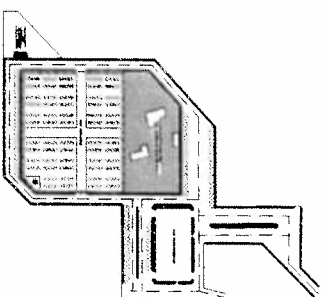




**REGIONE SICILIA**  
**CITTA' DI SORTINO**  
**PROVINCIA DI SIRACUSA**

VIALE M. GIARDINO S.N.C. - 96016

**ufficio tecnico - settore lavori pubblici**



**LAVORI PER LA REALIZZAZIONE  
DELL'AREA ATTENDAMENTI E  
CONTAINERS IN C.DA LAGO**

**PROGETTO ESECUTIVO**

D.P.R. 207/2010

Progettisti:	Geom. Fabio Barbagallo Geom. Massimo Caruso Geom. Antonio Privitera
Coordinatore Sicurezza in fase di Progettazione:	Arch. Gaetano Gulino
Responsabile Unico del Procedimento:	Arch. Luigi Raffa
Responsabile del Settore LL.PP.	Geom. Lucilio Franzò
Il geologo incaricato	Dr. Corrado Ingallina 
Tavola:	<b>I</b> <b>RELAZIONE INTEGRATIVA INDAGINI M.A.S.W.</b>
Data:	Scala:
Aggiornamenti - Annotazioni:	



**Studio geologico a supporto del progetto per la sistemazione  
di aree per attendamenti e containers in Sortino (SR)**

**Art. 1, C. 2 Lett. H della Legge n. 433/91**

**Relazione integrativa**

**Premessa**

Su incarico dell'Assessorato alla Presidenza della Regione Siciliana, con nota del 16/05/2001 prot. n. 1627, lo scrivente era stato incaricato di eseguire lo studio geologico-tecnico di supporto alla progettazione degli interventi di cui all'art. 1 lettera h della legge 433/91 - "Sistemazione aree attendamento e containers nel comune di Sortino", giusto disciplinare del 10/11/2000 registrato a Noto l'11/12/2000 al n. 1960 Serie 3<sup>^</sup>.

Tale progetto, completo di indagini e relazione geologica, è stato sottoposto al parere della Conferenza dei Servizi per l'ultima volta in data 14 gennaio 2013; la commissione, in quella sede, ha proposto la rielaborazione dello stesso con l'aggiunta di un corpo di fabbrica a servizio delle aree di attendamento e containers, fabbricato peraltro previsto nelle prime stesure e poi eliminato per motivi economici.

La presente relazione integra la relazione geologica elaborata a suo tempo a supporto di tutto il progetto e pone l'attenzione all'area di sedime del nuovo immobile, soprattutto in relazione dell'adeguamento progettuale alla nuova normativa sismica (NTC 2008).

Sulla scorta di quanto ciò premesso l'UTC ha proceduto al rifacimento degli elaborati progettuali, riducendo le aree da espropriare e inserendo il suddetto corpo di fabbrica al margine nord-occidentale dell'area di progetto, in adiacenza dei previsti containers, come si evince dalla planimetria allegata.

Il fabbricato previsto presenta una struttura in c.a. di forma circolare, pari a circa 100 mq, ad una elevazione f.t., priva di piano interrato e con fondazioni di tipo diretto, vista la morfologia tabulare e la litologia rocciosa dei luoghi.

Per quanto riguarda le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e geotecniche dell'area di sedime si rimanda alla citata relazione geologica già allegata agli atti progettuali, da dove si evince che l'immobile in progetto ricade in corrispondenza del punto in cui è stato realizzato il sondaggio meccanico n 4, di cui in calce se ne riporta copia della stratigrafia (a firma Geomerid srl – ditta esecutrice di tutte le indagini geognostiche/geotecniche); per la caratterizzazione geotecnica di substrato si fa riferimento a campioni prelevati nel corso del suddetto carotaggio S4 ed analizzati presso il laboratorio della ditta appaltatrice.

Per quanto riguarda la caratterizzazione sismica del sito di sedime ai fine della determinazione del parametro Vs30, necessario per la determinazione della categoria di suolo di fondazione prevista dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, a cavallo della traccia del previsto fabbricato è stata realizzata una prova sismica del tipo M.A.S.W. (Multichannel Analysis Surface Waves).

In calce si allegano gli elaborati grafici e numerici della suddetta MASW, la planimetria con ubicazione delle indagini eseguite dalla Geomerid e quella aggiornata con l'ubicazione della MASW (eseguita nel 2013) e del sondaggio S4 (eseguito nel 2002); inoltre si riportano la stratigrafia del sondaggio meccanico S4, i risultati delle prove geotecniche di laboratorio sui campioni prelevati durante quel carotaggio ed una sezione geologica rappresentativa del complesso struttura/substrato.

### Caratterizzazione geolitologica e geotecnica del sedime

Tra le indagini dirette eseguite in località “Piano Lardo”, uniformemente distribuite su tutta l’area destinata ai campi containers, il sondaggio meccanico denominato S4 ricade esattamente nell’area di sedime del fabbricato in progetto, come è stato possibile riscontrare dalla sovrapposizione delle planimetrie allegare in calce.

Tale sondaggio ha interessato terreni carbonatici costituiti prevalentemente da calcareniti organogene (biohermali) di colore variabile dal bianco al giallastro, molto dure, passanti verso il basso, a circa 6 m di profondità, a terreni semi-sciolti costituiti da sedimenti sabbiosi debolmente cementati, composti da materiale carbonatico con rara presenza di componente vulcanoclastica (specie cineritica), che diventa prevalente oltre i 10 m.

Le calcareniti biohermali, sebbene fratturate, sono allo stesso tempo dure e resistenti alla compressione, con valori di rottura superiore a 300 kg/cmq, come emerso dalle prove di compressione semplice effettuate su un campione prelevato nell’ambito dello stesso sondaggio a 3,70 m di profondità dal p.c.; tale campione, con una percentuale della componente carbonatica pari al 90%, ha fatto riscontrare un peso dell’unità di volume pari a 2,12 t/mc, a testimonianza di una roccia compatta e ben cementata.

Tali terreni, che costituiscono il terreno di fondazione del corpo di fabbrica a servizio dell'area di protezione civile, hanno caratteristiche prettamente litoidi e sono idonee all'edificazione, previa asportazione di eventuali livelli di suolo vegetale, con l'adozione di strutture fondazionali dirette.

Essi sono attribuibili alla III classe della classificazione di Bieniawski, con qualità "discreta", con i seguenti valori dei principali parametri geotecnici, utilizzabili per qualsiasi calcolo o verifica inerente strutture che interagiscono con esse, previa riconduzione degli stessi ai valori caratteristici di cui alle NTC 2008:

Peso di volume	$\gamma$	2.1-2.2	t/mc
Coesione	c	1.5-2.0	kg/cmq
Angolo di attrito	$\phi$	35°-40°	

Per desumere i valori caratteristici  $f_k$  della resistenza del terreno, coesione ed angolo d'attrito interno (da cui si estrapolano i parametri di progetto  $f_p$  mediante coefficienti riduttivi parziali CP), a loro volta derivanti da una stima cautelativa dei primi, si fa ricorso all'uso di specifiche relazioni.

