

## **RAPPORTO TECNICO DI PROVA**

### **Indagini geofisiche presso la strada provinciale SP98 - ENNA**

Il “Libero Consorzio Comunale di Enna” ha affidato al *Laboratorio di Geotecnica e Dinamica dei Terreni* dell’Università di Enna “Kore” la campagna di indagini geofisiche presso la Strada Provinciale SP98.

In particolare, sono state eseguite:

- n.1 Prova MASW



### **1. PROSPEZIONE SISMICA MASW**

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d’onda che si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione, cioè sono onde la cui velocità dipende dalla frequenza.

Scopo dell’indagine è quello di ricostruire l’andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità. Il modello sismico monodimensionale costituisce, infatti, l’aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell’azione sismica di progetto in quanto consente di conoscere l’incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base. Ciò permette una corretta progettazione



strutturale in relazione alle condizioni sito-specifiche, garantendo un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni (NTC 17 Gennaio 2018).

### 1.1 Dati generali

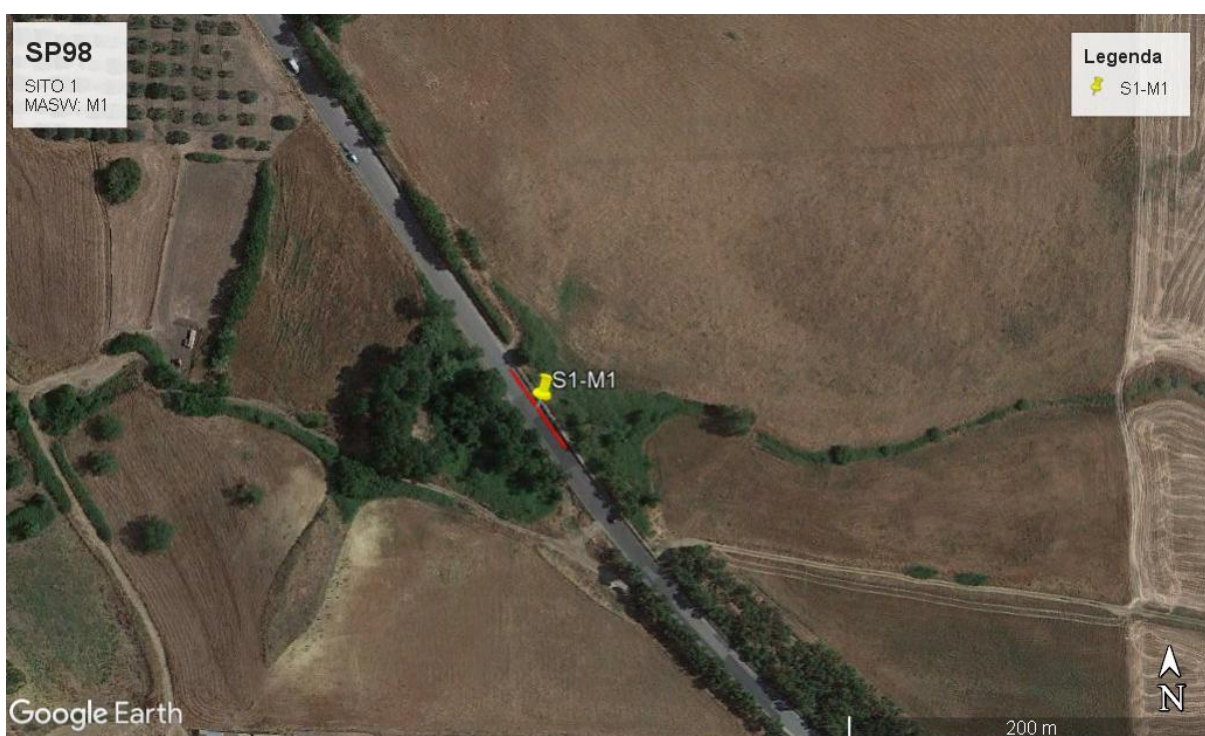
Committente: Libero Consorzio Comunale di Enna

Zona Intervento: S1 - Tomografia Sismica: T1

Data esecuzione della prova: 03/03/2020

Ubicazione: SP94 km 0+800 circa

Latitudine 37.49276[°] Longitudine 14.310508[°] Altitudine 631[m]



### 1.2 Strumentazione e configurazione geometrica

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale A6000S MAE, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- capacità di campionamento dei segnali tra 0.002 e 0.00003 sec;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del “tempo zero” (time break);
- filtri High Pass e Band Reject;
- “Automatic Gain Control”;

### **Laboratorio di Geotecnica e Dinamica dei Terreni**



- convertitore A/D a 24 bit.

