: 1,000
Kh: 0,071
Kv: 0,036
Amax: 2,918
Beta: 0,240

Il tecnico
Dott. Geol. Stefania Costa



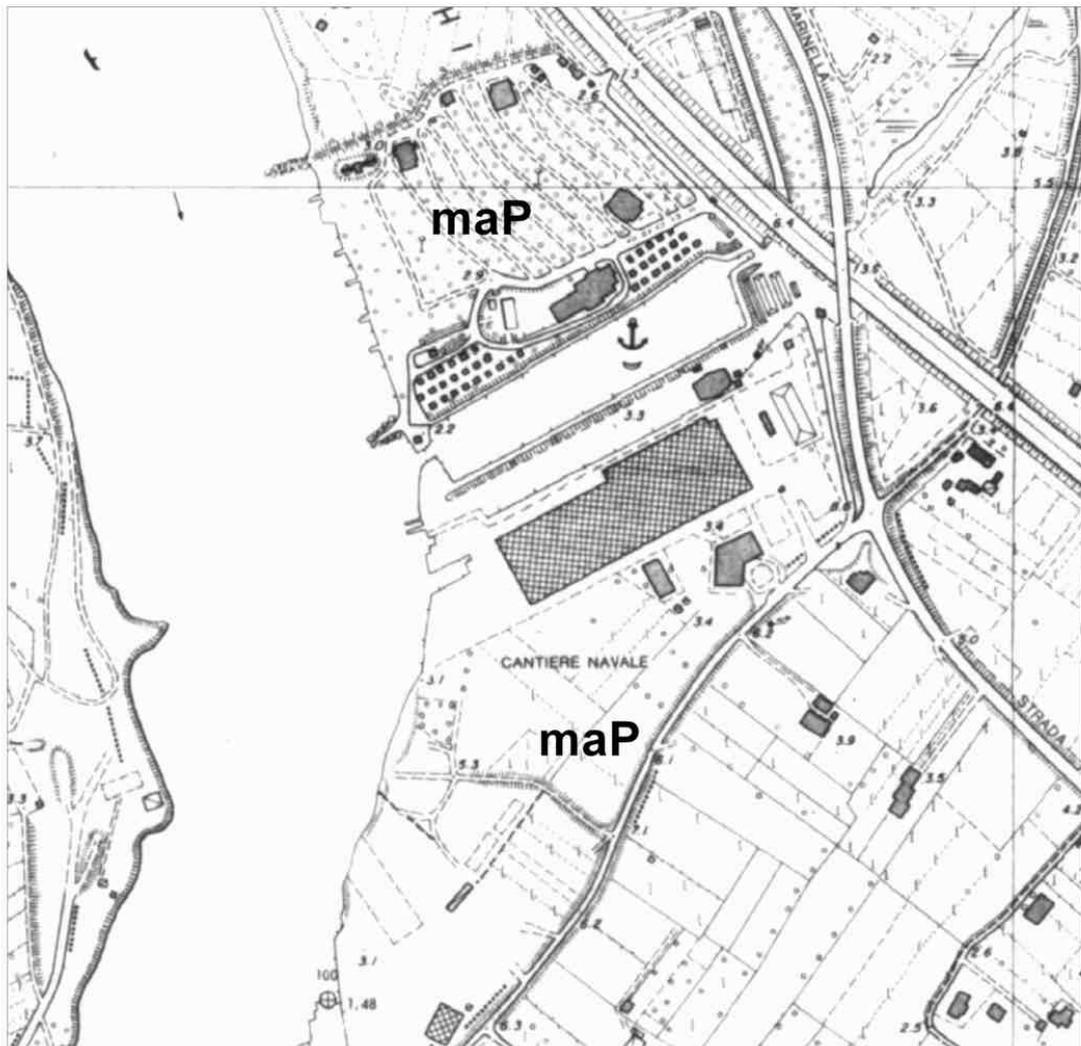
La Spezia, 21/10/2019



CARTA GEOLOGICA
SCALA 1:5000

- all Depositi alluvionali attuali e recenti

- Ubicazione masw e Analisi HVSAR



ALL. 3 - CARTA IDROGEOLOGICA
 SCALA 1:5000

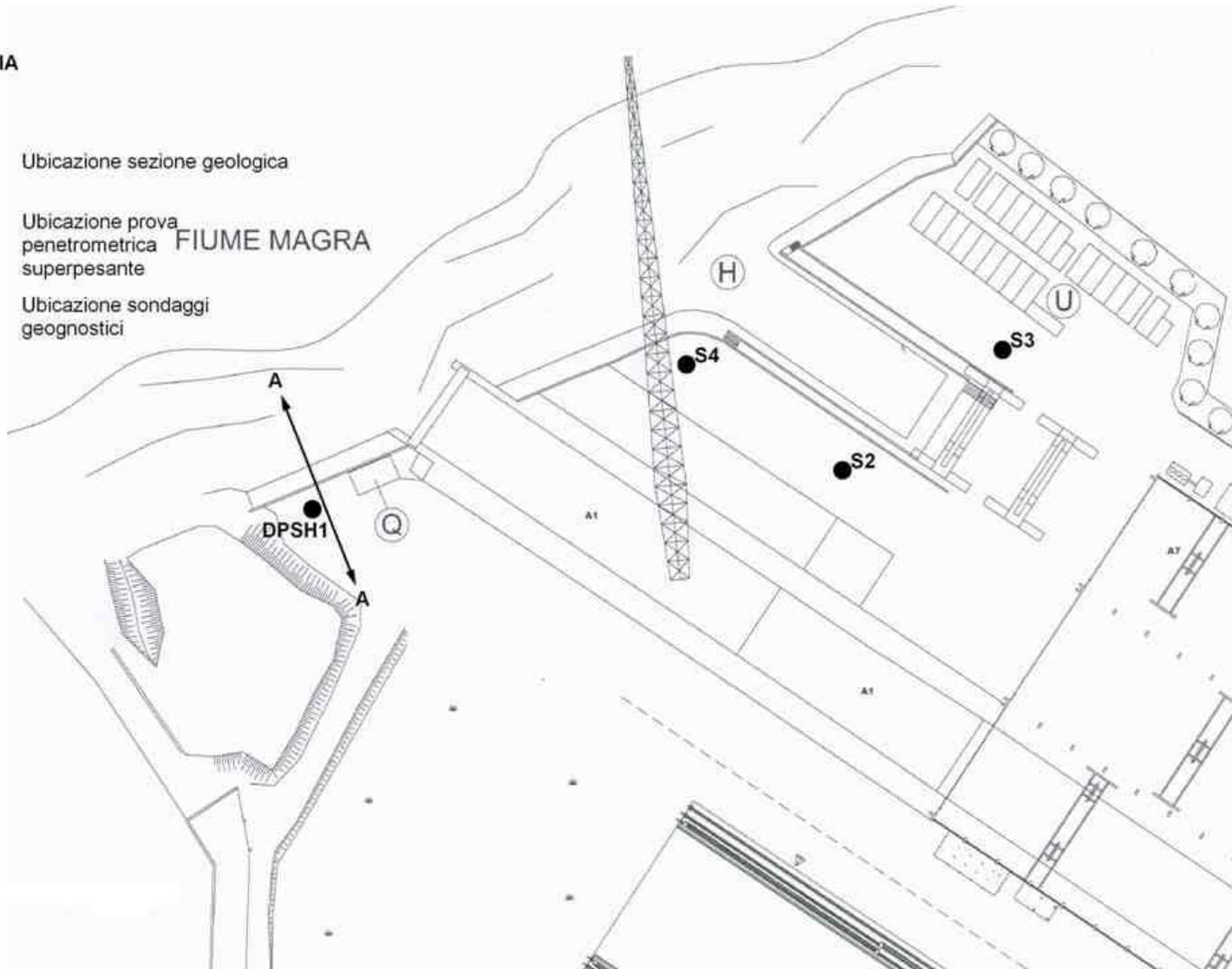
maP	Terreno a media alta permeabilità per porosità in funzione della granulometria dei sedimenti
-----	--