Uno dei metodi di stima dei valori caratteristici è quello del 5° percentile della distribuzione della media che, partendo dai valori medi di coesione e angolo d'attrito, ricava i suddetti valori mediante le seguenti formulazioni:

$$c'k = c'm (1 + X.Vc) \quad (1)$$

$$\phi'k = \phi'm (1 + X.V\phi) \quad (2)$$

Ove  $c'k$ ,  $\phi'k$ ,  $c'm$  e  $\phi'm$  sono rispettivamente i valori caratteristici e medi di coesione ed angolo d'attrito,  $Vc$  e  $V\phi$  sono coefficienti di variazione (COV)

definiti come il rapporto tra lo scarto quadratico medio e la media dei rispettivi valori di  $c'$  e  $\phi'$ , ed  $X$  è un parametro dipendente dalla legge di distribuzione delle probabilità e dalla probabilità di non superamento adottata. Per una probabilità di non superamento del 5% (5° percentile) corrisponde un valore di  $X$  uguale a -1,645.

Considerando i dati sopra riportati come valori medi, sostituendo i valori ai simboli, si ottengono i seguenti valori caratteristici  $f_k$ , corrispondenti peraltro ai valori minimi della suddetta classifica:

Peso di volume caratteristico	$\gamma_k$	2.1	t/mc
Coesione caratteristica	$c'_k$	1.0	kg/cmq
Angolo di attrito caratteristico	$\phi'_k$	35°	

Per eventuali approfondimenti circa le caratteristiche geologiche in generale e geotecniche in particolare si rimanda alla relazione geologico-tecnica originaria, di cui la presente ne fa parte integrante.

\*

### Caratterizzazione sismica del sedime – Indagini M.A.S.W.

Dal punto di vista sismico l'area, rientrando in Zona 2, non presenta aspetti morfologici che possano dar luogo a vistose amplificazioni del moto del suolo in concomitanza di un sisma. Infatti, viste le pendenze in gioco, la zona di progetto è incorporabile alla Categoria topografica T1 di cui alla Tabella 3.2.IV delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008, cui corrisponde un Coefficiente topografico  $S_T$  pari a 1,0, categoria questa che non presuppone alcuna 'amplificazione topografica' in caso di eventi sismici.

Per quanto riguarda l'attribuzione ad una delle Categorie di sottosuolo di fondazione di cui alla Tabella 3.2.II della stessa normativa, ci si è riferiti, come prescrive la norma, alla misura determinazione diretta del parametro  $V_{s30}$ , corrispondente ad una media delle velocità delle onde S nei primi 30 m del substrato di sedime del fabbricato in progetto; a tale scopo è stata eseguita in situ una indagine sismica con metodologia M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Le prove MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) sono basate su una Tecnica di tipo indiretto attivo che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  basandosi sulla registrazione dei primi arrivi delle onde superficiali prodotte con sistemi impulsivi (massa battente) in corrispondenza di una catena di geofoni a componente verticale sensibili alle basse frequenze. Il metodo di prospezione sismica masw consente di ottenere un modello verticale delle  $V_s$  a partire dalle modalità di propagazione delle onde di superficie e non attraverso le onde di volume come invece accade per i metodi propri della sismica tradizionale. In particolare, osservando le caratteristiche dispersive del sito ed applicando opportune tecniche di inversione è possibile stimare alcune proprietà meccaniche del sottosuolo in condizioni di sollecitazione sismica. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh (onde  $Sh$ ) che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. La propagazione delle onde



di Rayleigh onde di Rayleigh ( $V_R$ ) è pari a circa il 90% delle onde di taglio ( $V_S$ ). Peraltro la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).

E' noto che la propagazione delle onde in mezzi stratificati e trasversalmente isotropi avviene in maniera differente rispetto al caso di mezzi omogenei. In un mezzo stratificato non esiste più un'unica velocità ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda. Queste interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche, appunto variabili con la profondità. Tale comportamento viene definito dispersione in frequenza ed è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie. Ovviamente le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno ad interessare il terreno più in profondità, al contrario le lunghezze d'onda più piccole, poiché associate alle frequenze più alte, rimangono nelle immediate vicinanze della superficie.

Nell'area di Piano Lardo, a cavallo della traccia perimetrale del corpo di fabbrica in progetto, è stata eseguita una prova MASW (per l'esatta ubicazione vedasi planimetria allegata e la foto di seguito). Per la sezione investigata sono stati utilizzati n°24 geofoni da 4,5 Hz con una distanza intergeofonica di 1,5 metri, offset di scoppio pari a 10 metri, durata dell'acquisizione di circa 2 s e tempo di campionamento di 500 msec. Per il rilievo è stata utilizzato un sismografo PASI mod.16S24-U, 24 canali, per l'energizzazione una mazza battente da 8 Kg e relativa piastra d'alluminio, associata a geofono starter, che consente di registrare l'istante in cui avviene la generazione delle onde elastiche.

L'interpretazione del sondaggio, con software MASW dell' Ing. V. Roma, ha consentito l'individuazione di un primo livello sismostratigrafico spesso circa 2 m e con velocità delle onde di taglio  $V_S$  intorno a 514 m/s, già riconducibile

ai terreni carbonatici superficialmente alterati; oltre, si rileva un progressivo ma lento aumento delle stesse velocità, fino ad valore di circa 1000 m/s, a 30 m di profondità, riconducibile al miglioramento delle caratteristiche elastiche (anche per un crescente carico litostatico) con l'incremento della profondità.

Dal profilo di velocità delle Vs appena descritto e riportato in calce insieme agli altri elaborati grafici rappresentativi dei risultati della MASW, si è risaliti alla determinazione del Vs30 ed alla relativa categoria di suolo di fondazione.



Nella foto, lo stendimento MASW con i geofoni da 4,5 Hz distanziati 1,5 m.

Il Vs30 è stato ricavato tramite la formula:

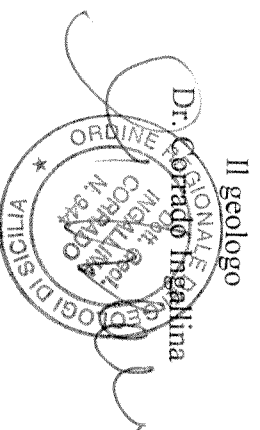
$$Vs30 = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove  $h_i$  = spessore in metri dello strato  $i$ -esimo,  $V_i$  = Velocità dell'onda di taglio  $i$ -esima,  $N$  = numero di strati.

