



REGIONE BASILICATA
COMUNE DI PISTICCI



REGOLAMENTO URBANISTICO

Legge Regionale 11 agosto 1999 n° 23

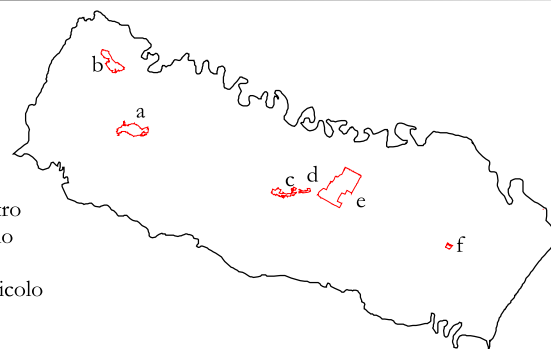
STUDI GEOLOGICI

INDAGINI GEOGNOSTICHE

Indagini sismiche con tecnica MASW e sondaggi geognostici progressi (cantiere: Ospedale di Tinchi)

G04

Elaborato



a - Pisticci centro
b - Pisticci Scalo
c - Tinchi
d - Centro Agricolo
e - Marconia
f - Casinello

AMM. COMUNALE DI PISTICCI

Scala

Maggio 2021

Data

Proponente

REV. 05

Geol. Domenico LAVIOLA

Rev.

Data

Rev.

Data

Rev.

Data

Il Geologo

Rev.

Data



PROVINCIA DI MATERA

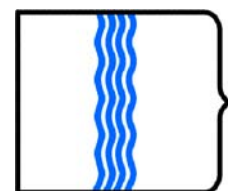


COMUNE DI PISTICCI

Comune di Pisticci
Frazione di Tinci e Frazione di Centro Agricolo
REGOLAMENTO URBANISTICO

INDAGINI SISMICHE INTEGRATIVE

REGIONE BASILICATA



N° ELABORATO

RAPPORTO TECNICO DELLE
INDAGINI SISMICHE

DATA: MAGGIO 2021

COMMITTENTE:

Dott. Geol. Domenico Laviola



ENGINEERING GEOLOGY
Via del Gallitello n°90/A
85100 Potenza
Tel.0971 26378 Fax 0971 1940737

ENGINEERING GEOLOGY SRL
AMMINISTRATORE UNICO
DIRETTORE TECNICO
Dott. Raffaele NARDONE



Società con sistema di gestione certificato
**UNI EN ISO 9001:2008 - UNI EN ISO
14001:2005 UNI EN ISO 45001:2018**
per la fornitura dei servizi di ingegneria e di
esplorazione geologica del sottosuolo



INDICE

1. Premessa	2
2. prospezioni sismiche di tipo Masw.....	3
2.1 Attrezzatura e metodologia utilizzata	3
2.2. Elaborazione dati	4
2.3. INTERPRETAZIONE.....	5
2.4 interpretazione MASW01	6
2.4 interpretazione MASW02.....	13
2.4 interpretazione MASW03.....	20
2.4 interpretazione MASW04.....	27
2.4 interpretazione MASW05.....	34
3. Rapporto fotografico.....	40
3.1 Indagine sismica di tipo masw.....	40





1. PREMESSA

Nell'ambito del "Comune di Pisticci Frazione di Tinchì e Frazione di Centro Agricolo REGOLAMENTO URBANISTICO" è stata eseguita una campagna di indagini geofisiche con lo scopo di effettuare la caratterizzazione sismica dei luoghi.

L'indagine ha previsto le seguenti lavorazioni:

- esecuzione di n° 5 Indagine sismica di tipo MASW;

Tali indagini sono state eseguite in conformità a quanto disposto da D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per le Costruzioni", oltre che secondo le modalità tecnologiche dell'ANISIG.





2. PROSPEZIONI SISMICHE DI TIPO MASW

MASW è l'acronimo di Multi-channel Analysis of Surface Waves (Analisi Multi-canale di Onde di Superficie). Ciò indica che il fenomeno che si analizza è la propagazione delle onde di superficie.

La MASW classica/standard consiste nella registrazione della propagazione di una classe di onde di superficie (specificatamente delle onde di Rayleigh). Più in dettaglio, le onde di Rayleigh vengono generate da una sorgente ad impatto verticale (in genere mediante massa battente del peso di 10 Kg su piastra in alluminio) o da un cannoncino sismico e vengono poi registrate tramite geofoni a componente verticale a frequenza propria di 4.5 Hz.

Più specificatamente si analizza la dispersione delle onde di superficie sapendo che frequenze diverse - e quindi lunghezze d'onda diverse - viaggiano a velocità diversa. Il principio di base quindi è piuttosto semplice: le varie componenti (frequenze) del segnale (cioè della perturbazione sismica che si propaga) viaggiano ad una velocità che dipende dalle caratteristiche del mezzo.

In particolare, le lunghezze d'onda più ampie (cioè le frequenze più basse) sono influenzate dalla parte più profonda (in altre termini "sentono" gli strati più profondi), mentre le piccole lunghezze d'onda (le frequenze più alte) dipendono dalle caratteristiche della parte più superficiale.

Poiché tipicamente la velocità delle onde sismiche aumenta con la profondità, ciò si rifletterà nel fatto che le frequenze più basse (delle onde di superficie) viaggeranno ad una velocità maggiore rispetto le frequenze più alte.

2.1 ATTREZZATURA E METODOLOGIA UTILIZZATA

La strumentazione utilizzata è il sismografo 16SG24 a 24 canali della PASI dalle seguenti caratteristiche tecniche: gestione a microprocessore, intervalli di campionamento 250 μ s, 500 μ s, 1 ms, 2 ms; tempo di campionamento da un min. di 0.2 ms ad un max. di 2 ms; lunghezza di acquisizione da un min. di 32 ms ad un max. di 4096 ms; filtri passa basso 250 Hz; notch 50/60 Hz; risoluzione a 24 bit; acquisizione dei dati e codifica dei file in formato Seg-2 .





L'attrezzatura è completata da un cavo sismico a 12 takes out spaziatati a 10 m, con connettore cannon, montato su bobina, geofoni verticali "Pasi" con frequenza propria di 4,5 Hz, geofono trigger avente funzione di interruttore starter, cavo trigger montato su bobina e fucile sismico armato con cartucce industriali calibro 8 a carica ridotta o massa battente del peso di 10 Kg su piastra in alluminio.

Le indagini si sono svolte secondo la seguente geometria:

Numero di geofoni:12

Spaziatura tra i geofoni : 2 m

Numero di offset : 2 rispettivamente a 9;0; 10,0; m dal primo geofono.

Per l'interpretazione dei dati è stato utilizzato il software WinMasw Pro 4.4.2 della Eliosoft. I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile (.sgy format file). Il software a questo punto permette di sommare due dataset acquisiti con offset diversi in modo da ottenere un unico dataset equivalente ad un'acquisizione effettuata con 24 canali e spaziatura tra i geofoni pari a $B/2$ rispetto a quella utilizzata in campagna.



2.2. ELABORAZIONE DATI

L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "phase velocity-frequency (c-f)" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica. Dallo spettro bidimensionale ottenuto dalle registrazioni è possibile distinguere il "modo fondamentale" delle onde di superficie, in quanto le onde di Rayleigh presentano un carattere marcatamente dispersivo che le differenzia da altri

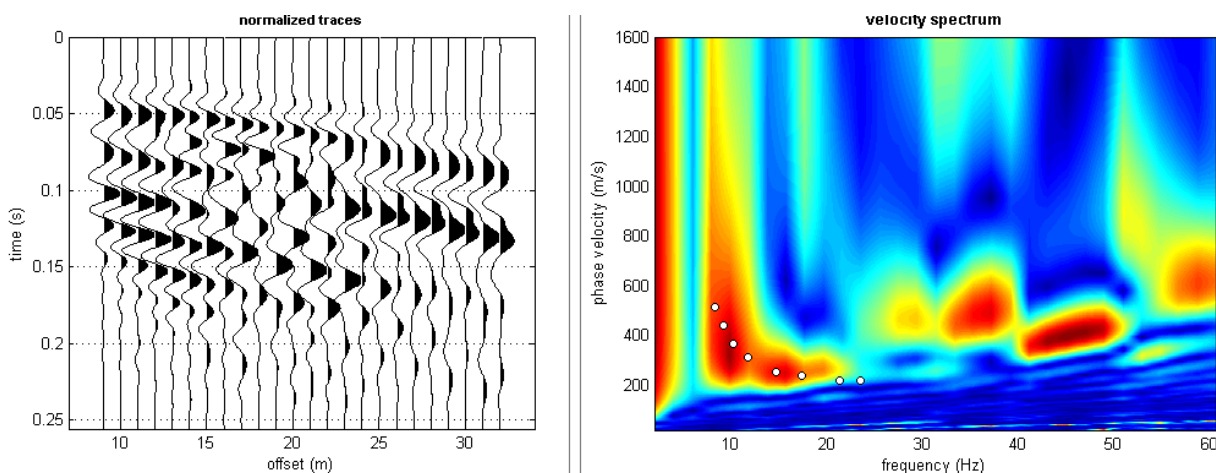


tipi di onde (onde riflesse, onde rifratte, onde multiple). Sullo spettro di frequenza viene eseguito un “picking” attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze. Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l’analisi della curva di dispersione e l’ottimizzazione di un modello interpretativo. Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon “fitting” con i valori sperimentali.