PLANIMETRIA
Scala 1:750

A ←→ A Ubicazione sezione geologica

● **DPSH1** Ubicazione prova
penetrometrica
superpesante

● **S4** Ubicazione sondaggi
geognostici



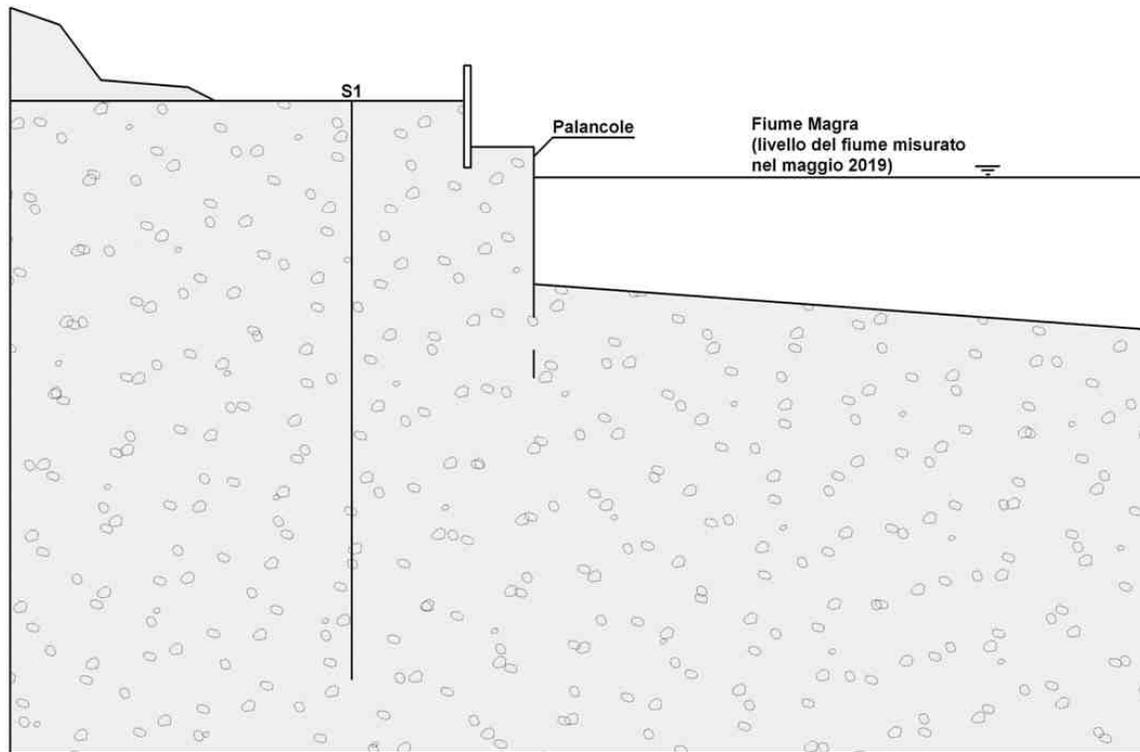
SEZIONE GEOLOGICA A - A
SCALA 1:200



Depositi alluvionali attuali e recenti

S1

Ubicazione prova penetrometrica

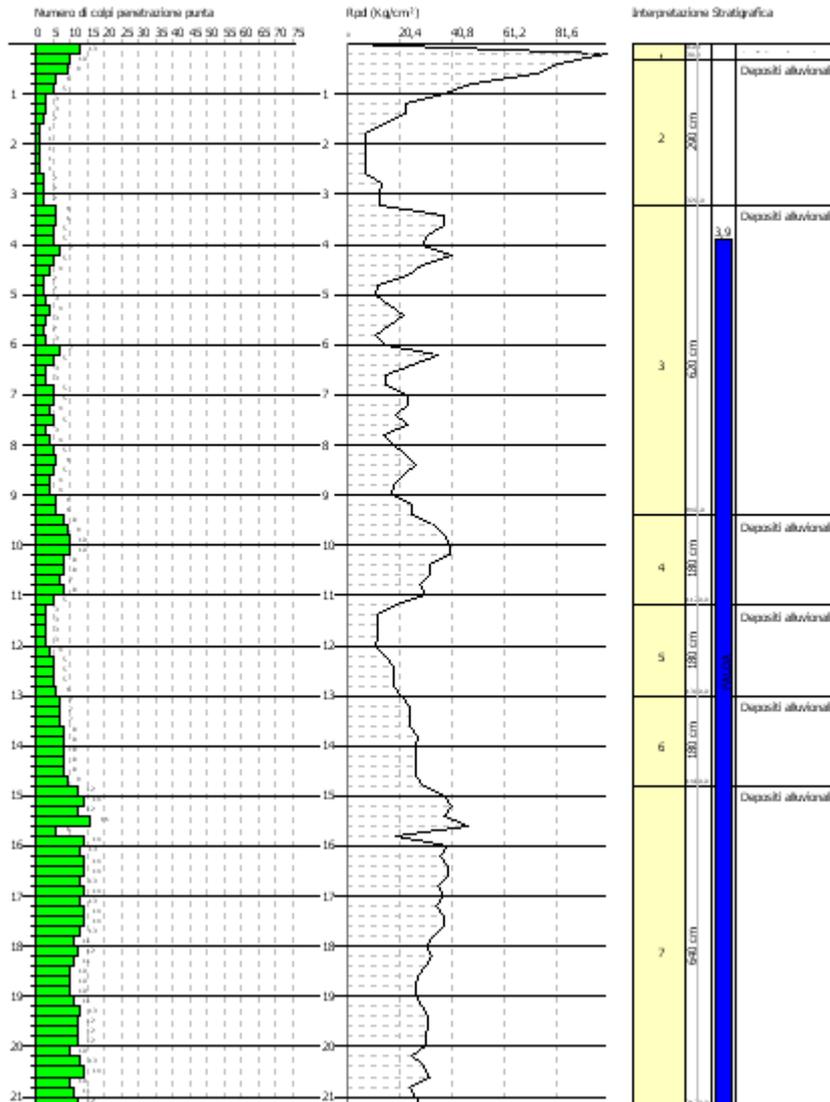


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH-1
 Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente:
 Cantiere:
 Località:

Data:

Scala 1:102



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Intermarine
Località: Via Alta, 100 – Sarzana (SP)

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,504
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVA DPSH1

Strumento utilizzato DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
Profondità prova 21,20 mt
Falda rilevata

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH1

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Asfalto piazzale	19,55	0,30	19,55	Meyerhof 1957	100
[2] - Depositi alluvionali	4,92	3,20	4,92	Meyerhof 1957	46,99
[3] - Depositi alluvionali	6,65	9,40	6,65	Meyerhof 1957	43,71
[4] - Depositi alluvionali	12,2	11,20	12,2	Meyerhof 1957	53,24
[5] - Depositi alluvionali	6,18	13,00	6,18	Meyerhof 1957	36,32
[6] - Depositi alluvionali	11,7	14,80	11,7	Meyerhof 1957	48,07
[7] - Depositi alluvionali	18,33	21,20	16,665	Meyerhof 1957	52,91

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Asfalto piazzale	19,55	0,30	19,55	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	32,12
[2] - Depositi alluvionali	4,92	3,20	4,92	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	23,59
[3] - Depositi alluvionali	6,65	9,40	6,65	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	24,99
[4] - Depositi alluvionali	12,2	11,20	12,2	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	28,53
[5] - Depositi alluvionali	6,18	13,00	6,18	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	24,63
[6] - Depositi alluvionali	11,7	14,80	11,7	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	28,25
[7] - Depositi alluvionali	18,33	21,20	16,665	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	30,81

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
[1] - Asfalto piazzale	19,55	0,30	19,55	Bowles (1982) Sabbia Media	172,75
[2] - Depositi alluvionali	4,92	3,20	4,92	Bowles (1982) Sabbia Media	---
[3] - Depositi alluvionali	6,65	9,40	6,65	Bowles (1982) Sabbia Media	---
[4] - Depositi alluvionali	12,2	11,20	12,2	Bowles (1982) Sabbia Media	136,00
[5] - Depositi alluvionali	6,18	13,00	6,18	Bowles (1982) Sabbia Media	---
[6] - Depositi alluvionali	11,7	14,80	11,7	Bowles (1982) Sabbia Media	133,50
[7] - Depositi alluvionali	18,33	21,20	16,665	Bowles (1982) Sabbia Media	158,33

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
[1] - Asfalto piazzale	19,55	0,30	19,55	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	67,62
[2] - Depositi alluvionali	4,92	3,20	4,92	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	37,57