Il valore calcolato del  $V_{s30} = 718$  m/sec, definisce, per l'area di progetto, una Categoria di suolo di fondazione di TIPO B: “Rocce tenere o depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero da valori di  $N_{spt30} > 50$  in terreni a grana grossa o  $Cu_{30} > 250$  kPa in terreni a grana fina”, cui corrisponde un Coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$  pari a 1,2 di cui alla Tabella 3.2.V delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.

Noto, febbraio 2013

Il geologo  
Dr. Corrado Ingegnina  
INGEGNERE  
CORRADO  
N. 842  
ORDINE REGIONALE  
DEI GEOLOGI  
DI SICILIA



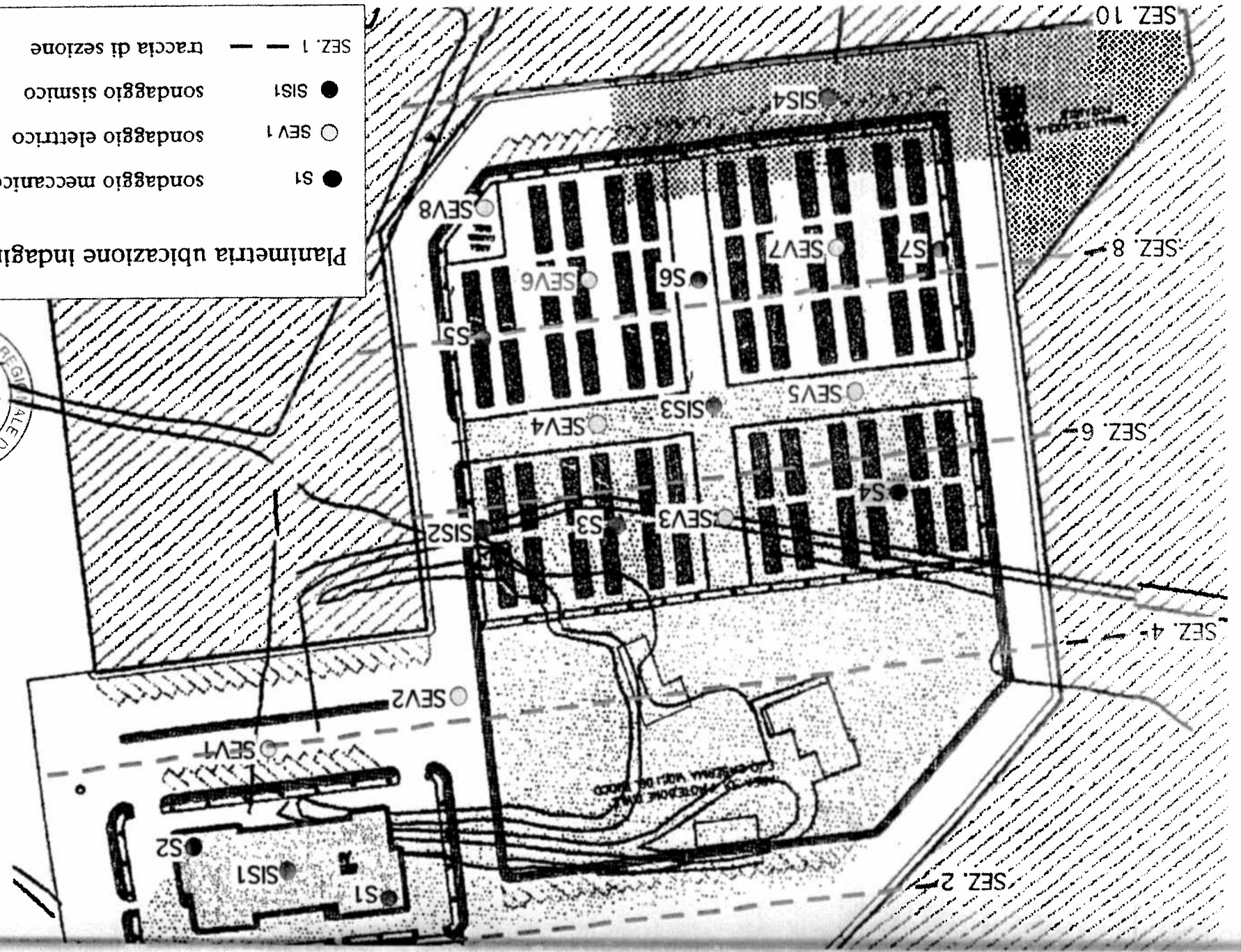
Planimetria ubicazione indagini Area 1 (A)

scala 1/1000

ORDINE REGIONALE DEI GEOLGICI DELLA SICILIA  
 Dott. Geol. INGALLINA  
 488 N. 303

● S1 sondaggio meccanico  
 ○ SEV1 sondaggio elettrico  
 ● SIS1 sondaggio sismico  
 --- SEZ. 1 --- traccia di sezione

NORD

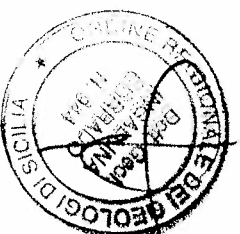
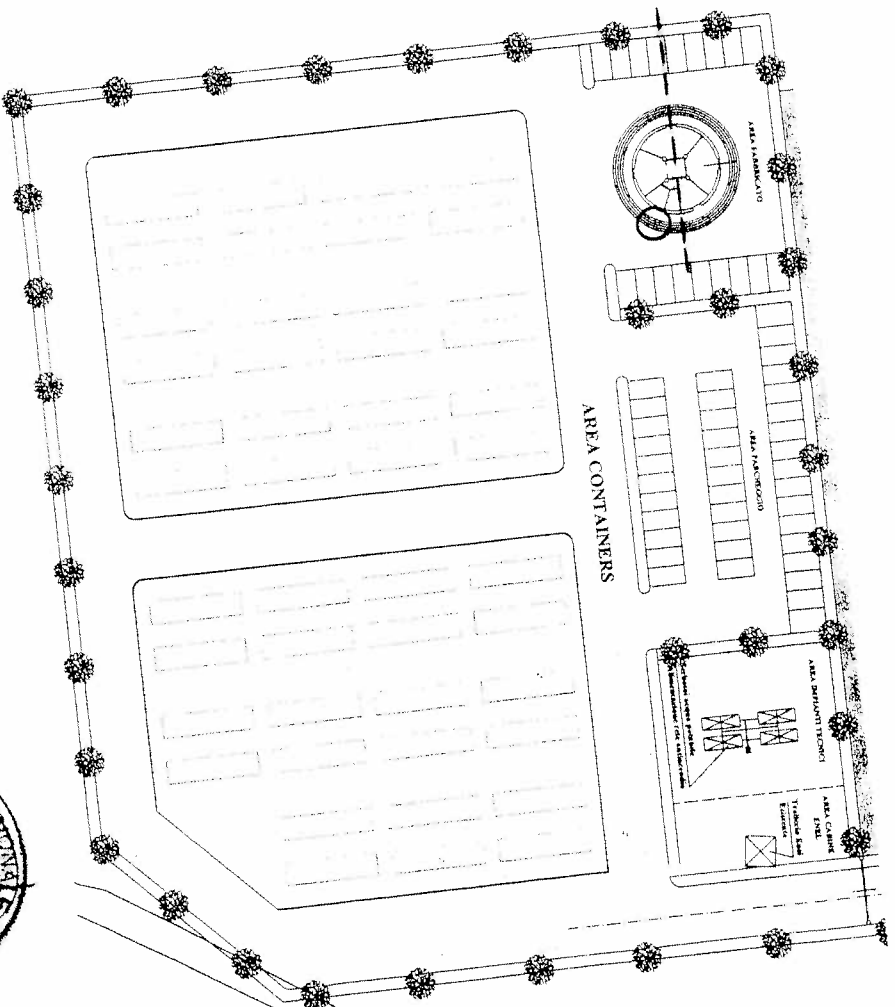