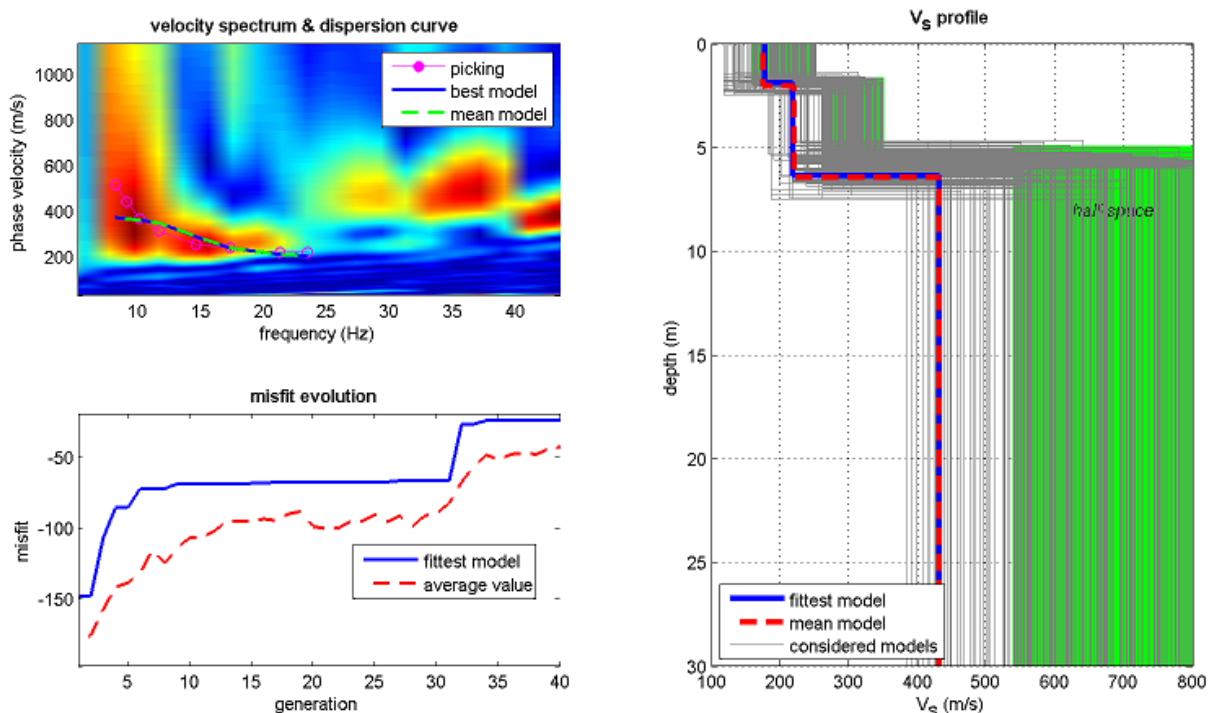
Di seguito i dati di campagna acquisiti e lo spettro di velocità calcolato per ogni indagine effettuata.

2.3. INTERPRETAZIONE

Masw 01.



Nelle figure sottostanti sono riportati i risultati dell’inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall’inversione. Sulla destra il profilo verticale V_S identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l’evolversi del modello al passare delle “generazioni” (l’algoritmo utilizzato per l’inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).



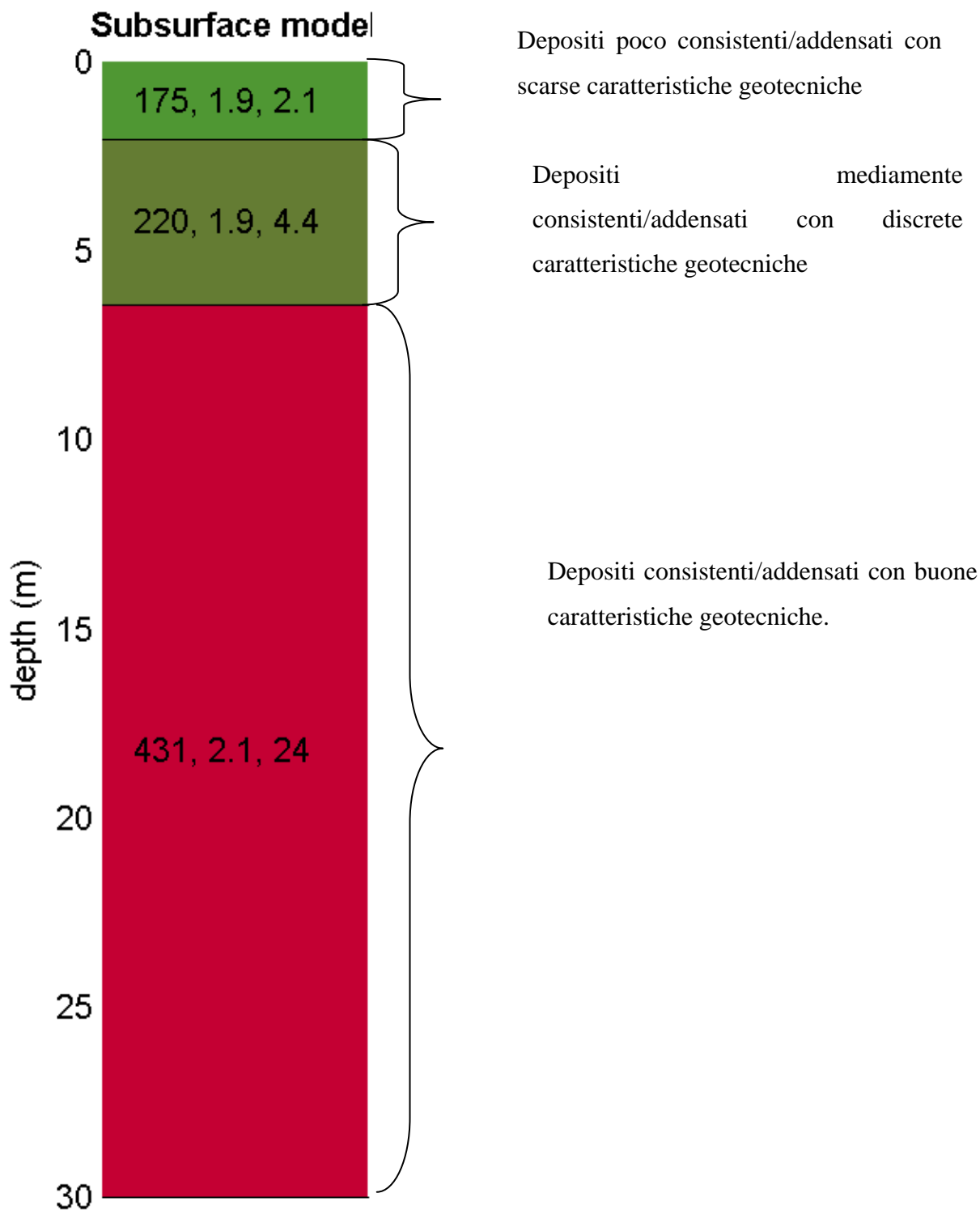
2.4 INTERPRETAZIONE MASW01

In tabella e in figura sottostante sono riportati gli strati del modello medio individuato a cui corrisponde una V_{s30} di **342 m/s** a partire dal p.c secondo la .D.M. 17/01/2018 “*Norme tecniche per le Costruzioni*”.

Spessore (m)	V_s (m/s) e deviazioni standard
2.1	175±8
4.4	220± 9
semi-spazio	431± 22



V_s density thickness
 (m/s) (gr/cm³) (m)





La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 2.1 m, con velocità media delle onde di taglio di 175 m/s e corrisponde depositi poco consistenti/addensati con scarse caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 4.4 m, con velocità media delle onde di taglio di 220 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 6 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 30 m di profondità, presenta velocità V_s media di 431 m/s.

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche V_s (m/s), ed adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m^3) e del rapporto di Poisson rappresentativo dei litotipi presenti, è possibile inoltre stimare attraverso relazioni empiriche, la velocità delle onde di compressione V_p e i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato.

La velocità delle onde P è stata ricavata empiricamente attraverso la seguente relazione:

$$V_p^2 = V_s^2 * (2-2\lambda)/(1-2\lambda)$$

Sono stati definiti inoltre i seguenti moduli dinamici:

- Modulo di taglio dinamico (G)

E' definito dalla seguente equazione:

$$G = \gamma \cdot V_s^2$$

Dove γ = densità





Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua.

- Modulo di Young (E_d)

E' definito dalla seguente equazione:

$$E_d = [V_p^2 \cdot \gamma \cdot (1+\lambda) \cdot (1-2\lambda)] / (1-\lambda)$$

Con λ = coeff. di Poisson

Rigidità sismica

$$R_s = \gamma V_s$$

Tale modulo dipende dalla porosità e dalla pressione litostatica.

Modulo di incompressibilità dinamica

E' definito dalla seguente equazione:

$$K = \gamma[V_p^2 - 4/3 \cdot V_s^2]$$

ed è detto *Bulk Modulus*.