[3] - Depositi alluvionali	6,65	9,40	6,65	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	41,12
[4] - Depositi alluvionali	12,2	11,20	12,2	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	52,52
[5] - Depositi alluvionali	6,18	13,00	6,18	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	40,16
[6] - Depositi alluvionali	11,7	14,80	11,7	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	51,50
[7] - Depositi alluvionali	18,33	21,20	16,665	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	61,69

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Asfalto piazzale	19,55	0,30	19,55	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENT E ADDENSATO
[2] - Depositi alluvionali	4,92	3,20	4,92	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[3] - Depositi alluvionali	6,65	9,40	6,65	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[4] - Depositi alluvionali	12,2	11,20	12,2	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENT E ADDENSATO
[5] - Depositi alluvionali	6,18	13,00	6,18	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[6] - Depositi alluvionali	11,7	14,80	11,7	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENT E ADDENSATO
[7] - Depositi alluvionali	18,33	21,20	16,665	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENT E ADDENSATO

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
[1] - Asfalto piazzale	19,55	0,30	19,55	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,38
[2] - Depositi alluvionali	4,92	3,20	4,92	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,89
[3] - Depositi alluvionali	6,65	9,40	6,65	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90
[4] - Depositi alluvionali	12,2	11,20	12,2	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,93
[5] - Depositi alluvionali	6,18	13,00	6,18	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,89
[6] - Depositi alluvionali	11,7	14,80	11,7	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,93
[7] - Depositi alluvionali	18,33	21,20	16,665	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,96

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Asfalto piazzale	19,55	0,30	19,55	(A.G.I.)	0,32
[2] - Depositi alluvionali	4,92	3,20	4,92	(A.G.I.)	0,34
[3] - Depositi alluvionali	6,65	9,40	6,65	(A.G.I.)	0,34
[4] - Depositi alluvionali	12,2	11,20	12,2	(A.G.I.)	0,33
[5] - Depositi alluvionali	6,18	13,00	6,18	(A.G.I.)	0,34
[6] - Depositi alluvionali	11,7	14,80	11,7	(A.G.I.)	0,33
[7] - Depositi alluvionali	18,33	21,20	16,665	(A.G.I.)	0,32

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm ²)
[1] - Asfalto piazzale	19,55	0,30	19,55	Ohsaki (Sabbie pulite)	1063,14
[2] - Depositi alluvionali	4,92	3,20	4,92	Ohsaki (Sabbie pulite)	290,64
[3] - Depositi alluvionali	6,65	9,40	6,65	Ohsaki (Sabbie pulite)	385,80
[4] - Depositi alluvionali	12,2	11,20	12,2	Ohsaki (Sabbie pulite)	682,48
[5] - Depositi alluvionali	6,18	13,00	6,18	Ohsaki (Sabbie pulite)	360,12
[6] - Depositi alluvionali	11,7	14,80	11,7	Ohsaki (Sabbie pulite)	656,16
[7] - Depositi alluvionali	18,33	21,20	16,665	Ohsaki (Sabbie pulite)	914,98

