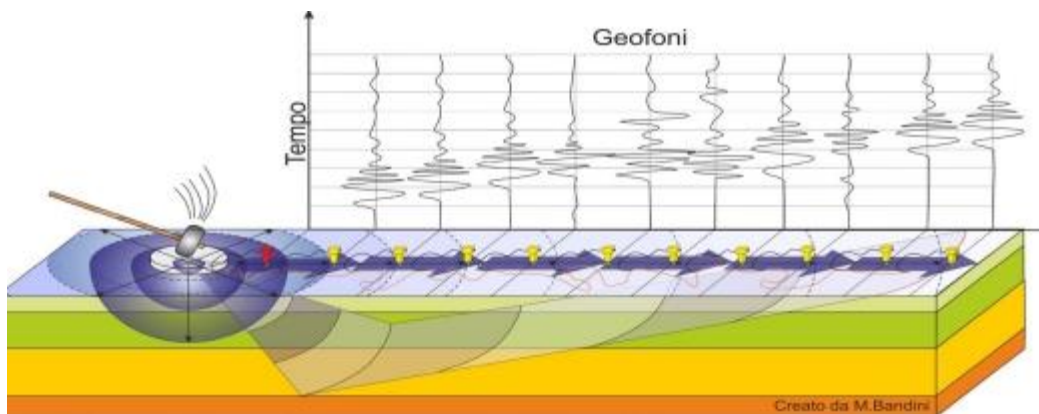


# Indagine geofisica tramite tecnica MASW

*Committente: ing. Francesco Festa*

*Oggetto: Studio di messa in sicurezza del Parco Faunistico  
riqualificazione ambientale in località Maggese nel Comune di Serino  
-CUP: E43C22000200005.*

*Comune : Serino (Av)*



*Data: dicembre 2023*

*Il Tecnico*

*dottor geologo*

*Luca Guarino*



# Easy MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

## Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

## Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (onde P, onde S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

## Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

## Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

### Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

### Profondità di indagine

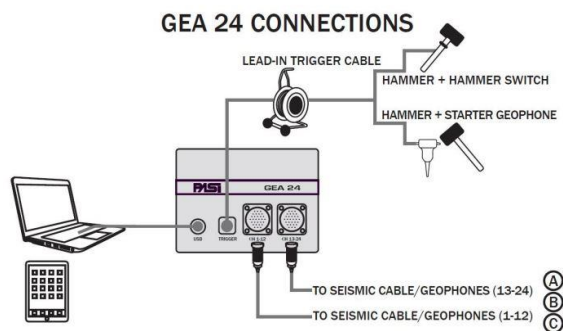
Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

La strumentazione utilizzata è un sismografo modello GEA 24 della Pasi costituito da una centralina di controllo a 24 canali (Centralina Gea24), un cavo USB per collegamento a PC, un Sistema di trigger (geofono starter) ed una scheda di registrazione collegata ad un Pc con sistema operativo Windows 10 home

L'elaborazione dei dati è stato effettuato tramite software EASYMASW della Geostru, regolarmente licenziato.



**Sismografo GEA24**



## Dati generali

Data

19/12/2023 04:21

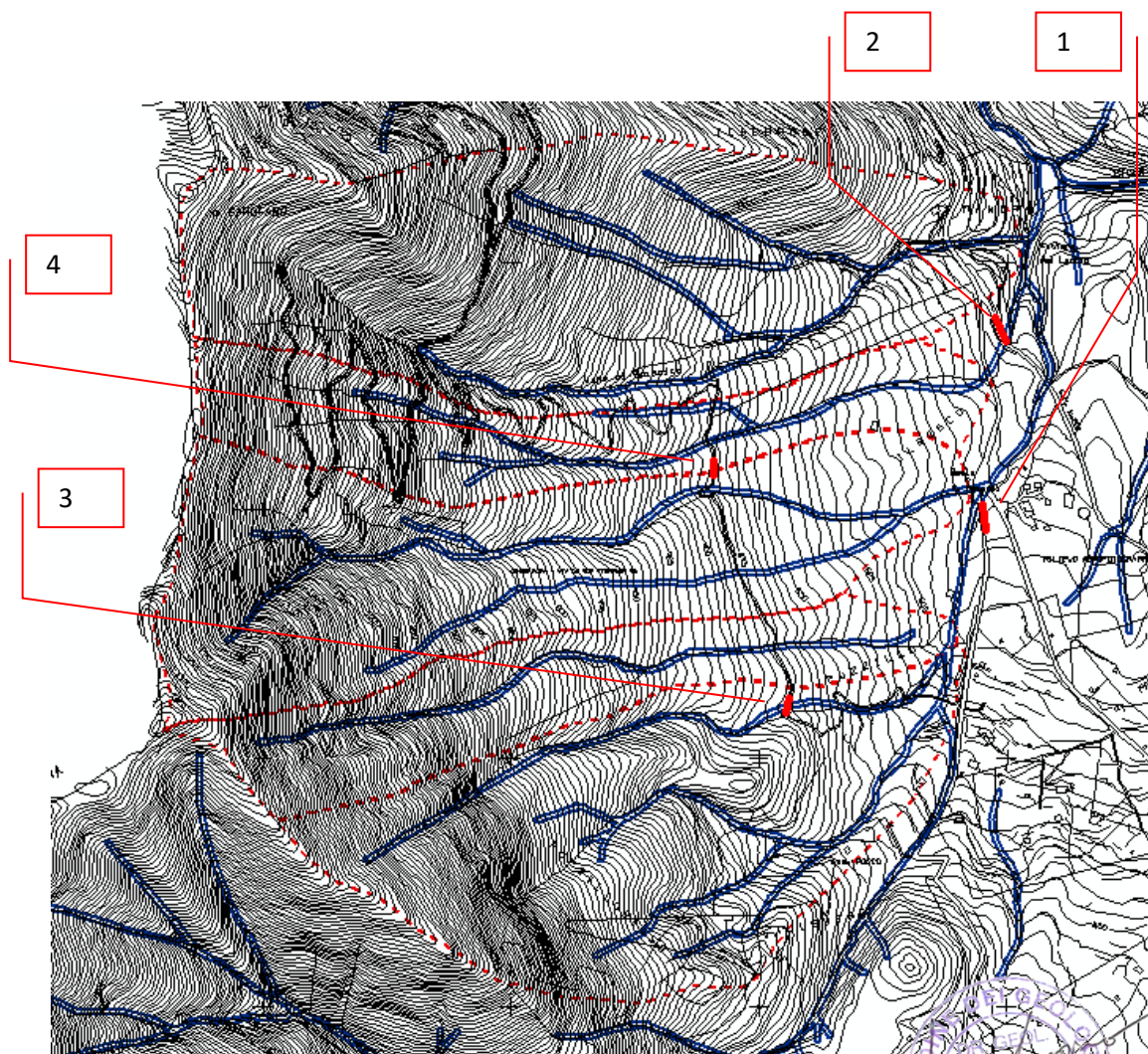
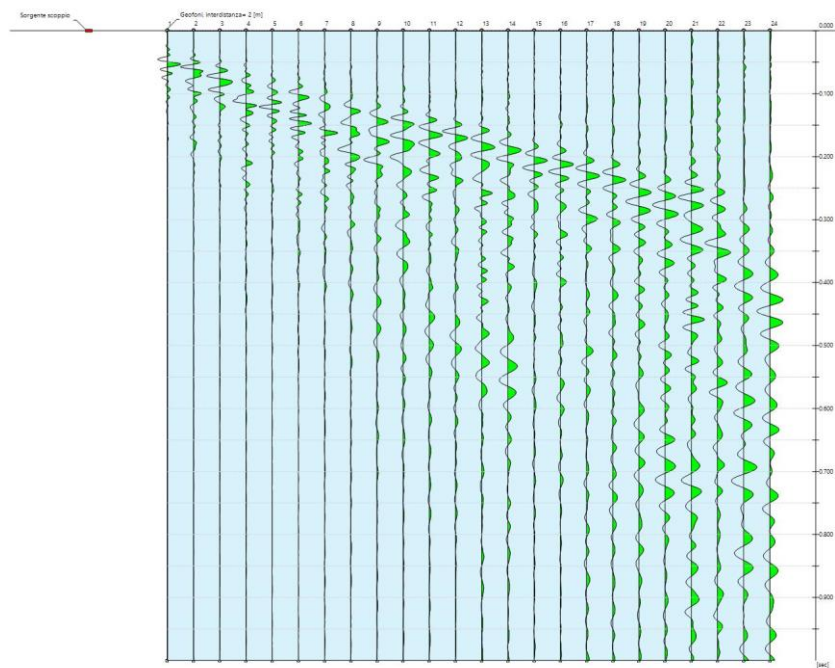