PARAMETRI FISICI E DINAMICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 01									
S TRATO	SPESSORE	Vp	Vs	γ	λ	MODULO DI YOUNG	R	MODULO DI TAGLIO	BULK MODULUS
	m	m/s	m/s	g/cm ³	(-)	Kg/cm ²	T/m ² *sec	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	2.1	535	175	1.90	0.44	1676	333	582	4655
2	4.4	484	220	1.88	0.37	24493	414	910	3196
3	24	1230	431	2.11	0.43	11210	909	3920	26690



Società con sistema di gestione certificato UNI EN ISO 9001:2015 – UNI EN ISO 14001:2015 - UNI EN ISO 45001:2018 per la fornitura dei servizi di ingegneria e di esplorazione geologica del sottosuolo – IAF 34



ENGINEERING GEOLOGY SRL
Via del Gallitello 90/A - 85100 Potenza - Tel. 0971/26378 Fax 0971/1940737
www.engeosrl.it E_mail info@engeosrl.it

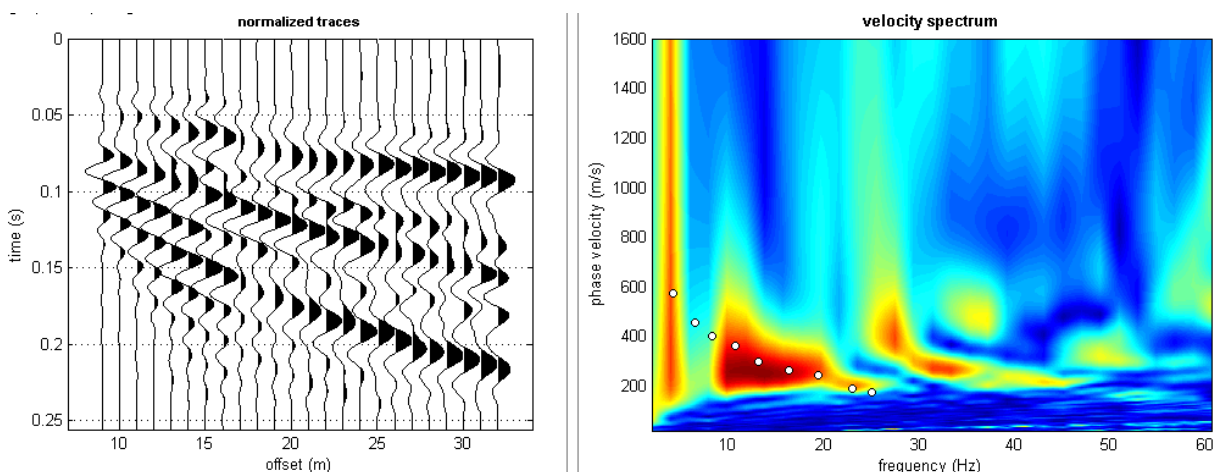
Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018), il sito in esame rientra quindi nella categoria **C** ovvero:

- ***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

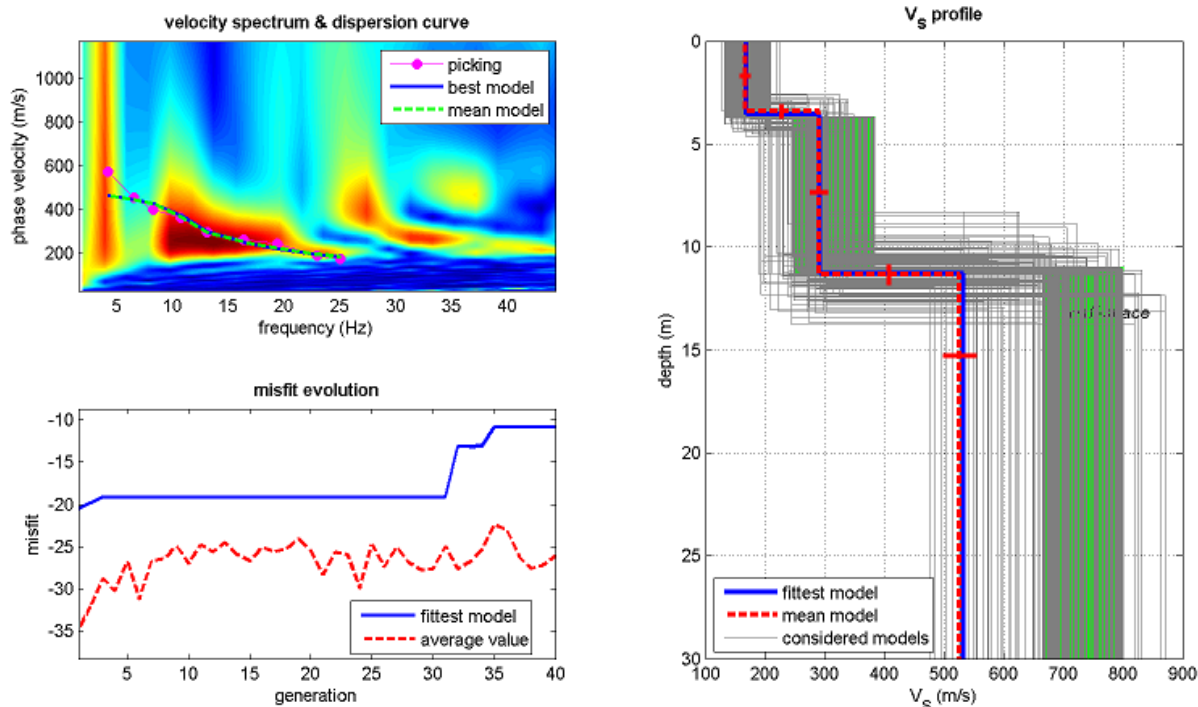


Società con sistema di gestione certificato UNI EN ISO 9001:2015 – UNI EN ISO 14001:2015 - UNI EN ISO 45001:2018 per la fornitura dei servizi di ingegneria e di esplorazione geologica del sottosuolo – IAF 34

Masw 02.



Nelle figure sottostanti sono riportati i risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale V_S identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).



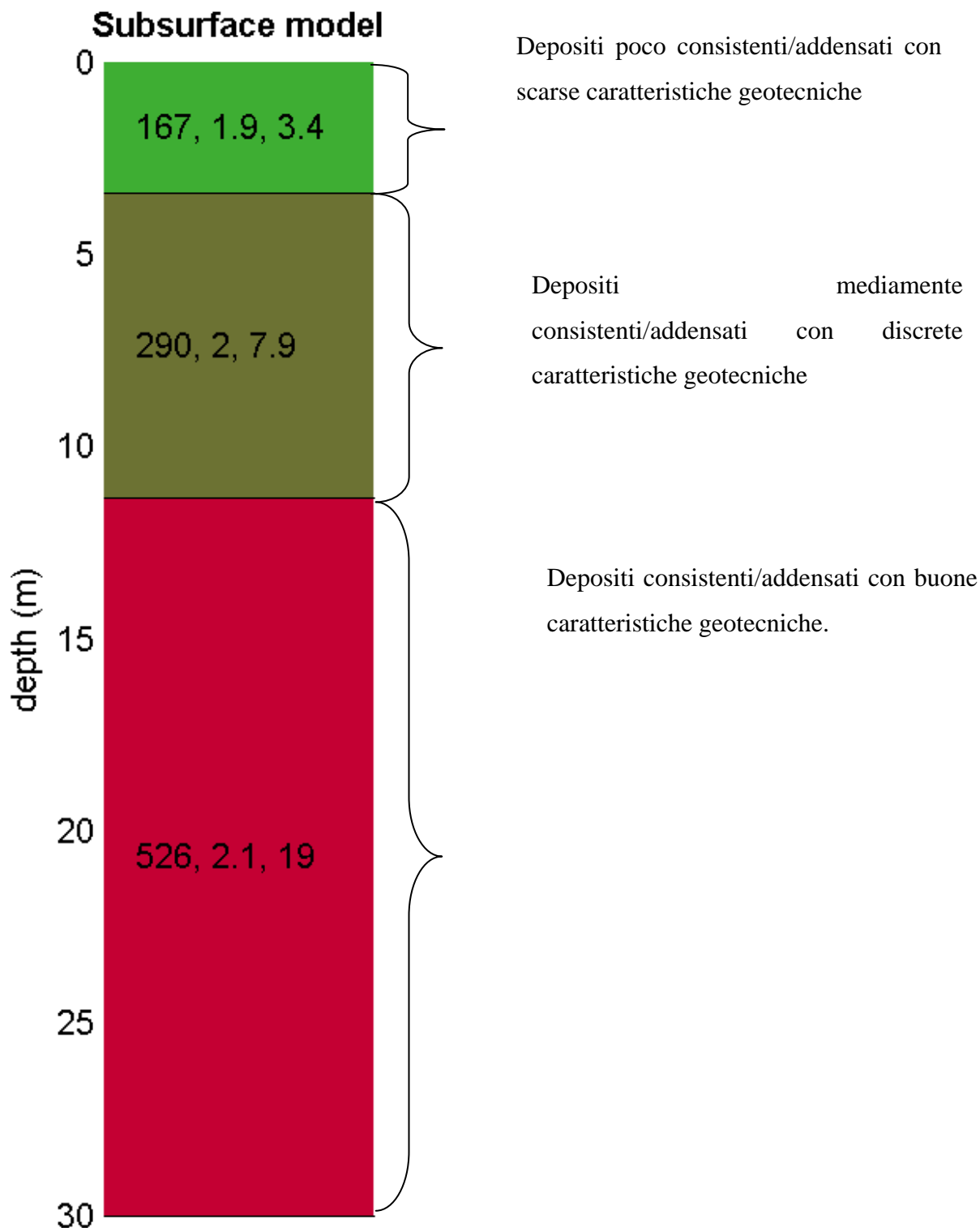
2.4 INTERPRETAZIONE MASW02

In tabella e in figura sottostante sono riportati gli strati del modello medio individuato a cui corrisponde una V_{s30} di **358 m/s** a partire dal p.c secondo la .D.M. 17/01/2018 “Norme tecniche per le Costruzioni”.

Spessore (m)	V_s (m/s) e deviazioni standard
3.4	167 ± 4
7.9	290 ± 4
semi-spazio	526 ± 72



V_s density thickness
(m/s) (gr/cm³) (m)





La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 3.4 m, con velocità media delle onde di taglio di 167 m/s e corrisponde depositi poco consistenti/addensati con scarse caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 7.9 m, con velocità media delle onde di taglio di 290 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 11 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 30 m di profondità, presenta velocità V_s media di 526 m/s.

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche V_s (m/s), ed adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m^3) e del rapporto di Poisson rappresentativo dei litotipi presenti, è possibile inoltre stimare attraverso relazioni empiriche, la velocità delle onde di compressione V_p e i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato.