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm ³)
[1] - Asfalto piazzale	19,55	0,30	19,55	Navfac 1971-1982	3,97
[2] - Depositi alluvionali	4,92	3,20	4,92	Navfac 1971-1982	0,97
[3] - Depositi alluvionali	6,65	9,40	6,65	Navfac 1971-1982	1,37
[4] - Depositi alluvionali	12,2	11,20	12,2	Navfac 1971-1982	2,56
[5] - Depositi alluvionali	6,18	13,00	6,18	Navfac 1971-1982	1,26
[6] - Depositi alluvionali	11,7	14,80	11,7	Navfac 1971-1982	2,46
[7] - Depositi alluvionali	18,33	21,20	16,665	Navfac 1971-1982	3,44



STRATIGRAFIA SONDAGGIO S 2

Sist. perf.	Quota di rif.	Prof. da p.c.	Spess. strati	Liv. H ₂ O	% carot.	Strat.	Classificazione	Camp. e prove	Prof. camp. e prove	Numero colpi S.P.T.	Poker qa Kg/cmq	S.P.T.		K (coeff. di perm.) cm/sec	Percentuali granulometriche			W%	LL%	LP%	IP	γ gr/cm ³	TAGLIO DIR.			
												φ gradi	C Kg/cmq		ghiaia	sabbia	limo/arg						φ gradi	C KPa		
R O T A Z I O N E E R I V E S T I M E N T O	0	0	1		100		Terreno di riporto (sabbia, ghiaia e ciottoli)																			
	1	1	2		100		Limo con sabbia di colore marrone	C.Ind. 1 S.P.T. 1	1,6-2,1 2,1-2,55	(1-2-3)	0,4	23,7	0		0	32,08	67,92	21,1				1,73	*28,75	*7,81		
	3	3	0,5		100		Limo argilloso sabbioso di colore grigio				0,3															
	4	11,5					Sabbia debolmente limosa di colore grigio con ghiaia e ciottoli	S.P.T. 2	4,5-4,95	(9-11-11)		31,7	0													
	5							S.P.T. 3	7,5-7,95	(6-9-7)		30,2	0													
	6								S.P.T. 4	11-11,45	(8-9-11)		31,2	0												
	7																									
	8	13	1,5		100		Limo argilloso di colore grigio con frammenti di conchiglie				0,3															
	9	19					Sabbia fine con limo di colore grigio con presenza di resti carboniosi e di legno	C.Ind. 2 S.P.T. 5	13,5-14,1 14-14,45	(0-0-1)		18,9	0		0	36,69	63,31	24,7	21,9	N.P.	N.P.	2,02	*28,71	*7,24		
	10							C.Ind. 3	15,5-16,1		0,2				2,44 E-04	0	50,77	49,23	27,7	25,1	N.P.	N.P.	1,88	*31,42	*4,46	
	11								S.P.T. 6	17,5-17,95	(1-1-1)		20,5	0												
	12	19	1		100		Sabbia di colore grigio	S.P.T. 7	20-20,45	(7-7-8)		30	0													



STRATIGRAFIA SONDAGGIO S 3

Sist. perf.	Quota di rif.	Prof. da p.c.	Spess. strati	Liv. H ₂ O	% carot.	Strat.	Classificazione	Camp. e prove	Prof. camp. e prove	Numero colpi S.P.T.	Poker qa Kg/cmq	S.P.T.		K (coeff. di perm.) cm/sec	Percentuali granulometriche			W%	LL%	LP%	IP	γ gr/cm ³	TAGLIO DIR.			
												Φ gradi	C Kg/cmq		ghiaia	sabbia	limo/arg						Φ gradi	C KPa		
R O T A Z I O N E E R I V E S T I M E N T O	0	0					Terreno di riporto (sabbia, ghiaia e ciottoli)																			
	1	1	1		100																					
	2		2		100		Limo con sabbia di colore marrone	C.Ind. 1 S.P.T. 1	2-2,45 2,45-2,9	(2-2-4)	0,5	24,5	0		0	32,28	67,72	31,4	25	23,7	1,3	1,88				
	3	3																								
	4							S.P.T. 2	4,5-4,95	(11-9-12)		31,4	0													
	5																									
	6																									
	7		8,8		85		Sabbia debolmente limosa di colore grigio con ghiaia e ciottoli	S.P.T. 3	7-7,45	(7-7-11)		30,7	0													
	8																									
	9								S.P.T. 4	9-9,45	(4-4-9)		29	0												
10																										
11																										
12	11,8						Limo argilloso di colore grigio con frammenti di conchiglie				0,3															
13	13	1,2		100																						
14								S.P.T. 5	13-13,45	(0-0-1)		18,9	0													
15											0,2															
16		6,8		100		Sabbia fine con limo di colore grigio con presenza di resti carboniosi e di legno	S.P.T. 6	16,5-16,95	(2-2-2)		22,7	0														
17																										
18											0,3															
19																										
20	19,8	20	0,2		100		Sabbia di colore grigio	S.P.T. 7	20-20,45	(11-8-8)		30,2	0													