# Planimetria

Scala 1/1000

S4 ○ ubicazione sondaggio meccanico (2002)

----- ubicazione indagine sismica M.A.S.W. (2013)



Nord  
↓

# GEOMERID

S.r.l.

Viale Scala Greca n° 163/c  
Siracusa

SONDAGGIO S4 - Area A

CANTIERE : Sortino

COMMITTENTE : Comune di Sortino

Perforazione a rotazione e carotaggio continuo  
Attrezzatura : Beretta T45

PROGETTO : Aree attendamenti e containers

Cassette catalogatrici : 2

Scala 1:51.5	Profondità m	Stratigrafia	Descrizione	Strato m	Campioni	Carotaggio % 20 40 60 80	Rivestimento*	R.Q.D. % 20 40 60 80	Livello di falda	N colpi SPT	Prove SPT 10 20 30 40	Prove in foro	Strumentazione in foro
1	0.70	↓ ↓ ↓ ↓ ↓	Terreno vegetale costituito da limi bruno scuri debolmente sabbiosi con inclusi calcareniti giallastri	0.70	- 0.20 CR 1								
2			Calcareniti di colore giallastro molto alterate e fratturate		- 0.70		1.50						
3				5.10									
4					- 3.70 CL 1								
5					- 4.20								
6	5.80		Sabbie calcaree debolmente cementate con livelli calcarenitici di colore giallastro							15 15 17	6 6.45		
7				3.00	- 7.00 CR 2								
8					- 7.40					18 21 20	7.5 7.85		
9	8.80		Calcareniti di colore giallastro molto alterate e fratturate	1.20									
10	10.00		Vulcanoclastiti costituite da clasti di natura vulcanica e calcarenitica di dimensioni millimetrica in matrice sabbioso-limosa di colore grigio-verdastro	0.30									
	10.30												

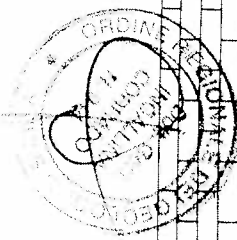
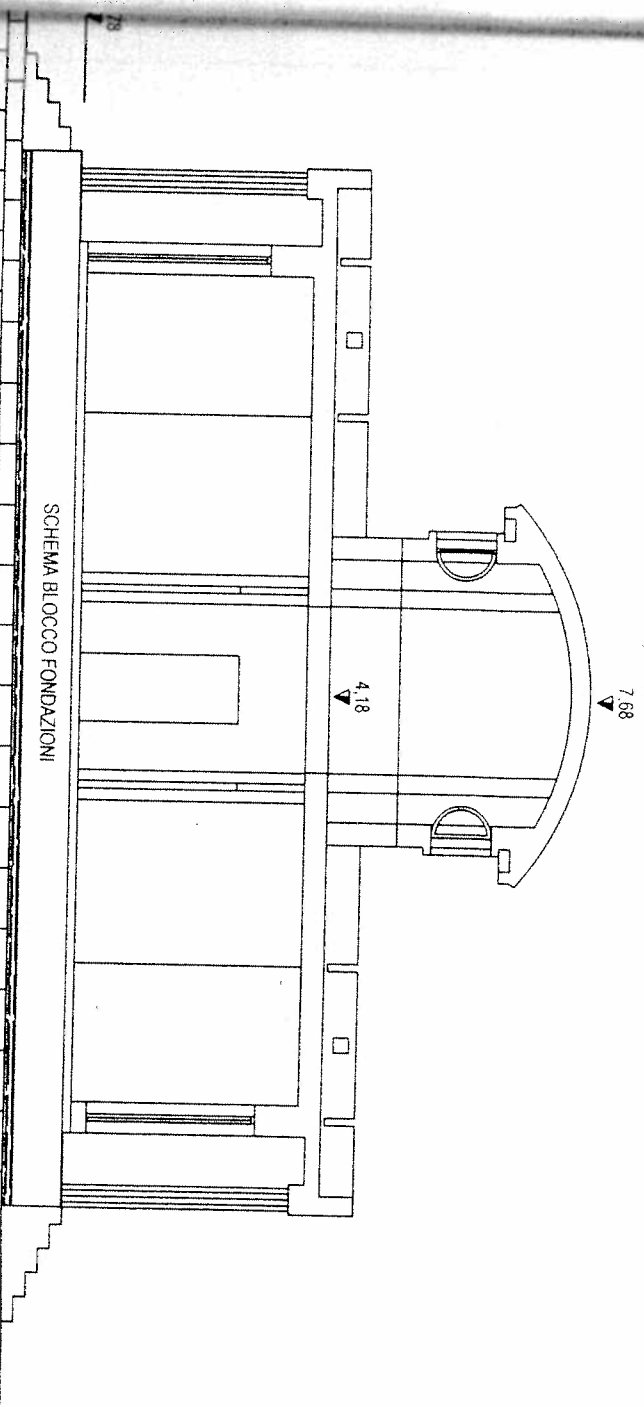
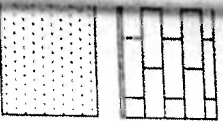
**GEOMERID** s.r.l.  
Il Direttore Tecnico  
Dott. *Pino Rizza*

# SEZIONE GEOLITOLOGICA

SCALA 1/100

Calcareniti biohermali bianco-giallastre

Sabbie calcaree debolmente cementate







SETTORE GEOTECNICA  
Prove di Laboratorio

## Prova di compressione semplice - DL

RelS4-CLI

Committente: Comune di Sorino  
Lavoro: Aree attendamenti e containers  
Campione: CLI Sondaggio S4 da metri 3,70 a metri 4,20 dal p.c. Commessa: 10/02