La velocità delle onde P è stata ricavata empiricamente attraverso la seguente relazione:

$$V_p^2 = V_s^2 * (2-2\lambda)/(1-2\lambda)$$

Sono stati definiti inoltre i seguenti moduli dinamici:

- Modulo di taglio dinamico (G)

E' definito dalla seguente equazione:

$$G = \gamma \cdot V_s^2$$

Dove γ = densità





Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua.

- Modulo di Young (E_d)

E' definito dalla seguente equazione:

$$E_d = [V_p^2 \cdot \gamma \cdot (1+\lambda) \cdot (1-2\lambda)] / (1-\lambda)$$

Con λ = coeff. di Poisson

Rigidità sismica

$$R_s = \gamma V_s$$

Tale modulo dipende dalla porosità e dalla pressione litostatica.

Modulo di incompressibilità dinamica

E' definito dalla seguente equazione:

$$K = \gamma[V_p^2 - 4/3 \cdot V_s^2]$$

ed è detto *Bulk Modulus*.





PARAMETRI FISICI E DINAMICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 02									
S TRATO	SPESSORE	Vp	Vs	γ	λ	MODULO DI YOUNG	R	MODULO DI TAGLIO	BULK MODULUS
	m	m/s	m/s	g/cm ³	(-)	Kg/cm ²	T/m ² *sec	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	3.4	510	167	1.88	0.44	1510	314	524	4195
2	7.9	743	290	1.98	0.41	4696	574	1665	8696
3	19	1196	526	2.10	0.38	16036	1105	5810	22272





ENGINEERING GEOLOGY SRL
Via del Gallitello 90/A - 85100 Potenza - Tel. 0971/26378 Fax 0971/1940737
www.engeosrl.it E_mail info@engeosrl.it

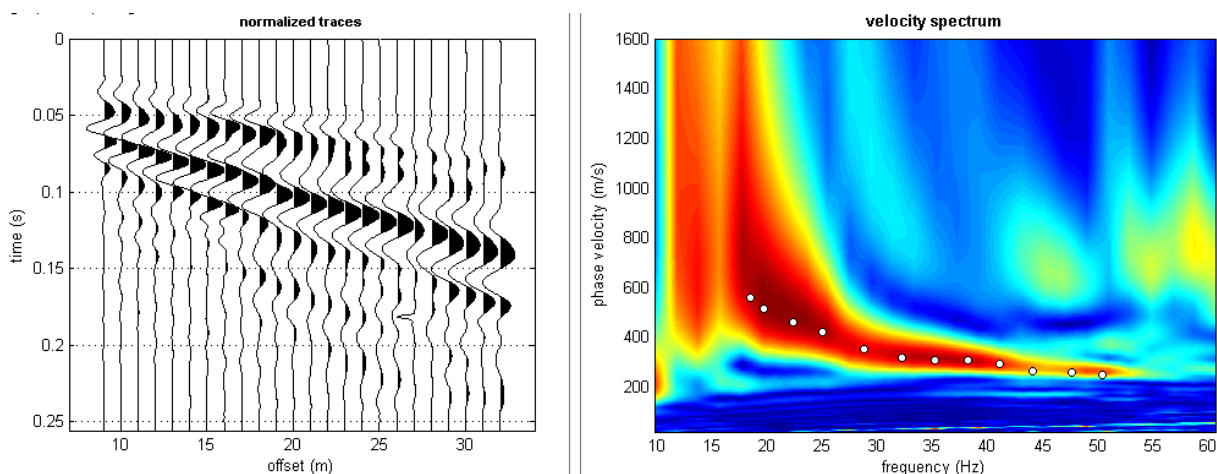
Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018), il sito in esame rientra quindi nella categoria **C** ovvero:

- ***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

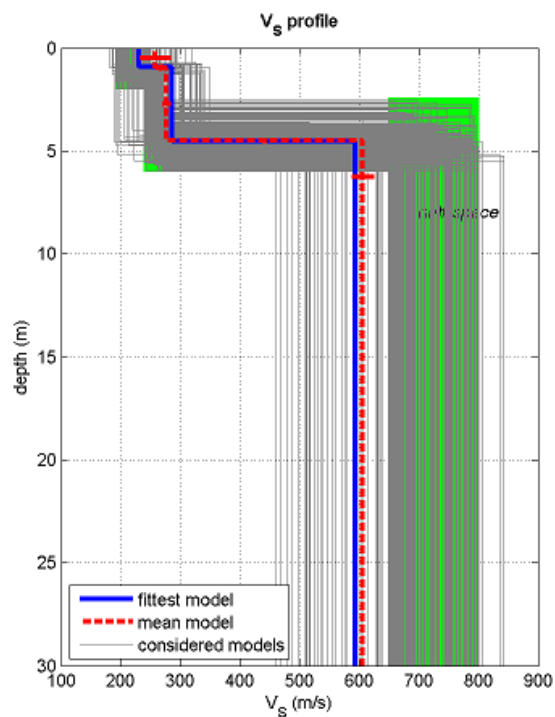
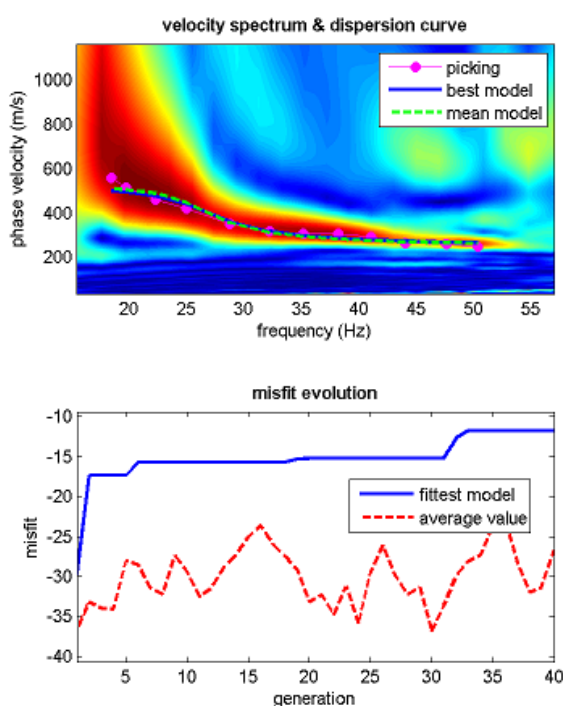


Società con sistema di gestione certificato UNI EN ISO 9001:2015 – UNI EN ISO 14001:2015 - UNI EN ISO 45001:2018 per la fornitura dei servizi di ingegneria e di esplorazione geologica del sottosuolo – IAF 34

Masw 03.



Nelle figure sottostanti sono riportati i risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale V_S identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).



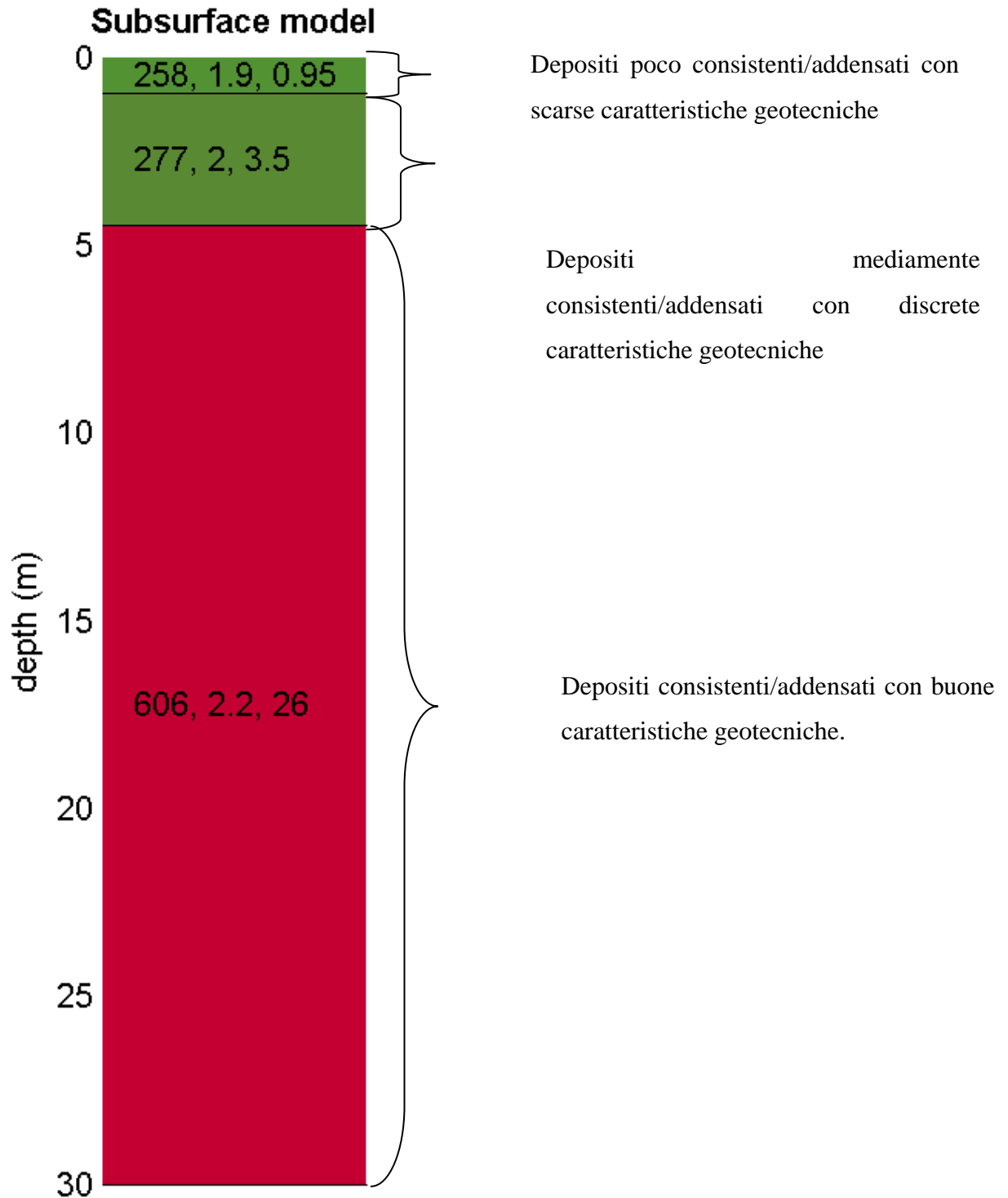
2.4 INTERPRETAZIONE MASW03

In tabella e in figura sottostante sono riportati gli strati del modello medio individuato a cui corrisponde una V_{s30} di **506 m/s** a partire dal p.c secondo la .D.M. 17/01/2018 “*Norme tecniche per le Costruzioni*”.