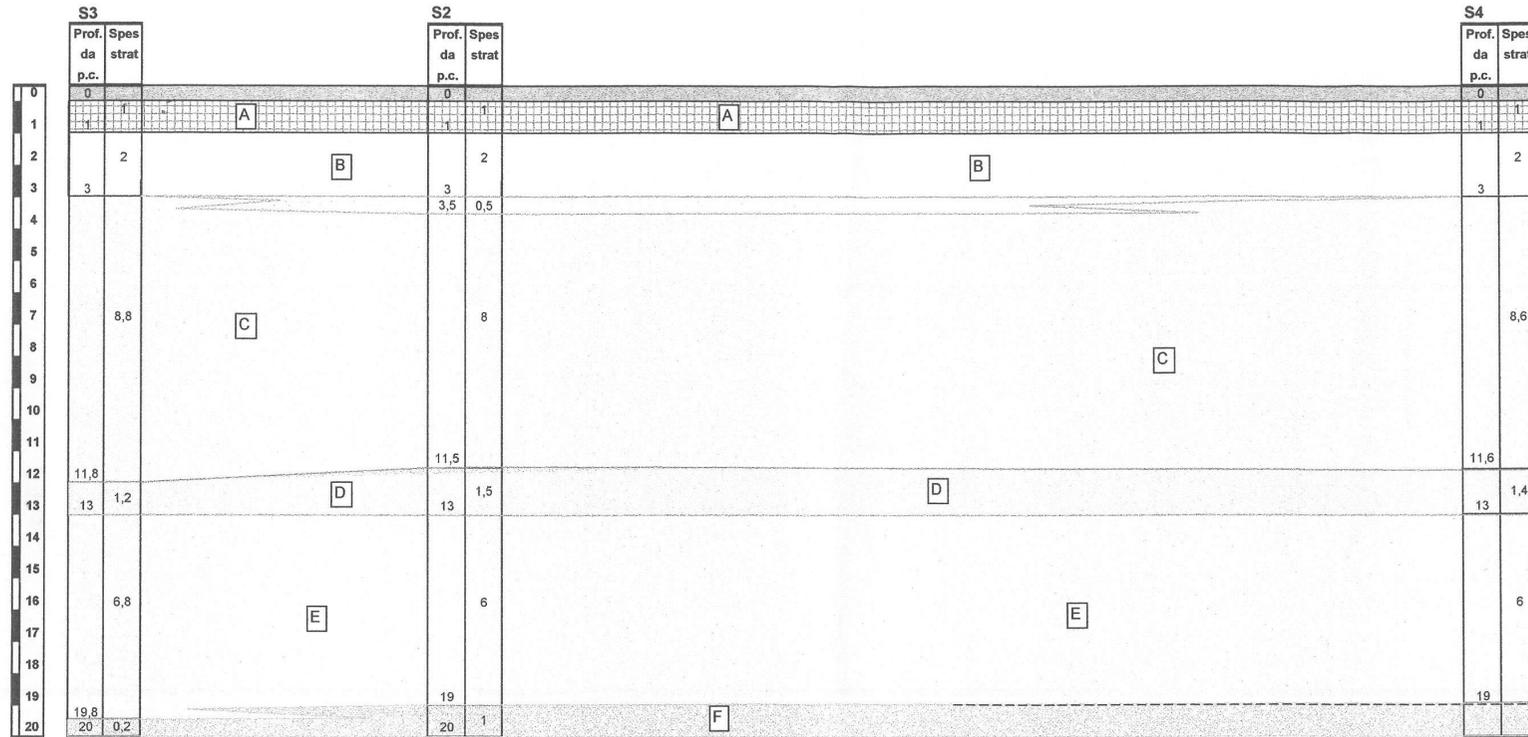


STRATIGRAFIA SONDAGGIO S 4

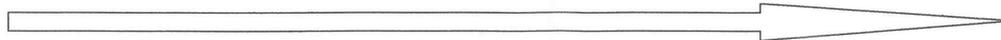
Sist. perf.	Quota di rif.	Prof. da p.c.	Spess. strati	Liv. H ₂ O	% carot.	Strat.	Classificazione	Camp. e prove	Prof. camp. e prove	Numero colpi S.P.T.	Poker qa Kg/cm ²	S.P.T.		K (coeff. di perm.) cm/sec	Percentuali granulometriche			W%	LL%	LP%	IP	γ gr/cm ³	TAGLIO DIR.			
												Φ gradi	C Kg/cm ²		ghiaia	sabbia	limo/arg						Φ gradi	C KPa		
R O T A Z I O N E E R I V E S T I M E N T O	0	0					Terreno di riporto (sabbia, ghiaia e ciottoli)																			
	1	1	1		100	D.O.																				
	2	2			100		Limo con sabbia di colore marrone	S.P.T. 1	2-2,45	(2-2-3)	0,5	23,7	0													
	3	3																								
	4								S.P.T. 2	4,1-4,55	(6-11-8)		31	0												
	5																									
	6																									
	7			8,6		90		Sabbia debolmente limosa di colore grigio con ghiaia e ciottoli	S.P.T. 3	7,5-7,95	(7-5-4)		26,6	0												
	8																									
	9																									
	10																									
	11																									
	12		11,6																							
	13			1,4		100		Limo argilloso di colore grigio con frammenti di conchiglie																		
	14								S.P.T. 4	13-13,45	(0-0-1)		18,9	0												
15			4		80		Sabbia fine con limo di colore grigio con presenza di resti carboniosi e di legno	S.P.T. 5	16-16,45	(2-1-1)		20,5	0													
16																										
17		17					Fine sondaggio																			
18																										
19																										
20																										



SEZIONE GEOLOGICO-TECNICA INTERPRETATIVA



Lato monte



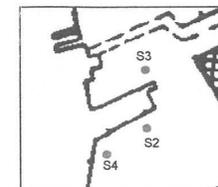
Lato fiume Magra

LEGENDA

- Terreno di riporto (sabbia, ghiaia, ciottoli)
- Limo con sabbia di colore marrone
- Sabbia debolmente limosa con ghiaia e ciottoli

- Limo argilloso con frammenti di conchiglie
- Sabbia con limo con presenza di resti carboniosi e di legno
- Sabbia di colore grigio

UBICAZIONE SONDEGGI



PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

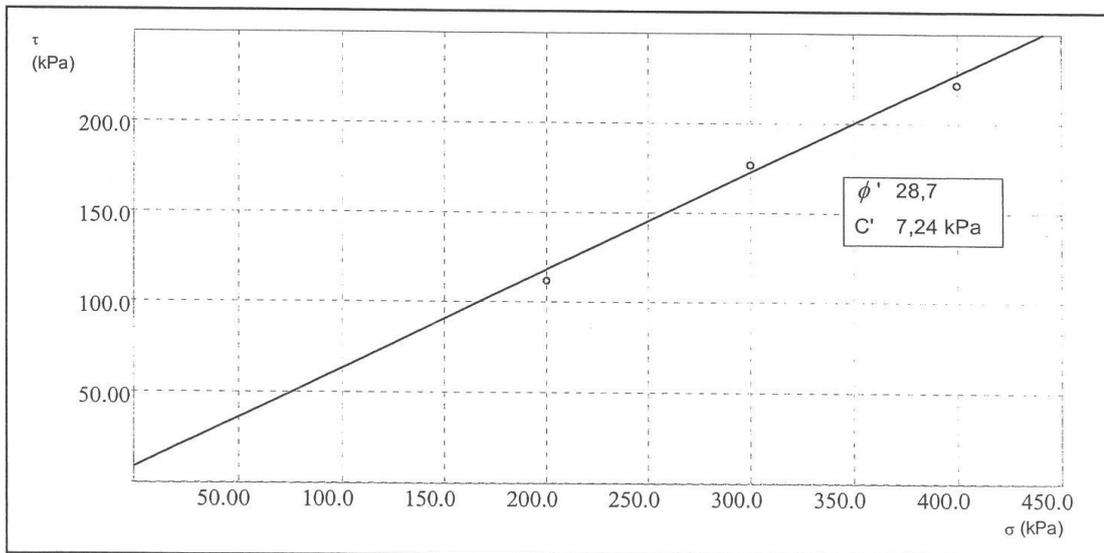
Riferimento n. 05/23

Committente:	Studio Ferrari-De Nobili S.r.l.	Sondaggio:	S2
Cantiere:	risanamento darsena	Campione:	CI2
Località:	Intermarine - Sarzana (SP)	Profondità:	13.50-14.10
Data ricevimento	01/04/05	Data di prova:	13 APR 2005
Note:			