La configurazione spaziale in sito è equivalente ad un dispositivo geometrico punto di scoppio-geofoni “base distante in linea”. In particolare è stato utilizzato il seguente set-up:

- n.24 geofoni ad asse di oscillazione verticale con interspazio ( $G_x$ ) di 2,00 metri;
- n.2 energizzazioni ad offset ( $D_x$ ) 12,00 metri;
- massa battente pesante di 8 kg.



### 1.3 Elaborazione dati

L'analisi MASW può essere ricondotta in quattro fasi:

- la prima fase prevede la trasformazione delle serie temporali nel dominio frequenza f numero d'onda k;

$$V_R(\omega) = \frac{2\pi f}{k_{\max}} \quad (1)$$

- la seconda fase consiste nella individuazione delle coppie  $f-k$  cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale). Attraverso tali punti, applicando la (1), si ottiene la rappresentazione nello spazio Velocità di fase - frequenza - potenza del segnale nonché la curva di dispersione sperimentale delle onde di Rayleigh nel piano  $V_{\text{fase}}$  - frequenza;
- la terza fase consiste nel calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , modificando opportunamente lo spessore  $h$ ; risultano così note le velocità delle onde di taglio  $V_s$  e di compressione  $V_p$ , la densità di massa  $\rho$  degli strati che costituiscono il modello del suolo;
- la quarta ed ultima fase consiste nella modifica della curva teorica fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo.

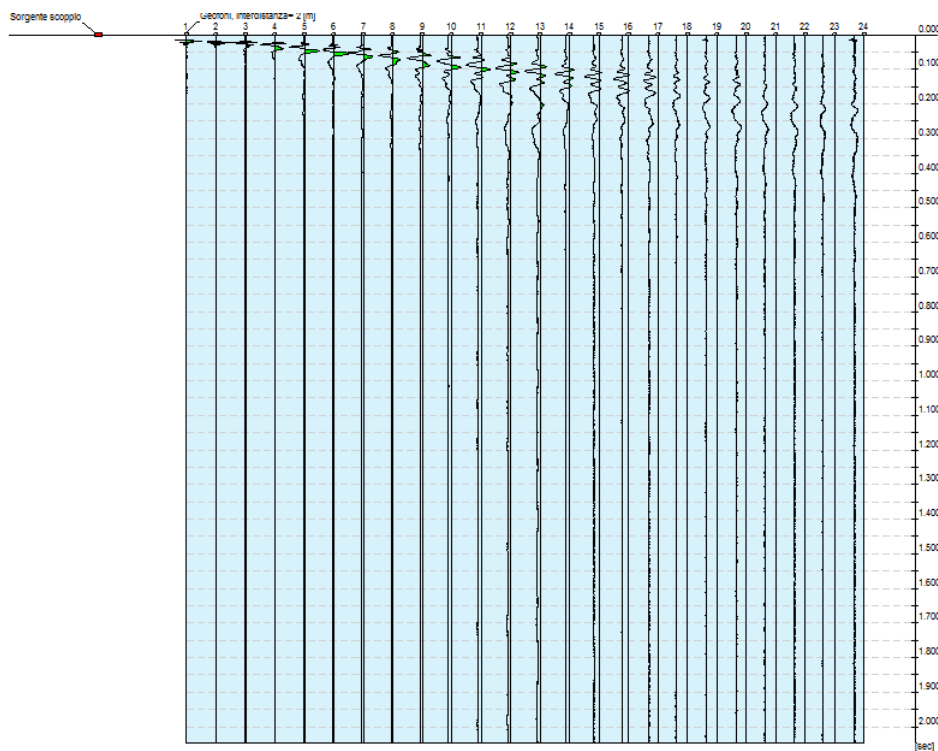
### 1.4 Risultati prova MASW Energizzazione 1

