



REGIONE BASILICATA
PROVINCIA DI POTENZA
COMUNE DI VIGGIANO



PIANO DI LOTTIZZAZIONE DI INIZIATIVA PRIVATA
ZONA PRODUTTIVA INDUSTRIALE D1 LOCALITA' CEMBRINA

STUDIO GEOLOGICO

G3 - Indagini sismiche tipo "MASW"

Elaborato



ROVI s.r.l.

Proponente

Scala

Data

gennaio 2012

Geol. Domenico LAVIOLA

Il Geologo

Aggiornamenti

Rev.

Data

Rev.

Data

Rev.

Data

Rev.

Data



PROVINCIA DI POTENZA

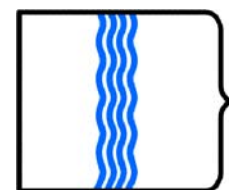
Comune di Viggiano



Indagini sismiche di tipo MASW

Rapporto tecnico indagini

REGIONE BASILICATA



COMMITTENTE:

Dott. Geol. Domenico LAVIOLA

DATA: Dicembre 2011

PROGETTAZIONE GENERALE:



ENGINEERING GEOLOGY SRL

Via del Gallitello n°90/A
85100 Potenza
Tel/fax 0971 26378

REV. N°	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
01	10/2011		B.R.	B.R.	R.N.

IL DIRETTORE TECNICO:
Geol. Raffaele NARDONE

IL TECNICO:
Geol. Bartolo ROMANIELLO

INDICE

1. PREMESSA	2
2. GENERALITÀ SULLE PROSPEZIONI SISMICHE DI TIPO MASW.....	2
3. ATTREZZATURA E METODOLOGIA UTILIZZATA	3
4. ELABORAZIONE DATI.....	4
4.1 MASW 01	5
4.2 MASW 02.....	10
4.3 MASW 03	14
4.4 MASW 04	18
5. RAPPORTO FOTOGRAFICO.....	22
6. UBICAZIONE INDAGINE.....	24

1. PREMESSA

La presente relazione sintetizza ed illustra il risultato di una campagna di indagine geofisica composta da n. 4 simeche di tipo MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva), eseguita nel territorio comunale di Viggiano (PZ) su incarico del dott. Geol. Domenico Laviola.

Lo scopo dell'indagine è stato quello di definire il profilo verticale della V_S (velocità di propagazione delle onde di taglio) nel sottosuolo e di classificare i terreni sulla base del valore della V_{S30} (il valore medio della V_S nei primi 30m di 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 (amplificazioni di natura litologica).

Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni sito-specifiche, garantendo un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni (D.M. 14.01.2008).

2. GENERALITÀ SULLE 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 4.5Hz.

Più specificatamente si analizza la dispersione delle onde di superficie sapendo che frequenze diverse – e quindi lunghezze d'onda diverse -viaggiano a velocità diversa.

Indagini sismiche tipo Masw eseguite in agro comunale di Viggiano (PZ)

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.

3. 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 spaziati 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.

L'indagine è stata svolta secondo la seguente geometria:

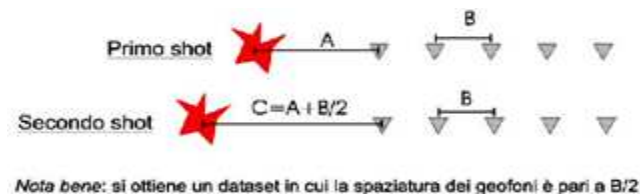
Numero di geofoni:12

Spaziatura tra i geofoni : 2 m

Numero di offset : 3 rispettivamente a 8,0; 9,0; 10,0; m dal primo geofono.

Per l'interpretazione dei dati è stato utilizzato il software *WinMasw Pro*

4.4.7 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 permette a questo punto 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.



4. 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.

stimabile in 30-35 m di profondità, di 566 m/s.

Nell'indagine Masw 01, all'interno del volume investigato, non è stata individuata la profondità a cui si rinviene il bedrock sismico caratterizzato da velocità maggiori di 800 m/s. Tuttavia, analizzando il profilo di velocità ottenuto dall'indagine, ed estrapolando il profilo di Vs registrato mantenendo lo stesso gradiente dell'ultimo tratto della curva sperimentale, è possibile ipotizzare che il bedrock sismico si rinvenga ad una profondità di circa 43 m dalla superficie (fig. 1).