Interpretazione risultati

Provino	Ho mm	Ao cm ²	γ_n Mg/m ³	γ_d Mg/m ³	Wo %	Wf %	So %	Sf %
DEN0202A	30,00	28,27	2,050	1,668	22,89	17,90	98,69	99,78
DEN0202B	30,00	28,27	2,078	1,717	21,03	15,55	97,95	99,39
DEN0202C	30,00	28,27	2,064	1,691	22,04	14,93	98,59	98,94

Provino	σ_v kPa	H mm	dt h	τ_f kPa	Sh mm	V micron/min
DEN0202A	200,00	27,37	12,00	111,69	4,55	30,00
DEN0202B	300,00	27,00	12,00	176,57	2,93	30,00
DEN0202C	400,00	26,31	12,00	221,26	4,77	30,00



Il Direttore del Laboratorio

Lo Sperimentatore

Campione indisturbato (prova di taglio diretto) prelevato nel sondaggio S2 a – 13,5 m dal p.c.

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

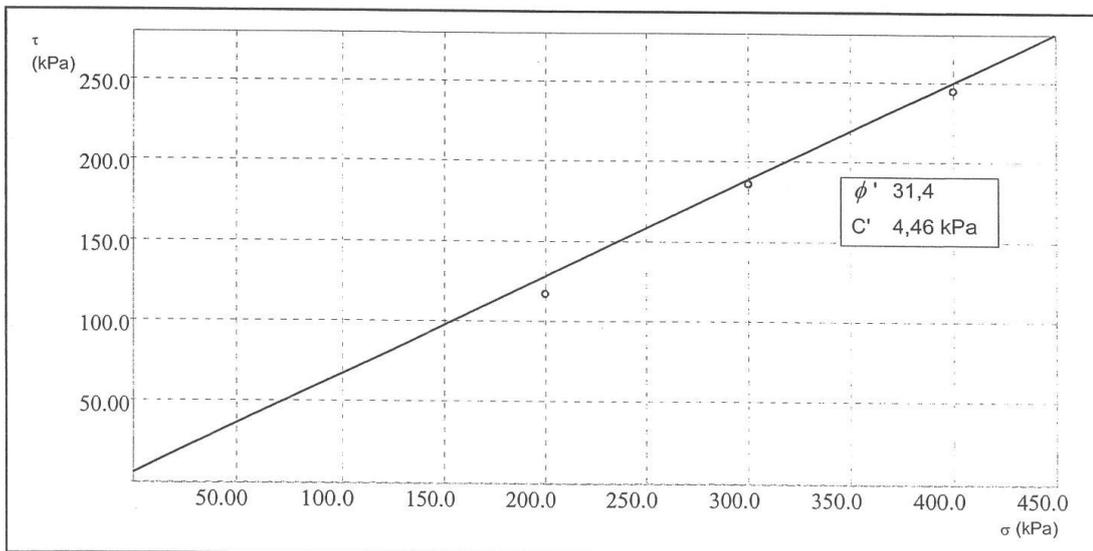
Riferimento n. 05/23

Committente:	Studio Ferrari-De Nobili S.r.l.	Sondaggio:	S2
Cantiere:	risanamento darsena	Campione:	CI3
Località:	Intermarine - Sarzana (SP)	Profondità:	15.50-16.10
Data ricevimento	01/04/05	Data di prova:	11 APR 2005
Note:			

Interpretazione risultati

Provino	Ho mm	Ao cm ²	v_n Mg/m ³	v_d Mg/m ³	Wo %	Wf %	So %	Sf %
DEN0203A	30,00	28,27	1,927	1,486	29,64	26,98	97,11	99,68
DEN0203B	30,00	28,27	1,916	1,486	28,96	27,56	94,80	99,00
DEN0203C	30,00	28,27	1,925	1,481	30,02	25,06	97,57	98,18

Provino	σ_v kPa	H mm	dt h	τ_f kPa	Sh mm	V micron/min		
DEN0203A	200,00	28,46	12,00	116,72	4,35	30,00		
DEN0203B	300,00	28,79	12,00	185,86	3,73	30,00		
DEN0203C	400,00	27,67	12,00	244,50	5,23	30,00		



Il Direttore del Laboratorio

df

Lo Sperimentatore

A. Finetti

Campione indisturbato (prova di taglio diretto) prelevato nel sondaggio S2 a – 15,5 m dal p.c.



STANDARD PENETRATION TEST S.P.T.

Direttore lavori : *Dott. Iacopo De Nobili*
Committente : *Intermarine S.p.A.*
Cantiere : *Intermarine*
Località : *Sarzana*
Data : *Marzo 2005*

SONDAGGIO N: 2

PROVA N: 5

profondità inizio prova :

da livello mare mt
da fondo marino mt
da piano campagna mt 14

da 0 a 15 cm. numero colpi : 0
da 15 a 30 cm. numero colpi : 0
da 30 a 45 cm. numero colpi : 1

Numero colpi da 15 a 45 cm. : 1
Numero colpi corretto in falda : 8

Riferimento stratigrafico : *Sabbia fine con limo di colore grigio
con presenza di resti carboniosi e di legno*

ANGOLO DI ATTRITO INTERNO FI (gradi) = 18.9

COESIONE NON DRENATA Cu (Kg/cmq) = 0

la direzione:
Dott. Iacopo De Nobili

Prova SPT in foro nel sondaggio S2 a – 14 m dal p.c.



STANDARD PENETRATION TEST S.P.T.

Direttore lavori : *Dott. Iacopo De Nobili*
Committente : *Intermarine S.p.A.*
Cantiere : *Intermarine*
Località : *Sarzana*
Data : *Marzo 2005*

SONDAGGIO N: 2

PROVA N: 6

profondità inizio prova :
da livello mare mt
da fondo marino mt
da piano campagna mt 17,5

da 0 a 15 cm. numero colpi : 1
da 15 a 30 cm. numero colpi : 1
da 30 a 45 cm. numero colpi : 1

Numero colpi da 15 a 45 cm. : 2
Numero colpi corretto in falda : 8.5

Riferimento stratigrafico : *Sabbia fine con limo di colore grigio
con presenza di resti carboniosi e di legno*

ANGOLO DI ATTRITO INTERNO FI (gradi) = 20.5

COESIONE NON DRENATA Cu (Kg/cmq) = 0

la direzione:
Dott. Iacopo De Nobili

Prova SPT in foro nel sondaggio S2 a – 17,5 m dal p.c.