Provino Cilindrico  
 $\phi$  80 mm

h/d  
1,25  
CLI  
S4

### Descrizione macroscopica del campione:

Calcarenit organogene giallastre

Provino realizzato da uno spezzone di carota prelevato nel corso del sondaggio

Resistenza alla compressione monoassiale

$\sigma_r = 31500$  kPa

Contenuto in carbonato di calcio

$CaCO_3 = 90,0$  %

### Grandezze indice del campione:

$\gamma = 2,12$ g/cm <sup>3</sup>	Peso di volume	[ASTM D 1188]
$\gamma_s =$ g/cm <sup>3</sup>	Peso specifico dei granuli	[ASTM D 854]
$\gamma_d =$ g/cm <sup>3</sup>	Peso di volume secco	
$\gamma_{sat} =$ g/cm <sup>3</sup>	Peso di volume saturo	
$\gamma' =$ g/cm <sup>3</sup>	Peso di volume sommerso	
$W/n =$ %	Umidità naturale	[ASTM D 2216]
$Sr =$ %	Grado di saturazione	
$n =$ %	Porosità	
$e =$	Indice dei vuoti	

### FASI DEL CAMPIONE

$V =$ m <sup>3</sup>	VOLUME $V = V_a + V_w + V_s$	PESO $P = P_a + P_w + P_s$	$P =$ Kg
$V_v =$ m <sup>3</sup>	$V_a$	Gas	$P_a =$ Kg
$V_a =$ m <sup>3</sup>	$V_v$	Liquido	$P_w =$ Kg
$V_w =$ m <sup>3</sup>	$V_w$	Solido	$P_s =$ Kg
$V_s =$ m <sup>3</sup>	$V_s$		

GEOMETRI s.r.l.

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Alberto Scuderi





**ATTORE GEOTECNICA**  
Prove di Laboratorio

**RIEPILOGO CAMPIONE CR 2 SONDAGGIO S4**

Re-S4-CR 2

Committente:	Comune di Soriano		Commessa :	10/02	
Lavoro:	Aree per attendamenti e containers				
Sondaggio:	S4	Campione:	CR 2	da metri	7,00 a metri 7,40 dal p.c.

**ANALISI E PROVE**

**PROPRIETA' DEL CAMPIONE**

**RISULTATI**

<b>Determinazioni peso volume</b>	Peso di volume	$\gamma =$	1,98	g/cm <sup>3</sup>
	Peso di volume secco	$\gamma_d =$	1,74	g/cm <sup>3</sup>
	Peso specifico dei granuli	$\gamma_s =$	2,75	g/cm <sup>3</sup>
	Peso di volume saturo	$\gamma_{sat} =$	2,10	g/cm <sup>3</sup>
<b>Determinazioni contenuto d'acqua</b>	Peso di volume sommerso	$\gamma' =$	1,10	g/cm <sup>3</sup>
	Umidità naturale	$W_n =$	14,06	%
	Grado di saturazione	$S_r =$	66,12	%
	Porosità	$n =$	36,90	%
<b>Determinazioni quantità di vuoti</b>	Indice dei Vuoti	$e =$	0,58	%
	Contenuto in ciottoli	in peso		%
	Contenuto in ghiaia	in peso		%
	Contenuto in sabbia	in peso	94	%
<b>Analisi granulometrica</b>	Contenuto in limo	in peso	6	%
	Contenuto in argilla	in peso		%
	Coefficiente di uniformità	$U =$	0,4	Terra uniforme
	Classificazione AGI			
<b>Classificazione delle terre</b>	Classificazione CNR-UNI 10006	Sabbia deb. limosa		
	Classificazione USCS			
<b>Prova di taglio diretto CD</b>	Coesione	$C' =$	10,0	kPa
	Angolo di attrito interno	$\phi' =$	31,0	°

## 1 - Dati sperimentali

Nome del file delle tracceC:\Documents and Settings\Administrator\Desktop\  
masw sortino comune\mslsortino10m.DAT  
Numero di ricevitori .....24  
Distanza tra i sensori: .....1.5m  
Numero di campioni temporali .....4096  
Passo temporale di acquisizione .....0.5ms  
Numero di ricevitori usati per l'analisi .....24  
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a .....0ms  
L'intervallo considerato per l'analisi termina a .....2047.5ms  
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