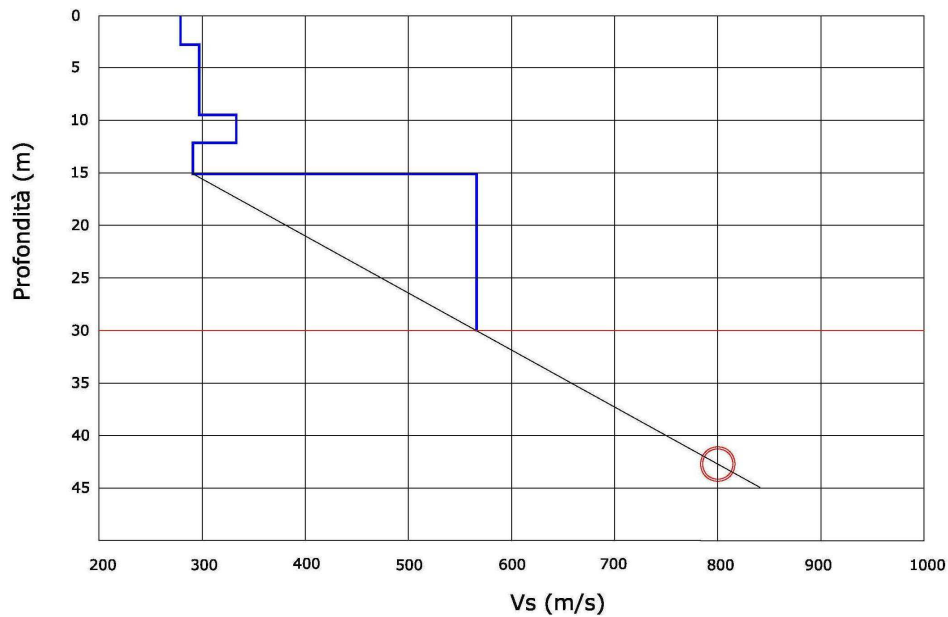


Figura 1 Profilo di velocità del sottosuolo investigato con la Masw 01 e estrapolazione delle velocità fino al bedrock sismico

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*

Indagini sismiche tipo Masw eseguite in agro comunale di Viggiano (PZ)

PARAMETRI FISICI E DINAMICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INVESTIGATO CON LA MASW01									
STRATO	SPESSORE	V_p	V_s	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	15.3	1530	300	1.9	0.38	5062	570	1710	42180
2	-	2080	566	2.0	0.46	18709	1132	6407	77953

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della V_s (e dei moduli dinamici) e di conseguenza del parametro V_{s30} , risultato per il modello medio pari a **388 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008, ex DM 14/09/2005) 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, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Per ciò che concerne la profondità del bedrock sismico, all'interno del volume investigato non sono state misurate velocità uguali o maggiori di 800 m/s, tuttavia da estrapolazioni effettuate a partire dal profilo di velocità misurato è stato possibile ipotizzare che tale velocità si rinvenga ad una profondità di circa 43 m dal p.c.

investigato stimabile in 30-35 m di profondità, di 675 m/s.

Anche nell'indagine Masw 02, all'interno del volume investigato, non è stata individuata la profondità a cui si rinviene il bedrock sismico caratterizzato da velocità uguali o maggiori di 800 m/s. Tuttavia, analizzando il profilo di velocità ottenuto dall'indagine, ed estrapolando il profilo di Vs registrato mantenendo lo stesso gradiente dell'ultimo tratto della curva sperimentale, è possibile ipotizzare che il bedrock sismico si rinvenga ad una profondità di circa 41 m dalla superficie (fig. 2).