STANDARD PENETRATION TEST S.P.T.

Direttore lavori : *Dott. Iacopo De Nobili*
Committente : *Intermarine S.p.A.*
Cantiere : *Intermarine*
Località : *Sarzana*
Data : *Marzo 2005*

SONDAGGIO N: 3

PROVA N: 5

profondità inizio prova :

da livello mare mt
da fondo marino mt
da piano campagna mt 13

da 0 a 15 cm. numero colpi : 0
da 15 a 30 cm. numero colpi : 0
da 30 a 45 cm. numero colpi : 1

Numero colpi da 15 a 45 cm. : 1
Numero colpi corretto in falda : 8

Riferimento stratigrafico : *Sabbia fine con limo di colore grigio
con presenza di resti carboniosi e di legno*

ANGOLO DI ATTRITO INTERNO FI (gradi) = 18.9

COESIONE NON DRENATA Cu (Kg/cmq) = 0

la direzione:
Dott. Iacopo De Nobili

Prova SPT in foro nel sondaggio S3 a – 13 m dal p.c.



STANDARD PENETRATION TEST S.P.T.

Direttore lavori : *Dott. Iacopo De Nobili*
Committente : *Intermarine S.p.A.*
Cantiere : *Intermarine*
Località : *Sarzana*
Data : *Marzo 2005*

SONDAGGIO N: 3

PROVA N: 6

profondità inizio prova :

da livello mare mt
da fondo marino mt
da piano campagna mt 16,5

da 0 a 15 cm. numero colpi : 2
da 15 a 30 cm. numero colpi : 2
da 30 a 45 cm. numero colpi : 2

Numero colpi da 15 a 45 cm. : 4
Numero colpi corretto in falda : 9.5

Riferimento stratigrafico : *Sabbia fine con limo di colore grigio
con presenza di resti carboniosi e di legno*

ANGOLO DI ATTRITO INTERNO FI (gradi) = 22.7

COESIONE NON DRENATA Cu (Kg/cmq) = 0

la direzione:
Dott. Iacopo De Nobili

Prova SPT in foro nel sondaggio S3 a – 16,5 m dal p.c.



STANDARD PENETRATION TEST S.P.T.

Direttore lavori : *Dott. Iacopo De Nobili*
Committente : *Intermarine S.p.A.*
Cantiere : *Intermarine*
Località : *Sarzana*
Data : *Marzo 2005*

SONDAGGIO N: 4

PROVA N: 4

profondità inizio prova :

da livello mare mt

da fondo marino mt

da piano campagna mt 13

da 0 a 15 cm. numero colpi : 0

da 15 a 30 cm. numero colpi : 0

da 30 a 45 cm. numero colpi : 1

Numero colpi da 15 a 45 cm. : 1

Numero colpi corretto in falda : 8

Riferimento stratigrafico : *Sabbia fine con limo di colore grigio
con presenza di resti carboniosi e di legno*

ANGOLO DI ATTRITO INTERNO FI (gradi) = 18.9

COESIONE NON DRENATA Cu (Kg/cmq) = 0

la direzione:

Dott. Iacopo De Nobili

Prova SPT in foro nel sondaggio S4 a – 13 m dal p.c.



STANDARD PENETRATION TEST S.P.T.

Direttore lavori : *Dott. Iacopo De Nobili*
Committente : *Intermarine S.p.A.*
Cantiere : *Intermarine*
Località : *Sarzana*
Data : *Marzo 2005*

SONDAGGIO N: 4

PROVA N: 5

profondità inizio prova :

da livello mare mt
da fondo marino mt
da piano campagna mt 16

da 0 a 15 cm. numero colpi : 2
da 15 a 30 cm. numero colpi : 1
da 30 a 45 cm. numero colpi : 1

Sabbia fine con limo di colore grigio

Numero colpi da 15 a 45 cm. : 2
Numero colpi corretto in falda : 8.5

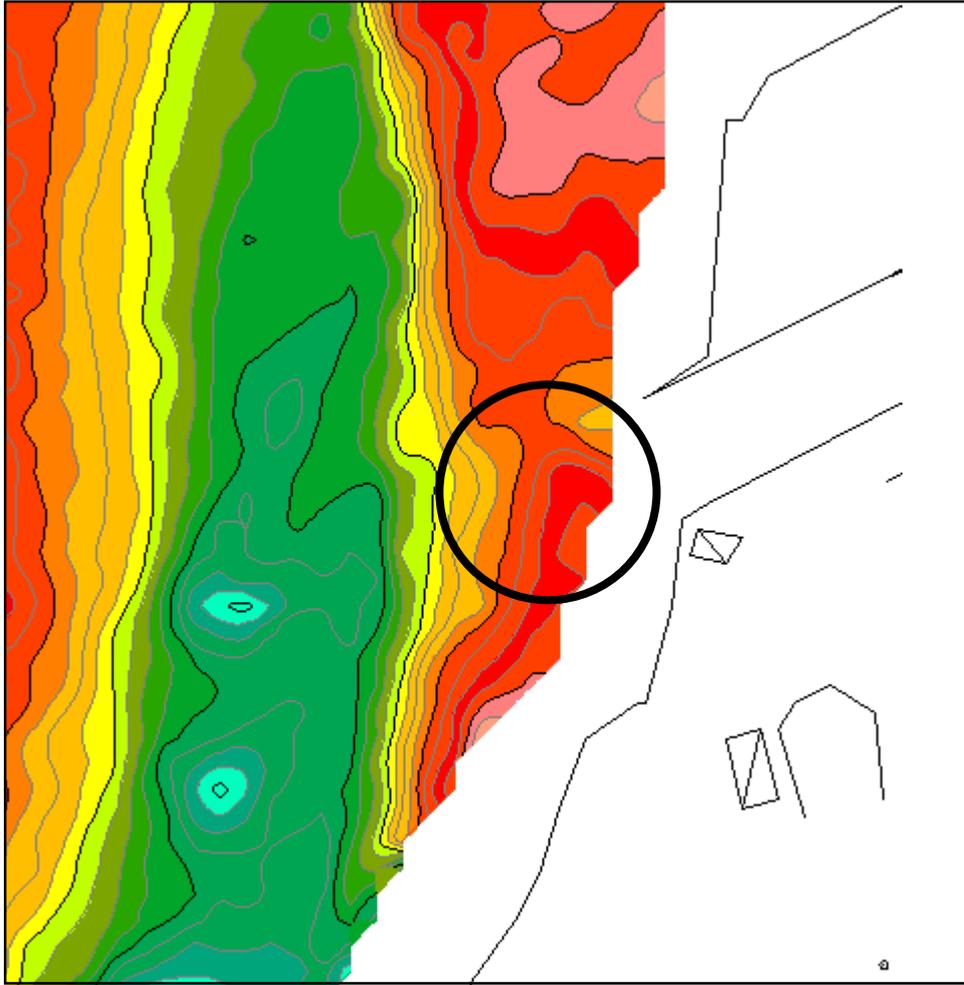
Riferimento stratigrafico : *Sabbia fine limosa di colore grigio
con presenza di resti carboniosi e di legno*