fig. 1 stralcio cartografico ubicazione indagini sismiche eseguite

MASW1  
Tracce

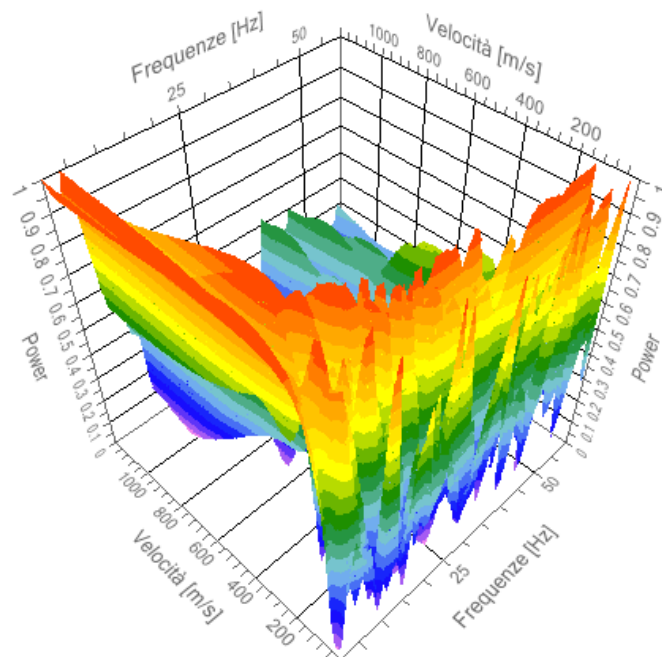
N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	1000.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	0.125



## Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1200
Intervallo velocità [m/sec]	1

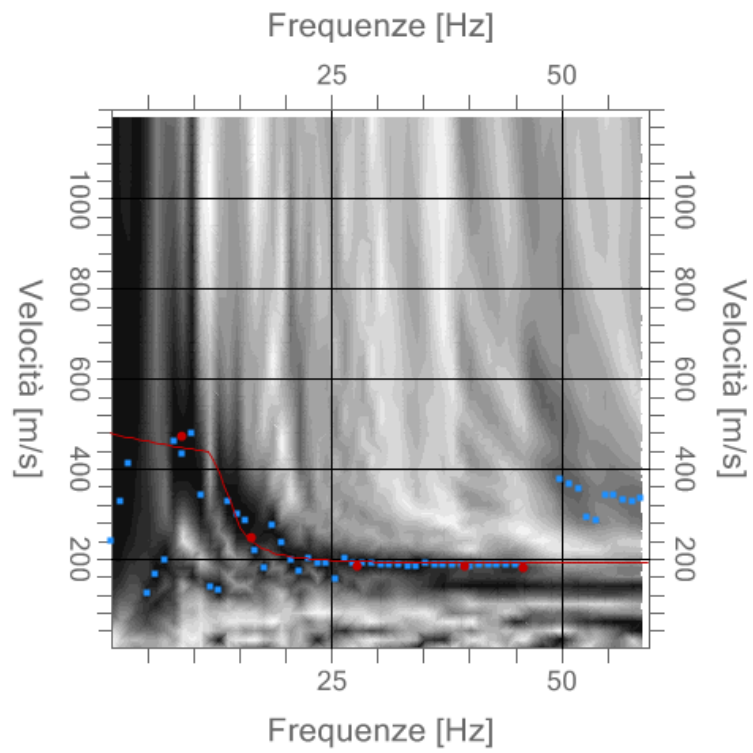
Spettro Velocità di fase - Frequenze



## Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	8.7	470.8	0
2	16.4	245.3	0
3	27.9	184.9	0
4	39.4	183.5	0
5	45.8	181.4	0

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Inversione

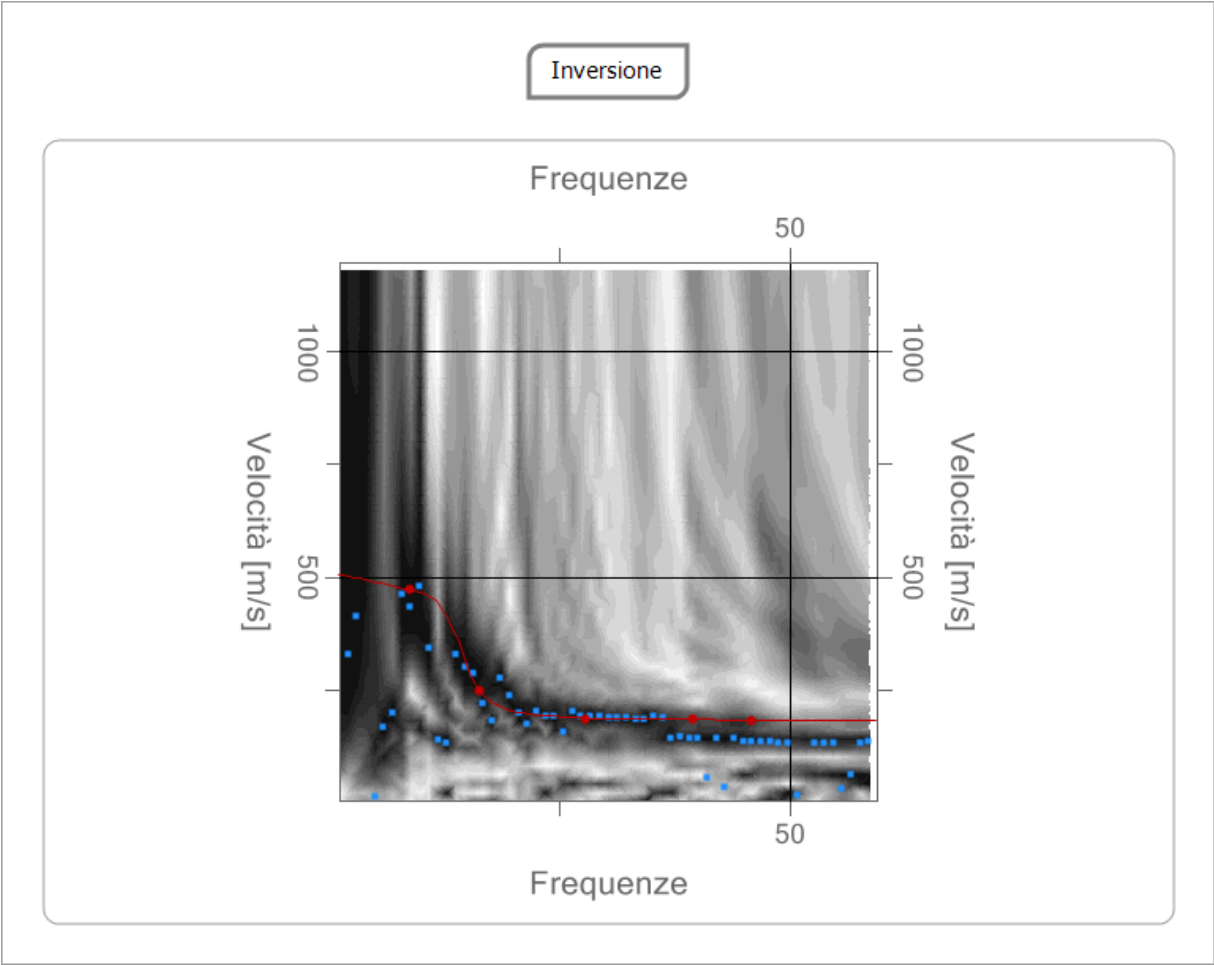
n.	Descrizio ne	Profondit à [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficie nte Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		5.98	5.98	1400.0	0.45	No	634.4	191.3
2		oo	oo	1800.0	0.42	No	1450.9	538.8