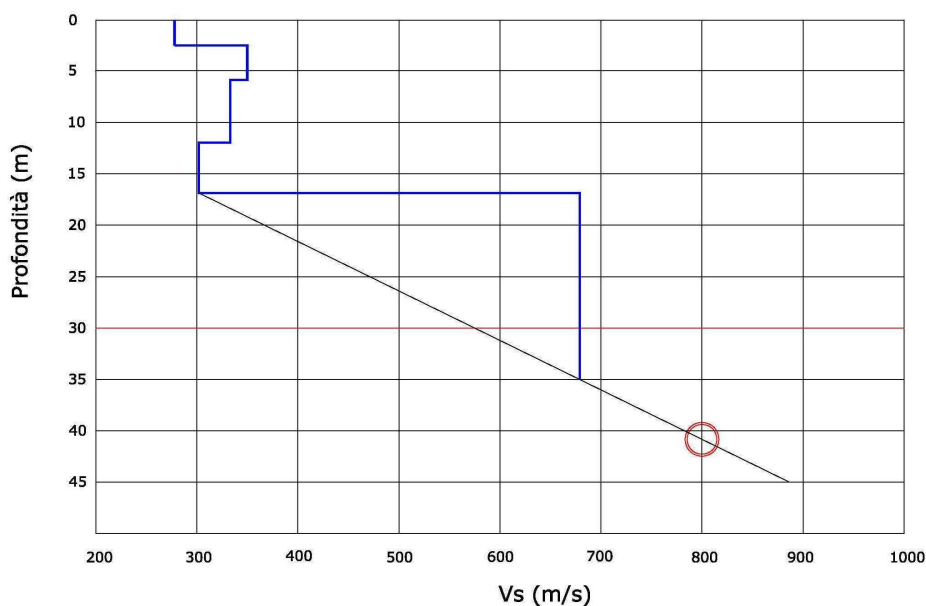


Figura 2 Profilo di velocità del sottosuolo investigato con la Masw 02 e estrapolazione delle velocità fino al bedrock sismico

Inoltre 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 così come riportato nella tabella successiva.

Indagini sismiche tipo Masw eseguite in agro comunale di Viggiano (PZ)

PARAMETRI FISICI E DINAMICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INVESTIGATO CON LA MASW02									
STRATO	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	17.1	1627	319	1.9	0.48	5723	606	1933	47692
2	-	2480	675	2.0	0.46	26609	1350	9113	110869

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della V_s (e dei moduli dinamici) e di conseguenza del parametro V_{s30} , risultato per il modello medio pari a **411 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008, ex DM 14/09/2005) 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, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Per ciò che concerne la profondità del bedrock sismico, all'interno del volume investigato non sono state misurate velocità uguali o superiori ad 800 m/s, tuttavia da estrapolazioni effettuate a partire dal profilo di velocità misurato è stato possibile ipotizzare che tale velocità si rinviene ad una profondità di circa 41 m dal p.c.

Indagini sismiche tipo Masw eseguite in agro comunale di Viggiano (PZ)

- Segue a profondità maggiori di 17,3 m e fino alla profondità di investigazione, stimabile in 30-35 m dal p.c., un terzo sismostrato caratterizzato da V_s medie di 564 ascrivibili a depositi consistenti con buone caratteristiche geotecniche.

Anche nell'indagine Masw 03, all'interno del volume investigato, non è stata individuata la profondità a cui si rinviene il bedrock sismico caratterizzato da velocità uguali o maggiori di 800 m/s. Tuttavia, analizzando il profilo di velocità ottenuto dall'indagine, ed estrapolando il profilo di V_s registrato mantenendo lo stesso gradiente dell'ultimo tratto della curva sperimentale, è possibile ipotizzare che il bedrock sismico si rinvenga ad una profondità di circa 46 m dalla superficie (fig. 3).

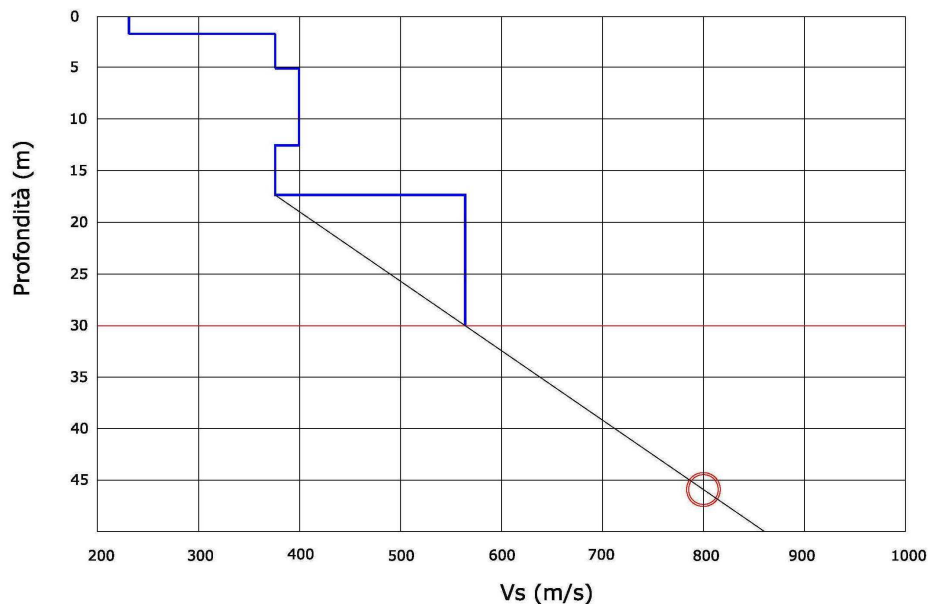


Figura 3 Profilo di velocità del sottosuolo investigato con la Masw 03 e estrapolazione delle velocità fino al bedrock sismico

Inoltre 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 così come riportato nella tabella successiva.