ANGOLO DI ATTRITO INTERNO FI (gradi) = 20.5

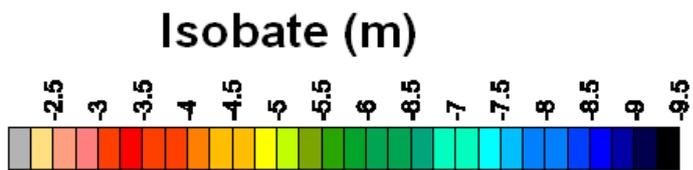
COESIONE NON DRENATA Cu (Kg/cmq) = 0

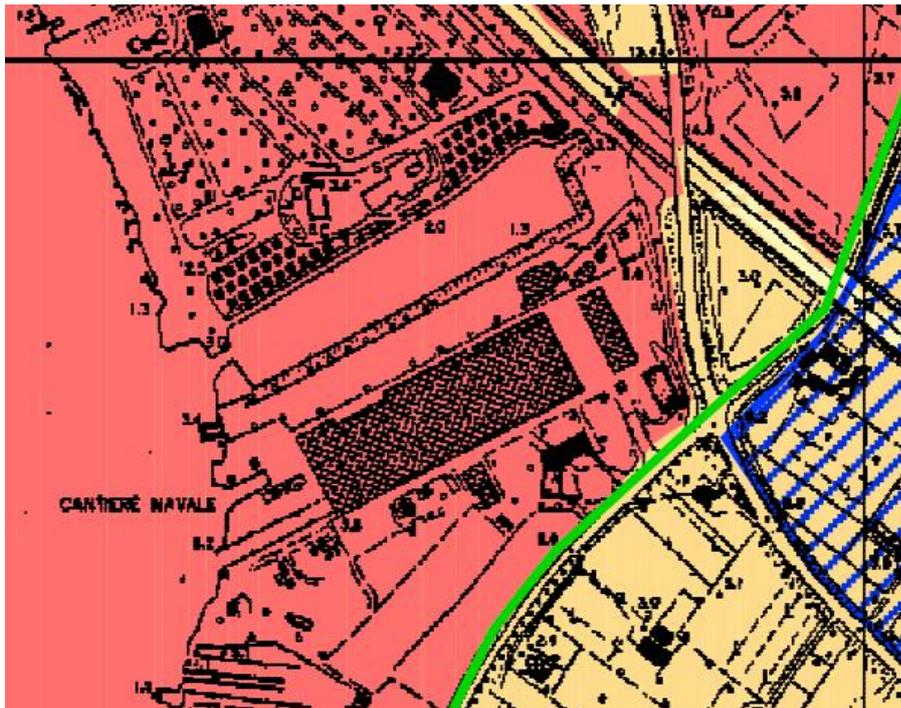
la direzione:
Dott. Iacopo De Nobili

Prova SPT in foro nel sondaggio S4 a – 16 m dal p.c.



CARTA BATIMETRICA DEI FONDALI ANTISTANTI IL CANTIERE
Redatta da Geo Coste snc





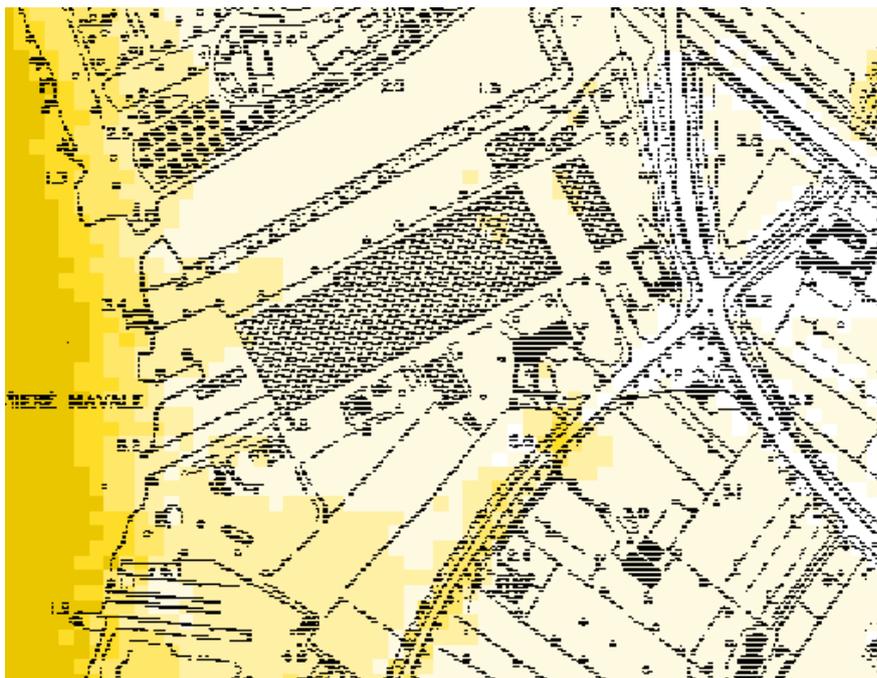
Stralcio della Carta della pericolosità idraulica con Fascia di Riassetto Fluviale e aree inondabili – Piano di Bacino del F. Magra.

La zona in oggetto ricade in area a pericolosità idraulica elevata – molto elevata (aree inondabili per $Tr=30$ anni).



Stralcio della Carta degli ambiti normativi delle aree inondabili – Piano di Bacino del F. Magra.

L'area in oggetto ricade in fascia di riassetto fluviale.



Stralcio CARTA DELLE VELOCITA' MASSIME DELLA CORRENTE
corrispondenti all'evento di piena con $Tr=200$ anni del F. Magra
 L'area in oggetto ricade in area esondabile con velocità tra $> 0,50$ e 1 m/s.



Stralcio CARTA DEI BATTENTI IDRICI MASSIMI
corrispondenti all'evento di piena con $Tr=200$ anni del F. Magra
 L'area in oggetto ricade in area con battente idrico da 2 a 4 m.