Percentuale di errore

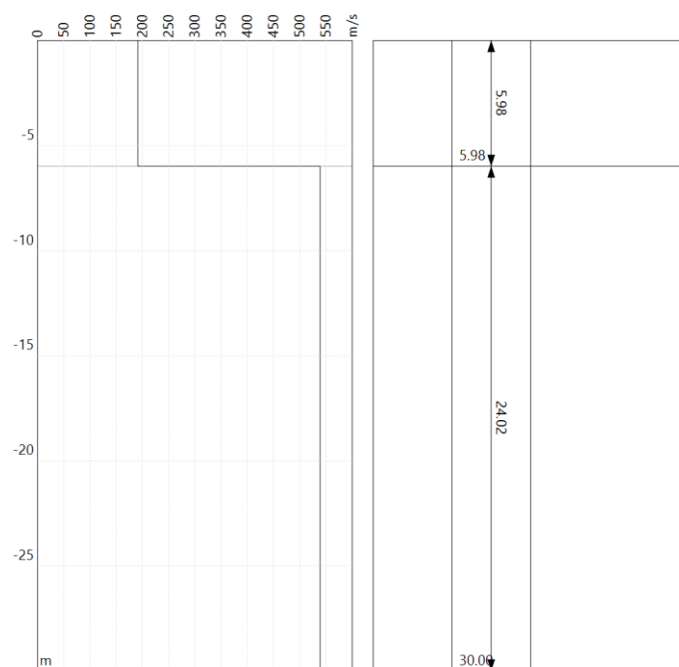
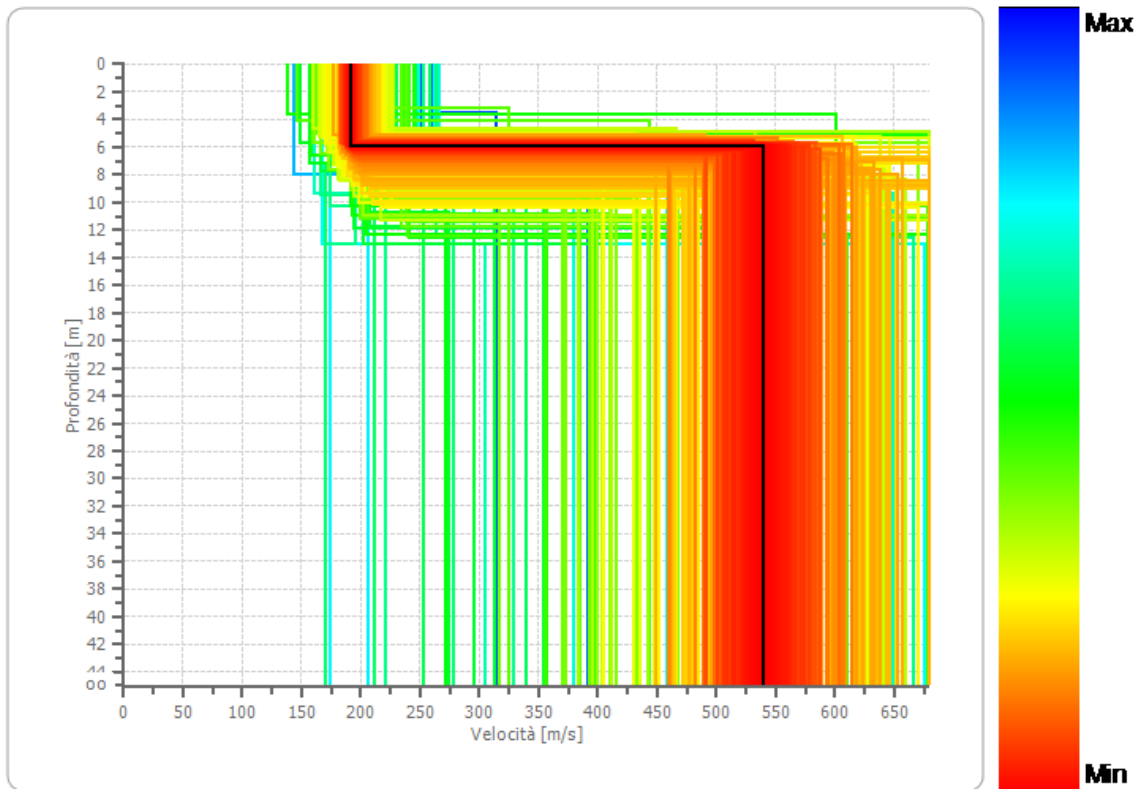
Fattore di disadattamento della soluzione

0.001 %

0.004



Profilo di velocità



## Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	395.49
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

### Altri parametri geotecnici

n.	Profo ndità [m]	Spess ore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densi tà [kg/m c]	Coeffi ciente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	5.98	5.98	191.2 7	634.3 7	1400. 00	0.45	51.22	563.3 9	495.1 0	148.5 3	N/A	607.6 8
2	oo	oo	538.8 4	1450. 87	1800. 00	0.42	522.6 3	3789. 05	3092. 21	1484. 26	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

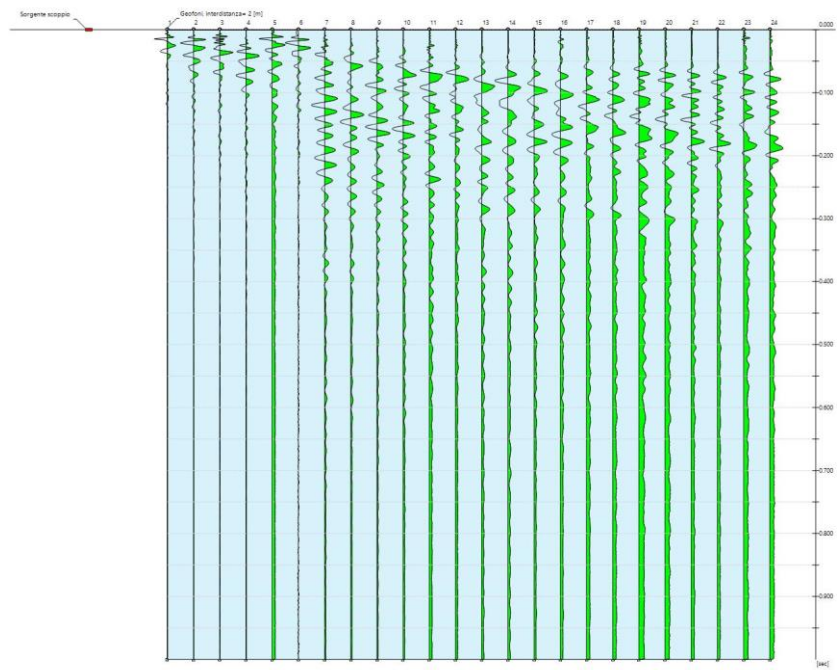
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

# MASW2

## Tracce

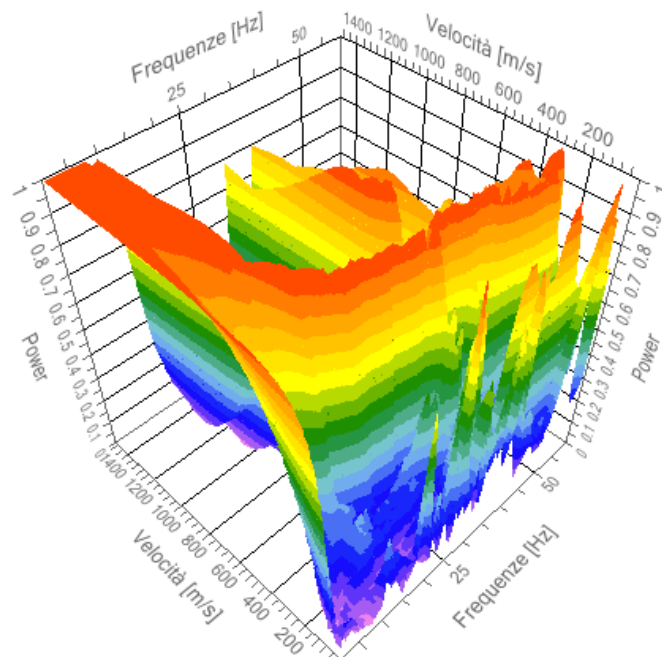
N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	1000.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	0.125



## Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1500
Intervallo velocità [m/sec]	1

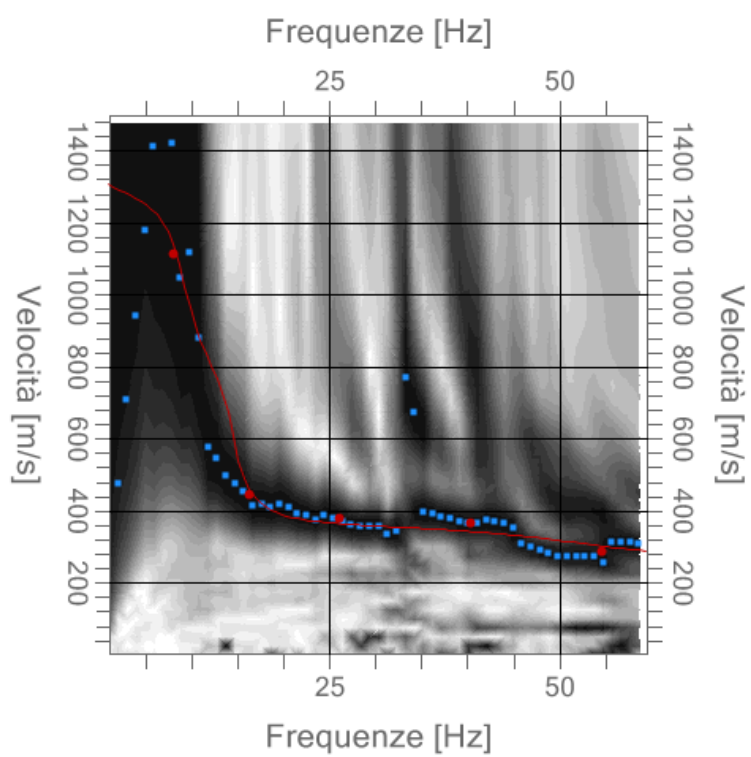
Spettro Velocità di fase - Frequenze



## Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	8.0	1114.7	0
2	16.4	446.3	0
3	26.2	376.9	0
4	40.3	367.5	0
5	54.6	287.6	0