I risultati della prova eseguita sono rappresentati in termini di:

- Serie temporali (Fig.1);
- Rappresentazione nello spazio Velocità di fase - frequenza - potenza del segnale (Fig.2);
- Curva di dispersione sperimentale delle onde di Rayleigh nel piano  $V_{\text{fase}}$  - frequenza (Fig.3) i cui risultati sono riportate in Tabella 1;

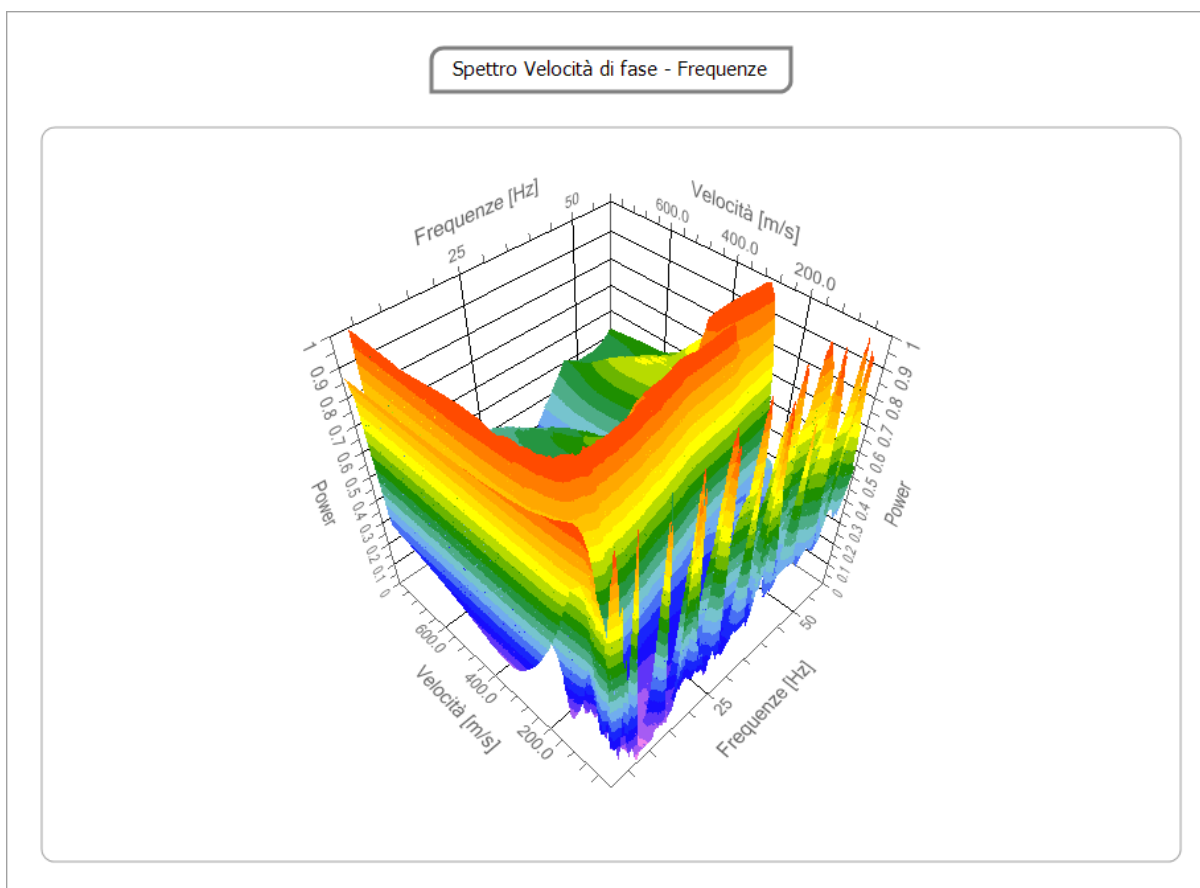


- Velocità delle onde di taglio  $V_s$  e di compressione  $V_p$ , la densità di massa  $\rho$  degli strati (Tab.2);
- Sovrapposizione tra la curva di dispersione sperimentale quella teorica (Fig. 4).