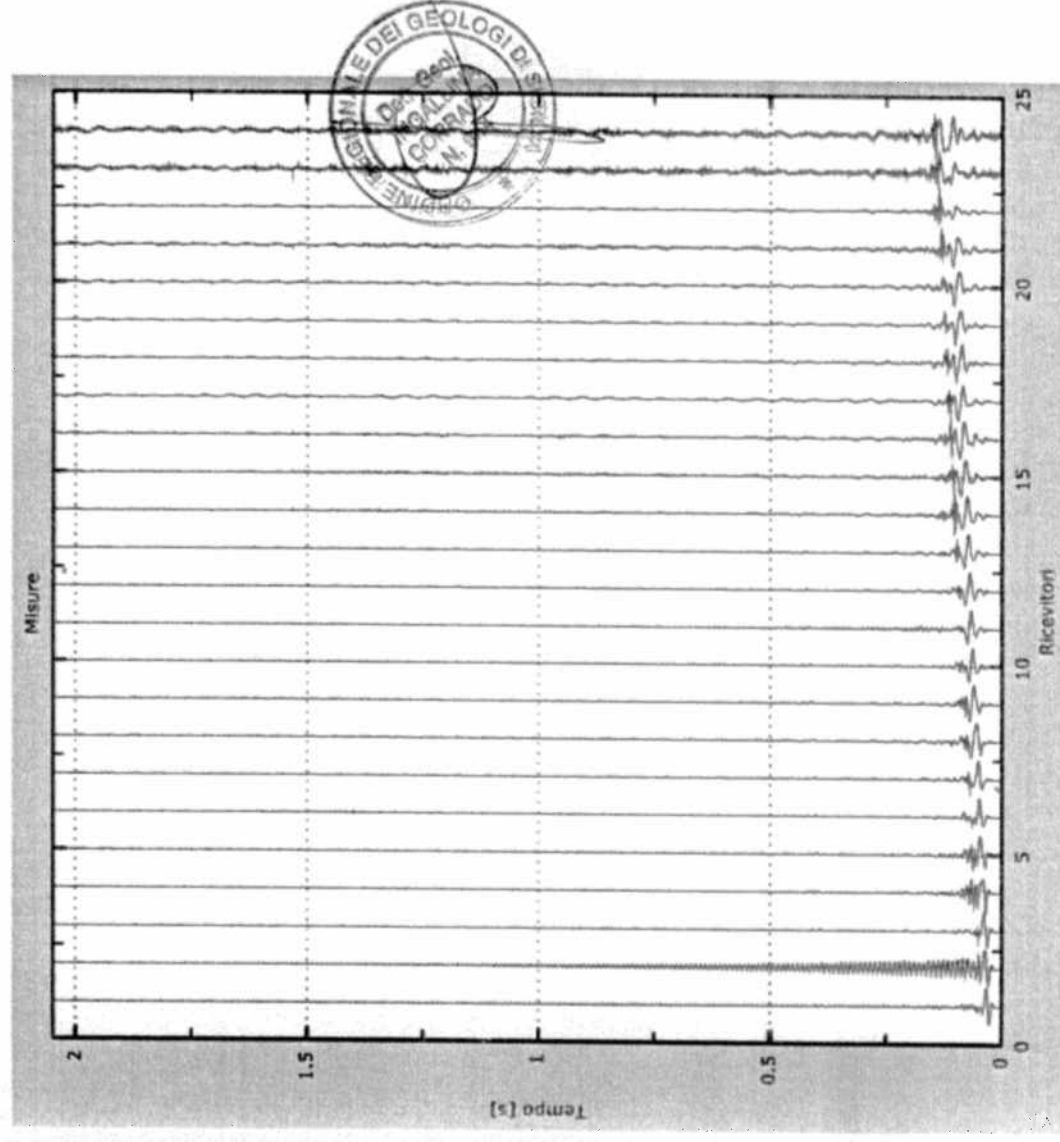


Figura 1: Tracce sperimentali

## 2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale ..... 70Hz  
Frequenza iniziale ..... 2Hz

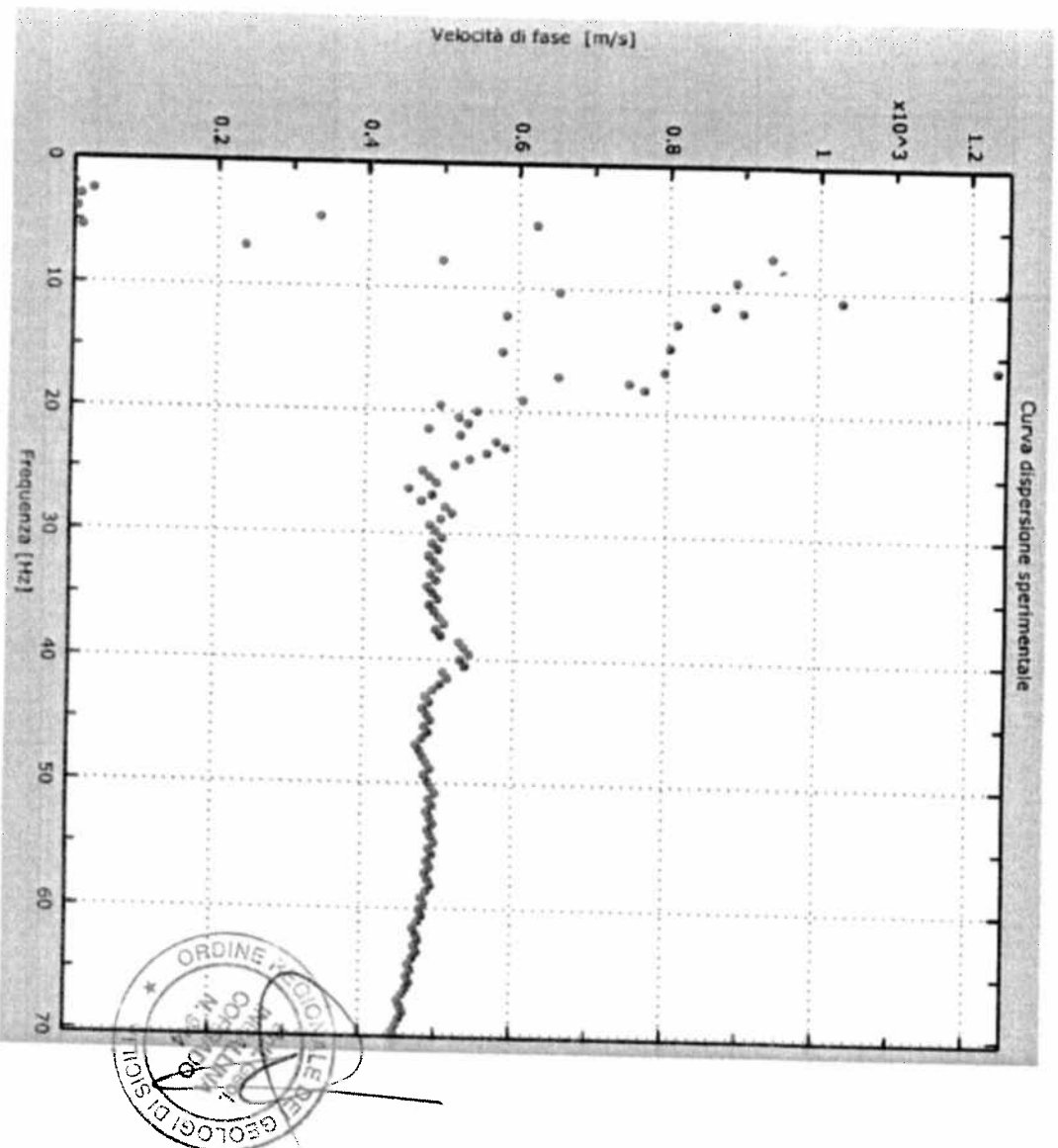
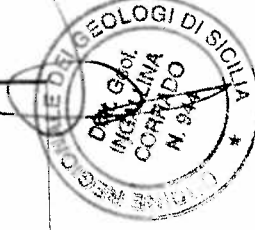


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

### 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]
9.21725	895.944	887.105	904.782
12.4691	811.979	798.721	825.236
17.0021	661.725	655.096	668.354
19.17	606.485	595.437	617.533
23.9001	544.616	540.197	549.035
28.6301	509.262	504.843	513.681
32.966	502.633	498.214	507.053
37.0062	507.053	498.214	515.891
41.6377	513.681	500.424	526.939
45.5794	487.166	478.328	496.004
53.0686	498.214	489.376	507.053
59.5724	487.166	482.747	491.585
66.2733	462.86	460.651	465.07



