

GeoLog  
Studio Associato di geologia  
Dott.ri A. Bianchi P. Cluffi S. Sartini



Comune di Pisa

INDAGINI GEOFISICHE REALIZZATE IN  
LOCALITA' OSPEDALETTO, COMUNE DI PISA

Committente

*Geo Tirreno S.r.l.*

Lucca, 20 settembre 2007



**Dott. Geol. Simone Sartini**

## Sommario

- |  |          |
|--|----------|
| <b>1) Premessa</b>                     | <b>3</b> |
| <b>2) Risultati dell'indagine MASW</b> | <b>4</b> |

**Allegato 1: Tavole**

**Allegato 2: Foto**

## 1) Premessa

Dietro incarico della Committenza sono state eseguite indagini geofisiche in un lotto di terreno in località Ospedaletto (Tav. 1) nel Comune di Pisa, con lo scopo di caratterizzare i terreni presenti nel lotto medesimo mediante il parametro Vs30.

La caratterizzazione in oggetto è stata eseguita facendo ricorso alla tecnica denominata M.A.S.W. (Multi-channel analysis of surface waves), basata sullo studio della propagazione delle onde sismiche di superficie (Onde di Rayleigh).

Oggetto della presente relazione sono i risultati a cui si è pervenuti.

## 2) Risultati dell'indagine MASW

Ai sensi della nuova normativa antisismica nazionale (DPCM 3274/03) si è proceduto a determinare il parametro  $V_{s30}$ , che esprime la velocità media delle onde elastiche di taglio (onde S appunto) nei primi 30 metri di profondità al disotto del piano di fondazione. In particolare, per  $V_{s30}$ , si intende la media pesata della velocità delle onde S determinata come di seguito:

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

Una volta noto il valore della  $V_{s30}$  è possibile collocare il terreno interessato dall'intervento all'interno di una delle categorie di suolo previste dalla legge in oggetto e riportate di seguito.

Suolo di fondazione	$V_{s30}$	$N_{spt}$ - Cu
<b>A</b> Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.	<b>&gt; 800 m/s</b>	
<b>B</b> Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di 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 resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$ , o coesione non drenata $Cu > 250$ kPa).	<b>&gt; 360 m/s &lt; 800 m/s</b>	<b><math>N_{spt} &gt; 50</math> <math>Cu &gt; 250</math> kPa</b>
<b>C</b> Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di $V_{s30}$ compresi 180 m/s e 360 m/s ( $15 < N_{spt} < 50$ , $70 < Cu < 250$ kPa).	<b>&gt; 180 m/s &lt; 360 m/s</b>	<b><math>15 &lt; N_{spt} &lt; 50</math> <math>70 &lt; Cu &lt; 250</math> kPa</b>
<b>D</b> Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ( $N_{spt} < 15$ , $Cu < 70$ kPa).	<b>&lt; 180 m/s</b>	<b><math>N_{spt} &lt; 15</math> <math>Cu &lt; 70</math> kPa</b>
<b>E</b> Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di $V_{s30}$ simili a quelli dei tipi C e D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.	<b>&lt; 360 m/s</b>	
<b>S<sub>1</sub></b> Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $I_p > 40$ ) e contenuto d'acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s	<b>&lt; 100 m/s</b>	
<b>S<sub>2</sub></b> Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.		

Ai fini della caratterizzazione in oggetto la velocità di propagazione delle onde sismiche può essere ottenuta per via indiretta, ovvero ricavandola da indagini geonostiche (ad esempio dal parametro  $N_{spt}$  ricavato da una prova penetrometrica standard) o per via diretta, impiegando indagini di tipo sismico (down-hole, sismica a rifrazione, MASW, cono sismico).

Questi ultimi metodi sono senz'altro più validi e corretti e quando esiste la possibilità di inversioni nel profilo di velocità il metodo MASW (Multi-channel analysis of surface waves) risulta particolarmente risolutivo. Si tratta di una tecnica di indagine piuttosto recente che sfrutta le onde di superficie di Rayleigh. Il MASW è una tecnica "multi-station" che rappresenta una evoluzione del metodo SASW e rispetto a quest'ultimo consente una determinazione senz'altro più affidabile delle proprietà del terreno. Il metodo mira ad una caratterizzazione sismica del sottosuolo basandosi sull'analisi della dispersione geometrica delle onde di superficie. Il risultato finale del processo di elaborazione è il profilo verticale delle velocità delle onde S. Secondo le indicazioni contenute nelle Istruzioni Tecniche (Volume 1) fornite dalla Regione Toscana nell'ambito del Programma V.E.L. (Valutazione effetti locali) in riferimento alle prove di caratterizzazione basate sulla propagazione di onde sismiche di superficie, "la prova si applica quando la profondità delle coperture da esplorare è compresa tra i 10 ed i 50 m presentando una maggiore attendibilità per profondità indagate inferiori ai 20 m".