*Figura 1 - Serie temporali prova MASW (offset 2,00 m)*





*Figura 2 - Rappresentazione nello spazio Velocità di fase - frequenza - potenza del segnale*

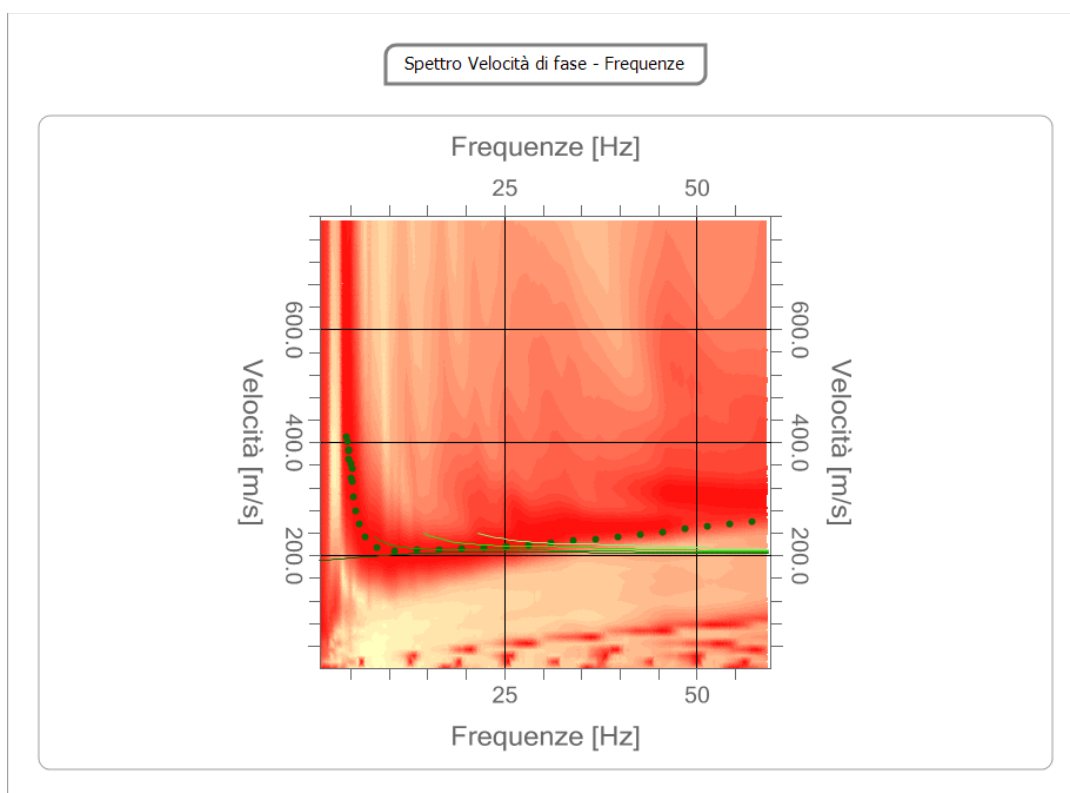
*Tabella 1 - Risultati Curva di dispersione*

<i>n.</i>	<i>Frequency [Hz]</i>	<i>Velocity [m/sec]</i>
1	10.7	208.1
2	13.6	208.7
3	16.5	209.8
4	19.4	211.5
5	22.3	213.5
6	25.2	216.0
7	28.1	218.9
8	31.0	222.1
9	33.9	225.6
10	36.8	229.4
11	39.7	233.4
12	42.6	237.6
13	45.5	241.9





14	48.5	246.3
15	51.4	250.8
16	54.3	255.4
17	57.2	259.9
18	8.4	214.6
19	6.9	232.9
20	6.1	256.2
21	5.7	279.5
22	5.3	304.5
23	5.2	331.1
24	5.2	352.7
25	4.8	371.0
26	4.7	387.7
27	4.5	409.3
28	4.6	401.0
29	4.8	384.3
30	5.0	361.0
31	5.0	337.7



*Figura 3 - Curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano Velocità di fase - frequenza*