Spettro Velocità di fase - Frequenze

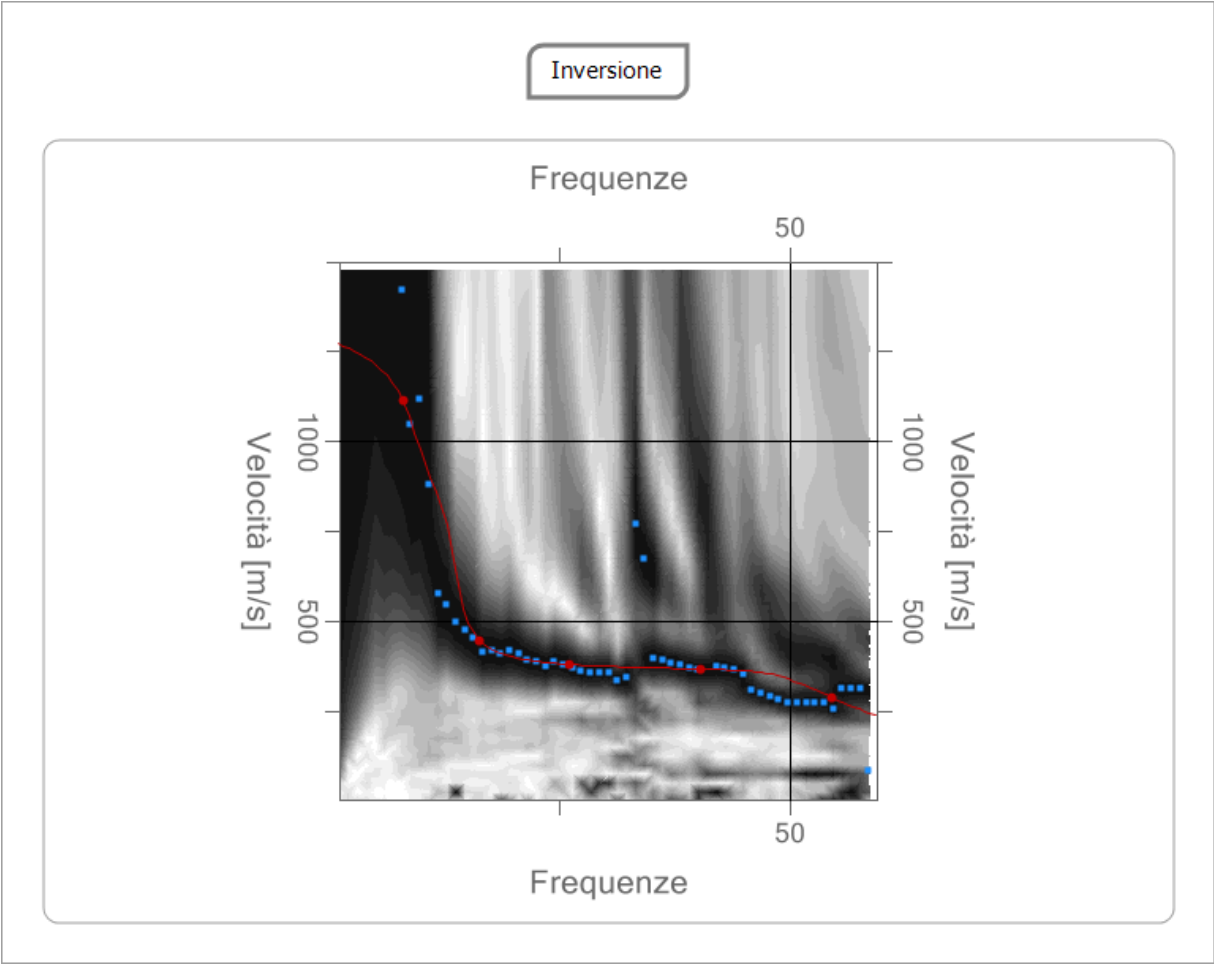


Inversione

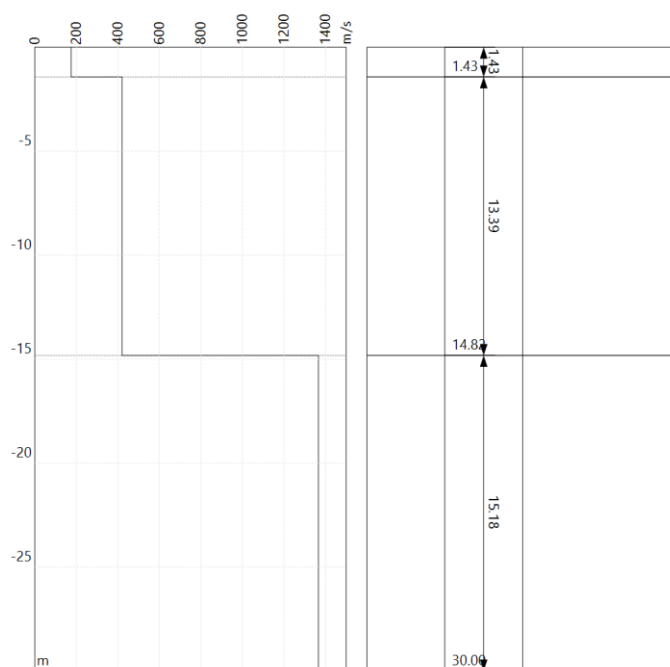
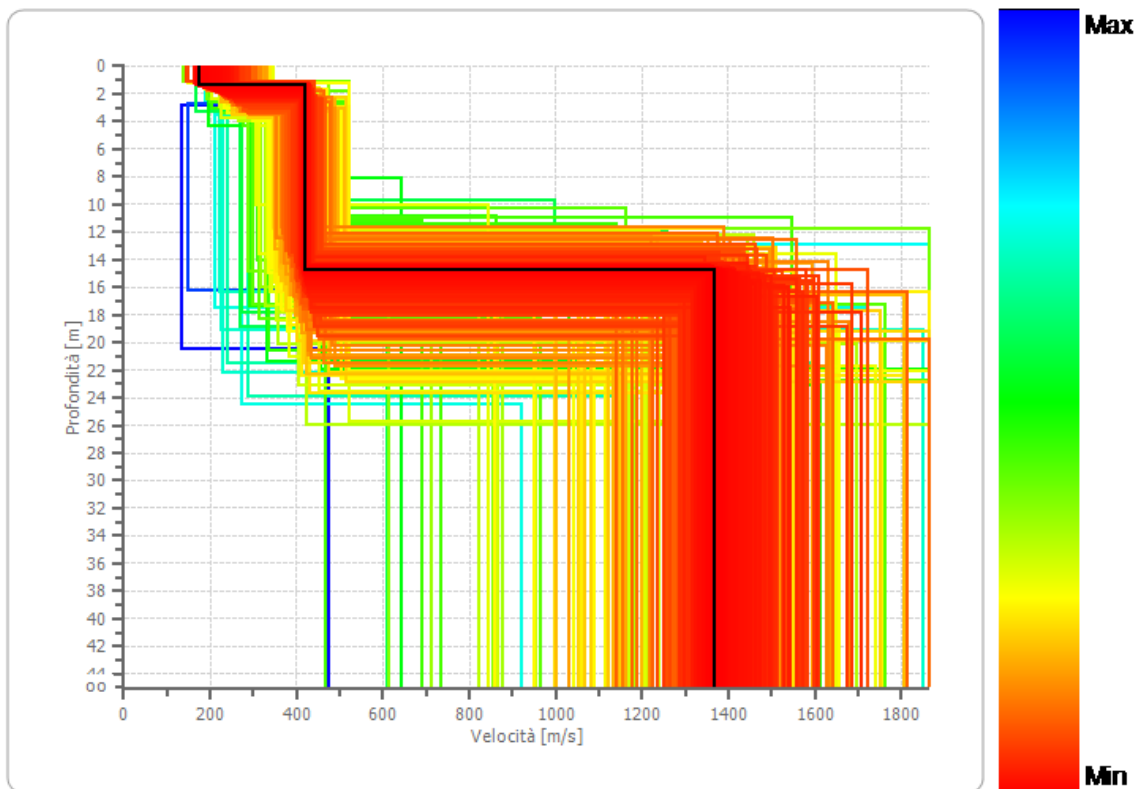
n.	Descrizio ne	Profondit à [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficie nte Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.43	1.43	1400.0	0.45	No	581.0	175.2
2		14.82	13.39	1800.0	0.42	No	1130.6	419.9
3		oo	oo	2200.0	0.38	No	3106.8	1366.8

Percentuale di errore0.000 %

Fattore di disadattamento della soluzione0.003



Profilo di velocità



## Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=14.82 m)	370.02
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

### Altri parametri geotecnici

n.	Profo ndità [m]	Spess ore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densi tà [kg/m c]	Coeffi ciente Pois son	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.43	1.43	175.1 9	581.0 4	1400. 00	0.45	42.97	472.6 6	415.3 6	124.6 1	N/A	390.8 9
2	14.82	13.39	419.8 8	1130. 57	1800. 00	0.42	317.3 4	2300. 74	1877. 62	901.2 6	N/A	N/A
3	oo	oo	1366. 82	3106. 83	2200. 00	0.38	4110. 06	21235 .32	15755 .24	11343 .77	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

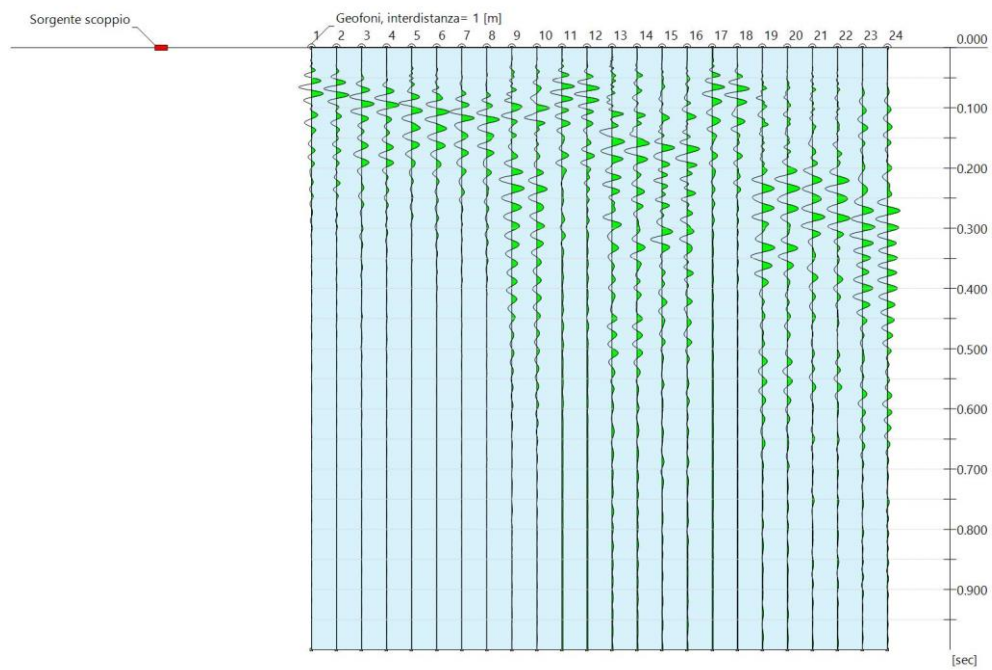
Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

## MASW 3 Tracce

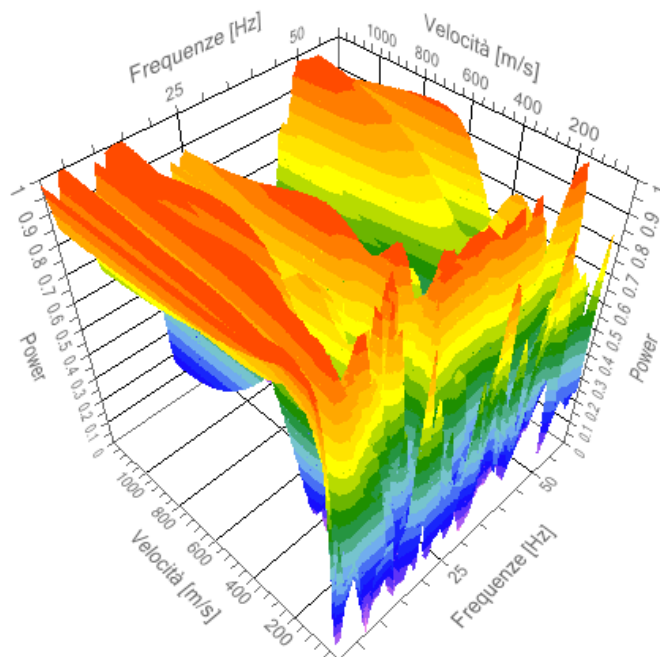
N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	1000.0
Interdistanza geofoni [m]	1.0
Periodo di campionamento [msec]	0.125



## Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1200
Intervallo velocità [m/sec]	1

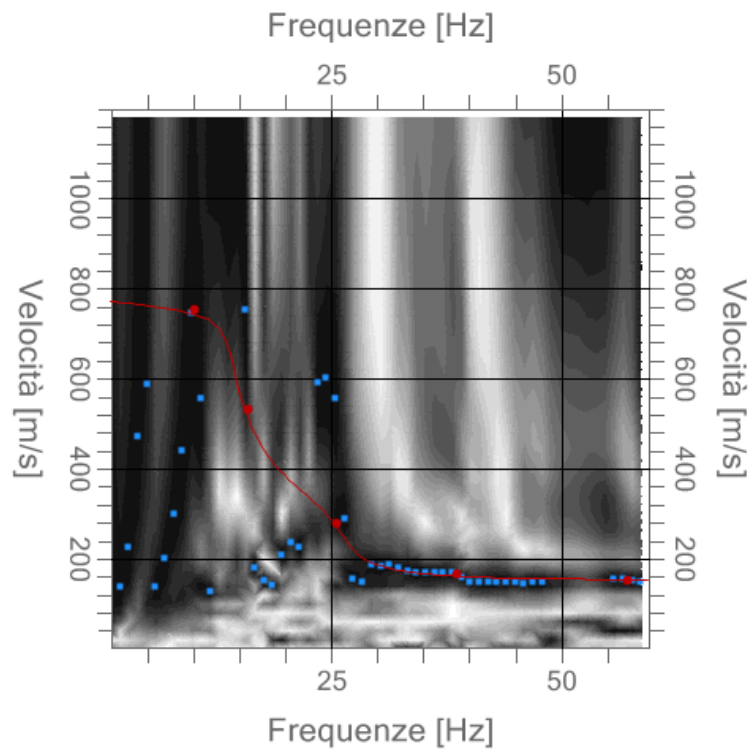
Spettro Velocità di fase - Frequenze



## Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	10.2	752.7	0
2	15.9	531.0	0
3	25.6	279.1	0
4	38.7	166.4	0
5	57.2	151.3	0