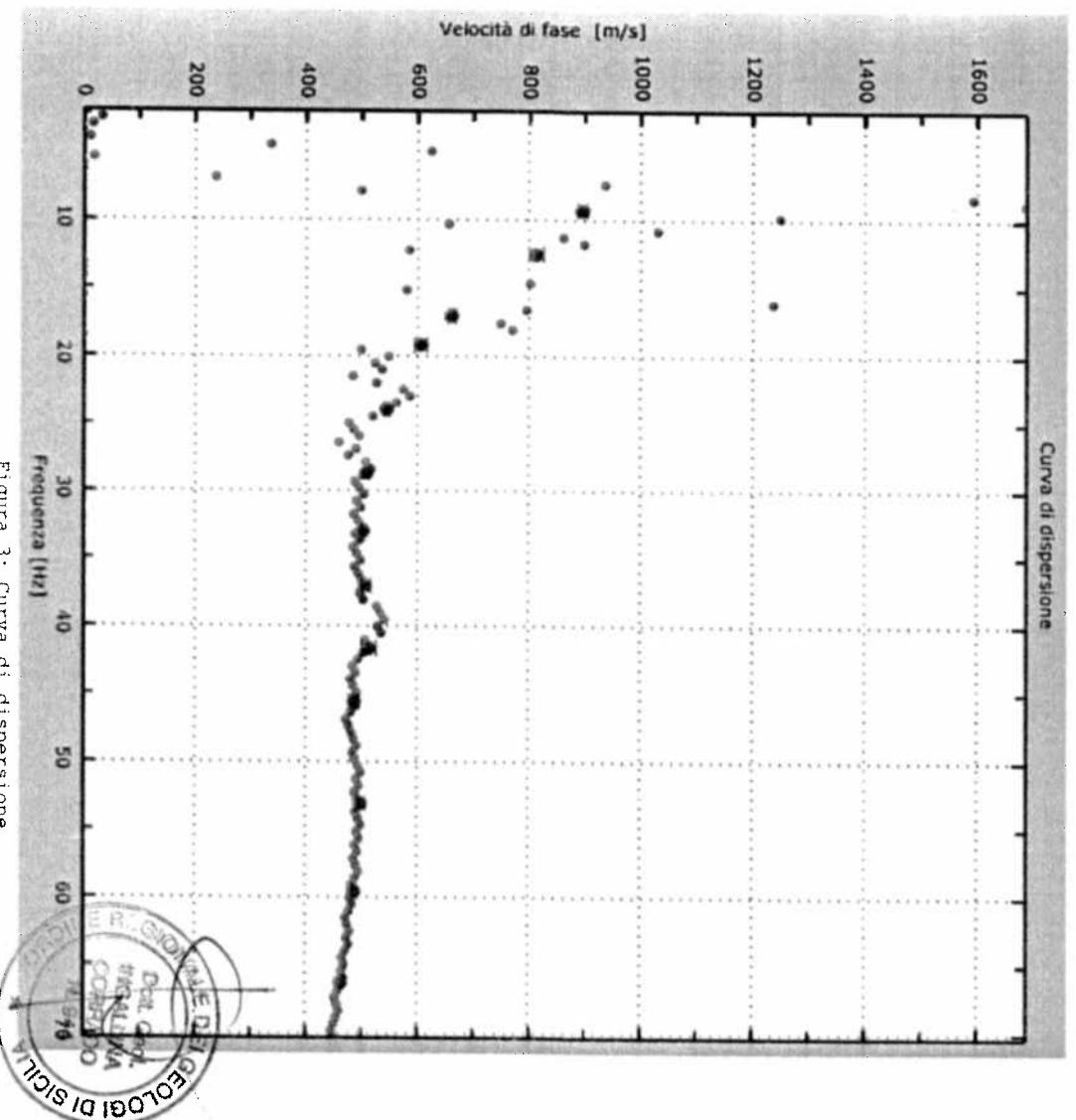


Figura 3: Curva di dispersione

#### 4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio) ..... 9  
 Spaziatura ricevitori [m] ..... 1.5m  
 Numero ricevitori ..... 24  
 Numero modi ..... 1

##### Strato 1

h [m] ..... 2  
 z [m] ..... -2  
 Densità [kg/m<sup>3</sup>] ..... 1900  
 Poisson ..... 0.2  
 Vs [m/s] ..... 514  
 Vp [m/s] ..... 839  
 Vs min [m/s] ..... 257

Vs max [m/s] ..... 1029  
 Falda non presente nello strato  
 Strato non alluvionale  
 Vs fin.[m/s] ..... 514

#### Strato 2

h [m] ..... 3  
 z [m] ..... -5  
 Densità [kg/m<sup>3</sup>] ..... 1900  
 Poisson ..... 0.2  
 Vs [m/s] ..... 541  
 Vp [m/s] ..... 883  
 Vs min [m/s] ..... 271  
 Vs max [m/s] ..... 1083  
 Falda non presente nello strato  
 Strato non alluvionale  
 Vs fin.[m/s] ..... 541

#### Strato 3

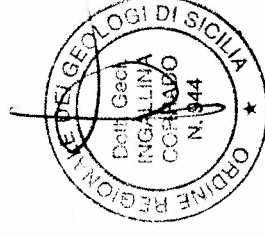
h [m] ..... 3  
 z [m] ..... -8  
 Densità [kg/m<sup>3</sup>] ..... 1900  
 Poisson ..... 0.2  
 Vs [m/s] ..... 558  
 Vp [m/s] ..... 911  
 Vs min [m/s] ..... 279  
 Vs max [m/s] ..... 1117  
 Falda non presente nello strato  
 Strato non alluvionale  
 Vs fin.[m/s] ..... 558

#### Strato 4

h [m] ..... 4  
 z [m] ..... -12  
 Densità [kg/m<sup>3</sup>] ..... 1900  
 Poisson ..... 0.2  
 Vs [m/s] ..... 645  
 Vp [m/s] ..... 1053  
 Vs min [m/s] ..... 303  
 Vs max [m/s] ..... 968  
 Falda non presente nello strato  
 Strato non alluvionale  
 Vs fin.[m/s] ..... 645

#### Strato 5

h [m] ..... 4  
 z [m] ..... -16  
 Densità [kg/m<sup>3</sup>] ..... 1900  
 Poisson ..... 0.2  
 Vs [m/s] ..... 714  
 Vp [m/s] ..... 1166  
 Vs min [m/s] ..... 337  
 Vs max [m/s] ..... 1071  
 Falda non presente nello strato



Strato non alluvionale  
Vs fin.[m/s] ..... 714

#### Strato 6

h [m] ..... 5  
z [m] ..... -21  
Densità [kg/m<sup>3</sup>] ..... 1900  
Poisson ..... 0.2  
Vs [m/s] ..... 835  
Vp [m/s] ..... 1364  
Vs min [m/s] ..... 368  
Vs max [m/s] ..... 1253  
Falda non presente nello strato  
Strato non alluvionale  
Vs fin.[m/s] ..... 835

#### Strato 7

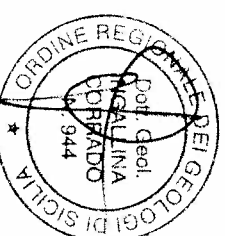
h [m] ..... 5  
z [m] ..... -26  
Densità [kg/m<sup>3</sup>] ..... 1900  
Poisson ..... 0.2  
Vs [m/s] ..... 968  
Vp [m/s] ..... 1581  
Vs min [m/s] ..... 451  
Vs max [m/s] ..... 1452  
Falda non presente nello strato  
Strato non alluvionale  
Vs fin.[m/s] ..... 968

#### Strato 8

h [m] ..... 6  
z [m] ..... -32  
Densità [kg/m<sup>3</sup>] ..... 1900  
Poisson ..... 0.2  
Vs [m/s] ..... 1010  
Vp [m/s] ..... 1649  
Vs min [m/s] ..... 451  
Vs max [m/s] ..... 1515  
Falda non presente nello strato  
Strato non alluvionale  
Vs fin.[m/s] ..... 1010