Spessore (m)	V_s (m/s) e deviazioni standard
1	258±4
3.5	277± 5
semi-spazio	606± 12



V_s density thickness
(m/s) (gr/cm³) (m)





La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 1 m, con velocità media delle onde di taglio di 258 m/s e corrisponde depositi poco consistenti/addensati con scarse caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 2 m, con velocità media delle onde di taglio di 277 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 5 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 30 m di profondità, presenta velocità V_s media di 606 m/s.

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche V_s (m/s), ed adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m^3) e del rapporto di Poisson rappresentativo dei litotipi presenti, è possibile inoltre stimare attraverso relazioni empiriche, la velocità delle onde di compressione V_p e i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato.

La velocità delle onde P è stata ricavata empiricamente attraverso la seguente relazione:

$$V_p^2 = V_s^2 * (2-2\lambda)/(1-2\lambda)$$

Sono stati definiti inoltre i seguenti moduli dinamici:

- Modulo di taglio dinamico (G)

E' definito dalla seguente equazione:

$$G = \gamma \cdot V_s^2$$

Dove γ = densità





Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua.

- Modulo di Young (E_d)

E' definito dalla seguente equazione:

$$E_d = [V_p^2 \cdot \gamma \cdot (1+\lambda) \cdot (1-2\lambda)] / (1-\lambda)$$

Con λ = coeff. di Poisson

Rigidità sismica

$$R_s = \gamma V_s$$

Tale modulo dipende dalla porosità e dalla pressione litostatica.

Modulo di incompressibilità dinamica

E' definito dalla seguente equazione:

$$K = \gamma[V_p^2 - 4/3 \cdot V_s^2]$$

ed è detto *Bulk Modulus*.





PARAMETRI FISICI E DINAMICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 03									
S TRATO	SPESSORE	Vp	Vs	γ	λ	MODULO DI YOUNG	R	MODULO DI TAGLIO	BULK MODULUS
	m	m/s	m/s	g/cm ³	(-)	Kg/cm ²	T/m ² *sec	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	1	695	258	1.94	0.42	3667	501	1291	7640
2	3.5	746	277	1.95	0.42	4249	540	1496	8853
3	26	1851	606	2.19	0.44	23162	1327	80042	64340



Società con sistema di gestione certificato UNI EN ISO 9001:2015 – UNI EN ISO 14001:2015 - UNI EN ISO 45001:2018 per la fornitura dei servizi di ingegneria e di esplorazione geologica del sottosuolo – IAF 34



ENGINEERING GEOLOGY SRL
Via del Gallitello 90/A - 85100 Potenza - Tel. 0971/26378 Fax 0971/1940737
www.engeosrl.it E_mail info@engeosrl.it

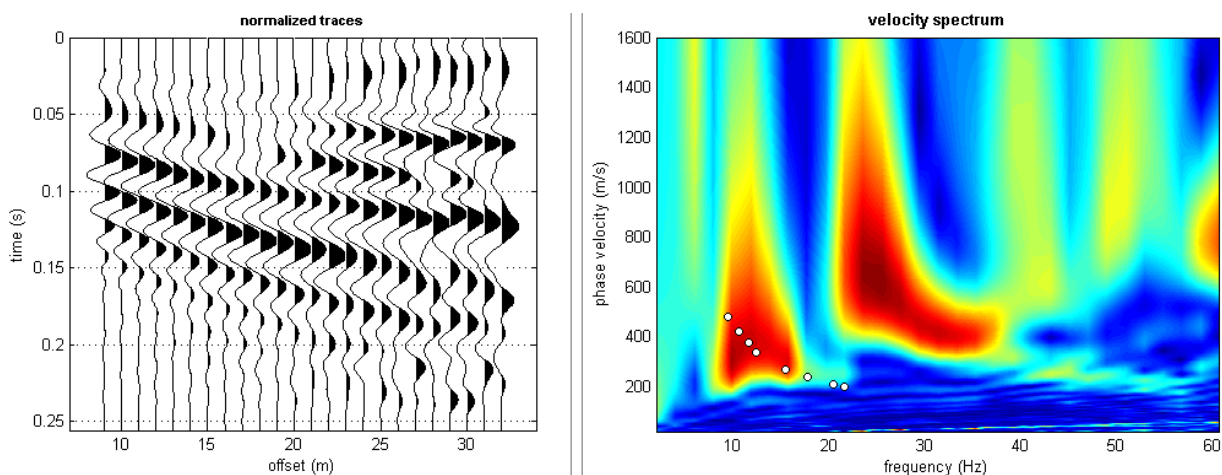
Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018), il sito in esame rientra quindi nella categoria **B** ovvero:

- *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa* molto addensati o terreni a grana fine 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

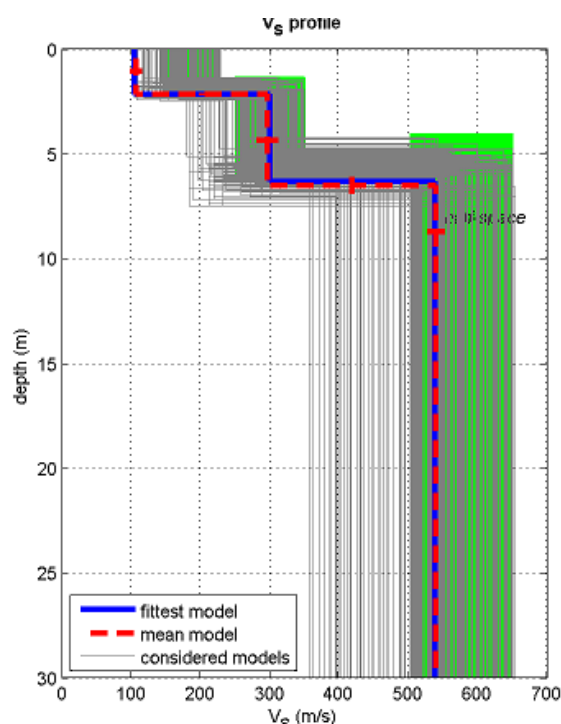
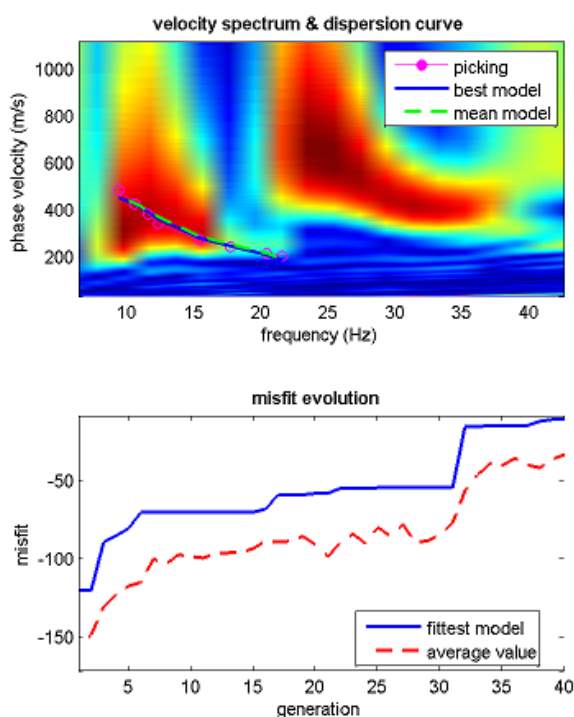


Società con sistema di gestione certificato UNI EN ISO 9001:2015 – UNI EN ISO 14001:2015 - UNI EN ISO 45001:2018 per la fornitura dei servizi di ingegneria e di esplorazione geologica del sottosuolo – IAF 34

Masw 04.



Nelle figure sottostanti sono riportati i risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale V_S identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).