Spettro Velocità di fase - Frequenze

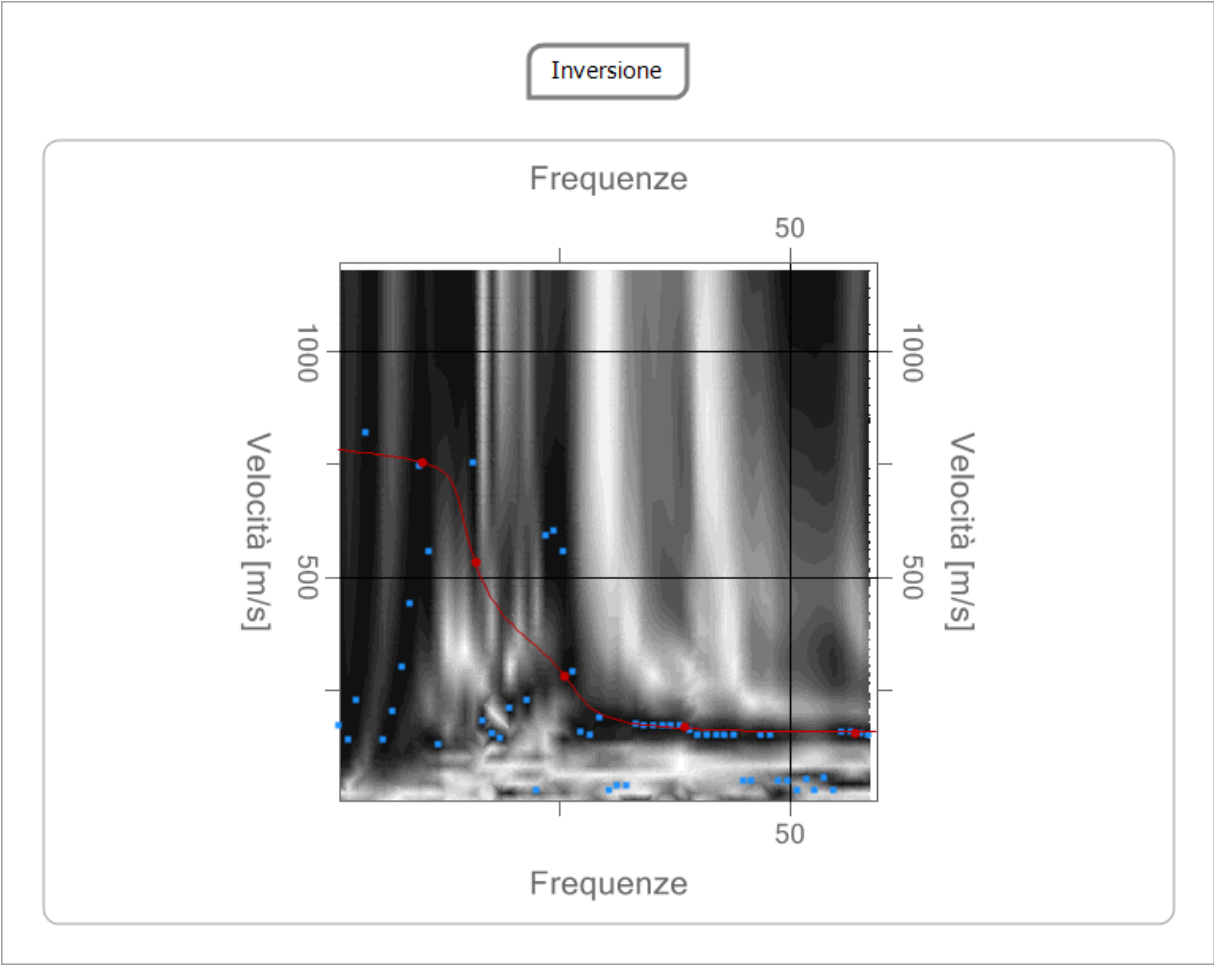


Inversione

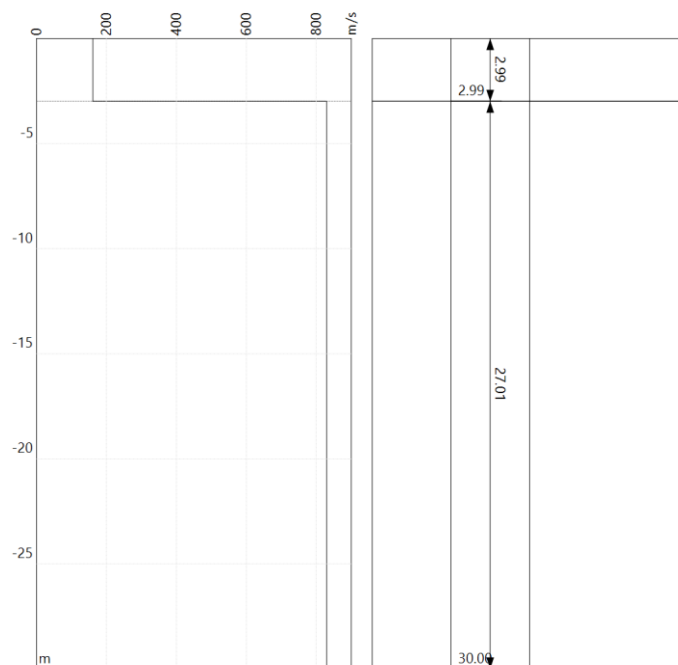
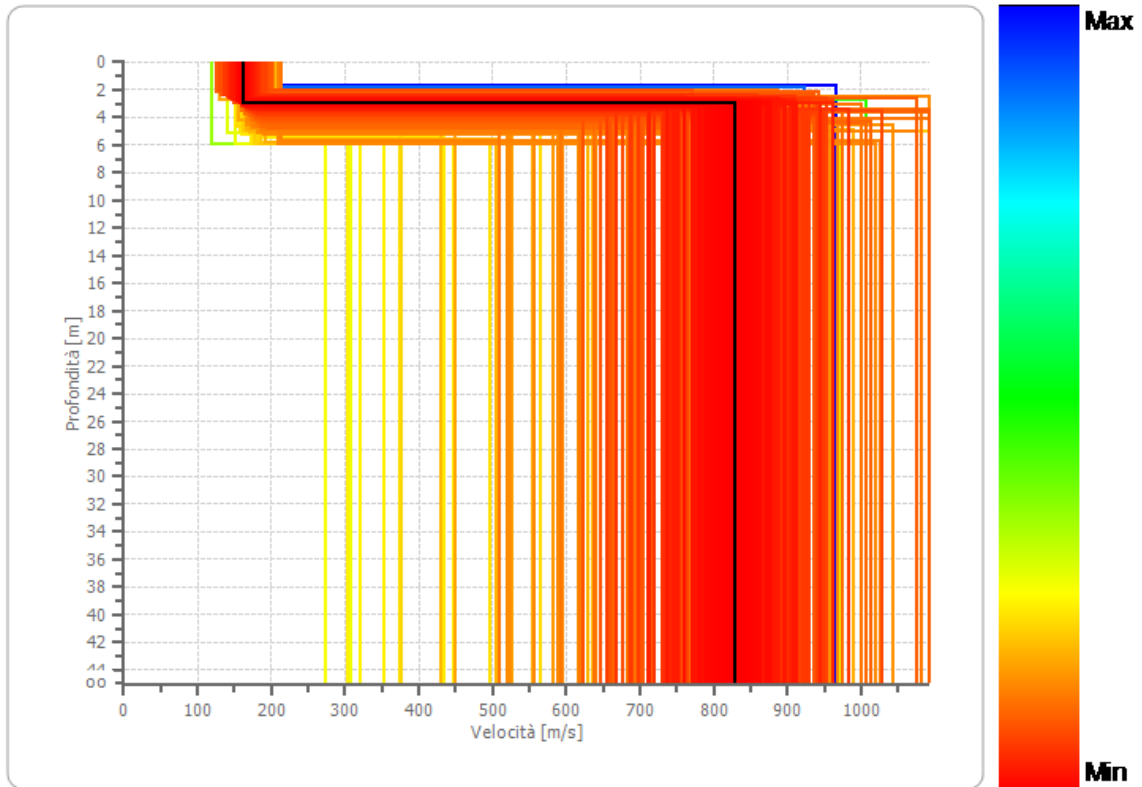
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		2.99	2.99	1400.0	0.45	No	534.3	161.1
2		oo	oo	1800.0	0.42	No	2233.8	829.6