I vantaggi della tecnica MASW possono essere così riassunti:

- particolarmente indicata per terreni attenuanti ed ambienti rumorosi;
- è in grado di evidenziare inversioni di velocità nel profilo di velocità;
- buona risoluzione;

Tali caratteristiche ne hanno reso particolarmente indicato l'uso nel sito in oggetto.

Schematicamente il processo di analisi è il seguente:

- 1) Creazione dello spettro FK;
- 2) Ricerca del miglior fitting fra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione teorica;
- 3) Profilo di velocità delle onde S;

Il sismografo utilizzato per le misure sismiche è un SUMMIT™ Compact, uno strumento della DMT (Germania), a 24 canali e dinamica del convertitore analogico digitale a 24 Bit (Tecnologia Delta Sigma).

L'acquisizione del segnale è stata eseguita su uno stendimento di 24 geofoni aventi frequenza di 4 Hz equidistanziati di 3 metri. L'energizzazione è avvenuta utilizzando una mazza del peso di 8 Kg incidente su un piastra metallica. L'energia prodotta ed il contenuto in frequenza dell'energizzazione sono risultati adeguati per le finalità dello studio ed il sismogramma ottenuto è risultato di buona qualità.

In Tav.1 si riporta l'ubicazione dello stendimento, in Tav.2 è mostrato il sismogramma ed in Tav.3 sono presentati i risultati ottenuti mediante l'analisi dei segnali acquisiti.

Il profilo della variazione della velocità delle Onde S con la profondità riportato è un profilo semplificato a 5 strati.

A conclusione di quanto fin qui scritto, si evidenzia come le analisi eseguite conducano a valori di  $V_{s30}$  pari a circa 162 m/s ovvero inferiori a 180 m/s che corrispondono ad un suolo di fondazione classificato come di seguito indicato:

#### **CATEGORIA D**

Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di  $V_{s30} < 180$  m/sec ( $N_{spt} < 15$ ,  $Cu < 70$  Kpa)

Infine si fa presente che il valore di  $V_{s30}$  sopra riportato è relativo all'intervallo di profondità compreso fra 0 e 30 metri.

Lucca, 20 settembre 2007

Dott. Geol. Simone Sartini

## ALLEGATO 1 – Tavole







**Legenda**

**MASW**

**G**  
● Geofono

**S**  
● Sorgente

**Coordinate del punto  
mediano del profilo**

**N = 4837399  
E = 1614834**

**Geo  
Log**

Dott. ri Geol. A. Bianchi - P. Ciuffi - S. Sartini

**Oggetto: ubicazione delle indagini**

Comune:  
Pisa

Data: 20 settembre 2007

TAV.