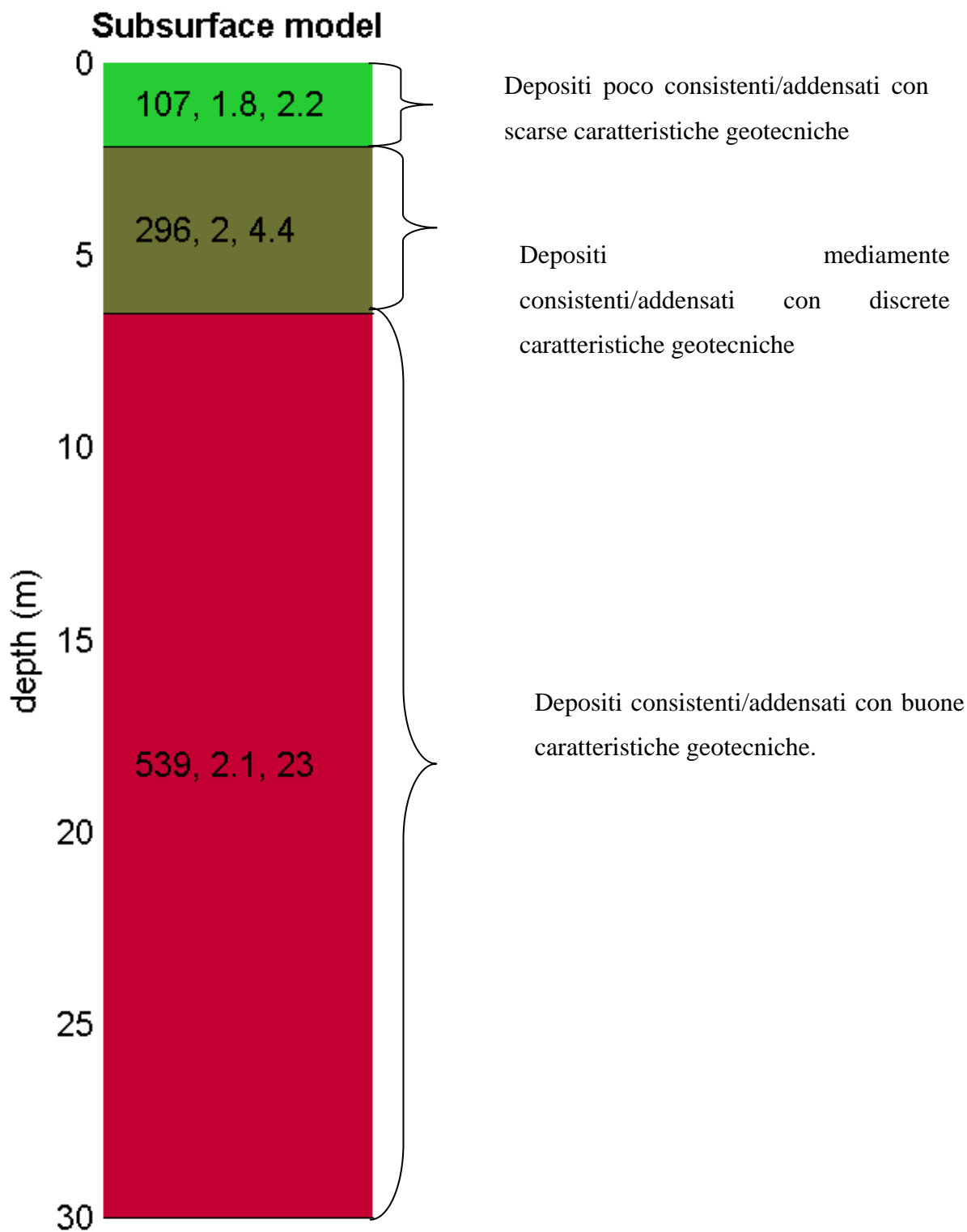
2.4 INTERPRETAZIONE MASW04

In tabella e in figura sottostante sono riportati gli strati del modello medio individuato a cui corrisponde una V_{s30} di **384 m/s** a partire dal p.c secondo la .D.M. 17/01/2018 “*Norme tecniche per le Costruzioni*”.

Spessore (m)	V_s (m/s) e deviazioni standard
2.2	107 ± 1
4.4	296 ± 6
semi-spazio	539 ± 18



V_s density thickness
 (m/s) (gr/cm³) (m)





La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 2.2 m, con velocità media delle onde di taglio di 107 m/s e corrisponde depositi poco consistenti/addensati con scarse caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 4.4 m, con velocità media delle onde di taglio di 296 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 6 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 30 m di profondità, presenta velocità V_s media di 539 m/s.

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche V_s (m/s), ed adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m^3) e del rapporto di Poisson rappresentativo dei litotipi presenti, è possibile inoltre stimare attraverso relazioni empiriche, la velocità delle onde di compressione V_p e i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato.

La velocità delle onde P è stata ricavata empiricamente attraverso la seguente relazione:

$$V_p^2 = V_s^2 * (2-2\lambda)/(1-2\lambda)$$

Sono stati definiti inoltre i seguenti moduli dinamici:

- Modulo di taglio dinamico (G)

E' definito dalla seguente equazione:

$$G = \gamma \cdot V_s^2$$

Dove γ = densità





Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua.

- Modulo di Young (E_d)

E' definito dalla seguente equazione:

$$E_d = [V_p^2 \cdot \gamma \cdot (1+\lambda) \cdot (1-2\lambda)] / (1-\lambda)$$

Con λ = coeff. di Poisson

Rigidità sismica

$$R_s = \gamma V_s$$

Tale modulo dipende dalla porosità e dalla pressione litostatica.

Modulo di incompressibilità dinamica

E' definito dalla seguente equazione:

$$K = \gamma[V_p^2 - 4/3 \cdot V_s^2]$$

ed è detto *Bulk Modulus*.





PARAMETRI FISICI E DINAMICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 04									
S TRATO	SPESSORE	Vp	Vs	γ	λ	MODULO DI YOUNG	R	MODULO DI TAGLIO	BULK MODULUS
	m	m/s	m/s	g/cm ³	(-)	Kg/cm ²	T/m ² *sec	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	2.2	327	107	1.77	0.44	584	189	203	1621
2	4.4	673	296	1.96	0.38	4740	580	1717	6583
3	23	1538	539	2.16	0.43	17947	1164	6275	42731





ENGINEERING GEOLOGY SRL
Via del Gallitello 90/A - 85100 Potenza - Tel. 0971/26378 Fax 0971/1940737
www.engeosrl.it E_mail info@engeosrl.it

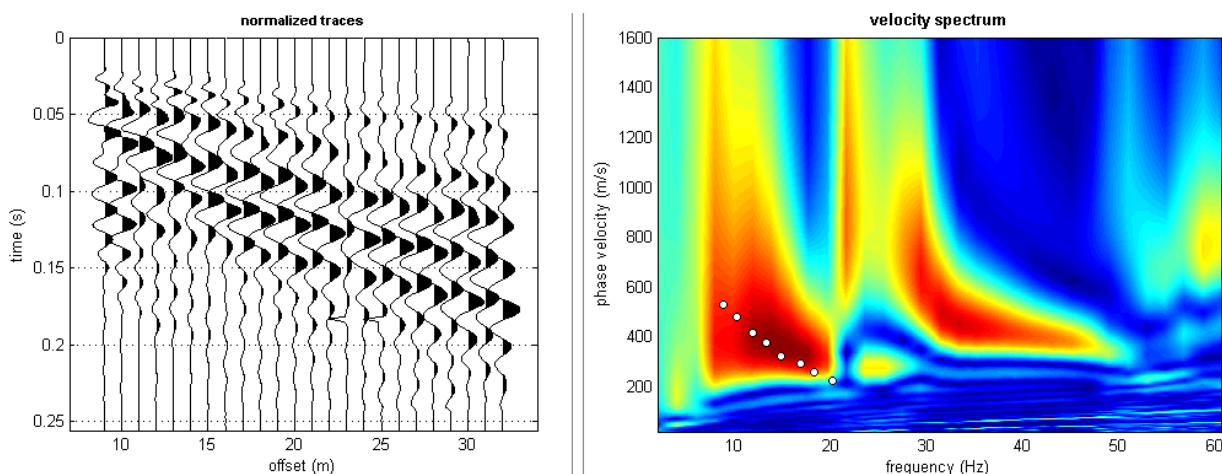
Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018), il sito in esame rientra quindi nella categoria **B** ovvero:

- *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa* molto addensati o terreni a grana fine 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

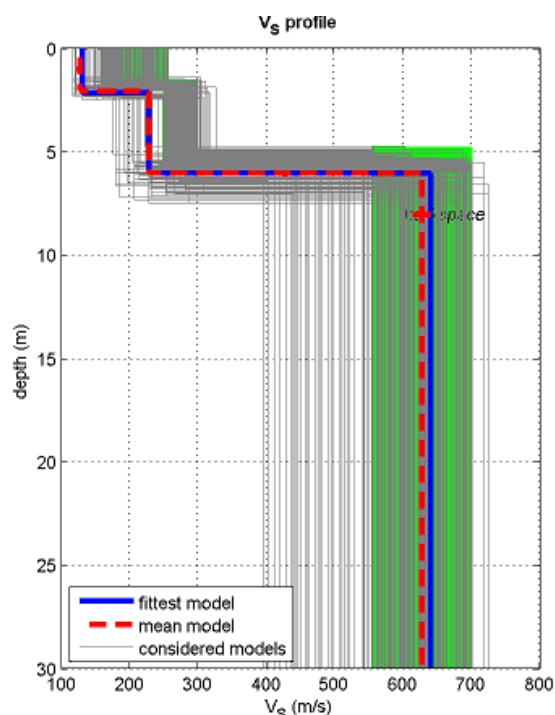
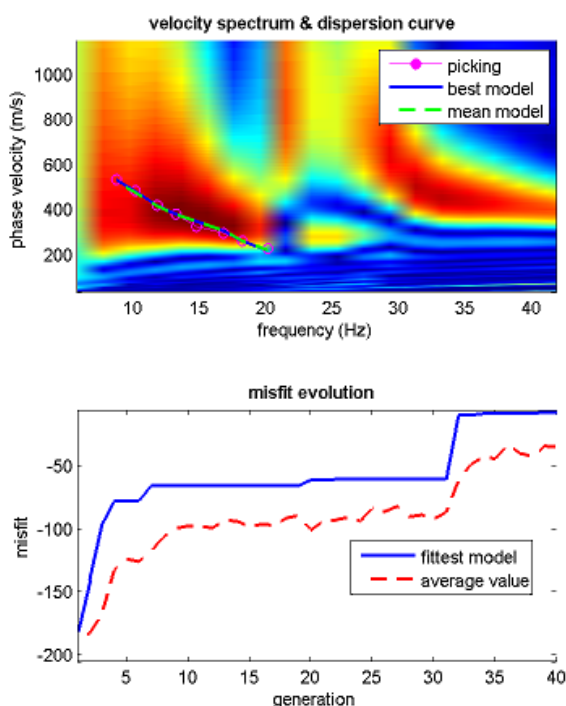


Società con sistema di gestione certificato UNI EN ISO 9001:2015 – UNI EN ISO 14001:2015 - UNI EN ISO 45001:2018 per la fornitura dei servizi di ingegneria e di esplorazione geologica del sottosuolo – IAF 34

Masw 05.