Tabella 2 - Modello di velocità teorico del sottosuolo

n.	Depth [m]	Thickness [m]	Unit volume weight [kg/mc]	Poisson's ratio	Ground water table	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	3.00	3.00	3.00	1807.5	0.35	No	623.1
2	4.80	4.80	1.80	1853.3	0.35	No	283.8
3	7.00	7.00	2.20	1902.0	0.40	No	699.4
4	30.0	30.0	23.0	1902.0	0.40	No	718.8
5	$\infty$	$\infty$	$\infty$	1902.0	0.40	No	1527.6

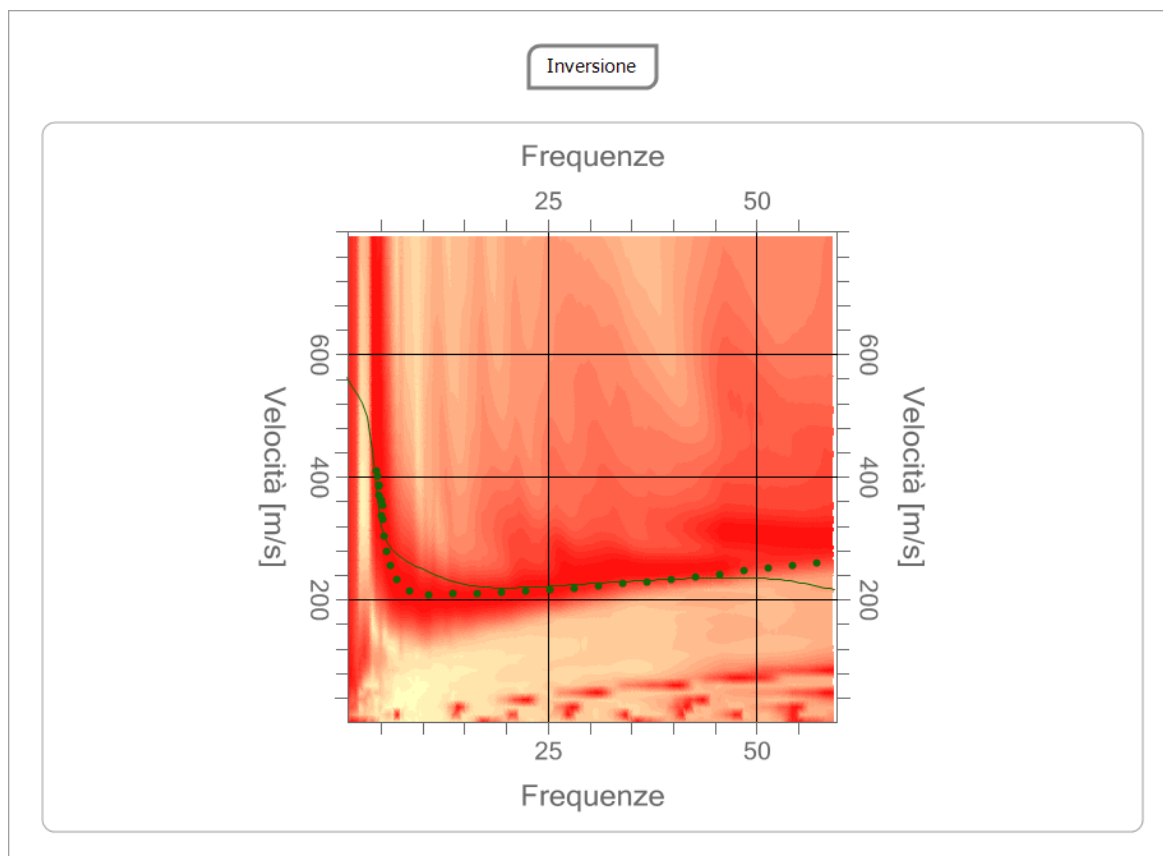


Figura 4 - Curva di dispersione teorica



Il DM 17/01/2018 suddivide il territorio nazionale in zone sismiche, contraddistinte dal valore  $a_g$  dell'accelerazione di picco al suolo, normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità.

La classificazione del suolo è convenzionalmente eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio definita dalla seguente espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove  $V_i$  e  $h_i$  sono la velocità delle onde di taglio e lo spessore dello strato  $i$ -esimo.