Percentuale di errore0.003 %

Fattore di disadattamento della soluzione0.014



Profilo di velocità



## Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,30 [m/sec]	586.94
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

### Altri parametri geotecnici

n.	Profo ndità [m]	Spess ore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densi tà [kg/m c]	Coeffi ciente Poiss on	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	2.99	2.99	161.1 1	534.3 4	1400. 00	0.45	36.34	399.7 3	351.2 8	105.3 8	90	256.5 6
2	oo	oo	829.6 1	2233. 79	1800. 00	0.42	1238. 85	8981. 64	7329. 84	3518. 33	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

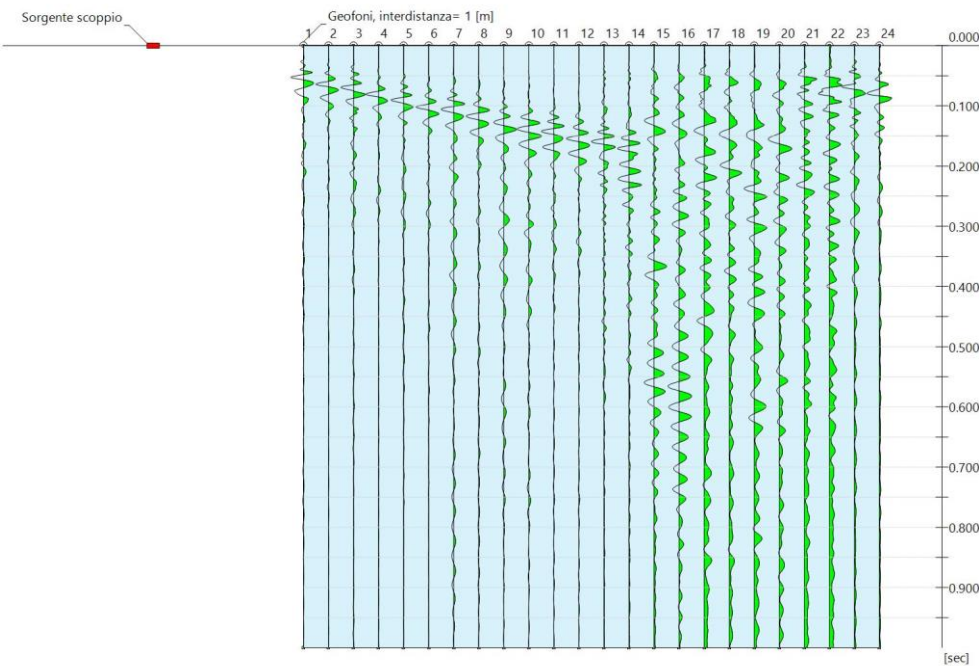
Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

MASW4  
Tracce

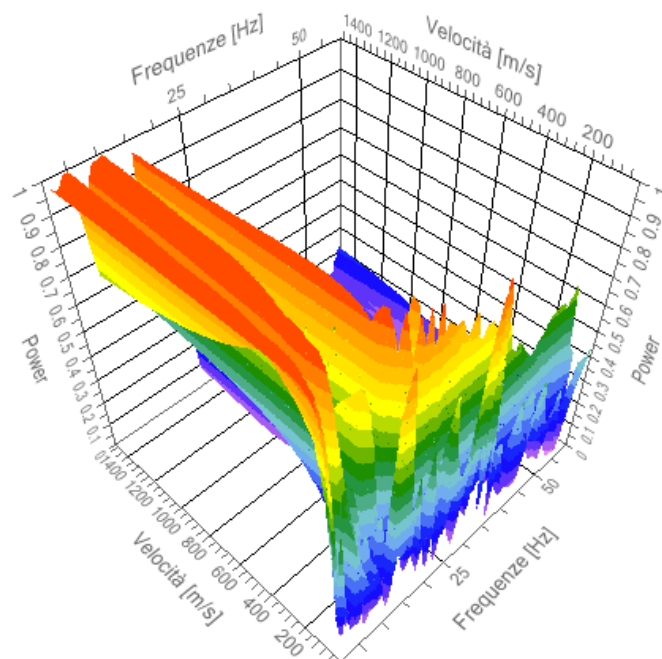
N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	1000.0
Interdistanza geofoni [m]	1.0
Periodo di campionamento [msec]	0.125



## Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1500
Intervallo velocità [m/sec]	1

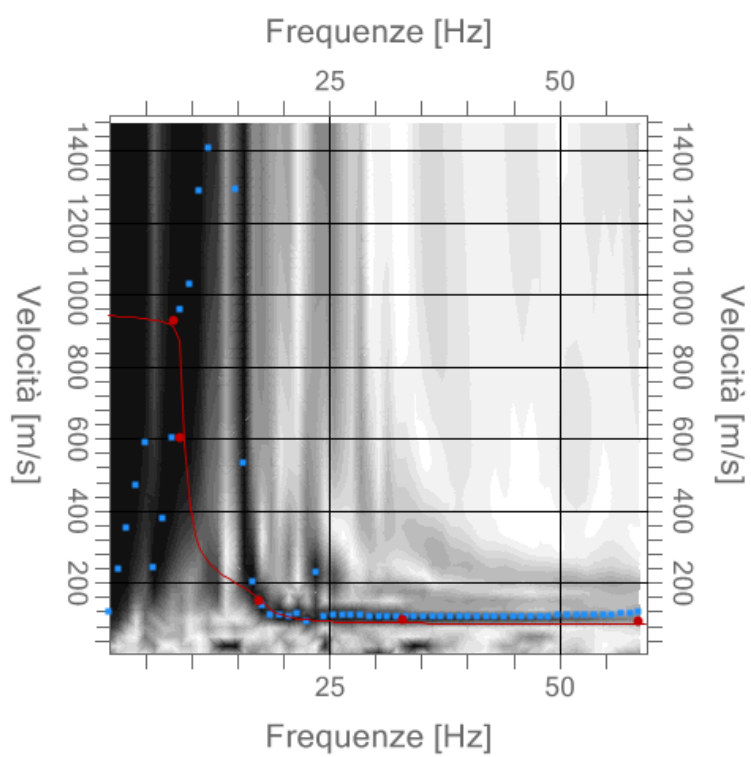
Spettro Velocità di fase - Frequenze



## Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	8.0	926.7	0
2	8.7	602.5	0
3	17.3	151.4	0
4	33.0	99.7	0
5	58.5	95.0	0