Nelle figure sottostanti sono riportati i risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale V_S identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).



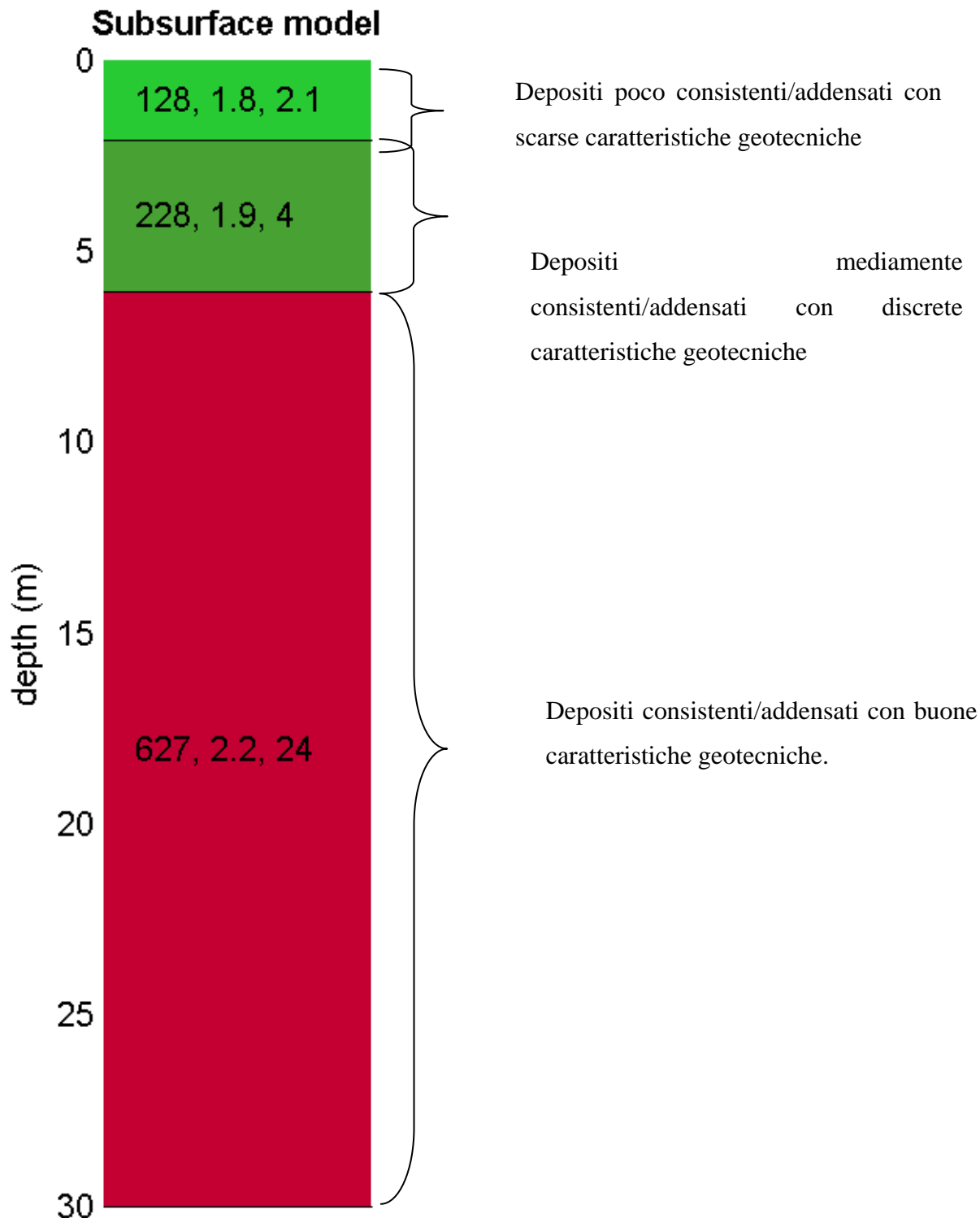
2.4 INTERPRETAZIONE MASW05

In tabella e in figura sottostante sono riportati gli strati del modello medio individuato a cui corrisponde una **V_{s30} di 415 m/s** a partire dal p.c secondo la .D.M. 17/01/2018 “*Norme tecniche per le Costruzioni*”.

Spessore (m)	V _s (m/s) e deviazioni standard
2.1	128±5
4.0	228± 5
semi-spazio	627± 25



V_s density thickness
 (m/s) (gr/cm³) (m)





La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 2.1 m, con velocità media delle onde di taglio di 128 m/s e corrisponde depositi poco consistenti/addensati con scarse caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 4 m, con velocità media delle onde di taglio di 228 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 6 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 30 m di profondità, presenta velocità V_s media di 627 m/s.

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche V_s (m/s), ed adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m^3) e del rapporto di Poisson rappresentativo dei litotipi presenti, è possibile inoltre stimare attraverso relazioni empiriche, la velocità delle onde di compressione V_p e i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato.

La velocità delle onde P è stata ricavata empiricamente attraverso la seguente relazione:

$$V_p^2 = V_s^2 * (2-2\lambda)/(1-2\lambda)$$

Sono stati definiti inoltre i seguenti moduli dinamici:

- Modulo di taglio dinamico (G)

E' definito dalla seguente equazione:

$$G = \gamma \cdot V_s^2$$

Dove γ = densità





Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua.

- Modulo di Young (E_d)

E' definito dalla seguente equazione:

$$E_d = [V_p^2 \cdot \gamma \cdot (1+\lambda) \cdot (1-2\lambda)] / (1-\lambda)$$

Con λ = coeff. di Poisson

Rigidità sismica

$$R_s = \gamma V_s$$

Tale modulo dipende dalla porosità e dalla pressione litostatica.

Modulo di incompressibilità dinamica

E' definito dalla seguente equazione:

$$K = \gamma[V_p^2 - 4/3 \cdot V_s^2]$$

ed è detto *Bulk Modulus*.





PARAMETRI FISICI E DINAMICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 05									
S TRATO	SPESSORE	Vp	Vs	γ	λ	MODULO DI YOUNG	R	MODULO DI TAGLIO	BULK MODULUS
	m	m/s	m/s	g/cm ³	(-)	Kg/cm ²	T/m ² *sec	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	2.1	391	128	1.83	0.44	864	234	300	2399
2	4.0	518	228	1.89	0.38	2712	431	982	3766
3	24	1789	627	2.20	0.43	24736	1379	8649	58894



Società con sistema di gestione certificato UNI EN ISO 9001:2015 – UNI EN ISO 14001:2015 - UNI EN ISO 45001:2018 per la fornitura dei servizi di ingegneria e di esplorazione geologica del sottosuolo – IAF 34



ENGINEERING GEOLOGY SRL
Via del Gallitello 90/A - 85100 Potenza - Tel. 0971/26378 Fax 0971/1940737
www.engeosrl.it E_mail info@engeosrl.it

Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018), il sito in esame rientra quindi nella categoria **B** ovvero:

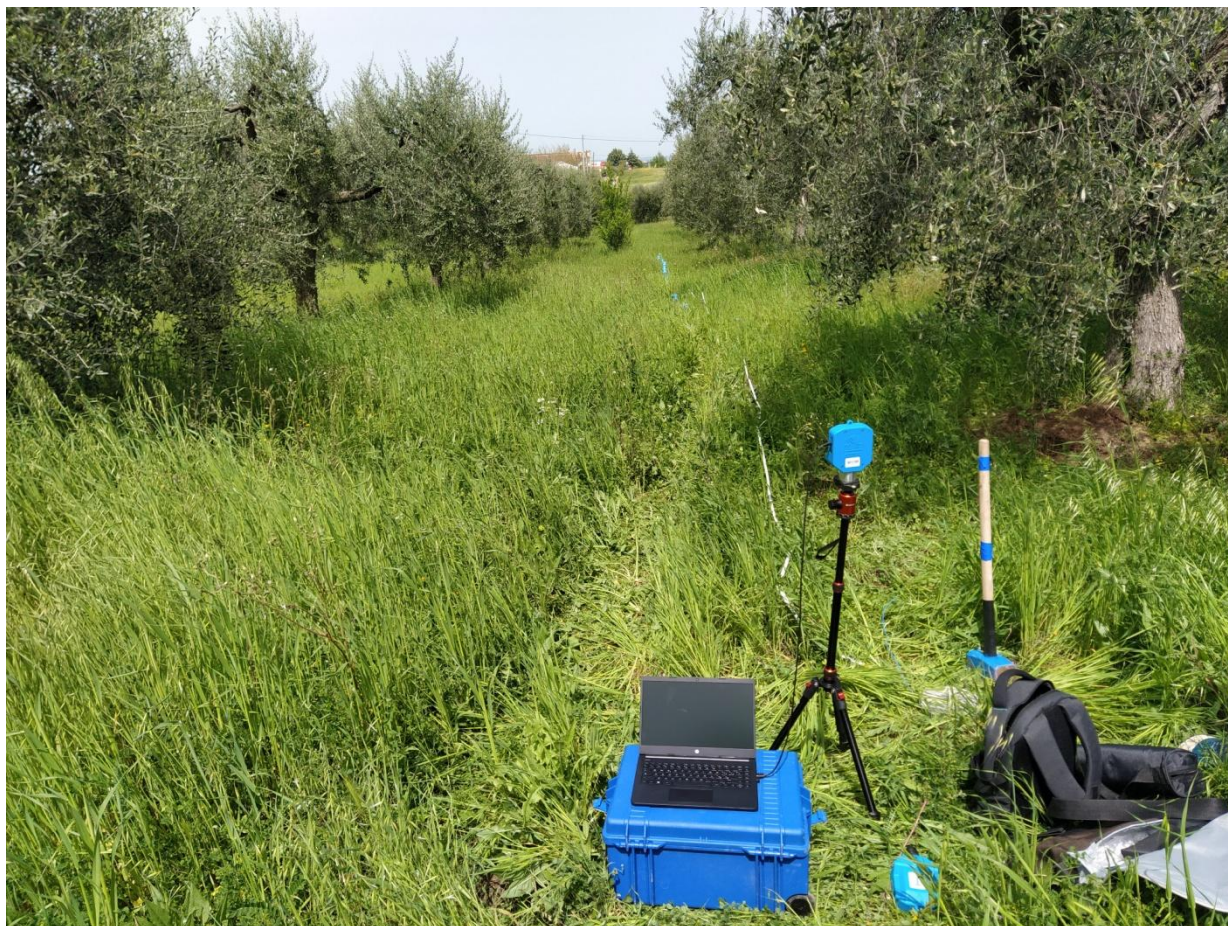
- *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa* molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s