Indagini sismiche tipo Masw eseguite in agro comunale di Viggiano (PZ)

PARAMETRI FISICI E DINAMICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INVESTIGATO CON LA MASW03									
STRATO	SPESSORE	V_p	V_s	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	1.7	566	231	1.9	0.40	2839	439	1014	4731
2	15.7	1585	377	2.0	0.47	8357	754	2843	46429
3	-	2072	564	2.1	0.46	19506	1184	6680	81274

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della V_S (e dei moduli dinamici) e di conseguenza del parametro V_{S30}, risultato per il modello medio pari a **420 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008, ex DM 14/09/2005) 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, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero N_{SPT30} > 50 nei terreni a grana grossa e cu₃₀ > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Per ciò che concerne la profondità del bedrock sismico, all'interno del volume investigato non sono state misurate velocità superiori ad 800 m/s, tuttavia da estrapolazioni effettuate a partire dal profilo di velocità misurato è stato possibile ipotizzare che tale velocità si rinviene ad una profondità di circa 46 m dal p.c.

592 ascrivibili a depositi consistenti con buone caratteristiche geotecniche.

Anche nell'indagine Masw 04, all'interno del volume investigato, non è stata individuata la profondità a cui si rinviene il bedrock sismico caratterizzato da velocità maggiori di 800 m/s. Tuttavia, analizzando il profilo di velocità ottenuto dall'indagine, ed estrapolando il profilo di V_s registrato mantenendo lo stesso gradiente dell'ultimo tratto della curva sperimentale, è possibile ipotizzare che il bedrock sismico si rinvenga ad una profondità di circa 42 m dalla superficie (fig. 3).

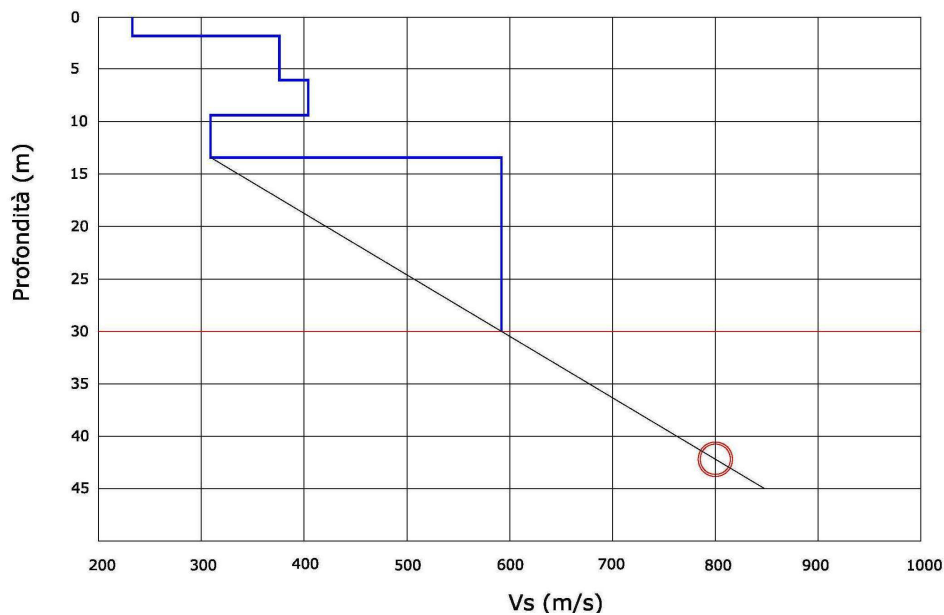


Figura 4 Profilo di velocità del sottosuolo investigato con la Masw 04 e estrapolazione delle velocità fino al bedrock sismico

Inoltre 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 così come riportato nella tabella successiva.

Indagini sismiche tipo Masw eseguite in agro comunale di Viggiano (PZ)

PARAMETRI FISICI E DINAMICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INVESTIGATO CON LA MASW04									
STRATO	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	1.8	571	233	1.9	0.4	2888	443	1031	4814
2	11.8	1513	360	2.0	0.47	7620	720	2592	42336
3	-	2175	592	2.1	0.46	21490	1243	7360	89544

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della V_s (e dei moduli dinamici) e di conseguenza del parametro V_{s30} , risultato per il modello medio pari a **439 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008, ex DM 14/09/2005) 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, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Per ciò che concerne la profondità del bedrock sismico, all'interno del volume investigato non sono state misurate velocità superiori ad 800 m/s, tuttavia da estrapolazioni effettuate a partire dal profilo di velocità misurato è stato possibile ipotizzare che tale velocità si rinvenga ad una profondità di circa 42 m dal p.c.