Per il caso in esame, si considera la profondità del substrato pari a 30 metri, inoltre, utilizzando i valori del profilo della velocità delle onde di taglio (Fig.5), risulta che  $V_{s,eq} = 274,45$  m/s e quindi il sottosuolo appartiene alla CATEGORIA C: *Depositi 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 velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

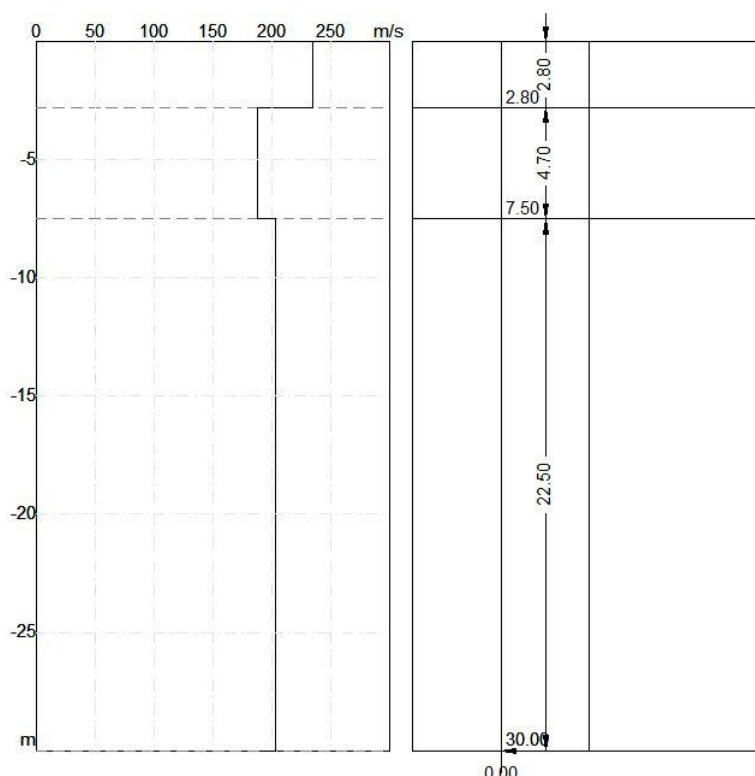


Figura 5 - Modello di velocità del sottosuolo







## **Laboratorio Prove Geotecniche**

**Facoltà di Ingegneria e Architettura - Università degli Studi di Enna - Kore**

La Tabella 3 sintetizza i valori degli ulteriori parametri geotecnici ( $G_0$  Modulo di deformazione tangenziale,  $E_d$  Modulo edometrico,  $M_0$  Modulo di compressibilità edometrica,  $E_y$  Modulo di Young) ricavati dalla teoria dell'elasticità.

*Tabella 3 - Modello di velocità del sottosuolo*

<b>n.</b>	<b>Depth [m]</b>	<b>Thickness [m]</b>	<b>Vs [m/s]</b>	<b>Vp [m/s]</b>	<b>Density [kg/mc]</b>	<b>Poisson's ratio</b>	<b><math>G_0</math> [MPa]</b>	<b><math>E_d</math> [MPa]</b>	<b><math>M_0</math> [MPa]</b>	<b><math>E_y</math> [MPa]</b>
1	3.00	3.00	299.30	623.05	1807.46	0.35	161.92	701.65	485.75	437.18
2	4.80	1.80	136.35	283.84	1853.34	0.35	34.46	149.32	103.37	93.04
3	7.00	2.20	285.53	699.41	1901.97	0.40	155.07	930.39	723.64	434.18
4	30.0	23.0	293.44	718.77	1901.97	0.40	163.77	982.61	764.25	458.55
5	$\infty$	$\infty$	623.66	1527.64	1901.97	0.40	739.77	4438.61	3452.25	2071.35

### **Annotazioni:**

- Il presente certificato è composto da n.9 pagine.

### **Gli Sperimentatori**

dott. ing. Giosuè Distefano

dott. ing. Paolo Miralisenna

### **Il Responsabile del Laboratorio**

prof. ing. Francesco Castelli