Spettro Velocità di fase - Frequenze

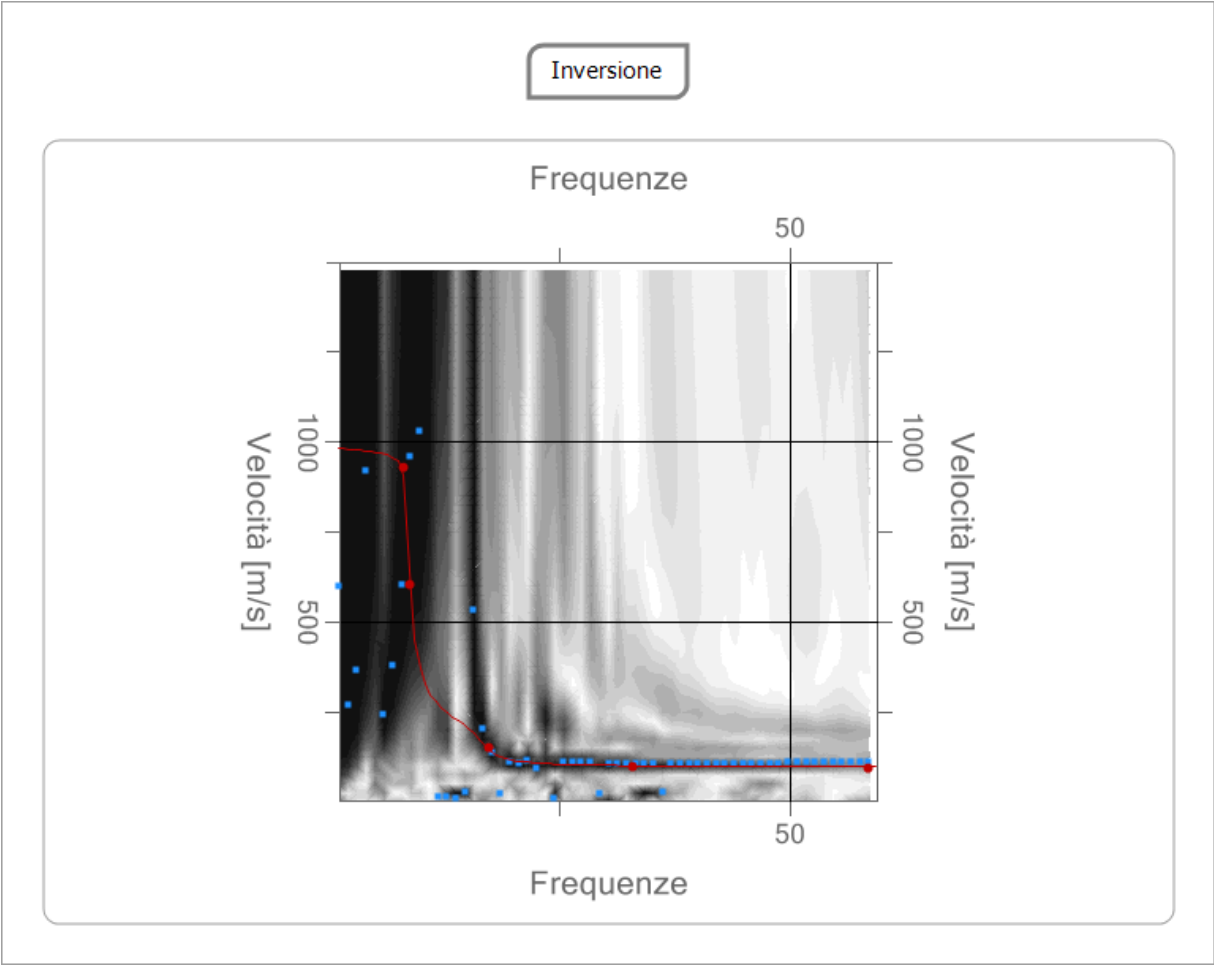


**Inversione**

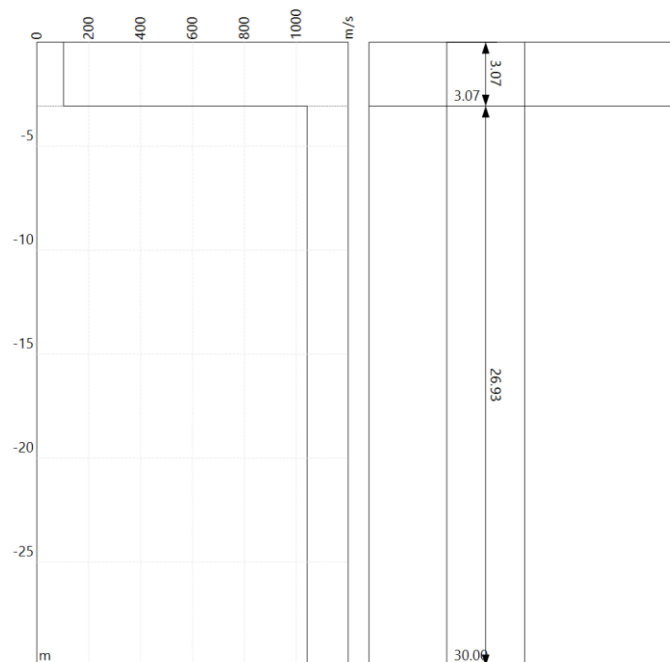
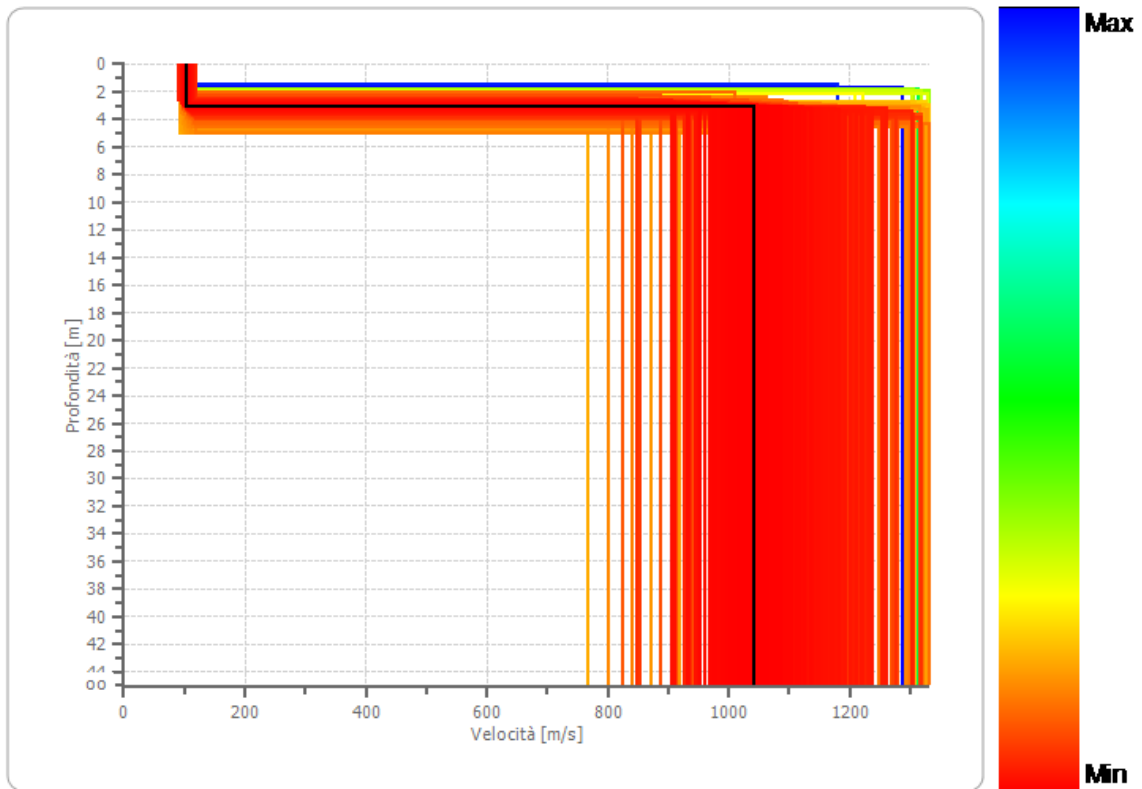
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.07	3.07	1400.0	0.45	No	342.4	103.2
2		oo	oo	1800.0	0.41	No	2668.5	1042.2

Percentuale di errore0.020 %

Fattore di disadattamento della soluzione0.027



Profilo di velocità



## Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=3.07 m)	103.24
Categoria del suolo	E

Suolo di tipo E: Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

### Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.07	3.07	103.24	342.40	1400.00	0.45	14.92	164.13	144.24	43.27	7	27.41
2	oo	oo	1042.23	2668.50	1800.00	0.41	1955.23	12817.60	10210.63	5513.74	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

## REPORT FOTOGRAFICO



fig. 2 masw n°1

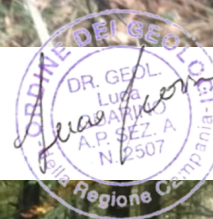


fig. 3 masw n°2



fig. 5 masw n°3



fig. 4 masw n°4