#### Strato 9

h [m] ..... 0  
z [m] ..... -∞  
Densità [kg/m<sup>3</sup>] ..... 2000  
Poisson ..... 0.2  
Vs [m/s] ..... 1300  
Vp [m/s] ..... 2123  
Vs min [m/s] ..... 498  
Vs max [m/s] ..... 1950  
Falda non presente nello strato  
Strato non alluvionale  
Vs fin.[m/s] ..... 1300



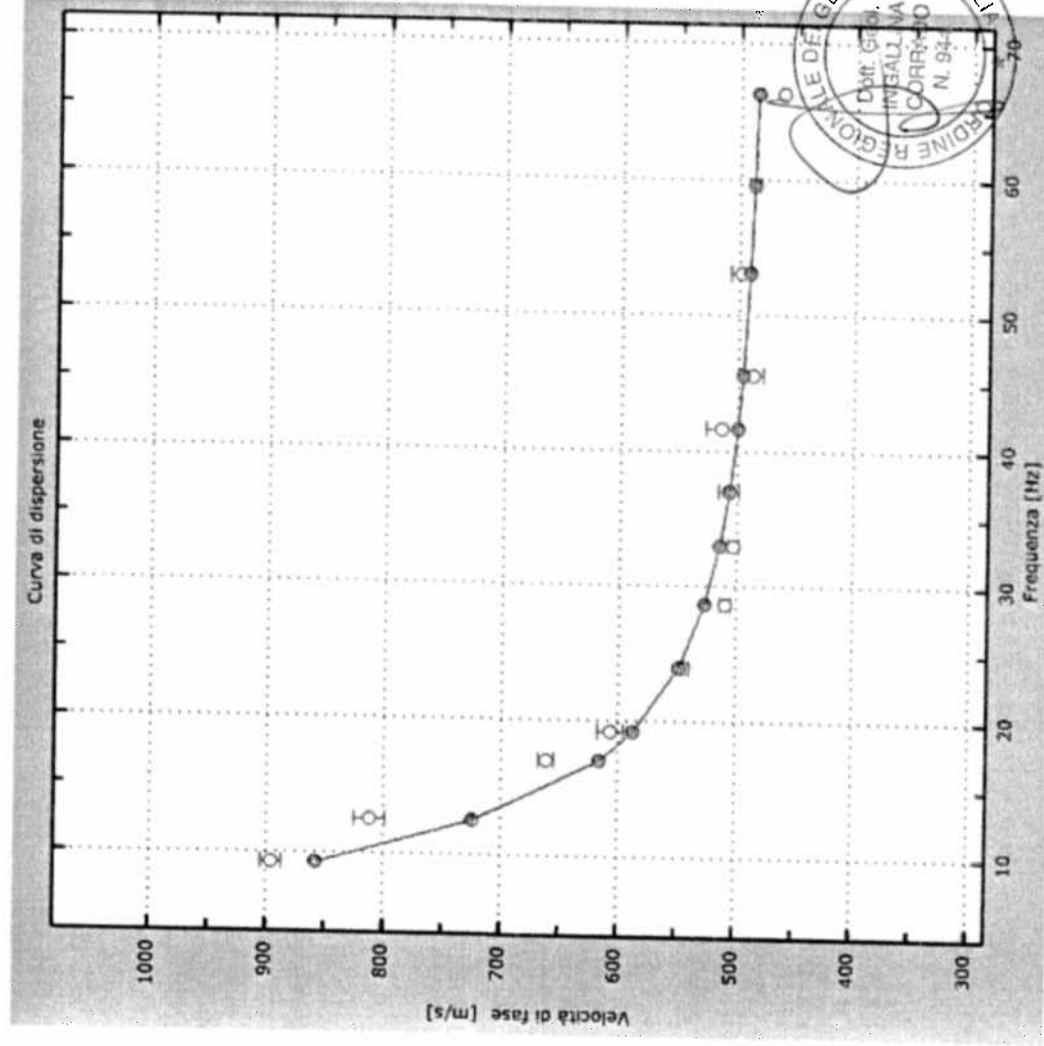


Figura 4: Velocità numeriche - punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano),  
curva apparente (blu), curva numerica (rosso)



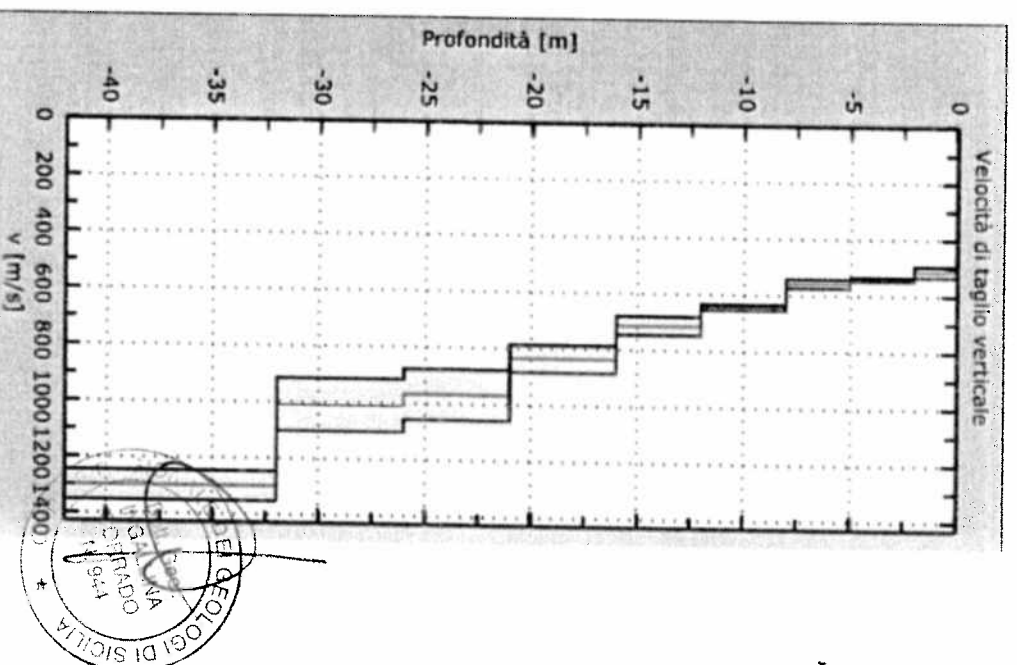


Figura 5: Profilo Vs numerico

## 5 - Risultati finali

Piano di riferimento  $z=0$  [m] ..... 0  
 Vs30 [m/s] ..... 718  
 La normativa applicata è il DM 14 gennaio 2008  
 Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o SI (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).  
 Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.  
 Le caratteristiche meccaniche degli strati migliorano gradualmente con la profondità  
 Tipo di suolo ..... B