Formato: A3

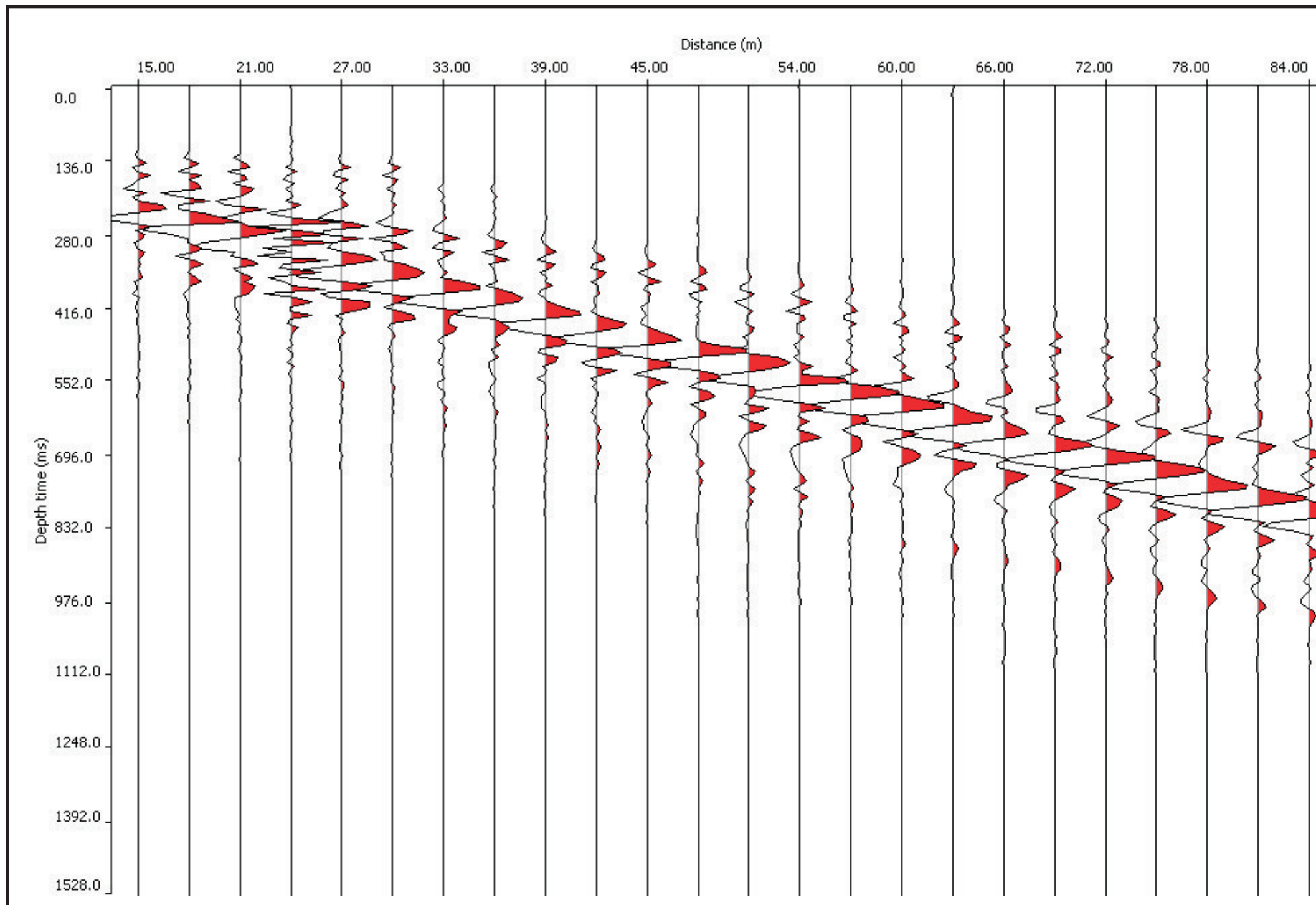
Committente:  
Geo Tirreno S.r.l.