Società con sistema di gestione certificato UNI EN ISO 9001:2015 – UNI EN ISO 14001:2015 - UNI EN ISO 45001:2018 per la fornitura dei servizi di ingegneria e di esplorazione geologica del sottosuolo – IAF 34

3. RAPPORTO FOTOGRAFICO

3.1 INDAGINE SISMICA DI TIPO MASW



Indagine sismica Masw 01



Indagine sismica Masw 02



Indagine sismica Masw 03



Indagine sismica Masw 04



ENGINEERING GEOLOGY SRL
Via del Gallitello 90/A - 85100 Potenza - Tel. 0971/26378 Fax 0971/1940737
www.engeosrl.it E_mail info@engeosrl.it



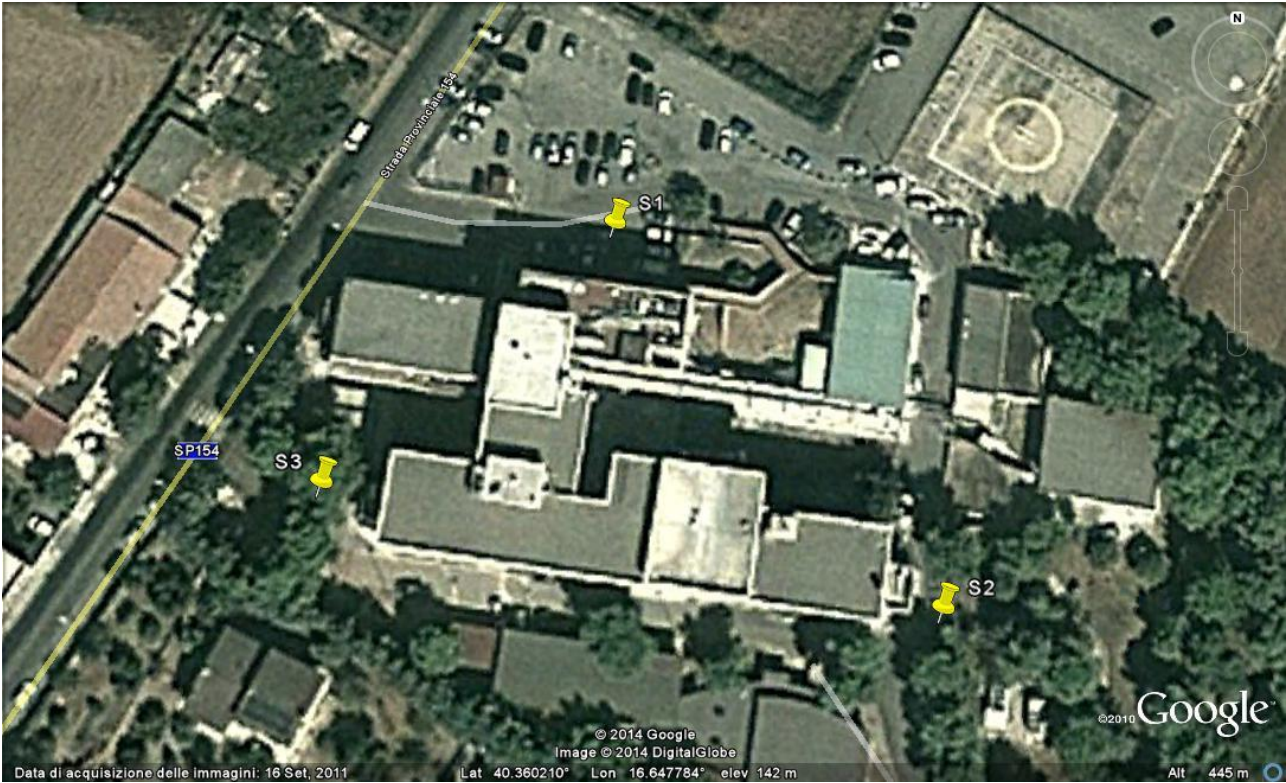
Indagine sismica Masw 05



Società con sistema di gestione certificato UNI EN ISO 9001:2015 – UNI EN ISO 14001:2015 - UNI EN ISO 45001:2018 per la fornitura dei servizi di ingegneria e di esplorazione geologica del sottosuolo – IAF 34

Sondaggi geognostici pregressi
(Cantiere: Tinchì (MT) – Ospedale)

Ubicazione dei sondaggi



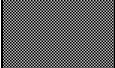



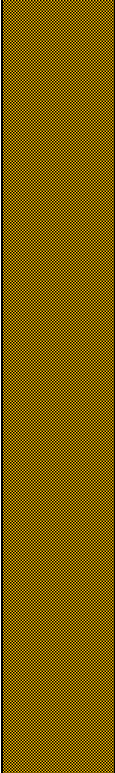
Geol. Dott. Angelo VENEZIA - MATERA	
Metodo di perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO Diametro: Ø 100 mm	Cantiere: Tinchi (MT) – Ospedale

SONDAGGIO S01

quota dal p.c.	spes. strato (m)		DESCRIZIONE	Falda
0.70	0.70		Tappetino bituminoso e sottofondo stradale costituito da materiale ghiaioso sabbioso	
1.60			Terreno e vegetale e depositi di coltre a granulometria fine contenente materiale di varia natura e granulometria	
5.50	3.90		Terreno limoso argilloso sabbioso di media plasticità rimaneggiato ed impastato, ma di buona consistenza, avente colore grigio chiaro tendente al nocciola con inclusioni calcinee e ciottoloso sabbiose	
6.50	1.50		Sabbie sciolte a granulometria medio fine mediamente addensate	
18.00	3.50		Sabbie limose a granulometria medio e/o grossolana di colore avano nocciola chiaro mediamente addensate con presenza di ghiaie e di livelli ghiaiosi decimetrici. Da 10.00 m a 13.30 m si rileva la presenza di un livello più squisitamente sabbioso costituito da sabbie limose e limi sabbiosi a granulometria media o grossolana di colore avano marroncino, con frazione fine i plasticità medio bassa, di consistenza media.	

Geol. Dott. Angelo VENEZIA - MATERA	
Metodo di perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO Diametro: Ø 100 mm	Cantiere: Tinchi (MT) – Ospedale

SONDAGGIO S02

quota dal p.c.	spes. strato (m)		DESCRIZIONE	Falda
1.20	1.20		Sottofondo stradale costituito da materiale ghiaioso sabbioso	
2.00	0.80		Terreno e vegetale di colore marroncino bruno contenente costituito da materiale a granulometria fine contenente materiale di varia natura e granulometria	
2.80	0.80		Terreno limoso argilloso sabbioso di media plasticità rimaneggiato ed impastato, ma di buona consistenza, avente colore grigio chiaro tendente al nocciola con inclusioni calcignee	
4.70	1.90		Sabbie sciolte a granulometria medio fine mediamente addensate con inclusioni calcigne e frazioni a granulometria fina	
18.00	13.30		Sabbie linose a granulometria medio e/o grossolana di colore avano nocciola chiaro mediamente addensate con presenza di ghiaie e di livelli ghiaiosi anche decimetrici. Localmente sono presenti inclusini limose e limoso calcigne.	

Geol. Dott. Angelo VENEZIA - MATERA	
Metodo di perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO Diametro: Ø 100 mm	Cantiere: Tinchi (MT) – Ospedale

SONDAGGIO S03

quota dal p.c.	spes. strato (m)		DESCRIZIONE	SPT
1.00	1.00		Terreno vegetale e materiale di riporto costituito da materiale ghiaioso sabbioso	
1.50	0.50		Terreno e vegetale di colore marroncino bruno contenente costituito da materiale a granulometria fine contenente materiale di varia natura e granulometria	
4.40	3.90		Terreno limoso argilloso sabbioso di media plasticità rimaneggiato ed impastato, ma di buona consistenza, avente colore avanastrò chiaro tendente al nocciola con inclusioni calcignee	<u>3.00-3.45</u> 8-12-12
6.00	1.60		Sabbie sciolte a granulometria medio fine mediamente addensate con inclusioni calcigne e frazioni a granulometria fina	
17.60	11.60		Sabbie limose a granulometria medio e/o grossolana di colore avanastrò chiaro mediamente addensate con presenza di ghiaie e di livelli ghiaiosi anche decimetrici. Localmente sono presenti inclusioni limose e limoso calcigne. Da 10.40 m a 12.00 m si rileva la presenza di un livello più squisitamente sabbioso costituito da sabbie limose e limi sabbiosi a granulometria media o grossolana di colore avanastrò marroncino, con frazione fine e plasticità medio bassa, di consistenza media.	<u>6.00-6.45</u> 6-12-12 <u>9.00-9.45</u> 15-17-17 <u>12.00-12.45</u> 20-R
30.00	12.40		Sabbie a granulometria medio fine mediamente addensate abbastanza omogenee	