n° **1**

Scala 1:2000

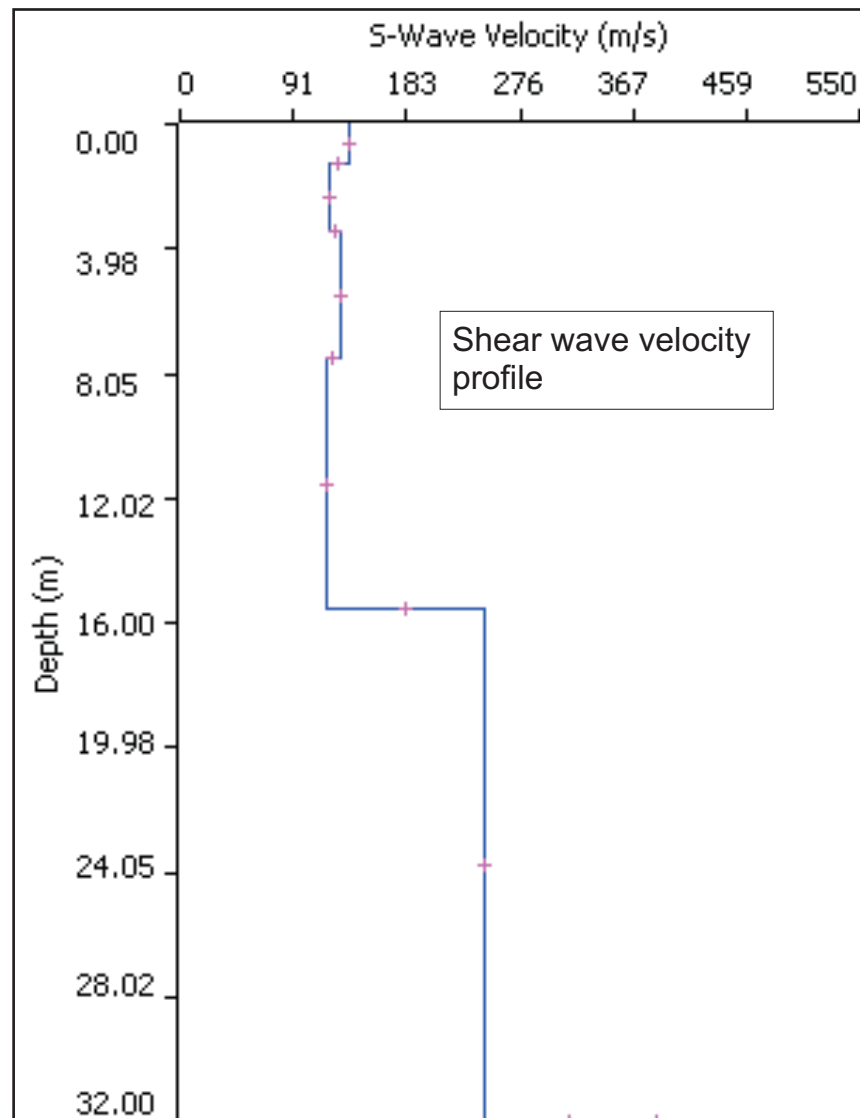
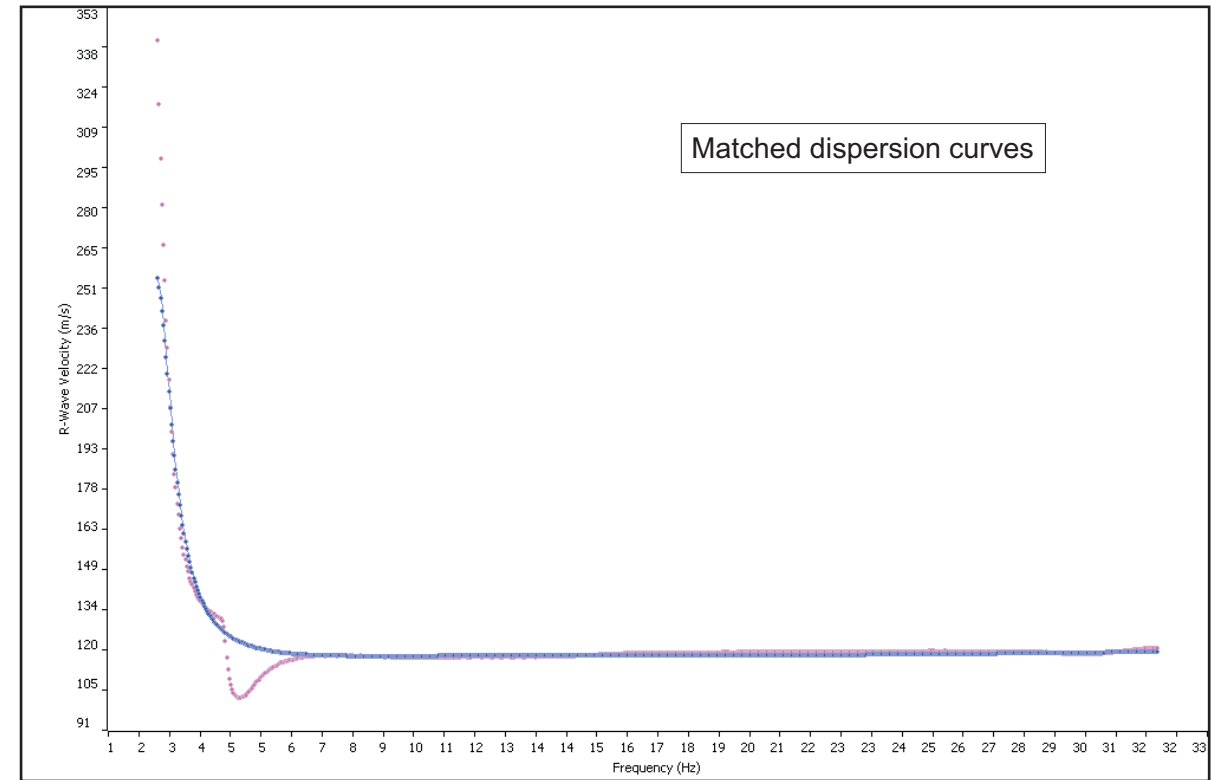
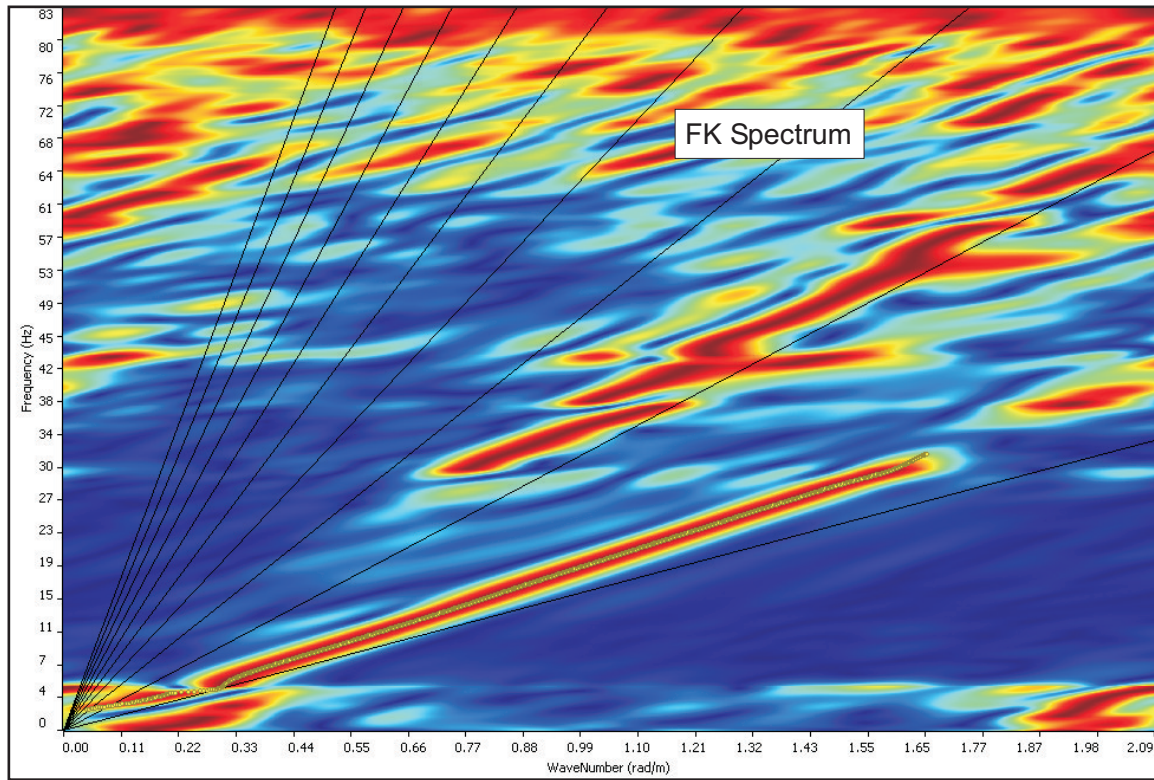
Nome Sito: OSPEDALETTO





<b>Geo Log</b>	Dott. ri Geol. A. Bianchi - P. Ciuffi - S. Sartini	
	<b>Oggetto: sismogramma relativo al M.A.S.W.</b>	
Comune: Pisa	Data: 20 settembre 2007	TAV.  n° <b>2</b>
Formato: A3	Committente: Geo Tirreno S.r.l.	
Nome Sito: OSPEDALETTO		





Ospedaletto - Synthetic model table

	Thickness	Depth	Vs
Layer 1	1.26	0.00	136
Layer 2	2.22	1.26	121
Layer 3	4.06	3.48	130
Layer 4	8.03	7.53	118
Layer 5	16.43	15.57	246
Layer 6	INF	32.00	

<b>Geo Log</b>	Dott. ri Geol. A. Bianchi - P. Ciuffi - S. Sartini	
	<b>Oggetto: spettro, curve di dispersione e grafico Vs</b>	
Comune: Pisa	Data: 20 settembre 2007	TAV.
Formato: A3	Committente: Geo Tirreno S.r.l.	n° <b>3</b>
	Nome Sito: OSPEDALETTO	



## ALLEGATO 2 - Foto







Panoramica del profilo

